

هو اللطيف



آشنایی با رشد اقتصادی

نقش فن آوری در رشد

فرهاد نیلی



While nature ... shows a tendency to diminishing return, man ... shows a tendency to increasing return. ... Knowledge is our most powerful engine of production; it enable us to subdue nature and ... satisfy our wants.

Alfred Marshall



❖ مقدمه

❖ رشد فن آوری در مدل سولو

❖ خلق فناوری

❖ تبیین رابطه خلق فن آوری و رشد

■ مدل یک کشوری

■ مدل دو کشوری

❖ موانع انتقال بین المللی فناوری

■ تکنولوژی مناسب

■ دانش ضمنی

❖ جمع بندی



فهرست

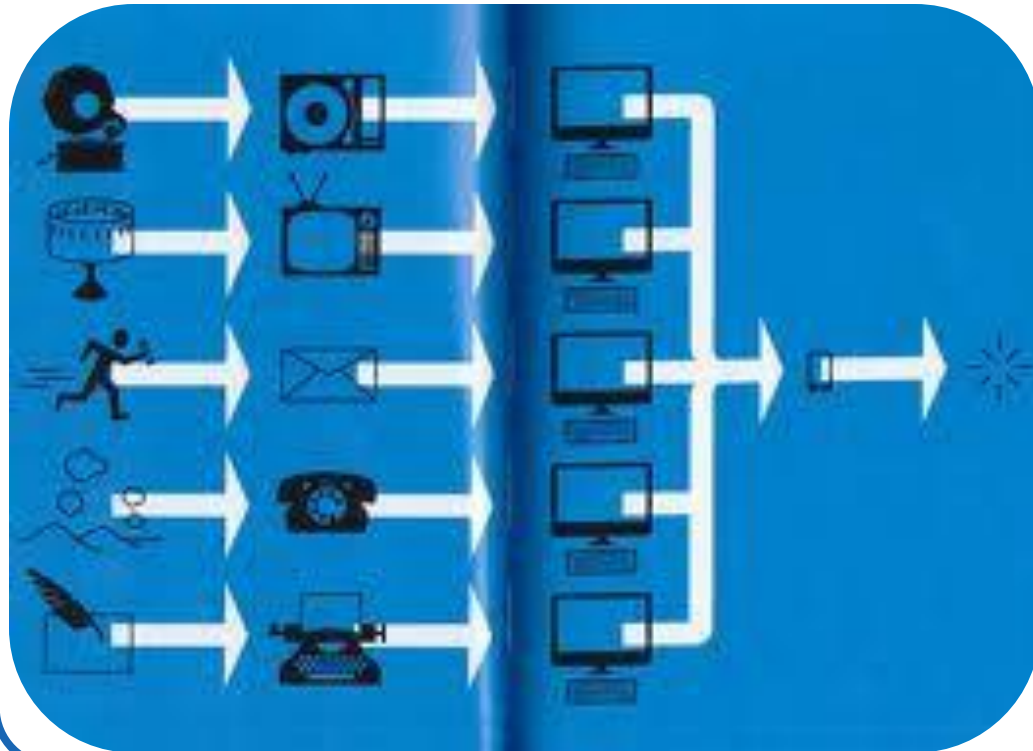
❖ مقدمه





❖ یک توضیح طبیعی برای بهبود وضعیت بهره‌وری، بهبود وضعیت فن‌آوری (معرفی شیوه جدید تولید) است.

■ چه عواملی می‌تواند بهبود فن‌آوری را توضیح دهد؟ انگیزه‌های خلق فن‌آوری کدام‌اند؟

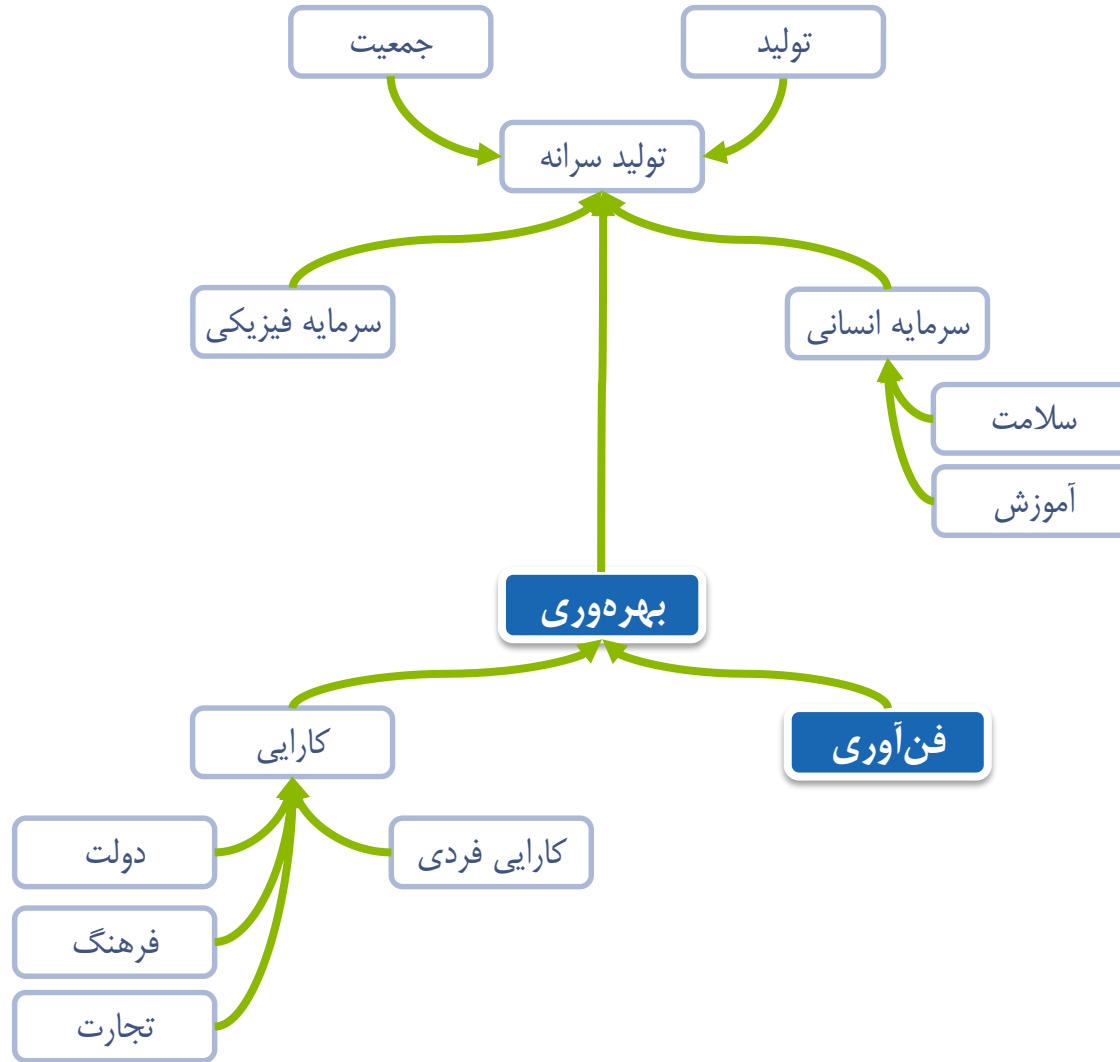


■ پیشرفت فن‌آوری بخش قابل توجهی از افزایش بهره‌وری در کشورهای توسعه یافته را تشکیل می‌دهد. آیا می‌توان تفاوت بهره‌وری کشورها را به سطح فن‌آوری آن‌ها نسبت داد؟

• اثر تخصیص منابع به خلق فن‌آوری بر نرخ رشد
• انتقال فن‌آوری از یک کشور به کشور دیگر



عوامل موثر بر تولید سرانه





طبیعت پیشرفت فناوری

- ❖ فن آوری را می توان همانند نرم افزاری در نظر گرفت که بدون تغییر سخت افزار، توانایی بهره برداری از آن را افزایش می دهد.
- ❖ از آن جا که فن آوری بر نحوه ترکیب نهاده های تولید اثر می گذارد، می تواند نرخ رشد را تحت تاثیر قرار دهد.
- ❖ فن آوری امکان غلبه بر بازده نزولی را فراهم می کند.
- بازده نزولی مانع انباشت سرمایه فیزیکی در سطحی بالاتر از حالت پایدار می شود. با این حال تا وقتی که پارامتر A در تابع تولید امکان افزایش داشته باشد می تواند این ویژگی محدود کننده بازده نزولی را خنثی کند. با افزایش A ، درآمد سرانه می تواند بدون محدودیت زیاد شود.

