مجموعه مطالعات الگوی مطلوب برنامه‌ریزی برای ایران

۲. مدل‌های کمّی برنامه‌ریزی توسعه

کد موضوعی: ۲۳۰

شماره مسلسل: ۱۲۳۲۱

فروردین‌ماه ۱۳۹۱

دفتر: مطالعات برنامه و بودجه

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۱
مدل‌های کمّی برنامه‌ریزی توسعه ۲
۱. مدل زنجیره مارکوف ۲
۲. مدل داده ـ ستانده لئونتیف ۵
۳. مدل تعادل عمومی قابل محاسبه ۱۳
٤. روش‌های تصمیم‌گیری گروهی مبتنی‌بر نظرات خبرگان ۱۹
۵. مدل کوروس ۲۸
منابع و مآخذ ۳۱

مجموعه مطالعات الگوی مطلوب برنامه‌ریزی برای ایران
۲. مدل‌های کمّی برنامه‌ریزی توسعه

چکیده

در این گزارش، پنج مدل کمّی برنامه‌ریزی توسعه شامل مدل زنجیره مارکوف، مدل داده ـ ستانده لئونتیف، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، روش‌های مبتنی‌بر نظرات خبرگان و مدل کوروس مورد بررسی قرار می‌گیرد و تلاش می‌شود شرایط استفاده و مزایا و معایب هرکدام از روش‌ها و ابزارهای مذکور در جریان برنامه‌ریزی‌های کوتاه و بلندمدت توسعه‌ای توضیح داده شود.

مقدمه

الگوهای برنامه‌ریزی اصطلاحاً به مجموعه‌ای از تکنیک‌های خاص گفته می‌شود که به‌منظور برنامه‌نویسی برای رسیدن به اهدافی خاص استفاده می‌شود و در حوزه‌هایی همانند عمران و ساخت‌وساز، پیاده‌سازی و کنترل پروژه با استفاده از تکنیک‌هایی همانند روش سریع،[1] روش ارزیابی و بازنگری برنامه،[2] روش مسیر بحرانی[3] و... انجام می‌گیرد. در اقتصاد، نظریه‌ها و الگوهای مرتبط با توسعه عمدتاً به دو دسته توصیفی و کمی قابل تفکیک هستند. نظریه‌های توصیفی توسعه عمدتاً در مورد شرایط و مشکلات پیش‌روی کشورهای درحال توسعه، پیش‌نیازهای توسعه، مراحل توسعه و تجارب کشورهای مختلف به بحث می‌پردازند که مهمترین آنها را می‌توان در آثار نظریه‌پردازانی مانند اسمیت (۱۷۷٦)، ریکاردو (۱۸۳۰)، مارکس (۱۸۸۰)، روستو (۱۹۵۳) و لئونتیف (۱۹٦۵) جستجو کرد که البته به‌غیر از مدل لئونتیف، سایر نظریات حاوی مدل کمی قابل استخراج برای برنامه‌ریزی توسعه نیستند (یا به سختی قابل استخراجند).

در کنار مدل‌های توصیفی توسعه، تلاش‌هایی نیز برای کمی کردن الگوهای توسعه‌ای و یا به‌عبارت بهتر، قابل برنامه‌ریزی شدن توسعه صورت گرفته است. نکته قابل توجه اینکه این الگوها نیز بیشتر بر جنبه رشد اقتصادی آن متمرکز شده و کمتر به سایر جنبه‌های توسعه پرداخته‌اند.

1. Fast-Track
2. Program Evaluation and Review Technique (PERT)
3. Critical Path Method (CPM)

مدل‌های کمّی برنامه‌ریزی توسعه

تقریباً اکثریت قریب به اتفاق مدل‌های توسعه‌ای براساس پیش‌بینی علت و معلولی متغیرهای مرتبط با رشد، توسعه داده شده‌اند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل رشد هارود–دومار (به‌عنوان یک مدل کلان بسیار ساده کینزی)، مدل داده ـ ستانده لئونتیف، ماتریس حسابداری اجتماعی، مدل‌های تعادل عمومی و رویکردهای مبتنی‌بر تحلیل هزینه و فایده اشاره کرد (گیلز و همکاران، ۱۹۹٦).

در یک نگاه دیگر، مدل‌های پیش‌بینی یا برنامه‌ریزی توسعه را می‌توان در سه دسته کلی تقسیم‌بندی کرد:

۱. پیش‌بینی علّی[1] (مدل‌های مختلف مبتنی‌بر رگرسیون، داده ـ ستانده و...)،

۲. تحلیل روند[2] (مدل‌های مبتنی‌بر تحلیل سری زمانی و...)،

۳. پیش‌بینی کیفی[3] (مدل‌های مختلف پیمایشی شامل دلفی، تحقیق بازار و...).

استفاده از هرکدام از مدل‌های فوق تابع شرایط تحلیل و امکانات در دسترس تحلیلگر است. در این مطالعه با مرور پنج روش زنجیره مارکوف، داده ـ ستانده لئونتیف، تعادل عمومی قابل محاسبه و روش‌های مبتنی‌بر نظرات خبرگان، مدل کمتر شناخته شده کوروس نیز توضیح داده می‌شود. مدل اخیر از آنجا که برمبنای انتخاب اهداف چندگانه براساس معیارهای انتخاب چهارگانه در افق زمانی مشخص و با استفاده از نظرات نخبگان گروه‌های کارشناسی حوزه‌های مختلف توسعه داده شده است، می‌تواند از جهاتی برای تدوین برنامه‌های میان‌مدت توسعه‌ای ازجمله برنامه‌های پنج‌ساله توسعه یا بخشی از آنها مناسب باشد.

۱. مدل زنجیره مارکوف[4]

هر برآمد فرآیندهای تصادفی که تنها به برآمد بلافاصله قبل از آن بستگی دارد را فرآیند تصادفی با ویژگی مارکوف[5] می‌گویند. بر این اساس فرآیند تصادفی که در ویژگی مارکوف صدق می‌کند را

---

1. Causal forecasting
2. Trend analysis
3. Qualitative forecasting

٤. برای بحث مفصل‌تر در این مورد مراجعه کنید به:
ابوالقاسم حکیمی‌پور، تصمیم‌گیری در مدیریت، کاربرد فرضیه زنجیره‌های مارکوف در تصمیم‌گیری مدیریت، چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۱۳۷٦.

٥. آندری مارکوف در ژوئن ۱۸٥٦ در روسیه به دنیا آمد. او فارغ‌التحصیل دانشگاه سنت‌پترزبورگ در سال ۱۸۷۸ بود. کارهای زودهنگام مارکوف در تئوری اعداد، آنالیز، حدود انتگرال‌ها، همگرایی سری‌ها، دنباله کسرها و... بسیار اساسی بود. بعد از سال ۱۹۰۰، مارکوف تحت تأثیر استاد خود چبیشف، از روش دنباله‌های کسرها در تئوری احتمالات استفاده کرد. وی همچنین در مورد رشته‌های متغیرهای وابسته متقابل، مطالعاتی انجام داد. مارکوف به امید ثابت کردن قوانین حدی در احتمالات در حالات کلی آنها، او قضیه حد مرکزی را با در نظر گرفتن فرض‌های کامل آن، اثبات کرد. مارکوف به‌دلیل مطالعاتش پیرامون زنجیره‌های مارکوف که رشته‌هایی از متغیرهای تصادفی هستند، معروف است.

فرآیند یا زنجیره مارکوف می‌گویند. عبارت زنجیره، گویای این واقعیت است که هر برآمد به رویداد بلافاصله قبل از خودش وابسته است و به رویدادهای ماقبل خودش مربوط نمی‌باشد. زنجیره مارکوف همچنین احتمال اینکه یک رویداد از چه تداومی تبعیت می‌کند را مورد بحث قرار می‌دهد. تجزیه و تحلیل زنجیره مارکوف راه‌حلی است برای تحلیل متغیرهای معلوم به‌منظور پیش‌بینی حرکات آینده این متغیرها.

وابستگی این زنجیره به زمان یا از طریق ضرایب همبستگی و یا با استفاده از ماتریس‌های احتمال انتقال، بیان می‌شود.

۱-۱. تعریف ریاضی زنجیره مارکوف

فرآیند تصادفی $X=[X_t, t\in N]$ یک زنجیره مارکوف نامیده می‌شود، اگر برای هر $t\in N$ و $j\in E$، شرط زیر صادق باشد که در آن، E یک مجموعه قابل شمارش است (حکیمی‌پور، ۱۳۷۶):

$$P\left[X_{t+1}=j \mid X_0, X_1, \ldots, X_t\right]=P\left[X_{t+1}=j \mid X_t\right] \qquad (۱)$$

عبارت فوق بیانگر احتمال وجود سیستم در زمان $t+1$ در حالت j است، به‌شرط اینکه در زمان t حالت سیستم مشخص و حالت‌های رخ داده قبلی نیز مشخص باشد. درواقع، P احتمال شرطی است و بیان می‌کند که نتیجه هر فرآیند در زمان $t+1$ تنها به شرایط در زمان t بستگی دارد. فرآیندهایی که چنین خاصیتی دارند یک زنجیره مارکوف مرتبه اول نامیده می‌شوند.

۲-۱. ماتریس احتمال انتقال

احتمال شرطی P_{ij}، $P\left[X_{t+1}=j \mid X_t=i\right]$ برای $i,j\in E$، احتمال انتقال سیستم از حالت i به j نامیده می‌شود که به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$P_{ij}=P\left[X_{t+1}=j \mid X_t=i\right]=\frac{N\left[X_t=i, X_{t+1}=j\right]}{N\left[X_t=i\right]} \qquad (۲)$$

که در رابطه فوق، $N\left[X_t=i, X_{t+1}=j\right]$، تعداد انتقالات از حالت i به حالت j و $N\left[X_t=i\right]$ تعداد کل دوره‌های قرار گرفته در حالت i می‌باشد. معمولاً P_{ij} را با توجه به حالت‌های یک سیستم با یک آرایش مربعی مرتب می‌کنند و نتیجه آن ماتریس مربع P است که ماتریس انتقال زنجیره مارکوف X نامیده می‌شود:

$$P=\begin{array}{c} \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ \vdots \\ n \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 0 & 1 & 2 & & n \end{array} \\ \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & \dots & P_{0n} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ P_{n0} & P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۳)$$

در ماتریس P، احتمال ورود به سیستم از حالت i به حالت jبزرگ‌تر یا مساوی صفر می‌باشد (برای هر $i,j \in E$، $P_{ij} \geq 0$ است). همچنین به‌دلیل آنکه یک سیستم به احتمال صد درصد در یکی از مجموعه حالت‌های ممکن در هر لحظه‌ای از زمان خواهد بود، مجموع احتمالات هر سطر می‌بایست برابر با یک باشد یعنی برای هر $i \in E$، $\sum_{j=0}^{n} P_{ij} = 1$ است. لازم به ذکر است که عناصر قطر اصلی ماتریس P بیانگر پایداری و ابقای هر وضعیت می‌باشد.

۳-۱. احتمال انتقال n مرحله‌ای

$P_{ij}^{(n)}$ احتمال انتقال سیستم از حالت i به حالت jدر مرحله nام است که به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=0}^{M} P_{ik}^{(v)} P_{kj}^{(n-v)} \qquad (٤)$$

این معادله صرفاً خاطرنشان می‌کند که فرآیند برای رفتن از حالت i به jدر n مرحله، دقیقاً بعد از v مرحله (که v مرحله‌ای قبل از مرحله n است) در حالت k خواهد بود. بنابراین، $P_{ik}^{(v)} P_{kj}^{(n-v)}$ همان احتمال شرطی است که فرآیند با شروع حالت i بعد از v مرحله به حالت k می‌رسد و پس از n-v مرحله به حالت j می‌رود. درواقع، برای محاسبه ماتریس P^n، یعنی ماتریس انتقال مرحله n، باید ماتریس P را n بار در خودش ضرب نمود که عنصر P_{ij} در ماتریس P^n همان $P_{ij}^{(n)}$ خواهد بود.

