

برنامه ریزی حمل و نقل

مدرس: یوسف شفاهی

Shafahi@sharif.edu

اتاق 426 دانشکده مهندسی عمران

برنامه ریزی حمل و نقل

اقتصاد حمل و نقل

- امروزه بازارها به خاطر حمل و نقل خوب جهانی شده اند.
- محصولات به علت وجود حمل و نقل مناسب و اقتصادی می توانند در اندازه اقتصادی (Economy of Scale) تولید شوند.
- گسترش سیستم حمل و نقل باعث افزایش:
 - اندازه بازار
 - قیمت زمینشده است.

برنامه ریزی حمل و نقل

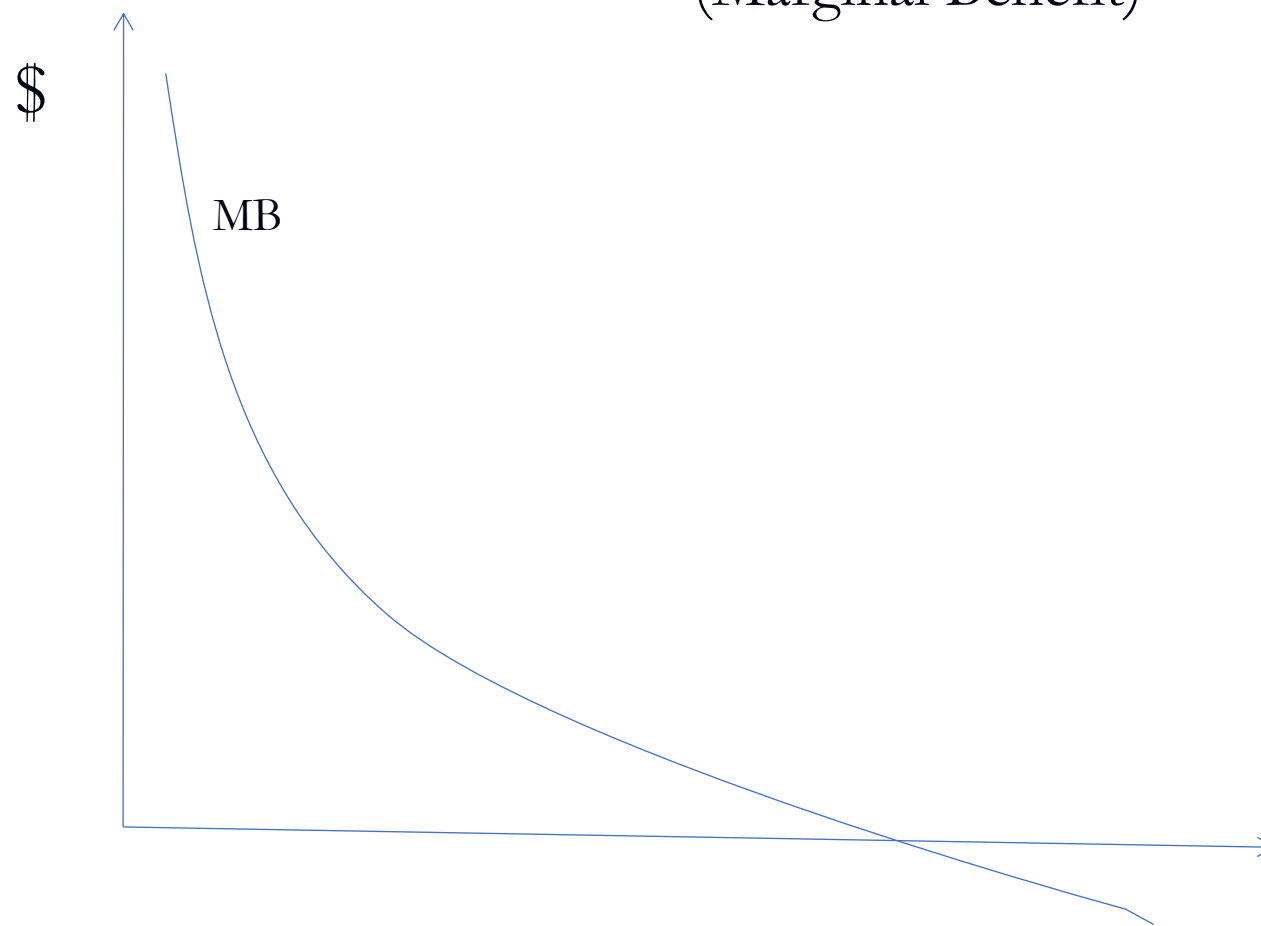
مقدمه ای بر اقتصاد خرد

• مفاهیم

- هزینه (Cost): قیمت تمام شده یک کالا
- قیمت (Price): هزینه (Cost) + سود (Profit)
- ارزش (Value): حداکثر قیمتی که یک فرد حاضر است برای در اختیار گرفتن یک (واحد) کالا بپردازد = منفعت (Benefit)
- مثال: آب در مقابل طلا
- ارزش حاشیه ای یا منافع حاشیه ای: حداکثر قیمتی که یک فرد برای یک واحد اضافه شدن یک کالا حاضر است بپردازد ارزش حاشیه ای آن کالا (در آن شرایط) می نامند.

برنامه ریزی حمل و نقل

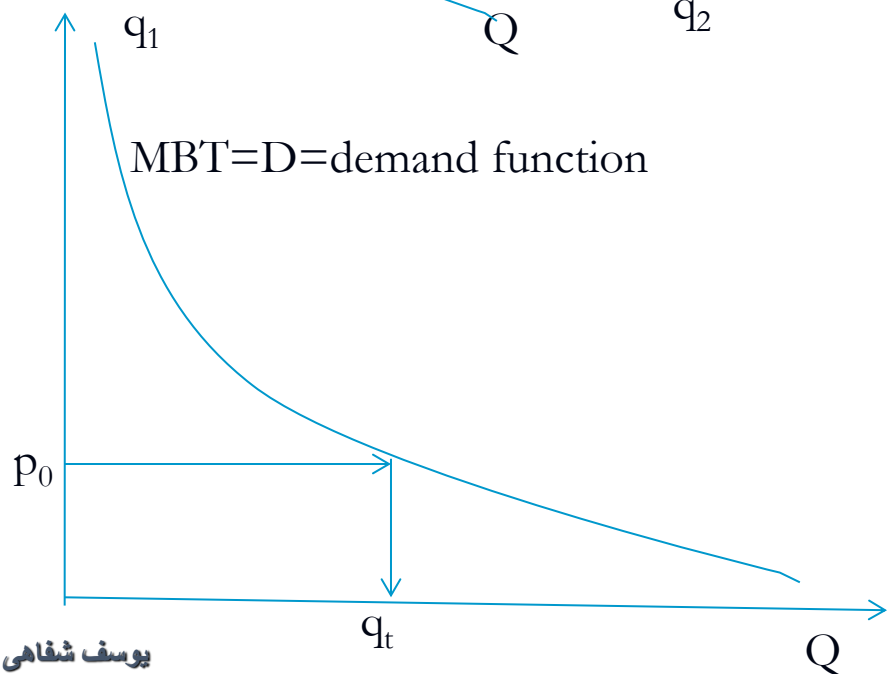
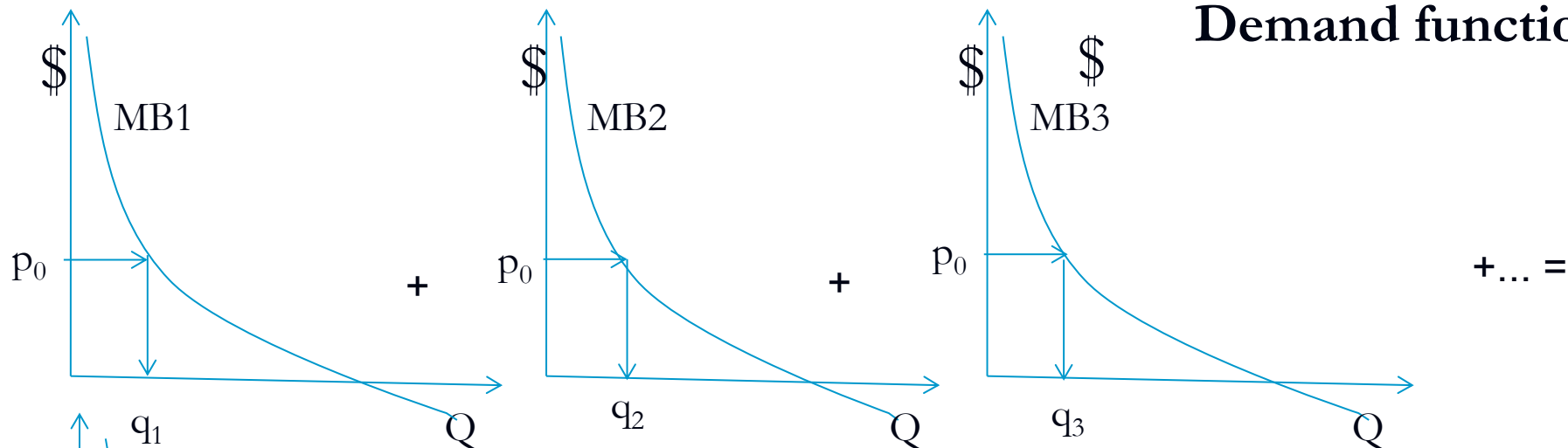
منحنی منافع حاشیه ای
(Marginal Benefit)



