**اقتصاد تولید**

**1 -1 مقدمه**

هدف این فصل ارائه مفاهیم مورد نیاز برای ایجاد آمادگی در خصوص روش های اندازه گیری کارایی اقتصادی است که در فصل های بعدی مطرح خواهد شد.

1 -2 منظور از تولید، هر نوع تغییر و تبدیل مستقیمی است که مطلوبیت کالا را افزایش دهد. یکی از انواع معمول تولید، تغییر و تبدل مواد است، به این معنی که محصول تمام شده فیزیکی شکل متفاوتی با شکل موادی که از آنها ساخته شده است به خود می گیرد. تولید اتومبیل نمونه ای از انواع تولید است. با یک تغییر و تبدیل ساده مکانی می توان به تولید مبادرت ورزید (نوع عادی آن حمل و نقل است)، همچنین با تغییر و تبدیل در زمان (یعنی در انبار نگه داشتن محصول تا زمانی که در بازار بیشتر مورد تقاضا باشد) نوع دیگری از تولید را تعریف کرد.

نتیجه یک فعالیت تولیدی ناشی از تغییر و تبدیل را محصول می نامند. مواد و کالای مورد استفاده در تولید محصول منابع تولید نامیده می شود.

1 – 3 تابع تولید

تابع تولید نشان دهنده رابطه موجود بین منابع تولیدی مورد استفاده یک موسسه تولیدی( یعنی ورودی ها) و کالاها یا خدمات به دست آمده (یعنی خروجی ها) در یک زمان واحد بدون در نظر گرفتن قیمت هاست شکل ریاضی تابع تولید به صورت زیر است:

y= Ƒ(x1 ,x2 ,…)

که y میزان خروجی (محصول ) و ( x1 , x2,… ) میزان منابع و عوامل تولید (ورودی ها) را نشان می دهند. موسسه تولیدی می تواند با افزایش یا کاهش میزان منابع تولید مورد استفاده میزان محصول را افزایش یا کاهش دهد و یا با ترکیب نسبت های مختلف منابع تولیدی با یکدیگر کالاهای بخصوصی تولید کند. بنابراین با افزایش مقدار یکی از منابع تولیدی و ثابت نگه داشتن میزان سایر منابع، امکان افزایش میزان تولید محصول تا حد معینی فراهم می شود:

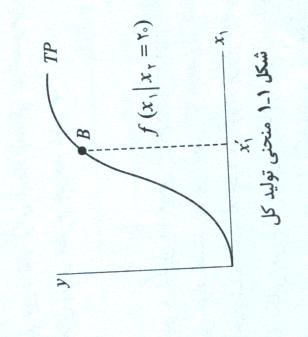
تابع تولید با دو ورودی و یک خروجی به صورت زیر نوشته می شود:

y= (x1 ,x2)

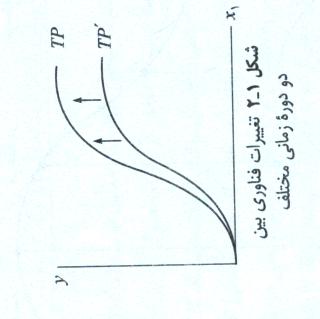
که y میزان خروجی و x1 میزان ورودی اول (مثلاً نیروی انسانی ) و x2 ورودی دیگر (مانند سرمایه ) است. اگر میزان سرمایه درکوتاه مدت ثابت و بدون تغییر ( مثلاً معادل 20) در نظر گرفته شود، این تابع به صورت زیر نوشته می شود.

y= (x1 x2 =20)

و نمایش گرافیکی آن به صورت زیر خواهد بود.



با توجه به شکل 1-1 ، شیب منحنی تا نقطه B ( ) فزاینده و از این نقطه به بعد کاهنده است. منحنی فوق تابع تولید کل نامیده می شود که توضیحات بیشتری در خصوص این منحنی و ویژگی های آن در ادامه خواهد شد.

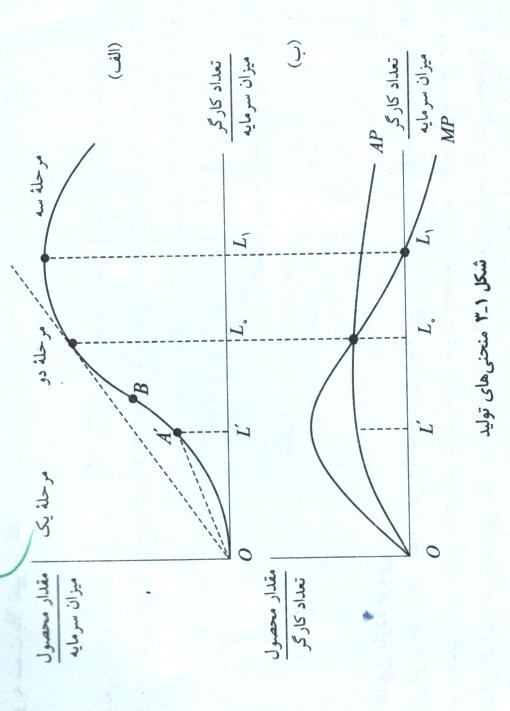
تابع تولید ممکن است به شکل های مختلفی از توابع ریاضی ] داگلاس، 1372[ ، مثلاً به صورت تابع خطی یا تابع نمایی از عوامل تولید، نمایش داده شود. مشخصه دقیق تابع تولید به بهره وری عوامل تولید در سطوح مختلف آن عوامل بستگی دارد. بهره وری عوامل تولید نیز به وضعیت فناوری وابسته است. نیروی کارگر، تجهیزات مکانیکی و کامپیوتری مدرن می توانند بهره وری بیشتری داشته باشند، چنانکه تشکیلات یا تجیهزاتی که با کارگران و کارکنان آموزش ددیه و با مهارت اداره شوند، بهره وری بیشتری خواهند داشت. بنابراین، **وضعیت فناوری به توانایی ذاتی** عوامل تولید یک محصول اطلاق می شود، به شرطی که تلاش همزمان تمامی عوامل تولید در فرایند تولید کار به کار گرفته شده است. مثلاً ممکن است بتوان با ترکیب سه واحد نیروی کار و دو واحد سرمایه، 14 واحد محصول تولید کرد، و با پیشرفت فناوری و در نتیجه افزایش بهره وری نیروی کار و یا سرمایه، با همین ترکیب نیرو کار و سرمایه 18 واحد محصول تولید کرد. بنابراین وضعیت فناوری در خصوصیت تابع تولید دخالت داده می شود و به شکل ریاضی و با در نظر گرفتن هر توابع تولید مشخص و منعکس می شود. در صورت پیشرفت فناوری، منحنی تابع کل به صورت شکل 1 – 2 و به سمت بالا تغییر می کند.

