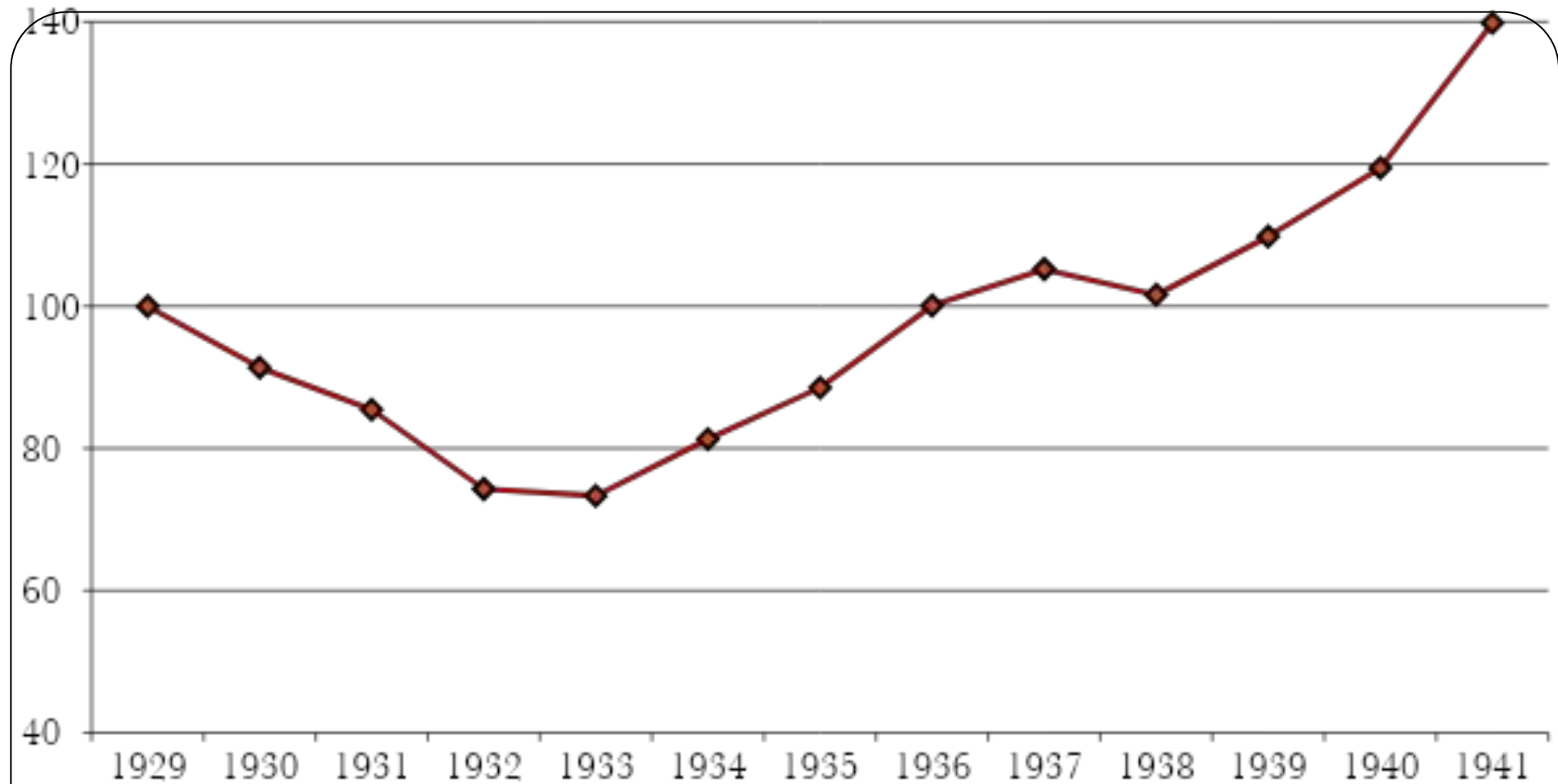


Экономический рост

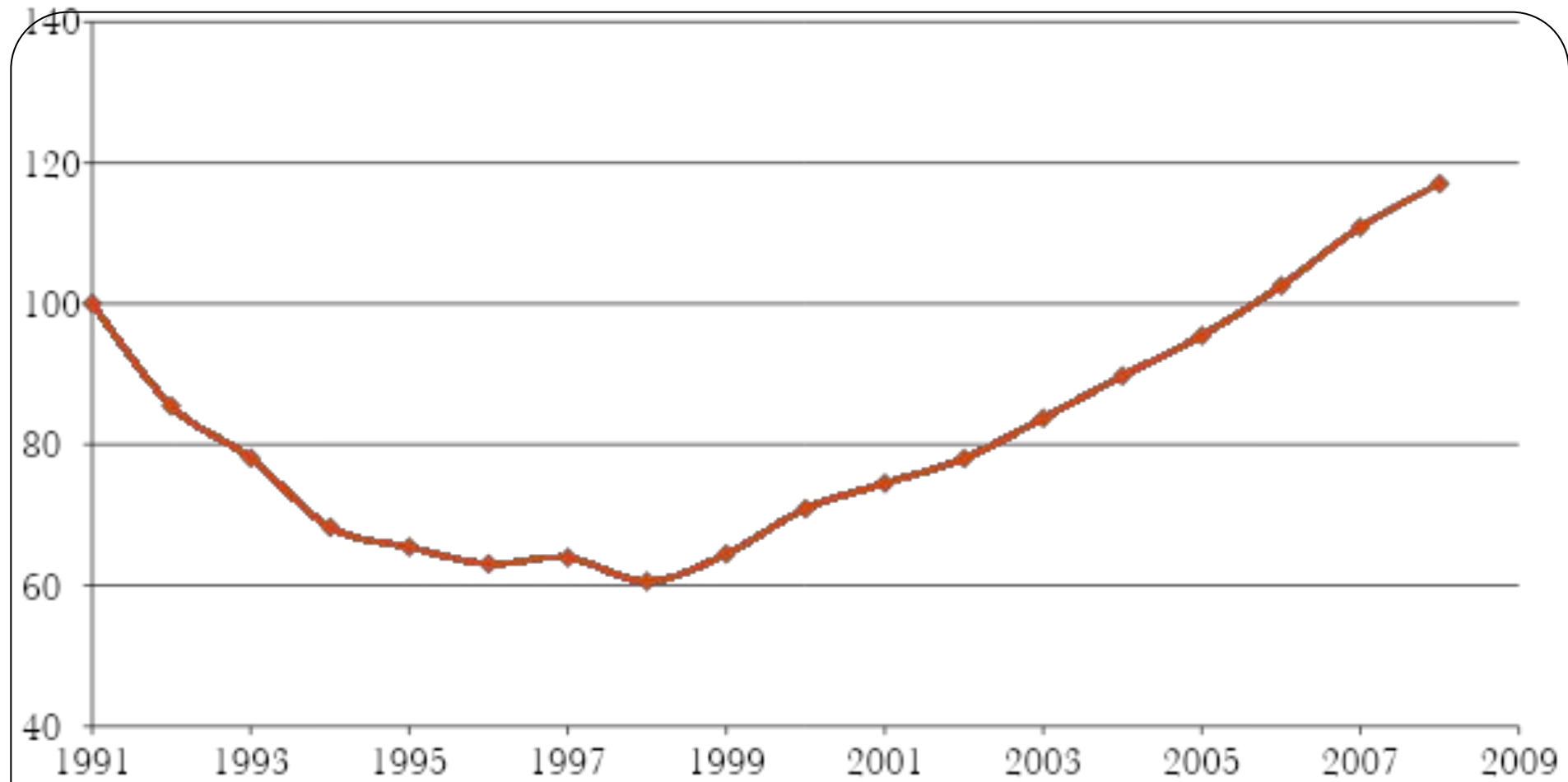
Лекция 1

Факты роста
Модель Солоу



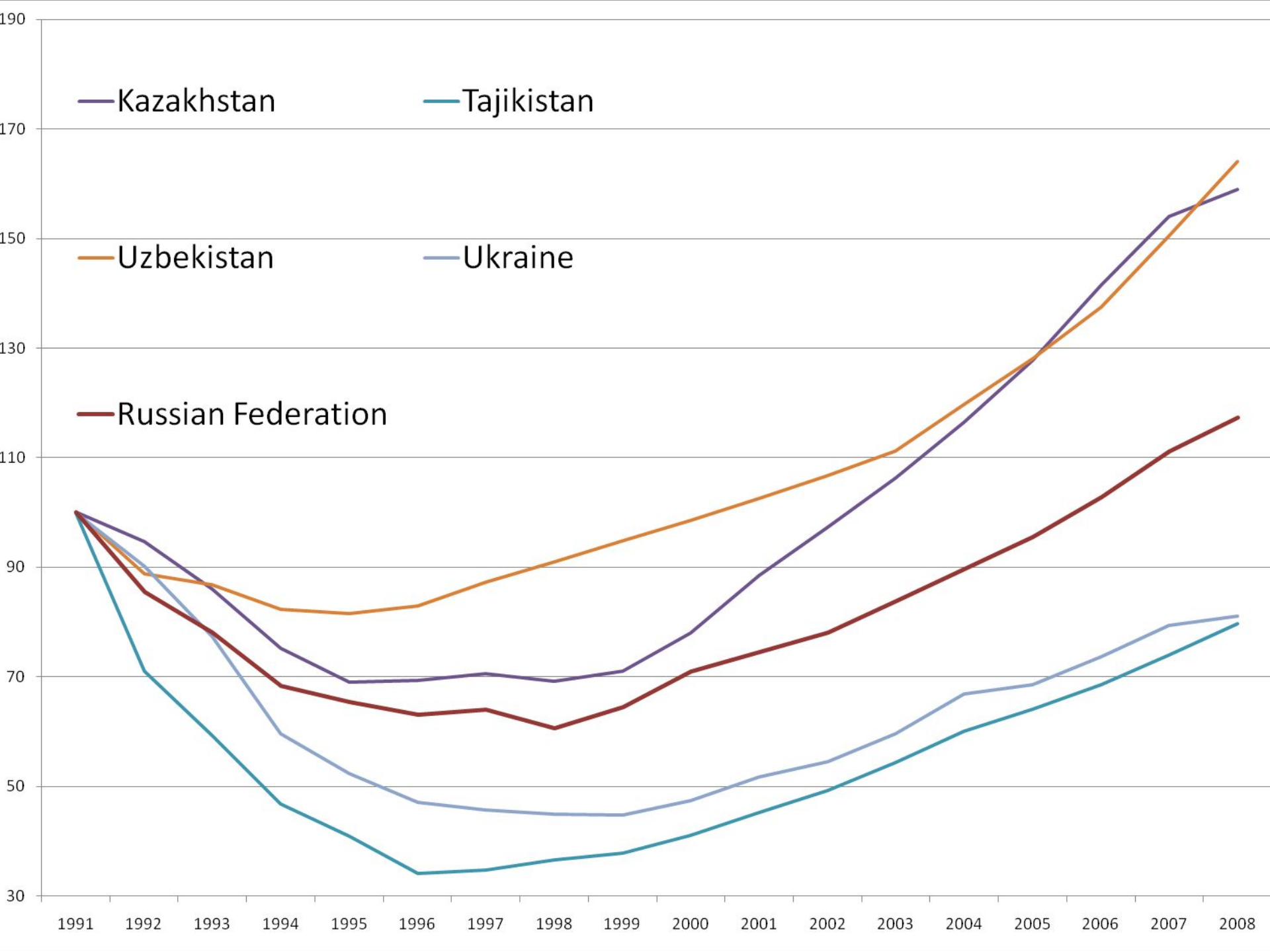
Великая Депрессия в США

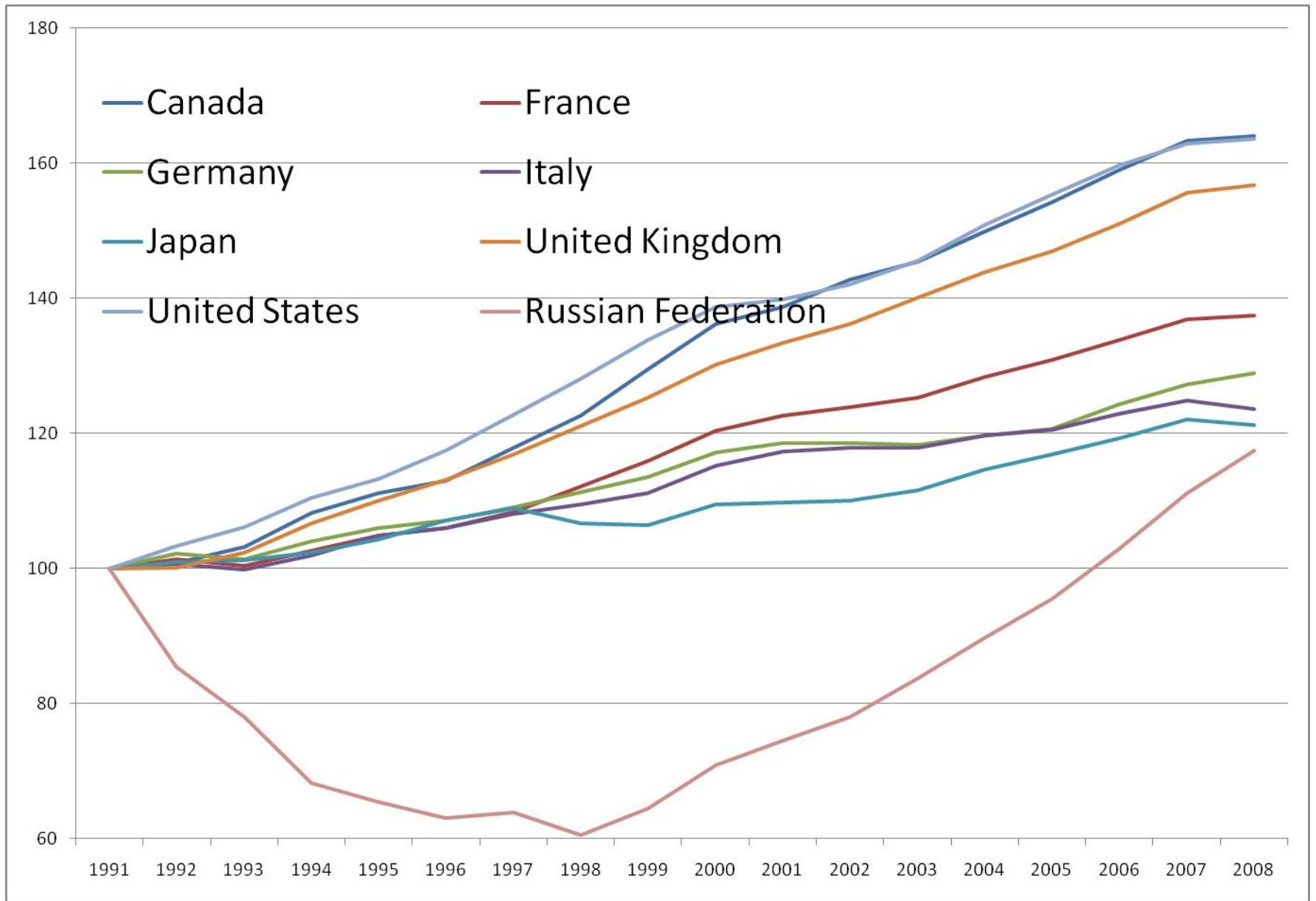