برنامه ریزی حمل و نقل

تابع تقاضا

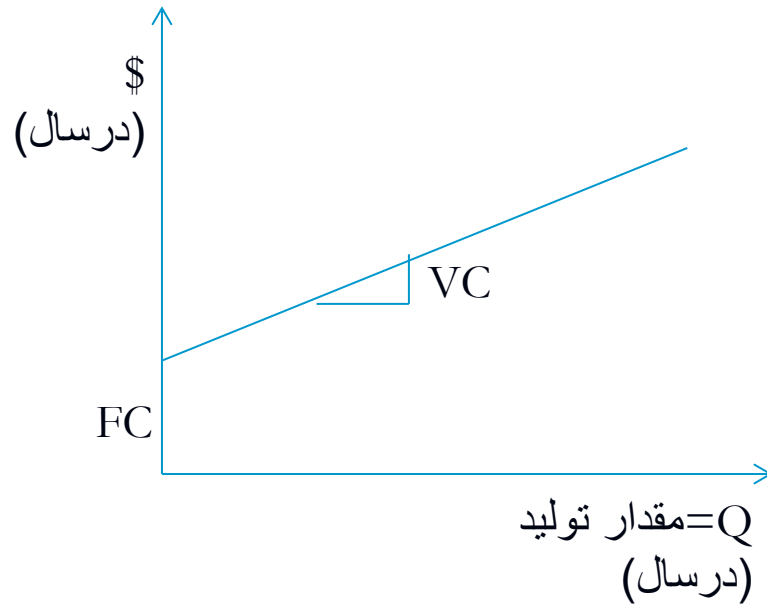
Demand function



$$TB = \int_0^Q MB dq$$

منافع کل (TB) برای ارزیابی بسیار مهم است

برنامه ریزی حمل و نقل



تابع هزینه

Cost function

هزینه هر محصول = قیمت همه عوامل تولید

- عوامل تولید:
- نیروی کار
- ماشین آلات
- مواد اولیه و انرژی

هزینه کل = هزینه ثابت + هزینه متغیر

هزینه متوسط = هزینه متوسط هر واحد محصول

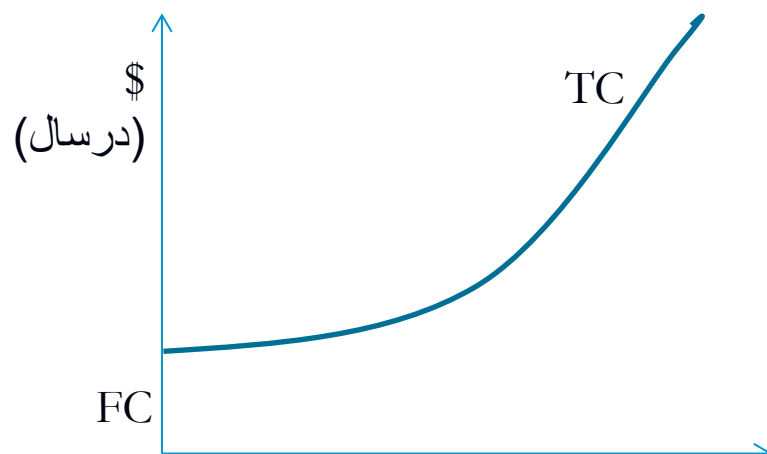
هزینه حاشیه ای = هزینه اضافی برای افزایش یک واحد تولید

$$TC(q) = FC + VC(q)$$

$$AC(q) = \frac{TC(q)}{q} = \frac{FC}{q} + \frac{VC(q)}{q}$$

$$MC(q) = \frac{dTC(q)}{dq} = \frac{dVC(q)}{dq}$$

برنامه ریزی حمل و نقل



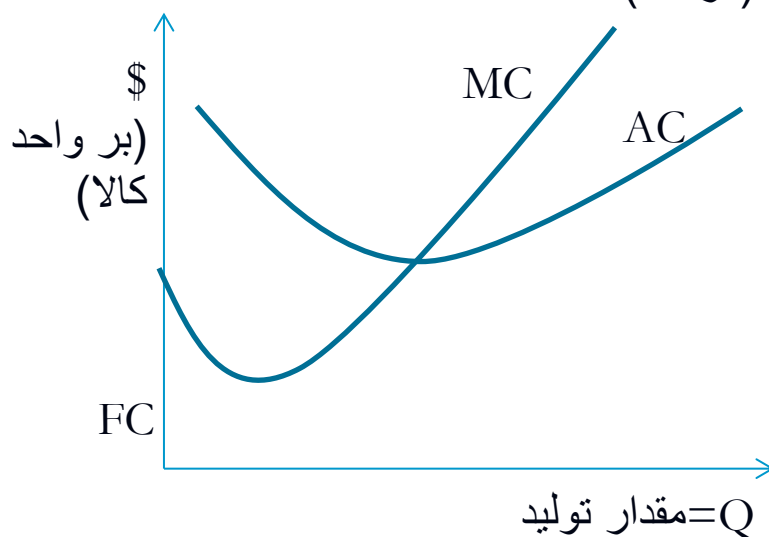
نکات:

•

$$AC \rightarrow \infty$$

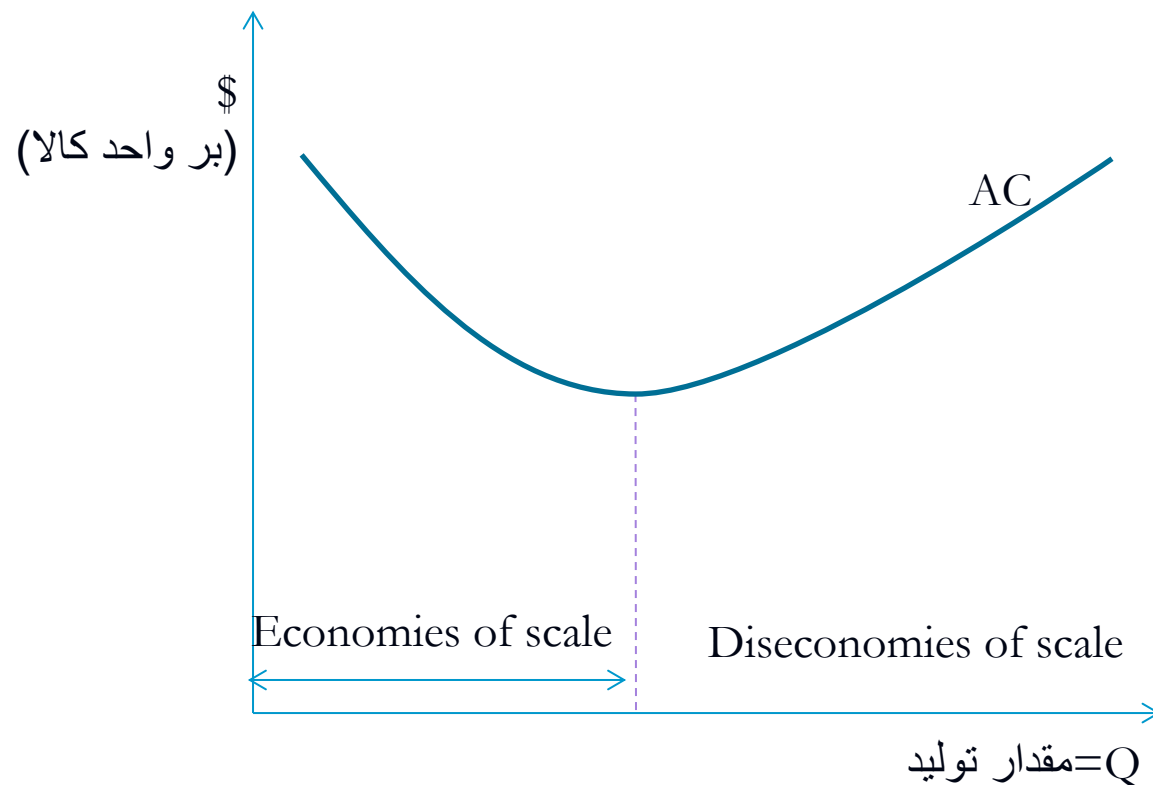
$$Q \rightarrow 0$$

•



نمودار هزینه حاشیه ای
نمودار هزینه متوسط را در
نقطه می‌نیمم قطع می‌کند.