**1 – 4 قانون بازده نزولی**

اگر در هر واحد زمان مقدار یکی از منابع تولید( مثلاً نیروی کار) مورد استفاده به یک میزان افزایش یابد و مقادیر سایر منابع به کار رفته ثابت بماند، میزان محصول به دست آمده مرحله به مرحله با نرخ فزاینده ای افزایش می یابد ولی پیش از گذشتن از یک مرحله معین، میزان افزایش محصول به تدریج کمتر می شود. از آنجا که این امر ناظر به عوامل ثابت تولید است، در کوتاه مدت صادق خواهد بود

**1 – 5 منحنی های تولید**

منحنی های تولید شامل سه نوع منحنی تولید کل ، تولید متوسط و تولید نهایی است . منحنی تولید که قبلاً نیز با آن آشنا شده اید، بیانگر کل محصول به دست آمده ناشی از به کارگیری عوامل تولید است؛ این منحنی را منحنی تولید کل (TP ) می نامند (شکل 1 -3 الف ). منحنی تولید کل برای چند واحد اول کار به صورت مقعر و به طرف بالاست (و به عبارت دیگر منحنی صعودی است). این امر موقعیتی را نشان می دهد که در آن مقادیر بسیار کمی از منابع تولید متغیر که با مقدار مفیدی از یک منبع تولید ثابت به کار می روند کارایی لازم را ندارند و در واقع، منبع تولید متغیر به طور پراکنده و با مقدار معینی از منبع تولیدی ثابت به کار می رود. افزایش مقدار منبع تولیدی متغیر مرحله به مرحله تا نقطه معینی مانند نقطه B مقادیر بیشتری به محصول کل اضافه می کند. به عبارت دیگر، در صورت افزایش کارگران ، میزان تولید و محصول کل با نرخ فزاینده ای افزایش می یابد. در نقطه B قانون بازده نزولی به مرحله عمل در می آید و افزایش بیشتر در مقدار منبع تولیدی متغیر، مرحله به مرحله مقادیر کمتری به تولید کل اضافه می کند، به عبارت دیگر، تولید کل با نرخ کاهنده افزایش می یابد. وقتی تعداد L1 نفر کارگر توام با یک واحد سرمایه به کار می رود، میزان محصول کل به حداکثر ممکن می رسد. در شکل مزبور به کار بردن تعداد بیشتر کارگر ( بیش از میزان L1 ) باعث کاهش میزان محصول می شود.



منحنی تولید متوسط کارگر را می توان به آسانی از منحنی تولید کل آن استخراج کرد(شکل 1 – 3 ب). منحنی تولید متوسط معادل با شیب شعاعی است که مبدا مختصات را به نقاط مختلف منحنی تولید کل (TP) وصل می کند. چون تولید متوسط برابر است با تولید کل تقسیم بر تعداد کارگر به کارگرفته شده ، تولید متوسط ' L نفر کارگر برابر خواهد بود با و یا شیب خط OA' و بنابراین محصول متوسط کارگر نیز افزایش می یابد. موقعی که تعداد L🌕 افزایش می یابد، شیب خطوط مشابه با خط OA' و بنابراین محصول متوسط کارگر نیز افزایش می یابد موقعی که تعداد L 🌕 نفر کارگر به کار گرفته شود شیب خط o OA از ضریب زاویه خط مشابه OA که از مبدا به منحنی تولید کل رسم شود بیشتر است و بنابراین تولید متوسط کارگر در این نقطه (یعنی در L o ) به حداکثر ممکن خواهد رسید. اگر تعداد کارگران مورد استفاده بیش از حد o L باشد،تولید متوسط کارگران کاهش می یابد و اگر این تعداد بیش از حد L O باشد، تولید متوسط کارگران کاهش می یابد و اگر این تعداد بیش از حد L O باشد، محصول متوسط نیز به صورت مثبت باقی خواهد ماند. در شکل 1 – 3 ب، منحنی محصول متوسط، که از محصول کل شکل 1 -3 الف استخراج شده ، با علامت AP مشخص شده است.

تولید نهایی (MP) یک منبع عبارت است از مقدار اضافی از خروجی به دست آمده ناشی از افزایش یک واحد از آن منبع به شرط آن که سایر منابع ثابت بمانند. رابطه ریاضی تولید نهایی منبع i ام به صورت زیر است:

= MP i=

شیب منحنی تولید نهایی با شیب منحنی تولید کل معادل است.] داگلاس ، 1372[

چون تولید نهایی کارگر عبارت است از مقدار افزایش محصول کل در ازای افزایش تعداد کل کارگران به میزان یک واحد، بنابراین شیب منحنی تولید کل به ازای تعداد معینی از کارگر به کار گرفته شده برابر است با تولید نهایی آن تعداد از کارگران. تولید نهایی در نقطه B، یعنی نقطه ای که منحنی تولید کل از حالت «مقعر به طرف بالا» به حالت « مقعر به طرف پایین» تبدیل می شود، یعنی در نقطه عطف منحنی، به حداکثر ممکن می رسد و وقتی تعداد کارگران به کار گرفته به میزان L1 برسد، تولید کل نیز به حداکثر می رسد. بنابراین تولید نهایی در این میزان برابر با صفر است. به کار گرفتن تعدادی کارگر بیش از میزانL1 باعث می شود که تولید کل کاهش یابد و تولیدنهایی نیز منفی شود.

رابطه منحنی تولید نهایی با منحنی تولید متوسط را می توان راهنمای دیگری برای تشخیص محل و چگونگی شیب منحنی تولید نهایی دانست. وقتی تولید متوسط در حال افزایش است، تولید نهایی از تولید متوسط بیشتر خواهد بود. وقتی تولید متوسط به میزان حداکثر خود برسد، تولید نهایی با تولید متوسط برابر و وقتی تویلد متوسط در حال کاهش باشد، تولید نهایی از تولید متوسط کمتر است.

**1 – 5 – 1 منحنی های تولید وکارایی**

سه منحنی تولید مورد بحث ابزارهایی برای تعیین میزان کارایی ترکیبات مختلف عوامل تولیدند. فرض بر آن است که تشکیلات تولیدی در شرایط بازده ثابت عمل کند. بازده ثابت به این معنی است که هر تغییری در مقادیر منابع تولیدی به کار رفته به یک نسبت معین باعث تغییر مقدار محصول تولید شده به همان نسبت می شود. همچنین فرض بر آن است که هم سرمایه و هم نیروی کار به هر میزان بخش پذیر هستند. و برای هر نسبت معینی از نیروی کار به سرمایه فقط از یک روش تولید استفاده می شود. به عبارت دیگر به کار گرفتن دو واحد از نیروی کار همراه با یک واحد سرمایه، با یک واحد از نیروی کار همراه با واحد سرمایه و یا 4 واحد از نیروی کار توام با 2 واحد از سرمایه به کار برده می شود. چنین موقعیتی را اصطلاً حالت بازده ثابت می نامند و این موقعیت عبارت است از موقعیتی که در آن هر تغییری در مقادیر منابع تولیدی به کار رفته به نسبتی معین باعث تغییر میزان محصول به دست آمده به همان نسبت می شود.

در اینجا انچه در نظر گرفته می شود نسبت منابع تولید متغیر به منابع تولیدی ثابت است. در مورد تعیین منحنی های تولید، میزان منبع تولید ثابت به کار رفته (منبع تولیدی ثابت چه سرمایه باشد و چه چیز دیگری) اصولاً مطرح نیست و الزامی برای به کارگیری یک واحد ( در اینجا سرمایه ) وجود ندارد. موسسه تولیدی می تواند هر میزانی از سرمایه (منبع تولیدی ثابت) را که مایل است به کار برد، ولی برای به دست آوردن منحنی های تولید باید میزان محصول به دست آمده در ازای به کار بردن یک واحد از منبع تولید ثابت را مشخص کرد. مثلاً اگر 10 واحد از نیروی کار همراه با 2 واحد از سرمایه به کار رفته و در هر واحد زمان 38 واحد محصول تولید شده باشد، برای به دست آوردن منحنی های تولید باید این شرایط را به حالتی تبدیل کرد که در آن فقط یک واحد از سرمایه به کار رود، که در این صورت شرایط ما تغییر می کند و به این صورت بیان می شود: 5 واحد از نیروی کار با 1واحد از سرمایه به کار رفته و در هر واحد زمان 19 واحد محصول تولید شده است. افزایش میزان سرمایه به کار رفته در ازای میزان نیروی کار ثابت، برابر است با کاهش میزان نیروی کار به کار رفته در ازای میزان سود ثابت.