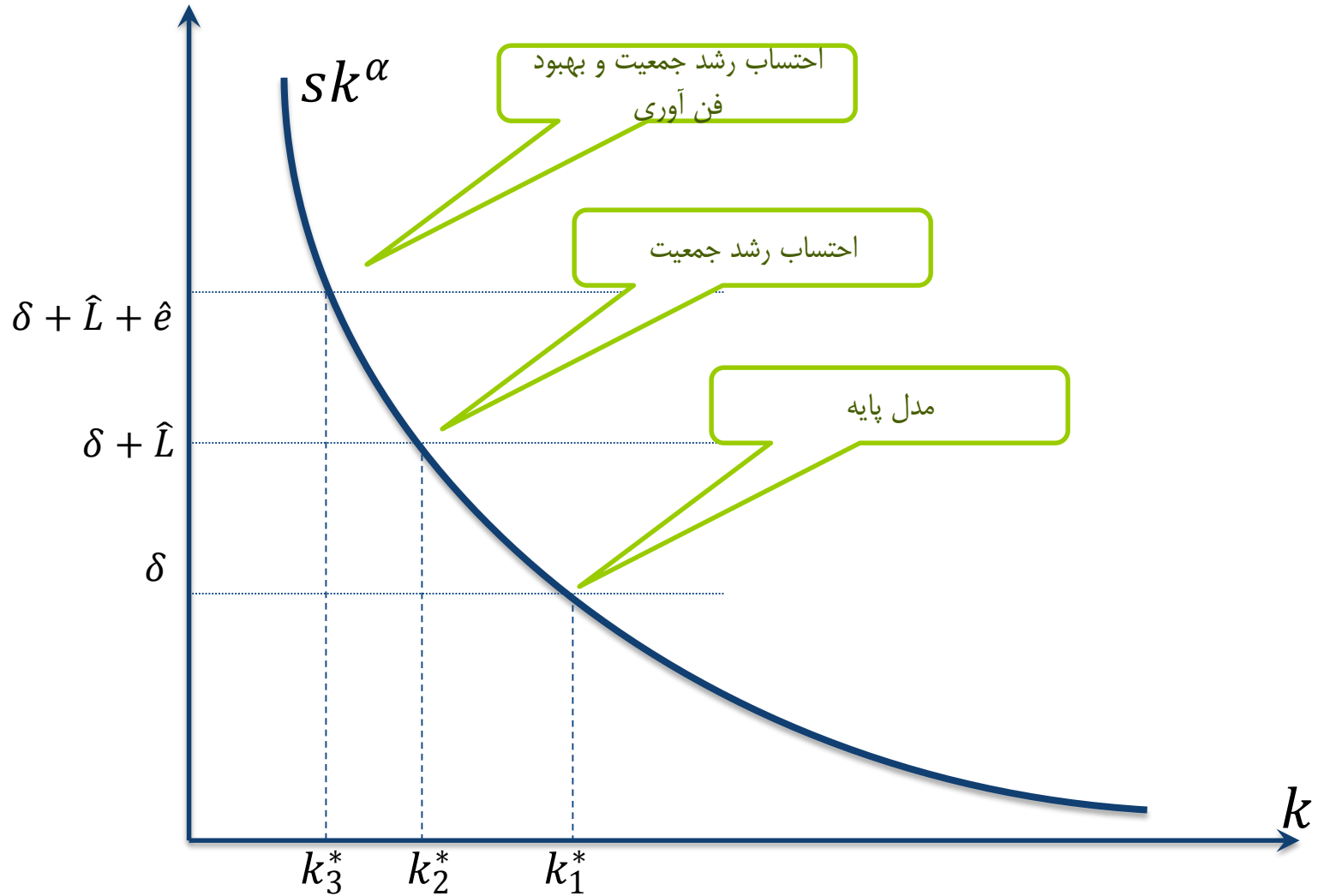


❖
❖ رشد فن آوری در مدل سولو





وارد کردن رشد فن آوری در مدل سولو





رشد فن آوری در مدل سولو

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$$

$$e = A^{1/(1-\alpha)}, e^{1-\alpha} = A$$

$$Y = e^{1-\alpha}K^{\alpha}L^{1-\alpha} = K^{\alpha}(eL)^{1-\alpha}$$

e = *effectingness of workers*

output per effective worker = $y = Y/eL$

capital per effective worker = $k = K/eL$

$$y = k^{\alpha}$$

$$\dot{k} = \frac{d\left(\frac{K}{eL}\right)}{dt} = \frac{\dot{K}eL - \dot{L}Ke - \dot{e}KL}{(eL)^2} = \frac{\dot{K}}{eL} - \frac{\dot{L}}{L}\left(\frac{K}{eL}\right) - \frac{\dot{e}}{e}\left(\frac{K}{eL}\right) = \frac{\dot{K}}{eL} - (\hat{L} + \hat{e})k$$

$$\dot{K} = \gamma Y - \delta K$$

$$\dot{k} = \gamma y - (\hat{L} + \hat{e} + \delta)k = \gamma k^{\alpha} - (\hat{L} + \hat{e} + \delta)k$$



رشد فن آوری در مدل سولو-حالت پایدار

$$0 = \gamma y - (\hat{L} + \hat{e} + \delta)k = \gamma k^\alpha - (\hat{L} + \hat{e} + \delta)k$$

$$k^{ss} = \left(\frac{\gamma}{(\hat{L} + \hat{e} + \delta)} \right)^{1/(1-\alpha)}$$

$$y^{ss} = (k^{ss})^\alpha = \left(\frac{\gamma}{(\hat{L} + \hat{e} + \delta)} \right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$

$$y = Y/eL$$

$$\hat{y} = \hat{Y} - \hat{e} - \hat{L} \xrightarrow{\text{if } \hat{L}=0} \hat{y} = \hat{Y} - \hat{e} \xrightarrow{ss \hat{y}=0} \hat{Y} = \hat{e}$$

$$\hat{e} = \left(\frac{1}{1-\alpha} \right) \hat{A} \xrightarrow{\text{if } \hat{L}=0} \hat{Y} = \left(\frac{1}{1-\alpha} \right) \hat{A}$$



رشد فن آوری در مدل سولو- اثر تغییر نرخ رشد فن آوری

❖ افزایش نرخ رشد فن آوری، تولید سرانه موثر را کاهش می دهد، زیرا رشد سریع تر فن آوری تعداد نیروی کار موثر به ازای هر کارگر را زیاد می کند.

❖ در اقتصادی که در حالت پایدار قرار دارد، با افزایش نرخ رشد فن آوری دو نیرو بر نرخ رشد تولید اثر می گذارند:

- افزایش نرخ رشد فن آوری می تواند نرخ رشد تولید را مستمرا زیاد کند.
- افزایش نرخ رشد فن آوری نرخ رشد تولید سرانه را کاهش و از آن طریق نرخ رشد تولید را کاهش می دهد.

❖ غلبه با کدام اثر است؟



رشد فن آوری در مدل سولو-اثر تغییر نرخ رشد فن آوری

$$\hat{Y} = \hat{y} + \hat{e}$$

$$\hat{k} = \frac{\dot{k}}{k} = \gamma k^{\alpha-1} - (\hat{L} + \hat{e} + \delta), \quad \text{in ss } \hat{k} = 0$$

$$\text{change in technology growth} = \Delta \hat{e} \rightarrow \hat{k} = -\Delta \hat{e}$$

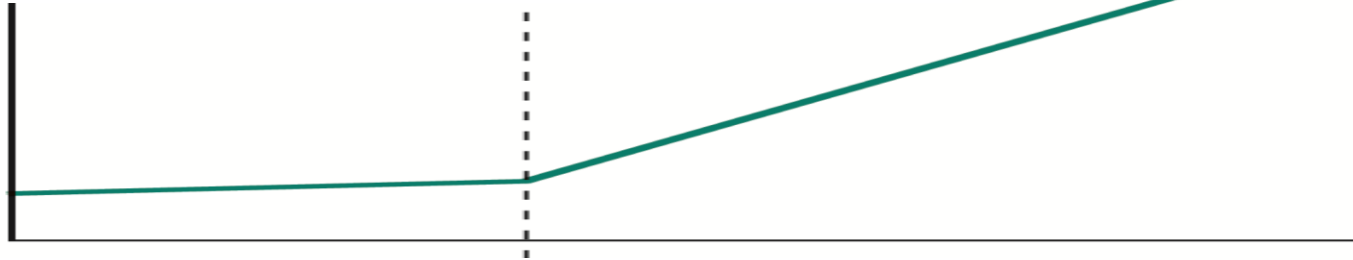
$$\hat{y} = \alpha \hat{k} = -\alpha \Delta \hat{e} \xrightarrow{\text{growth of total output}} \hat{Y} = \hat{y} + \hat{e} + \Delta \hat{e} = \hat{e} + (1 - \alpha) \Delta \hat{e}$$

❖ اثر اولیه افزایش نرخ رشد فن آوری، افزایش نرخ رشد تولید کل است. با گذر زمان و نزدیک شدن اقتصاد به حالت پایدار جدید، تولید سرانه موثر کاهش می یابد و نرخ رشد تولید سرانه موثر به صفر میل می کند. در حالت پایدار جدید نرخ رشد تولید کل به اندازه $\Delta \hat{e}$ زیاد می شود.

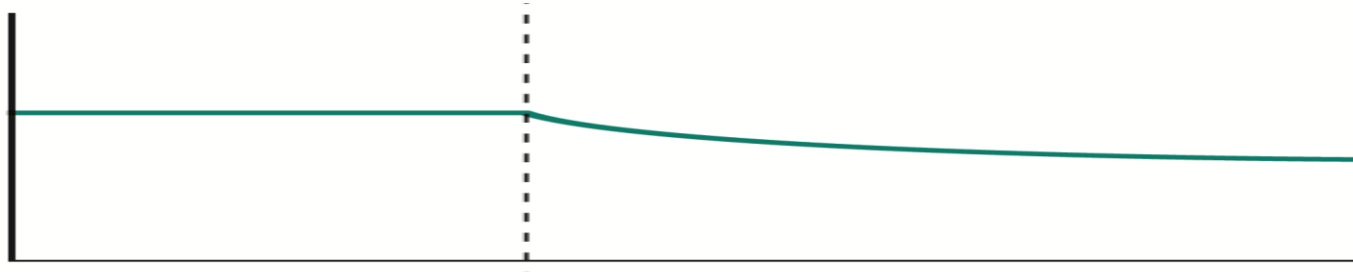


رشد فن‌آوری در مدل سولو-اثر تغییر نرخ رشد فن‌آوری

نیروی کار موثر هر واحد نیروی کار، e



تولید سرانه نیروی کار موثر، y



تولید کل، Y



زمان افزایش نرخ رشد فناوری



فہرست

- ❖
- ❖
- ❖ خلق فن آوری
- ❖
-
-
- ❖
-
-
- ❖



خلق فن آوری

❖ خلق فن آوری جدید نیازمند سرمایه گذاری است. لازم است منابعی که می شد آن ها را به صورت بالقوه صرف مصارف دیگر کرد را به بررسی یک ایده جدید تخصیص داد.

❖ طبیعت این سرمایه گذاری با زمان و مکان بسیار تغییر کرده است.

