

# 1 Teorija rasti

Teorija rasti je osrednja makroekonomska tema, saj poskuša odgovoriti na nekatera temeljna vprašanja za človekovo preživetje. In sicer, rast se nanaša na rast bruto domačega proizvoda, ki je temeljna mera gospodarske aktivnosti. BDP ni idealna mera družbene blaginje, saj ni povezana z vsemi elementi blaginje. Za boljšo mero velja indeks človeškega razvoja (angl. human development index, HDI), ki ga izračunava Svetovna banka in vključuje poleg same mere proizvodnje še različne mere zdravstvenega stanja prebivalstva, izobraženosti, onesnaževanja okolja in druge. Nordijske države (Finska, Švedska in Norveška) prednjačijo po vrednostih tega indeksa predvsem zaradi vlaganj v znanje, ki je v ZDA, državi z najvišjim BDP per capita, nekoliko nižja.

Navkljub pomanjkljivostim je BDP na prebivalca dovolj dobra mera družbene blaginje, da se kot takšna tudi uporablja. Namreč, korelacija z ostalimi merami blaginje je relativno močna. Zelo nazorno to ilustrira padec agregatne proizvodnje v Rusiji in hkratno skrajšanje življenjske dobe. Primerjava dinamike proizvodnje in življenjskega pričakovanja za Estonijo, Rusijo in Slovenijo je prikazana v Tabeli 1. Iz nje je ravodno dramatično skrajšanje življenjskega pričakovanja z znižanjem BDP na prebivalca. Zaradi takšne, relativno tesne povezanosti, bomo privzeli BDP na prebivalca kot bolj ali manj solidno mero blaginje.

Tabela 1: BDP na prebivalca in življenjsko pričakovanje

Država	Leto	BDP na prebivalca	Življenjsko pričakovanje
Rusija	1990	10060	68.9
	1995	7110	64.8
	2000	8010	65.3
Estonija	1990	7960	69.5
	1995	6550	67.8
	2000	9340	70.5
Slovenija	1990	12070	73.2
	1995	13380	73.4
	2000	17310	75.2

Vir: World Development Indicators, 2003 in EBRD.

## 1.1 Zgodovinske primerjave

Konsistentna medčasovna primerjava gospodarske aktivnosti zahteva korekcijo za razlike v cenah. Poglejmo si primer, kjer imamo eno samo dobrino. In sicer, nominalni BDP v trenutku  $t$  je

$$BDP_t = p_t q_t,$$

kjer je  $p_t$  cena dobrina in  $q_t$  količina te dobrine. Stopnja rasti nominalnega BDP je

$$\gamma_{BDP_t} = \frac{BDP_{t+1} - BDP_t}{BDP_t},$$

oziroma

$$1 + \gamma_{BDP_t} = \frac{BDP_{t+1}}{BDP_t} = \frac{p_{t+1} q_{t+1}}{p_t q_t} = (1 + \gamma_{P_t})(1 + \gamma_{q_t}),$$

kar pomeni, da je realna stopnja rasti BDP

$$\gamma_{rBDP_t} = \gamma_{BDP_t} - \gamma_{P_t},$$

če je produkt  $\gamma_{P_t}\gamma_{q_t}$  relativno majhen.

Maddison (2001) je konstruiral časovno serijo za povprečne stopnje rasti dohodka na prebivalca za **svet** od leta 1000 naprej. Tabela ?? povzema te številke in kaže, da je hitra rast BDP na prebivalca fenomen, ki je značilen za obdobje po letu 1870. Pred tem so bile povprečne stopnje rasti relativno skromne, bistveno nižje od odstotka na leto. V obdobju po letu 1870 pa stopnje rasti presegajo 1 odstotek, z izjemo obdobja obeh svetovnih vojn. Najhitrejšo rast je bilo opaziti šele v zadnjem času, od leta 1950 do 1973. Čas obeh naftnih šokov (1973, 1979) pa je obdobje nižje gospodarske rasti.

Tabela 2: Povprečna letna rast BDP na prebivalca za svet [v odstotkih]

Leto	Stopnja rasti BDP na prebivalca
1000-1500	0.05
1500-1820	0.05
1820-1870	0.5
1870-1913	1.3
1913-1950	0.9
1950-1973	2.9
1973-1998	1.4

Vir: Angus Maddison, 2001.

Maddison je pripravil podatke tudi za bolj in manj razvite države, ki jih povzemamo v Tabelah 3 in 4. Oba pod-vzorca potrjujeta naše sklepe, saj se stopnje rasti v času povečujejo tako za bolj kot manj razvite države.

Tabela 3: Rast BDP na prebivalca za 16 razvitih držav

Obdobje	Stopnja rasti [v odstotkih]	Število držav
1870-1890	1.2	13
1890-1910	1.5	14
1910-1930	1.3	16
1930-1950	1.4	16
1950-1970	3.7	16
1970-1990	2.2	16

Vir: Angus Maddison in Barro in Sala-i-Martin (1999).

Tabela 4: Rast BDP na prebivalca za 15 razvitih držav

Obdobje	Stopnja rasti [v odstotkih]	Število držav
1900-1913	1.2	15
1913-1950	0.4	15
1950-1970	2.6	15
1970-1990	2.4	15

Vir: Angus Maddison in Barro in Sala-i-Martin (1999).