ВВП США, 1929-1940



Кризис 1990-х в России

ВВП России, 1991-2008

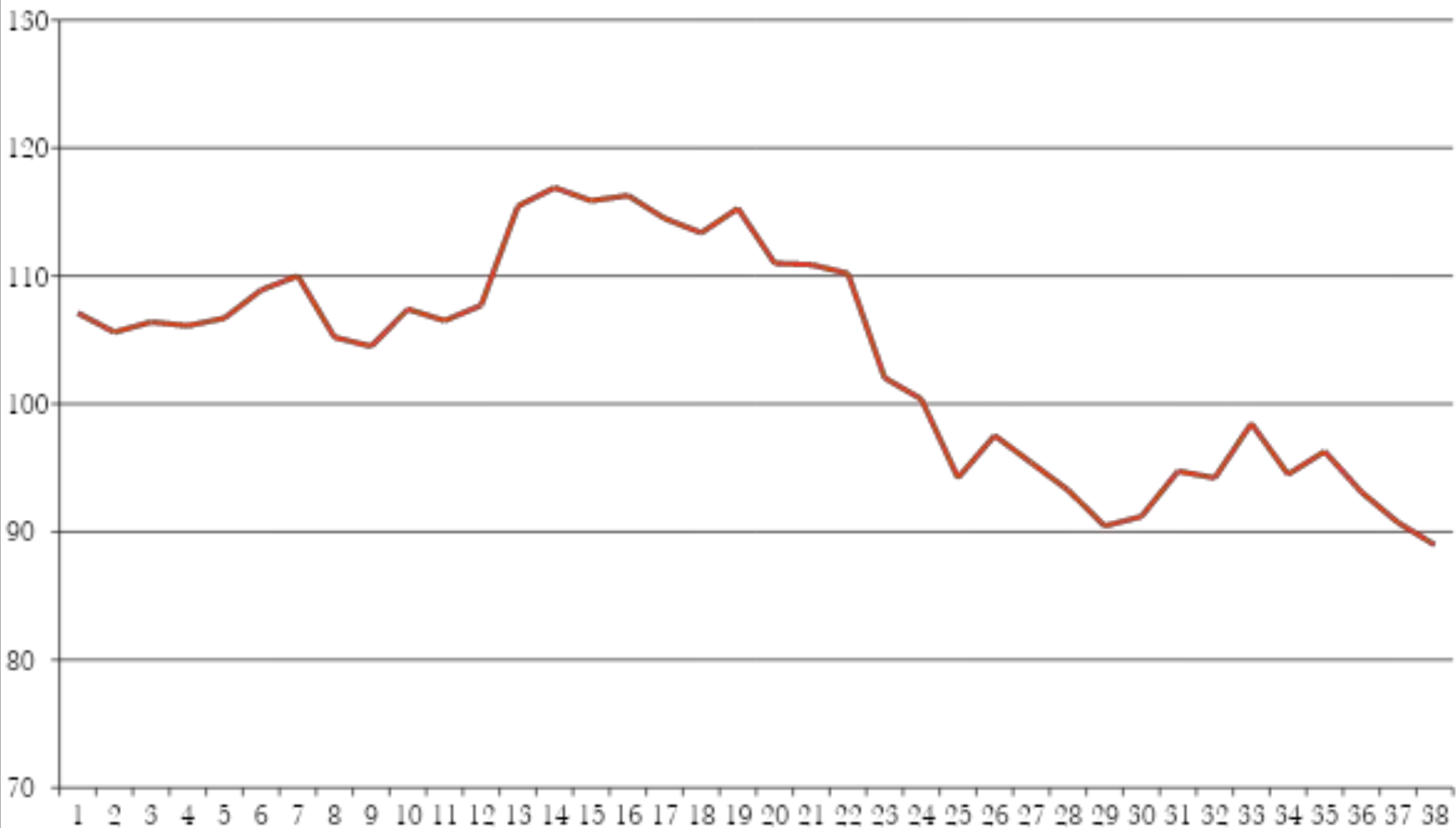




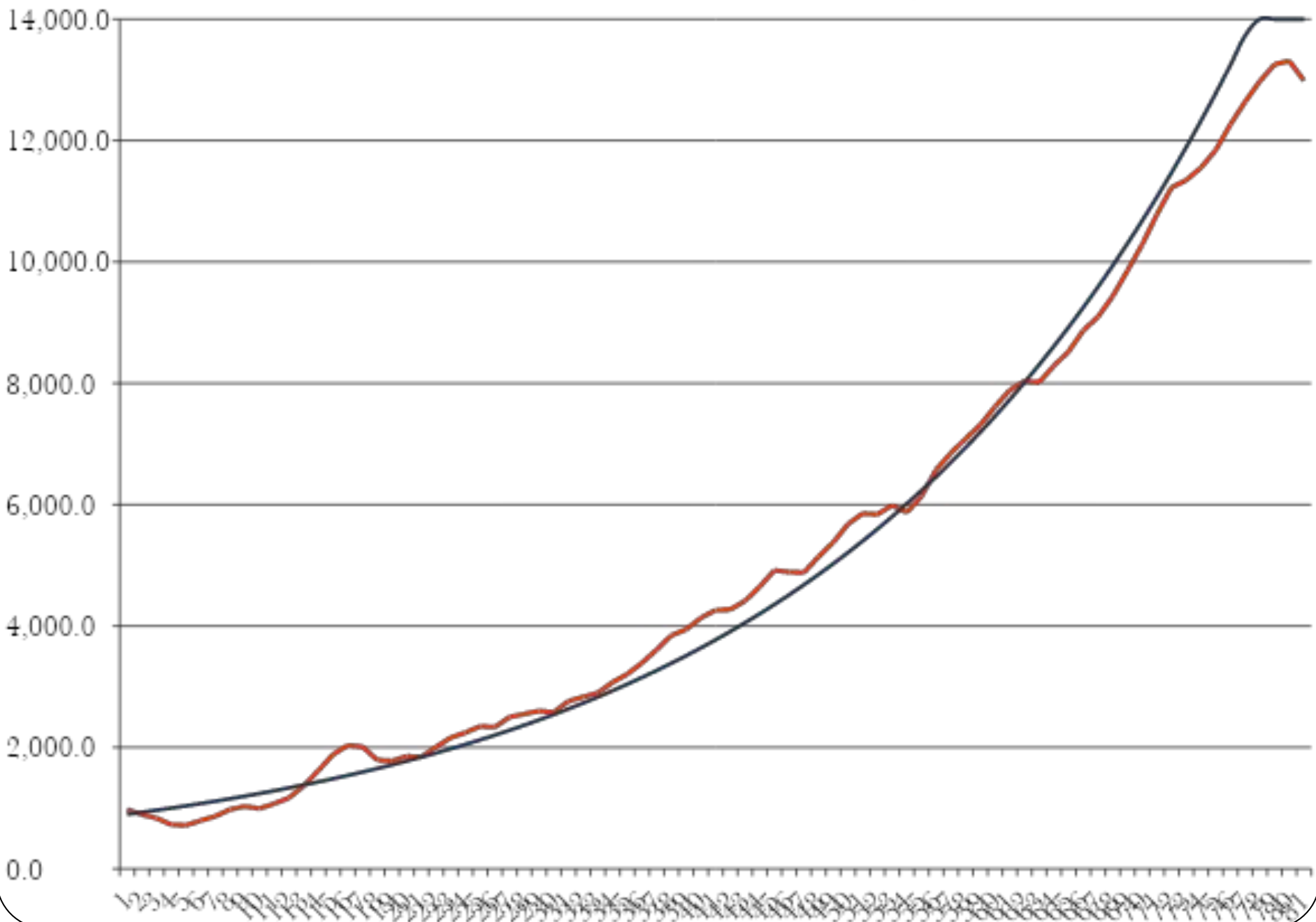
ВВП России



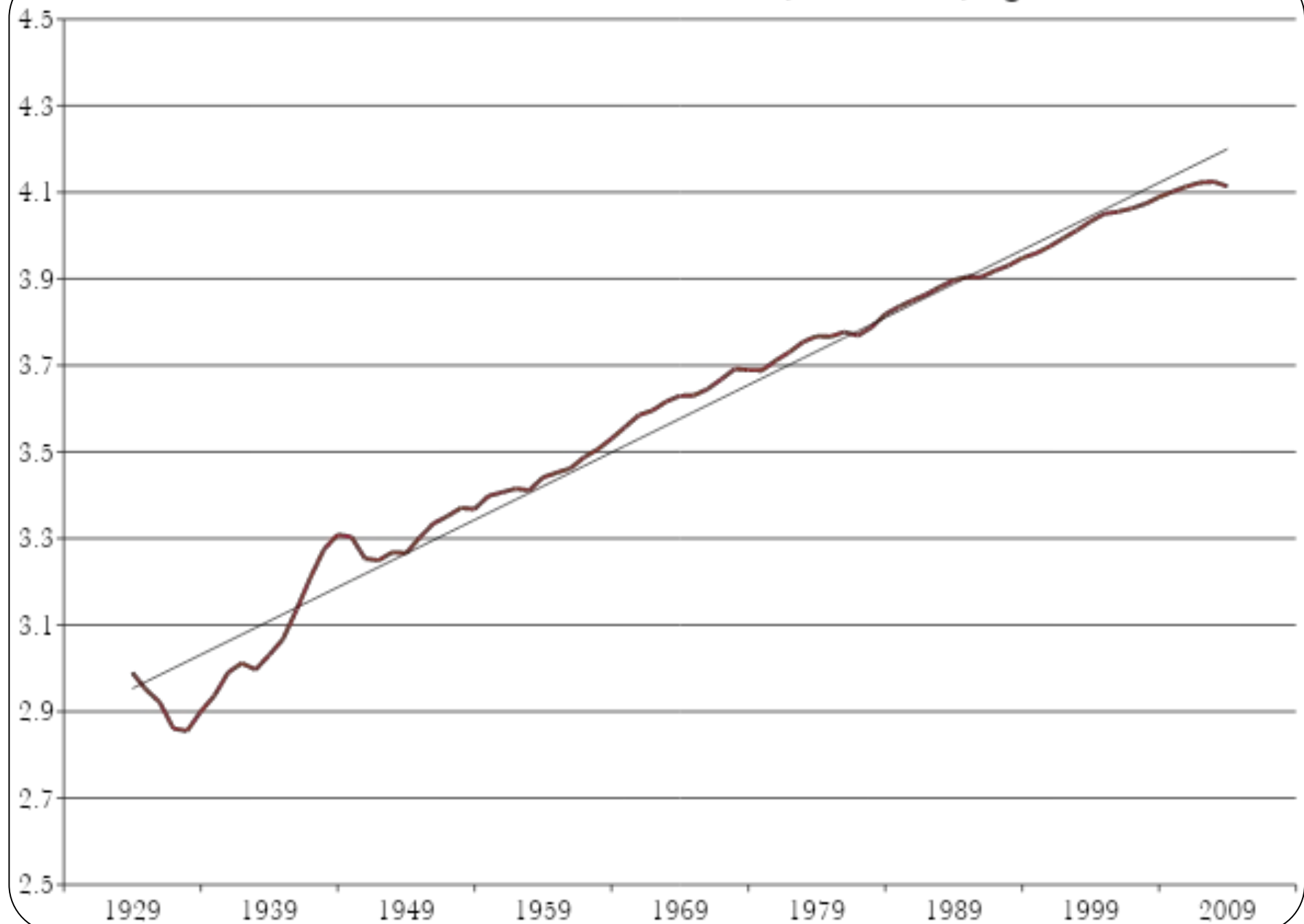
Индекс выпуска товаров и услуг по базовым видам деятельности, в %