برنامه ریزی حمل و نقل



هزینه متوسط کاهشی:
Economies of scale

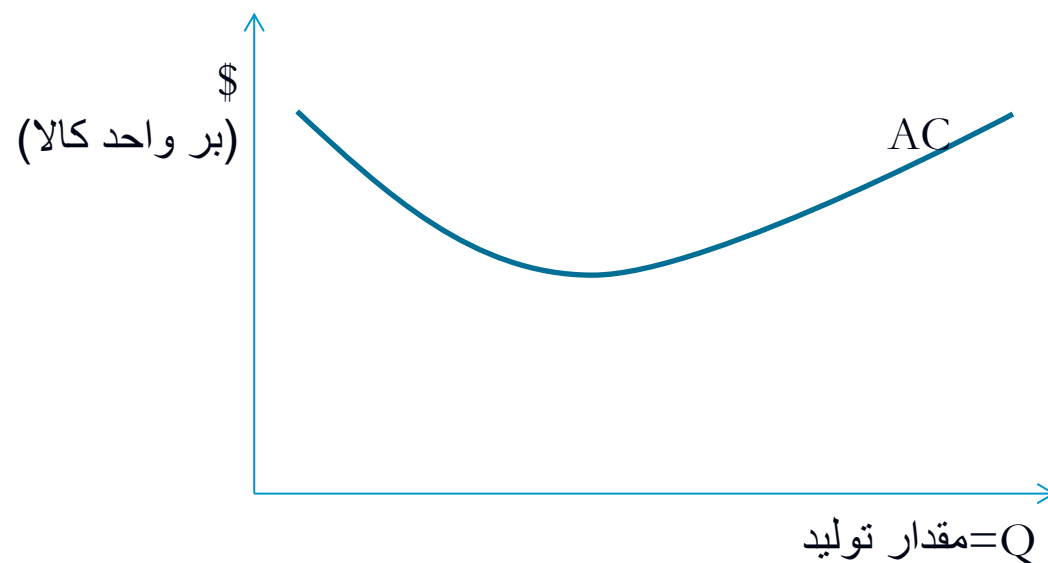
چرا Economies of scale ؟

- وجود هزینه ثابت
- تخصیصی شدن کارها در تولید (کارگر، ابزار و ...)

چرا Diseconomies of scale ؟

- پیچیده شدن ساختار سازمانی و مدیریت
- عدم امکان تهیه عوامل تولید در منطقه و اضافه شدن هزینه های حمل و نقل کارگر، مواد اولیه و ...

برنامه ریزی حمل و نقل



- در سیستمهای حمل و نقل به طور معمول حالت مقیاس اقتصادی بر قرار است. (چرا؟) بنابر این موسسات کوچکتر بایستی هزینه متوسط بالاتری بپردازند.
- در این حالت شرکتهای بزرگ می توانند با انتخاب یک مکانیزم قیمتی شرکتهای کوچکتر را به ورشکستگی بکشانند.
- در این مواقع دولت با ارائه قواعد، تعیین تعرفه یا قیمت و یا ... در بازار رقابتی دخالت می کند تا بازار رقابتی حفظ شود.

برنامه ریزی حمل و نقل

• مثال: فرض کنید

$$TC = FC + VC = 60 + 15q$$

$$MB = p = 90 - 10q \rightarrow q = 9 - 0.1p$$

توجه:

$$MB=D=p, \quad Ap=p(\text{چرا؟})=AR$$

$$\text{درآمد کل} = TR=pq$$

$$AR = p = 90 - 10q = MB$$

$$TR = pq = (90 - 10q)q = 90q - 10q^2$$

$$MR = \frac{dTR}{dq} = 90 - 20q$$

$$MB = p = 90 - 10q$$

$$TB = \int_0^Q MB dq = \int_0^Q (90 - 10q) dq$$

$$= 90q - 5q^2$$

$$AC = \frac{TC}{q} = \frac{60}{q} + 15$$

$$MC = \frac{dTC}{dq} = 15$$

برنامه ریزی حمل و نقل

$$\text{سود کل} = T\pi = TR - TC = (90q - 10q^2) - (60 + 15q) = 75q - 10q^2 - 60$$

$$\text{سود حاشیه ای} = M\pi = \frac{dT\pi}{dq} = 75 - 20q$$

$$\text{منافع خالص کل} = TNB = TB - TC = (90q - 5q^2) - (60 + 15q) = 75q - 5q^2 - 60$$

$$\text{منافع خالص حاشیه ای} = MN\pi = \frac{dTB}{dq} = 75 - 10q$$

موسسه چه کاری را انجام دهد تا سودش را ماکزیمم کند؟

$$\frac{dT\pi}{dq} = 0 = 75 - 20q = M\pi = 0 \rightarrow q = \frac{75}{20} = 3.75 \text{ (واحد بر روز)}$$

$$p = 90 - q = 90 - 10(3.75) = 52.5 \text{ (\$ بر واحد): در این حالت:}$$

$$T\pi_{\text{Max}} = T\pi(q=3.75) = 75(3.75) - 10(3.75)^2 - 60 = 80.625 \text{ (\$ بر روز)}$$

برنامه ریزی حمل و نقل

بسیاری از اوقات در سیستمهای حمل و نقل هزینه های (اولیه) عمدتاً انجام گرفته (بیشتر اوقات توسط دولت) و هدف شرکتها صرفاً حداکثر کردن درآمدهاست.

■ هدف موسسه های خصوصی:

$$\text{Max TR} : \frac{dTR}{dq} = MR = 0 \rightarrow 90 - 20q = 0 \rightarrow q = \frac{90}{20} = 4.5 \text{ (واحد در روز)}$$

$$TR_{\text{Max}} = TR(q=4.5) = 90(4.5) - 10(4.5)^2 = 202.25 \text{ ($ در روز)}$$

■ هدف دولت:

$$\text{Max TNB} : \frac{dT_{NB}}{dq} = MNB = 0 \rightarrow 75 - 10q = 0 \rightarrow q = 7.5 \text{ (واحد در روز)}$$

$$TNB_{\text{Max}} = TNB(q=7.5) = 75(7.5) - 5(7.5)^2 - 60 = 221.25 \text{ ($ در روز)}$$

در صورتی که بخش خصوصی بخواهد مقدار تولید را در حد 7.5 واحد برای حداکثر کردن منافع خالص جامعه نگهدارد در آمد شرکت برابر

$$TR = 90(7.5) - 10(7.5)^2 = 112.5$$

کاهش \$89.75 = (202.25 - 112.5) در آمد. دولت چه کار می تواند انجام دهد؟

برنامه ریزی حمل و نقل

• نقطه ورشکستگی

$$T\pi=0 = TR-TC \rightarrow TR=TC \rightarrow 60+15q=90Q-10q^2$$

$$\rightarrow -10q^2 + 75q - 60 = 0 \rightarrow q = \frac{-75 \pm \sqrt{75^2 - 2400}}{-20} = 6.59$$

وظیفه دولت در اینجا چیست؟

• سوبسید

مبلغی که دولت می پردازد تا قیمت محصول برای استفاده کننده پایین بیاید. اصولاً دولت می تواند با پرداخت سوبسید ویا گرفتن عوارض و مالیات بازار را در جهت منافع جامعه هدایت کند.