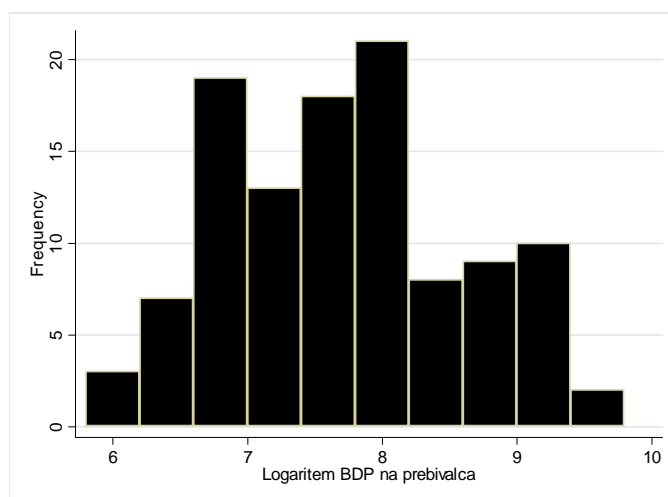
## 1.2 Mednarodne primerjave

V Tabeli 12 lahko vidimo primerjavo BNP in BDP na prebivalca v tekočih dolarjih in pa korigirani za razlike v kupni moči. Iz tretjega stolpca je razvidno, da so razlike v dohodkih med državami relativno velike, saj je npr. v Švici BNP na prebivalca kar 380 krat večji kot v Etiopiji. Vendar pa so razlike v blaginji v resnici manjše, saj je potrebno upoštevati, da tekoči devizni tečajji ne upoštevajo razlik v ravneh cen. Namreč, raven cen je v revnejših državah

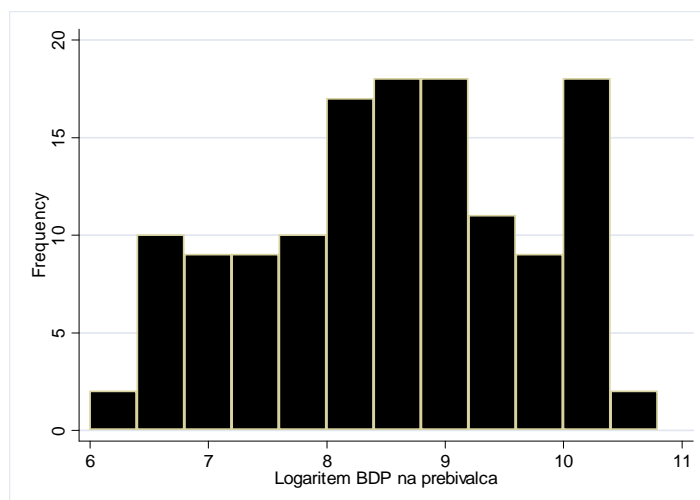
tipično nižja kot v bogatejših državah. Tako je dohodek za Švico, ZDA in Združeno kraljestvo korigiran navzdol, za ostale države pa navzgor. Posebej velike korekcije je opaziti predvsem v državah kot so Kitajska, Indija in Etiopija. Glavni razlog za te razlike je v tem, da so storitve v revnejših državah bistveno cenejše, ostale dobrine pa niti ne toliko.

Sedaj pa si še pogledimo primerjavo distribucij v času. V Sliki 1 je prikazana svetovna porazdelitev BDP na prebivalca leta 1960, v Sliki 2 pa za leto 2000. Tako leta 1960 kot tudi 2000, lahko opazimo, da so razlike v dohodkih na prebivalca relativno velike in da se v času niso zmanjšale. Nasprotno, leta 2000 lahko opazimo, da je porazdelitev bimodalna, kar pomeni, da ima dva vrha. Prvi vrh se nanaša na manj razvite države, drugi vrh pa na najbolj razvite države, ki se oddaljujejo.

Opozoriti velja, da je za 1 odstotno točko višja rast v 40. letih pomeni za 49% večjo stopnjo razvitosti ( $y_{2000} = y_{1960}(1 + \gamma)^{40} \Rightarrow \frac{y_{2000}}{y_{1960}} = 1.01^{40} = 1.49$ ). Seveda velja tudi nasprotno. Glede na to, da imajo nekatere države v povprečju stopnjo rasti -2%, to pomeni, da se stopnja razvitosti zniža na 45% začetne stopnje razvitosti ( $\frac{y_{2000}}{y_{1960}} = 0.98^{40} = 0.45$ ). Države z negativno povprečno stopnjo rasti je moč najti predvsem v Afriki, kjer se takšno nazadovanje običajno povezuje z vojnami oziroma z epidemijami. Če sklenemo, kakšna je torej dolgoročna oziroma povprečna stopnja rasti na dolgi rok je ključnega pomena, saj se z dolžino obdobja primerjave razlika povečuje eksponentno.



Slika 1: Svetovna Porazdelitev BDP na prebivalca (popravljen za PPP), 1960 (Vir: Penn World Tables.)