۴-۱. احتمالات حالت پایداری (تعادل)

در $P_{ij}^{(n)}$، هنگامی‌که n به سمت بی‌نهایت حرکت می‌کند، پدیده جالب‌توجهی رخ می‌دهد. در این حالت، همه سطرهای ماتریس با هم برابر خواهند شد. این ماتریس که به‌عنوان ماتریس تعادل نامیده می‌شود، از ضرب متوالی ماتریس احتمال انتقال در خودش حاصل می‌شود که در آن، مقادیر احتمالات انتقال P_{ij} به یک مقدار ثابت می‌رسد. ضمن آنکه هر عنصر در ماتریس تعادل، بیانگر احتمال قرار گرفتن در آن وضعیت پس از مدت زمان طولانی می‌باشد.

۵-۱. کاربرد زنجیره مارکوف در پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی

با قبول فروض گفته شده مدل مارکوف در مورد حرکت متغیرهای اقتصادی، پیش‌بینی **حرکت و**

تعادل (پایداری) اکثر متغیرها از طریق این مدل امکان‌پذیر است. این مدل پیش‌بینی در ساده‌ترین وضعیت می‌تواند برای تحلیل روند حرکت متغیرهایی مانند رشد به‌کار گرفته شود و یا در وضعیت‌های نسبتاً پیچیده‌تر، برای پیش‌بینی روند حرکت شاخص‌های توسعه‌ای جزئی‌تر مانند نابرابری درآمد یا انتقال درآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌عنوان مثال، بادوکس و کوروس (۲۰۰۷) با استفاده از داده‌های اداره آمار ایالات متحده و مؤسسه تحقیقات اجتماعی،[1] برای سال‌های ۱۹۸۰–۱۹۸٤، روند تغییرات نابرابری درآمدی و نیز انتقال خانوارها بین گروه‌های درآمدی برای چهار سال آینده ۱۹۸۵–۱۹۸۸ را برآورد می‌کنند.

در این پژوهش که برمبنای زنجیره مارکوف انجام شده است، فرض شده که اگر q_i، بردار توزیع درآمد در سال خاص باشد و $[P_{ji}]$ نشان‌دهنده ماتریس انتقال یا پویایی درآمد در طی دوره خاص باشد، بر این اساس می‌توان نشان داد که:

$$(\text{توزیع درآمد})\ t_{n+1} = (\text{توزیع درآمد})\ t\ [\text{انتقال درآمد}]\ (t_{n+1}-t_n) \qquad (۵)$$

به عبارت دیگر:

$$(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5)\ t_{n+1} = (q_1, q_2, q_3, q_4, q_5)\ t\ [P_{ji}] \qquad (٦)$$

به‌طوری‌که q_1 تا q_5 نشان‌دهنده درآمدی است که اولین تا پنجمین بیستک درآمدی دریافت می‌کند و P_{ji} نیز نشانگر تغییرات درآمدی از یک گروه به گروه دیگر میان دو مقطع زمانی t و t_{n+1} است. به این ترتیب، می‌توان نشان داد که به‌طور کلی:

$$Q\ (t_n) = Q\ (t_{n-1})\ [P_{ji}] \qquad (۷)$$

۲. مدل داده ـ ستانده لئونتیف

جدول داده ـ ستانده تصویری از وابستگی‌ها و پیوندهای متقابل فعالیت‌های اقتصادی را به‌صورت منسجم، در چارچوب یک جدول ارائه می‌نماید و درواقع تشریح و تبیین کمی ویژگی‌های ساختاری اجزای تشکیل‌دهنده یک سیستم اقتصادی، به تفصیلی‌ترین صورت ممکن می‌باشد.

چنانچه سیر تکامل جدول داده ـ ستانده و چگونگی توسعه و گسترش آن را مرور نماییم مشاهده خواهیم کرد که عمر آن بیش از دو قرن می‌باشد. بنیانگذاران اولیه جدول مذکور فیزیوکرات‌ها بودند. اولین کسی که در این زمینه تلاش کرد یک پزشک فرانسوی به نام دکتر کنه[2] بود.

او سعی کرد فعالیت‌های اقتصادی قرن هجدهم فرانسه را به‌صورت منسجم هرچند خام و

1. Institute of Social Research
2. Francois quensnay.

ابتدایی در چارچوب یک جدول نشان دهد. دکتر کنه در سال ۱۷۵۸ میلادی در فرانسه، طرح خود را ارائه داد. جدول مذکور تصویر کلی وضعیت اقتصادی فرانسه را نشان می‌داد. دکتر کنه سعی کرد در این جدول، دادوستد میان سه‌طبقه اجتماعی آن دوران یعنی زمین‌داران، دهقانان و دیگران (به قول او طبقه سترون) را به نمایش گذارد.

بروز بحران بزرگ سال ۱۹۲۹ میلادی که جهان سرمایه‌داری را تکان داد باعث گردید که اقتصاددانان توجه خود را به تجزیه و تحلیل علل بحران و راه‌های نجات سرمایه‌داری غرب از این بحران معطوف نمایند. برای رهایی از این بن‌بست، مدیریت اقتصاد کلان همراه با دخالت مؤثر دولت تجویز گردید. ظهور مکتب کینز همراه با انتشار کتاب معروف او تحت عنوان نظریه عمومی اشتغال، بهره و پول مورد پذیرش فراگیر و البته تدریجی قرار گرفت و تا سال‌های پس از جنگ دوم جهانی، کینزگرایی مکتب غالب بود.[۱]

در همین زمان و در شرایطی که اکثر دانشمندان غربی توجه خود را به بحران سال ۱۹۲۹ میلادی و خصوصاً انقلاب اقتصادی کینزی معطوف کرده بودند، واسیلی لئونتیف[۲] در سال ۱۹۳۲ میلادی در بخش اقتصادی دانشگاه هاروارد مشغول تحقیق گردید و درصدد احیای تابلوی دو قرن پیش کنه و نظرات نیم قرن پیش سیستم تعادل عمومی والراس برآمد. از آنجا که مدل‌های تعادل عمومی معمولاً شامل تعداد زیادی متغیر، همراه با روابط بسیار پیچیده ریاضی هستند، کاربرد عملی و انجام آزمون‌های تجربی آنها عملاً غیرممکن می‌نمود. اما لئونتیف با انتشار آثارش عملاً شکاف بین تجربه و تئوری اقتصاد را در این زمینه پر نمود و شکلی از مدل تعادل عمومی را ارائه نمود که در قالبی ساده انجام آزمون‌های آماری امکانپذیر شد. او نه تنها موفق شد تئوری والراس را تحت عنوان روابط کمی داده ـ ستانده عینیت بخشد، بلکه توانست خلأ یک تئوری واقع‌گرا، که بیش از نیم قرن پیش احساس می‌شد را پر نماید.

لئونتیف کارهای عملی خود را در اوایل دهه ۱۹۲۰ میلادی در شوروی سابق شروع نمود. در حقیقت قبل از اینکه او شوروی سابق را ترک کند مقاله‌ای تحت عنوان، ترازنامه اقتصاد شوروی نوشت که او در این مقاله، اطلاعاتی را در مورد وابستگی‌های متقابل بخش‌های اقتصادی ارائه نمود. وی بعد از مهاجرت به آمریکا و عضویت در دفتر تحقیقات اقتصاد ملی آن کشور، تحقیقات ابتدایی را روی سیستم جدول داده ـ ستانده تجربی در سال ۱۹۳۱ میلادی آغاز کرد.[۳]

سپس اولین مقاله کمی در مورد جدول داده ـ ستانده را در سال ۱۹۳٦ میلادی به چاپ رساند و در سال ۱۹٤۱ میلادی یک جدول داده ـ ستانده برای پیش‌بینی توزیع شاغلان در دوران پس از

---

۱. فیروز توفیق، تحلیل داده ـ ستانده در ایران، انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی، ۱۳۷۰، ص ٤.

2. Wassily leontief

۳. همان، ص ٥.

جنگ جهانی دوم تهیه نمود. سپس در سال ۱۹٤۹ پروژه محاسبه جدول داده ـ ستانده ۵۰۰ بخشی توسط یک گروه ۵۰ نفری تحت نظارت وی شروع گردید. این کار حدود ٤ سال به طول انجامید و در سال ۱۹۵٤ میلادی کامل گردید. لئونتیف که از سال ۱۹۳۲ میلادی همکاری با دانشگاه هاروارد را شروع کرده بود، در سال ۱۹٤۸ میلادی طرح پژوهش‌های اقتصادی آن دانشگاه را به راه انداخت.

زمانی که کشورهای مختلف جهان یکی پس از دیگری تکنیک جدول داده ـ ستانده را به‌عنوان یک ابزار مسلط اقتصادی مورد پذیرش قرار می‌دادند، گروهی از اقتصاددانان نامی آن زمان مانند دورفمن،[1] ساموئلسون[2] و سولو[3] که بعداً به گروه دوسو[4] معروف گردیدند سعی نمودند با کمک برنامه‌ریزی خطی، که توسط دانزیک[5] پایه‌گذاری شده بود، میزان قابلیت‌های جدول داده ـ ستانده لئونتیف را در ابعاد مختلف مورد سنجش قرار دهند. نتایج کار گروه مذکور، بعدها به‌صورت کتابی کلاسیک تحت عنوان، برنامه‌ریزی خطی و تجزیه و تحلیل اقتصادی در سال ۱۹۵۸ میلادی به چاپ رسید. دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹٦۰ را می‌توان دهه‌های شکوفایی و جهانشمول شدن جدول داده ـ ستانده نامید. بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که امروزه بیش از یکصد کشور جهان نه تنها جدول داده ـ ستانده را محاسبه می‌کنند بلکه آن را در جنبه‌های مختلف اقتصادی مورد استفاده قرار می‌دهند.[6]

بین جداول تحلیلی و انواع دیگر جدول داده ـ ستانده، مرز مشخصی وجود ندارد؛ با وجود اینکه در بسیاری از موارد جدول منابع و مصارف، علاوه‌بر کاربردهای آماری، ابزار مناسبی برای تحلیل‌های اقتصادی به‌شمار می‌روند و جدول خالص کالا در کالا یا بخش در بخش و جدول‌های پشتیبانی داده ـ ستانده نیز از ابزارهای اصلی تحلیل‌های اقتصادی می‌باشند. برخی از کاربردهای متعارفی که پروفسور لئونتیف در یکی از مقاله‌های خود به‌طورمشخص به آن اشاره کرده و در مورد جداول داده ـ ستانده ملی، بخشی و منطقه‌ای نیز مصداق دارد، عبارت است از:

۱. بررسی و برآورد ارزش‌افزوده فعالیت‌های مختلف به تفکیک فعالیت‌ها،

۲. پیش‌بینی تقاضا، تولید، اشتغال، سرمایه‌گذاری به تفکیک فعالیت‌ها،

۳. بررسی دگرگونی فنون و تکنولوژی و اثر آن بر بهره‌وری،

٤. ارائه تصویر جامع و کاملی از ساختار اقتصادی هر فعالیت،

۵. اثر تغییر دستمزد یا سود و مالیات بر روی قیمت کالاهای هر فعالیت،

٦. تشخیص هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم هر فعالیت در فعالیت دیگر،

---

1. Dorfman.
2. Samuelson.
3. Solow.
4. Dosso
5. Danzic.

٦. علی‌اصغر بانویی، جدول داده ـ ستانده در بستر تحولات اقتصادی ـ اجتماعی در نیم قرن اخیر، دانشگاه علامه طباطبایی و مرکز آمار ایران، ۱۳۷٦، ص ٤-۳.