1. **5 – 2 مشخصات منحنی تولید**

**الف ) مرحله اول**

در این مرحله، تولید متوسط کارگر در حالی که تعداد بیشتری از آنها در ازای هر واحد سرمایه به کار گرفته می شود، رفته رفته افزایش می یابد(به عبارت دیگر، در این مرحله هر چه تعداد بیشتری کارگر را به کار گیریم محصول متوسط آن نیز افزایش می یابد.) افزایش میزان محصول متوسط کارگر به معنی محصول کل به دست آمده در ازای هر واحد از سرمایه با افزایش تعداد کارگران نیز افزایش می یابد. در همین مرحله ، افزایش در میزان محصول کل بدان معنی است که کارایی سرمایه نیز افزایش یافته است. بدین ترتیب افزایش در تعداد کارگران به کار رفته همراه با یک واحد سرمایه در مرحله اول هم کارایی کارگر و هم کارایی سرمایه را افزایش می دهد.

**ب) مرحله دوم**

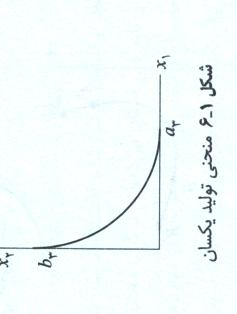
کاهش تولید متوسط و تولید نهایی کارگر از مشخصات مرحله دوم است ولی در این مرحله تولید نهایی مثبت است، زیرا محصول کل در این مرحله به افزایش خود ادامه می دهد. در مرحله دوم، در حالی که تعداد بیشتری کارگر به ازای هر واحد سرمایه به کار می رود ، کارایی (یعنی میزان محصول تولید شده هر کارگر) کاهش می یابد ولی کارایی سرمایه (یعنی محصول به دست آمده در ازای هر واحد سرمایه) به افزایش خود ادامه می دهد.

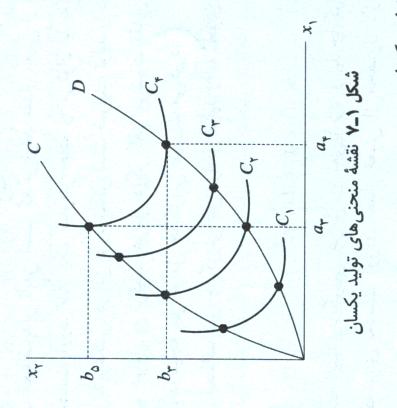
**پ) مرحله سوم**

در این مرحله ، افزودن تعداد بیشتری کارگر به ازای هر واحد از سرمایه به کار رفته باعث کاهش بیشتر در تولید متوسط کارگر می شود. به علاوه در این مرحله تولید نهایی منفی و میزان تولید کل در حال کاهش است. وقتی موسسه تولید وارد مرحله سوم می شود و ترکیبات مختلفی از کارگر و سرمایه را به کار می گیرد، هم کارایی کارگر و هم کارایی سرمایه کاهش می یابد، به این ترتیب از کارگر و سرمایه که به حداکثر کارایی کارگر منجر می شود در حد فاصل بین مرحله اول و دوم قرار دارد و ترکیبی از کارگر و سرمایه که به حداکثر کارایی سرمایه می انجامد بین مرحله دوم و سوم است.

1 **– 5 – 4 منحنی تولید یکسان**

صفحاتی به موازات x1 ، x2 در مقادیر مختلف تولید در شکل 1- 5 رسم می شود، تمامی نقاطی که روی این صفحه قرار دارند از سطح x1 ، x2 به یک فاصله اند. به عبارت دیگر هر صفحه به تنهایی نماینده یک میزان ثابت و یا یک میزان معین از محصول است . با ترسیم این صفحات روی سطح x1 ، x2 گروهی از منحنی های تولید یکسان به دست می آید. هر منحنی تولید یکسان مانندa4b3 ترکیبات مختلفی از x1 و x2 را در شکل 1 -6 نمایش می دهد که موسسه تولیدی به کار بردن هر یک از آنها می تواد محصولی برابر با C تولید کند.

تصاویر صفحاتی که ارتفاع آنها زیادتر است بر روی سطح x1 ، x2 به منحنی های تولید یکسانی تبدیل می شوند که دورتر از مرکز محور مختصات قرار دارند. مجموعه کاملی از منحنی های تولید یکسان یک موسسه تولیدی را نقشه منحنی های تولید یکسان گویند.

در شکل 1 – 7 ، اگر موسسه مقداری مساوی C4 تولید کند، به این معنی است که با به کار بردن b3 واحد از منبع X2 ، a4 واحد از منبع x1 یا a3 واحد از منبع اول و b5 واحد از منبع دوم، و با یه کار بردن هر ترکیب دیگری از x1 و x2 که روی منحنی تولید یکسان C4 قرار دارد، محصولی برابر با C4 واحد تولید کند.

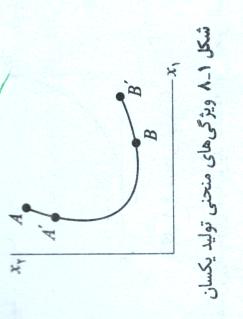
منحنی تولید یکسانی که بالاتر قرار گرفته اند نشانگر تولید مقادیر بیشتری را محصول اند.

**\*خصوصیات منحنی های تولید یکسان**

1. دو منحنی تولید یکسان به هیچ وجه همدیگر را قطع نمی کنند.

2. منحنی های تولید یکسان نسبت به مرکز محور مختصات حالت تحدب دارند و این نتیجه بازدهی نزولی تابع تولید در مرحله دوم است.

3. شیب منحنی تولید یکسان متناظر با مرحله دوم تولید منفی است. این منطقه ، با توجه به شکل 1 -8 مطابق با دامنه AB است.

****با وجود شیب منفی در مرحله دوم تولید (تولید کارا) ، طبق مباحث نظری تولید کننده هیچ گاه نباید در مراحل اول و سوم تولید فعالیت کند و منطقی است که در مرحله دوم تولید فعال باشد . دامنه AA مرحله سوم برای داده x2 و دامنه BB مرحله سوم برای داده x1 است. تولید کننده در این دو دامنه فعالیت نمی کند زیرا تولید نهایی منفی است.

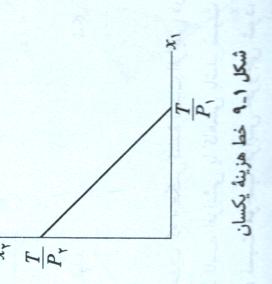
**1 – 6 انواع توابع تولید**

تابع تولید ممکن است شکل های ریاضی گوناگونی به خود بگیرد. دو شکل اساسی از این توابع، که بیشتر کاربرد دارد، توابع با ضرایب انعطاف پذیر و توابع با ضرایب ثابت است.