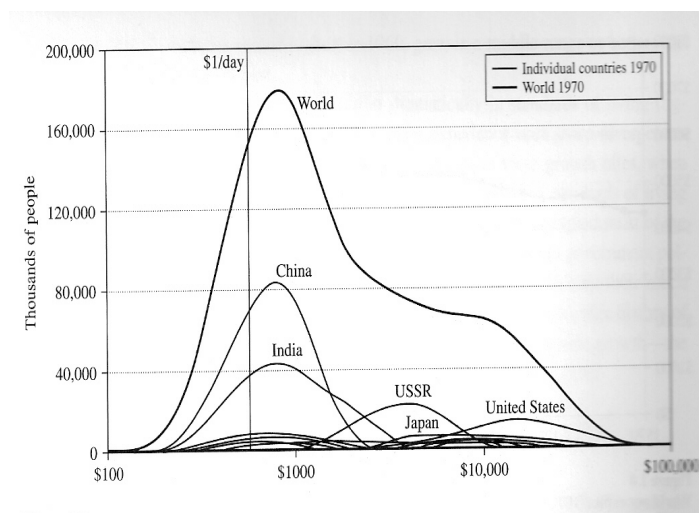


Slika 2: Svetovna Porazdelitev BDP na prebivalca (PPP popravljen), 1960 (Vir: Penn World Tables.)

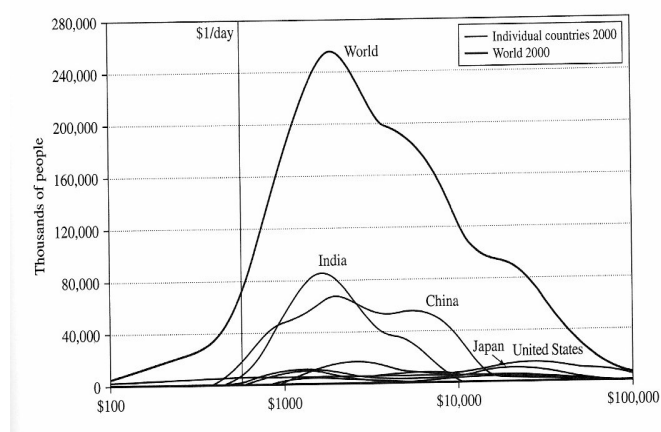
V Slikah 1.1 in 1.2 sta prikazani še porazdelitvi dohodkov na osebo na podlagi podatkov o dohodkih posameznih oseb. Ti dve sliki se razlikujeta od prejšnjih v tem, da je bila tam enota opazovanja država, v slednjih dveh pa je enota opazovanja oseba. Na podlagi porazdelitev, ki temeljijo na državah kot enotah opazovanja smo trdili, da je prišlo v času do divergence v dohodkih, medtem ko na podlagi oseb kot enot opazovanja lahko trdimo, da je bil dosežen velik napredek, še posebej v državah kot sta Kitajska in Indija. Pri interpretaciji rezultatov je zato potrebna previdnost, saj so afriške države pravzaprav najpomembnejše področje stagnacije, medtem ko je v preostalih delih sveta gospodarska rast prej značilnost kot izjema.

Na koncu pa še opazka glede konvergence stopenj razvitosti. V kolikor bi bila spošna značilnost gospodarstev, da le-ta konvergirajo k enaki stopnji razvitosti, bi nas to dejstvo lahko navdalo z optimizmom. Vendar pa nas negativne stopnje rasti BDP na prebivalca navdajajo z dvomom. V Sliki 1.2 zato prikazujemo povprečne stopnje rasti BDP na prebivalca za obdobje med 1960 in 2000 ter izhodično raven BDP na prebivalca. Glede na to, da očitno ni nikakršne povezave, torej niti pozitivne niti negativne, ne moremo sklepati, da revnejše države rastejo v povprečju hitreje. Takšen rezultat pa je vsaj delno posledica samega dejstva, da pri tem ne upoštevamo številnih dejavnikov kot so na primer epidemije in vojne. Dejstvo je, da zgodovina ponuja številne primere držav, ki so dokazale, da je mogoče narediti razvojni preboj in relativno hitro nadoknaditi razvojni zaostanek. Takšen primer je bila Japonska, kasneje pa tudi države, ki so jih slikovito poimenovali azijski tigri. V zadnjem času pa sta takšni državi Kitajska in Indija, ki sta dosegali stopnje rasti v višini 8-10%. Slika 3 zato prikazuje pogojno konvergenco med najbolj razvitimi državami, ki so med seboj primerljive v tehnološkem napredku in institucionalnih značilnostih. Iz nje je razvidno, da bolj razvite države

rastejo počasneje kot manj razvite države.