Country	Number of Researchers	Researchers as a Percentage of the Labor Force	Research Spending (\$ billions)	Research Spending as a Percentage of GDP	
				2009	2005
United States	1,412,639	0.89%	398.2	2.8%	2.5%
Japan	655,530	1.00%	137.9	3.4%	3.0%
Germany	311,519	0.74%	82.7	2.8%	2.4%
France	229,130	0.80%	48	2.2%	2.1%
Korea	236,137	0.96%	43.9	3.3%	2.9%
OECD Total	4,199,512	0.70%	965.6	2.4%	2.1%



خلق فن‌آوری

- ❖ تخصیص منابع هنگفت برای خلق تکنولوژی پدیده‌ای نوین است. پیش از نیمه قرن ۱۹ میلادی بیشتر پیشرفت فن‌آوری در قیاس با **دانشمندان آموزش دیده** امروز مدیون تلاش **متفکران** بود. حتی امروزه نیز نمی‌توان نقش ابداعات افراد متفرقه را نادیده گرفت.
- ❖ بیشتر هزینه تحقیق و توسعه توسط شرکت‌های خصوصی و در جستجوی سود بیشتر صرف می‌شود. با این حال نقش منحصر به فرد فن‌آوری سبب شده دولت‌ها هم نقشی در تحقیق داشته باشند.
- ❖ مهم‌ترین نقش دولت در کمک به تحقیق و توسعه، حفاظت قانونی از مخترعان در مقابل نسخه برداری از کارهایشان است که معمولاً در قالب حق ثبت اختراع صورت می‌گیرد.



خلق فن‌آوری

❖ تخصیص منابع هنگفت برای خلق تکنولوژی پدیده‌ای نوین است. پیش از نیمه قرن ۱۹ میلادی بیشتر پیشرفت فن‌آوری در قیاس با **دانشمندان آموزش دیده** امروز مدیون تلاش **متفکران** بود. حتی امروزه نیز نمی‌توان نقش ابداعات افراد متفرقه را نادیده گرفت.

❖ بیشتر هزینه تحقیق و توسعه توسط شرکت‌های خصوصی و در جستجوی سود بیشتر صرف می‌شود. با این حال نقش منحصر به فرد فن‌آوری سبب شده دولت‌ها هم نقشی در تحقیق داشته باشند.

❖ مهم‌ترین نقش دولت در کمک به تحقیق و توسعه، حفاظت قانونی از مخترعان

در سال ۱۷۱۴ دولت بریتانیا جایزه‌ای به مبلغ ۲۰ هزار پوند برای ابداع ابزاری برای اندازه‌گیری دقیق طول تعیین کرد.

تقریباً یک سوم هزینه‌های تحقیق و توسعه آمریکا از طرف دولت تامین می‌شود. هر چند هدف بیشتر این مخارج به جای ابزارهای مولد، موضوعات نظامی است.

اینترنت را می‌توان محصولی از این جنس دانست که تحت توجه دولت ایجاد شد.



خلق فن آوری حق ثبت اختراع

- ❖ انتقال پذیری آسان فن آوری حفظ منافع ناشی از خلق فن آوری را برای خالق آن مشکل می کند.
- ❖ بنابراین انگیزه برای خلق شیوه های نو کاهش می یابد.

[If] provisions were made for the works and devices discovered by men of great genius, so that others who may see them could not build them and take the inventor's honor away, more men would apply their genius ... and build devices of great utility to our commonwealth.

مقدمه قانون ثبت اختراع ونیز
(۱۴۷۴)



خلق فن آوری حق ثبت اختراع

❖ حق ثبت اختراع امتیازی است که دولت به مبدع یک اثر می دهد تا بتواند برای مدت زمانی (معمولاً ۲۰ سال) نسبت به ساخت، استفاده و فروش انحصاری نوآوری اش اقدام کند.

❖ حق ثبت اختراع تنها در صورتی مفید خواهد بود که بتوان نسخه برداری از یک محصول را منع کرد.

As majority of hobbyists must be aware, most of you steal your software. Hardware must be paid for, but software is something to share. Who cares if the people who worked on it get paid? ... One thing you do ... is prevent good software from being written. Who can afford to do professional work for nothing?

An Open Letter to Hobbyists, Bill Gates, 1976



خلق فن آوری حق ثبت اختراع

- ❖ مواردی که می‌توانند تحت حق ثبت اختراع تعریف شوند:
 - محصولات و فرآورده‌های جدید، ترکیبات شیمیایی، طراحی‌های زینتی و حتی گیاهان جدید.
- ❖ برای به دست آوردن حق ثبت اختراع مبدع باید چیزی تولید کند که هم بدیع باشد (دانسته تلقی نشود) و هم بدیهی نباشد.
- ❖ کسی نمی‌تواند قوانین طبیعت، مفاهیم فیزیک، یا ایده‌های انتزاعی را ثبت کند.
- ❖ مبدعان معمولاً مجبورند برای حفظ محصولشان، در هر کشور به صورت جداگانه اختراع خود را ثبت کنند.



خلق فن آوری - حق ثبت اختراع

❖ گاهی حق ثبت اختراع بهترین راه برای حفظ منافع ناشی از ابداعات یک شرکت نیست، زیرا ثبت یک اختراع نیازمند تشریح دقیق و جزئی آن است. در نتیجه ممکن است رقبا بتوانند با محصول بسیار شبیه به محصول اصلی، پس از تمام شدن مدت ثبت اختراع وارد بازار شوند. به همین دلیل کوکاکولا برای بیش از یک قرن ثبت اختراع نشده و به صورت یک راز باقی مانده است. در طرح پرسش نامه‌ای از مدیران بخش تحقیق و توسعه (سال ۱۹۹۴)، اهمیت رازداری را در حفظ محصول جدید به اندازه حق ثبت اختراع می‌دانند.

❖ تولید کنندگان گیاهان جدید نیز با مشکلی شبیه به تولید کنندگان نرم افزار مواجه هستند. خرید بذر گیاه در سال اول منجر به تولید بذر برای سال‌های آتی و حتی استفاده سایرین (که در سال اول هم بذر را نخریده‌اند) می‌شود. بنابراین انگیزه بنگاه تولید کننده بذر برای تولید کاهش می‌یابد. شرکت مونسانتو اقدام به تولید بذرهایی کرده که تنها در سال اول خوب هستند، اما بارور نمی‌شوند و توانایی تولید بذر را ندارند.



خلق فن آوری - حق ثبت اختراع

❖ با وجودی که حق ثبت اختراع و سایر روش‌های محافظت از محصولات جدید می‌توانند در بهبود فرآیند تحقیق موثر باشند، محبوبیت عمومی بالایی ندارند. چرا که بنگاهی که دارای حق ثبت اختراع است می‌تواند مانند یک انحصارگر، قیمت بالایی برای محصول بگذارد که از نظر کسانی که توانایی پرداخت این نرخ را ندارند بسیار نامطلوب است.

■ مثال: داروهای جدید



انتقال فن آوری

- ❖ ارتقای فن آوری همانند انباشت سایر نهادهای تولید (سرمایه انسانی و سرمایه فیزیکی) سبب افزایش تولید می شود.
- ❖ تفاوت عمده فن آوری با سایر نهادهای تولید آن است که فن آوری به صورت ایده است و ما به ازای فیزیکی ندارد.
- ❖ در حالی که سایر نهادهای تولید در مصرف منع پذیر (rival) اند، مصرف فن آوری nonrival است.

Its peculiar character, too, is that no one possesses the less, because every other possesses thee whole of it. He who receives an idea from me, receives instruction himself without lessening mine; as he who lights a taper at mine, receives light without darkening me.

Thomas Jefferson, 1967



انتقال فن آوری

- ❖ ارتقای فن آوری همانند انباشت سایر نهاده‌های تولید (سرمایه انسانی و سرمایه فیزیکی) سبب افزایش تولید می‌شود.
- ❖ تفاوت عمده فن آوری با سایر نهاده‌های تولید آن است که فن آوری به صورت ایده است و ما به ازای فیزیکی ندارد.
- ❖ در حالی که سایر نهاده‌های تولید در مصرف منع پذیر (rival) اند، مصرف فن آوری nonrival است.

درست بر خلاف فن آوری که می‌تواند به صورت همزمان در فرایندهای تولیدی مختلف استفاده شود، یک ابزار (مثلاً چکش) یا مهارت نیروی کار (مهندس) تنها می‌تواند در یک فرایند تولیدی درگیر باشد.



انواع کالاها

مصرف یک شخص، مصرف دیگران را محدود می کند؟

مالک آن می تواند دیگران را از مصرف منع کند؟

بله	بله	خیر
کالاهای خصوصی بستنی البسه Congested toll roads	انحصارات طبیعی fire protection cable TV Uncongested toll roads	
منابع مشترک ماهی دریا محیط زیست Congested non-toll roads	کالاهای عمومی امنیت ملی دانش Uncongested non-toll roads	



انتقال فن آوری : حصرپذیری و منع پذیری

- ❖ امکان استفاده مشاع از ایده‌ها، انتقال پذیری و تکثیر آن‌ها را سهل و آسان می‌کند.
- ❖ طبیعت حصرناپذیر (nonrival) فن آوری سبب می‌شود بنگاه‌ها و کشورها بتوانند به صورت مشاع از آن استفاده کنند.
- ❖ این ویژگی در سایر نهاده‌های تولید وجود ندارد. استفاده از **سرمایه فیزیکی و انسانی** به شکل همزمان در بیش از یک خط تولید وجود ندارد.
- ❖ کشور فقیری که به خاطر کمبود سرمایه (فیزیکی یا انسانی) فقیر است می‌تواند با انتقال سرمایه از یک کشور ثروتمند، درآمدش را افزایش دهد.
- ❖ انتقال سرمایه به کشور میزبان یک **بازی با جمع صفر** است که منجر به کاهش سرمایه کشور میهمان می‌شود.
- ❖ کشور فقیری که به خاطر سطح نازل فن آوری فقیر است می‌تواند با انتقال فن آوری از یک کشور ثروتمند، درآمدش را افزایش دهد.
- ❖ با این حال انتقال فن آوری منجر به کاهش فن آوری و درآمد کشور ثروتمند نمی‌شود (**بازی با جمع مثبت**).