۷. تشخیص میزان وابستگی سیستم تولید هر فعالیت به خارج،

۸. تشخیص میزان وابستگی سیستم تولید هر فعالیت به فعالیت‌های دیگر اقتصاد،

۹. تعیین ارتباط‌های پسین ۱ و پیشین ۲ فعالیت‌های مختلف،

۱۰. سنجش تأثیر ارزش پول کشور بر قیمت محصولات فعالیت‌های مختلف،

۱۱. تعیین رابطه بین هزینه داده‌های اولیه و قیمت‌ها،

۱۲. تعیین رابطه بین هزینه داده‌های اولیه و تولید،

۱۳. تعیین رابطه تولید و قیمت،

۱٤. سنجش تأثیر قیمت واردات از خارج و واردات از فعالیت‌های دیگر اقتصاد ملی بر قیمت محصولات هر فعالیت،

۱۵. سنجش و تشخیص مزیت نسبی هر فعالیت نسبت به فعالیت‌های دیگر،

۱٦. تشخیص فعالیت‌های کلیدی و استراتژیک در هر فعالیت،

۱۷. بررسی استراتژی جایگزینی واردات در هر فعالیت،

۱۸. برآورد ارزش‌افزوده بهینه در هر بخش،

۱۹. برآورد ارزش صادرات بهینه در هر بخش،

۲۰. برآورد ارزش اشتغال بهینه در هر بخش،

۲۱. برآورد ارزش واردات بهینه در هر بخش،

۲۲. برآورد ارزش سرمایه‌گذاری بهینه در هر بخش،

۲۳. کاربردهای دیگر.

بر این فهرست می‌توان موارد مهم دیگری نظیر ایجاد نظام اطلاع‌رسانی در زمینه تولید هر فعالیت را افزود. ساختار انتزاعی جدول داده ـ ستانده را می‌توان به کمک جدول زیر نشان داد. این جدول به چهار ناحیه تقسیم می‌شود. این تقسیم‌بندی نتیجه تجزیه مصارف به دو گروه واسطه و نهایی و منابع به دو گروه تولید شده و نخستین است. ناحیه یک جدول داده ـ ستانده معمولاً ماتریسی مربع بوده و قسمت اصلی جدول را تشکیل می‌دهد، زیرا گردش کالاها و خدمات در فرآیند تولید جاری، یا داد و ستد آنها میان بخش‌های تولیدی، در همین قسمت نشان داده می‌شود.

در حالت کلی شماره بخش‌های تولیدی n بوده و هر سطر نماینده یک بخش است. بخش‌ها براساس طبقه‌بندی خاصی مرتب می‌شوند[۳] و ترتیب آنها در سطرها و ستون‌های جدول یکسان

1. Backward Linkage
2. Forward Linkage

۳. این طبقه‌بندی براساس طبقه‌بندی ISIC می‌باشد.

است. بخشی که در سطرها به‌عنوان فراهم‌کننده، دهنده یا فروشنده کالاها و خدمات تلقی می‌شود، در ستون‌ها گیرنده، ستاننده و خریدار کالاها و خدمات هستند. بنابراین در محل تلاقی سطر i و ستون j، کمیت X_{ij} ستاندهٔ بخش j از فرآورده‌های بخش i است. یعنی:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = W_i \qquad (۸)$$

جمع عمودی، کل ستانده‌های بخش j از فرآورده‌های دیگر بخش‌هاست. یعنی:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = U_j \qquad (۹)$$

و به عبارتی W_i و U_j هر دو مصارف واسطه می‌باشند.

ناحیه ۲ جدول برای فرآورده‌های بخش‌های گوناگون، اجزای تقاضای نهایی یا مصارف نهایی آنها را نمایان می‌سازد. تقسیم‌بندی این ناحیه گاهی برحسب تقسیمات نهادی مانند شرکت‌ها، خانوارها، دولت، دنیای خارج و گاهی برحسب سرشت عملیات نهایی مانند تشکیل سرمایه ثابت، مصرف نهایی، خالص مبادلات خارجی است. در عمل معمولاً ملاک طبقه‌بندی ترکیبی از نهادها و عملیات است. در ایران معمولاً طبقه‌بندی به‌صورت زیر است:

هزینه‌های مصرفی خانوارها به تفکیک شهری و روستایی، هزینه‌های مصرفی دولت، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (در ماشین‌آلات و ساختمان و تغییر موجودی) و صادرات. در برخی جداول واردات به‌صورت منفی در قسمت تقاضای نهایی منظور می‌شود.

بنابراین تقاضای نهایی عبارت است از: جمع مصرف خانوارها C_i و مصرف دولتی G_i و تشکیل سرمایه I_i و صادرات E_i.

$$F_i = C_i + G_i + I_i + E_i \qquad (۱۰)$$

به‌طور طبیعی کل تقاضا جمع تقاضای نهایی و واسطه می‌باشد:

$$W_i + F_i = Z_i \qquad (۱۱)$$

و از آنجایی که تقاضای کل مساوی عرضه کل است و عرضه کل نیز شامل تولیدات داخلی X_i و واردات M_i می‌باشد لذا:

$$X_i + M_i = Z_i$$

با توجه به روابط فوق می‌توان نوشت:

$$Z_i = M_i + X_i = \sum_j z_{ij} + F_i = W_i + F_i \qquad (۱۲)$$

به‌عبارت دیگر در نواحی ۱ و ۲ هر یک از سطرهای جدول سرنوشت یا مقصد فرآورده‌های بخش مربوطه نمایان می‌شود.

جدول ۱. ساختار انتزاعی جدول داده ـ ستانده

بخش‌ها		بخش‌های مصرف‌کننده		عرضه= تقاضا	تولید	واردات
		مصارف واسطه		مصارف نهایی		
		۱ ... n ... j	جمع	مصرف خانوار شهری مصرف خانوار روستایی مؤسسات غیرانتفاعی مصرف دولت تشکیل سرمایه صادرات جمع		
بخش‌های تولیدکننده	۱ .. i .. . n جمع	ناحیه ۱ x_{ij} W_i U_j		ناحیه ۲ C_i G_i I_i E_i F_i	X_i	M_i
ارزش‌افزوده جبران خدمات استهلاک مالیات مازاد عملیاتی جمع		ناحیه ۳ V_{ij} V_j		ناحیه ٤		
تولید		X_j				

در ناحیه ۳ اجزای ارزش‌افزوده‌ای که در هریک از بخش‌ها ایجاد می‌شود یعنی نهاده‌های نخستین، نشان داده شده است. این نهاده‌ها از آن رو نخستین نامیده می‌شوند که برخلاف مقادیر مندرج در سطرهای نواحی ۱ و ۲ جدول، جزء فرآورده‌های تولید جاری نیستند. به این اعتبار مصرف سرمایه ثابت موجود یا استهلاک، به‌کار گماردن نیروی انسانی و بهره‌برداری از زمین ازجمله نهاده‌های نخستین هستند. تقسیمات ارزش‌افزوده غالباً عبارت است از: درآمد کارکنان یا جبران خدمات کارکنان، سود شرکت‌ها و درآمد کارکنان مستقل یا مازاد عملیاتی و خالص مالیات‌های غیرمستقیم.

با در نظر گرفتن نواحی ۱ و ۳ جدول می‌توان به بخش‌ها از زاویه‌ای دیگر یعنی ستون‌ها نگریست و به ترکیب هزینه هریک از آنها پی‌برد. زیرا جمع ارزش نهاده‌های واسطه و نهاده‌های نخستین مساوی ارزش تولید است.

$$X_j = \sum_{j=1}^{n} Xij + V_j = U_j + V_j \qquad (۱۳)$$

در ناحیه ٤ قاعدتاً باید ازجمله ارزش‌افزوده‌ای که مستقیماً در بخش‌های تقاضای نهایی ایجاد شده و همه‌جا مصرف می‌شود درج شود. نمونه بارز این‌گونه ارزش‌افزوده خدمات خانگی است که در بخش‌های نهادی خانوارها ایجاد شده، توسط خانوارها نیز مصرف می‌شود. با این حال در بیشتر جداول داده ـ ستانده این ناحیه را خالی می‌گذارند.

حواشی جدول در ستون‌ها، کل تولید هر بخش و در سطرها کل منبع هر فرآورده شامل تولید داخلی و صادرات را نشان می‌دهند. تولید در سطر و ستون باید دقیقاً مساوی باشند.

از معادله (۱۳) پیداست که تولید بخش iام مساوی است با جمع مصارف از فرآورده‌های آن بخش منهای واردات فرآورده‌های مشابه:

$$X_i = \sum_{J=1}^{n} x_{ij} + F_i - M_i \qquad (١٤)$$

حال اگر معادله (١٤) را برای همه بخش‌ها حساب کرده، با یکدیگر جمع کنیم، رابطه (۱۵) به‌دست می‌آید:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij} + \sum_{i=1}^{n} F_i - \sum_{i=1} m_i \qquad (۱۵)$$

جمع معادله (١٦) نیز عبارت است از:

$$\sum_{j=1}^{n} X_j = \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} X_{ij} + \sum_{j=1}^{n} V_j \qquad (١٦)$$

و چون جمع عمودی و افقی یکی است یعنی:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = \sum_{j=1}^{n} X_j \qquad (۱۷)$$

بنابراین:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij} + \sum_{i=1}^{n} F_i - \sum_{i=1}^{n} M_i = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij} + \sum_{j=1}^{n} V_j \qquad (۱۸)$$

و یا

$$\sum_{i=1}^{n} F_i - \sum_{i=1}^{n} M_i = \sum_{j=1}^{n} V_i \qquad (۱۹)$$

معادله (۱۹) تساوی اساسی حسابداری ملی است. به این اعتبار جمع مصارف نهایی اقتصاد منهای کل واردات، مساوی است با جمع ارزش‌افزوده‌ها یعنی تولید ناخالص داخلی.

اگر X_{ij} به شکل زیر تعریف شود:

$$X_{ij} = a_{ij} X_j \qquad (۲۰)$$

به‌طوری‌که در این معادله a_{ij} مقدار نهاده و یا کالا خدمت خریداری شده به‌ازای یک واحد تولید بخش خریدار باشد یعنی:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \qquad (۲۱)$$

با جایگزین کردن (۲۰) در (۱۲) خواهیم داشت:

$$M_i + X_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j + F_i \qquad (۲۲)$$

مشروح معادلات (۲۲) بدین قرار است:

$$M_1 + X_1 - (a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1n}X_n) = F_1$$
$$M_2 + X_2 - (a_{21}X + a_{22}X_2 + \ldots + a_{2n}X_n) = F_2$$
$$M_n + X_n - (a_{n2}X_n + a_{n2}X_2 + \ldots + a_{nn}X_n) = F_n$$

معادله‌های (۲۲) را می‌توان به‌صورت ماتریسی نیز نوشت:

$$M + X - AX = F \qquad (۲۳)$$

که در آن M ماتریس واردات، A ماتریس ضرایب فنی است. اگر کشوری فاقد واردات باشد در آن صورت معادله (۲۲) به‌صورت زیر خواهد بود:

$$X_i - \sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j = F_i \qquad (۲۴)$$

که به‌صورت ماتریسی:

$$X - AX = F \qquad (۲۵)$$

$$(I - A)X = F \qquad (۲۶)$$

و در نتیجه:

$$X = (I - A)^{-1}F \qquad (۲۷)$$

اگر به ارقام بالا واردات نیز افزوده شود ممکن است این ارقام به‌صورت متغیر برون‌زا وارد الگو شده و به تقاضای نهایی اضافه شوند یا به‌صورت درون‌زا در الگو وارد گردد که در ساده‌ترین حالت یعنی با فرض اینکه واردات با تولید متناسب است.

$$M_i = m_i X_i \qquad (۲۸)$$

خواهیم داشت:

$$X_i + m_i X_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j + F_i \qquad (۲۹)$$

و یا به‌صورت ماتریسی:

$$X + MX - AX = F \qquad (۳۰)$$

$$(I + M - A)X = F \qquad (۳۱)$$

$$X = (I + M - A)^{-1}F \qquad (۳۲)$$

ماتریس (I-A) و یا (I+M-A) به ماتریس لئونتیف معروف است. اجزای این ماتریس در قطر اصلی همراه اعداد مثبت و بیرون از آن اعداد منفی یا صفر هستند.