к соответствующему периоду 2006 года

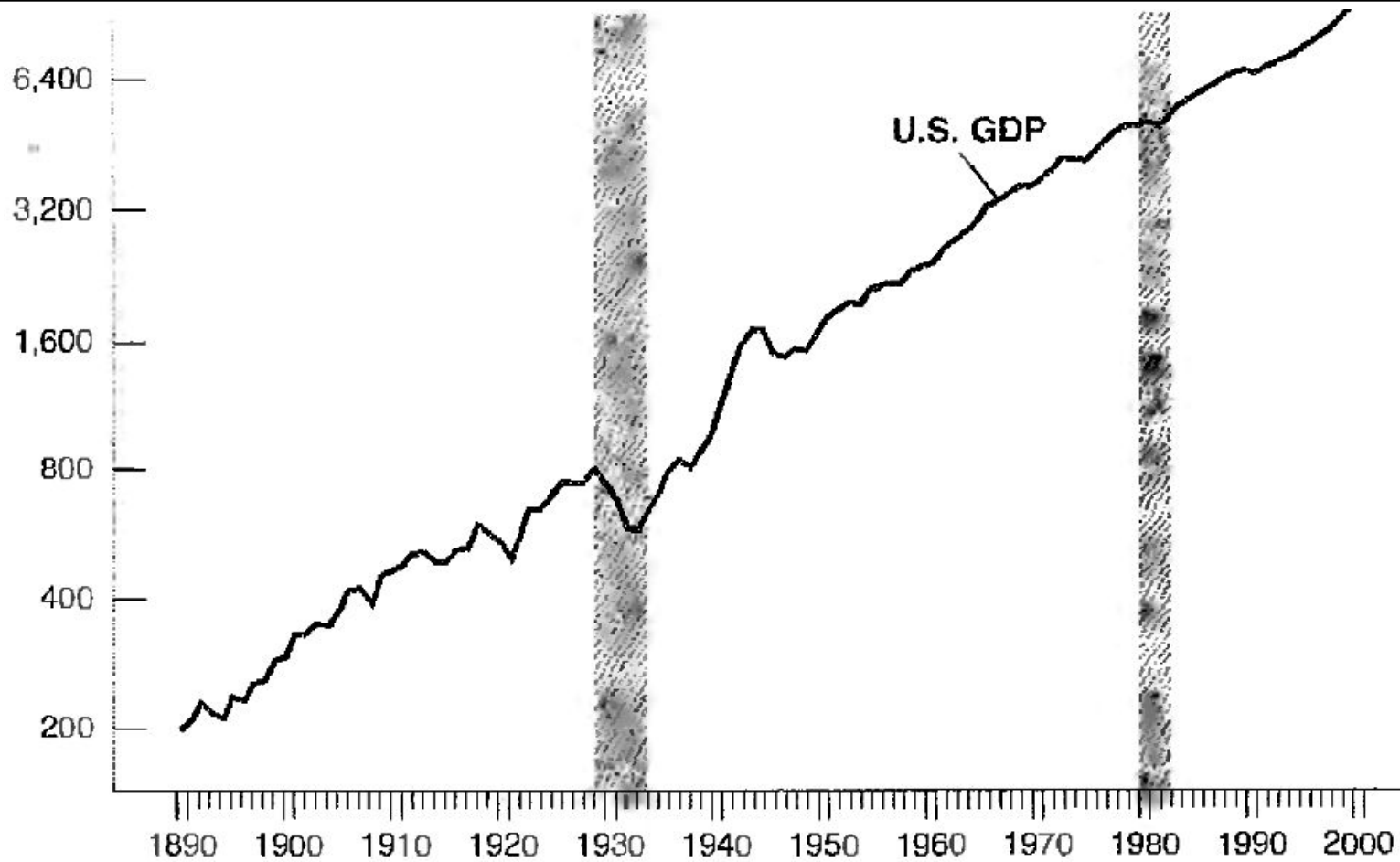


US GDP in billions of 2005 dollars, 30.04.2010



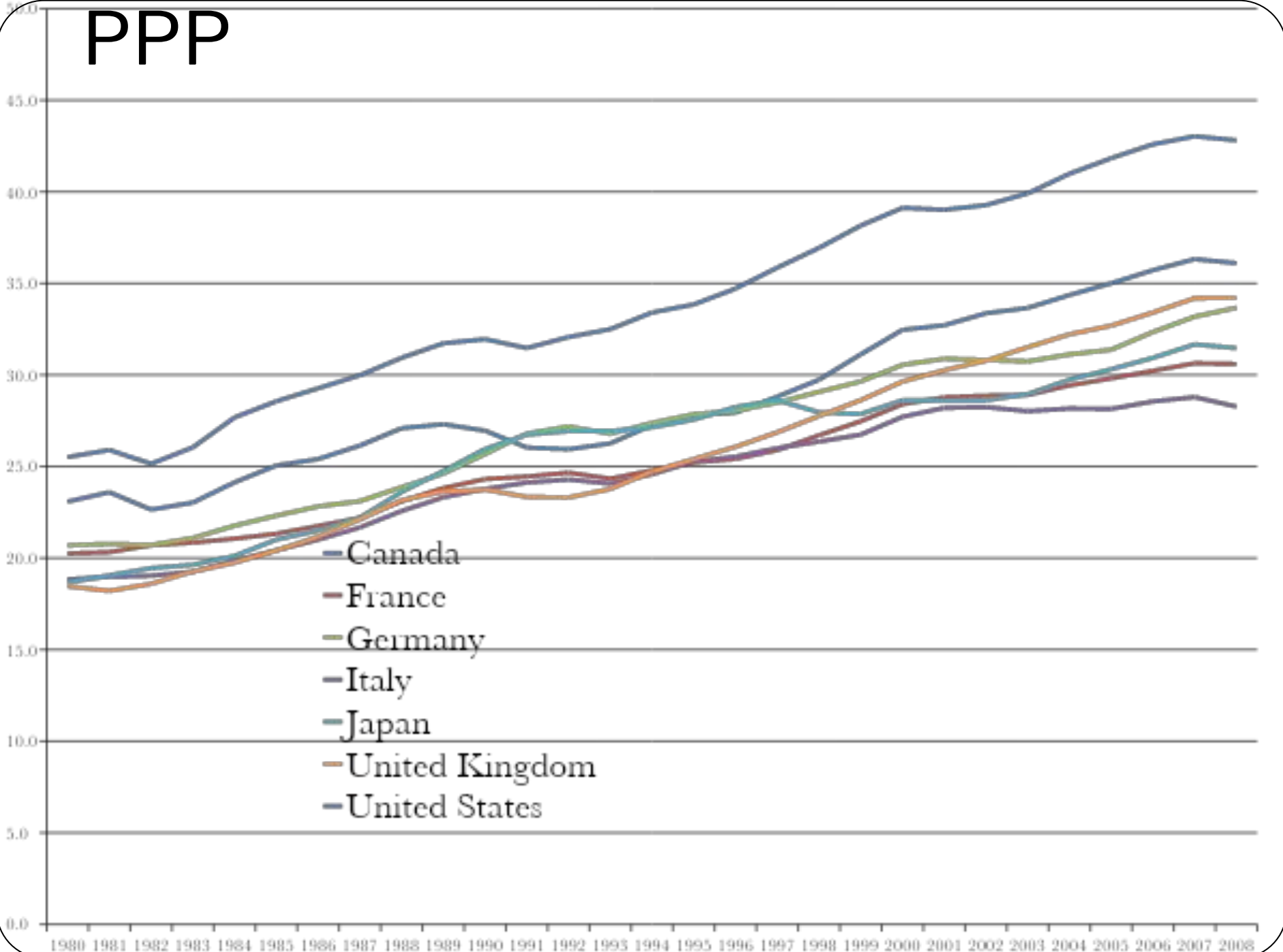
US GDP in billions of 2005 dollars, 30.04.2010, log



