

هو اللطيف



آشنایی با رشد اقتصادی

سرمایه فیزیکی

فرهاد نیلی



سرفصل مطالب

❖ مقدمه

❖ طبیعت سرمایه

❖ نقش سرمایه در تولید

❖ مدل سولو

❖ رابطه سرمایه گذاری و پس انداز

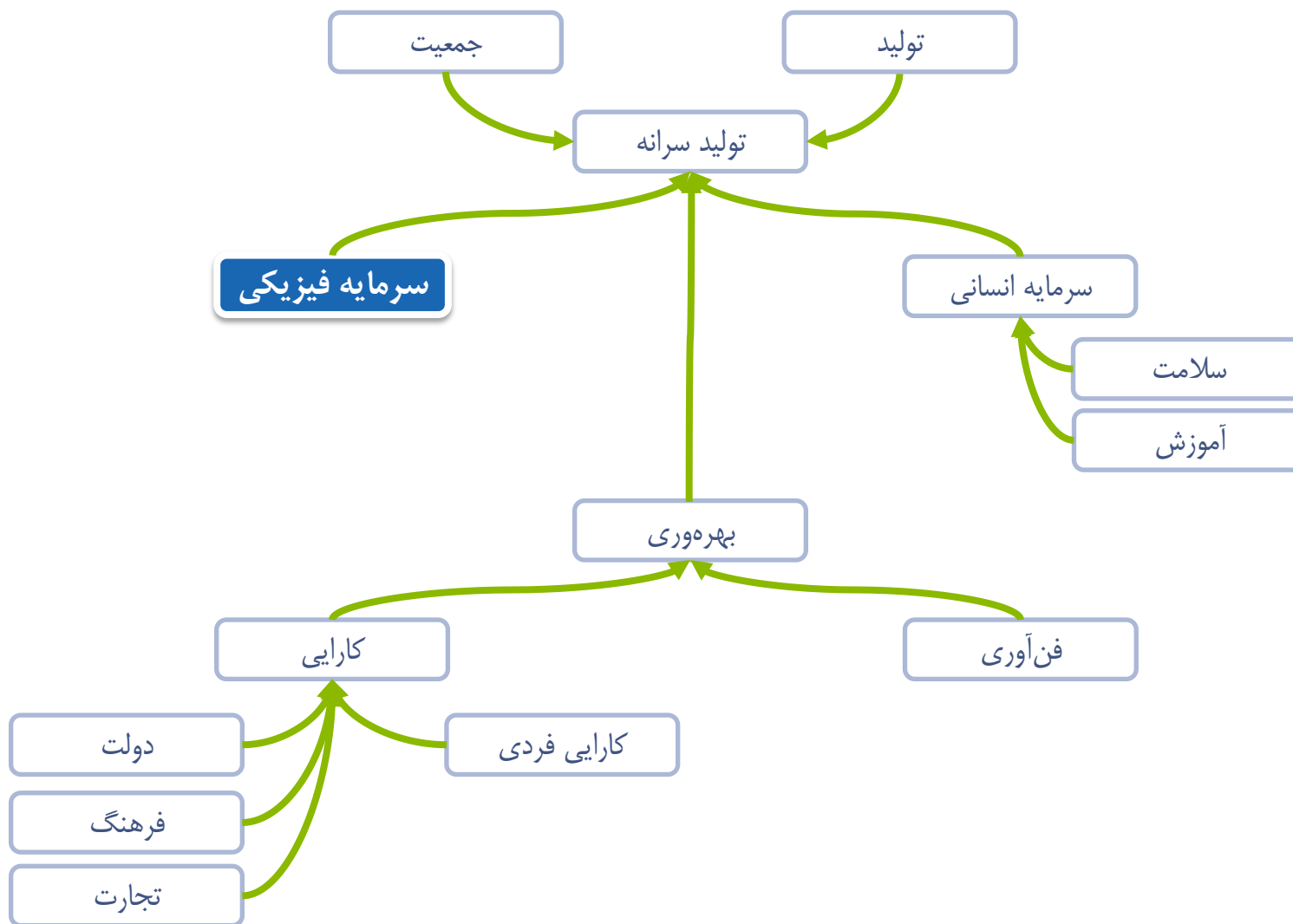
❖ جمع بندی



- ❖ این فصل تفاوت سطح درآمدی کشورها را بر مبنای تفاوت تجهیزات در اختیار تولیدکنندگان در کشورها و مناطق مختلف توضیح می‌دهد.
- ❖ برای این کار، مدل رابرت سولو (۱۹۵۷)، به عنوان چهارچوب تحلیل نقش سرمایه در تولید و سرمایه گذاری در رشد اقتصادی ارائه می‌شود.
- ❖ توجه به انواع سرمایه و تمایز سرمایه فیزیکی از سایر اقسام سرمایه، در این تحلیل از نقش کلیدی برخوردار است.



عوامل موثر بر تولید سرانه





❖ نام اقتصادی ابزارها و تجهیزاتی که تولیدکننده برای افزایش توانایی خود در تولید استفاده می کند، سرمایه فیزیکی است.

■ مثال: ماشین آلات، تجهیزات و سخت افزارها

■ ساختمان،

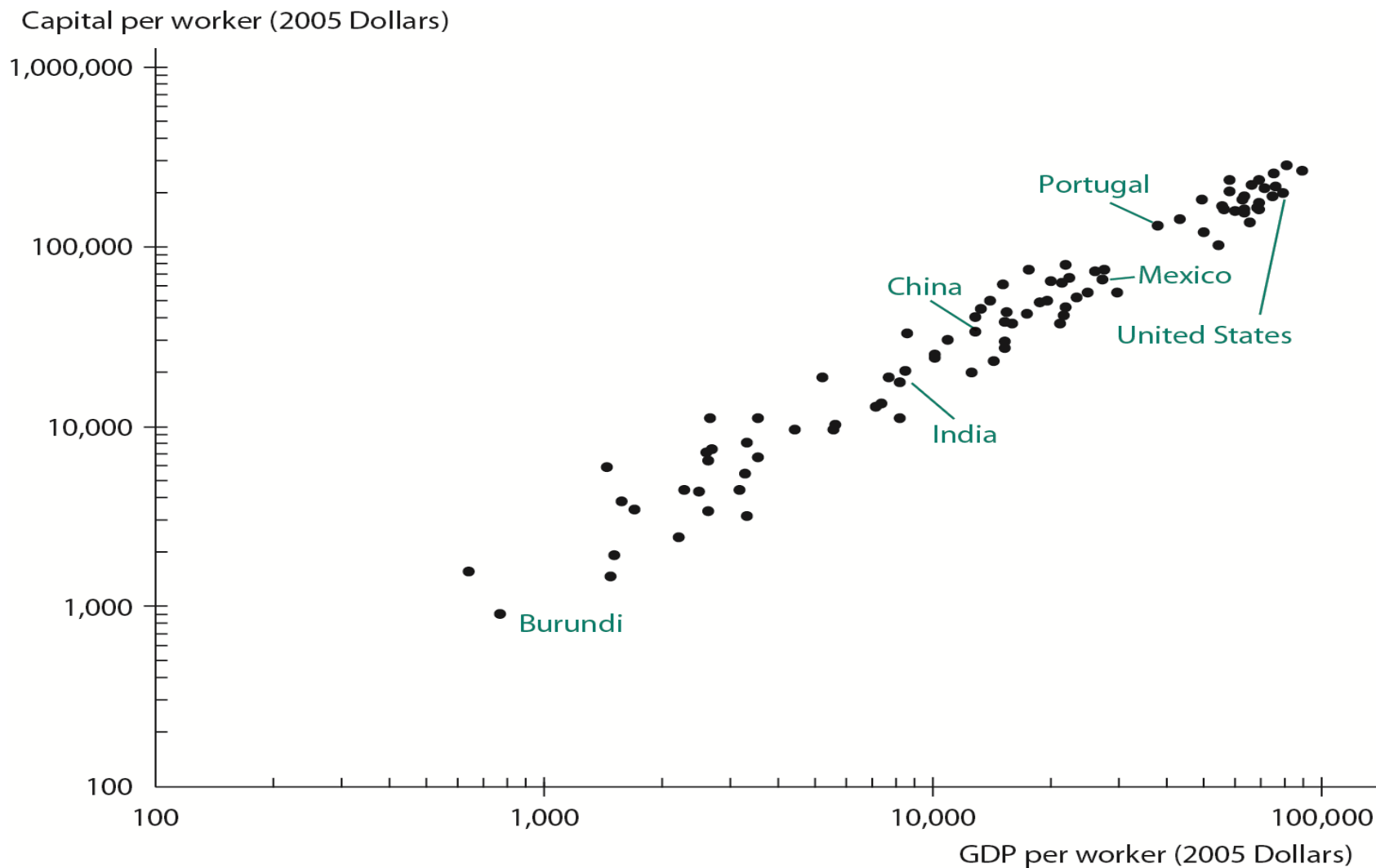
■ زیرساخت هایی مانند جاده، شبکه ارتباطی

❖ کارگرانی که سرمایه فیزیکی بیشتری در اختیار دارند، از توان تولید بیشتری برخوردارند.

❖ تفاوت قابل ملاحظه در سرمایه فیزیکی، می تواند یکی از علل توضیح دهنده تفاوت زیاد در درآمد کشورها باشد.



تولید و سرمایه سرانه کارگران، ۲۰۰۹





ویژگی‌های سرمایه فیزیکی





ویژگی‌های سرمایه فیزیکی





استفاده از تابع تولید برای تحلیل نقش سرمایه

در شکل کلی تابع تولید با دو ویژگی زیر تعریف می شود:

$$Y=F(K,L)$$

1. فرض تولید به مقیاس ثابت:

$$zY=F(zK, zL)$$

- برای هر $z > 0$ داریم:
- اگر z را برابر $1/L$ انتخاب کنید، آنگاه می توان به جای تولید کل یک کشور، تولید سرانه کارگر آن کشور را در نظر گرفت:

$$Y/L=F(K/L, 1)$$

$$y=F(k, 1)$$

$$y=f(k)$$

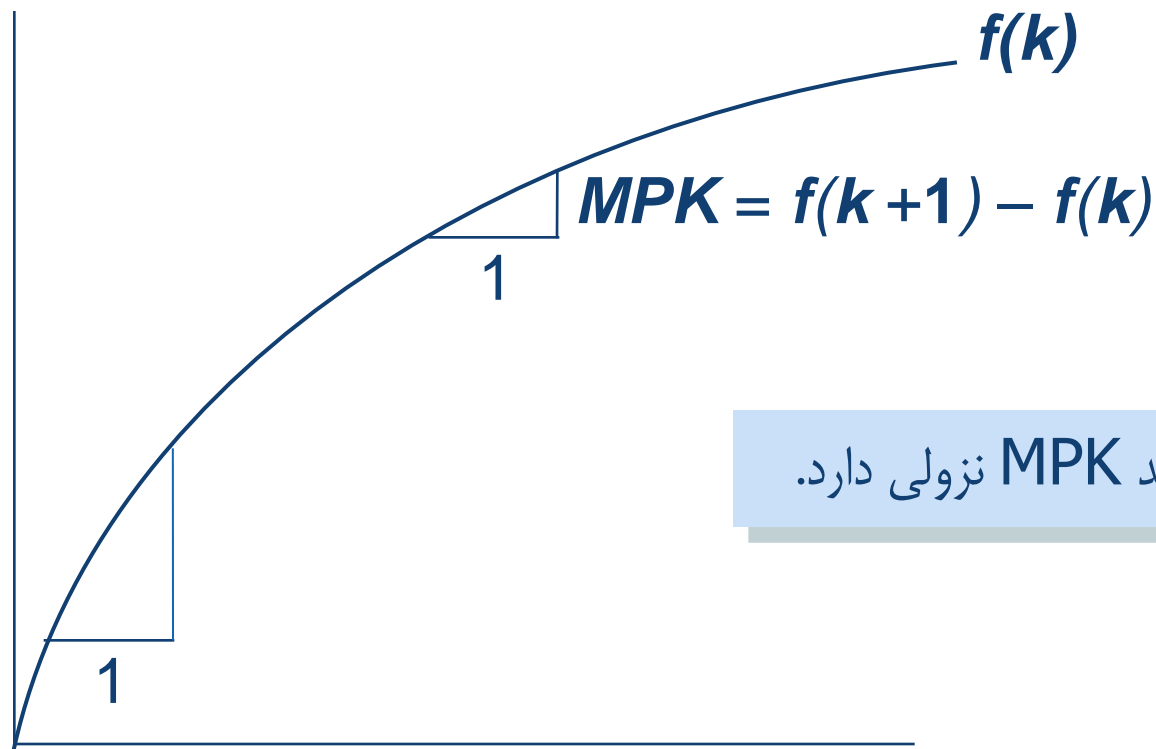
▪ تولید سرانه تنها تابعی از سرمایه سرانه است.