برنامه ریزی حمل و نقل

توابع تولید:

چه ترکیبی از مواد اولیه (ورودی) لازم است برای تولید مقدار مشخصی از محصول (خروجی).

$$q = f(\text{نیروی کار، مواد اولیه، ابزار، سوخت}) = f(\text{عوامل تولید})$$

بطور کلی:

$$q = f(\text{نیروی کار و سرمایه})$$

مثال 1

$$q = aL^bE^cM^d$$

وقتیکه:

$$q = \text{روکش آسفات (متر مربع در روز)}$$

$$L = \text{کارگر (نفر-ساعت در روز)}$$

$$E = \text{ابزار (ماشین-ساعت در روز)}$$

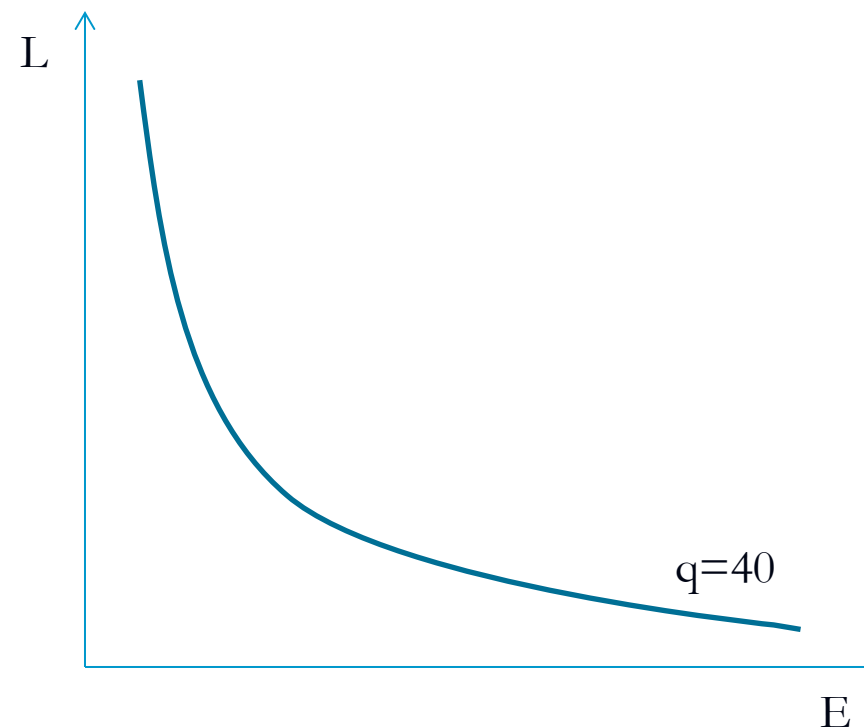
$$M = \text{مواد اولیه (کیلوگرم در روز)}$$

برنامه ریزی حمل و نقل

مثال 2

$$q = aL^bE^c = 10L^{0.5}E^{0.5}$$

L	E	q
16	1	40
8	2	40
4	4	40
2	8	40
1	16	40



بهترین جواب کدام است؟

برنامه ریزی حمل و نقل

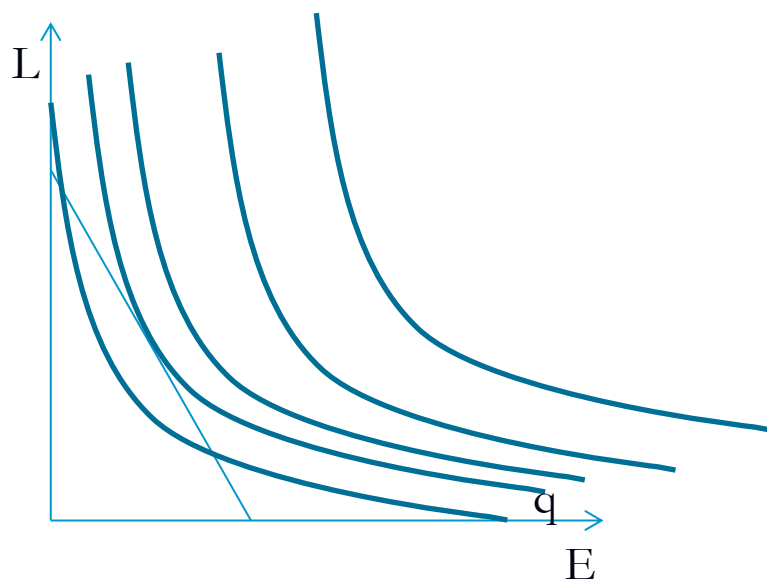
بهترین جواب بستگی به قیمت نسبی L و E دارد. فرض کنید:

$$P_E = 20 \text{ (\$بر واحد)}$$

$$P_L = 10 \text{ (\$بر واحد)}$$

$$C = P_L L + P_E E \quad (\text{مثلا } L=4, E=4 \rightarrow C=(20)(4)+(10)(4)=120)$$

بنابراین می توانیم خط بودجه را رسم کنیم و بالا ترین خط تراز که خط بودجه را قطع می کند جواب مسئله است.



در حقیقت می خواهیم:

$$\text{Max } q$$

$$C \leq B$$

گاهی اوقات هم علاقه مندیم که:

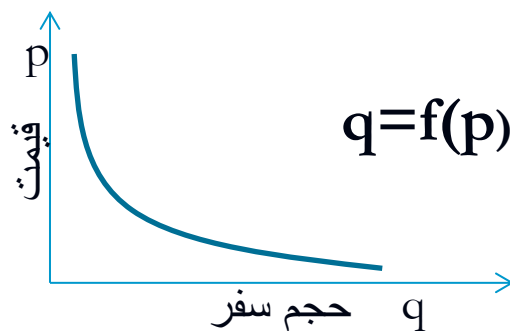
$$\text{Min } C$$

$$q \geq q_0$$

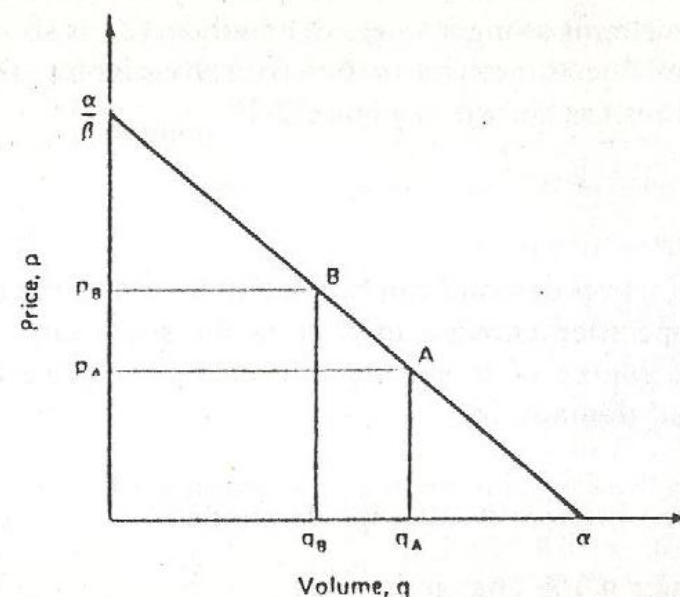
برنامه ریزی حمل و نقل

تابع (منحنی) تقاضا: میزان سفر تقاضا شده در قیمت‌های مختلف توسط یک گروه از مسافران.

قیمت: ترکیبی از هزینه های مستقیم، غیر مستقیم، زمان سفر (زمان دسترسی، زمان انتظار، زمان در وسیله)، راحتی، ایمنی، و ... معمولا زمان سفر به عنوان نماینده قیمت/ هزینه سفر در نظر گرفته می شود:

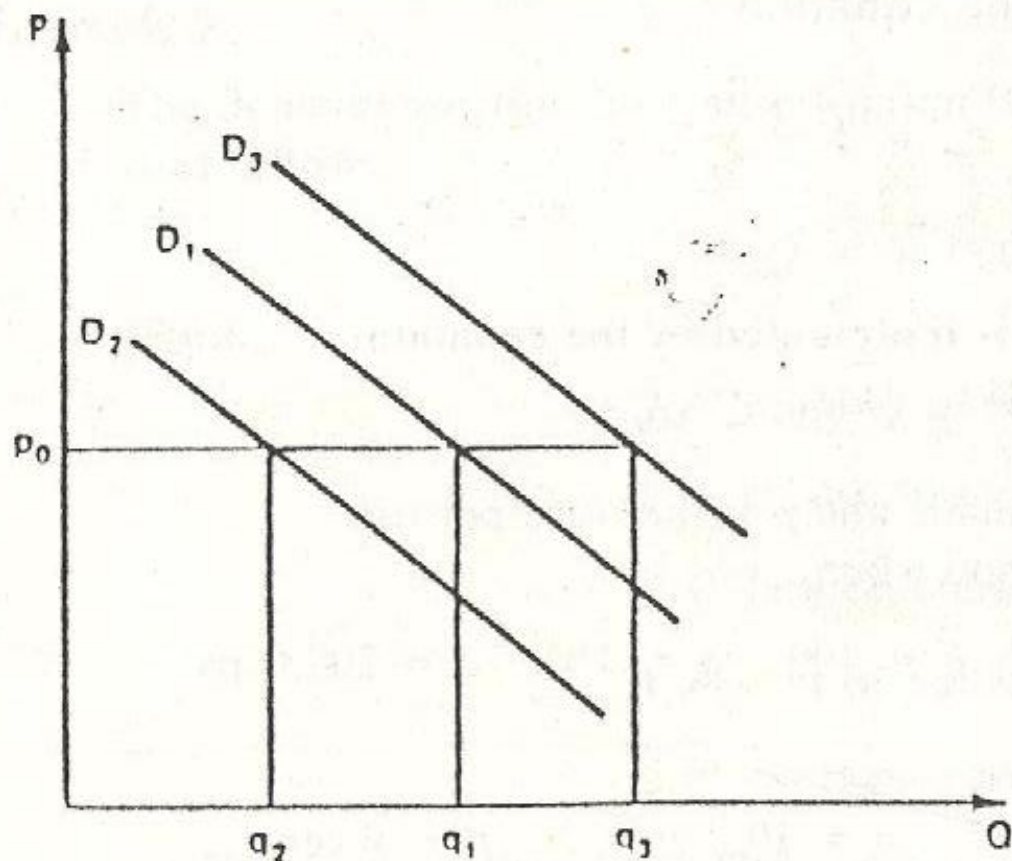


مثال: تابع تقاضای خطی $q = \alpha - \beta p$



برنامه ریزی حمل و نقل

کوتاه مدت (Short Run) روی یک منحنی تقاضا
بلند مدت (Long Run) حرکت از یک منحنی به منحنی دیگر