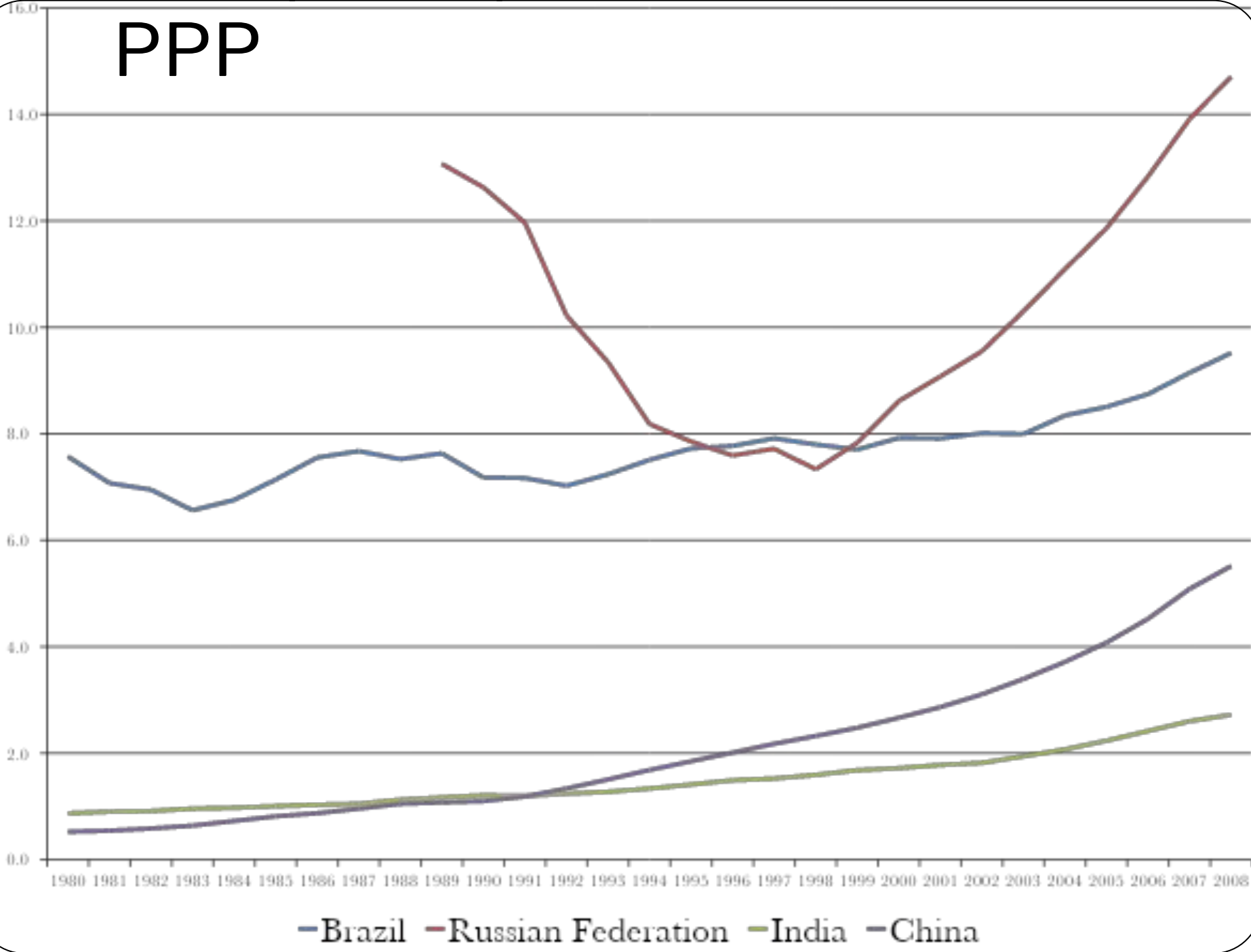


ВВП США, 1890-2000

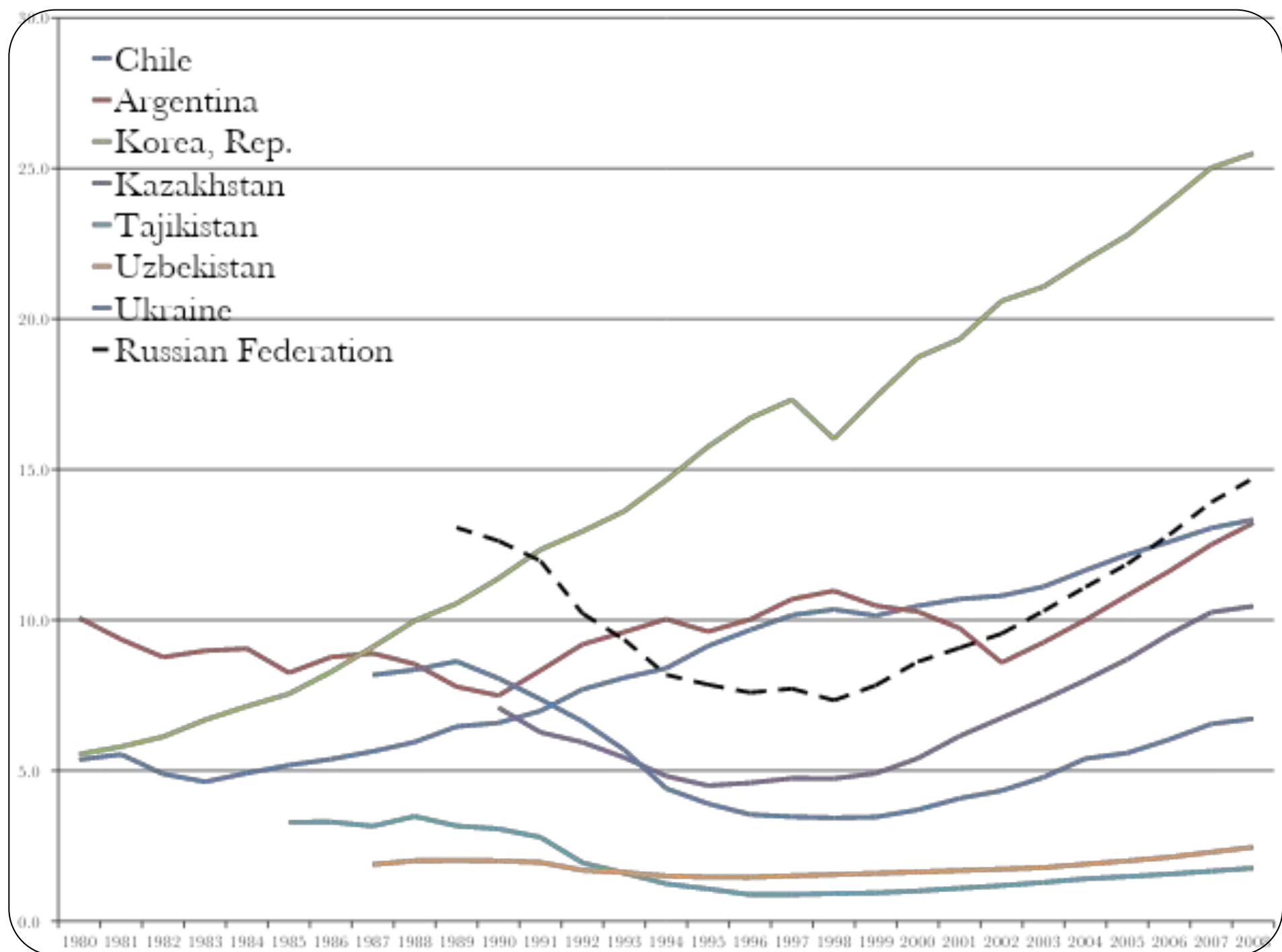
PPP

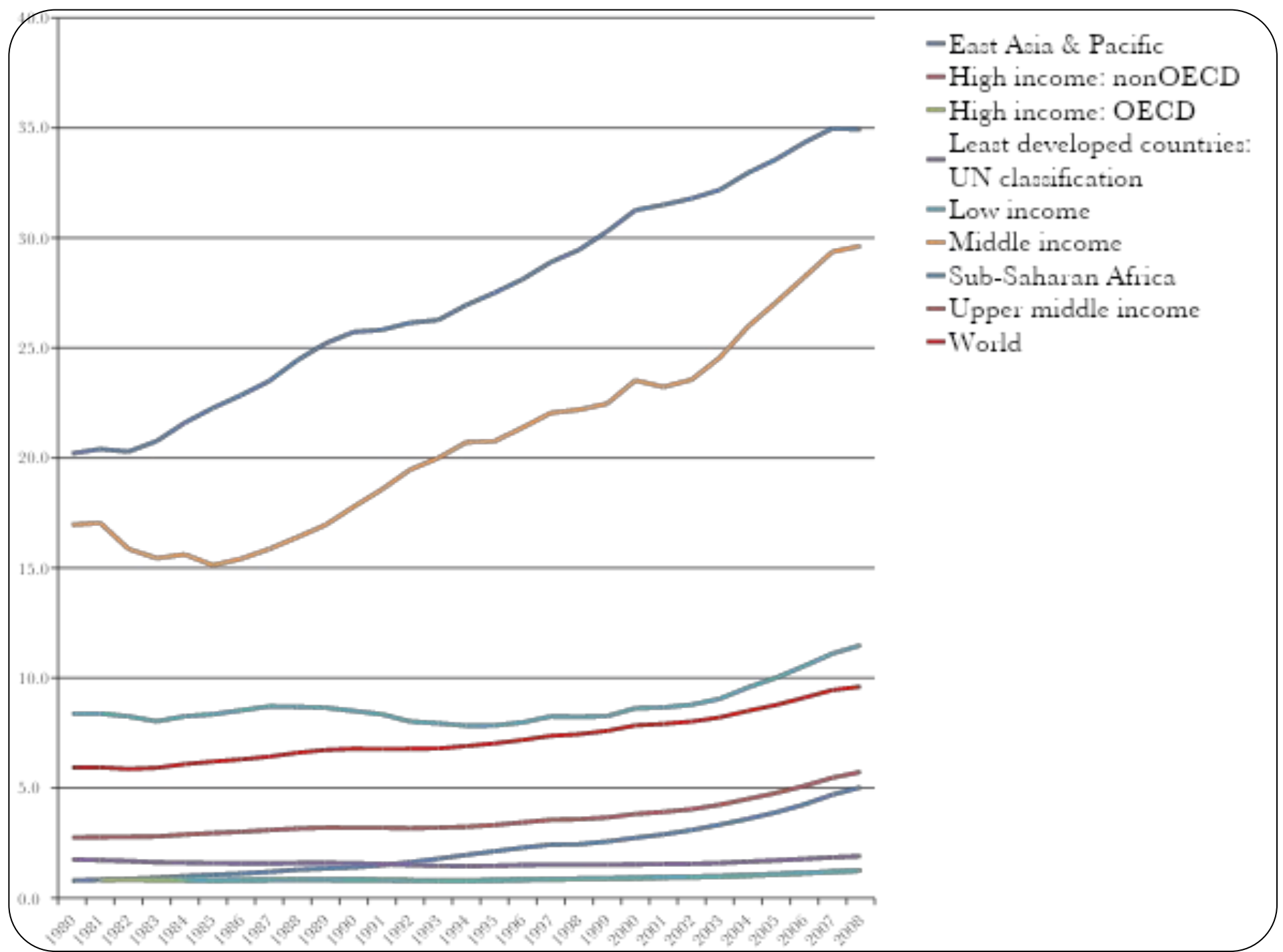


PPP



-Brazil -Russian Federation -India -China





Факты о росте



...

Определения

- Экономический рост

- долгосрочная тенденция увеличения реального ВВП.