2. تولید نهایی کاهنده است.



استفاده از تابع تولید برای تحلیل نقش سرمایه

تولید سرانه نیروی
کار، y



این تابع تولید MPK نزولی دارد.

سرمایه سرانه
نیروی کار، k



تابع تولید کاب داگلاس

❖ در تابع تولید کاب داگلاس سهم عوامل تولید ثابت است:

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

α = سهم سرمایه از کل درآمد

$$\text{درآمد سرمایه} = MPK \times K = \alpha Y$$

$$\text{درآمد نیروی کار} = MPL \times L = (1 - \alpha) Y$$

A نشان دهنده سطح تکنولوژی است.

تولید نهایی هر عامل متناسب با تولید متوسط همان عامل است.

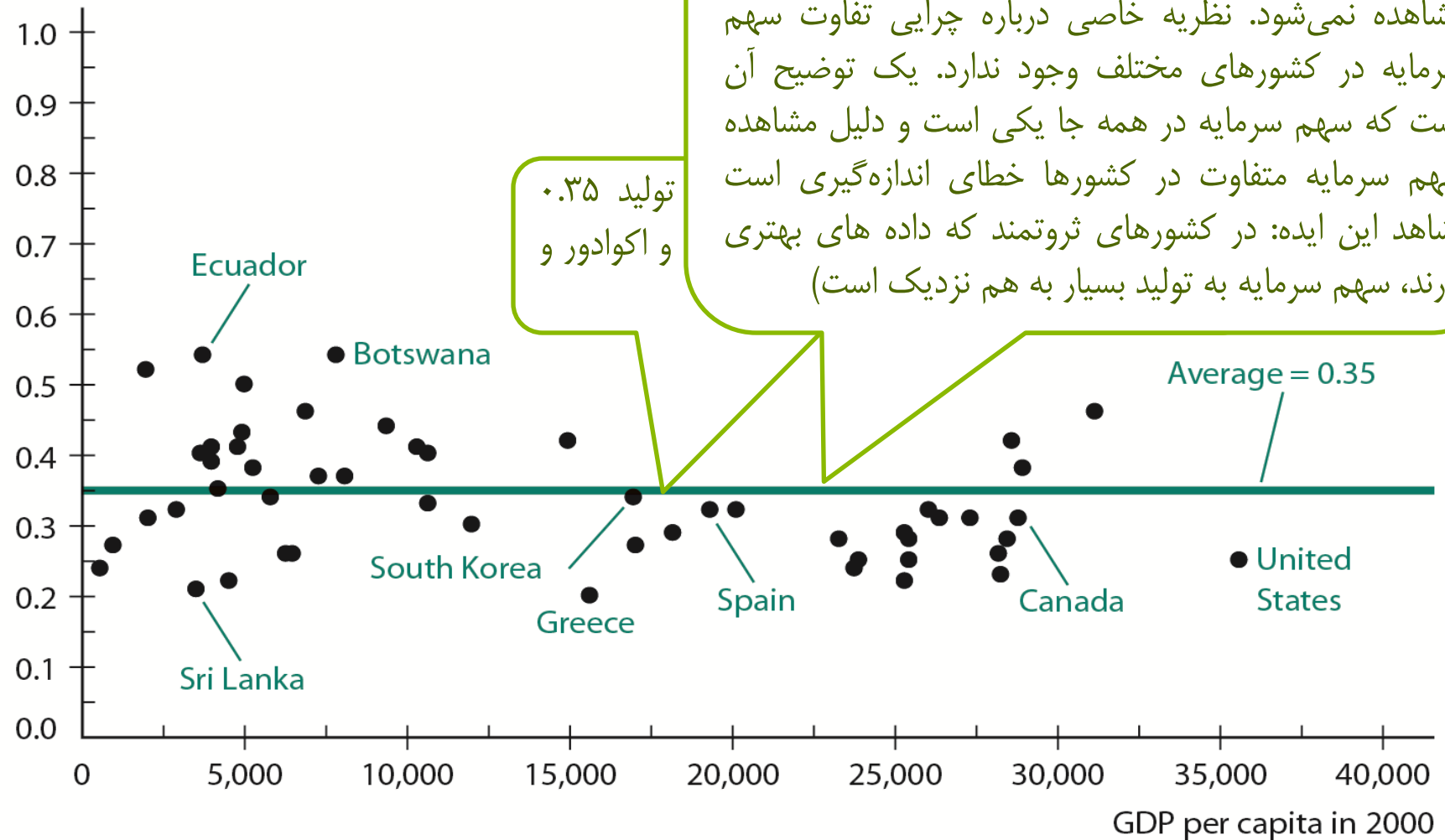
$$MPK = \alpha AK^{\alpha-1} L^{1-\alpha} = \frac{\alpha Y}{K}$$

$$MPL = (1 - \alpha) AK^{\alpha} L^{-\alpha} = \frac{(1 - \alpha) Y}{L}$$



سهم سرمایه از درآمد ملی در کشورهای مختلف

Capital's share of national income



رابطه خاصی بین سهم سرمایه از درآمد و سطح درآمد سرانه مشاهده نمی‌شود. نظریه خاصی درباره چرایی تفاوت سهم سرمایه در کشورهای مختلف وجود ندارد. یک توضیح آن است که سهم سرمایه در همه جا یکی است و دلیل مشاهده سهم سرمایه متفاوت در کشورها خطای اندازه‌گیری است (شاهد این ایده: در کشورهای ثروتمند که داده‌های بهتری دارند، سهم سرمایه به تولید بسیار به هم نزدیک است)



نسبت زمین کشاورزی از کل ثروت در انگلستان

❖ برای سادگی و با توجه به اهمیت نقش نیروی کار و سرمایه، تابع تولید بر اساس این دو نهاده تعریف شده است.

❖ با این حال در دوره های پیشین نقش زمین در تولید پررنگ تر بوده است.

❖ از آن جا که زمین و سرمایه دو عنصر اصلی ثروت هستند، جدول زیر که کاهش سهم زمین در کل ثروت طی سه قرن اخیر را نشان می دهد می تواند نشانه ای از نقش فزاینده سرمایه باشد.

1688	64
1798	55
1855	18
1927	4
1958	3

❖ دلیل این جابه جایی می تواند تغییر تکنولوژی تولید باشد.

- انقلاب صنعتی
- جانشینی کودهای شیمیایی به جای زمین
- تغییر ترکیب تولید (کاهش سهم غذا)

❖ آیا لازمه رشد افزایش سهم سرمایه است؟ لزوما خیر

- به نظر می رسد در آینده مهارت و دانش جانشینی برای سرمایه فیزیکی باشند.
- برخی اعتقاد دارند کاهش نقش زمین موقتی است و در آینده سهم منابع طبیعی از درآمد بیشتر خواهد بود.



مدل سولو، اتحاد درآمد ملی

❖ اقتصاد بسته است و از مخارج دولت صرف نظر می شود:

$$Y = C + I$$

❖ بر اساس سرانه نیروی کار:

$$y = c + i$$

$$c = C/L \text{ و } i = I/L$$



مدل سولو، تابع مصرف

❖ **S** نرخ پس انداز (درصدی از درآمد که پس انداز می شود در این مدل به صورت برونزا تعیین می شود).

❖ (توجه کنید **S** تنها حرف کوچک مورد استفاده‌ای است که نشان دهنده متغیر بر حسب سرانه نیروی کار نیست).

❖ با این تعریف تابع مصرف سرانه عبارت است از:

$$c = (1-s)y$$

(سرانه نیروی کار)



مدل سولو، پس انداز و سرمایه گذاری

$$= y - c \quad \text{پس انداز (سرايه نيروي كار)}$$

$$= y - (1-s)y = sy$$

$$y = c + i$$

اتحاد درآمد ملی

$$i = y - c = sy$$

بنابراین

$$i = sy = sf(k)$$

وابستگی سرمایه گذاری به نرخ بهره ؟



مدل سولو، انباشت سرمایه

سرمایه گذاری انباشت سرمایه را افزایش و استهلاک آن را کاهش می دهد:

استهلاک - سرمایه گذاری = تغییر در سرمایه

$$\Delta K = I - D$$

$$\Delta k = i - d$$

$$i = sf(k), d = \delta k$$

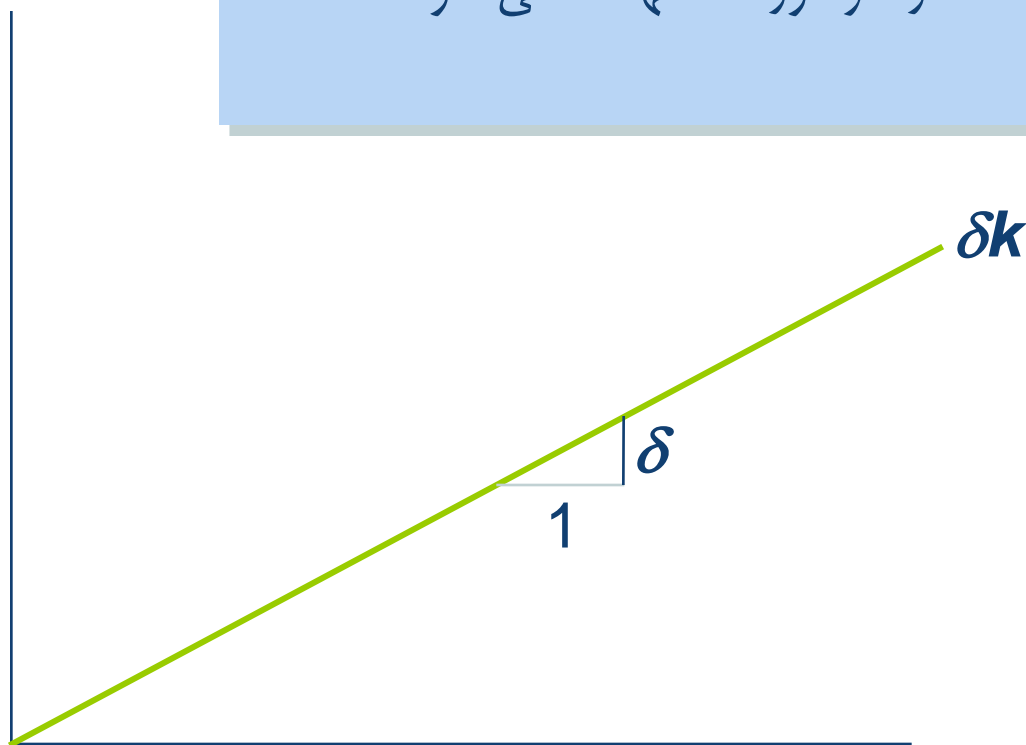
$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$



مدل سولو، استهلاک

δ = نرخ استهلاک
بخشی از سرمایه که در هر دوره مستهلک می شود.