برنامه ریزی حمل و نقل

حساسیت تابع تقاضای سفر: از مفهوم کشش (Elasticity) برای بیان حساسیت تقاضا نسبت به قیمت استفاده می شود.

درصد تغییرات در مقدار تقاضا نسبت به 1% تغییر در قیمت سفر e_p

$$e_p = \frac{\delta q/q}{\delta p/p} = \frac{\delta q}{\delta p} \frac{p}{q}$$

$$\text{Arc price elasticity} = \frac{q_1 - q_0}{p_1 - p_0} \frac{(p_1 + p_0)/2}{(q_1 + q_0)/2}$$

مثال کشش تقاضا برای تابع تقاضای خطی برابر است:

$$q = \alpha - \beta p$$

$$e_p = \frac{\delta q/q}{\delta p/p} = \frac{-\beta p}{q} = 1 - \frac{\alpha}{q}$$

برنامه ریزی حمل و نقل

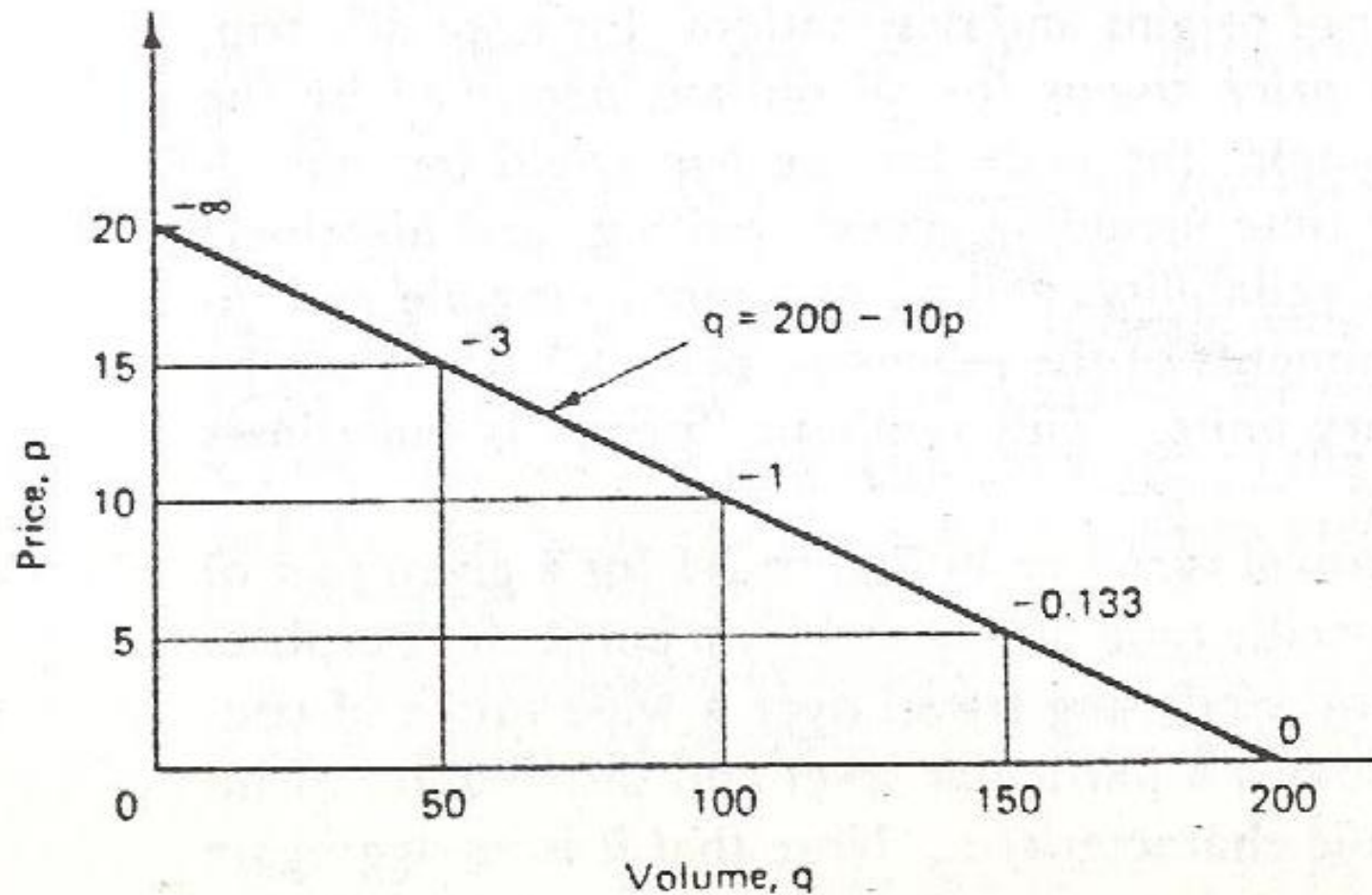
مثال: فرض کنید

$$q = 200 - 10p$$

داریم:

p	q	$e_p = \frac{\delta q / q}{\delta p / p} = \frac{-\beta p}{q} = 1 - \frac{\alpha}{q}$
20	0	$-\infty$
15	50	-3
10	100	-1
5	150	-0.133
0	200	-0

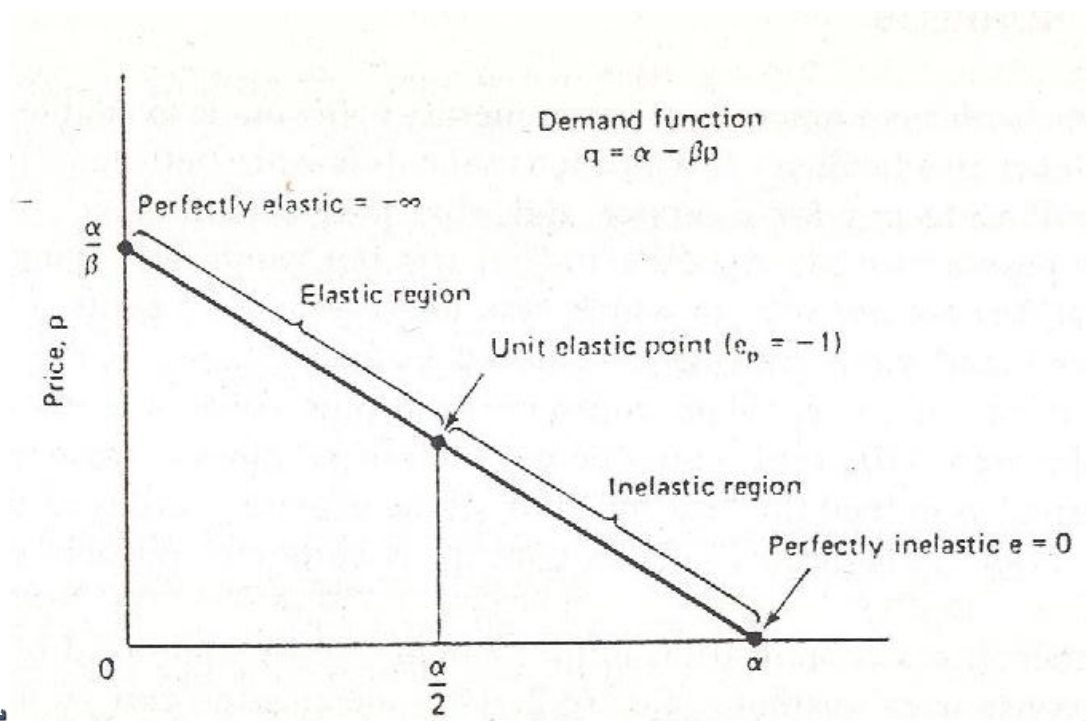
برنامه ریزی حمل و نقل



برنامه ریزی حمل و نقل

تفسیر کشش

- علامت کشش
- قدر مطلق کشش
- ناحیه کشسان
- کالا های با کشش (لوکس) در مقابل کالا های غیرکشسان (ضروری)