- Долгосрочный период

- период времени, в течение которого обновляются все средства производства □ нет фиксированных факторов производства □ нет постоянных издержек
- обычно от 50 лет
- В макро-моделях он характеризуется совершенным предвидением, естественным уровнем безработицы и потенциальным уровнем выпуска, поэтому остается изучать только рост

Конвергенция

- **Конвергенция** (convergence – сходимость) – выравнивание уровней жизни (ВВП/Н) между странами
- **Дивергенция** – наоборот
- **Виды конвергенции**
 - **Absolute:** ВВП/Н сходятся
 - **Conditional** (=club=group)(условная, клубная): ВВП/Н сходятся в одну точку в «одинаковых», «похожих» странах и в разные – в сильно различающихся по своим характеристикам странах. Эмпирически, она есть между развитыми странами и ее нет между развивающимися
 - **β -convergence:**
бедные растут быстрее
$$g\left(\frac{Y}{H}\right) = \alpha + \beta \left(\frac{Y}{H}\right)_{initial}, \beta < 0$$
 - **σ -convergence** : дисперсия темпов роста в заданной выборке со временем снижается
 - **Конвергенция темпов роста**

Зачем нужен рост?

- Повышение качества жизни
- Решение глобальных проблем
 - Рост населения и ограниченность ресурсов
 - Бедность, голод, неграмотность
 - Войны, конфликты
 - Экология
 - Болезни
- Чтобы значительно продвинуться в решении всех проблем, достаточно лишь ускорить рост!
- Но как это сделать?

Основные вопросы теории роста

- **Каковы источники экономического роста?**
- **В чем причина различий в доходах между странами?**
- Ответив на эти вопросы, мы научимся *управлять экономическим ростом*, а значит решать большинство проблем, с которыми сегодня сталкиваемся
- Роберт Лукас:
 - *«Однажды задумавшись над этими вопросами, экономисту сложно думать о чем-нибудь еще»*

Моделирование роста

- Логика (любого) моделирования
 - Поставить вопрос
 - Основные вопросы теории роста
 - Задать предпосылки (обычно самая сложная часть)
 - Вывести результат (обычно самая легкая часть)
 - Отвечает ли модель на вопрос, который был задан?
 - Проверить результат эмпирически...
 - Проверить предпосылки... найти ошибку
 - Построить другую модель...
 - ...

Кандидаты на источники роста

- ВВП: $Y = F(A, K, L)$,
где K -капитал, L -труд, A -технологии
- Значит, источниками роста могут быть
 - Накопление капитала
 - Рост населения
 - Технический прогресс
- Рост населения обычно приводит к снижению подушевого ВВП, поэтому источниками роста, увеличивающими подушевой ВВП, могут быть
 - **Накопление капитала**
 - **Технический прогресс**

Накопление капитала

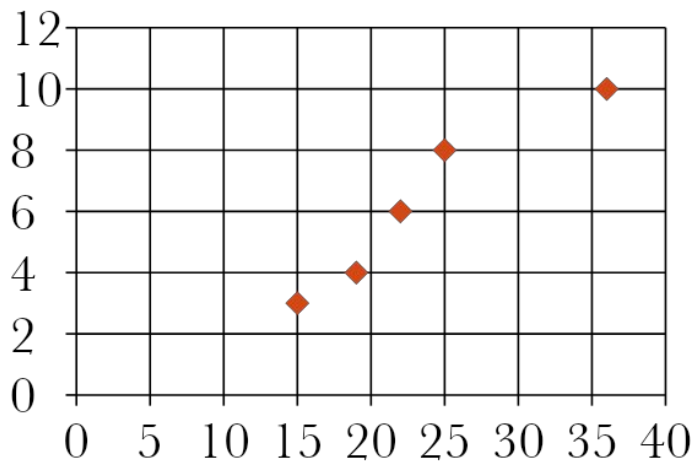
- Пусть инвестиции равны сбережениям.
- Тогда накопление капитала определяется нормой сбережений

Норма сбережений и темпы роста (2000-е гг.)

BR I C USA

сбережения, %ВВП 19, 25, 22, 36 15

рост, % 4, 8, 6, 10 3



Модель Солоу

- ✓ Первая и самая важная неоклассическая модель роста
- ✓ Реалистично описывает долгосрочные тенденции в развитых странах
- ✓ Заложила основу современной теории роста
- ✓ Модификации модели Солоу используются при разработке экономической политики многих стран и стратегий международных компаний

Роберт Солоу

- Ph.D., Harvard
- Emeritus Professor of Economics, MIT
- Nobel Prize, 1987
- http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Solow



Неоклассическая производственная функция

- $Y = F(A, K, L)$
- Нейтральность по Харроду: $Y = F(K, AL)$
- Постоянная отдача от масштаба $F(\lambda K, \lambda AL) = \lambda F(K, AL)$
- Положительная и убывающая отдача по капиталу и эффективному труду

$$F'_K > 0, F'_{AL} > 0, F''_K < 0, F''_{AL} < 0$$

- (Комплементарность факторов $F''_{K,AL} > 0$)

- Примеры:

- Функция Кобба-Дугласа: $Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha}, 0 < \alpha < 1$

- Функция с постоянной эластичностью замещения:

*доказать, что CES Cobb Douglas, при $\sigma < 0$
 $Y = (\alpha K^{1/\sigma} + (1-\alpha) AL^{1/\sigma})^{-\sigma}$
 $\sigma < 0$

Переход к интенсивной форме

- *Идея клонирования*
- Запишем все величины в расчете на единицу эффективного труда, AL
- Такой переход позволяет работать с функцией одного аргумента и возможен благодаря CRS:
$$F(\lambda K, \lambda AL) = \lambda F(K, AL)$$
- Пусть $\lambda = 1 / (AL)$
- Тогда $F(K / AL, AL / AL) = F(K / AL, 1) = f(k)$,
- $F(K, AL) = ALf(k)$, где
 k - «капиталовооруженность эффективного труда»
- Теперь можно использовать производственную функцию только одного аргумента, что проще.

$$f'(k) > 0, f''(k) < 0$$

Накопление капитала

- Динамика капитала

$$\dot{K} = I - \delta K$$

$$Y = C + I, I = S = sY$$

- $\dot{K} = sY - \delta K$ Это уравнение можно решить как дифференциальное при начальном условии

- Или в интенсивной форме

$$\dot{k} = \left(\frac{K}{AL} \right)' = \frac{\dot{K}AL - K(\dot{A}L + \dot{L}A)}{(AL)^2} = \frac{\dot{K}}{AL} - \frac{K}{AL} \frac{\dot{A}}{A} - \frac{K}{AL} \frac{\dot{L}}{L}$$

- Пусть $\frac{\dot{A}}{A} = g$ - темп технического прогресса,

- $\frac{\dot{L}}{L} = n$ - темп роста населения

- Тогда $\dot{k} = \frac{sY - \delta K}{AL} - kg - kn = sf(k) - (n + g + \delta)k$

Основное уравнение динамики модели Солоу

$$\dot{k} = sf(k) - (n + g + \delta)k$$

- Это дифференциальное уравнение.
- Наша цель – найти стационарное решение и изучить динамику системы около него
- Поэтому приравняем $\dot{k} = 0$
- Получим $sf(k) = (n + g + \delta)k$
- Левая часть возрастает по k с убывающим темпом, так как $f'(k) < 0$
- Правая часть возрастает линейно
- Сделав дополнительные предпосылки (условия Инады), решим уравнение графически

Траектория сбалансированного роста

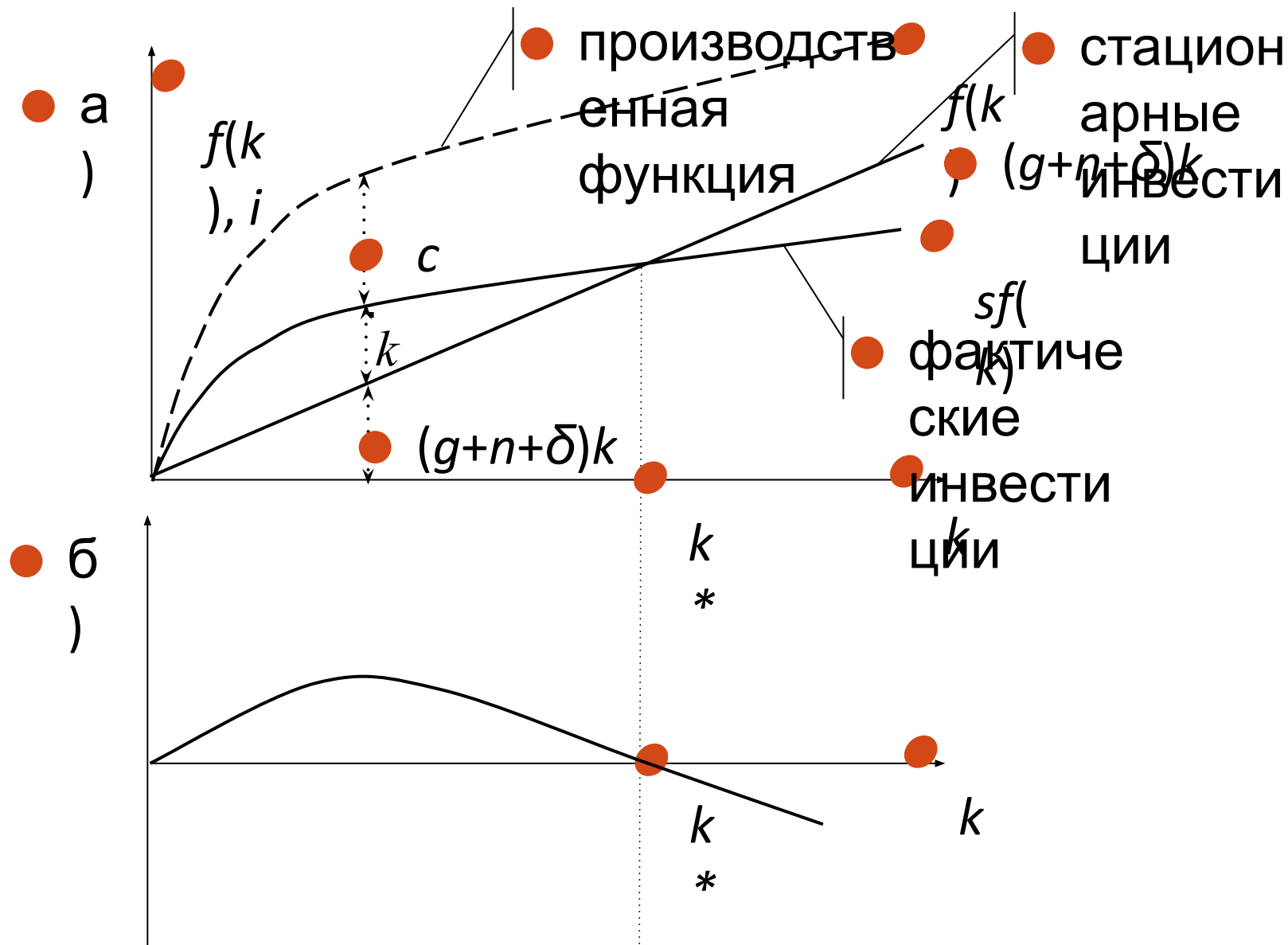
- - такая динамика модели, когда все переменные (выпуск, капитал, потребление) растут с постоянным темпом
- более формально: траектория, на которой выполняются факты Калдора

Стилизованные факты Калдора

В развитых странах

- Выпуск, капитал и труд растут постоянными темпами
- Темпы роста капитала и выпуска одинаковы и больше темпов роста труда
- Заработная плата растет с постоянным темпом
- Ставка процента постоянна
- Норма сбережения постоянна
- Доли доходов L и K в общем доходе постоянны