δk , استهلاک سرمایه

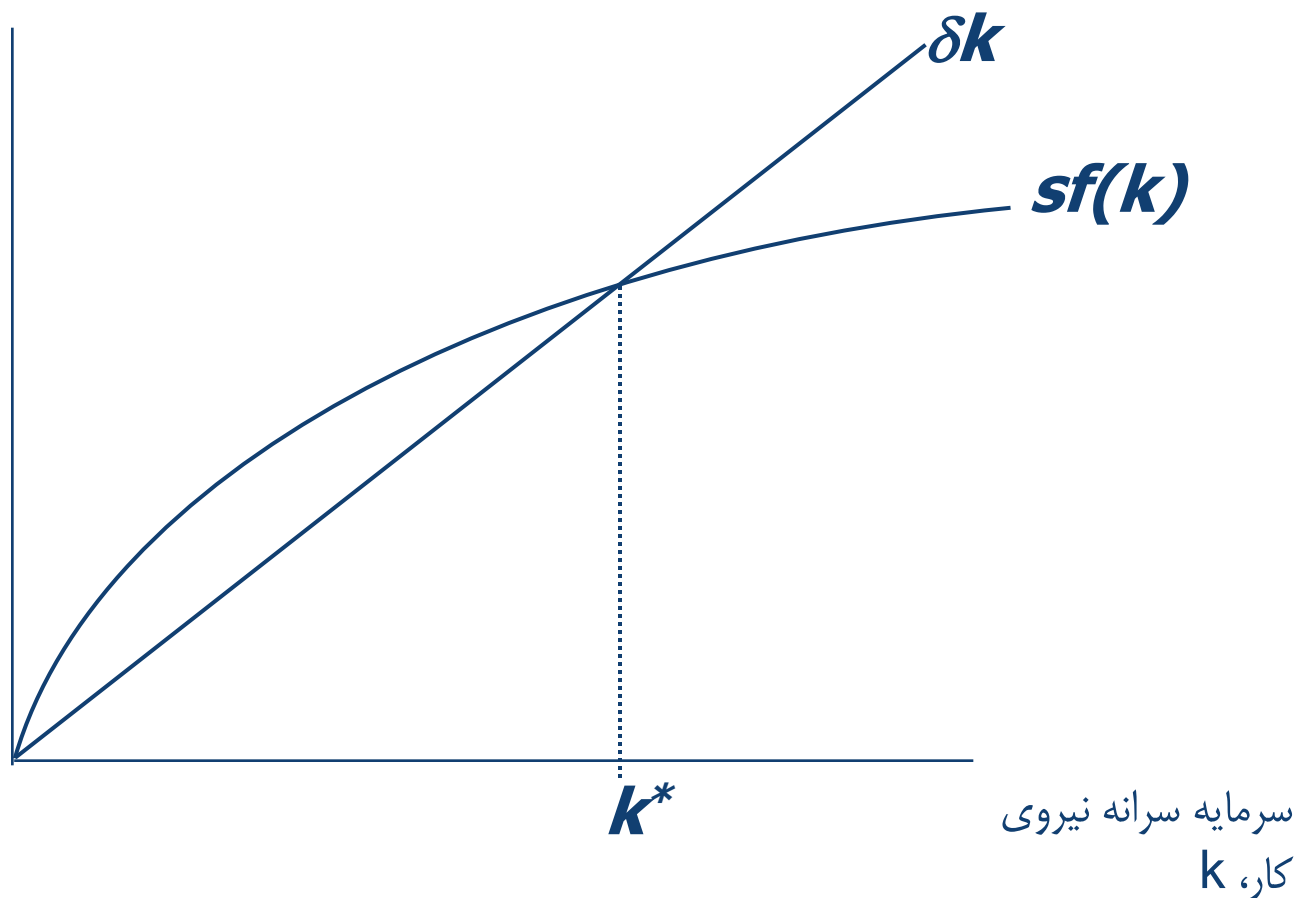


سرمایه سرانه
نیروی کار، k



مدل سولو، حالت پایدار (steady state)

سرمایه گذاری و
استهلاک





مدل سولو، حالت پایدار (steady state)

❖ در صورتی که سرمایه گذاری دقیقاً به اندازه‌ای باشد که استهلاک را جبران کند

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

سرمایه سرانه ثابت می ماند:

$$\Delta k = 0.$$

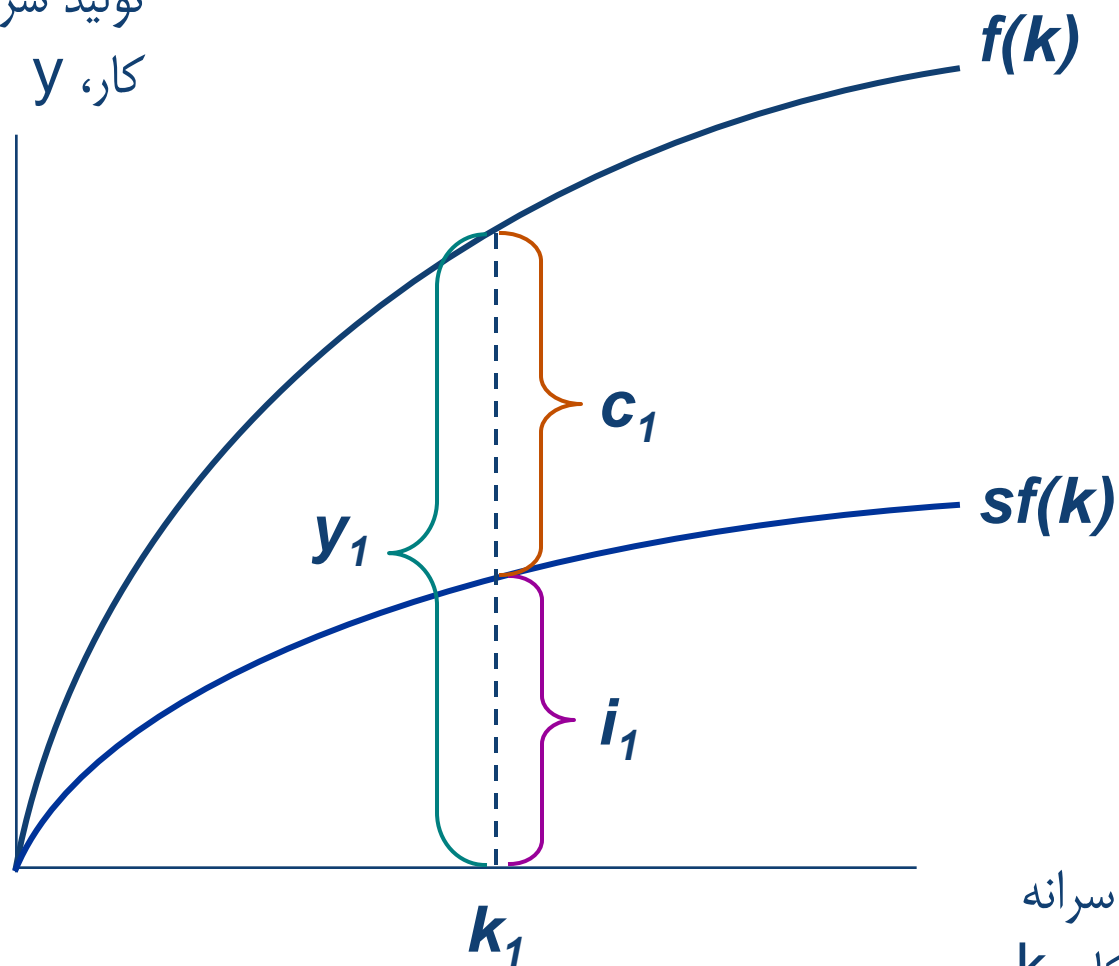
❖ این اتفاق در یک سطح k ، برابر با k^* ، سرمایه انباشت شده حالت پایدار نامیده می شود.

❖ در این حالت، سرمایه سرانه نیروی کار ثابت می ماند.