بدین ترتیب می‌توان با در دست داشتن بردار تقاضای نهایی و معکوس ماتریس لئونتیف، تولید را محاسبه کرد.

۳. مدل تعادل عمومی قابل محاسبه[1]

تحلیل جزئی هر پدیده یا سیاست اقتصادی بدون توجه به اثرات غیرمستقیم ناشی از روابط متقابل اقتصادی می‌تواند کم‌دقت و حتی گمراه‌کننده باشد. الگوهای تعادل عمومی قابل محاسبه یک روش کاربردی مناسب برای تحلیل اقتصادی با احتساب روابط متقابل بخش‌ها، بازارها و بازیگران اقتصادی است. الگوهای تعادل عمومی تعاملات سیستماتیک متغیرهای اقتصادی، شامل دو گروه متغیرهای درونزا و برونزا را در قالب معادلاتی قابل حل بیان می‌دارند. این الگوها برای پیش‌بینی اقتصادی در مورد اثرات تغییر در متغیرهای برونزا بر متغیرهای درونزا با در نظر گرفتن ارتباطات

1. Computable General equilibrium approach (CGE)

بخش‌ها و بازارهای مختلف اقتصادی با به‌کارگیری اطلاعات دنیای واقعی کاربرد دارند.

۱-۳. تاریخچه

اولین کار تجربی در تدوین مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه به رساله دکتری لیف جوهانسون[1] در سال ۱۹٦۰ مربوط می‌شود، که برای اقتصاد نروژ طراحی شده است. او در رساله دکتری خود تحت عنوان مطالعه چندبخشی رشد اقتصادی، سعی در بررسی عوامل مؤثر بر رشد اقتصاد نروژ داشت که در این مدل روند تخصیص منابع (کار و سرمایه) و روابط مبادله تجاری را در جریان رشد اقتصادی به تصویر کشید. این نوع الگوها نسخه کاربردی ساختار تعادل عمومی والراس می‌باشند، که در دهه ۱۹۵۰ توسط کنث آرو،[2] جرارد دبرو[3] و دیگران فرمول‌بندی شده است. از اوایل دهه ۱۹۸۰ مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه به‌طور فزاینده‌ای برای تجزیه و تحلیل آثار گزینش سیاست‌های کلان اقتصادی و تخصیص منابع در کشورهای درحال توسعه همانند کشورهای توسعه‌یافته به‌کار گرفته شده‌اند.

۲-۳. مفهوم کلی مدل تعادل عمومی

عبارت تعادل عمومی به‌منظور تمایز آن از تعادل جزئی به‌کار می‌رود. در تعادل جزئی معمولاً بخشی از اقتصاد که توسط بازارهای مختلفی شناخته می‌شوند مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد و فرض می‌شود که دیگر بازارها یا در تعادل هستند و یا اینکه مستقل از بازارهای دیگر عمل می‌کنند. بنابراین تغییراتی که در اثر رفتار متغیرهای اقتصادی در یک بخش از اقتصاد صورت می‌گیرد دیگر بازارها را بدون تغییر می‌گذارد.

در تعادل عمومی هرگونه تغییری در تمام بازارها منعکس می‌شود و کنش و واکنش‌های مناسب با تغییرات را در اقتصاد به‌طور کل باعث می‌گردد. بخش‌های اقتصادی نمی‌توانند به‌صورت جزایر نامرتبط و دور از هم وجود داشته باشند، هرگونه تغییر در یک بخش دارای اثرات مستقیم و یا غیرمستقیم در دیگر بخش‌ها خواهد بود. هرگونه تنگنا که در یک گوشه‌ای از اقتصاد به‌وجود می‌آید بر دیگر بخش‌ها اثرگذار خواهد بود.

یک مدل اقتصادی باید حتی‌المقدور در جزئیات بیشتری ارائه شود تا بتوان تفاوت‌های ساختاری و رفتاری در اقتصاد را شناسایی کند. مدل تعادل عمومی کاربردی دقیقاً برای این منظور ساخته شده است.

مدل تعادل عمومی کاربردی براساس مدل تعادل عمومی والراس و کارهای ارو و دبرو طراحی

1. L. Johansen (1960). “A Multi- Sectoral Study of Economic Growth”, Amesterdam: North Holland.
2. K. Arrow, (1951), “Social Choice and Individual values”. New York: Wiley.
3. G. Debreu & K. Arrow (1954). "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy".

شده و به‌صورت کاربردی درآمده است. مدل تعادل عمومی کاربردی وسیله مناسبی برای تحلیل سیاست‌های اقتصادی است. مدل تعادل عمومی کاربردی هم دارای جزئیات مورد نظر جهت نشان دادن واقعیت‌های اقتصاد است و هم به تئوری‌های اقتصادی بسیار نزدیک است.

۳-۳. ساختار

الگوهای تعادل عمومی به فرمول‌بندی جریان چرخشی درآمد ـ مخارج یک اقتصاد می‌پردازند، که در آن بازارهای تولیدکنندگان، عوامل تولید و مصرف‌کنندگان در نظر گرفته می‌شود. مبادلات در این مدل‌ها براساس رفتار بهینه‌سازی عاملین اقتصادی صورت می‌گیرد، به‌نحوی که مصرف‌کنندگان تابع مطلوبیت خویش را با توجه به سطح بودجه به حداکثر می‌رسانند و به این ترتیب طرف تقاضای مدل مشخص می‌شود، تولیدکنندگان نیز در پی حداکثر نمودن سود خویش هستند و بدین روال طرف عرضه مدل معین می‌شود. قیمت‌های بازار در وضعیت تعادلی شرایط لازم را برای تعادل فراهم می‌آورند.

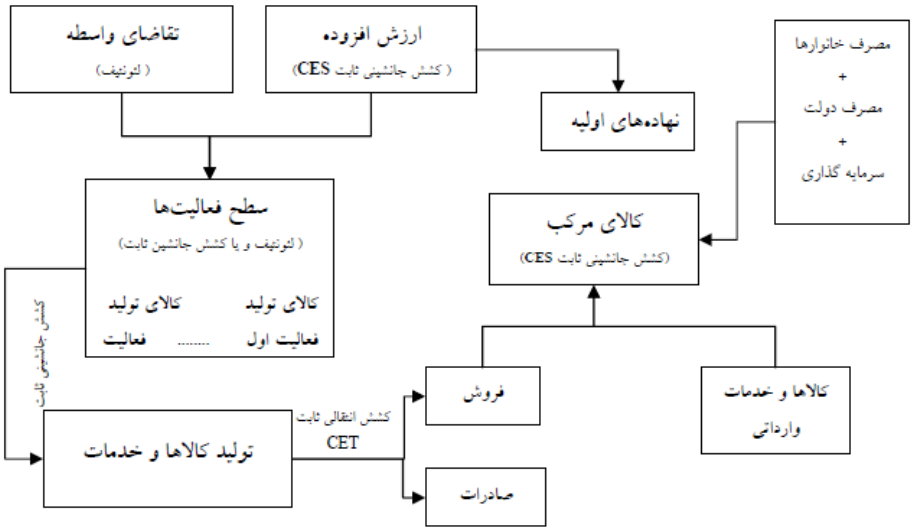
برای تمامی کالاها و خدمات عرضه برابر تقاضا خواهد بود و در صورتی‌که بازده نسبت به مقیاس ثابت باشد، شرط سود صفر برای کلیه فعالیت‌ها صادق است. بنگاه‌های اقتصادی در بازار عوامل متقاضی عوامل تولیدی هستند که توسط مالکین آنها یعنی خانوارها به بازار عرضه می‌شود. تمامی عاملینی که در بازار متقاضی کالا هستند مخیرند یا از کالای داخلی یا خارجی استفاده نمایند، زیرا این دو دسته کالاها جانشین یکدیگر فرض می‌شوند. آنچه عاملین اقتصادی را به مصرف محصولات داخلی و یا خارجی سوق می‌دهد، قیمت نسبی کالاهاست که نرخ ارز در آن نقش کلیدی ایفا می‌کند. نرخ ارز نیز در بازار ارز که شامل عرضه ارز (صادرات کالا و ورود سرمایه) و تقاضای ارز (واردات کالا و خروج سرمایه) می‌باشد، تعیین می‌گردد.

اشکال تبعی در مدل‌های تعادل عمومی، غالباً به‌صورت کاب ـ داگلاس، کشش جانشینی ثابت (CES)[1] سیستم مخارج خطی (LES)،[2] نسبت‌های ثابت کشش‌های جانشینی، همگن،[3] ترانسلوگ[4] و انتخاب می‌شوند. انتخاب فرم تبعی در هریک از موارد اولاً باید با شیوه نظری سازگار باشد و ثانیاً ارزیابی عکس‌العمل تقاضا و عرضه نسبت به سیاست‌های اعمال شده در مدل ساده باشد.

نمودار زیر تصویر شماتیکی از اجزای عمده الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه، شامل عوامل تولید، قیمت‌ها و کالاها و نیز اشکال تبعی ارتباط‌دهنده هریک از اجزا با یکدیگر را ارائه می‌دارد.

1. Constant Elasticity of Substitution
2. Liner Expenditure System
3. Homogeneous
4. Tran slog

نمودار ۱. اجزای مدل تعادل عمومی



همانطوری که نمودار نشان می‌دهد، یکی از خصوصیات بارز الگوهای تعادل عمومی قابل محاسبه استفاده از فرض آرمینگتون در تبیین تابع تقاضای واردات است. در الگوهای سنتی تجارت، واردات به‌صورت جانشین کامل یا مکمل کامل تولیدات داخلی محسوب می‌شد، لذا در این گونه مدل‌ها کوچک‌ترین تغییری در قیمت‌ها می‌توانست تغییر عظیمی در میزان واردات ایجاد نماید، اما بنابه فرض آرمینگتون واردات و تولید داخلی جانشین ناقصی برای یکدیگر می‌باشند، که میزان تقاضا برای هریک علاوه‌بر درآمد به قیمت نسبی آنها نیز ارتباط دارد (فرم تبعی CES).

در مورد صادرات نیز همین فرض در الگو وجود دارد، به این معنا که کالاهای تولید شده برای عرضه در بازارهای داخلی با کالاهای تولید شده همان بخش برای عرضه در بازارهای خارجی، دو کالای متمایز با جانشینی ناقص در نظر گرفته می‌شوند، که میزان عرضه هر یک تابع قیمت‌های نسبی می‌باشد[۱] (فرم تبعی CET).[۲]

تفاوت عمده دیگر الگوهای تعادل عمومی کاربردی با الگوهای سنتی تجارت، در نحوه برخورد با تقاضای صادرات است، در الگوهای تجارت عموماً فرض کشور کوچک در نظر گرفته می‌شود، به‌عبارت دیگر کشور با قیمت‌های داده شده جهانی روبرو است، اما در اینجا بسته به مورد می‌توان برای کالاهای مختلف، فرض نمود که افزایش سهم صادرات هر کالا در بازار تجارت جهانی مستلزم

---

۱. برای اطلاعات بیشتر، مراجعه کنید به:

Barbara M Roberts , Jeffery I Round (1999), “ Import Demand Specification in Computable General Equilibrium Models of Economics in Transition” University of Leicester, United King down.