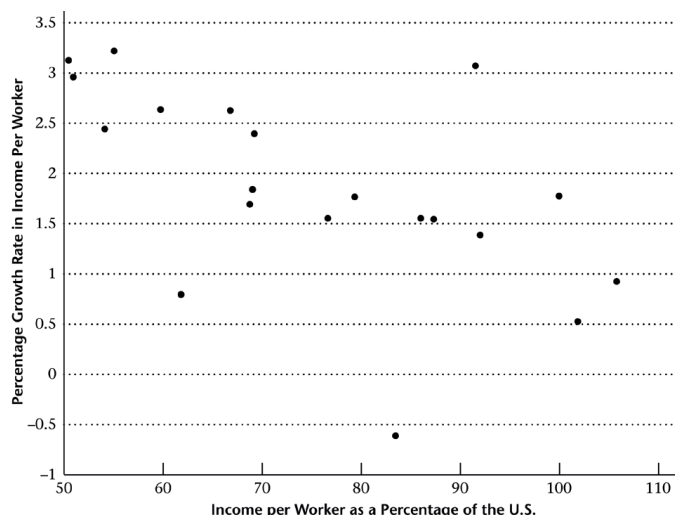
Svetovna porazdelitev dohodka na prebivalca po posameznikih, 1970 (Vir: Barro in Sala-i-Martin, 2004)



Svetovna porazdelitev dohodka na posameznika, 2000 (Vir: Barro in Sala-i-Martin, 2004)



Absolutna konvergenca, 1960-2000 [PPP]



Slika 3: Pogojna konvergenca med najbolj razvitimi državami sveta, 1960-2000

Na koncu pa še posebnost - tranzicija, ki je poskrbela za veliko presenečenje. In sicer agregatna proizvodnja je po liberalizaciji cen padla med 18% in 70%. Slovenija je kot bolj razvita država upadla manj, Gruzija pa je doživela dramatičen padec na skoraj 30% izhodiščne vrednosti BDP. Za ostale države lahko vidimo evolucijo indeksov BDP v Sliki ??.

Vir: Polanec (2001).

Osnovni cilj teorije rasti je poskušati poiskati odgovore na naslednja vprašanja:

1. Zakaj gospodarstva rastejo na dolgi rok?
2. Zakaj obstajajo pomembne razlike v stopnjah razvitosti med državami?
3. Zakaj so razlike v stopnjah rasti med državami?

V splošnem bomo ločili med dvema tipoma teorij. Prvi tip poudarja akumulacijo produkcijskih faktorjev kot sta fizični in človeški kapital. Drugi tip pa poudarja skupno faktorsko produktivnost. Skupna faktorska produktivnost naj bi odražala novo tehnologijo, pa tudi druge dejavnike kot so institucije (demokracija, zakonodaja, korupcija, delež države v BDP, odprtost mednarodni trgovini, itd.). Začnimo torej s teorijami, ki izpostavljajo akumulacijo.

### 1.3 Akumulacija

Preden nadaljujemo, pa velja opozoriti na Kaldorjeva stilizirana dejstva, ki jih je Kaldor (1960) zbral z namenom motivacije katerekoli teorije rasti. In sicer, gre za dejstva:



1. Agregatna proizvodnja na prebivalca raste v času in ta se ne zmanjšuje v času. Dolgoročna rast BDPpc je bila okrog 2 odstotkov.
2. Fizični kapital na delavca raste v času.
3. Neto in bruto stopnja donosa ( $r, r + \delta$ ) sta konstantni. Neto donos je okrog 9 odstotkov. (Vendar pa bruto narašča od 12% leta 1947 na 14% v letu 2000.)
4. Razmerje med fizičnim kapitalom in outputom ( $\frac{K}{Y}$ ) je skorajda konstantno, okrog 2.2. (bolj ustrezna beseda je stacionarno, kar pomeni, da so odkloni prehodni).
5. Deleži dela in dohodka v nacionalnem dohodku so približno konstantni. Delež dela je 2/3, delež kapitala pa 1/3.
6. Stopnja rasti agregatne proizvodnje na delavca se razlikujejo med državami.

Več o teh dejstvih je zapisal Paul Evans (2000), ki je tudi pokazal, da ta dejstva niso povsem ustrezna. Neoklasični model rasti je prvi teoretični model, ki je skladen s Kaldorjevimi stiliziranimi dejstvi.

### 1.3.1 Neoklasična teorija rasti: Solow-Swanov (1956) model

**Splošne značilnosti** Model bomo analizirali tako, da izključimo iz analize podjetja kot ločene enote in tako trge na katerih se faktorji in dobrine menjajo. Namesto tega podjetja/gospodinjstva predstavljajo sestavljeno enoto - ki ima v lasti tako vse proizvodne faktorje, kot dostop do tehnologije, ki predstavlja navodilo za pretvorbo vmesnih proizvodov v končne.

V osnovni različici Solow-Swanovega modela imamo dva proizvodna faktorja - delo ( $L$ ) in kapital ( $K$ ). Proizvodna funkcija ima v splošnem naslednjo obliko

$$Y(t) = F[K(t), L(t), A(t)], \quad (1)$$

kjer je  $A$  indeks tehnologije ter  $t$  časovni indeks. Predpostavljamo, da je samo ena proizvodna tehnologija, output pa je homogena dobrina, ki jo lahko potrošimo ( $C(t)$ ) oziroma investiramo ( $I(t)$ ) ter tako ustvarimo dodatne enote fizičnega kapitala  $K(t)$ . Primer takšne eno-sektorske tehnologije so živalske farme, kjer se lahko živali pojedjo ali pa se uporabijo kot inputi za proizvodnjo več živali. Bistvo je, da je pretvorba iz potrošne v kapitalsko dobrino in obratno enostavna in tako brez kakršnih koli stroškov.