انتقال فن آوری : حصرپذیری و منع پذیری

- ❖ حصرناپذیری ایده‌ها، هزینه تکثیر فن آوری را بین خطوط تولید، بنگاه‌ها و کشورها ناچیز و استفاده همزمان از آن را میسر می‌کند.
- ❖ حصرناپذیری فناوری، می‌تواند بر بازده نزولی عوامل حصرپذیر تولید غلبه کرده و رشد اقتصادی را از چنبره گریز ناپذیر محدودیت منابع طبیعی آزاد کند.
- ❖ در مقابل هزینه ناچیز تکثیر و انتقال فناوری، هزینه ثابت تولید آن بسیار بالاست.
- ❖ با این حال **مزایای حصرناپذیری** فناوری، به خاطر **سطح پایین منع پذیری** آن محدود می‌شود زیرا مبدع فن آوری قادر نیست سایرین را از استفاده از آن منع کند.
من نکردم خلق تا سودی کنم بلکه تا بر بندگان جودی کنم
- ❖ انگیزه طبیعی سودجویی سرمایه‌گذاری، به دلیل امکان سواری مجانی سایرین، در تحقیق و توسعه و خلق ایده‌های جدید زایل می‌شود.
- ❖ مداخله دولت تا حدودی می‌تواند این مشکل را حل کند.



مقایسه علم و مال در خطبه کمیل (نهج البلاغه)

یا کمیل، العلم خیر من المال،
العلم یحرسک و أنت تحرس المال،
و المال تنقصه النفقة،
و العلم یرکو علی الإنفاق

کمیل دانش به از مال است که دانش تو را پاسبان است و تو مال را
نگهبان. مال با هزینه کردن کم آید، و دانش با پراکنده شدن بیفزاید



عوامل موثر بر مخارج تحقیق و توسعه

❖ حجم عمده‌ای از مخارج تحقیق و توسعه (تولید محصول جدید، کاهش هزینه یا بهبود کیفیت تولید محصول پیشین) توسط بنگاه‌ها صورت می‌گیرد.

❖ بنابراین سرعت پیشرفت فن‌آوری به تصمیم بنگاه‌های خصوصی وابسته است که می‌تواند ناشی از این تصمیم‌ها باشد:

1. کسب سود
2. ریسک ناشی از عدم موفقیت
3. فروپاشی خلاق



عوامل موثر بر مخارج تحقیق و توسعه-کسب سود

- ❖ بنگاه برای یافتن محصول جدید یا روشی نو برای تولید محصول قبلی در تحقیق و توسعه سرمایه گذاری می کند.
- ❖ در بهترین شرایط (از دید بنگاه) بنگاه می تواند از قدرت انحصاری ناشی از محصول/روش جدید برای به دست آوردن سود بالاتر از نرمال استفاده کند.
- ❖ هر چه سود تولید محصول نو بیشتر باشد، بنگاه های بیشتری برای خلق آن هزینه می کنند.



عوامل موثر بر مخارج تحقیق و توسعه-کسب سود

1. مخارج تحقیق و توسعه بنگاه به امتیاز ناشی از محصول/اروش جدید وابسته است. اگر سایر بنگاه‌ها بتوانند به سادگی محصول را **نسخه برداری** کنند، بنگاه مبدع از مخارجش منفعتی کسب نمی‌کند.
2. **اندازه بازاری** که بنگاه می‌تواند محصولش را بفروشد، بر سطح مخارج تحقیق و توسعه موثر خواهد بود. بنگاه‌هایی که محصولاتشان را به کشورهای مختلف می‌فروشند، انگیزه تحقیق و توسعه شان نیز افزایش می‌یابد.
3. هر چه **ماندگاری امتیاز** ناشی از محصول/اروش جدید بیشتر باشد، انگیزه بنگاه‌ها برای سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه نیز بیشتر خواهد بود.
4. عدم اطمینان در فرآیند تحقیق نیز بر مخارج تحقیق و توسعه می‌گذارد. در اقتصادهایی که عدم اطمینان ناشی از تحقیق و توسعه مدیریت می‌شود، اقبال به تحقیق و توسعه بیشتر است.



عوامل موثر بر مخارج تحقیق و توسعه-فروپاشی خلاق

❖ در بسیاری از موارد، منفعت یک بنگاه از محصول/اروش جدید با تحمیل زیان به بنگاه‌های دیگر صورت می‌گیرد.

❖ شومپتر این فرآیند را فروپاشی خلاق (creative destruction) می‌خواند: ابداعات جدید برای بنگاه‌ها ایجاد سود می‌کنند. بنابراین بنگاه‌ها برای وارد شدن به فرایند تحقیق و توسعه انگیزه دارند. با این حال این فن‌آوری‌ها نیز زیردست فن‌آوری‌های جدیدی که بعداً معرفی می‌شوند، قرار می‌گیرند.

■ گروه بازنده با اجرایی شدن فن‌آوری جدید مخالفت می‌کنند.

• مثال: بافندگان در مقابل دستگاه‌های نساجی (قرن ۱۹)

❖ از آن جا که تغییرات فن‌آوری می‌تواند مخرب باشد، پایه‌گذاری سیستم اقتصادی که تغییرات فن‌آوری را تحریک کند، امر بسیار دقیقی است. از آن جا که گاهی سیستم‌های اقتصادی، انگیزه‌ها را درست هدایت نمی‌کنند، اتخاذ فن‌آوری جدید با مشکل مواجه می‌شود.



❖ تبیین رابطه خلق فن آوری و رشد

■ مدل یک کشوری

■ مدل دو کشوری





مدل کردن رابطه خلق فن آوری و رشد

❖ دو مدل یک کشوری و دو کشوری بررسی می شوند.

❖ بر جزئیاتی مانند این که

■ چه کسانی فن آوری را خلق می کنند، یا

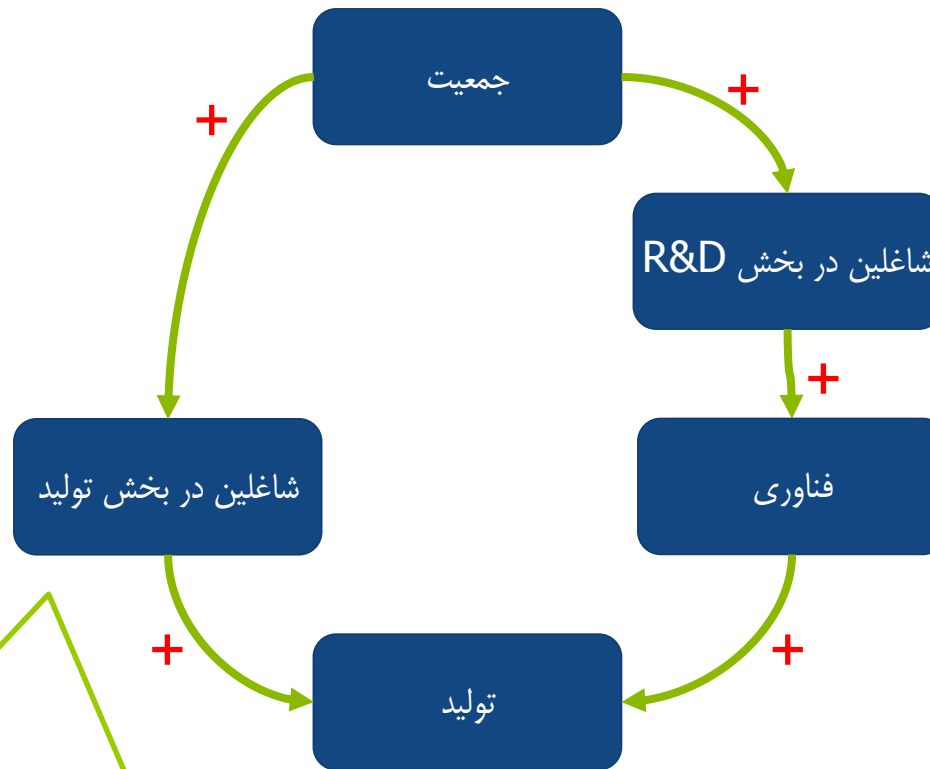
■ برای خلق آن چه انگیزه‌ای دارند،

تمرکز نمی شود.

❖ هدف، بررسی **اثربخشی رشد از خلق فن آوری** است.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل یک کشوری



هزینه فرصت تولید ایده‌های نو، تولید کمتر کالاها و خدمات است.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل یک کشوری

تعداد کارگران فعال در بخش تولید

تعداد کارگران فعال در خلق فن آوری

$$L = L_Y + L_A$$

کسری از نیروی کار که در بخش R&D فعالند.

$$\gamma_A = \frac{L_A}{L}$$

تابع تولید

$$Y = AL_Y = A(1 - \gamma_A)L$$

تابع تولید سرانه

با افزایش بهره‌وری، تولید سرانه افزایش می‌یابد.

$$y = \frac{Y}{L} = A(1 - \gamma_A)$$

با کاهش سهم نیروی کار فعال در بخش فن آوری، تولید سرانه افزایش می‌یابد.

در صورتی که افراد کمتری در تحقیق و توسعه درگیر باشند، افراد بیشتری در بخش تولید مشغولند. با این حال اگر امروز افراد کمتری در بخش تحقیق و توسعه مشغول باشند، سطح بهره‌وری و تولید در آینده کمتر خواهد بود.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل یک کشوری

❖ فرض می شود نرخ رشد ایده های جدید تابع تعداد افرادی است که وقت خود را صرف تحقیق و توسعه می کنند. μ ، قیمت یک ابداع تازه، بر حسب نیروی کار اندازه گیری شده است.