مدل سولو، تولید، مصرف و سرمایه گذاری

تولید سرانه نیروی
کار، y



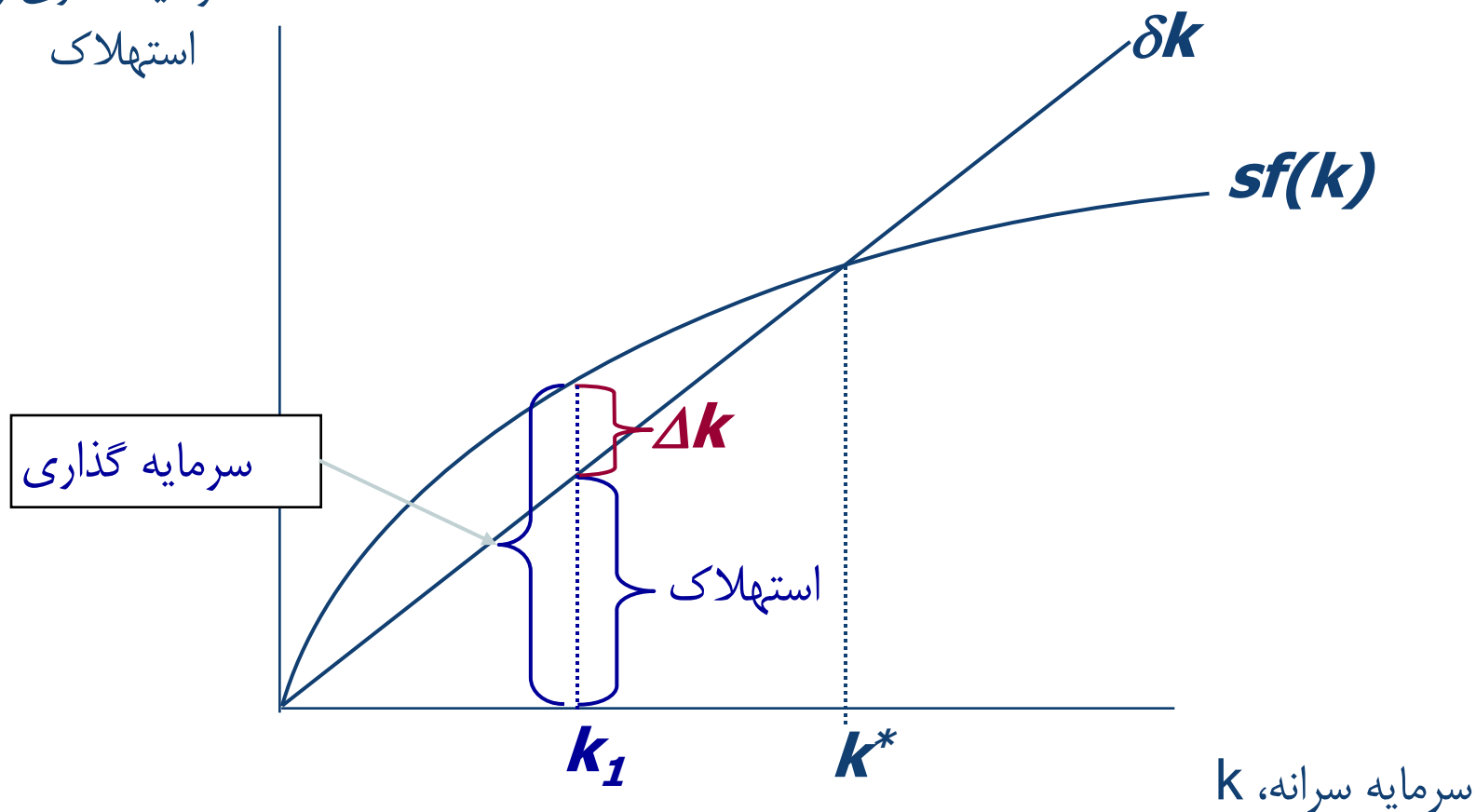
سرمایه سرانه
نیروی کار، k



مدل سولو، حرکت به سمت حالت پایدار

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

سرمایه گذاری و
استهلاک

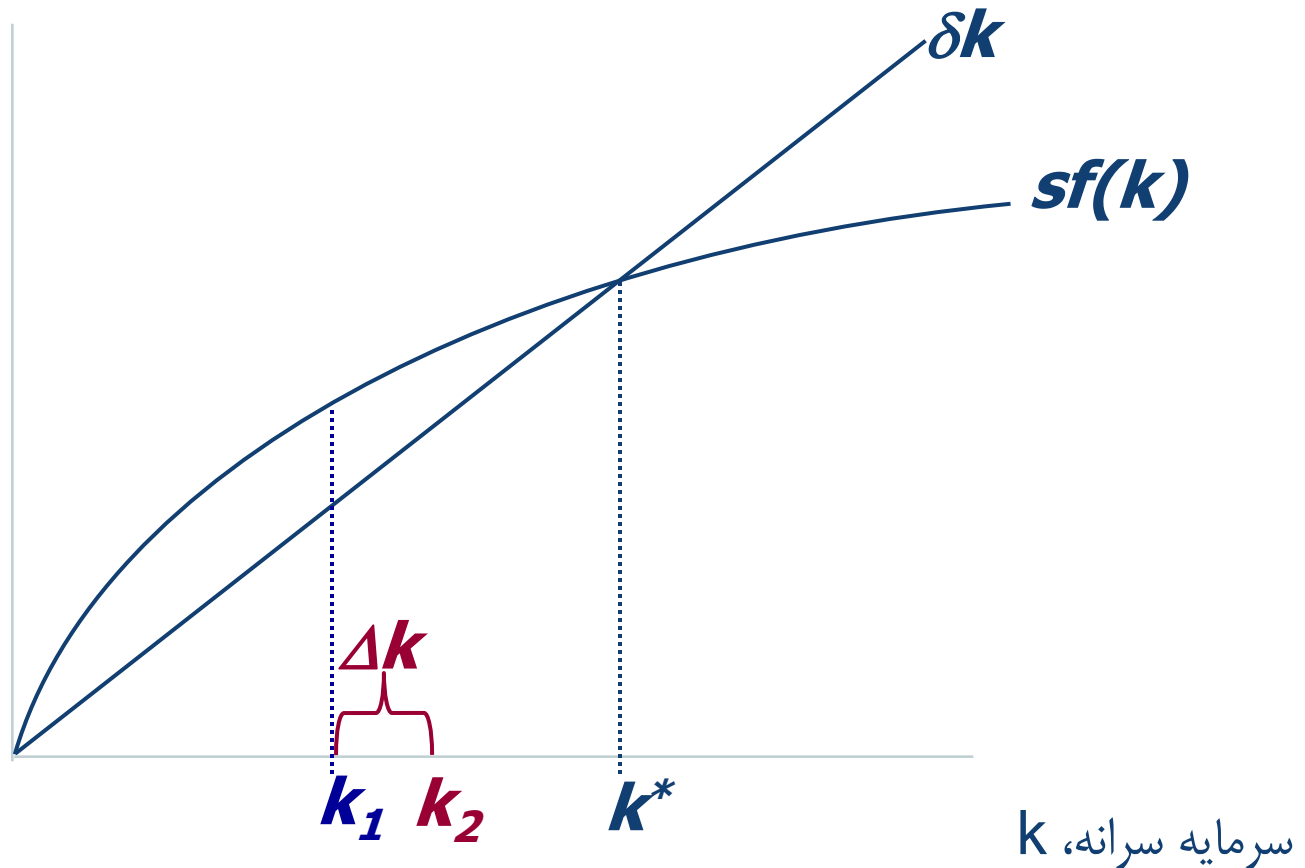




حرکت به سمت حالت پایدار

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

سرمایه گذاری و
استهلاک

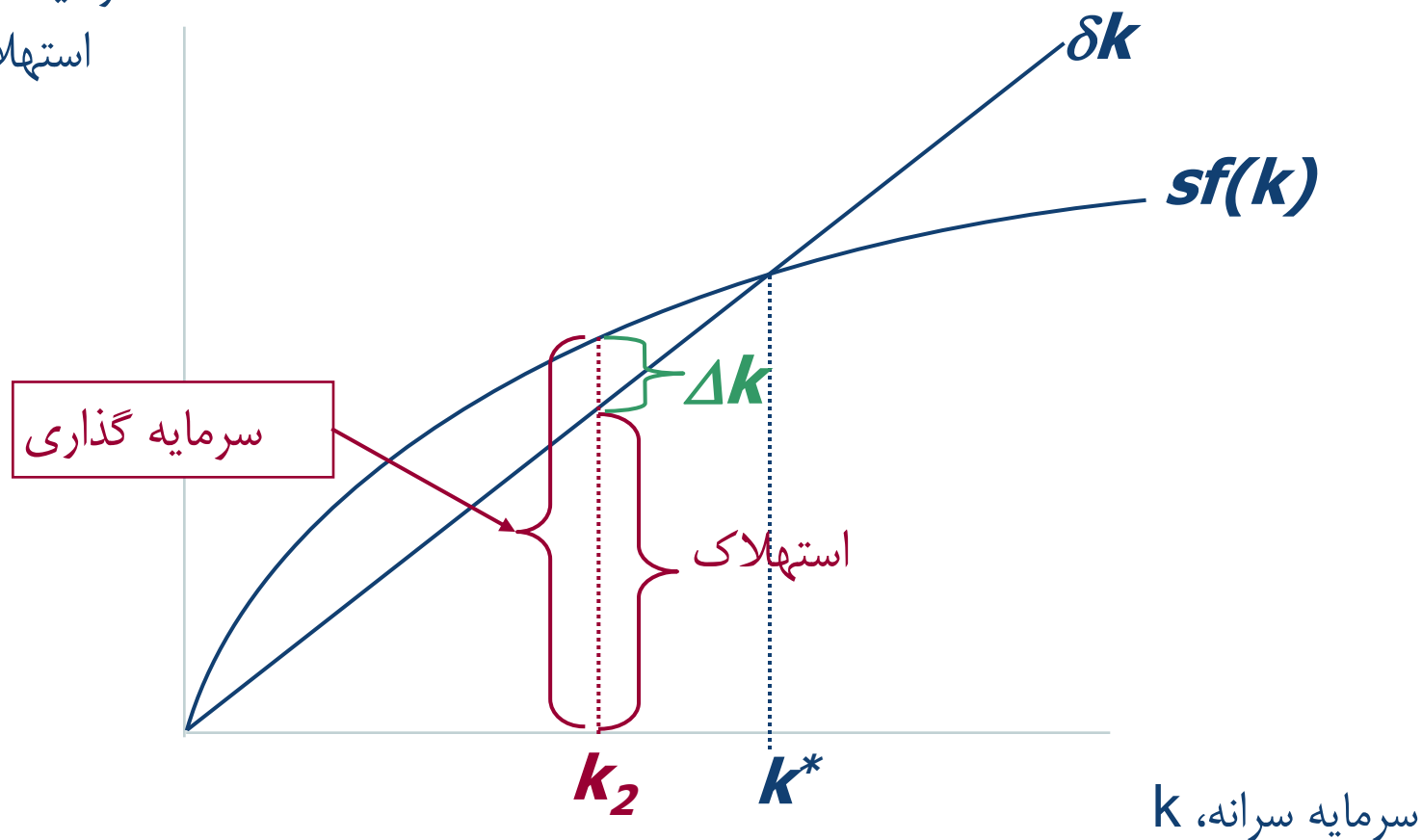




حرکت به سمت حالت پایدار

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

سرمایه گذاری و
استهلاک

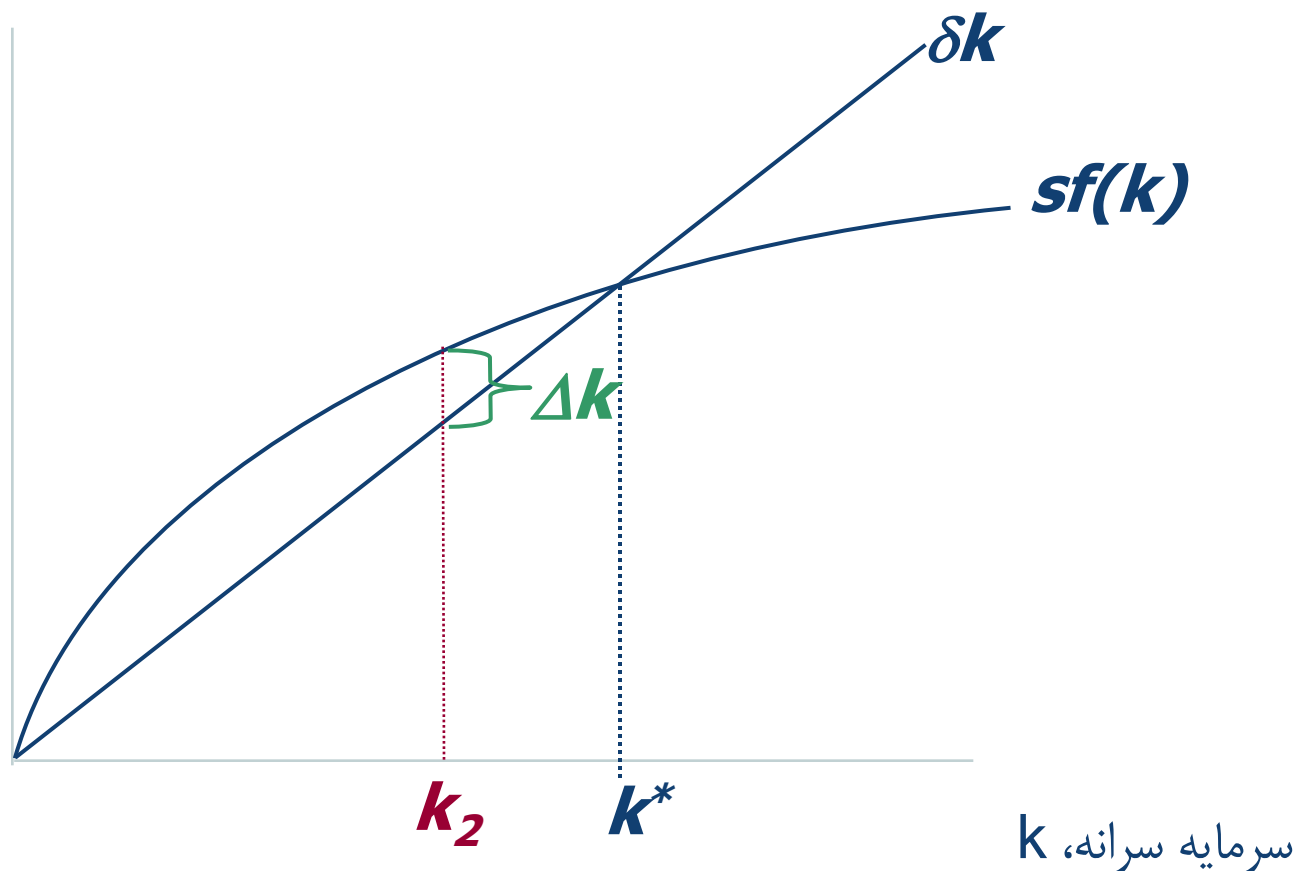




حرکت به سمت حالت پایدار

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

سرمایه گذاری و
استهلاک

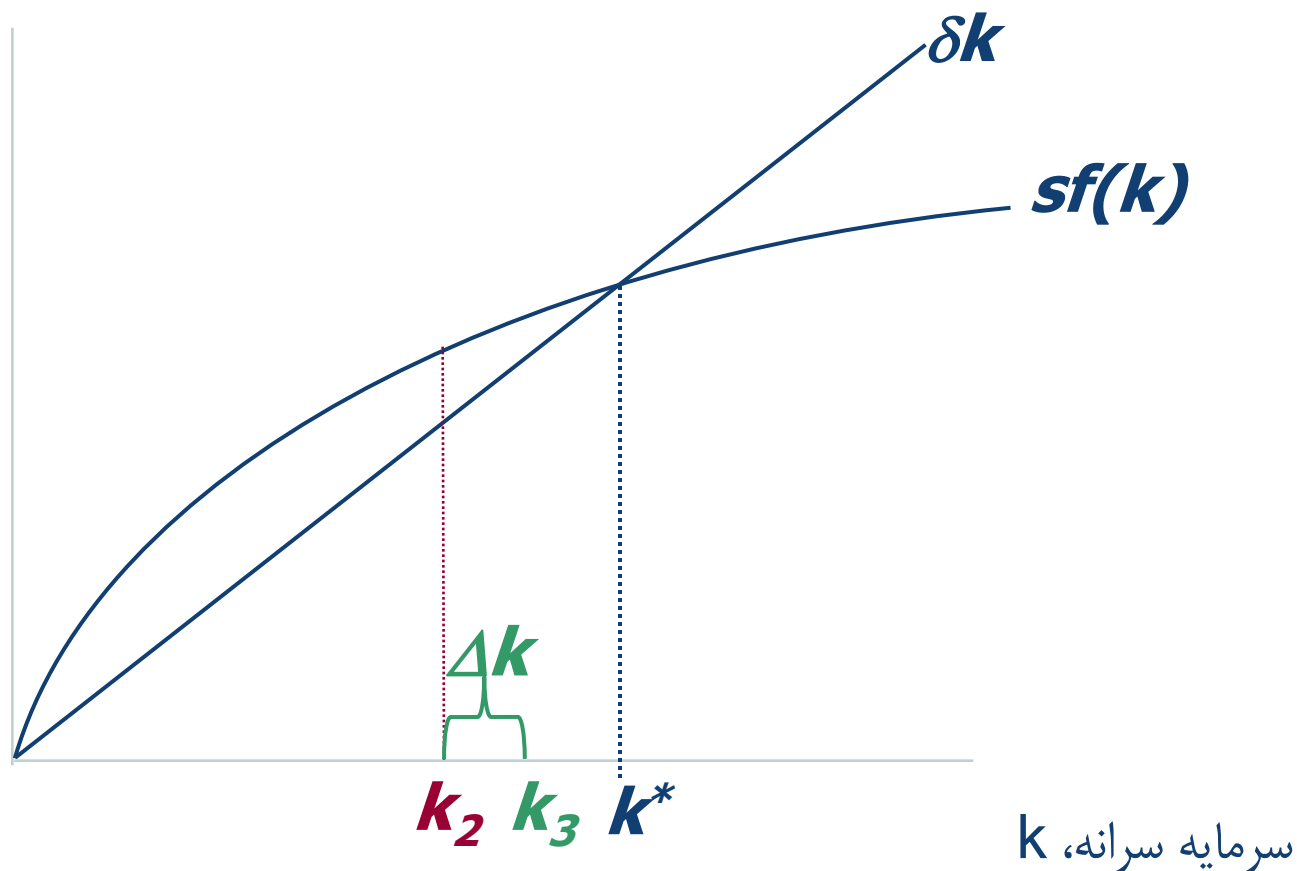




حرکت به سمت حالت پایدار

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

سرمایه گذاری و
استهلاک



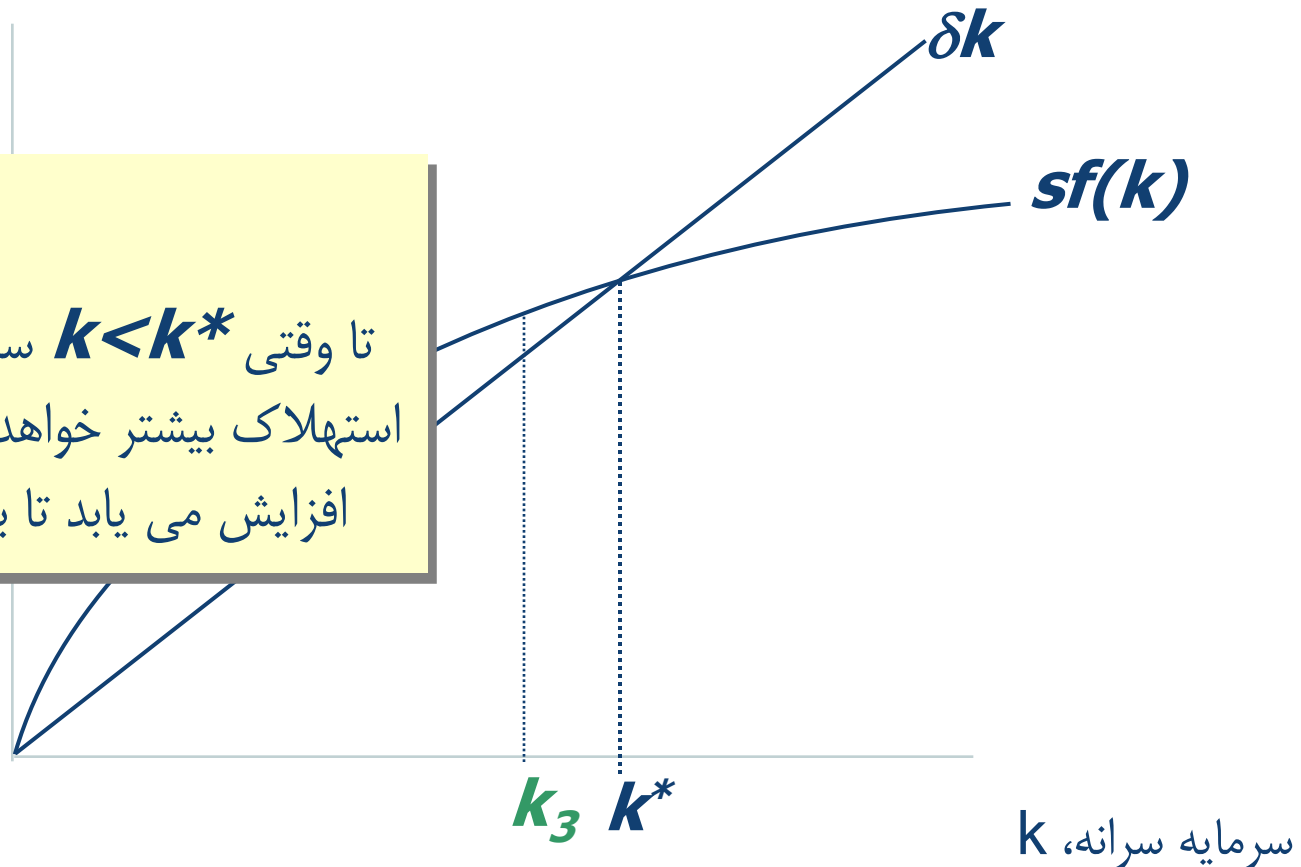


حرکت به سمت حالت پایدار

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

سرمایه گذاری و
استهلاک

تا وقتی $k < k^*$ سرمایه گذاری از
استهلاک بیشتر خواهد بود. بنابراین k
افزایش می یابد تا به k^* برسد.





یک مثال عددی

تابع تولید جمعی

$$Y = F(K, L) = \sqrt{K \times L} = K^{1/2} L^{1/2}$$

محاسبه تابع تولید سرانه نیروی کار

$$\frac{Y}{L} = \frac{K^{1/2} L^{1/2}}{L} = \left(\frac{K}{L} \right)^{1/2}$$

با جایگذاری $y=Y/L$ و $k=K/L$ به دست می آید:

$$y = f(k) = k^{1/2}$$



مدل سولو، یک مثال عددی

فروض

$$s = 0.3 \diamond$$

$$\delta = 0.1 \diamond$$