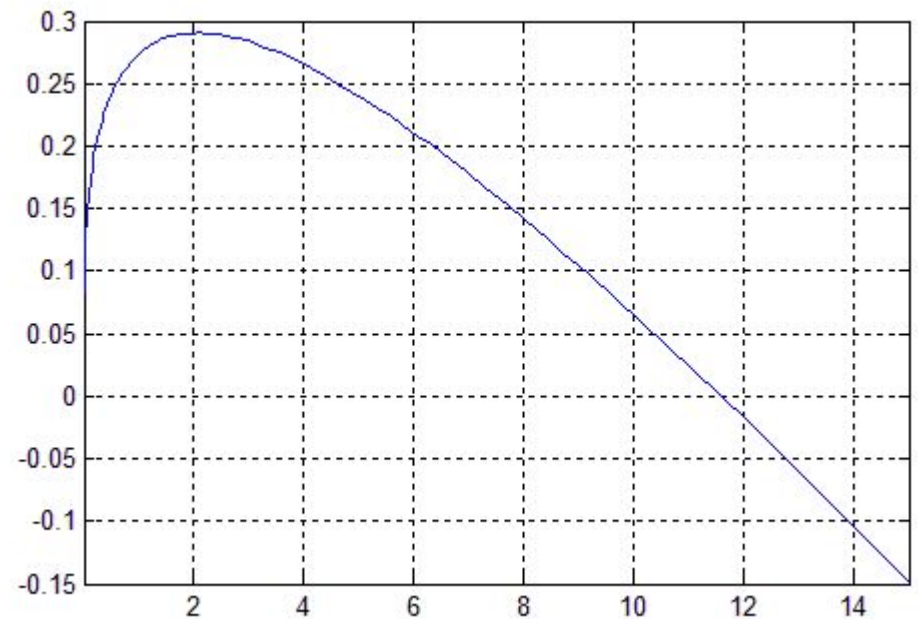
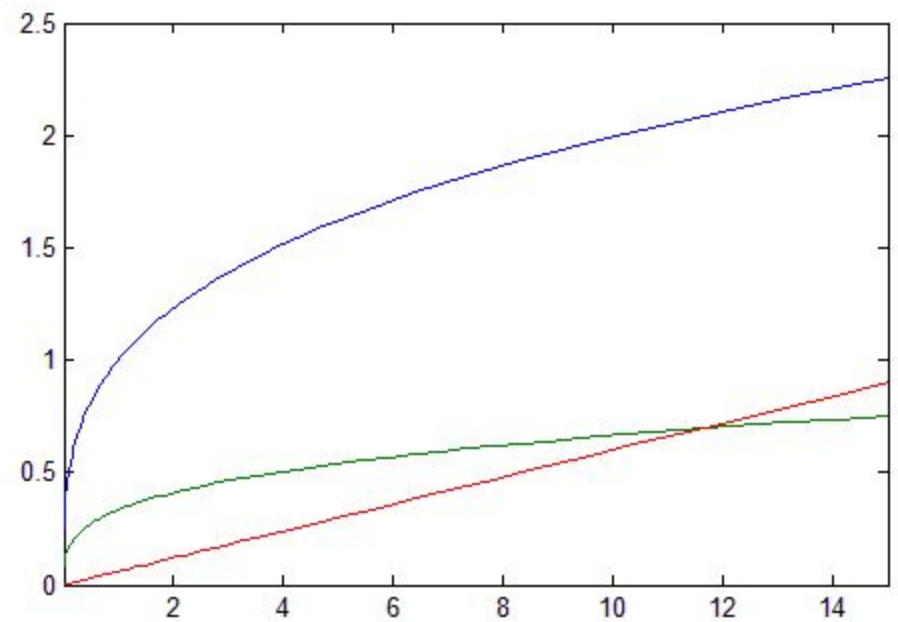
Диаграмма Солоу (а) и фазовая диаграмма (б)



```

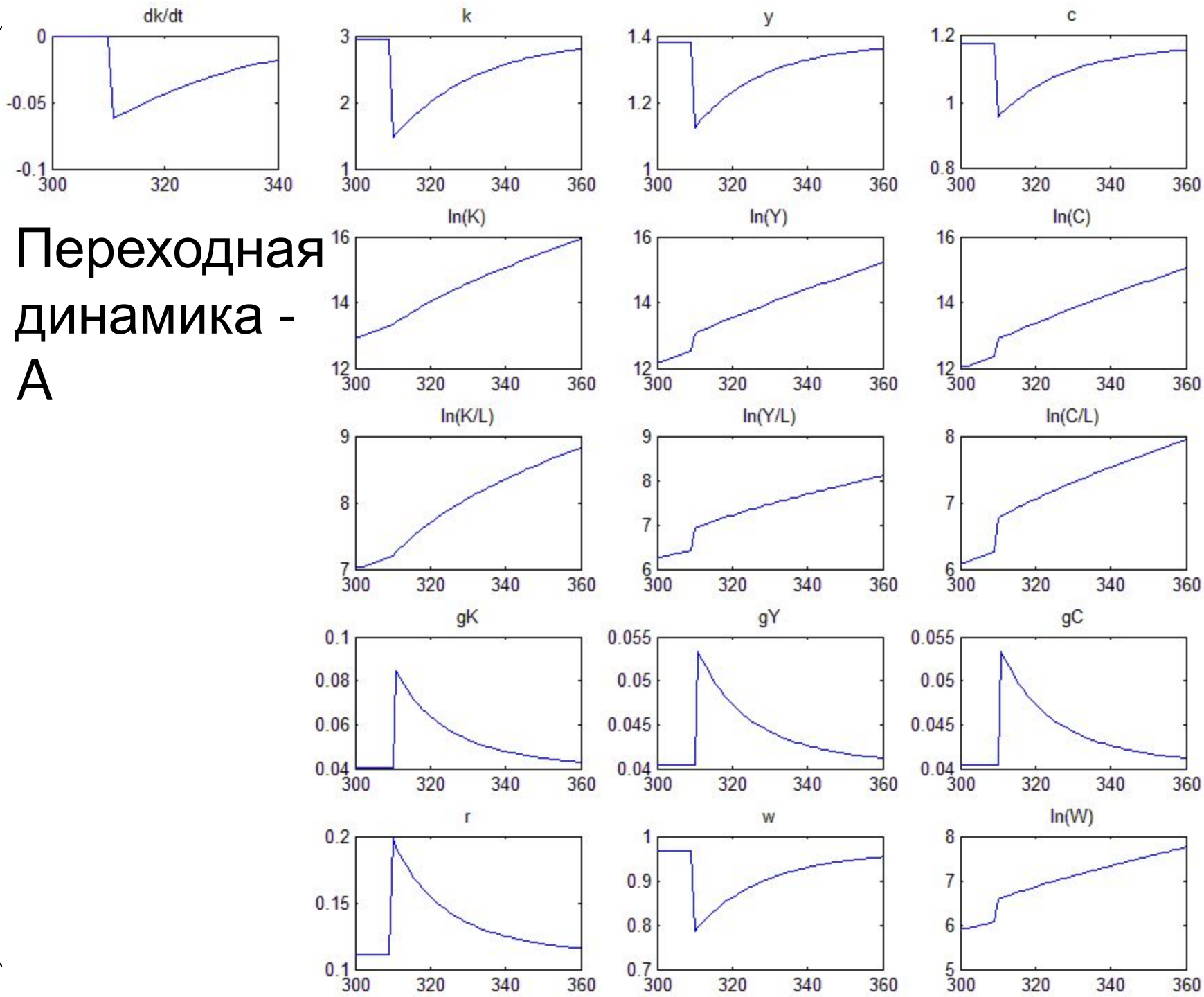
function f=solow1(k)
%задаем параметры
alpha=.3;
n=.01;
g=.02;
delta=.03;
s=1/3;
%считаем ИНВЕСТИЦИИ
y=k^alpha;
inv_g=s*y;
inv_r=(n+g+delta)*k;
inv_n=inv_g-inv_r;
%считаем dk
dk=inv_n;
f=[y, inv_g, inv_r];
%f=dk;

```



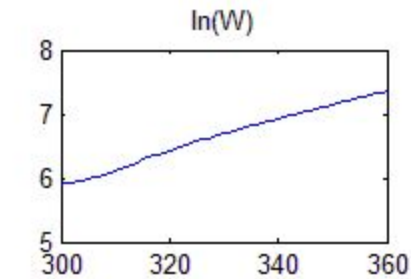
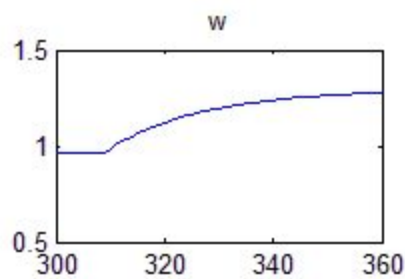
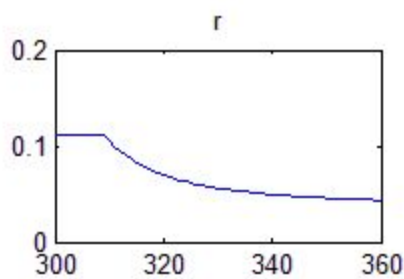
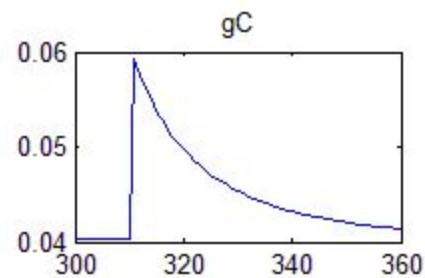
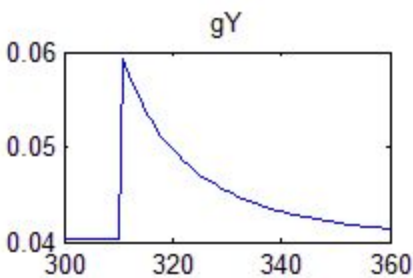
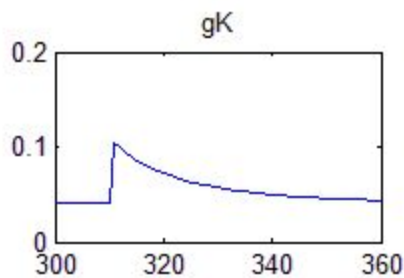
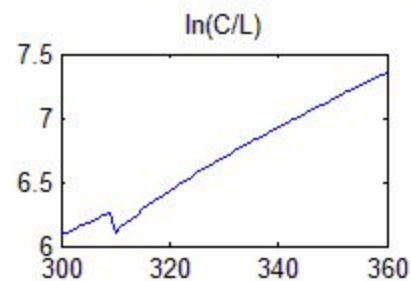
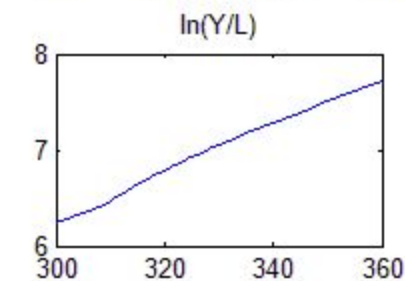
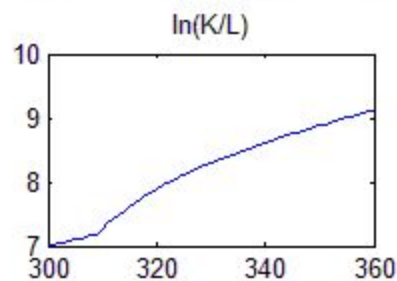
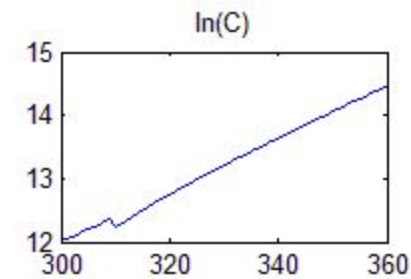
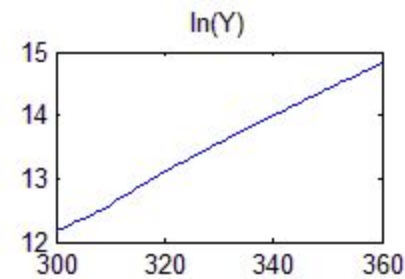
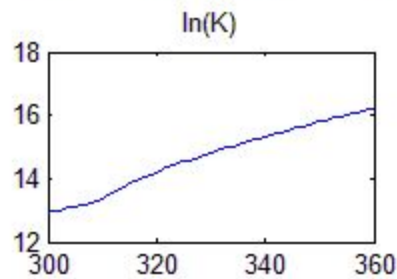
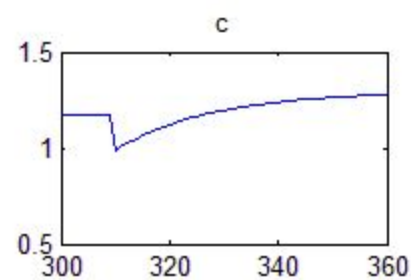
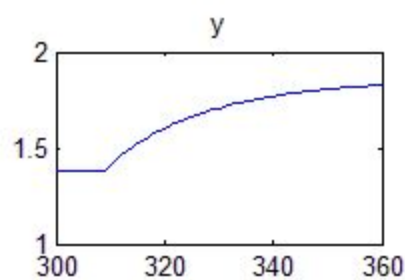
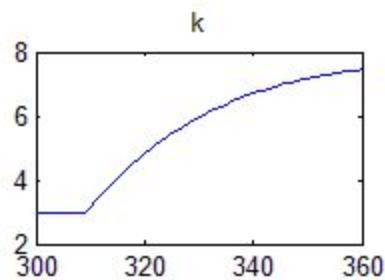
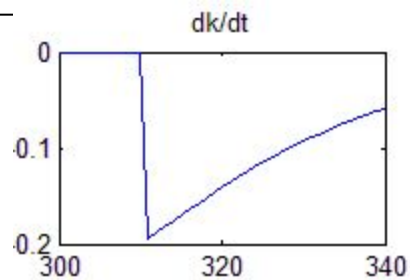
Переходная динамика