Zaenkrat tudi predpostavljamo, da je gospodarstvo zaprto in da gospodinjstva ne morejo kupovati tujih imetij in prodajati domačih imetij. V zaprtem gospodarstvu je proizvod enak dohodku in investicije so enake varčevanju.

S  $s(\cdot)$  bomo označevali stopnjo varčevanja, tako da je  $1 - s(\cdot)$  delež dohodka, ki je potrošen. Kot smo že izpostavili v začetku tega poglavja, bomo zaenkrat predpostavljali, da je stopnja varčevanja eksogeno dana in ni del potrošniške odločitve o potrošnji v času.

Predpostavljamo tudi konstantno stopnjo amortizacije,  $\delta > 0$ , kar pomeni da se v vsakem trenutku konstanten delež kapitala izrabi in ne more biti več uporaben v proizvodnji. (V skladu z analogijo živalske farne konstanten del živali v vsakem trenutku umre.)

Povečanje stoga kapitala v vsakem trenutku  $t$  je enako

$$\dot{K}(t) = I(t) - \delta K(t) = sF(K(t), L(t), A(t)) - \delta K(t), \quad (2)$$

kjer je  $\dot{K}(t)$  odvod kapitala po času. Enačba (2) je diferencialna enačba in določa dinamiko dinamiko kapitala ob dani delovni sili in tehnologiji.

Delovna sila (ki je enaka prebivalstvu)<sup>1</sup> raste po konstantni stopnji  $n$ , torej se razvija v skladu z diferencialno enačbo:  $\dot{L}(t) = nL(t)$ .

Tehnologija tudi raste po konstantni stopnji  $x$ , kar pomeni  $\dot{A}(t) = xA(t)$ .

**Neoklasična produkcijska funkcija** Neoklasična produkcijska funkcija ima naslednjo obliko

$$Y(t) = F[K(t), A(t)L(t)]. \quad (3)$$

Ta produkcijska funkcija ima pomembno značilnost -  $A$  in  $L$  vstopata v enačbo multiplikativno. Produkt  $AL$  se imenuje **efektivno ali učinkovito delo**, tehnološki napredek pa dopolnjuje delo (angl. labor augmenting) oziroma Harrod-nevtralen.<sup>2</sup> Ta predpostavka je ključna, da se razmerje med kapitalom in agregatno proizvodnjo v modelu na dolgi rok ustali, kar je eden izmed Kaldorjevih empiričnih regularnosti, ki jim mora model ustrezati. Posledica tega pa je tudi bistveno bolj preprosta analiza kot če bi tehnologija vstopala v produkcijsko funkcijo na druga dva načina.

Za neoklasično produkcijsko funkcijo je ključnih več predpostavk, ki se nanašajo na funkcijsko obliko. Prva je, da produkcijska funkcija izkazuje konstantne donose obsega v obeh argumentih. To pomeni, da je  $F(qK, qAL) = qF(K, AL)$ , za vsak  $q \geq 0$ . Kaj je v ozadju te predpostavke? Najprej je potrebno poudariti, da je lastnost konstantnih donosov značilna za celotno gospodarstvo, torej za agregatno produkcijsko funkcijo. Ali to pomeni, da se lahko poljubna oblika podjetniških produkcijskih funkcij sešteje v agregatno produkcijsko funkcijo s

<sup>1</sup>Z vidika kvalitativnih značilnosti modela je vseeno, če je delovna sila enaka prebivalstvu oziroma je proporcionalna.

<sup>2</sup>Če bi tehnologija vstopala v obliki  $Y = F(AK, L)$ , bi tehnološki napredek dopolnjeval kapital. Če pa vstopa v obliki  $Y = AF(K, L)$  pa gre za Hicks-nevtralen tehnološki napredek.

konstantnimi donosi? Ne. Donosi so lahko na podjetniški ravni padajoči. V tem primeru vsa podjetja proizvajajo pri minimalnem obsegu in povečanje proizvodnje se lahko doseže z dodatnimi enotami, ki imajo enake količine faktorjev. Tako pridemo od padajočih donosov na individualni ravni do konstantnih na agregatni ravni. Kaj pa če so donosi naraščajoči? Če so donosi naraščajoči preko vseh mej, potem tudi agregatna produkcijska funkcija izkazuje naraščajoče donose obsega. Če pa so donosi naraščajoči do določenega obsega, pa so donosi lahko konstantni, če je gospodarstvo dovolj veliko. V ozadju je torej predpostavka, da so donosi naraščajoči le do določenega obsega in da je gospodarstvo dovolj veliko, da je možna replikacija podjetij. Druga implicitna predpostavka pa je, da ostali produkcijski faktorji, kot je npr. zemlja niso omejujoči.