2. Constant Elasticity of Transformation.

کاهش قیمت آن می‌باشد. بنابراین با افزایش عرضه صادرات، قیمت آن کاهش می‌یابد و در نتیجه عواید حاصل از صادرات کمتر از افزایش مقدار صادرات خواهد بود، به‌عبارت دیگر تابع تقاضا برای صادرات نیز به‌صورت نزولی خواهد بود.

در این الگو تولیدکننده، نهاده‌های واسطه را به‌صورت تابع لئونتیفی به‌همراه عوامل تولید (ارزش‌افزوده) به‌صورت کشش جانشینی ثابت در فعالیت‌های مختلف جهت تولید به شکل تابع کاب ـ داگلاس و یا ترانسلوگ در اختیار می‌گیرد. در مرحله بعد تولیدکننده با توجه به قیمت نسبی، تولیدات خود در داخل و خارج از کشور براساس شکل تبعی کشش تبدیل ثابت تصمیم می‌گیرد که تولیدات خود را به چه نسبتی در داخل و خارج از کشور به فروش برساند.[۱]

مصرف‌کنندگان نیز از کالاهای مرکب جهت مقاصد مختلف (مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری، مخارج مصرفی دولت) بهره می‌گیرند.

متغیرهای الگوی تعادل عمومی را می‌توان به سه دسته درونزا، برونزا و سیاستگذاری تقسیم نمود. متغیرهای درونزا شامل متغیرهایی هستند که بازارهای سه‌گانه معرفی شده و شاخص‌های کلان آنها را به تعادل می‌رسانند، مانند قیمت‌ها (قیمت کالاها، قیمت عوامل و نرخ ارز)، تولید و اشتغال به تفکیک فعالیت‌ها. متغیرهای برونزا شامل متغیرهایی هستند که توسط شرایط داخلی و یا خارجی به سیستم دیکته می‌شود و سیستم نمی‌تواند تأثیری روی آنها داشته باشد مانند موجودی عوامل تولید، قیمت‌های جهانی و برخی از تنگناهای ساختاری. متغیرهای سیاستگذاری متغیرهایی هستند که با هدف تأثیرگذاری بر متغیرهای درونزا تعیین می‌گردند مانند نرخ‌های تعرفه، سوبسید، مالیات‌های مستقیم و غیرمستقیم، هزینه‌های دولت و نرخ ارز (در صورت ثابت بودن آن).[۲]

همچنین در مدل‌های تعادل عمومی دسته‌ای از متغیرها با عنوان پارامترها وجود دارند که به‌عنوان مثال چگونگی حساسیت متغیرهای درونزا را به متغیرهای برونزا و متغیرهای درونزاها به همدیگر را نشان می‌دهند.

به‌طور کلی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، سیستمی از معادلات همزمان شامل پارامترهای θ می‌باشد، به‌طوری‌که از بردار متغیرهای برونزای Z بردار متغیرهای درونزای Y، نتیجه خواهد شد:

$$F(\theta, Z, Y)=0 \qquad (۳۳)$$

همانطوری که ملاحظه می‌شود مدل‌های CGE فاقد جملات خطا می‌باشند. عدم وجود جزء

---

۱. لازم به ذکر است که کلیه کالاهای واسطه‌ای مورد استفاده تولیدکننده به‌صورت ترکیبی از کالاهای وارداتی و داخلی می‌باشد که این ترکیب نیز توسط فرم تبعی کشش جانشینی ثابت صورت می‌گیرد.

۲. برخی از متغیرها در الگوهای تعادل عمومی با توجه به موضوع مورد مطالعه در الگو می‌تواند درونزا و یا برونزا تعریف شوند مانند نرخ ارز، سرمایه‌گذاری، موجودی سرمایه و نرخ بازدهی سرمایه به تفکیک فعالیت نهایی مورد نظر.

خطا در معادله ... به‌عنوان شیوه‌ای غیرتصادفی حاکی از تفسیر مدل‌سازی CGE بوده که لزوماً مغایر با شیوه تصادفی اقتصادسنجی می‌باشد.[۱]

برآورد پارامترها و یا تصریح عددی مدل‌های تعادل عمومی در ادبیات اقتصادی مبتنی‌بر دو روش عمده متمایز و جایگزین ذیل می‌باشد که هریک از آنها به‌نوبه خود مزایا و معایبی را دارند:

۱. روش اقتصادسنجی،

۲. روش کالبریزاسیون.

به‌دلیل مشکلات مختلف در برآورد ازجمله مشکلات مربوط به تشخیص مدل، مشکلات مربوط به درجه آزادی، مشکلات مربوط به فقدان سری‌های لازم و... در عمل چندان از روش اول استفاده نمی‌شود و روش معمول در برآورد پارامترهای مدل تعادل عمومی، روش کالبریزاسیون می‌باشد. این روش ساده و آسان بوده و نسبت به روش اقتصادسنجی به اطلاعات کمتری نیاز دارد. در این روش پارامترها براساس اطلاعات مورد نظر یک سال خاص سنجش می‌شود. روش کالبریزاسیون اولین بار توسط جانسون (۱۹۶۰) معرفی گردید و این روش در برآورد پارامترهای مدل‌های CGE از دهه ۱۹۷۰ به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش کالبریزاسیون معمولاً در چهار مرحله اجرا می‌گردد:[۲] مرحله اول، ساخت و ایجاد یک مجموعه اطلاعاتی سازگار با مدل تعادل عمومی مورد مطالعه می‌باشد. مرحله دوم، تعیین برخی از پارامترها از مطالعات قبلی و پیشین مربوطه می‌باشد (مانند برخی از کشش‌های خاص). مرحله بعد، محاسبه پارامترهای باقی‌مانده نامشخص به‌وسیله معادلات مورد نظر مدل و برپایه مجموعه اطلاعات تعادلی ایجاد شده در مرحله اول است و مرحله نهایی در این فرآیند اجرا نمودن و به‌کارگیری این پارامترها برای بررسی درستی تصریح عددی آنها می‌باشد. به‌عبارت دیگر براساس پارامترهای موجود برای مدل تعادل عمومی مورد نظر باید مجموعه اطلاعات اولیه، توسط روابط و معادلات تعریف شده در مدل دوباره ایجاد شود. اگر با استفاده از این پارامترها جواب صحیح از مدل اخذ نشود، باید مدل عیب‌یابی شده و این کار تا زمانی که مشاهدات سال پایه توسط مدل ارائه نشده، باید تکرار شود.

همانطوری که اشاره گردید، اطلاعات پایه مورد نظر در روش کالبریزاسیون باید با مدل تعادل عمومی مورد نظر سازگاری داشته باشند. یک مدل تعادل عمومی کاربردی معمولاً از عناصر زیر

---

۱. این امر به معنی اعتقاد مدل‌سازان CGE به غیرتصادفی بودن پدیده‌های واقعی نیست، بلکه آنان این نحو مدل‌سازی را عکس‌العمل سیستمی و نه تصادفی متغیرهای اقتصادی به محرک‌های برونزا می‌دانند.

۲. برای مطالعه جزئیات چگونگی محاسبه رجوع کنید به:

- Mansur and Whally و Devarajan, Lewis and Robinson (1994)

تشکیل شده است:[۱]

- ماتریس حسابداری اجتماعی،
- معادلات مربوط به قیمت‌های نسبی،
- معادلات مربوط به تولید و دیگر جریانات کالایی در اقتصاد،
- معادلات مربوط به درآمدها در اقتصاد،
- معادلات مربوط به هزینه‌ها،
- شرایط تعادل اقتصادی.

پس از اینکه تصمیم در مورد متغیرهای درونزا و برونزا گرفته شد مرحله بعد شمارش و تعیین معادلات است. در هرحال اما باید به‌خاطر داشته باشیم که در یک مدل CGE قانون والراس صدق می‌کند.

۴. روش‌های تصمیم‌گیری گروهی مبتنی‌بر نظرات خبرگان

صرف‌نظر از توسعه روش‌های کمّی مبتنی‌بر اقتصادسنجی یا روش‌های سنجش و مدل‌سازی اقتصادی مانند داده ـ ستانده یا تعادل عمومی قابل محاسبه، روش‌های دیگری نیز توسعه داده شده‌اند که عمدتاً در جریان تدوین برنامه‌های میان‌مدت و بلندمدت توسعه برای برخورداری از نظرات خبرگان و تصمیم‌گیری جمعی در حوزه‌های چندوجهی به‌کار برده می‌شوند. مزیت عمده این روش‌ها استفاده از نظرات جمعی در تدوین یک برنامه است و نقص عمده آنها نیز فاصله گرفتن از مبانی مدل‌سازی اقتصادی و تأکید بر معیارهای ذهنی[۲] می‌باشد. از مهمترین این روش‌ها می‌توان به روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)،[۳] روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)[۴] و روش دلفی[۵] اشاره کرد.

۴-۱. روش تحلیل سلسله‌مراتبی[۶]

این روش براساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی توسعه یافته است. روش مذکور

---

۱. برای مطالعه جزئیات معادلات و نحوه کاربرد ماتریس حسابداری اجتماعی در مدل‌های تعادل عمومی رجوع کنید به:
- Burfisher, Mary E. (2011), *Introduction to Computable General Equilibrium Models*, Cambridge University Press.

2. Subjective measures
3. Analytic Hierarchy Process
4. Analytic Network Process
5. Delphi method

٦. دو بخش تحلیل سلسله‌مراتبی و دلفی این گزارش برگرفته و خلاصه شده است از مطالب مطرح شده در اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۲)، تصمیم‌گیری گروهی و نظریه‌بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات، انتشارات دانشگاه تهران، برای بحث مفصل‌تر مراجعه کنید به:

ـ حسن قدسی‌پور، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۵.

ـ ع آذر و ع رجب‌زاده، تصمیم‌گیری کاربردی: رویکرد MADM، چاپ اول، انتشارات نگاه دانش، تهران، ۱۳۸۱.

توسط «توماس ـ ال ـ ساعتی» در دهه هفتاد میلادی پیشنهاد گردید و کاربردهای متعددی از آن زمان تاکنون برای این روش مورد بحث قرار گرفته‌اند. AHP بر سه اصل زیر استوار است:

الف) برپایی یک ساختار و قالب رده‌ای برای مسئله،

ب) برقراری ترجیحات از طریق مقایسات زوجی (به‌صورت نرخ نهایی جانشینی)،

ج) برقراری سازگاری منطقی از اندازه‌گیری‌ها.