$$k = 4.0 \diamond \text{ مقدار اولیه سرمایه}$$



مدل سولو، یک مثال عددی

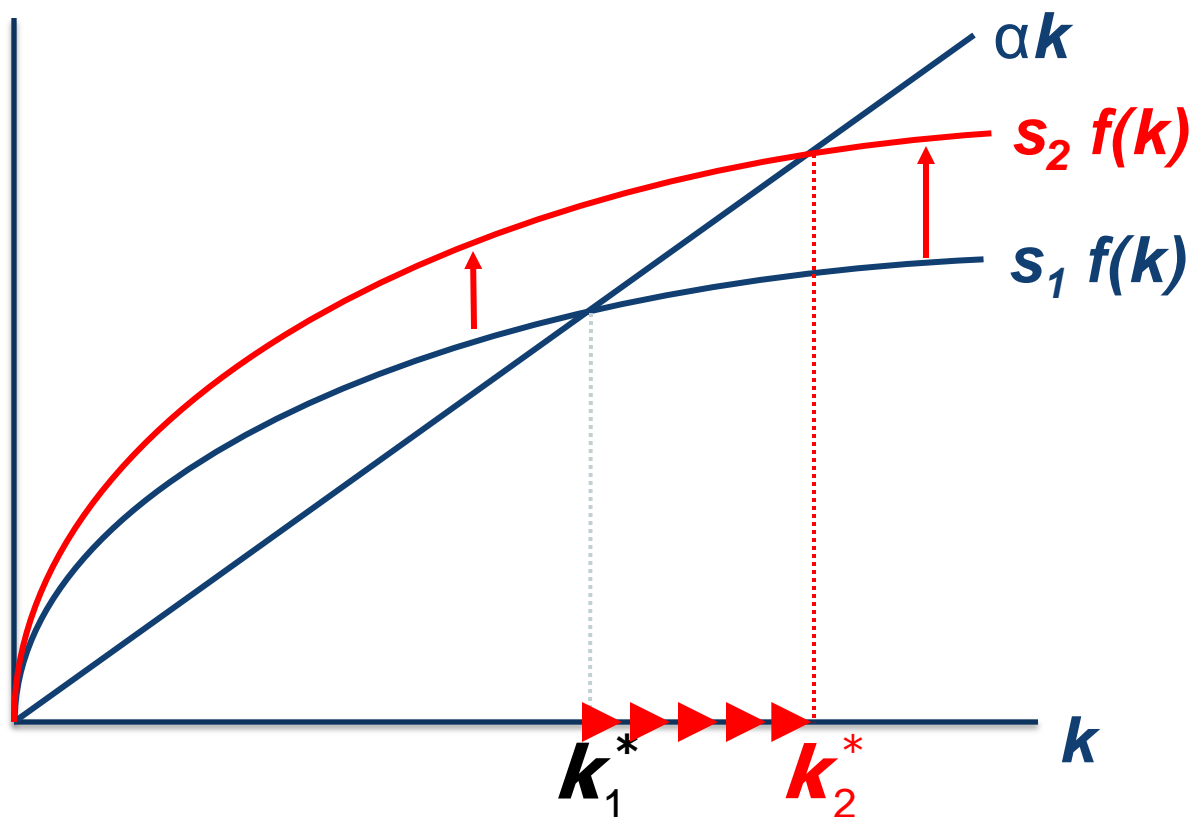
Year	k	y	c	i	δk	Δk
1	4.000	2.000	1.400	0.600	0.400	0.200
2	4.200	2.049	1.435	0.615	0.420	0.195
3	4.395	2.096	1.467	0.629	0.440	0.189
4	4.584	2.141	1.499	0.642	0.458	0.184
...						
10	5.602	2.367	1.657	0.710	0.560	0.150
...						
25	7.351	2.706	1.894	0.812	0.732	0.080
...						
100	8.962	2.994	2.096	0.898	0.896	0.002
...						
∞	9.000	3.000	2.100	0.900	0.900	0.000



مدل سولو، افزایش نرخ پس انداز

افزایش نرخ پس انداز سبب افزایش سرمایه گذاری می شود ...
... و همین طور سبب افزایش k به مقدار حالت پایدار جدید می شود.

سرمایه گذاری و استهلاک





مدل سولو، تابع تولید کاب داگلاس

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

$$\Delta k = sAk^{\alpha} - \delta k$$

$$0 = sA(k^{ss})^{\alpha} - \delta k^{ss}$$

$$sA(k^{ss})^{\alpha} = \delta k^{ss}$$

$$k^{ss} = \left(\frac{sA}{\delta} \right)^{1/(1-\alpha)}$$

$$y^{ss} = A(k^{ss})^{\alpha} = A^{1/1-\alpha} \left(\frac{s}{\delta} \right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$



مدل سولو، نظریه‌ای برای توضیح تفاوت‌های درآمدی

❖ نرخ پس انداز، s ، بالاتر \Leftrightarrow سرمایه حالت پایدار، k^* ، بالاتر

$$y = f(k) ,$$

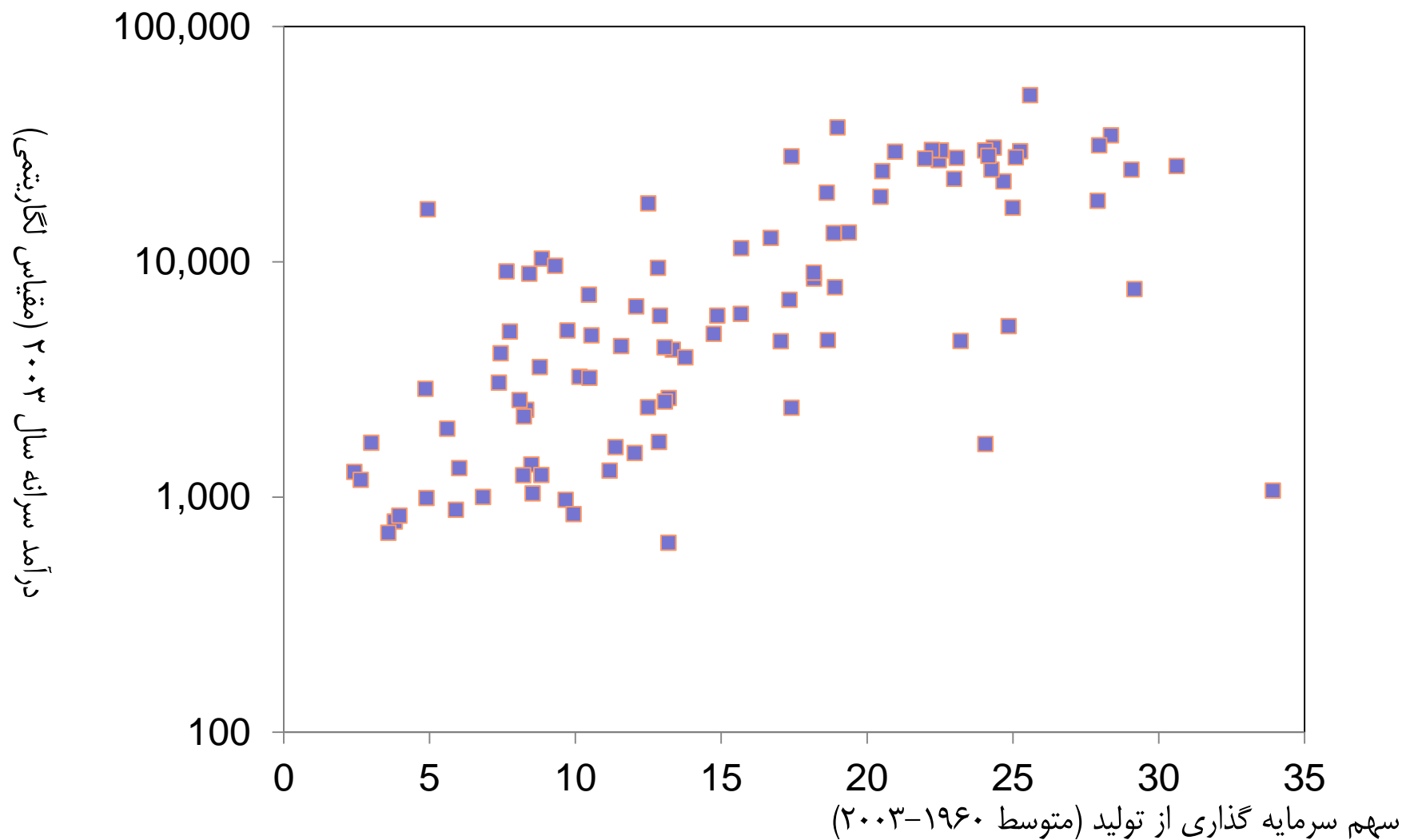
سرمایه حالت پایدار، k^* ، بالاتر \Leftrightarrow تولید حالت پایدار، y^* ، بالاتر

❖ بنابراین، طبق مدل سولو کشورهایی که نرخ پس انداز و سرمایه گذاری بالاتری دارند، سطح سرمایه گذاری و درآمد سرانه بالاتری خواهند داشت.