هر چه بزرگتر باشد، برای رسیدن به سطح مشخصی از رشد فناوری، نیروی کار بیشتری لازم است.

$$\hat{A} = \frac{L_A}{\mu}$$

$$\hat{A} = \frac{\gamma_A}{\mu} L$$

❖ تا وقتی γ_A ثابت باشد، تولید سرانه متناسب با A تغییر می کند. بنابراین A و γ نرخ رشد یکسانی خواهند داشت.

$$\hat{y} = \hat{A} = \frac{\gamma_A}{\mu} L$$

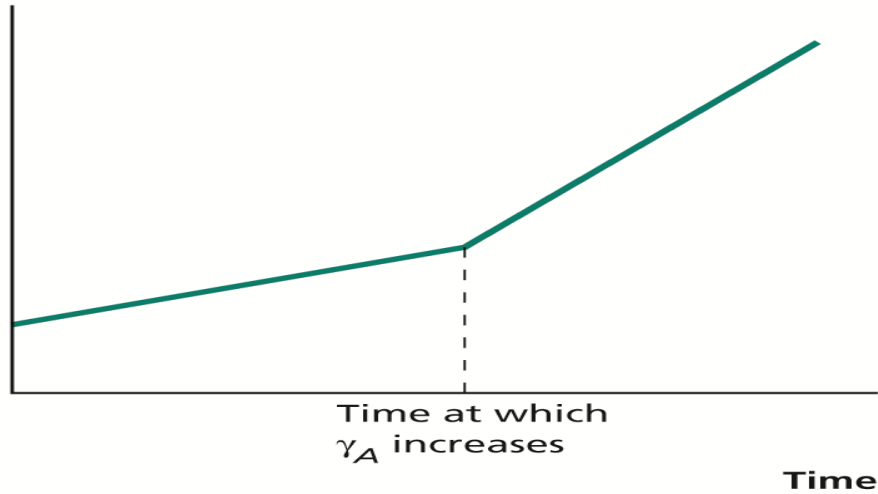
افزایش جمعیت فعال در بخش تحقیق و توسعه و همچنین کاهش هزینه ابداع جدید، سبب افزایش نرخ رشد بهره وری و درآمد سرانه می شود



رابطه خلق فن آوری و رشد-برایند اثر رشد و سطح

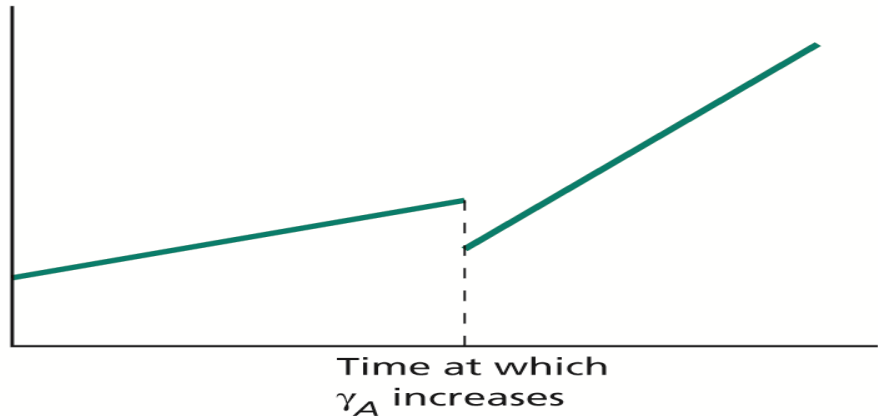
(a) Path of Productivity

Productivity, A (ratio scale)



(b) Path of Output per Worker

Output per worker, y (ratio scale)



❖ در صورتی که γ_A به صورت ناگهانی افزایش یابد:

■ نرخ رشد فن آوری و درآمد سرانه افزایش می یابند.

■ با انتقال کارگران به بخش تحقیق و توسعه، نیروی کار کمتری در بخش تولید باقی می ماند، بنابراین تولید کم می شود.

$$\hat{y} = \hat{A} = \frac{\gamma_A}{\mu} L$$



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل یک کشوری-مقایسه با سولو

❖ کشوری که بیشتر منابعش را به تحقیق و توسعه اختصاص دهد، در **کوتاه مدت** با کاهش و در **بلندمدت** با افزایش درآمد مواجه می شود.

❖ این سازوکار شبیه اثر سرمایه گذاری در مدل سولو، مقارن کاهش مصرف زمان حال است.

❖ تفاوت عمده میان مدل سولو و مخارج تحقیق و توسعه:

- افزایش مخارج تحقیق و توسعه سبب **افزایش دائمی نرخ رشد** تولید می شود.
- در مدل سولو افزایش سرمایه گذاری منجر به **سطوح بالاتر تولید** در حالت پایدار می شد. بنابراین اثر افزایش سرمایه گذاری بر رشد **گذرا** است.
- در اینجا، اثر ارتقای فن آوری بر رشد اقتصادی **دائمی** است.



اثر خلق فن‌آوری بر رشد: مدل یک کشوری - اثر جمعیت

- ❖ با فرض سایر شرایط، افزایش جمعیت نرخ رشد فن‌آوری را افزایش می‌دهد.
- ❖ در صورتی که دو کشور نسبت یکسانی از جمعیت را در بخش تحقیق و توسعه به کار گیرند، نرخ رشد فن‌آوری در کشوری که فعالین بیشتری در بخش تحقیق و توسعه دارد بیشتر خواهد بود.
- ❖ مطابق پیش بینی مدل کشورهای پرجمعیت‌تر، نرخ رشد بالاتری در مقایسه با کشورهای کم‌جمعیت خواهند داشت. موضوعی که در داده‌های واقعی مشاهده نمی‌شود.
- توضیح شکست مدل در توصیف داده‌های واقعی می‌تواند آن باشد که سطح فناوری‌ای که بر اساس تحقیق و توسعه تعیین می‌شود، تنها به داخل مرزهای یک کشور محدود نمی‌شود. فن‌آوری از مرزها عبور می‌کند.
- در سطح کل دنیا، جمعیت بیشتر به معنای نرخ رشد فن‌آوری بیشتر است.



❖ تبیین رابطه خلق فن آوری و رشد

■ مدل دو کشوری



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشوری

- ❖ کشورهای ۱ و ۲ جمعیت برابر و سطح فن آوری نابرابر دارند.
- ❖ کشورها می توانند از طریق ابداع یا تقلید به فن آوری جدید دست یابند.
- ❖ کشور **پیرو** فن آوری می تواند **تقلید** کند.
- ❖ لازم است ابتدا کشور **راهبر** فناوری، فن آوری جدید را **ابداع** کند.
- ❖ تقلید فن آوری از ابداع آن ارزان تر است.
- ❖ سطح فن آوری کشور راهبر بالاتر است.
- ❖ فرض می شود نیروی کار مشغول در بخش تحقیق و توسعه در کشور راهبر از کشور پیرو بیشتر است.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشوری

$$L_1 = L_2 = L$$

دو کشور جمعیت یکسان دارند

$$y_1 = A_1(1 - \gamma_{A,1})$$

$$y_2 = A_2(1 - \gamma_{A,2})$$

نسبت جمعیت فعال در بخش R&D کشور
راهبر (۱) از پیرو (۲) بیشتر است.

$$\hat{A}_1 = \frac{\gamma_{A,1}}{\mu_i} L_1$$

هزینه رشد فن آوری در کشور راهبر، هزینه
ابداع (اندیس i) از هزینه کپی کردن بیشتر
است.

$$\mu_c = c \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

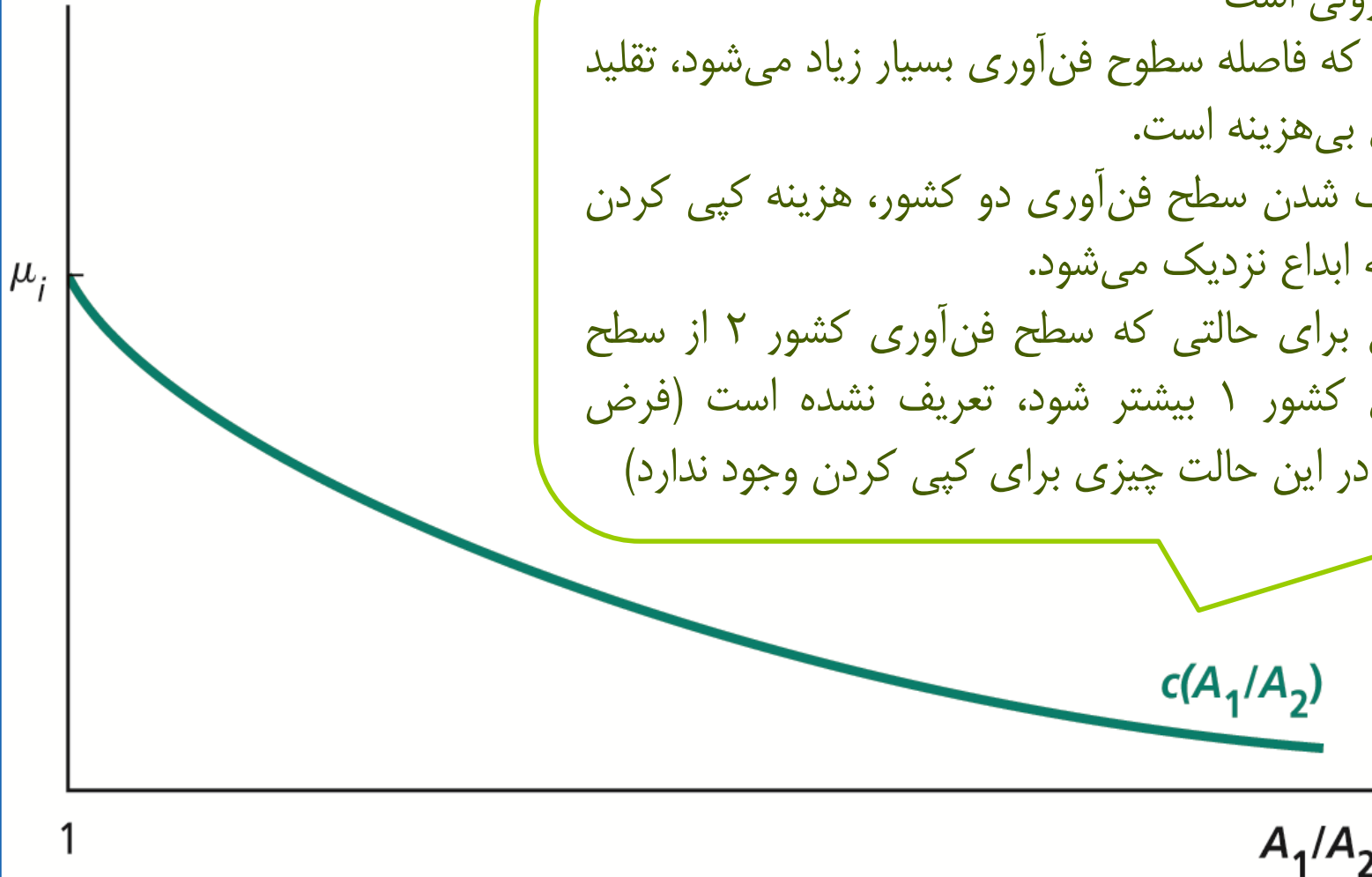
$$\hat{A}_2 = \frac{\gamma_{A,2}}{\mu_c} L_2$$