تابع تولید با ضرایب انعطاف پذیر تابعی است که می تواند مقدار معینی از محصول را با ترکیب های مختلف عوامل تولید به دست آورد. مثلاً یک کیلومتر جاده را می توان با به کار بردن کارگران زیاد و ماشین آلات کم ساخت و یا برعکس . در این مورد ممکن است ضرایب تولید را در حدود معینی تغییر داد. وقتی از یک ترکیب عوامل به ترکیب عوامل دیگر گذر می شود، مقدار کاربرد یک عامل کم و عامل دیگر زیاد می شود، در نتیجه بین عوامل جایگزینی صورت می گیرد.

**1 -7 خط ترکیبات هزینه های یکسان یا خط بودجه**

فرض کنید T مبلغ ثابتی است که برای تهیه دو منبع تولیدی x1 و x2 ، که قیمت آنها به ترتیب p1 و P2 است، صرف می شود. اگر همه پول صرف خرید x1 شود ، واحد و اگر صرف منبع x2 شود، واحد قابل خریداری می شود . به این ترتیب خطر هزینه یکسان یا خط بودجه به صورت شکل 1 – 9 خواهد بود.



شیب خط هزینه های یکسان برابر است با :

= × =

**1 – 9 بازده به مقیاس**

بازده به مقیاس مفهومی است بلند مدت که منعکس کننده نسبت افزایش در خروجی به ازای افزایش در میزان ورودی هاست. این نسبت می تواند ثابت، افزایشی یا کاهشی باشد. نسبت بازده ثابت به مقیاس وقتی صادق است که افزایش ورودی به همان نسبت موجب افزایش خروجی شود، مثلاً اگر نیروی کار و سرمایه دو برابر شود، میزان محصول نیز دو برابر شود. بازده افزایشی نسبت به مقیاس آن است که میزان خروجی به نسبتی بیش از میزان افزایش ورودی ها ، افزایش یابد و در صورتی که میزان افزایش خروجی ها کمتر از نسبتی باشد که ورودی ها افزایش داده شوند، بازده کاهشی نسبت به مقیاس ایجاد شده است.

**رابطه ریاضی بازده به مقیاس**

رابطه ریاضی بازده به مقیاس برای تابع تولید ƒ به صورت جدول 1 -1 نشان داده می شود.

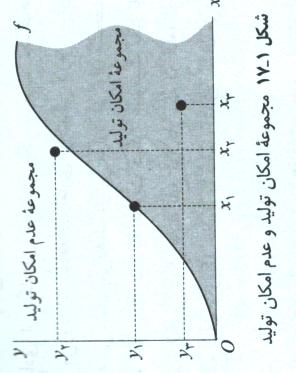
|  |  |
| --- | --- |
| بازده به مقیاس | تعریف |
| ثابت | ƒ (ax1,ax2,…)=a ƒ (a1,a2,…) |
| افزایشی | ƒ (ax1,ax2,…)> a ƒ (a1,a2,…) |
| کاهشی | ƒ (ax1,ax2,…)< a ƒ (a1,a2,…) |

به عبارت دیگر ، بازده مقیاس به طور جبری از طریق بررسی رابطه بین افزایش در عوامل تولید و مقدار محصول ایجاد شده بررسی می شود.

**1 – 10 مرز تولید**

طبق ادبیات کارایی ، تابع تولید با نام مرز تولید مربوط است. مرز تولید در واقع بیانگر حداکثر محصولی است که به ازای میزان متفاوتی از منابع به دست می آید، به عبارتی سطح تکنولوژی را در صنعت بیان می دارد. منحنی تابع تولید کل یا مرز تولید و ویژگی های آن قبلاً تشریح شده است.

**1 -11 مجموعه امکان تولید**

مجموعه ای از تمامی ترکیبات ورودی ها و خروجی ها که مجموعاً تمای مقادیر تولید( خروجی ) به ازای منابع مختلف (ورودی ) را نشان می دهد و یا به عبارت دیگر، تمامی ترکیبات ممکن از ورودی ها و خروجی ها را مجموعه امکان تولید می نامند. منحنی نمایش تابع تولید که برای یک ورودی (x) و یک خروجی (y ) در شکل 1 -17 به نمایش گذاشته شده است.

به این ترتیب ، مجموعه ای متشکل از مشاهدات واقعی مربوط به عملکرد واحدهای تحت ارزیابی با ترکیب خاصی به صورت فوق است. مجموعه امکان تولید دارای ویژگی های زیر است] Banker et al, 1984 [.

***1. محدب بودن.*** چنانچه ( *, ) ، ) و*🌕  به گونه ای که 1 = 1= باشد، آن گاه :

( 1 = , 1 )

*به عبارتی، T مجموعه ای محدب است.*

*خاصیت محدب بودن بدین معناست که اگر ورودی x1 خروجی y1 و ورودی x2 خروجی y*2  *راتولید کند، آن گاه ورودی* x2 ( – 1)+ *x1 را تولید خواهد کرد. که در آن 1 0 است.*

*به عبارت دیگر ، یک واحد وقتی ناکار است که با همان مقدار ورودی حداقل یک خروجی را بتوان افزایش داد و یا به ازای همان مقدار خروجی امکان تقلیل حداقل یکی از ورودی ها باشد.*

***2. نامحدود بودن شعاع.*** *اگر (x,y) برای هر 0 < داریم :*

*( , )*

ویژگی نامحدود بودن شعاع را بازده به مقیاس ثابت نیز می گویند. زیرا اگر یک ورودی و یک خروجی در نظر بگیریم و 0 = K باشد، مبدا مختصات به دست می آید و در صورتی که 0 > K شود، نقاط مختلف دیگری به دست می آید که با خط مستقیمی که از مبدا می گذرد بیان می شود.

***3*. ویژگی غیرتهی بودن.** به ازای هر ( , 2 , …, 1 = ) و ( *, )* ویژگی غیرتهی بودن را ویژگی شمول مشاهدات نیز می گویند و به معنی آن است که تمامی مشاهدات در T قرار دارند.

**4. اصل کمیته درون یابی .** T کوچک ترین مجموعه ای که ویژگی های 1 ، 2، 3 و 4 را داراست

**1 – 12 تعریف کارایی اقتصادی**

کارایی اقتصادی عبارت است از نسبت میزان محصول تولیدی قابل استفاده به میزان منافع تولیدی که برای ساخت آن محصول به کار رفته است. ارزش تولیدات جامعه با پول تعیین می شود به همین ترتیب ، ارزش منابع تولیدی نیز بر حسب پول سنجیده می شود.

تلاش برای کسب سود، انگیزه فعالیت های تولیدی موثر در جامعه به شمار می رود . هر قدر موسسه تولید کارایی بیشتری داشته باشد، سود آن موسسه نیز بیشتر خواهد بود. به عبارت دیگر، کارایی هر سیستم تولیدی بر حسب ارزش محصول به دست آمده در ازای ارزش هر واحد از منابع تولید به کار رفته ، اندازه گیری می شود. هر قدر ارزش پولی به دست آمده در ازای یک واحد پول از منبع تولید (یعنی در ازای یک تومان منبع تولیدی ) بیشتر باشد کارایی اقتصادی نیز بیشتر خواهد بود. این مطلب را به صورت معکوس نیز می توان بیان کرد، بدین ترتیب که هر قدر میزان منابع تولیدی به کار رفته به مقداری برابر با آنچه که بتوان با یک واحد پول خریداری کرد کمتر باشد، کارایی اقتصادی بیشتر خواهد بود. برای اندازه گیری کارایی اقتصادی باید برای کالا و خدمات ارزشی تعیین کرد. همچنین باید برای منابع تولیدی مختلف و نیز برای یک نوع منبع تولیدی که در چند مورد به کار می رود ارزش هایی قائل شد. منابع تولید بر حسب اهمیت آنها در تولید کالاها و خدمات ارزش بندی می شود.