❖ در مقابل کاهش پس انداز (ناشی از کاهش نرخ مالیات یا افزایش مخارج دولت) در نهایت استاندارد زندگی را کاهش می‌دهد.



شواهد بین المللی برای درآمد سرانه و نرخ سرمایه گذاری





مدل سولو، نظریه ای برای توضیح تفاوت های درآمدی

❖ دو اقتصاد را در نظر بگیرید که تنها در نرخ پس انداز با هم متفاوت

$$y_i^{ss} = A^{1/1-\alpha} \left(\frac{s_i}{\delta} \right)^{\alpha/(1-\alpha)} \quad \text{باشند.}$$

$$y_j^{ss} = A^{1/1-\alpha} \left(\frac{s_j}{\delta} \right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$

$$\frac{y_i^{ss}}{y_j^{ss}} = \left(\frac{s_i}{s_j} \right)^{\alpha/(1-\alpha)}$$

$$\alpha = 1/3$$

$$s_i = 20\%, s_j = 5\%$$

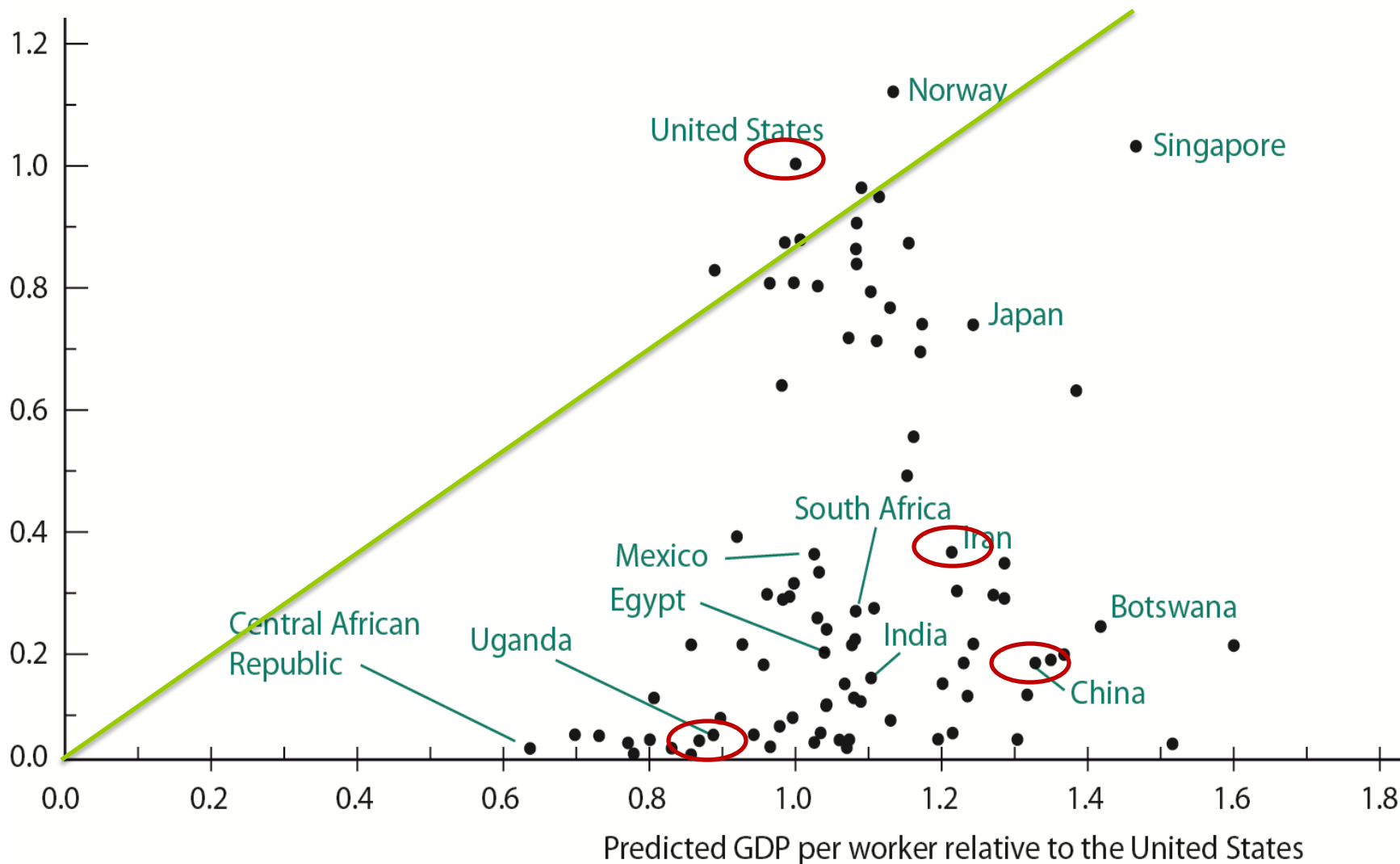
$$\frac{y_i^{ss}}{y_j^{ss}} = \left(\frac{0.20}{0.05} \right)^{1/2} = 2$$

❖ در یک مثال عددی



تولید سرانه نیروی کار نسبت به آمریکا، مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی اثر سرمایه‌گذاری

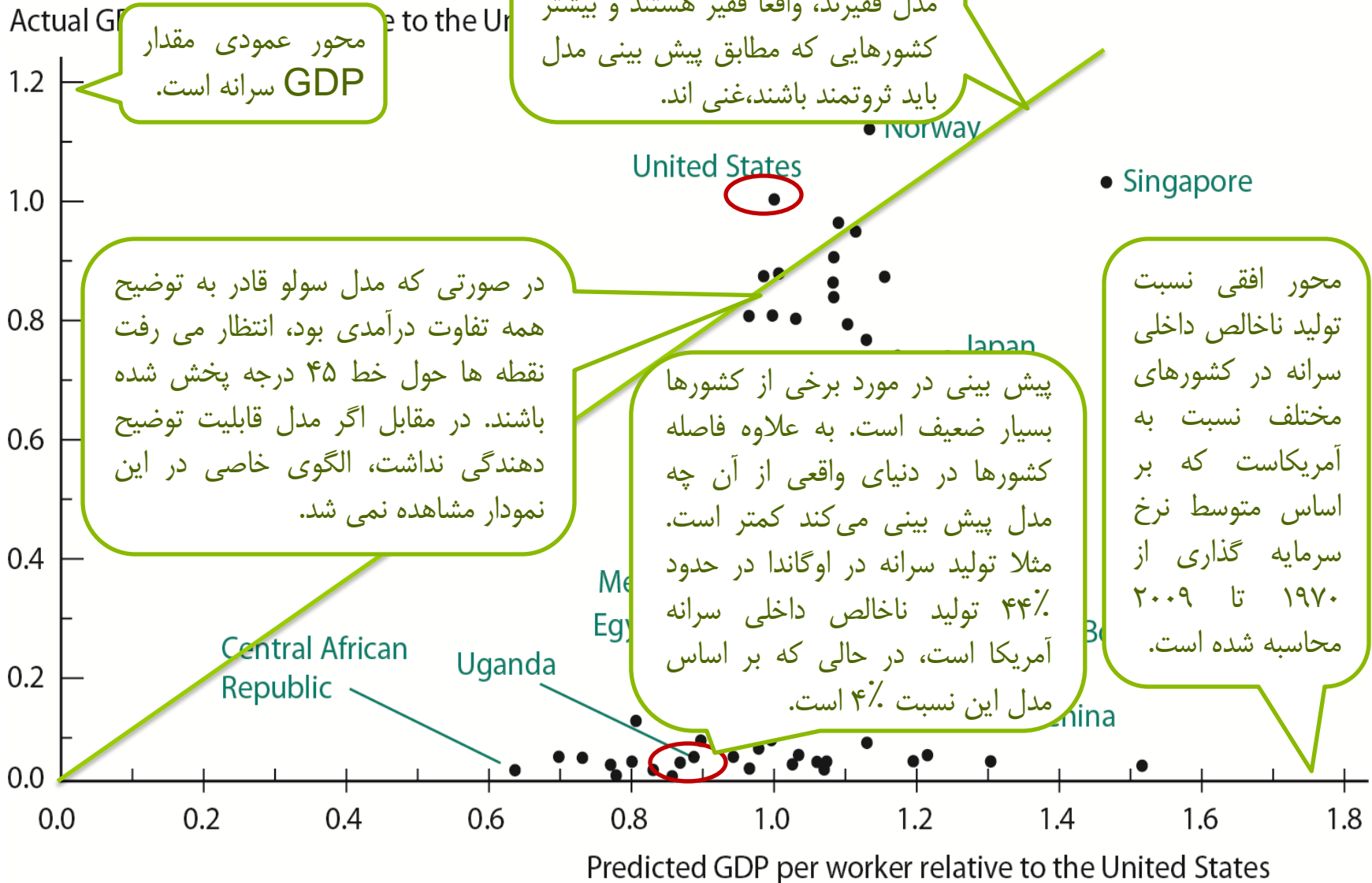
Actual GDP per worker relative to the United States





بینی شده و واقعی

تولید سرانه نیروی کار نسبت اثر سرمایه گذاری





مدل سولو، نظریه ای برای توضیح تفاوت های درآمدی

❖ چرایی کامل نبودن پیش بینی مدل سولو

■ عوامل دیگری در تولید موثرند که در این مدل تصریح نشده اند:

- نرخ رشد جمعیت
- نهاده های تولید غیر از سرمایه فیزیکی
- کارایی
- قرار نداشتن کشورها در حالت پایدار
 - برابر نبودن سرمایه با سرمایه حالت پایدار
 - » جنگ
 - تغییر پارامترهای بنیادین کشور



مدل سولو، نظریه ای برای توضیح نرخ رشد نسبی کشورها

❖ در شکل ارائه شده، مدل سولو قادر به توضیح تفاوت های نرخ رشد نیست.

- نرخ رشد حالت پایدار (بلند مدت) را صفر پیش بینی می کند.
- با این حال می تواند نرخ رشد نسبی کشورهای که در حالت پایدار نیستند را توضیح دهد.
- کشورهایی که سرمایه سرانه ای بالاتر از حالت پایدار دارند و درآمد سرانه شان نیز بالاتر است، در مسیر رسیدن به حالت پایدار با کاهش سرمایه و درآمد سرانه مواجه می شوند.
- کشورهایی که سرمایه سرانه ای پایین تر از حالت پایدار دارند و در نتیجه درآمد سرانه شان نیز پایین تر است، در مسیر رسیدن به حالت پایدار با افزایش سرمایه و درآمد سرانه مواجه می شوند.
- این فرآیند را همگرایی به حالت پایدار می گویند.