هر چه فاصله سطح فن آوری دو کشور بیشتر باشد، هزینه کپی
کردن کمتر می شود.
هر چه زمان بیشتری از ابداع فن آوری گذشته باشد، هزینه کپی
کردن آن کمتر می شود.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دوکشوری-تابع هزینه کپی کردن

Cost of copying, μ_c

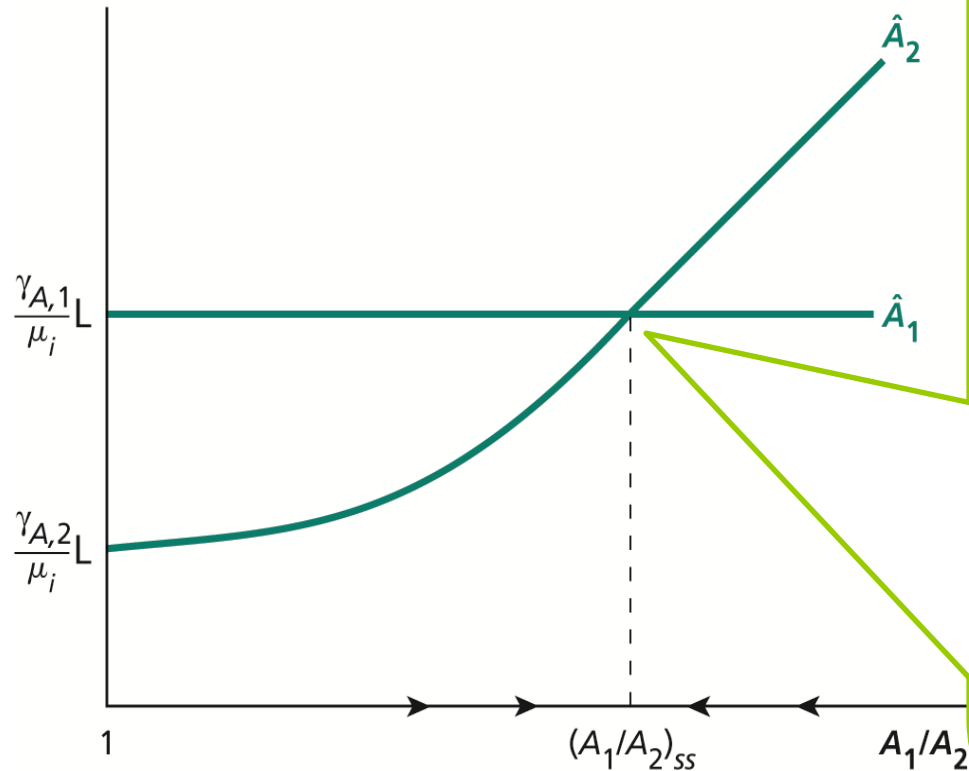


1. تابع c نزولی است
2. هنگامی که فاصله سطوح فن آوری بسیار زیاد می شود، تقلید فن آوری بی هزینه است.
3. با نزدیک شدن سطح فن آوری دو کشور، هزینه کپی کردن به هزینه ابداع نزدیک می شود.
4. این تابع برای حالتی که سطح فن آوری کشور ۲ از سطح فن آوری کشور ۱ بیشتر شود، تعریف نشده است (فرض می شود در این حالت چیزی برای کپی کردن وجود ندارد)



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشوری- نرخ رشد فن آوری به صورت تابعی از سطح نسبی فن آوری دو کشور

Growth rate of technology, \hat{A}



در حالت پایدار، نرخ رشد دو کشور برابر خواهد بود.

1. در صورتی که سطح نسبی فن آوری برابر با یک شود، نرخ رشد فن آوری در کشور راهبر از کشور پیرو بیشتر خواهد بود، زیرا در حالی که هزینه ابداع یکسان است، نسبت فعالین در بخش R&D در کشور ۱ بیشتر است.

2. در حالتی که سطح نسبی تکنولوژی بسیار بزرگ است، نرخ رشد فن آوری کشور پیرو بیشتر است، زیرا هزینه کپی کردن تقریباً صفر است.

3. بنابراین حالت پایدار در وضعیتی اتفاق می افتد که سطح نسبی فن آوری بین یک تا بینهایت باشد.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشور-حالت پایدار

❖ نرخ رشد دو کشور در حالت پایدار یکسان است.
❖ اگر نرخ رشد کشور ۲ بیشتر باشد، تبدیل به

«راهبر» می شود، که با توجه به آن که نسبت فعالین
در بخش R&D این کشور از کشور ۱ کمتر است، ممکن نیست.

❖ اگر نرخ رشد کشور ۱ بیشتر باشد، فاصله سطح فن آوری دو کشور بینهایت و هزینه کپی
کردن صفر می شود. در نتیجه نرخ رشد کشور ۲ از کشور ۱ بیشتر می شود.

❖ در حالت پایدار نرخ رشد دو کشور برابر است و فعالین بخش R&D در کشور ۲ کمتر از
کشور ۱ است. پس باید هزینه به دست آوردن تکنولوژی در کشور ۲ کمتر از کشور ۱ باشد.
در حالت پایدار نسبت هزینه به دست آوردن تکنولوژی با نسبت تلاش دو کشور برای دست
یافتن به فن آوری (نسبت فعالین در بخش R&D) برابر خواهد بود.

❖ با دانستن هزینه کپی کردن در حالت پایدار، بر اساس تابع C می توان سطح نسبی فن آوری
دو کشور را به دست آورد.



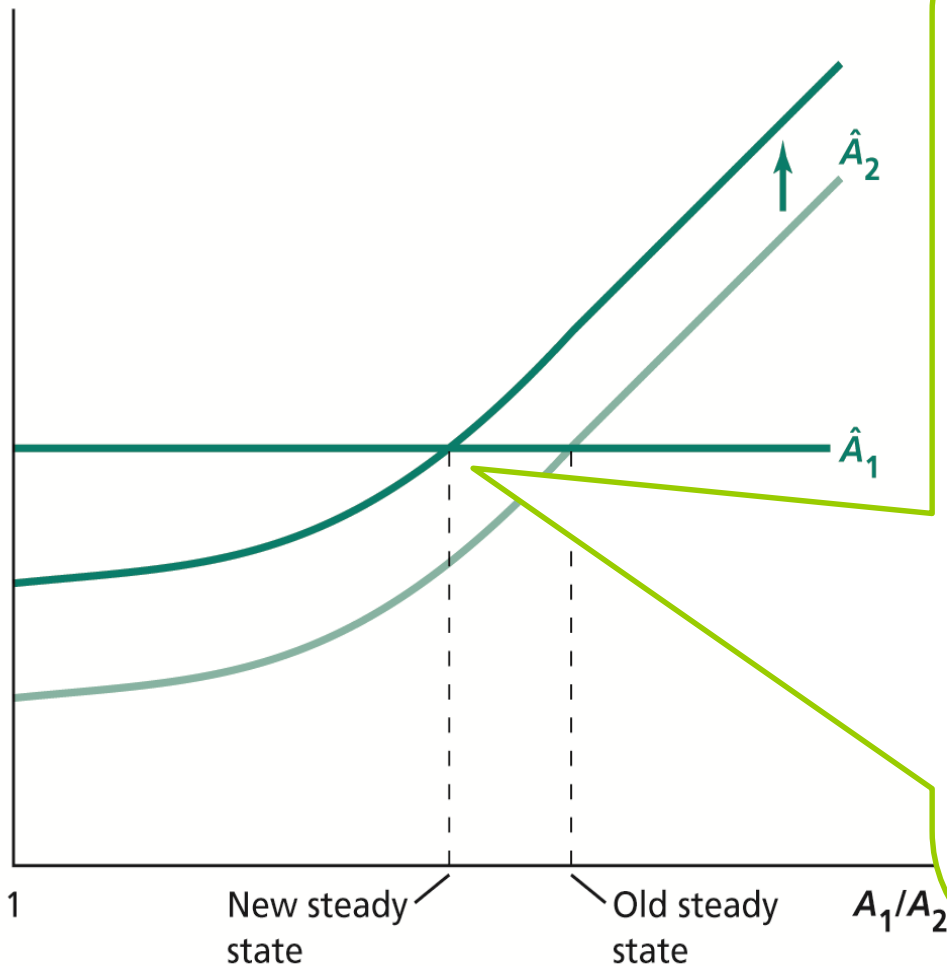
رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشور-حالت پایدار