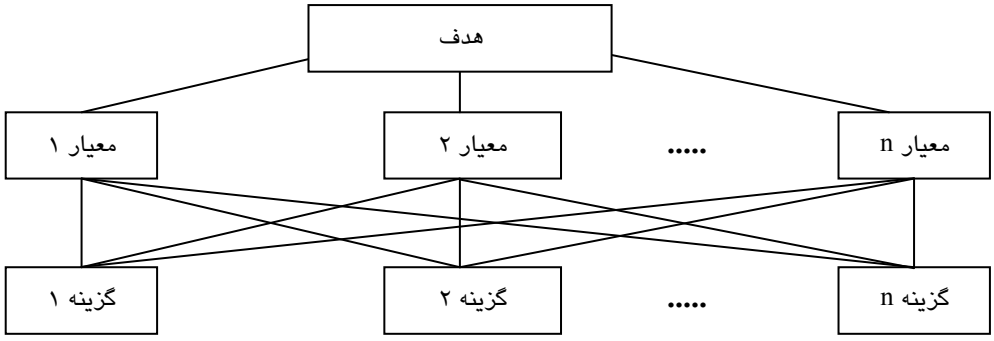
هدف نهایی روش تحلیل سلسله‌مراتبی، تبدیل ترجیحات ذهنی به مقادیر کمی ملموس استوار است. از آنجایی‌که درک پدیده‌ها و مسائل بزرگ پیچیده برای ذهن انسان می‌تواند مشکل‌آفرین باشد، ازاین‌رو تجزیه یک مسئله بزرگ به عناصر جزئی آن (با استفاده از یک ساختار رده‌ای) می‌تواند به درک انسان کمک نماید. ارتباط هر عنصر با سایر عناصر باید در ساختار رده‌ای و در سطوح مختلف مشخص گردیده و ارتباط هدف اصلی موجود از مسئله با پایین‌ترین رده موجود از سلسله‌مراتب تشکیل شده دقیقاً روشن شده باشد. هر عنصر در این‌گونه ساختارها و از یک سطح معین نیز تحت تسلط برخی یا کلیه عناصر موجود در سطح بلافاصله بالاتر از آن می‌باشد.

تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمّی‌وکیفی را در مسئله دارد. در این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه‌بر این برمبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند.

این تکنیک همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در این روش مقایسه‌های زوجی ناسازگار با تعیین اوزان ناسازگاری حذف یا تعدیل می‌شوند.

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله می‌باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند.

شکل ۱. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی



در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامیم. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود که آنها را وزن مطلق می‌نامیم. در جدول زیر ترجیحات و قضاوت عددی مربوط به آن نشان داده شده است.

جدول ۲. ترجیحات و قضاوت عددی در روش AHP

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم و یا کاملاً مطلوب‌تر	Extremely preferred	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Very strongly preferred	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	Strongly Preferred	۵
کمّی مرجح یا کمّی مهمتر یا کمّی مطلوب‌تر	Moderately Preferred	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	Equally preferred	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۲ و ٤ و ٦ و ۸

ممکن است در یک تصمیم‌گیری با روش تحلیل سلسله‌مراتبی به‌جای یک تصمیم‌گیر، چندین تصمیم‌گیر باشد که نظرهای همگی آنها را باید لحاظ نمود. در این موارد از طریق تصمیم‌گیری گروهی می‌توان با استفاده از میانگین هندسی یا حسابی بین نظر افراد و وزن‌هایی که آنها داده‌اند، برای تعیین عناصر ماتریس تصمیم‌گیری استفاده نمود. نظرات دریافت شده از خبرگان زمانی وارد محاسبه می‌شود که ناسازگار نباشند. برای این منظور نرخ ناسازگاری محاسبه می‌شود. نظرهای تصمیم‌گیرهای مختلف بهتر است زمانی وارد محاسبات گروهی گردد که نرخ سازگاری نظرات هر تصمیم‌گیر کمتر از ۰/۱ باشد.

۲-۴. فرآیند شبکه تحلیلی (تحلیل شبکه‌ای)

امکان صورت‌بندی بسیاری از مسائل براساس ساختار سلسله‌مراتبی، وجود ندارد، چراکه میان اعضای سطوح مختلف ممکن است تراکنش و وابستگی وجود داشته باشد و این سطوح مستقل از هم نباشد. حتی ممکن است علاوه‌بر اینکه اهمیت ضوابط تعیین‌کننده انتخاب و مقایسه بر روی انتخاب گزینه‌ها تأثیرگذار باشد، ترکیب گزینه‌ها نیز بر اهمیت ضوابط انتخابگر تأثیرگذار باشد. تحلیل سلسله‌مراتبی، ساختاری خطی و از بالا به پایین دارد، اما با وجود یک شبکه تحلیلی، تأثیرات و روابط در تمام جهات حتی به‌صورت دوری یا حلقه‌ای در نظر گرفته می‌شوند (ساعتی، ۱۹۹۹).[1] از

1. Saaty, T.L, "Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process", Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1996.

آنجاکه تحلیل شبکه‌ای، فرض استقلال میان عوامل را نادیده گرفته و تأثیرات میان عوامل یک تحلیل را نیز در نظر می‌گیرد، بنابراین، نسبت به روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای اعمال در مطالعات اقتصادی مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد.

تحلیل شبکه‌ای چارچوبی کلی برای تصمیم‌گیری، بدون نیاز به فرض استقلال عناصر سطوح بالاتر از عناصر سطوح پایین‌تر و نیز استقلال عناصر موجود در یک سطح را ارائه می‌دهد. درحقیقت در تحلیل شبکه‌ای نیازی به مشخص کردن سطوح موجود در یک رتبه‌بندی نیست. به‌عبارت دیگر، تحلیل سلسله‌مراتبی حالت خاصی از فرآیند شبکه تحلیلی یا اختصاراً تحلیل شبکه‌ای است.

این تحلیل از به‌هم پیوستن دو بخش تشکیل شده است. اولین بخش شامل سلسله‌مراتب کنترلی یا شبکه‌ای از ضابطه‌ها[1] و زیرضابطه‌ها[2] است که فعل و انفعال‌ها را کنترل می‌کند و دومین بخش نیز، شبکه‌ای از تأثیرات مابین عناصر و خوشه‌ها است.

در این روش، برای هر ضابطه کنترل، سوپرماتریس متفاوتی محاسبه می‌شود، سپس، هریک از این سوپرماتریس‌ها براساس اولویت ضابطه کنترل خود مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و نتایج با اضافه شدن به تمامی ضوابط کنترل با یکدیگر ترکیب می‌شوند. در نهایت سوپرماتریس محدودکننده براساس اولویت‌های ترکیبی ایجاد و نتایج استخراج می‌گردند.[3]

---

1. Criteria
2. Sub-criteria

۳. یک طرح کلی از مراحل پیاده‌سازی تحلیل شبکه‌ای در یک مثال کاربردی (یک تحلیل نفع، فرصت، هزینه و ریسک) به‌شرح زیر است (ساعتی، ۱۹۹۹):

- سلسله‌مراتب کنترل که شامل ضابطه‌های مقایسه اجزای سیستم و زیرضوابط مقایسه عناصر سیستم باشد، تعیین می‌شود.
- برای هر ضابطه یا زیرضابطه کنترل، خوشه‌های سیستم همراه با عناصر آن تعیین می‌شود.
- پیوندها و ارتباطات هر خوشه یا عنصر مشخص می‌شود.
- برای هر ضابطه کنترل، یک جدول سه‌ستونی تهیه می‌شود و هر برچسب خوشه در ستون وسط قرار داده می‌شود.
- در جدول تشکیل شده، خوشه‌ها با توجه به ضوابط موجود و به‌صورت جفت‌جفت از نظر تأثیر به روی یکدیگر و نیز تأثیر هر جفت بر روی خوشه‌های دیگر مقایسه می‌شود.
- عناصر موجود در خوشه‌ها مطابق با نفوذ آنها بر روی هر عنصر در خوشه‌های دیگر مرتبط با آن (یا عناصر موجود در خوشه‌های خود آنها) به‌صورت جفت‌جفت مقایسه می‌شوند.
- برای هر ضابطه کنترل، خوشه‌ها به‌ترتیب قرار گرفته و همه عناصر موجود در هر خوشه به‌صورت عمودی در سمت چپ و به‌صورت افقی در قسمت بالا قرار می‌گیرد و سوپرماتریس متعلق به هر ضابطه کنترل ساخته می‌شود.
- اولویت‌های محدودکننده هر سوپرماتریس محاسبه شده، این اولویت‌ها با هم ترکیب و سوپرماتریس محدودکننده تشکیل می‌شود.
- گزینه‌ای که دارای برترین اولویت است انتخاب می‌شود.

همانطور که از مراحل اجرای روش شبکه‌ای برمی‌آید، در این روش هرگونه ارتباط درونی (بین عناصر تشکیل‌دهنده یک خوشه) و یا بیرونی مورد توجه قرار می‌گیرد.

در تحلیل شبکه‌ای، مجموعه‌ای از اجزا (همنهد یا خوشه) موجود در یک شبکه که بر همدیگر تأثیر می‌گذارند و نیز روابط میان اجزا و عناصر داخل هر جزء را مشخص می‌کنیم.

یک همنهد یا خوشه یا جزء، مجموعه‌ای از عناصر است که عملکرد آنها حاصل اشتراک مساعی یا هم‌کنش مابین آنهاست و ازاین‌رو دارای عملکردی است که در هیچ عنصری به تنهایی یافت نمی‌شود.

در هر سوپرماتریس متعلق به یک سلسله‌مراتب، به هر عنصر، یک سطر و یک ستون تعلق می‌گیرد.

سوپرماتریس یک سلسله‌مراتب

$$W=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & W_{n-1,\,n-2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & W_{n,\,n-1} & I \end{bmatrix}$$

باتوجه به سوپرماتریس‌های متعلق به هر سلسله‌مراتب، سوپرماتریس شبکه شامل چندین سلسله‌مراتب به دست می‌آید.

سوپرماتریس شبکه

$$W=\begin{array}{c} \\ c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_N \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} c_1 & c_2 & \cdots & c_N \end{array} \\ \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \cdots & W_{NN} \end{bmatrix} \end{array}$$

هرکدام از درایه‌های سوپرماتریس شبکه، متعلق به یک سلسله‌مراتب است.

رابطه ماتریس سلسله‌مراتب و ماتریس شبکه

$$W_{ij}=\begin{bmatrix} W_{i1}^{(j_1)} & W_{i1}^{(j_2)} & \cdots & W_{i1}^{(jn_j)} \\ W_{i2}^{(j_1)} & W_{i2}^{(j_2)} & \cdots & W_{i2}^{(jn_j)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ W_{in_i}^{(j_1)} & W_{in_i}^{(j_2)} & \cdots & W_{in_i}^{(jn_j)} \end{bmatrix}$$

اگر در سوپرماتریس تشکیل شده، مجموع درایه‌های هر ستون بیش از یک باشد، به این معنی است که این ستون شامل چندین بردار ویژه است. در این حالت، ستون مربوطه را با وزن دادن نرمال می‌کنیم. به سوپرماتریس حاصل، سوپرماتریس وزن داده شده می‌گویند.

هر ستون سوپرماتریس وزن داده شده شامل یک بردار ویژه نرمال است که شامل چندین درایه صفر بوده و یا تمامی عناصر آن صفر است. در هر دو حالت، سوپرماتریس توسط اولویت خوشه مطابق آن در سمت چپ وزن داده می‌شود. در صورتی‌که این رقم برابر با صفر باشد، آن ستون پس از وزن داده شدن توسط اوزان خوشه مربوطه نرمال می‌شود. به این معنی که به هنگام وزن دادن، به خوشه واقع در سمت چپ، صفر داده شده و اوزان باقی خوشه‌ها دوباره نرمال شوند.

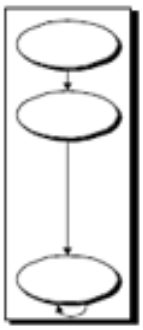
۳-۴. روش دلفی

پروژه‌ای از نیروی هوایی آمریکا در کمپانی RAND در اوایل ۱۹۵۰ به‌منظور بررسی نظرهای خبرگان در مورد اینکه چند بمب اتمی روسیه موجب خسارات معینی در آمریکا می‌شود، مشهور به پروژه «دلفی» طرح گردید و از آنجا تکنیکی معروف به تکنیک «دلفی» برای مطالعه (از قضاوت خبرگان) به وجود آمد.