❖ در صورتی که دو کشور نرخ سرمایه گذاری یکسان و درآمد سرانه متفاوت داشته باشند، کشور با درآمد سرانه پایین تر، نرخ رشد بالاتری خواهد داشت.

❖ در صورتی که دو کشور درآمد سرانه یکسان و نرخ سرمایه گذاری متفاوت داشته باشند، کشور با سرمایه گذاری بالاتر، نرخ رشد بالاتری خواهد داشت.

❖ کشوری که نرخ سرمایه گذاری اش را زیاد کند، افزایش نرخ رشد درآمد را مشاهده می کند.



- ❖ آن چه مدل سولو واقعا پیش بینی می کند، همگرایی مشروط است.
- ❖ کشورها به حالت پایدار خود همگرا می شوند، که بر اساس نرخ پس انداز، رشد جمعیت و تحصیلات آنها تعیین می شود.
- ❖ این پیش بینی در دنیای واقعی هم قابل مشاهده است.





فقدان همگرایی در بین کشورهای ناهمگن: ۲۰۰۳-۰۷

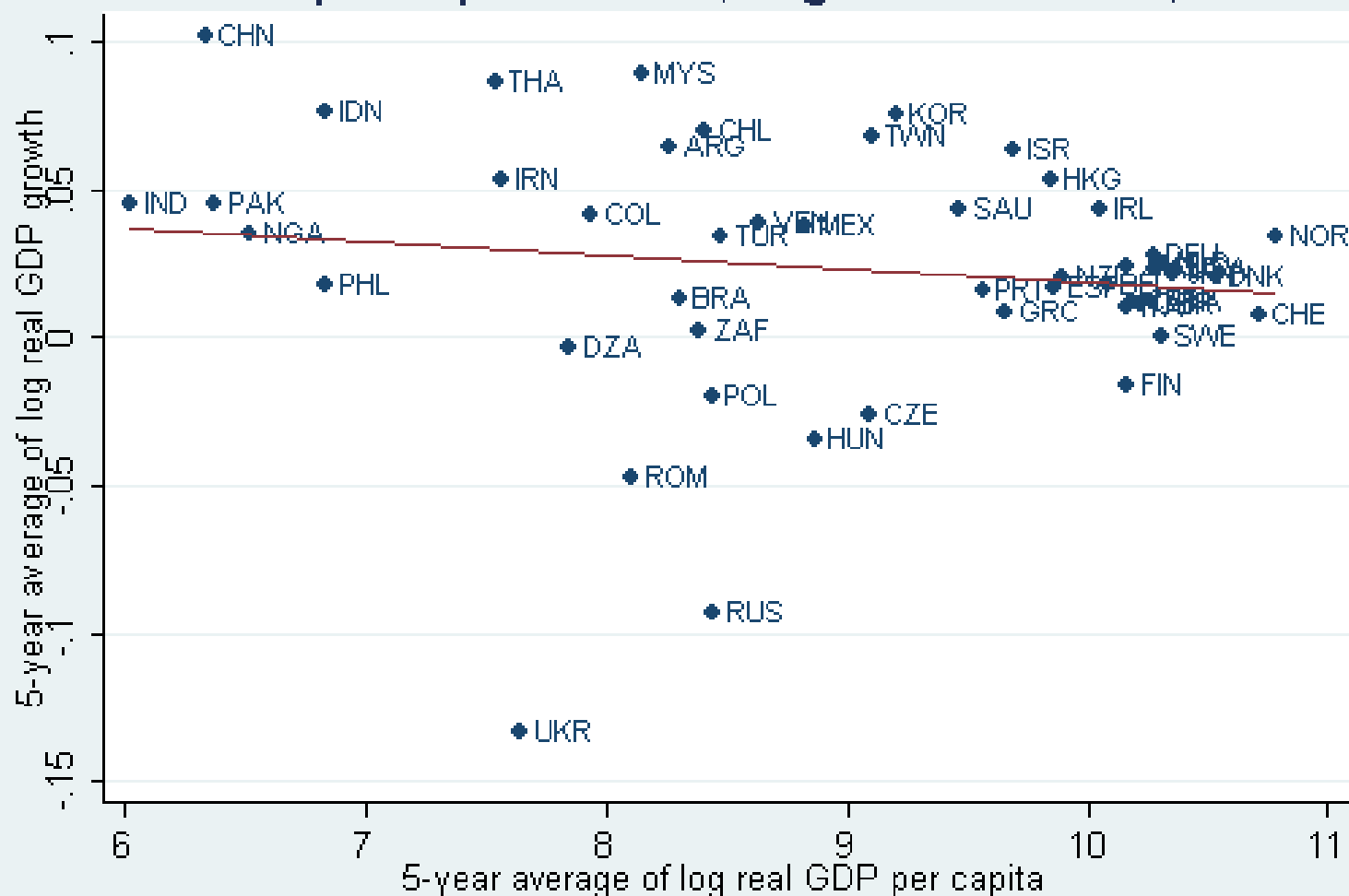
Growth and per capita income, all countries, 2003--07





همگرایی در بین کشورهای همگن

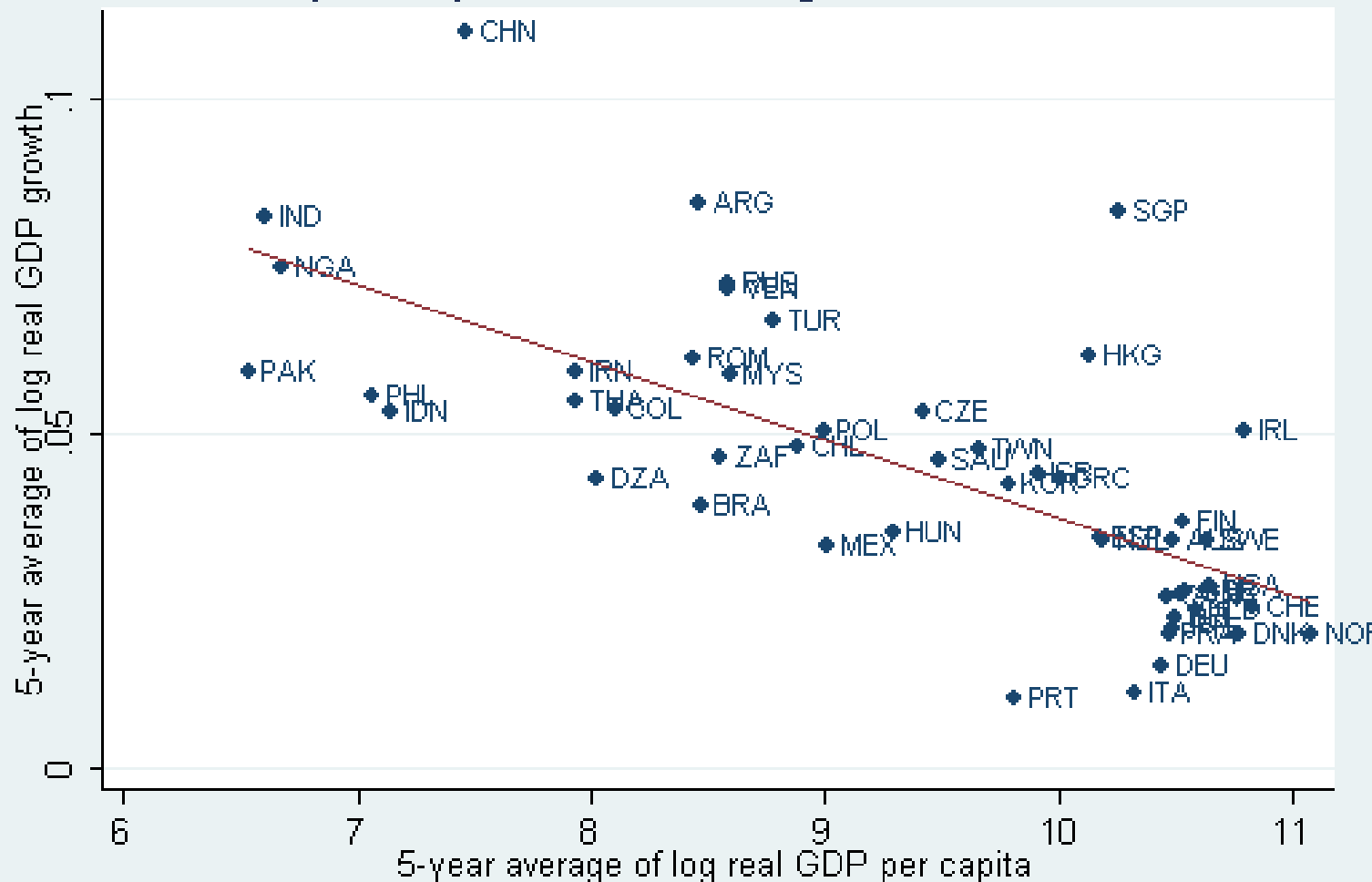
Growth and per capita income, largest economies, 1990--94





تشدید همگرایی در بین کشورهای همگن

Growth and per capita income, largest economies, 2003--07





رابطه سرمایه‌گذاری و پس‌انداز

❖ مدل سولو می‌تواند تا اندازه‌ای به این دو سوال جواب دهد:

- چرا برخی از کشورها فقیر و برخی غنی هستند؟
- چرا نرخ رشد برخی از کشورها بیشتر از بقیه است؟

❖ پاسخ تفاوت در نرخ سرمایه‌گذاری است. این پاسخ سوال را یک مرحله عمیق‌تر می‌برد: چرا نرخ سرمایه‌گذاری کشورها متفاوت است؟

- سرمایه‌گذاری به قیمت مصرف نکردن حال است. پس هر واحد سرمایه‌گذاری نشانه‌ای از پس‌انداز است. با این حال دلیلی ندارد سرمایه‌گذاری و پس‌انداز در کشورها با هم برابر باشد، زیرا سرمایه‌گذاری می‌تواند از مرز کشورها عبور کند.

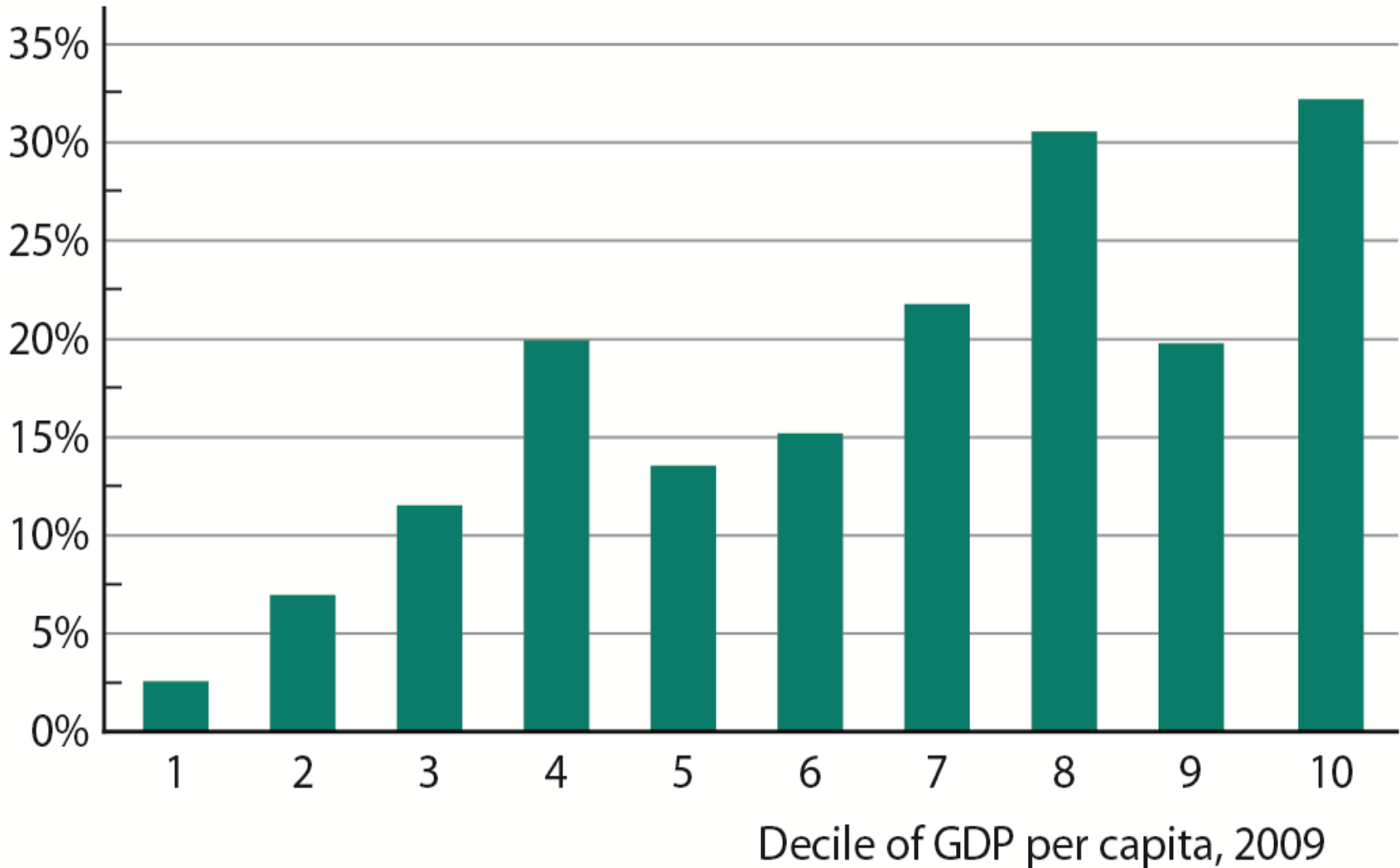
❖ بنابراین دو دلیل می‌تواند سبب متفاوت بودن نرخ سرمایه‌گذاری باشد:

- نرخ پس‌انداز متفاوت
- جریان بین‌المللی سرمایه‌گذاری



نرخ پس انداز دهک های تولید ناخالص داخلی سرانه در کشورهای مختلف

Average saving rate, 2009





نرخ پس انداز: عوامل تعیین کننده برون زا و درون زا

❖ مدل سولو نرخ پس انداز را برون زا در نظر می گیرد.