کارایی اقتصادی در یک موسسه تولیدی متضمن حل دو مسئله « انتخاب ترکیب مناسبی از منابع تولیدی» و « انتخاب روش و طریقه تولید» است. انتخاب روش تولید به قیمت نسبی منابع تولیدی و میزان کالاها و خدماتی بستگی دارد که قرار است تولید یا ارائه شوند. هدف هر موسسه تولیدی، تولید کالا و خدمات با کم هزینه ترین طریق ممکن است . بدین معنا که اگر کارگر گران ولی سرمایه ارزان است، موسسه تولیدی روشی را برای تولید کالاها و ارائه خدمات به کار خواهد برد که در آن سرمایه بیشتر و کارگر کمتر استفاده می شود. روشی که به عنوان با صرفه ترین روش تولید به کار می رود به میزان تولید نیز بستگی دارد. مثلا برای تولید انبوه به ماشین های مدرن و لوازم پیشرفته نیاز است. در صورتی که استفاده از ماشین و لوازم مجهز برای تولید کم به هیچ وجه مقرون به صرفه نیست و کارایی لازم را نخواهد داشت.

**کارایی فنی و تخصصی**

فارل کارایی اقتصادی موسسات را شامل دو جزء کارایی فنی و کارایی تخصیصی (یا کارایی قیمت ) می داند .

کارایی فنی منعکس کننده توانایی یک بنگاه در به دست آوردن حداکثر خروجی از ورودی های به کار گرفته شده است، اما کارایی تخصیصی منعکس کننده توانایی یک بنگاه برای استفاده از ورودی ها به نسبت بهینه با توجه به قیمت و فناوری تولید است. ترکیب این دو کارایی اقتصادی را تشکیل می دهد.

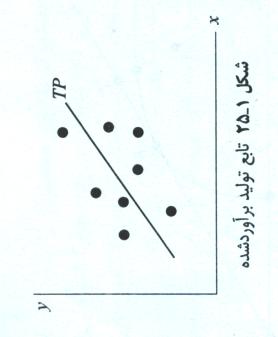
**1 – 15 روش های اندازه گیری کارایی فنی**

در اندازه گیری کارایی فنی بنگاه ها (واحدها)، روش های مختلفی به کار گرفته می شود به طور کلی، دو روش عمده برای اندازه گیری کارایی وجود دارد: روش های پارامتری و روش های غیرپارامتری .

**1. روش های پارامتری**

در این روش ها تابع تولید مشخص با استفاده از روش های مختلف آماری و اقتصاد سنجی تخمین زده ، آن گاه با به کار گیری این تابع نسبت به تعیین کارایی اقدام می شود روش رگرسیون از جمله روش های پارامتری است.

**- مفهوم تابع تولید مرزی و کارایی فنی**

در ادبیات اقتصاد، تابع و تولید مرزی را به صورت حداکثر خروجی از مجموعه خاصی از ورودها تعریف کرده اند، ولی واقعیت نشان می دهد که برخی از واحدها کمتر از حد توان خود تولید می کنند. مثلاً، اگر واحدهایی از بخش صنعت در نظر گرفته شود و با توجه به عملکرد آنها اقدام به برآورد تابع تولید صنعت از طبق روش های معمول اقتصادسنجی شود، تابع تولید مرزی به دست نمی آید. در توضیح این مطلب، چنانچه صنعتی با یک ورودی (X ) و یک خروجی (y ) بررسی شود و میزان تولید واحدهای این صنعت مطابق شکل زیر باشد، منحنی تابع تولید برآورده شده با کمک روش های معمول اقتصاد سنجی به صورت خط TP خواهد بود.

**2. روش های غیرپارامتری**

این روش ها نیازمند تخمین تابع تولید نیستند. از جمله روش های غیرپارامتری تحلیل پوششی داده ها است که کارایی نسبی واحدها را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می کند. در این تکنیک به شناخت شکل تابع تولید نیاز نیست و محدودیتی در تعداد ورودی ها و خروجی ها وجود ندارد. در ادامه و در فصل های بعد با این روش آشنا خواهید شد.

**1 – 16 رگرسیون و تحلیل پوششی داده ها**

تحلیل پوششی داده ها تکنیکی است که از تمامی مشاهدات گردآوری شده برای اندازه گیری کارایی استفاده می کند . برخلاف روش رگرسیون که با میانگین سازی در مقایسه واحدها به بهترین عملکرد موجود در مجموعه واحدهای تحت بررسی دست می یابد، تحلیل پوششی داده ها هر کدام از مشاهدات را در مقایسه با مرز کارا بهینه می کند. در هر دو این روش ها از تمامی اطلاعات به طور کامل استفاده می شود. در روش رگرسیون، عملکرد هر واحد نسبت به یک معادله رگرسیون بهینه شده مشخص می شود، در حالی که در تحلیل پوششی داده ها با ساخت و حل n مدل ، عملکرد n واحد بررسی می شود.

روش رگرسیون نیازمند یک تابع ریاضی است که بر آن اساس ، با به کارگیری متغیرهای مستقل ، متغیر وابسته تخمین زده می شود علاوه بر آن، مفروضاتی در مورد تابع توزیع داده ها همراه با محدودیت های مدل نیز باید مورد توجه قرار گیرد. اما تحلیل پوششی داده ها نیازمند به دست آوردن تابع توزیع و به کارگیری مفروضاتی در مورد آن نیست. این روش به طور کلی ، با ترکیب تمامی واحدهای تحت بررسی، یک واحد مجازی با بالاترین کارایی را می سازد و واحدهای ناکارا را با آن می سنجد.

**- مزایا و معایب تحلیل پوششی داده ها**

**الف ) مزایا**

مزایای روش تحلیل پوششی داده ها به شرح زیر است : ] Charnes et al, 1995 [

1. تمرکز بر هر یک از مشاهدات در مقابل میانگین جامعه ؛

2. فراهم آوردن یک شیوه اندازه گیری جامع و منحصربه فرد برای هر واحد که از ورودی ها (متغیرهای مستقل ) برای ایجاد خروجی ها( متغیرهای وابسته) استفاده می کند؛

3. استفاده همزمان از چندین ورودی و چندین خروجی ؛

4. سازگاری با متغیرهای برون زا؛

5. توانایی در نظر گرفتن متغیرهای طبقه ای یا مجازی؛

6. بی نیاز بودن از آگاهی از وزن ها یا قیمت های ورودی ها و خروجی ها و بی نیازی از ارزش گذاری؛

7. تخمین در تغییر ورودی ها و خروجی های واحدهای که در زیر مرز کارا قرار گرفته اند برای تصویر کردن آن واحدها در مرز کارا؛

8. ارائه جواب بهینه پارتو؛

9. امکان به کارگیری ورودی ها و خروجی های مختلف با مقیاس های اندازه گیری متفاوت ؛

10. شکل تابع توزیع و روابط تولید محدودیتی برای آن ایجاد نمی کند.