این روش به‌صورت تلفیقی از «فکرنویسی» و «سوروی» است. هدف از این «روش» دسترسی به مطمئن‌ترین توافق گروهی (از عقاید خبرگان) برای یک موضوع مورد بحث خواهد بود که با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان، به دفعات مکرر یا توجه به بازخور حاصل از آنها، صورت می‌پذیرد. روش دلفی یک «سوروی» از عقاید خبرگان، با سه ویژگی مخصوص، می‌باشد. این ویژگی‌ها عبارتند از: پاسخ بی‌طرفانه به پرسشنامه‌ها، تکرار دفعات ارسال پرسشنامه و دریافت

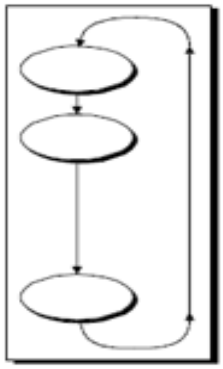
پس از تشکیل سوپرماتریس وزن داده شده، آن را آن قدر به توان می‌رسانیم تا مقادیر آن در یک مقدار مشخص پایدار شده و اصطلاحاً گراییده شوند. حاصل، ماتریس محدودکننده نام دارد. مقادیر درایه‌های ماتریس محدودکننده، همان مقادیر نهایی تحلیل شبکه‌ای خواهند بود. سوپرماتریس وزن داده شده را سوپرماتریس سلسله‌مراتبی و سوپرماتریس محدودکننده را سوپرماتریس کل‌سالار نیز می‌نامند.

سوپرماتریس وزن داده شده (سوپرماتریس سلسله‌مراتب)



$$W=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & \bullet & 0 & 0 \\ W_{21} & 0 & 0 & \cdots & \bullet & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & 0 & \cdots & \bullet & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bullet & \bullet & \bullet & \cdots & W_{n-1,n-2} & \bullet & \bullet \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \bullet & W_{n,n-1} & I \end{bmatrix}$$

سوپرماتریس محدودکننده (سوپرماتریس کل)



$$W=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \bullet & \bullet & \bullet & 0 & W_{1,n} \\ W_{21} & 0 & 0 & \bullet & \bullet & \bullet & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & 0 & \bullet & \bullet & \bullet & 0 & 0 \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & W_{n-1,n-2} & \bullet & \bullet \\ 0 & 0 & 0 & \bullet & \bullet & \bullet & W_{n,n-1} & 0 \end{bmatrix}$$

بازخور از آنها و تجزیه و تحلیل آماری از پاسخ به سؤالات به‌صورت گروهی.

دفعات تکرار ارسال پرسشنامه‌ها ممکن است بین ۳ الی ۵ متغیر باشد و این تغییر بستگی به درجه توافق گروهی از پاسخ‌دهندگان و اطلاعات اضافی لازم را از آنها دارد.

اولین پرسشنامه، معمولاً، نیاز به پاسخ یک سؤال عمده و وسیع از مسئله مورد بحث را داشته، در حالی‌که پرسشنامه‌های بعدی براساس پاسخ‌های دریافتی از پرسشنامه‌های قبل تنظیم می‌شود.

فرآیند «دلفی» زمانی متوقف می‌شود که توافق گروهی در بین خبرگان پاسخ‌دهنده حاصل شده باشد و یا اینکه تبادل اطلاعات به قدر کافی صورت پذیرفته باشد.

روش «دلفی» در زمینه‌های متعددی مورد استفاده واقع شده است، از قبیل: پیش‌بینی تکنولوژی، تجزیه و تحلیل خدمات دولتی، ابداعات آموزشی، طراحی و برنامه‌ریزی و... .

فن دلفی شامل دعوت به مشورت و مقایسه قضاوت‌های بی‌نام چندنوبتی اعضای یک تیم درباره یک تصمیم یا مسئله است. در هر دور یا نوبت خلاصه‌ای از آنچه همه اعضای تیم در دور قبلی گفته‌اند به اضافه نظرات مشورتی دور تازه، به اطلاع اعضا می‌رسد. در پایان نوبت سوم گروه شما باید به توافق رسیده باشد. یک مثال عمده از روش دلفی را در رأی‌گیری برای اعطای جوایز علمی یا هنری با عنوان جوایز آکادمی[1] می‌توان یافت. اعضای آکادمی (بدون مشورت با یکدیگر) نام افراد مورد نظر خود را به‌عنوان نامزد دریافت جایزه در زمینه‌های مختلف یادداشت می‌کنند و نوشته یا ورقه رأی خود را به آکادمی می‌فرستند.

آکادمی پنج نفر را که بالاترین تعداد آرا را در هر زمینه به‌دست آورده باشند تعیین می‌کند و فهرست کلی را برای همه اعضای گروه ارسال می‌کند. سپس گروه دوباره رأی می‌دهد و در دور سوم برندگان نهایی تعیین می‌شوند. فن دلفی را در مواقع ذیل می‌توان به‌کار برد:

۱. هنگامی که نظرات اعضای یک تیم را در مورد امری باید جمع‌آوری کرد و بدون روبرو شدن آنان که ممکن است سبب خطا در قضاوت شود.

۲. زمانی که اعضای یک تیم در یک جا مستقر نباشند.

۳. زمانی که لازم است اعضای تیم نسبت به تصمیمی که می‌گیرند و عواقب آن کاملاً آگاه و مسئول باشند.

٤. هنگامی که حضور چهره‌های بالادست بر فضای تصمیم‌گیری اثر می‌گذارد.

مراحل استفاده روش دلفی

مراحل مختلف روش مذکور به قرار زیر است:

---

1. Academy Awards

• مرحله اول

گروه ۵ الی ۹ نفره به‌عنوان «تصمیم‌گیرندگان» و «ستاد عملیاتی» تشکیل می‌شود. این گروه مسئولیت تهیه، توزیع و ارزیابی پرسشنامه‌ها را دارد، همچنین درصورت لزوم به تجدید نظر در پرسشنامه‌ها می‌پردازد. تصمیم‌گیرندگان به‌ویژه مسئولیت نتایج حاصل از به‌کارگیری این روش را به‌عهده خواهند داشت. ستاد عملیاتی دارای هدایت‌کننده‌ای خواهد بود که دارای تجزیه از به‌کارگیری روش دلفی بوده و آشنایی کامل به مسئله مورد بحث را داشته باشد.

«هدایت‌کننده» مسئولیت نظارت بر تایپ پرسشنامه‌ها، ارسال آنها، دریافت و تجزیه و تحلیل نتایج برگشتی از آنها را به عهده دارد، همچنین مسئولیت برنامه‌ریزی از جلسات ملاقات را به‌عهده می‌گیرد.

• مرحله دوم

خبرگان پاسخ‌دهنده به تعداد ۱۰ الی ۱۵ نفر از یک گروه همگن انتخاب می‌شوند. این نمونه، در صورت تعدد و تنوع گروه‌های مرجع، می‌تواند شامل چندصد نفر بشود.

پاسخ‌دهندگان کسانی خواهند بود که به‌عنوان «خبره» در مسئله مورد بحث تشخیص داده می‌شوند، همچنین توافق به پاسخگویی را داشته باشند. پاسخ‌دهندگان بهتر است:

۱. مشخصاً احساس درگیری با مسئله مورد بحث را داشته باشند،

۲. اطلاعات مداوم از مسئله مفروض را برای همکاری داشته باشند،

۳. انگیزه شرکت در فرآیند «دلفی» را داشته باشند،

٤. احساس کنند که اطلاعات حاصل از یک توافق گروهی برای خود آنها نیز ارزشمند خواهد بود.

ستاد عملیاتی باید ابتدا گروه خبرگان آشنا به مسئله مورد بحث را مشخص نموده و سپس مشهورترین و با احترام‌ترین آنها را به‌عنوان اعضای پاسخ‌دهنده به سؤالات «دلفی» انتخاب نماید. با هر عضو انتخاب شده بهتر است حضوری و یا تلفنی تماس گرفته شود. او را از اهداف، طبیعت کار، مدت زمان احتمالی برای ادامه فرآیند و مسئولیت‌ها مطلع نمود. همچنین به سؤالات احتمالی او پاسخ داده شود.

• مرحله سوم

طرح سؤال اصلی از مسئله مورد بحث و تنظیم و توزیع اولیه پرسشنامه برای آن. این سؤال جامع می‌بایست توسط تصمیم‌گیرندگان مسئول به‌گونه‌ای طرح شود، که برای پاسخ‌دهندگان قابل درک و روشن باشد. تصمیم‌گیرندگان می‌بایست با اعضای ستاد عملیاتی مصاحبه نموده و آنها را از جزئیات و اطلاعات مورد نیاز آگاه نمایند.

اولین پرسشنامه به پاسخ‌دهندگان فرصت می‌دهد که پاسخ‌ها (و راه‌حل‌های) خود را به سؤال‌های مطرح شده بدهند. بهتر است یک نامه به‌عنوان پرسشنامه مشتمل بر اهداف مورد انتظار از سؤال مطرح شده، کاربرد نتایج آن، دستورالعمل‌ها، و آخرین مهلت برای دریافت پاسخ نیز پرسشنامه را همراهی کند.

یک هفته بعد از تاریخ ارسال پرسشنامه می‌توان نامه‌ای به پاسخ‌دهنده جهت ترغیب او به پاسخ ارسال داشت. البته می‌توان پرسشنامه را دستی به پاسخ‌دهنده تحویل داد و تا زمان پاسخ‌گیری کامل به آن برای دریافت آن صبر نمود.

- **مرحله چهارم**

مرحله چهارم شامل تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از پرسشنامه شماره یک است. تجزیه و تحلیل این پرسشنامه می‌بایست منجر به تنظیم لیستی (یا شاخص‌های) تذکر داده شده توسط پاسخ‌دهندگان بشود. ستاد عملیاتی پاسخ‌ها را طبقه‌بندی نموده و توافقات را برای هر طبقه اصلی مشخص می‌نماید. تفسیر و سوءتفاهمات از این پرسشنامه، استنتاج شده و رفع آن نقایص برای تنظیم پرسشنامه دوم مدنظر واقع خواهد شد.

- **مرحله پنجم**

این مرحله شامل تهیه و توزیع پرسشنامه دوم است. پرسشنامه دوم براساس نتایج حاصل از پرسشنامه اول تهیه می‌گردد. محتوی این پرسشنامه به قرار زیر تنظیم می‌شود:

۱. مشخص کردن نکات (طبقات) مورد توافق و عدم توافق از پرسشنامه اول،

۲. مشخص کردن نکات تاریک از پرسشنامه اول که نیاز به شکافته شدن و اظهارنظر دارند،

۳. کمک به پاسخ‌دهندگان برای درک دیدگاه‌های یکدیگر و حرکت به‌سوی قضاوت دقیق،

٤. همچنین از پاسخ‌دهندگان، در این پرسشنامه، خواسته می‌شود که به نکات و شاخص‌های موجود در لیست تنظیم شده (از پرسشنامه اول) رأی داده و آنها را رتبه‌بندی نمایند.

- **مرحله ششم**

این مرحله شامل تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از پرسشنامه شماره دوم است. رأی داده شده به شاخص‌های موجود نیز شمارش خواهد شد (یا آنکه رتبه‌بندی‌ها، به‌طور نمونه با استفاده از اعداد «بردا» به امتیاز کمی تبدیل شده) و شاخص‌ها به‌ترتیب ارجحیت لیست می‌گردند. تفسیر و انتقادات نتیجه شده از پاسخ‌های خبرگان، همچنین می‌بایست خلاصه‌بندی شوند.