- ❖ در حالت پایدار وضع راهبر فن آوری از پیرو فن آوری بهتر نیست.
- ❖ با وجودی که کشور راهبر کارتر است، بیشتر بودن فعالین بخش R&D نشان دهنده کمتر بودن فعالین بخش تولید این کشور است.
- ❖ این که پیرو، درآمدی بالاتر از راهبر داشته باشد به هزینه نسبی کپی کردن مربوط می شود. در صورتی که تقلید بسیار ارزان باشد، سطح کارایی پیرو به سطح کارایی راهبر نزدیک خواهد بود.
- ❖ از آن جا که فعالین بخش تولید در کشور دنبال کننده بیشترند، این امکان وجود دارد که درآمد دنبال کننده بیشتر باشد.
- ❖ در مقابل، در صورتی که هزینه تقلید زیاد باشد، برای آن که سطح تکنولوژی کشور دنبال کننده نزدیک به راهبر شود، باید فعالین بخش R&D زیاد شود.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشور-حالت پایدار- اثر افزایش فعالین بخش R&D در کشور پیرو

Growth rate of technology, \hat{A}



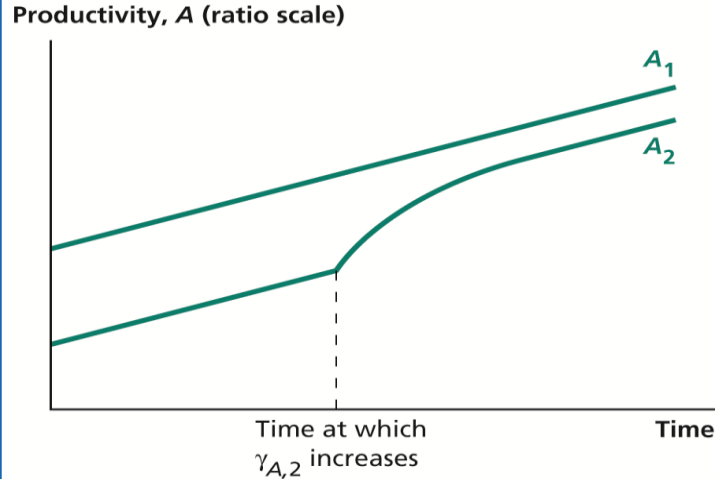
دو کشور در حالت پایدار قرار دارند و نسبت فعالین بخش R&D در کشور ۱ بیش از کشور ۲ است.

در صورتی که کشور ۲ نسبت فعالین بخش R&D را زیاد کند (اما همچنان از کشور ۱ کمتر باشد)، حالت پایدار تغییر خواهد کرد. نرخ رشد حالت پایدار کشور ۲ نسبت به وضعیت پیشین بیشتر و فاصله فن آوری دو کشور کمتر خواهد بود.

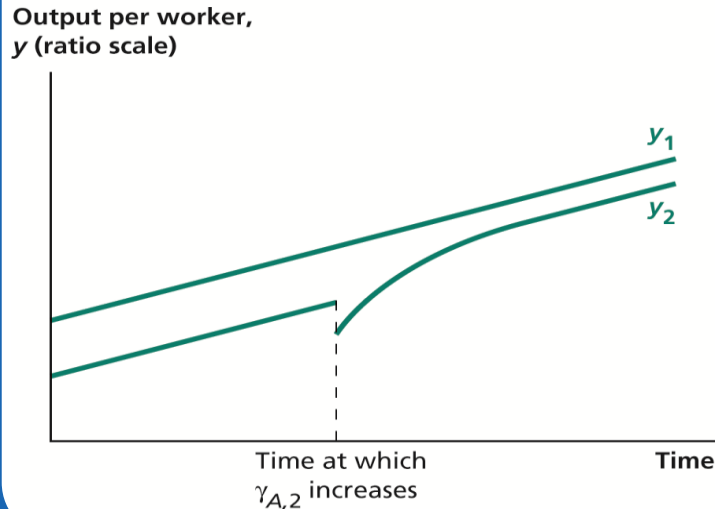


رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشور-حالت پایدار- اثر افزایش فعالین بخش R&D در کشور پیرو

(a) Path of Productivity



(b) Path of Output per Worker



■ نرخ رشد تکنولوژی به صورت موقت افزایش می یابد و به سطح فن آوری کشور ۱ نزدیک تر می شود. در نهایت نرخ رشد تکنولوژی کشور ۲ به همان سطح قبلی می رسد، زیرا نرخ رشد تکنولوژی در کشور ۲ بر اساس نرخ رشد تکنولوژی کشور ۱ تعیین می شود.

■ اثر بلادرنگ افزایش تعداد فعالین بخش R&D (کاهش فعالین بخش تولید) در کشور ۲ به صورت کاهش تولید مشاهده می شود.

■ با این حال تلاش بیشتر برای افزایش کارایی منجر به افزایش سطح کارایی و تولید سرانه می شود. نرخ رشد تولید به صورت موقت افزایش می یابد. زمانی که نسبت فن آوری دو کشور به همان سطح قبلی برگشت، نرخ رشد تولید سرانه به سطح قبلی بر می گردد.



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشور-حالت پایدار- اثر افزایش فعالین بخش R&D در کشورهای راهبر و پیرو

❖ اثر افزایش فعالین بخش R&D

■ کشور دنبال کننده ← افزایش موقت نرخ رشد (بر خلاف مدل یک کشوری)

- بنابراین همانند مدل های فصول ۳، ۴ و ۶ نتیجه سیاست گذاری بر رشد تنها می تواند اثر موقت داشته باشد.

■ کشور راهبر ← افزایش دائم نرخ رشد (همانند مدل یک کشوری)

❖ چگونه می توان مدل را برای دنیای واقعی کاربردی کرد؟

- آیا لازم است کشور راهبر فن آوری شناخته شود؟
- آیا افزایش نرخ رشد کشور راهبر بر نرخ رشد دنیا و افزایش نرخ رشد کشور پیرو تنها بر موقعیت نسبی همان کشور موثر است؟



رابطه خلق فن آوری و رشد-مدل دو کشور-حالت پایدار- اثر افزایش فعالین بخش R&D در کشورهای راهبر و پیرو

❖ انگلستان قرن ۱۹ و آمریکای بعد از جنگ جهانی دوم نمونه‌هایی از یک کشور «راهبر» در مقاطعی از تاریخ‌اند.

❖ در حال حاضر کشورهای زیادی در مرز تکنولوژی قرار دارند و کشورهای مختلف در صنایع مختلف پیشتاز هستند.

❖ نبود «یک» کشور پیشتاز، به معنای غیرمفید بودن مدل حاضر نیست. لازم است بر درس‌های عمومی مدل به جای نتایج خاص آن تکیه شود.

❖ افزایش مخارج R&D در یک کشور دو اثر دارد:

1. موقعیت نسبی آن کشور را تغییر می‌دهد

2. سبب افزایش رشد دنیا می‌شود



❖ موانع انتقال بین المللی فناوری





موانع انتقال بین المللی فن آوری

❖ پیش بینی خوش بینانه مدل آن بود که بهبود فن آوری در نهایت به کشورهای عقب مانده از فن آوری نیز می رسد و آن ها را منتفع می سازد.

❖ در دواقع در حالی که انتقال تکنولوژی بین کشورهای توسعه یافته به راحتی صورت گیرد، پیشرفت این کشورها اثر کمی بر کشورهای فقیر دارد.

❖ دو دلیل برای عدم انتقال آسان فن آوری:

1. فن آوری مناسب

2. دانش ضمنی



❖ موانع انتقال بین المللی فن آوری

■ تکنولوژی مناسب

■ دانش ضمنی





موانع انتقال بین‌المللی فن‌آوری-فن‌آوری مناسب

❖ در مدل دو کشوری فرض شد که فن‌آوری سودمند در یک کشور می‌تواند در کشور دیگر هم مثمر‌تر باشد.

❖ از آن جا که افزایش سطح فناوری، وضع کشور دنبال‌کننده را بهتر می‌کند، عدم تقلید از کشور راهبر می‌توانست نشان دهنده موانعی چون حق ثبت اختراع یا رازداری کشور راهبر باشد.

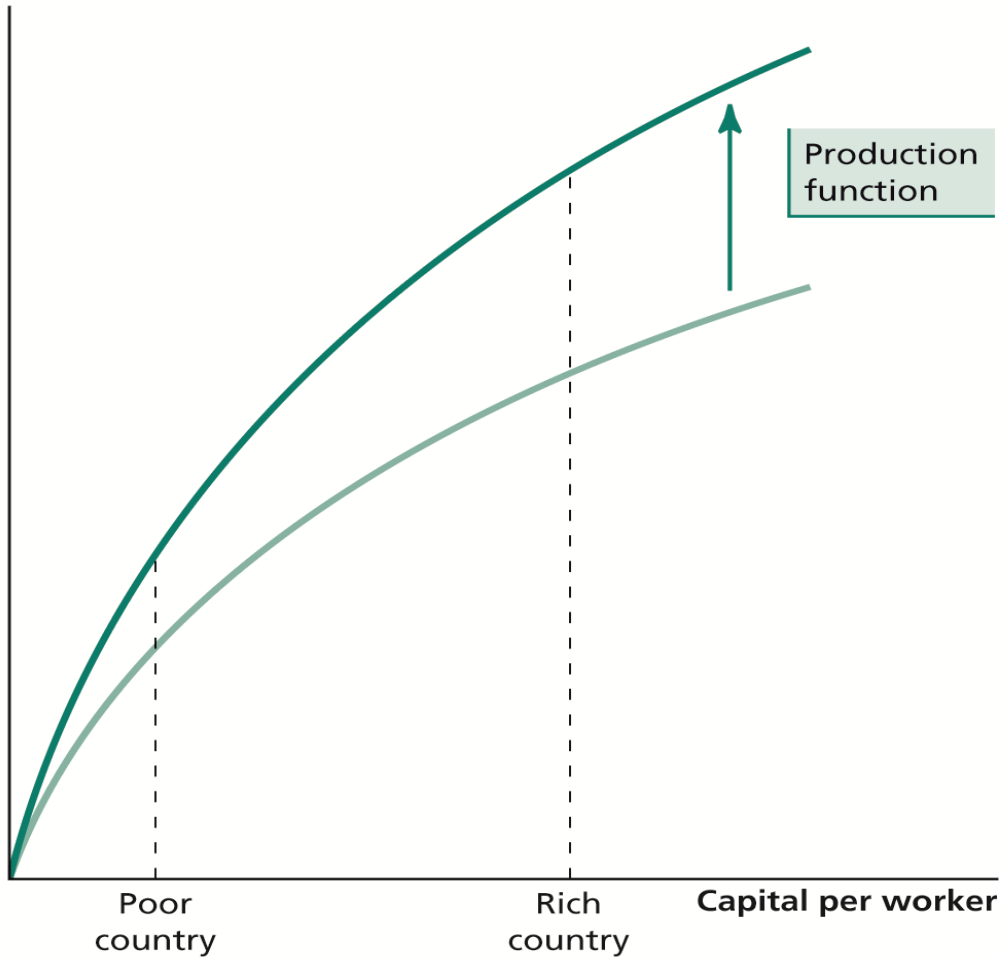
- در مورد کشورهای توسعه یافته این دلایل می‌تواند کافی باشد.
- در مورد رابطه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه باید دلایل دیگری وجود داشته باشد. ممکن است فن‌آوری کشورهای توسعه یافته برای کشورهای فقیر مناسب نباشد
- این روش‌ها با توجه به نهادهای در دسترس کشورهای توسعه یافته طراحی شده‌اند، مثلاً فن‌آوری کشورهای توسعه یافته مبتنی بر استفاده زیاد از سرمایه فیزیکی و انسانی است.