برنامه ریزی حمل و نقل

تابع تقاضای کرافت (Kraft Function) اگر کشش تقاضا نسبت به قیمت ثابت باشد با تابع کرافت سر و کار داریم. تابع کرافت به شکل زیر است:

$$q = \alpha p^\beta$$

بنابراین:

$$e_p = \frac{\delta q}{\delta p} \frac{p}{q} = \frac{\alpha \beta p^{\beta-1} p}{q} = \beta$$

مثال: کشش تقاضا نسبت به قیمت در مورد یک سیستم حمل و نقل همگانی 2.75- برآورد شده است. یک خط در این سیستم حمل و نقل همگانی روزانه 12500 مسافر را با کرایه 50 سنت جابجا می کند. برای افزایش درآمد مدیریت این سیستم می خواهد کرایه را به 70 سنت افزایش دهد نظر شما در این مورد چیست؟

برنامه ریزی حمل و نقل

$$q = \alpha p^\beta$$

$$12500 = \alpha (50)^{-2.75}$$

$$\alpha = 12500 * (50)^{2.75}$$

$$= 5.876 * 10^8$$

$$q = 5.876 * 10^8 p^{-2.75}$$

با افزایش کرایه از 50 به 70 تقاضا برابر:

$$q = 5.876 * 10^8 (70)^{-2.75} = 4955$$

با افزایش 40% کرایه تقاضا 60.36% کاهش می یابد.

$$\text{درآمد در حالت اول} = (50 * 12500) / 100 = 6250\$$$

$$\text{درآمد در حالت افزایش کرایه} = (70 * 4955) / 100 = 3468.50\$$$

$$\text{درآمد از دست رفته} = 2781.5\$$$

بنابراین افزایش کرایه توصیه نمی شود.

برنامه ریزی حمل و نقل

مثال: تابع تقاضا برای میزان سفرها توسط یک سیستم حمل و نقل عمومی از حومه به مرکز یک شهر بزرگ به صورت زیر برآورد شده است:

$$Q = T^{-0.3} C^{-0.2} A^{0.1} I^{-0.25}$$

وقتیکه:

Q = تعداد سفرهای انجام شده با حمل و نقل همگانی

T = زمان سفر با حمل و نقل همگانی (ساعت)

C = هزینه سفر با حمل و نقل همگانی (دلار)

A = هزینه سفر با اتوموبیل (دلار)

I = متوسط درآمد (دلار)

برنامه ریزی حمل و نقل

الف) در حال حاضر 10000 نفر در ساعت از این سیستم استفاده می کنند. و کرایه 1.00 دلار بر نفر است. چه تغییری اتفاق خواهد افتاد اگر کرایه به 90 سنت کاهش یابد؟

ب) هزینه سفر با اتوموبیل 3.00 دلار است که شامل پارکینگ نیز می شود. اگر هزینه پارکینگ 30 سنت افزایش یابد چه تغییری خواهیم داشت؟

پ) متوسط درآمد در شهر در حال حاضر 15000 دلار در سال است. چقدر درآمد افزایش یابد تا اثر افزایش نرخ پارکینگ در قسمت ب) خنثی شود.

برنامه ریزی حمل و نقل

جواب

الف) در اینجا یک مدل کرافت داریم. کشش قیمتی تقاضای حمل و نقل همگانی برابر است با:

$$\frac{\partial Q/Q}{\partial C/C} = -0.2$$

یعنی اگر 1% هزینه سفر کاهش یابد تقاضا برای استفاده از حمل و نقل همگانی 0.2 درصد افزایش می یابد. اکنون هزینه سفر $10 = (100-90)/100$ % کاهش یافته بنابراین انتظار می رود تعداد مسافری حمل و نقل همگانی 2% افزایش یابد و به $10000 + (10000 * 0.02) = 10200$ برسد.

درآمد شرکت قبل از کاهش کرایه: $10000 * 1.00 = 10000\$$

درآمد شرکت بعد از کاهش کرایه: $10200 * 0.90 = 9180\$$

بنابراین شرکت 820\$ ضرر خواهد کرد.

به نظر شما آیا امکان دارد شرکت اینکار را انجام دهد؟ چگونه؟

برنامه ریزی حمل و نقل

ب) کاهش متقابل تقاضا نسبت به هزینه استفاده از اتوموبیل 0.1 است. یعنی 1% اضافه شدن هزینه استفاده از اتوموبیل باعث افزایش 0.1% مسافریین حمل و نقل عمومی خواهد شد. \$0.30 افزایش نرخ پارکینگ یعنی 10% افزایش هزینه استفاده از اتوموبیل و بنابراین 1% افزایش مسافران حمل و نقل عمومی، از 10000 مسافر به 10100 مسافر.

برنامه ریزی حمل و نقل

پ) کشش درآمدی برابر: $\frac{\partial Q/Q}{\partial I/I} = -0.25$

یعنی 1% افزایش در درآمد باعث 0.25% کاهش استفاده از حمل و نقل عمومی (گرایش به استفاده از اتوموبیل) می شود.

از قسمت ب) داشتیم $\frac{\partial Q}{Q} = 1$ بنابراین:

$$\frac{1\%}{\partial I/I} = -0.25 \rightarrow \frac{\partial I}{I} = \frac{1\%}{-0.25} = 0.04 = 4\%$$

بنابراین 4% افزایش در درآمد می تواند 30 سنت اضافه شدن هزینه پارکینگ (یا 10% افزایش هزینه استفاده از اتوموبیل را پوشش دهد. اگر متوسط درآمد در حال حاضر 15000 دلار در سال باشد. \$600 افزایش حقوق نظر استفاده رانندگان اتوموبیلی که می خواستند به حمل و نقل عمومی روی آورند را برمیگرداند.