- Изменения в экономике могут сказаться на параметрах модели: n , g , δ , s , α , A_0 , K_0 , L_0 ...
- В результате поменяются реальные переменные, изменится равновесие
- Экономика будет постепенно стремиться к новой ТСР
- Переходная динамика – это движение экономики в ответ на шок и до прихода в новое устойчивое состояние



Переходная
динамика -
А

Переходная динамика - g

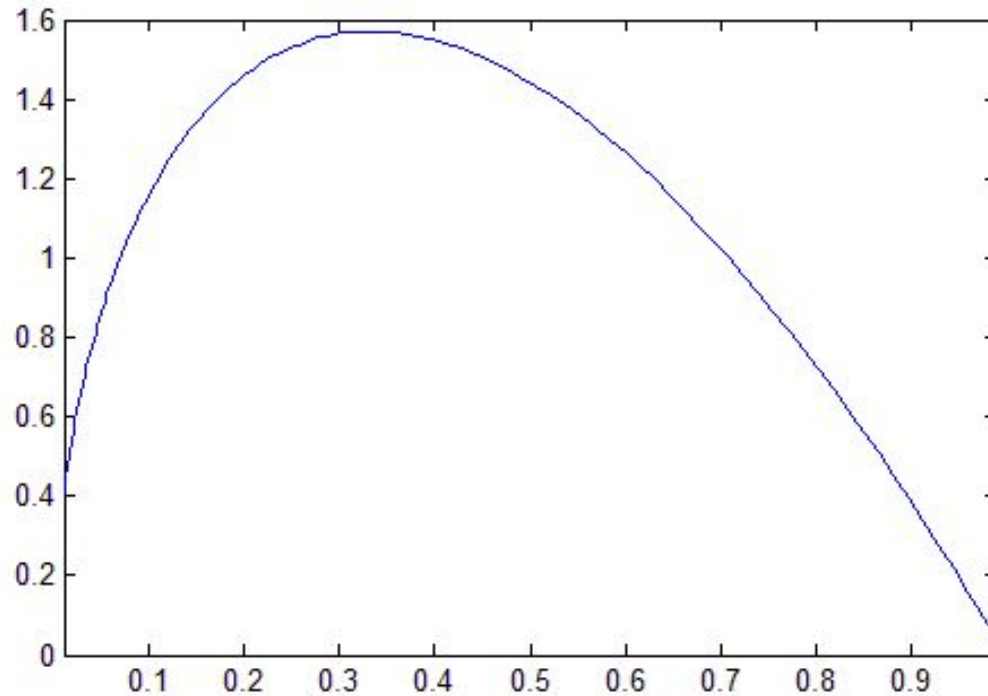


Политика государства

- В модели Солоу государство может влиять на экономику только воздействуя на норму сбережений
- Интуитивно: рост нормы сбережений увеличивает инвестиции, которые способствуют накоплению капитала, что должно ускорить экономический рост
- Но на ТСП темп роста равен $(n+g)$ и не зависит от s . Поэтому s не может повлиять на темп роста
- Тем не менее, s влияет на *уровень* ВВП
- Цель государства – максимизация благосостояния общества.
- В нашей модели за b/c отвечает потребление
- Поэтому выбор s должен осуществляться исходя из максимизации потребления

Золотое правило

```
function f=solow2(s1)
global alpha n g delta s y
s=s1;
alpha=1/3; n=.01; g=.02;
delta=.03;
k=fzero(@dk, [.01, 100]);
c=(1-s)*y;
f=c;
function f=dk(k)
global alpha n g delta s y
y=k^alpha;
f=s*y-(n+g+delta)*k;
```



Разложение Солоу

Эмпирика модели Солоу

- Скорость конвергенции

$$(1 - \alpha)(n + g + \delta) \approx 4\%$$

- Различия в ставках процента

$$\frac{r_1}{r_2} \approx \frac{r_1 + \delta_1}{r_2 + \delta_2} = \left(\frac{K_2}{K_1} \right)^{1-\alpha}$$

- Различия в норме сбережений

$$\varepsilon_s^{k^*} = \frac{1}{1-\alpha} \approx \frac{3}{2}, \quad \varepsilon_s^{y^*} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \approx \frac{1}{2}$$

Экономический рост

Лекция 2: Эндогенный рост

Модели «АК»

Эндогенный технический прогресс

Flashback

- В SR важны колебания
- В LR имеет значение только рост
- Темпы роста очень различаются по странам и меняются во времени. Доходы по странам различаются еще сильнее и больше всего зависят от роста.
- Значит, эк. политика государства должна ориентироваться на рост. Но как?
- Объяснив рост, мы сможем придумать политику, которая его ускорит, сгладит различия в доходах между странами и повысит уровень жизни навсегда.

- Как изучать рост?
 - Мы предложили производственную функцию.
 - Из нее — два возможных источника роста
 - Накопление капитала
 - Технический прогресс
- Мы построили модель Солоу и пришли к выводам:
 - Накопление капитала влияет на уровень ВВП, но не может быть источником роста
 - Поэтому она точно не отвечает на один из двух вопросов — об источниках роста.
- Но может ли она объяснить различия в доходах между странами? — Проверим.

Эмпирика модели Солоу

- Скорость конвергенции

$$(1 - \alpha)(n + g + \delta) \approx 4\%$$

- Различия в ставках процента

$$\frac{r_1}{r_2} \approx \frac{r_1 + \delta_1}{r_2 + \delta_2} = \left(\frac{K_2}{K_1} \right)^{1-\alpha}$$

- Различия в норме сбережений

$$\varepsilon_s^{k^*} = \frac{1}{1-\alpha} \approx \frac{3}{2}, \quad \varepsilon_s^{y^*} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \approx \frac{1}{2}$$

Главный вывод модели Солоу

- Модель Солоу концентрирует внимание на накоплении капитала, хорошо согласуется с данными, но оказывается неспособной объяснить экономический рост и различия в доходах между странами
- **Основной результат модели Солоу:** накоплением капитала нельзя объяснить ни экономического роста, ни различий в доходах между странами

Модель Солоу и технический прогресс

- Единственный фактор в модели Солоу, которым удается объяснить как рост, так и различия в доходах – это технологии A (их уровень и темп роста – *технический прогресс*).
- Но модель его не объясняет, а лишь предполагает в качестве экзогенного
- Значит, модель не объясняет рост, а лишь допускает его существование
- Поэтому модель Солоу – это **модель экзогенного роста**
- Все следующие модели, которые мы рассмотрим – **модели эндогенного роста**

Как изменить модель Солоу?

- Модель Солоу показала, что капитал не является источником роста, если его вклад в выпуск составляет примерно треть ($2/3$ уже было бы достаточно для объяснения различий в доходах)
- Как изменить модель, чтобы она ответила на наши вопросы?
- Рассмотрим два варианта:
 - Пересмотреть понимание капитала, например учитывать человеческий капитал, внешние эффекты от капитала...
 - Сосредоточиться на техническом прогрессе – построить совершенно новую модель
- Есть множество модификаций модели Солоу, которые содержат «расширенное» понимание капитала и лучше объясняют рост. Они называются моделями «АК»

Модели АК

- ✓ Простые модели эндогенного роста, основанные на предпосылке о постоянной отдаче от капитала
- ✓ Модели объясняют различия в темпах роста и уровнях жизни между странами внутренними параметрами экономики (такими, как норма сбережений, численность населения, ...)
- ✓ Политика государства может влиять на рост через данные параметры

Модели АК

- Пусть производственная функция обладает постоянной отдачей от капитала
- Абстрагируемся от тех. прогресса и роста населения
- Пусть производственная функция обладает постоянной отдачей от капитала: $Y = AK$
- Накопление капитала оставим без изменений:
 $\dot{K} = sY - \delta K$
- Тогда темп роста выпуска: $g_Y = sA - \delta = const$
- Выводы:
 - Экономика всегда находится на ТСР (нет переходной динамики)
 - Темп роста зависит от политики

Обоснование моделей «АК»

- Модели АК просты и удобны для объяснения роста
- Однако, их ключевую предпосылку (постоянную отдачу от капитала вместо $1/3$ в модели Солоу) необходимо объяснить
- Почему капитал может играть более важную роль, чем у Солоу?
- Обоснования:
 - Капитал в широком смысле
 - Человеческий капитал
 - Инфраструктура, ...
 - Общественные блага
 - Обучение опытом (Learning-by-doing, обучение в процессе деятельности)

Модель с обучением опытом

Модель Солоу

$$Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha}$$

$$\dot{K} = sY - \delta K$$

$$g_L = n$$

$$g_A = g$$

Модель с LBD

$$Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha}$$

$$\dot{K} = sY - \delta K$$

$$g_L = 0$$

$$\text{или } aK A \quad aK \quad = \quad \varphi$$

Решение модели с обучением опытом

$$Y = K^\alpha (aKL)^{1-\alpha} = K(aL)^{1-\alpha} = \text{const} \cdot K$$

$$g_Y = g_K = s(aL)^{1-\alpha} - \delta$$

$$g_Y = g_y \underset{+}{(s, a, L, \delta)} \underset{-}{}$$

$$A = aK^\varphi$$

Модель с общественными благами

- Общественные блага увеличивают отдачу от частных
- Государство выбирает объем производства общественных благ, максимизируя чистый выпуск, т.к. выпуск за вычетом расходов на общественные блага

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

$$(Y - G) \rightarrow \max_G \Rightarrow \dots \Rightarrow Y = K \left((1 - \alpha) L \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} = \text{const} * K$$

Модель R&D

Research & Development –
исследования и разработки

$$Y = \left[(1 - a_K) K \right]^\alpha \left[A (1 - a_L) L \right]^{1-\alpha}$$

$$\dot{A} = B \left[a_K K \right]^\beta \left[a_L L \right]^\gamma A^\theta$$

$$\dot{K} = sY - \delta K$$

$$\frac{\dot{L}}{L} = n$$

- Бонусное ДЗ: решить модель
- Эта модель может быть моделью АК только при определенных ограничениях на параметры

Модель с человеческим капиталом

(Mankiw, Romer, Weil, 1992, Quarterly Journal of Economics)

$$Y = K^\alpha H^\beta (AL)^{1-\alpha-\beta}$$

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

$$\dot{H} = s_H Y - \delta H$$

$$g_L = n$$

$$g_A = g$$

- Бонусное ДЗ: решить модель
- *Это не модель АК, а модель экзогенного роста, которая объясняет различия в доходах между странами, но не объясняет рост

Выводы моделей «АК»

- Модели «АК» позволяют объяснить рост «внутренними» характеристиками экономики
- Нормой сбережения, численностью населения, способностью получать опыт, производством общественных благ
- Но это «искусственное» моделирование роста
- Главным источником роста остается технический прогресс. Модели «АК» не способны объяснить технический прогресс. Они не рассматривают факторов, которыми определяются объемы инвестиций в научные исследования и разработки.