**ب) معایب**

از جمله معایب تحلیل پوششی داده ها می توان موارد زیر را برشمرد:

1. اندازه گیری کارایی نسبی و نه کارایی مطلق ؛

2. تفاوت بین اهمیت ورودی ها و خروجی ها موجب انحراف در نتایج می شود اما ، با محدودسازی وزن های خروجی و ورودی ، این مشکل تا حدودی قابل رفع است؛

3. مشکل انجام آزمون های آماری به دلیل غیرپارامتری بودن؛

4. تعداد مدل های مورد نیاز و حل آنها به تعداد واحدهای تحت بررسی بستگی دارد که تا حدودی حجم محاسبات را افزایش می دهد؛

5. تغییر در امتیاز کارایی محاسبه شده تمامی واحدها با اضافه کردن یک واحد جدید به مجموعه واحدهای قبلی بررسی شده؛

6. احتمال تغییر نتایج ارزیابی به دلیل تغییر در نوع و تعداد ورودی ها و خروجی ها؛

7. به عنوان یک تکنیک بهینه سازی ، امکان پیشگیری از خطا در اندازه گیری و سایر خطاها را ندارد؛

تحلیل نسبت در اندازه گیری کارایی

2 – 1 مقدمه

یکی را روش های معمول در اندازه گیری کارایی استفاده از نسبت هاست. در این روش، یک نسبت بین اقلام مربوط به هم در اطلاعات عددی مدیریتی محاسبه و تحلیل می شود. نسبت ها در زمینه های مختلف مالی، اقتصادی و صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند.

2 – 2 روش های تحلیل نسبت

روش های تحلیل نسبت عبارت اند از :

1. روش روند؛

2. روش درصد؛

3. روش مقایسه؛

4. روش شاخص؛

**1. روش روند**

در این روش با در نظر گرفتن یک نسبت به عنوان سال پایه ، با داده های سال های بعد نسبت هایی ساخته و با نسبت پایه مقایسه می شود و به این طریق تحول یا نرخ رشد نشان داده می شود. مثلاً اگر میزان فروش در سال پایه 100 در نظر گرفته شود و سپس داده های مربوط به سال های بعد به صورت درصدی از این سال پایه بیان شود، تحول یا نرخ رشد فروش را می توان بیان کرد. جدول 2 – 1 میزان فروش یک شرکت را در پنج سال نشان می دهد، در صورتی که سال اول سال پایه در نظر گرفته شود، روند تغییرات فروش به صورت زیر محاسبه می شود.

جدول ص 34

**جدول 2 – 1** استفاده از نسبت ها در روش روند

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| سال | اول | دوم | سوم | چهارم | پنجم |
| میزان فروش | 10 | 11 | 2/12 | 5/13 | 15 |
| نسبت روند | 1= | 1/1= | 22/1 = | 35/1= | 5/1= |

**2. روش درصد**

در این روش اجزای مختلف یک مجموعه به صورت درصدی از یک عدد کل در نظر گرفته می شود مثلاً اجزای ترازنامه به صورتی نشان داده می شوند که هر کدام درصدی از کل دارایی یا کل اعتبارات و سرمایه خالص سهامداران (دارایی خاص) را تشکیل می دهند و اجزای مندرج در صورت حساب درآمد، هر کدام درصدی از کل فروش را نشان می دهند. وقتی رقم هر جزء به صورت درصد بیان می شود ، سهم هرجزء در رقم کل به روشنی مشخص می شود و به این وسیله اطلاعات مهمی برای ارزیابی نتایج اقتصادی و وضعیت مالی موسسه به دست می آید.

**جدول 2-2** استفاده از نسبت ها در روش ها

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| اقلام | مقدار  (میلیون ریال) | درصد |
| فروش | 5/18 | 100 |
| هزینه فروش | 6/97 | 6/61 |
| سود ناخالص حاصل از فروش | 9/60 | 4/38 |
| فروش هزینه های اداری و عمومی | 9/47 | 2/30 |
| درآمد عملیات | 13 | 2/8 |
| درآمد غیرعملیاتی | 5/2 | 57/1 |
| هزینه های غیرعملیاتی | 5/11 | 3/7 |
| سود | 5/3 | 2/2 |

**3. روش مقایسه**

روش مقایسه نسبت بین دو جزء مربوط به هم را نشان می دهد؛ این نسبت ها را می توان به ایستا و پویا تقسیم کرد. نسبت ایستا، نسبتی است که نسبت بین دو جزء را در یک تاریخ معین نشان می دهد نمونه آن نسبت بین دو جزء منعکس در ترازنامه است. نسبت های معمول ایستا عبارت اند از : نسبت جاری ، نسبت نقدینگی ، نسبت دارایی ثابت به سرمایه سهامداران ، نسبت دارایی ثابت به سرمایه تخصیص یافته، نسبت قرض، و نسبت سرمایه سهامداران.

100× = نسبت جاری

100× = نسبت نقدینگی

100× = نسبت دارایی ثابت به سرمایه سهامداران

100× = نسبت دارایی ثابت به سرمایه تخصیص یافته

100× × = نسبت قرض

100× = نسبت سرمایه سهامداران

نسبت پویا به معنی دقیق آن تنها به نسبت گردش و دوره گردش اطلاق می شود ولی در مفهوم وسیع معمولاً نرخ بازده حاصل از کل دارایی ها و نرخ بازده حاصل از فروش را در بر می گیرد. نمونه ای از انواع نسبت پویا نسبت های بهره وری است که دو مورد آن عبارت است از بهره وری نیروی کار و بهره وری سرمایه .

100× = بهره­وری نیروی کار

100× = بهره­وری سرمایه

**4. روش شاخص**

شاخص یک معیار آماری است که تغییرات یک یا چند متغیر مرتبط با هم را نسبت به زمان، موقعیت جغرافیایی یا سایر خصوصیات مانند درآمد ، حرفه و نظایر آنها نشان می دهد. روش شاخص را وال به عنوان روشی برای تجزیه و تحلیل فعالیت های اقتصادی یک موسسه و به منظور ارزیابی اعتبار آن ابداع کرده است. در این روش نسبت های متعدد به یک شاخص ساده تبدیل می شوند.

- **انواع کارایی**

**الف )کارایی فنی.** کارایی فنی نشان دهنده میزان توانایی یک بنگاه برای حداکثرسازی میزان تولید با توجه به منابع و عوامل مشخص شده تولید است. به عبارت دیگر ، میزان توانایی تبدیل ورودی های مانند نیروی انسانی و ماشین آلات به خروجی ها، در مقایسه با بهترین عملکرد ، با کارایی فنی سنجیده می شود. ] Pierce, 1997 [. کارایی فنی تحت تاثیر عواملی مانند عملکرد مدیریت، مقیاس سازمان یا اندازه عملیات قرار می گیرد. کارایی در تحلیل پوششی داده ها از نسبت مجموع موزون خروجی ها بر مجموع موزون ورودی ها تشکیل می یابد و در مباحث اقتصادی زمانی یک بنگاه را به لحاظ فنی کارا می دانند که مقدار تولید آن بر روی منحنی تولید یکسان قرار گیرد. این امر توانایی بنگاه را در بدست آوردن حداکثر محصول از مجموعه عوامل تولید منعکس می سازد. اگر مقدار مصرف عوامل تولید بنگاه در بالای منحنی تولید یکسان قرار گیرد، این بنگاه با ناکارایی مواجه است. ناکارایی تمامی مواردی که در بر می گیرد که باعث می شود عملکرد واقعی بنگاه در سطحی کمتر از مقدار قابل حصول ( با توجه به عوامل تولید ) مشخص باشد. بر این اساس ناکارایی مدیریتی نیز یکی از اجزای ناکارایی است. همچنین ناکارایی با آنچه که بعضی اقتصاددانان اتلاف منابع نامیده اند. مطابقت دارد. اتلاف منابع بدین معناست که تولید مورد نظر می توانست با هزینه هایی کمتر از میزان صرف شده صورت گیرد.