Predpostavka konstantnih donosov je koristna, saj lahko produkcijsko funkcijo zapišemo v bolj intenzivni obliki. Če izberemo  $q = \frac{1}{AL}$ , lahko produkcijsko funkcijo (3) zapišemo kot

$$F\left(\frac{K}{AL}, 1\right) = \frac{1}{AL} F(K, AL), \quad (4)$$

kjer je  $\frac{K}{AL}$  količina kapitala na enoto efektivnega dela in  $\frac{F(K, AL)}{AL}$  je output na enoto efektivnega dela. Naj bosta  $k = \frac{K}{AL}$  in  $y = \frac{Y}{AL}$  ter  $f(k) = F(k, 1)$ . Potem lahko zapišemo

$$y = f(k). \quad (5)$$

To pomeni, da lahko output na efektivno delo zapišemo kot funkcijo kapitala na efektivno delo.

Druga predpostavka je, da produkcijska funkcija izpolnjuje naslednje pogoje

$$\begin{aligned} f(0) &= 0, \\ f'(k) &> 0, \\ f''(k) &< 0. \end{aligned}$$

To pomeni, da gre produkcijska funkcija skozi izhodišče, je naraščajoča in konkavna. Zanimivo je, da je zaradi predpostavke konstantnih donosov obsega odvod intenzivne produkcijske funkcije hkrati tudi mejni produkt kapitala:  $\frac{\partial F(K, AL)}{\partial K} = \frac{1}{AL} \frac{\partial f(\frac{K}{AL}) AL}{\partial K} = f'(k)$ .

Tretja predpostavka je, da produkcijska funkcija izpolnjuje t.i. Inada pogoje (1964)

$$\lim_{k \rightarrow 0} f'(k) = \infty, \quad \lim_{k \rightarrow \infty} f'(k) = 0. \quad (6)$$

Ti pogoji zgolj zahtevajo, da je mejni produkt velik, ko je kapital blizu nič in da je mejni

produkt majhen, ko je kapital dovolj velik. Kot bomo videli je to pogoj, ki zagotavlja obstoj uravnotežene poti rasti (angl. balanced growth path).

**Dinamika modela** Izkaže se, da se je koristno osredotočiti na dinamiko kapitala na enoto efektivnega dela,  $k(t) = \frac{K(t)}{A(t)L(t)}$ . Odvod kapitala na enoto efektivnega dela, po pravilu odvajanja sestavljenih funkcij po času

$$\begin{aligned} \dot{k}(t) &= \frac{\dot{K}(t)}{A(t)L(t)} - \frac{K(t)}{[A(t)L(t)]^2} [A(t)\dot{L}(t) + \dot{A}(t)L(t)] = \\ &= \frac{\dot{K}(t)}{A(t)L(t)} - \frac{K(t)}{A(t)L(t)} \frac{\dot{L}(t)}{L(t)} + \frac{K(t)}{A(t)L(t)} \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = \\ &= \frac{\dot{K}(t)}{A(t)L(t)} - (n+x)k(t). \end{aligned} \quad (7)$$

$\dot{K}(t)$  je dan z enačbo (2). Z zamenjavo  $\dot{K}(t)$  v (7) dobimo

$$\begin{aligned} \dot{k}(t) &= \frac{sY(t) - \delta K(t)}{A(t)L(t)} - (n+x)k(t) = \\ &= sy(t) - (n+x+\delta)k(t) = \\ &= sf(k(t)) - (n+x+\delta)k(t) \end{aligned} \quad (8)$$

Enačba (8) je ključna enačba Solow-Svanovega modela. Stopnja spremembe kapitala na efektivno delo je razlika med dvema členoma  $sf(k(t))$  in  $(n+x+\delta)k(t)$ . Prvi člen predstavlja dejanske investicije na enoto efektivnega dela, drugi člen pa nadomestitvene investicije na enoto dela (tudi prelomne investicije na enoto dela, angl. break-even investment). **Dejanske investicije** so odvisne od produkta na efektivno delo in stopnje varčevanja. (Spomnimo se, da je gospodarstvo zaprto in ni države, kar pomeni da je varčevanje enako bruto investicijam.)

**Nadomestitvene investicije** so investicije, ki jih moramo dosegati, če hočemo, da kapital na efektivno enoto dela ne začne padati. Kapital na efektivno delo pada zaradi dveh razlogov: (i) kapital se amortizira, kar je člen  $\delta k$  in (ii) količina efektivnega dela narašča po stopnji  $n+x$ . Zato ni dovolj, da se investira ravno toliko, da je kapital konstanten (zgolj nadomeščanje amortiziranega kapitala). Za ohranjanje kapitala na efektivno delo je potrebno dodatno povečevati kapital tudi zato, ker efektivno delo narašča.

Ko dejanske investicije na enoto efektivnega dela presegajo nadomestitvene investicije,  $k$  narašča,  $\dot{k} > 0$ . Ko pa so dejanske investicije manjše od nadomestitvenih investicij, kapital na efektivno delo pada.

**Določitev ustaljenega stanja** Ustaljeno stanje je situacija v kateri različne spreminljivke rastejo po enaki stopnji. V Solow-Swanovem modelu je ustaljeno stanje doseženo, ko je  $\dot{k}(t) = 0$ , kar pomeni da so dejanske investicije enake nadomestitvenim investicijam

$$sf(k^*) = (n + x + \delta)k^*. \quad (9)$$

Ker je  $f(0) = 0$ , ima model dve ustaljeni stanji, eno pri  $k = 0$  in drugo pri  $k > 0$ . Glede na to, da analiziramo proces rasti, nas zanima zgolj ustaljeno s pozitivnim kapitalom na osebo,  $k^* > 0$ . Obstoj tega ustaljenega stanja je zagotovljen z Inada pogojem. Ker je  $f'(k)$  blizu  $k = 0$  velik in ko gre  $k \rightarrow \infty$  gre proti nič in ker je  $(n + \delta + x)k$  linearna funkcija, mora obstajati presečišče med obema krivuljama.