Модели с эндогенным техническим прогрессом

- ✓ Модели изучают технический прогресс «изнутри», рассматривая *стимулы к исследованиям (модели CD) и механизмы распространения технологий (модель Лукаса)*
- ✓ В моделях удастся объяснить рост и технический прогресс, однако и эти модели обладают рядом недостатков
- План:
 - Что такое технический прогресс
 - Модели созидательного разрушения (Aghion, Howitt, 1992, 1998, etc)
 - Модель Лукаса (2008-2009)

Технический прогресс

- Что такое технология и технический прогресс?
- Как создаются технологии?
- Кто создает технологии?
- Зачем?
- Что может сделать государство для ускорения технического прогресса и экономического роста?

Что такое технология

- Новые технологии приносят пользу
 - Снижают издержки производства
 - Повышают качество продукта
 - Создают новые товары и услуги
- *технология – это благо*

- Для производства технологий нужны ресурсы
- *технология – экономическое благо*

- Процесс создания технологии можно представить в виде производственной функции

«Технология для технологии»

- Как должна выглядеть производственная функция?
- Сконцентрируем внимание на технологиях, которые снижают издержки, то есть увеличивают производительность факторов производства
- Тогда «выпуск» - это рост производительности — фактора A
- *Аналогом выпуска является рост A*

Производственная функция для технологий

- Что нужно для создания технологии?

- Труд, капитал, технологии?

- Для простоты предположим, что капитал не нужен

- Новые технологии создаются с помощью труда на основе предыдущих технологий

- Создание технологий – это случайный процесс

- Прирост производительности – случайная величина

- Вложение ресурсов в исследования не приносит гарантированного результата, рост производительности происходит в *случайные моменты времени* и имеет *случайный масштаб*

Производственная функция

$$\dot{A} = \lambda n A$$

n - численность
исследователей

$$g_A = \frac{\dot{A}}{A} = \lambda n$$

λ - вероятность разработки
новой технологии для
одного исследователя

$$\frac{\dot{A}}{A} = \begin{cases} \gamma \epsilon, & \text{вероятностью } \lambda n \\ \theta, & \text{вероятностью } 1 - \lambda n \end{cases}$$

- **Задача:** найти темп технического прогресса в экономике, где численность исследователей равна 5, вероятность успеха для каждого составляет 2%

Экономический рост

- Дано:

$$Y = Ax^\alpha, \quad x = \text{const}$$

$$g_A = \lambda n \ln \gamma$$

- Найти:

темп экономического роста

Кто создает новые технологии

- Новые технологии создают *исследователи*
- Но мало создать технологию – ее нужно применить в производстве
- Внедрением новых технологий занимаются *предприниматели*

- **Инновация** – новая идея, примененная в экономике
- Именно инновации обеспечивают экономический рост
- Технологии полезны для создания новых идей
- Но для создания инновации нужны
 - Идея
 - Предприниматель

Зачем создавать технологии?

- *Каковы стимулы к созданию технологий?*
- *Стимулирует ли конкуренция экономический рост?*
- Производственная функция с идеей

$$Y = F(K, L, a), a \in \{0; 1\},$$

$$F(K, L, 0) = 0, F(K, L, 1) > 0$$

- При совершенной конкуренции:

$$F = (r + \delta)K + wL + \theta a$$

- Предприниматель не получает прибыли, поэтому не имеет стимулов делать инвестиции в технологии
- Вывод: при совершенной конкуренции технического прогресса быть не может

разрушения

(Creative Destruction, CD, Шумпетер, 1950е)

- Главный стимул к инвестициям в исследования – монопольная прибыль
- Создав новую технологию, исследователь становится монополистом на рынке продукции и получает монопольную прибыль
- Прибыль можно получать не бесконечно долго, а только до тех пор, пока кто-то другой не создаст более совершенную технологию
- **Создавая** новую технологию, новый исследователь отнимает монопольную власть у предыдущего, «**разрушая**» его прибыльный бизнес.
- Технический прогресс – это процесс «созидательного разрушения» (Creative Destruction)

Модели созидательного разрушения

- Возможно, будет рассмотрена упрощенная версия из Р.Аghion, Р.Howitt. The Economics of Growth, 2009

Политика государства и модели CD

● Фундаментальные исследования

● В модели их роль двойная

- Повышают вероятность новых открытий и идей
- Повышают вероятность похищения бизнеса (destruction)
- Первый эффект сильнее.

● Субсидирование ставки процента, налоговые льготы

● Защита прав собственности – снижение рисков

- Рисковая премия в ставке процента
- Риск потери собственности
- Риск потери интеллектуальной собственности

● Демографическая политика

- В модели рост населения может привести к увеличению числа исследователей, что ускорит эк. рост. Но это не подтверждается эмпирически и является недостатком моделей CD («эффект масштаба»)

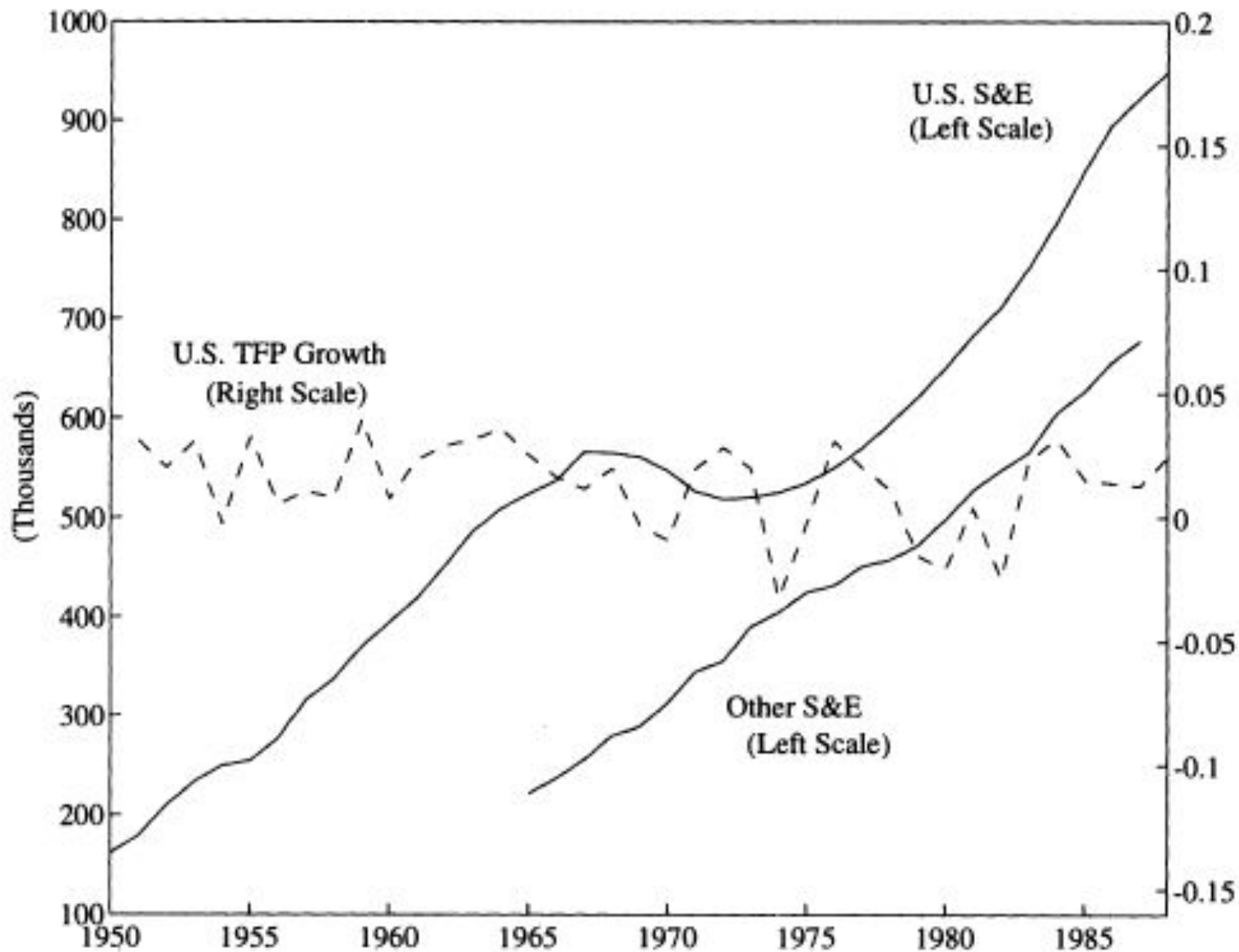
● Антимонопольная политика

- В модели конкуренция замедляет рост, т.к. снижает прибыли исследователей
- В реальной экономике распространение технологий и конкуренция в «низкотехнологичных» секторах экономики создают стимулы заниматься исследованиями

Проблемы моделей созидательного разрушения

- Недостаточные возможности эмпирических приложений
 - Модели только качественные. Можно тестировать выводы, но трудно оценить модель.
- Эффект масштаба (загадка Джонса, Jones 1995)
 - Темп эк. роста положительно зависит от числа исследователей, и эта зависимость не подтверждается эмпирически
 - Предложен ряд решений, ни одно из которых не признано удовлетворительным

Эффект масштаба в моделях роста: загадка (критика) Джонса



On the frontier of growth theory: Ideas and Growth, Lucas, 2008 (2009)

- См. вторую презентацию

Прекратится ли технический прогресс?

- *Комбинаторный рост*
- *Метафоры Пола Ромера...*
- *Кулинария*
 - *Сколько можно приготовить блюд из 100 компонентов?*
 - *А если предположить, что*
 - *возможны разные пропорции?*
 - *возможны разные формы?*
 - *возможны разные способы приготовления?*
- **Вывод: в обозримом будущем технический прогресс не прекратится**

Flashback

- Теории экзогенного роста
 - Модель Солоу
 - Модель Солоу с природными ресурсами
 - Модель с человеческим капиталом
- Теории эндогенного роста
 - АК
 - Самая простая модель
 - Модель с обучением опытом
 - Модель с общественными благами
 - Модель R&D
 - Модели с эндогенным техническим прогрессом
 - Модель созидательного разрушения
 - Модель Лукаса