- فن‌آوری وسایل حمل و نقل
- فن‌آوری بذر گیاهان (مشروط به شرایط آب و هوایی)



موانع انتقال بین المللی فن آوری - فن آوری مناسب - تابع تولید تکنولوژی-خنثی

Output per worker



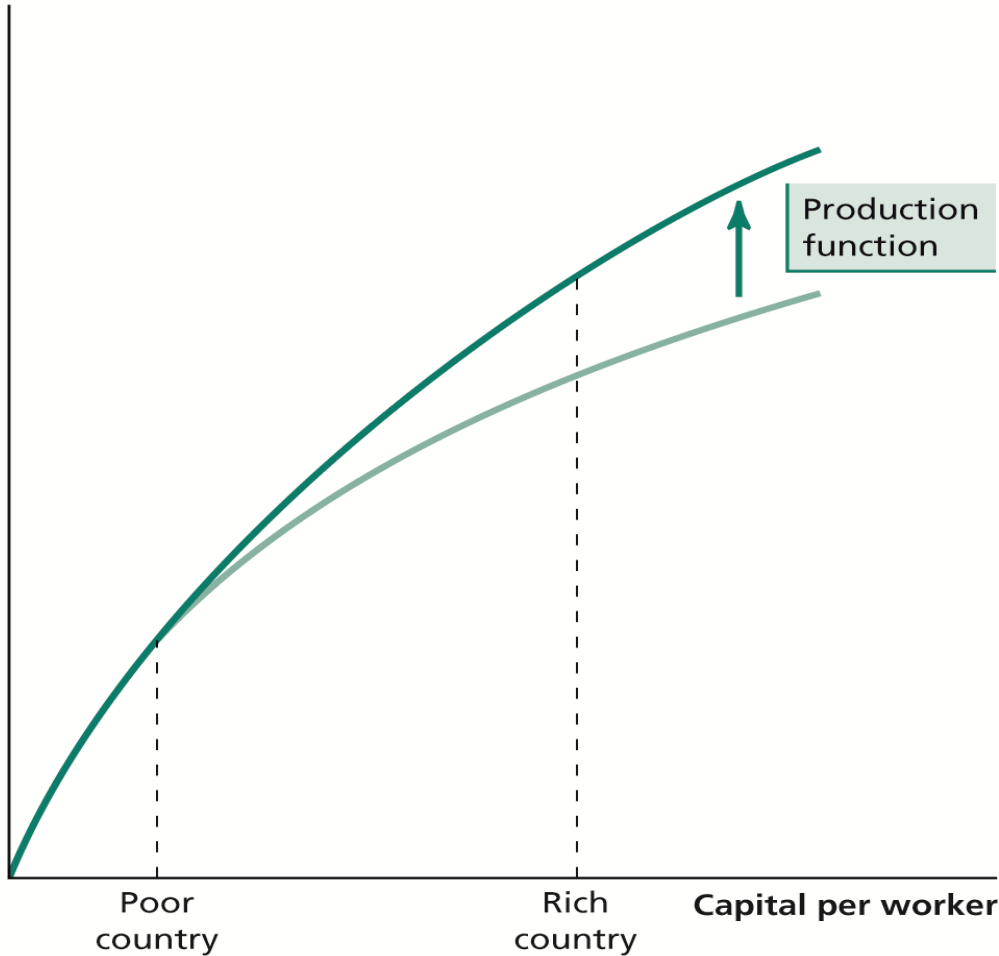
در حالتی که تابع تولید نسبت
به تکنولوژی خنثی باشد،
بهبود کارایی در هر دو کشور
فقر و غنی به صورت
متناسب تولید را افزایش
می دهد:

$$y = Ak^{\alpha}$$



موانع انتقال بین المللی فن آوری - فن آوری مناسب - تابع تولید تکنولوژی- سرمایه پایه

Output per worker



در حالتی که فن آوری به صورت سرمایه در تابع تولید وارد شده باشد، باز هم افزایش سطح فن آوری با افزایش تولید همراه خواهد بود.

با این حال کشورهای که سرمایه بیشتری دارند، بیشتر از افزایش فن آوری منتفع می شوند.



موانع انتقال بین‌المللی فن‌آوری - فن‌آوری مناسب - تابع تولید تکنولوژی - سرمایه پایه

❖ R&D عموماً در کشورهای صورت می‌گیرد که سرمایه سرانه بالایی دارند و تحقیق و توسعه را با این هدف انجام می‌دهند که کارایی ترکیب نهاده‌هایی که با آن کار می‌کنند را افزایش دهند.

❖ در سال ۲۰۰۰، سرانه مخارج تحقیق و توسعه در آمریکا ۹۳۲، در ژاپن ۷۷۵، در آمریکای جنوبی ۴۲ و در آفریقا ۶ دلار بوده است. در حالی که ۱۳.۳٪ جمعیت دنیا در آفریقا زندگی می‌کنند، ۰.۶٪ از مخارج تحقیق و توسعه دنیا در آن انجام می‌شود.

❖ چرا کشورهای توسعه یافته برای تولید فن‌آوری مناسب برای کشورهای در حال توسعه اقدام نمی‌کنند؟

■ حقوق مالکیت در کشورهای در حال توسعه به خوبی رعایت نمی‌شود و مبدع فن‌آوری مناسب برای کشورهای فقیر نمی‌تواند از سرمایه‌گذاری خود کسب درآمد کند. بنابراین انگیزه برای تولید فن‌آوری مناسب در کشورهای فقیر ایجاد نمی‌شود.



❖ موانع انتقال بین المللی فن آوری

■ تکنولوژی مناسب

■ دانش ضمنی





موانع انتقال بین‌المللی فن‌آوری-دانش ضمنی

- ❖ مدل فن‌آوری مناسب فرض می‌کند که همه روش‌های در اختیار کشورهای ثروتمند برای کشورهای فقیر در دسترس هستند هرچند ممکن است کشور فقیر آن‌ها را انتخاب نکنند.
- ❖ به نظر می‌رسد بر اساس حق ثبت اختراع یا رازداری، جزئیات فن‌آوری پس از ۲۰ تا ۳۰ سال در اختیار همگان قرار گیرد. بنابراین فاصله فن‌آوری کشورهای فقیر و غنی نباید از این حدود بیشتر باشد.
- ❖ با این حال به نظر می‌رسد چیزی بیشتر از طرح کار برای انتقال فن‌آوری لازم باشد. دانش ضمنی در ذهن مهندسان وجود دارد که طی سالیان دراز کار کردن با آن فن‌آوری به دست آمده و سینه به سینه از طریق آموزش‌های غیر رسمی منتقل شده است.
 - کارخانه لامپ سازی در مجارستان و آلمان
 - کارخانه کامیون سازی آمریکایی در ژاپن و هند
- ❖ دانش ضمنی، انتقال فن‌آوری از یک کشور به کشور دیگر را با مشکل مواجه می‌کند.
- ❖ اگر دانش ضمنی مهم باشد، انتقال موفق فن‌آوری از یک کشور به کشور دیگر با اثرات خارجی مثبت فراوان همراه خواهد بود.



فهرست



جمع بندی 



- ❖ پیشرفت فن‌آوری موجب استمرار رشد اقتصادی می‌شود.
- ❖ بهبود فن‌آوری یعنی با داشتن نهاده‌های معین بتوان مقدار بیشتری محصول تولید کرد.
- ❖ همانند سرمایه فیزیکی و انسانی، خلق فن‌آوری جدید نیازمند سرمایه‌گذاری منابع (تحقیق و توسعه) است.
- ❖ فن‌آوری معمولاً به ایده (و نه شی) اطلاق می‌شود؛ ویژگی‌ای که آن را از سایر نهاده‌های تولید متمایز می‌کند.
- ❖ فن‌آوری nonrival و nonexcludable است.
- نکته مثبت nonrival بودن: همه کسانی که از فن‌آوری استفاده می‌کنند مجبور نیستند هزینه خلق آن را بپردازند.
- نکته منفی nonexcludable بودن: مبدع فن‌آوری نمی‌تواند همه منفعت ناشی از خلق آن را در اختیار داشته باشد. بنابراین انگیزه برای خلق فن‌آوری کاهش می‌یابد.



❖ انتقال فن آوری بین کشورهای غنی راحت تر از کشورهای غنی و فقیر صورت می گیرد.

- فن آوری برای استفاده در کشورهای فقیر مناسب نیست.
- دانش ضمنی، همراه با فن آوری منتقل نمی شود.