Za ustaljeno stanje je značilno ne zgolj to, da je  $k^*$  konstanten ampak da sta tudi proizvodnja in potrošnja na enoto efektivnega dela  $y^* = f(k^*)$  in  $c^* = (1 - s)f(k^*)$  konstanti.

Kakšna pa je rast proizvoda in potrošnje na enoto dela v ustaljenem stanju? Glede na to, da je dohodek na proizvod produkt dohodka na efektivno delo in tehnološke konstante, je rast  $\frac{Y(t)}{L(t)} = A(t)y^*(t) = A(t)f(k^*(t))$  enaka vsoti stopenj rasti tehnologije in produkta na efektivno delo. Rast tehnologije je enaka  $x$ , output na efektivno delo pa v ustaljenem stanju ne raste

$$\gamma_{(Y/L)^*} = \gamma_A + \gamma_{y^*} = \gamma_A = x.$$

Sklenemo lahko, da Solow-Swanov model dopušča *dolgoročno* rast zgolj zaradi rasti tehnologije in ne zaradi kapitala. Ta rast je z vidika modela eksogena, saj ni določena znotraj modela, zato sodi Solow-Swanov model v kategoriji modelov eksogene rasti. (In hkrati modelov, kjer je stopnja varčevanja eksogena.)

Kaj pa rast agregatne proizvodnje? Agregatna proizvodnja je produkt outputa na efektivno delo in efektivnega dela. Ker efektivno delo raste po stopnji, ki je enaka vsoti stopenj rasti tehnologije in dela,  $\gamma_{AL} = \gamma_A + \gamma_L = x + n$ , je temu enaka tudi rast agregatne proizvodnje,

$$\gamma_{Y^*} = x + n.$$

**Vpliv sprememb  $s, x, n, \delta$**  Naslednje vprašanje, ki nas zanima je, kaj napoveduje Solow-Swanov model, če **povečamo stopnjo varčevanja**,  $s$ . Ali se zaradi tega poveča dolgoročna rast? Ne, saj je dolgoročna rast kapitala na efektivno delo še vedno enaka 0. Kaj torej pomeni povečanje stopnje varčevanja? Iz enačbe (9) je razvidno, da sprememba stopnje varčevanja mora vplivati na kapital na efektivno delo ustaljenega stanja. Povečanje  $s$  poveča levo stran enačbe

in za ponovno vzpostavitev se mora  $k^*$  povečati. To lahko vidimo iz enačbe rasti kapitala na efektivno delo, ki je zgolj (8) deljena s  $k(t)$  :

$$\gamma_k(t) = \frac{\dot{k}(t)}{k(t)} = s \frac{f(k(t))}{k(t)} - (n + x + \delta). \quad (10)$$

Predpostavimo, da smo ob začetni višini  $s$  v ustaljenem stanju,  $k_1^*$ . Po definiciji je takrat  $\frac{\dot{k}(t)}{k(t)} = 0$ . Povečanje stopnje varčevanja poveča prvi člen, ter ob nespremenjenem  $k$ , je  $\gamma_k(t)$  pozitivna. Približevanje novemu ustaljenemu stanju, označimo ga s  $k_2^*$ , pa znižuje stopnjo rasti, dokler to ustaljeno stanje ni doseženo. Slika 16 prikazuje spremembo ustaljenega stanja kapitala na osebo ob povečanju stopnje varčevanja.

Kaj pa se v tem obdobju dogaja z rastjo proizvoda na efektivno delo,  $y$ ? Tudi ta v vmesnem obdobju narašča in sicer po stopnji, ki jo izračunamo lahko s pomočjo intenzivne produkcijske funkcije,  $y = k^\alpha$ . Stopnja rasti proizvoda izven ustaljenega stanja je enaka

$$\gamma_y(t) = \alpha \gamma_k(t) = \alpha \left[ s \frac{f(k(t))}{k(t)} - (n + x + \delta) \right], \quad (11)$$

medtem ko je stopnja rasti agregatnega proizvoda, torej  $Y(t) = A(t)L(t)y(t)$  enaka

$$\gamma_Y(t) = \alpha \left( s \frac{f(k(t))}{k(t)} - \delta \right) + (1 - \alpha)(n + x). \quad (12)$$

Posledica povečane stopnje varčevanj vodi tudi v povečano stopnjo rasti celotnega proizvoda.

Še enkrat poudarimo, da povečanje stopnje varčevanja v Solow-Swanovem modelu ne vpliva na dolgoročno rast. Vpliva le na rast na srednji rok, ko se gospodarstvo premika k ustaljenemu stanju z rastjo kapitala na efektivno delo.