**ب) کارایی تخصصی .** این کارایی بر تولید بهترین ترکیب محصولات با استفاده از کم هزینه ترین ترکیب ورودی ها دلالت می کند. پاسخگویی به این پرسش که « آیا قیمت ورودی های مورد استفاده به گونه ای است که هزینه تولید را حداقل کند؟» با این کارایی است] Pierce, 1997 [. به این ترتیب ، کارایی تخصصی مستلزم انتخاب مجموعه ای از عوامل تولید است که سطح مشخصی از محصول را با حداقل هزینه تولید کند. کارایی تخصیصی را کارایی قیمت نیز می نامند.

**پ) کارایی ساختاری.** کارایی ساختاری یک صنعت از متوسط وزنی کارایی شرکت های آن صنعت به دست می آید. با استفاده از معیار کارایی ساختاری می توان کارایی صنایع مختلف با محصولات متفاوت را مقایسه کرد.

**ث) کارایی مقیاس.** کارایی مقیاس یک واحد از نسبت کارایی مشاهده شده آن واحد به کارایی در مقیاس بهینه به دست می آید. هدف این کارایی ،تولید در مقیاس بهینه است.

بعد از آشنایی با انواع کارایی باید دانست که کارایی به عنوان یک نسبت عموماً از رابطه زیر محاسبه می شود

= کارایی

مثلاً، کارایی یک واحد صنعتی که برای آن فقط یک ورودی مانند هزینه و یک خروجی مثل درآمد در نظر گرفته می شود عبارت است از :

= کارایی واحد صنعتی

در مقایسه کارایی این واحد صنعتی با سایر واحدهای صنعتی مشابه، واحدی کاراست که هزینه کمتری (ورودی کمتر) نسبت به درآمد ثابت (خروجی ثابت) و مشابه دارد و یا با هزینه های یکسان (ورودی مساوی) ، درآمد بیشتری (خروجی بیشتری) ارائه کند. در صورتی که در مخرج کسر فقط یک نوع ورودی مانند نیروی انسانی یا سرمایه قرار گیرد، از آن به عنوان بهره وری جزئی، مانند بهره وری کار یا سرمایه نام برده می شود. بهره وری جزئی را بهره وری تک منبعی نیز می گویند در محاسبه بهره وری جزئی، خروجی را می توان به صورت واحد یا حجم (مثل تن، لیتر، مقدار، جعبه) نشان داد. در صورتی که میزان ورودی و خروجی به این گونه قابل تعریف نباشد یا تعریف آن مشکل باشد، از ارزش پولی آن ( مثل هزینه ریالی تولید یا میزان فروی ریالی ) می توان در محاسبات استفاده کرد. مثال . یک کارگاه کارتن سازی را در نظر بگیرید که روزانه 300 کارتن تولید می کند. این کارگاه دارای 2 کارگر و یک ماشین است که روزانه 10 ساعت به تولید اشتغال دارد. در صورتی که این کارگاه روزانه 450 متر مقوا و 2 لیتر چسب مصرف کند، بهره وری جزئی آن به صورت زیر محاسبه می شود.

2 کارگر روزی 10 ساعت کار می کنند که مجموعاً 20 نفر – ساعت کار وجود دارد:

15 = = نسبت بهره وری نیروی انسانی

1 ماشین روزی 10ساعت کار می کند که مجموعاً 10 ساعت کار انجام می دهد:

30= = نسبت بهره وری ماشین

150= و 6/0 = = نسبت بهره وری مواد اولیه

دقت کنید که تلاش تصادفی برای بهبود ممکن است به افزایش کارایی یک منبع و کاهش کارایی منبع دیگر منجر شود و در نهایت سازمان را در وضعی بدتر از آنچه که بوده قرار دهد. محاسبه کارایی تکی منابع به تنهایی چندان مفید نیست، مگر اینکه معیاری برای مقایسه با آن وجود داشته باشد. این معیار، استانداری است که در یک کارخانه براساس یکی از موارد زیر به دست می آید:

الف ) استفاده از نتایج به دست امده در یک دوره گذشته ؛

ب) استفاده از نتایج فوق العاده یک دوره گذشته؛

پ ) استفاده از استانداردهای صنعت

تعیین نتیجه لازم از طریق نمونه گیری یا مطالعه زمان انجام می شود.

این مقایسه در خصوص کارایی کل یک شرکت با سایر شرکت ها نیز میسر است. مقایسه کارایی یک کارخانه با سایر کارخانه های موجود در آن صنعت کارایی نسبی نامیده می شود. به منظور بهبود کارایی به پنج طریق زیر می توان عمل کرد:

الف ) افزایش ورودی و به دست آوردن خروجی بیشتر؛

ب) ثابت نگه داشت ورودی وافزایش خروجی ؛

پ) کاهش ورودی و کاهش کمتر خروجی ،

ت) کاهش ورودی و ثابت نگه داشتن خروجی؛

ث) کاهش ورودی و افزایش خروجی ؛

**2- 5 – 1 ساختن واحد مجازی**

منظور از اندازه گیری کارایی نسبی، مقایسه کارایی یک واحد با واحدهای دیگری است که ورودی و خروجی های نسبتاً مشابهی دارند. به دو مفهوم اساسی زیر در تعیین کارایی واحدها توجه کنید:

الف) اگر واحد A بتواند خروجی بیشتری نسبت به واحد B ولی با همان میزان ورودی (ورودی مشابه و یکسان ) ارائه کند، واحد A از واحد B کاراتر است.

ب) در صورتی که واحد A بتواند با میزان مشخصی ورودی مقدار مشخصی خروجی ارائه کند، این توقع وجود دارد که سایر واحدهای مشابه نیز بتوانند با همان میزان ورودی ، خروجی مشابهی عرضه کنند و به همین قیاس ، اگر واحد B با مقدار مشخصی ورودی توانایی تولید میزان معینی خروجی داشته باشد بازهم این انتظار وجود دارد که سایر واحدها بر این امر توانا باشند. حال می توان واحدهای A ، B و سایر واحدها را مخلوط و از آن یک ترکیب یا ترکیبی از ورودی ها و خروجی های واحدها ساخت. اما از آنجا که واحدی با ویژگی های این ترکیب وجود ندارد، یک واحد مجازی ساخته می شود. قلب تحلیل پوششی داده ها پیدا کردن بهترین واحد مجازی از ترکیب کردن تمامی واحدهای واقعی است . حال اگر این واحد مجازی از واحد مورد بررسی بهتر باشد، یعنی با ورودی های مشابه و مساوی واحد مورد بررسی واحد مجازی، خروجی های بیشتری عرضه یا به ازای خروجی های مشابه و مساوی به ورودی های کمتری نیاز داشته باشد، واحد تحت بررسی ناکاراست.

**مدل های پایه ای تحلیل پوششی داده ها**

**3 – 1 مقدمه**

اندازه گیری کارایی به خاطر اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققان بوده است. در سال 1957 فارل با استفاده از روشی مانند اندازه گیری کارایی در مباحث مهندسی، اقدام به اندازه گیری کارایی برای یک واحد تولیدی کرد. موردی که فارل برای اندازه گیری کارایی مدنظر قرار داد شامل یک ورودی و یک خروجی بود. مطالعه فارل شامل اندازه گیری کارایی های فنی و تخصیصی و مشتق تابع تولید کارا بوده است.