- **مرحله هفتم**

در این مرحله تهیه و توزیع پرسشنامه سوم در دستور کار قرار می‌گیرد. این پرسشنامه برای نشان

دادن کلیه نتایج حاصل شده از فرآیند «دلفی» است. تمرکز این پرسشنامه به نکات زیر خواهد بود:

۱. تقاضا از پاسخ‌دهندگان برای تفسیر بیشتر از شاخص‌های با بیشترین و کمترین ارجحیت (احتمالاً از هر طبقه خاص به‌وجود آمده و یا از مجموع آنها) و نظرخواهی از تناقضات احتمالی،

۲. رأی‌گیری یا رتبه‌بندی نهایی از شاخص‌ها به‌وجود آمده،

۳. مشخص شدن و تهیه حدود (مرز) مطالعه برای پیشنهاد یا اجرا،

٤. مشخص شدن طبقاتی از شاخص‌ها که با پراکندگی زیاد از قضاوت‌ها به لیست درآمده‌اند،

۵. تهیه یک خط‌مشی برای تحقیقات آتی و طراحی برنامه،

البته نکات یا شاخص‌های مورد توجه تصمیم‌گیرندگان و ستاد عملیاتی، برای تفسیر بیشتر، می‌بایست در این پرسشنامه تصریح شده و فرمت آن وضوح این نیاز را نشان دهد.

- **مرحله هشتم**

تجزیه و تحلیل پاسخ‌های برگشتی از پرسشنامه سوم: این تجزیه و تحلیل شبیه به تجزیه و تحلیل موجود از مرحله ششم بوده و رتبه‌بندی نهایی از شاخص‌ها و طبقات آنها تعیین خواهد شد.

- **مرحله نهم**

شامل ارسال و برگشت پرسشنامه‌ها (حتی توأم با مصاحبه حضوری، در صورت نیاز است) می‌تواند تا پنج مرتبه (نتیجه شده از پروژه‌های تجربی) تکرار شود.

- **مرحله دهم**

تهیه گزارش نهایی از فرآیند «دلفی» در دستور کار قرار می‌گیرد. این گزارش باید چکیده‌ای از اهداف مطالعه، فرآیند انجام شده و نتایج حاصله را در برگیرد. این گزارش می‌تواند مشروعیت اجرای پروژه را برای تصمیم‌گیرندگان به‌وجود آورد.

- **مرحله یازدهم**

مطلع کردن خبرگان پاسخ‌دهنده از نتایج حاصله باید صورت گیرد. چکیده‌ای از نتایج به‌دست آمده از فرآیند «دلفی» به سه دلیل عمده می‌بایست به اطلاع خبرگان پاسخ‌دهنده برسد:

۱. احترام به شخصیت افراد،

۲. ایجاد انگیزه برای همکاری‌های بعدی،

۳. بینش علمی به‌منظور نوآوری برای مسائل روزمره.

۵. مدل کوروس

این مدل (کوروس ۱۹۹٤ و ۲۰۰۷) برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در مورد میزان و چگونگی سرمایه‌گذاری دولتی یا خصوصی در افق زمانی مشخص به‌کار می‌رود. این الگو مشخص می‌کند

که از میان پروژه‌های مختلف، هر پروژه‌ای در هر مقطع زمانی آینده چه مقدار عایدی خواهد داشت و بر این اساس به برنامه‌ریز امکان داده می‌شود که براساس اولویت‌بندی بین عایدی‌های مختلف مورد نظر، به انتخاب میان تصمیم‌های ممکن بپردازد. مراحل اصلی برنامه‌ریزی در این الگو در چهار گام خلاصه می‌شود:

۱. شناسایی معیارهای اصلی مطلوبیت یا عایدی،

۲. اولویت‌بندی و وزن‌دهی به معیارهای شناسایی شده در مرحله اول،

۳. تعیین میزان تحقق یا تحصیل هرکدام از عایدی‌ها در پروژه‌های نامزد اجرا یا گنجاندن در برنامه در افق زمانی مشخص در مقاطع زمانی مختلف،

٤. انتخاب پروژه‌های بهینه برای اجرا یا گنجاندن در برنامه در هر زمان.

فرآیند عملیاتی برنامه‌ریزی در این الگو به زبان ساده به‌شرح زیر است:

فرض می‌کنیم U_{ijk} نشاندهنده k امین عایدی یا مطلوبیت حاصل از اتخاذ تصمیم یا اجرای پروژه i در زمان j باشد. به‌طوری‌که:

$$i و j = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (۳٤)$$

$$k = 1, 2, 3, \ldots, m \qquad (۳۵)$$

باشد. $P_{۱,۲,۳\ldots n}$ نیز پروژه‌هایی هستند که قصد داریم از میان آنها برای اجرا انتخاب کنیم یا در برنامه قرار گیرند.

فرض می‌کنیم هرکدام از عایدی‌ها یا مطلوبیت‌های مذکور نیز دارای اولویت یا وزنی ($w_{۱,۲,۳\ldots k}$) هستند که اهمیت آنها را نسبت به عایدی‌های دیگر مشخص می‌کند به‌گونه‌ای که: $\sum w_k = ۱$

به این ترتیب در یک فرآیند برنامه‌ریزی، ابتدا عایدی‌های مطلوب ممکن برای برنامه‌ریز و تصمیم‌گیر که می‌تواند از محل اجرای پروژه‌های مختلف تحصیل شوند مشخص می‌شوند. سپس برای به‌دست آوردن وزن هرکدام از این عایدی‌ها پرسشنامه‌ای در اختیار گروه تصمیم‌گیر قرار می‌گیرد که بتوانند این عایدی‌ها را با هم مقایسه کنند. از نتایج این مقایسه‌ها وزن هر عایدی و نیز تابع هدف برنامه‌ریزی مشخص می‌شود. به‌عنوان مثال از میان ده نوع عایدی ممکن برای اجرای پروژه‌های مختلف ممکن است تابع هدف زیر حاصل شود:

$$z = w_{..i} = 0.214(U_{..3} + U_{..4}) + 0.182U_{..1} + 0.083U_{..8} + 0.073U_{..7} + 0.083U_{..6} + 0.052U_{..6} + 0.214(U_{..10} + U_{..9})U_{..10} \qquad (۳٦)$$

سپس از طریق پرسشنامه‌ای دیگر، گروه یا گروه‌های تصمیم‌گیر درگیر در برنامه‌ریز که ممکن است متخصص اقتصادی یا فرهنگی و... باشند، میزان عایدی پروژه‌های مختلف را در مقاطع زمانی

مختلف $t_{i...n}$ برآورد می‌کنند.

به‌عبارت دیگر، پس از طی مراحل مختلف ارزیابی و وزن‌دهی، ماتریسی به‌صورت زیر خواهیم داشت:

جدول ۳. ماتریس عواید پروژه‌ها در زمان‌های مختلف

Projects	Objectives	Time				
		t_1	t_2	.....	t_n	
(1)	$U_{...1}$	U_{111}	U_{121}	....	U_{1n1}	
	$U_{...2}$	U_{112}	U_{122}	....	U_{1n2}	
	.	.	.	....	.	
	.	.	.	....	.	$= [U_{1jk}]$
(2)	$U_{..k}$	U_{11k}	U_{12k}	....	U_{1nk}	
	$U_{...1}$	U_{211}	U_{221}	....	U_{2n1}	
	$U_{...2}$	U_{212}	U_{122}	....	U_{1n2}	
	.	.	.	....	.	
	.	.	.	....	.	$= [U_{2jk}]$
	$U_{..k}$	U_{11k}	U_{22k}	....	U_{2nk}	
	.	.	.	....	.	
	.	.	.	....	.	
(n)	$U_{..1}$	U_{n11}	U_{n2k1}	....	U_{nn1}	
	$U_{...2}$	U_{n12}	U_{n22}	....	U_{nn2}	
	$U_{...2}$	U_{212}	U_{122}	....	U_{1n2}	
	.	.	.	....	.	
	.	.	.	....	.	$= [U_{njk}]$
	$U_{..k}$	U_{n1k}	U_{n2k}	....	U_{nnk}	

از ضرب اوزان تخصیص داده شده به هر عایدی هر پروژه در هر مقطع زمانی مشخص، ماتریسی نهایی تحلیل به‌وجود می‌آید:

$$w_{i..k}\ [\mathrm{Uiijk}] = [\mathrm{Wij}] \qquad (۳۷)$$

در نهایت، نتیجه‌گیری نهایی و انتخاب وضعیت بهینه نیز از طریق بیشینه کردن رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\mathrm{Max} \sum_{i}^{n} \sum_{j}^{n} W_k U_{ij} \qquad (۳۸)$$

به‌طوری که:

$$\sum_{i=۱}^{n} U_{ij} = ۱ \qquad (۳۹)$$

و

$$\sum_{j=۱}^{n} U_{ij} = ۱ \qquad (٤۰)$$

منابع و مآخذ

۱. اصغرپور، محمدجواد. تصمیم‌گیری گروهی و نظریه‌بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.

۲. حکیمی‌پور، ابوالقاسم. تصمیم‌گیری در مدیریت، کاربرد فرضیه زنجیره‌های مارکوف در تصمیم‌گیری مدیریت، چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۱۳٦۸.

۳. میشل. دی. اینتریلیگیتور، ترجمه حسین‌علی پورکاظمی بهینه‌سازی ریاضی، انتشارات دانشگاه شهیدبهشتی، ۱۳٦۸.

٤. ورمزیار، حسن و حسین عباسی‌نژاد. جدول داده ـ ستانده استان هرمزگان، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان هرمزگان، ۱۳۸۵.

۵. بانویی، علی‌اصغر. مروری بر سیر تکاملی جدول داده ـ ستانده و کاربردهای آن (قسمت اول)، مجله پژوهش‌های اقتصادی، شماره ۲، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، ۱۳۷۵.

٦. توفیق، فیروز. تحلیل داده ـ ستانده در ایران و کاربردهای آن در سنجش، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی، انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی، ۱۳۷۰.

7. Saaty TL. (2005b). “The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making.” In: Figueira J, Greco S, Ehrgott M (eds.), Multiple Criteria Decision Analysis, state of the art surveys. Springer Science + Business Media Inc., USA, pp. 345–407.
8. Saaty, T.L. (1999). “Fundamentals of the analytic network process.” Proc., ISAHP 1999, Kobe, Japan.
9. Kooros, Syrous K. (1994) “An Optimization Model for Economic and Industrial Development of Newly Industrialized Countries, NIC”, Journal of Southwestern Economic Review, Volume 21, No, 1 pp.91-107.
10. Kooros, Syrous K. and Badeaux. L.M. (2007), “Economic Development Planning Models: A Comparative Assessment. International Research Journal of Finance and Economics”, Issue 7.

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش | **شماره مسلسل: ۱۲۳۲۱**

عنوان گزارش: مجموعه مطالعات الگوی مطلوب برنامه‌ریزی برای ایران ۲. مدل‌هـای کمّـی برنامه‌ریزی توسعه

نام دفتر: مطالعات برنامه و بودجه (گروه برنامه)

تهیه و تدوین‌کنندگان: توحید آتش‌بار، حسن ورمزیار

ناظر علمی: محمد قاسمی

متقاضی: معاونت پژوهشی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. جدول داده ـ ستانده

۲. مدل

۳. مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)

٤. روش دلفی

٥. روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

٦. روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)

۷. مدل کوروس

۸. مدل مارکوف

تاریخ انتشار: ۱۳۹۱/۱/۱۴