❖ برخی از عوامل تعیین کننده موثر بر نرخ پس انداز:

■ سیاست های دولت

- پس انداز دولتی: ایجاد مازاد درآمدها نسبت به هزینه های دولت

- پس انداز عمومی:

- معرفی صندوق های بازنشستگی که هر کس مسئول پرداخت برای منافع آتی خود است.

- تبلیغ

■ نابرابری درآمدی

■ فرهنگ

■ جغرافیا

■ درآمد



اثر درآمد بر پس انداز

1. توضیح محتمل کم بودن نرخ پس انداز در کشورهای فقیر، عدم توانایی آنها برای پس انداز است.

■ این استدلال را می توان برای فقیرترین کشورها پذیرفت، اما در مورد سایر کشورها استدلال محکمی به نظر نمی رسد.

2. فقیر بودن توجه به آینده را کم می کند. بنابراین افراد حاضر به قربانی کردن لذت اکنون برای به دست آوردن لذت آتی نمی شوند.

❖ برای وارد کردن این مفهوم در مدل سولو می توان نوشت:

$$s = \begin{cases} s_1 & \text{if } y < y^* \\ s_2 & \text{if } y \geq y^* \end{cases}$$

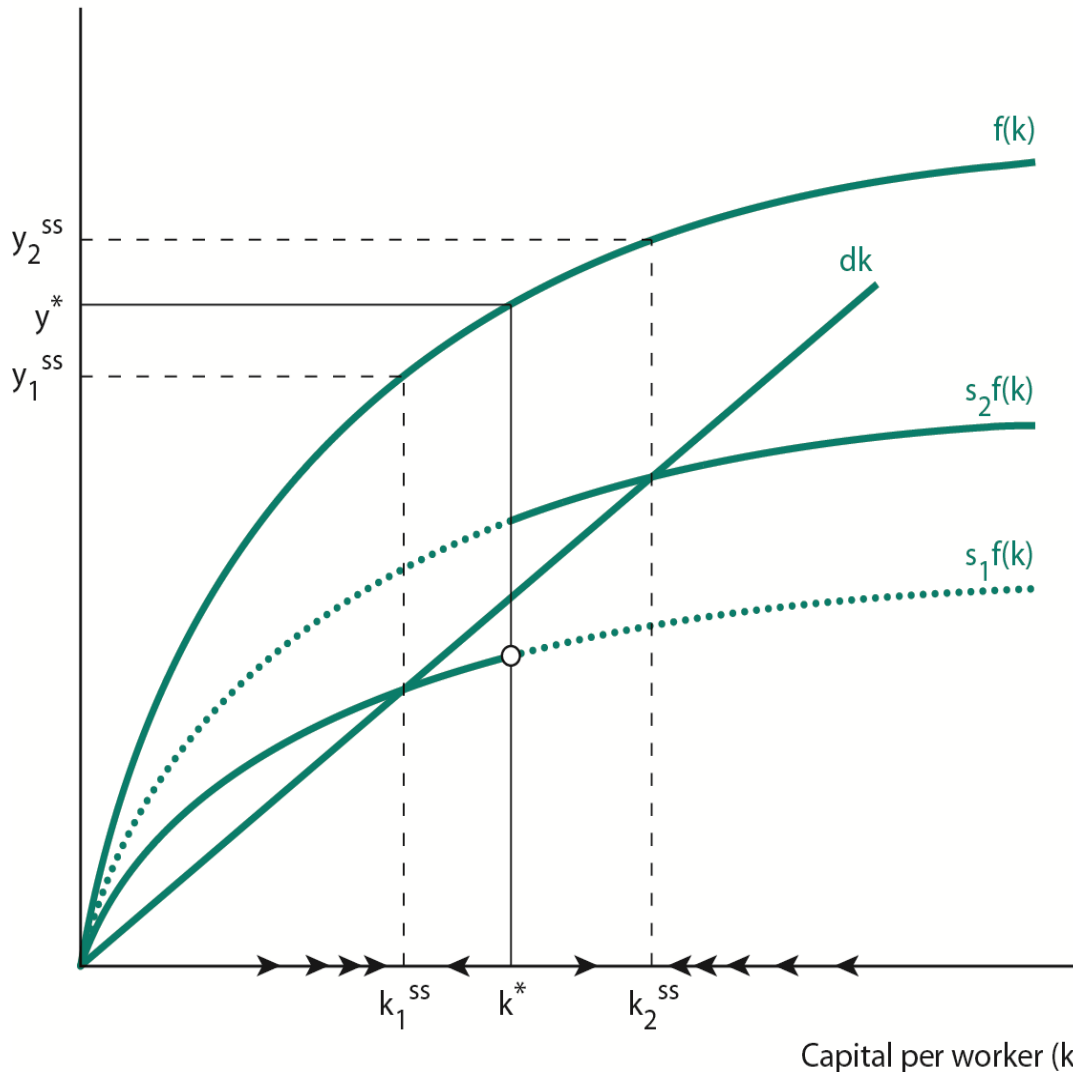
بنابراین سطحی از سرمایه وجود دارد که در سرمایه کمتر از آن پس انداز کم و در سرمایه بالاتر، پس انداز زیاد است. سرمایه سرانه حالت پایدار با

هم متفاوت است.



مدل سولو، وابستگی نرخ پس انداز به درآمد

Depreciation (dk), investment ($gf(k)$), and output per worker (y)



❖ سطحی از سرمایه که نرخ پس انداز در آن سویچ می کند، مابین k_1^{ss} و k_2^{ss} قرار دارد.

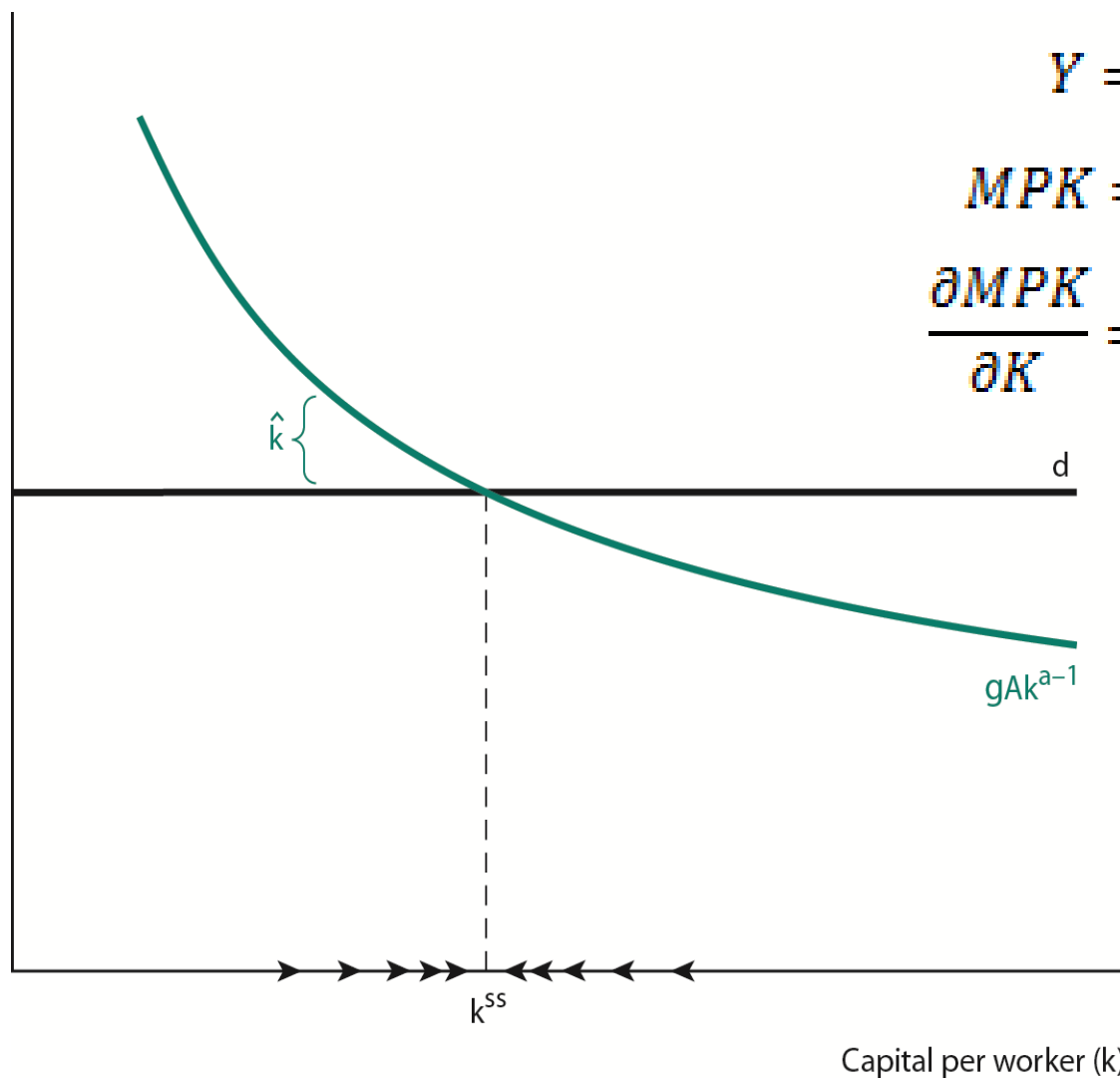
❖ این که کشور به کدام یک از این دو همگرا شود، به نقطه شروع وابسته است.

❖ ممکن است کشوری در تله بيفتد: درآمد پایین به خاطر پس انداز کم و پس انداز کم به خاطر درآمد پایین

❖ تعادل های چندگانه می توانند تفاوت در درآمد سرانه کشورها را توضیح دهند.



سرعت همگرایی به حالت پایدار



$$Y = F(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

$$MPK = \frac{\partial Y}{\partial K} = \alpha AK^{\alpha-1} L^{1-\alpha}$$

$$\frac{\partial MPK}{\partial K} = (\alpha - 1) \alpha AK^{\alpha-2} L^{1-\alpha} < 0$$

$$\Delta k = sAk^\alpha - \delta k$$

$$\hat{k} = \frac{\Delta k}{k} = sAk^{\alpha-1} - \delta$$



- ❖ نقش سرمایه فیزیکی در رشد اقتصادی بررسی شد.
- ❖ مدل سولو می تواند تا اندازه ای تفاوت سطح درآمدی کشورها و نرخ رشد آن ها را توضیح دهد.
- ❖ ناکاملی مدل از حذف اثر سایر عوامل موثر بر تولید نشات می گیرد.
- ❖ مدل سولو نقش نرخ سرمایه گذاری را در تفاوت سطوح درآمدی نشان می دهد، هرچند توضیحی برای چرایی آن ارائه نمی کند.
- ❖ مدل سولو درباره توضیح نرخ رشد بلند مدت ناتوان است.