فارل از مدل خود برای تخمین کارایی بخش کشاورزی امریکا در مقایسه با سایر کشورها استفاده کرد. با وجود این ، او در ارائه روشی که در برگیرنده ورودی ها و خروجی های متعدد باشد، موفق نبود.

**3 -2 مدل CCR**

چارنز، کوپر و رودز دیدگاه فارل را توسعه و مدلی ارائه کردند که توانایی اندازه گیری کارایی با چندین ورودی و چندین خروجی را داشت. این مدل تحلیل پوششی داده ها نامیده شد و اولین بار در 1976 ، در رساله دکتری رودز و به راهنمایی کوپر با عنوان « ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی امریکا » در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرار گرفت و در 1978 در مقاله ای با عنوان « اندازه گیری کارایی واحدهای تصمیم گیرنده» ارائه شد.

اولین مدل تحلیل پوششی داده ها براساس حروف اول نام واضعان آنها CCR نام گرفت. ] charnes et al,1987 [ در این مدل ، هدف اندازه­گیری و مقایسه کارایی نسبی واحدهای سازمانی مانند مدارس، بیمارستان ها ، شعب بانک، شهرداری ها با چندین ورودی و چندین خروجی شبیه به هم است. در ادامه به انواع مدل های CCR می پردازیم

یکی از ویژگی های مدل تحلیل پوششی داده ها ساختار بازده به مقیاس آن است. بازده به مقیاس می تواند ثابت یا متغیر باشد، بدان معنا که افزایش ورودی به افزایش خروجی به همان نسبت منجر می شود در بازده متغیر، افزایش خروجی بیشتر یا کمتر از نسبت افزایش ورودی است.

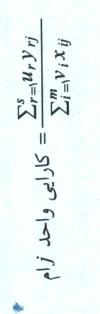
مدل های CCR از جمله مدل های بازده ثابت نسبت به مقیاس هستند . مدل های بازده ثابت نسبت به مقیاس زمانی مناسب است که همه واحدها در مقیاس بهینه عمل کنند. در ارزیابی کارایی واحدها هر گاه فضا و شرایط رقابت ناقص، محدودیت هایی را در سرمایه گذاری تحمیل کند موجب عدم فعالیت واحد در مقیاس بهینه می شود.

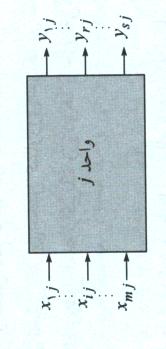
- مدل نسبت CCR

فارل برای ساختن یک واحد مجازی در اندازه گیری نسبی واحدها، بر مجموع موزون واحدها متمرکز شد و کارایی فنی را طبق رابطه زیر محاسبه کرد:

= کارایی

در صورتی که هدف بررسی کارایی n واحد – هر واحد دارای m ورودی و s خروجی – باشد کارایی واحد *، ام* (,…n 2, 1 = ) به صورت زیر محاسبه می شود:



که با توجه به شکل زیر

میزان ورودی ام برای واحد ام(,…m2, 1 = )

*میزان خروجی ام برای واحد ام* (,…s 2, 1 = )

*وزن داده شده به خروجی ام(قیمت خروجی ام)*

*وزن داده شده به ورودی ام(هزینه ورودی ام)*

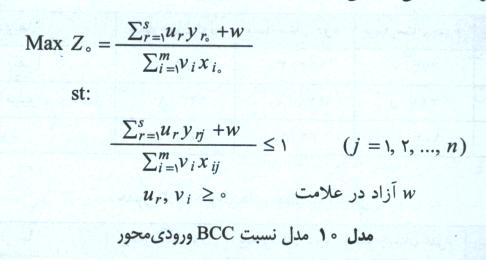
*مورد مهم در رابطه فوق این است که این وسیله سنجش کارایی نیازمند مجموعه ای از وزن هاست که در تمامی واحدهای تحت بررسی استفاده می شود. واحدهایی که با به کارگیری میزان مشخصی از ورودی ها، خروجی هایی را ارائه می کنند، واحدهای تصمیم گیرنده نامیده می شوند ، زیرا این واحدها در خصوص نحوه استفاده از ورودی ها و نحوه پردازش آنها تصمیم گیری می کنند.*

***3 – 3 مدل* BBC**

*در سال 1984 ، بنکر ، چارنز و کوپر با تغییر در مدل CCR مدل جدیدی را عرضه کردند که براساس حروف اول نام خانوادگی آنان به مدل BBC شهرت یافت . مدل BBC مدلی از انواع مدل های تحلیل پوششی داده هاست که به ارزیابی کارایی نسبی واحدهایی با بازده متغیر نسبت به مقیاس می پردازد. مدل های بازده به مقیاس ثابت محدود کننده تر از مدل های بازده به مقیاس متغیر هستند، زیرا مدل بازده به مقیاس ثابت واحدهای کارای کمتری را در بر می گیرد و مقدار کارایی نیز کمتر می شود.*

***مدل نسبت* BCC**

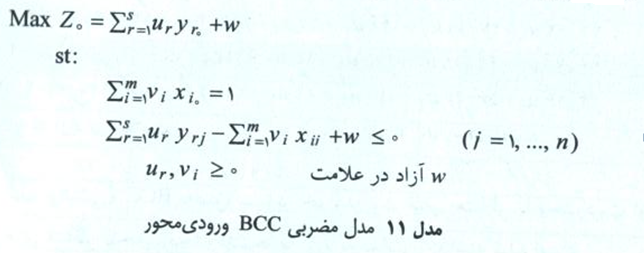
*مدل نسبت BCC برای ارزیابی کارایی واحد تحت بررسی (صفر) به صورت زیر است:*

**

*ساختار مدل نسبت BCC همانند مدل نسبت CCR است که هم در تابع هدف و هم در تمامی محدودیت ها به صورت کسر یک متغیر آزاد در علامت w افزوده می شود.*

***الف ) مدل مضربی BCC ورودی محور***

*مدل نسبت BCC یک مدل برنامه ریزی غیرخطی است که برای خطی کردن آن به دو شیوه می توان عمل کرد: « حداکثر کردن صورت و ثابت نگه داشتن مخرج کسر» که مدل مضربی BCC ورودی محور را ایجاد می کند، یا « حداقل کردن مخرج و ثابت نگه داشتن صورت کسر » که ایجاد کننده مدل مضربی BCC خروجی محور است.*

*******مدل مضربی (اولیه ) BCC ورودی محور به صورت زیر خواهد بود:*

***3-6 مدل جمعی***

*مدل های ورودی محور در حالی که میزان خروجی ها را در سطح داده شده حفظ می کند، به طور متناسب و در حد امکان نسبت به کاهش میزان ورودی ها اقدام می کند. به طور متناسب و در حد امکان نسبت به کاهش میزان ورودی ها اقدام می کند. و برعکس، در مدل های خروجی محور یا حفظ میزان ورودی به طور متناسب خروجی ها را افزایش می دهد. مدل جمعی که Slack –based model نیز نامیده می شود، مدلی است که همزمان* کاهش ورودی ها و افزایش خروجی ها را مورد توجه قرار می دهد.

مدل جمعی را در سال 1985 چارنز، کوپر، گولانی، سیفورد و استونس ] charnes et al,1995 [ معرفی کردند.