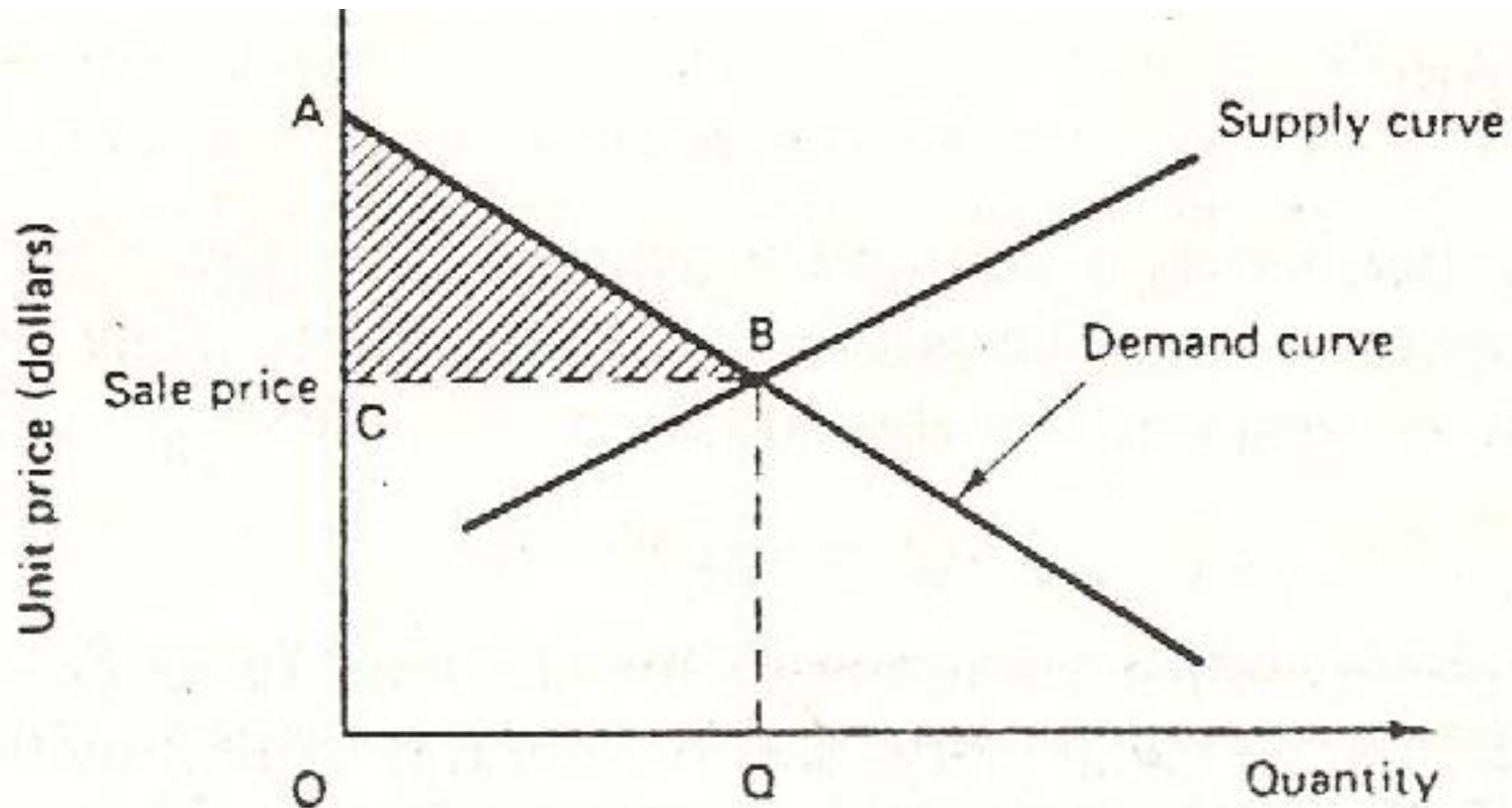
برنامه ریزی حمل و نقل

• **مازاد مصرف کننده (Consumer's Surplus)**

بهبود یک سیستم حمل و نقل را می توان با تغییرات در مازاد مصرف کننده اندازه گیری کرد.

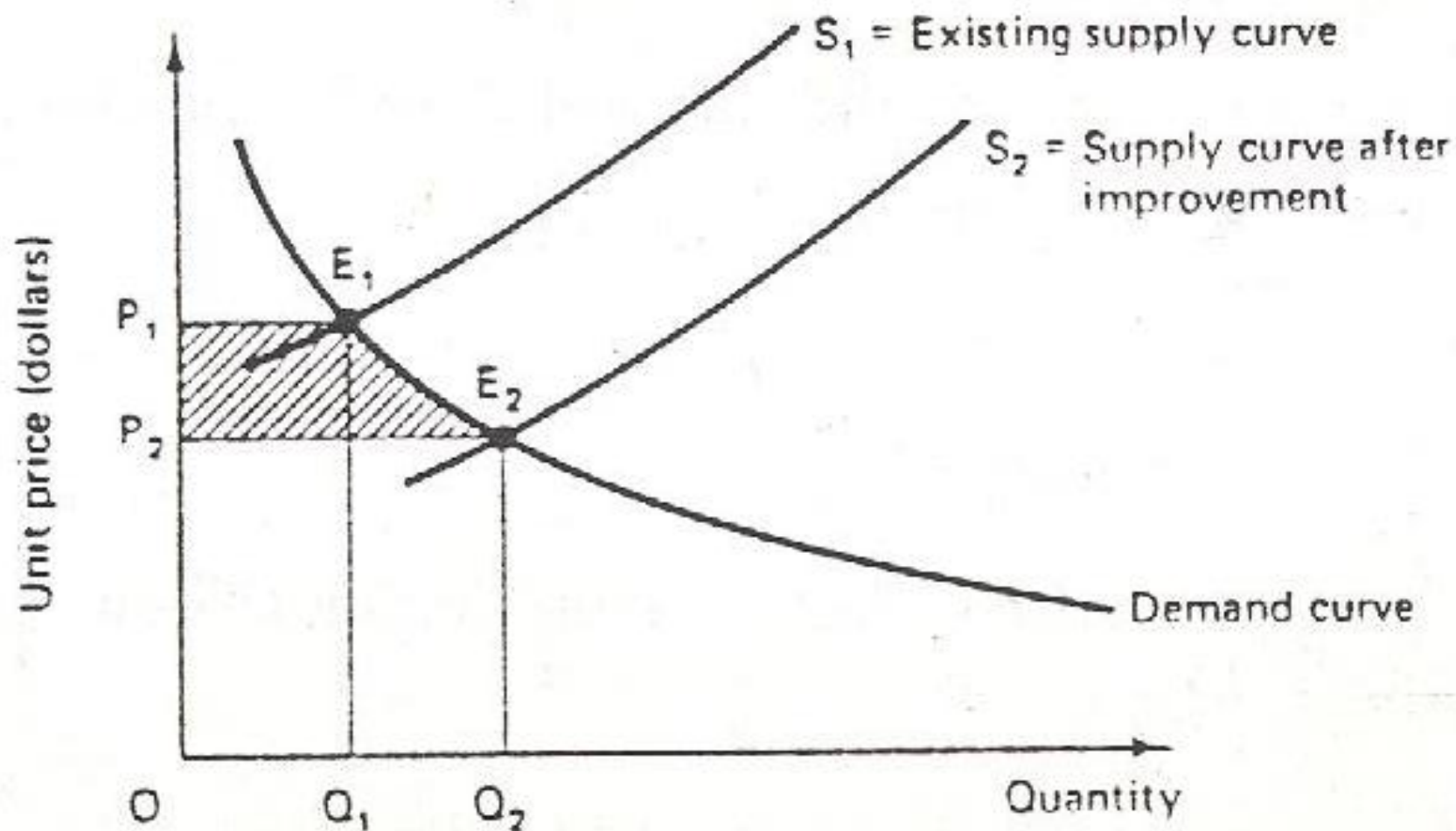
برنامه ریزی حمل و نقل

مازاد مصرف کننده



برنامه ریزی حمل و نقل

تغییر در مازاد مصرف کننده



برنامه ریزی حمل و نقل

مثال

یک شرکت اتوبوسرانی با 100 اتوبوس 40 نفره می خواهد تعداد اتوبوس های خود را 20% افزایش و همزمان کرایه هر مسافر را از \$1.00 به 90 سنت کاهش دهد. تغییر در مازاد مصرف کننده و کشش قیمتی تقاضا را محاسبه کنید. فرض کنید متوسط ضریب اشغال (load factor) در حال حاضر 90% است که با بهبود سیستم به 95% افزایش می یابد و کلیه اتوبوس ها مورد استفاده قرار می گیرند.

برنامه ریزی حمل و نقل

در شرایط فعلی داریم:

$$100 \text{ buses} \times 40 \text{ seats} \times 0.90 \text{ (load factor)} = 3600 \text{ persons/hr}$$

$$\text{Revenue: } 3600 \times 1.00 = \$3600/\text{hr}$$

با بهبود سیستم خواهیم داشت:

$$120 \text{ buses} \times 40 \text{ seats} \times 0.95 = 4560 \text{ persons/hr}$$

$$\text{Revenue: } 4560 \times 0.90 = \$4104/\text{hr}$$

و با اینکار شرکت $\$4104 - \$3600 = \$504/\text{hr}$ بیشتر بدست خواهد آورد.

تغییر در مازاد مصرف کننده برابر:

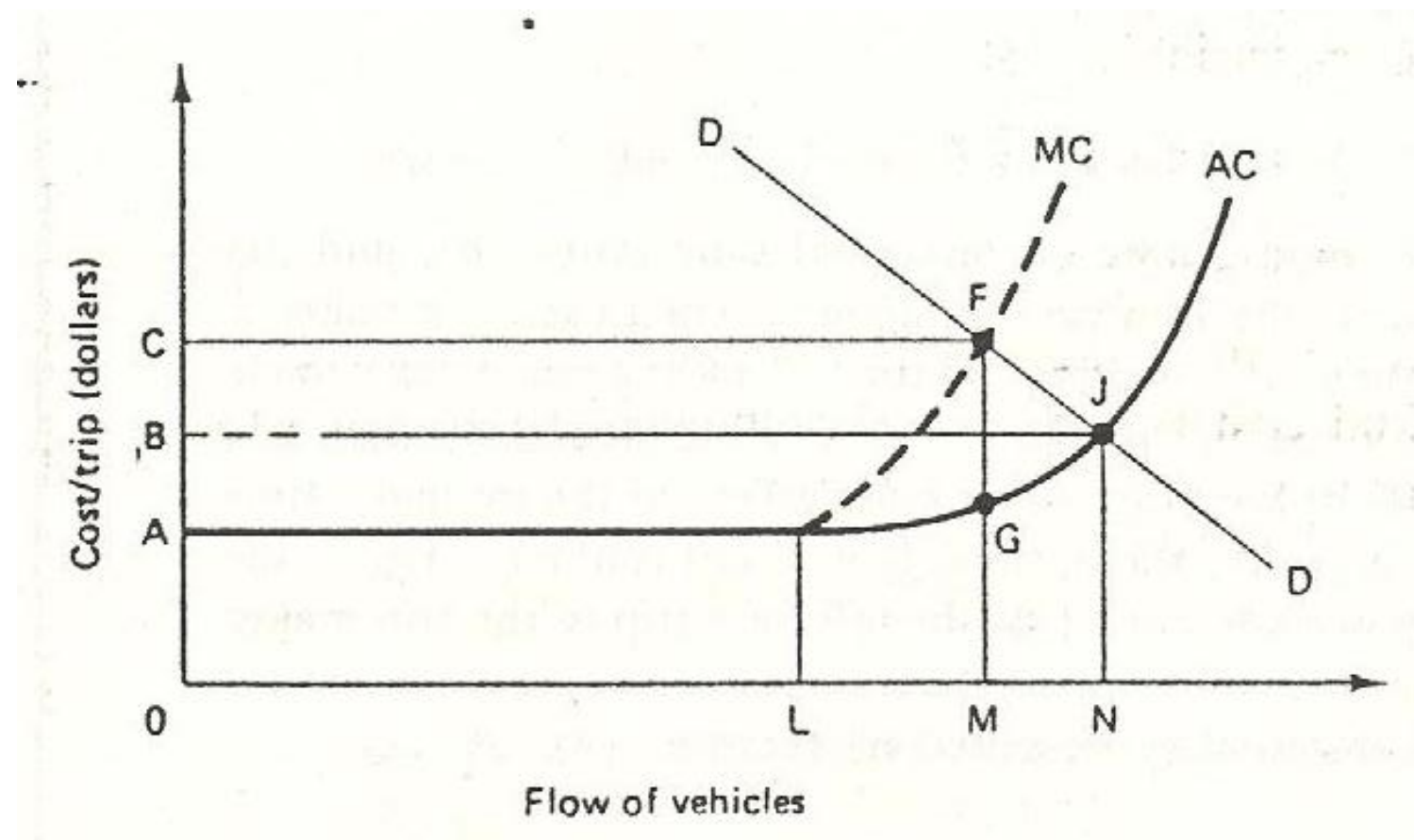
$$\begin{aligned} \text{Change in consumer surplus} &= \frac{(1.00 - 0.90)(3600 + 4560)}{2} \\ &= \$408/\text{hr} \end{aligned}$$

و کشش قیمتی تقاضا برابر:

$$\begin{aligned} \text{Price elasticity of demand} &= \frac{Q_1 - Q_0}{P_1 - P_0} \frac{(P_1 + P_0)/2}{(Q_1 + Q_0)/2} \\ &= -\frac{960}{0.10} \left(\frac{0.95}{4080} \right) = -2.235 \end{aligned}$$

برنامه ریزی حمل و نقل

سیاستهای قیمت گذاری و سوبسید



برنامه ریزی حمل و نقل

عوارض (Tolls)

مثال: رابطه زیر بین زمان سفر و حجم ترافیک در یک قطعه از بزرگراه به طول 10 کیلومتر برآورد شده است:

$$t = 10 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{2000} \right)^4 \right]$$

وقتی که:

V حجم سفر این قطعه از بزرگراه و t زمان سفر (دقیقه) است.

تابع تقاضا برای استفاده از بزرگراه به صورت زیر است:

$$d = 4000 - 100t$$

که در آن:

d میزان تقاضا (وسیله بر ساعت) و t زمان (دقیقه) است.

اگر ارزش وقت استفاده کنندگان 5 دلار بر وسیله بر ساعت باشد. چه عوارضی بهتر است بر این بزرگراه بسته شود.

برنامه ریزی حمل و نقل

جواب: داریم

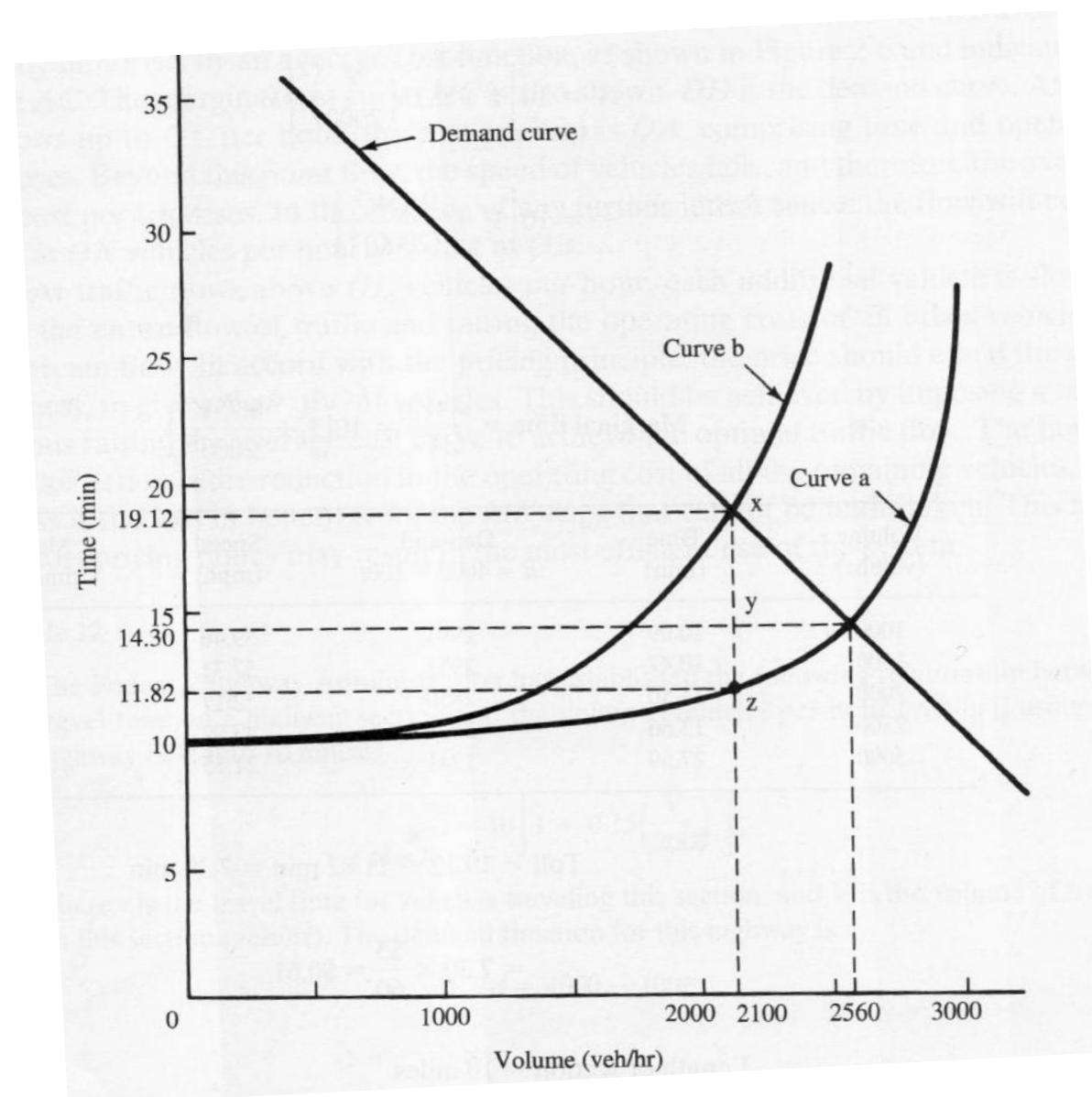
$$tV = 10 \left[1 + 0.15 \left(\frac{V}{2000} \right)^4 \right] V$$

$$= 10 \left[V + \frac{0.15V^5}{(2000)^4} \right]$$

$$\text{Marginal time} = \frac{d(tV)}{dV} = 10 \left(1 + \frac{0.75V^4}{2000^4} \right)$$

Volume (veh/hr)	Time (min)	Demand $d = 4000 - 100t$	Speed (mph)	Marginal time (min)
1000	10.09	2991	59.46	10.5
1500	10.47	2953	57.31	12.4
2000	11.50	2850	52.17	17.5
2500	13.66	2634	43.92	28.3
3000	27.59	1241	21.75	48.0

برنامه ریزی حمل و نقل



برنامه ریزی حمل و نقل

$$\text{Toll} = 19.12 - 11.82 \text{ min} = 7.30 \text{ min}$$

$$= 7.30 \times \frac{\$5}{60} = \$0.61$$

$$\text{Length of section} = 10 \text{ miles}$$

$$\text{Toll/mile} = 6.1 \text{ cents}$$

$$\text{Optimum flow} = 2100 \text{ veh/hr}$$

برنامه ریزی حمل و نقل