Naslednje vprašanje je, kako vpliva na dolgoročno rast kapitala in outputa na efektivno delo **povečanje stopnje rasti tehnološkega napredka**. Čeprav je rezultat drugačen kot pri stopnji varčevanja pa je postopek izračuna podoben. Zato lahko pri določitvi rasti uporabimo kar zgornje enačbe. Iz enačbe (10) je očitno, da se ob povečanju stopnje rasti  $x$  poveča tudi stopnja rasti nadomestitvenih investicij  $(n + x + \delta)$ . Zaradi tega je ob nespremenjenem  $k$ , stopnja rasti kapitala na efektivno delo negativna dokler se ne ustali v novem ustaljenem stanju. Stopnja rasti agregatne proizvodnje na enoto efektivnega dela prav tako pade na kratek rok. Rast agregatne proizvodnje je na dolgi rok višja za razliko v stopnji rasti tehnologije pred in po spremembi, na kratek rok pa je smer spremembe odvisna od velikosti parametrov. Na kratek

rok se sicer stopnja rasti agregatne proizvodnje zmanjša, nato pa se počasi povečuje in približuje dolgoročnemu ravnotežju.

**Domača naloga.** Analiziraj posledice spremembe stopnje rasti prebivalstva in stopnje amortizacije na stopnjo rasti kapitala in proizvodnje na efektivno delo ter rast proizvoda.

**Zlato pravilo rasti** Dolgoročni cilj gospodarstva ni maksimizacija gospodarske rasti proizvodnje ampak rast potrošnje. V dosedanji analizi smo predpostavljali, da je stopnja varčevanja,  $s$ , eksogeno dana. Ugotovili smo, da ob danih vrednostih parametrov modela, za vsako stopnjo varčevanja obstaja enolična vrednost  $k^*$ . Raven potrošnje na efektivno delo v ustaljenem stanju je  $c^* = (1 - s)f(k^*(s))$ . Ker je  $sf(k^*) = (n + x + \delta)k^*$ , lahko izraz za  $c^*$  zapišemo kot

$$c^*(s) = f(k^*(s)) - (n + x + \delta)k^*(s). \quad (13)$$

Pri nizkih vrednostih stopnje varčevanja, potrošnja na efektivno delo narašča, pri visokih pa pada.  $c^*$  doseže maksimalno vrednost pri natančno določeni stopnji varčevanja, ki je določena z naslednjo enačbo

$$\frac{dc^*(s)}{ds} = f'(k^*)\frac{dk^*}{ds} - (n + x + \delta)\frac{dk^*}{ds} = 0,$$

kar lahko poenostavimo v

$$f'(k_{ZP}^*) = n + x + \delta, \quad (14)$$

kjer  $k_{ZP}^*$  označuje kapital na enoto efektivnega dela pri katerem je potrošnja največja. Ta pogoj v literaturi imenujemo zlato pravilo akumulacije kapitala (Phelps, 1966).<sup>3</sup>

Zlato pravilo akumulacije kapitala pa je pomembna osnova za presojo ali so gospodarstva dinamično učinkovita. Če je stopnja varčevanja višja od  $s_{ZP}$ , ki ustreza  $k_{ZP}^*$ , potem bi lahko vse generacije potrošnikov z zmanjšanjem stopnje varčevanja trošile več na enoto efektivnega dela. To pomeni, da je gospodarstvo **dinamično neučinkovito**. Dinamična neučinkovitost pa se ne more zgoditi v gospodarstvu, kjer se potrošniki odločajo o optimalnem razmerju med potrošnjo in varčevanjem. Zaradi tega bomo v nadaljevanju opustili predpostavko eksogene stopnje varčevanja in dopustili, da se ta spreminja v skladu s pogoji dinamične optimizacije.

**Primer: Cobb-Douglasova tehnologija** Doslej smo produkcijsko funkcijo omejili zgolj tako, da je izpolnjevala ključne predpostavke, konstantnih donosov obsega, padajočih mejnih donosov ter konkavnosti in Inada pogojev. Sedaj pa računsko analizirajmo ta model za primer

<sup>3</sup>Izvor imena je svetopisemsko zlato pravilo obnašanja, ki pravi: "ne delaj drugim tega, česar sam ne bi rad, da da ti naredijo drugi". Ekonomska interpretacija tega pravila je maksimalna potrošnja ob omejitvi, da imajo vse generacije enako potrošnjo.

Cobb-Douglasove produkcijske funkcije. Produkcijska funkcija ima naslednjo obliko

$$Y(t) = K(t)^\alpha (A(t)L(t))^{1-\alpha}.$$

Output na efektivno delo je

$$y(t) = \frac{Y(t)}{A(t)L(t)} = \left( \frac{K(t)}{A(t)L(t)} \right)^\alpha = k(t)^\alpha.$$

Dinamična enačba kapitala na efektivno delo je

$$\begin{aligned} \dot{k}(t) &= sy(t) - (\delta + n + x)k(t) = \\ &= sk(t)^\alpha - (n + \delta + x)k(t). \end{aligned}$$

Ustaljeno stanje kapitala na osebo, ki se v času ne spreminja, določa pogoj  $\dot{k}(t) = 0$

$$k^* = \left( \frac{s}{n + \delta + x} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}},$$

output na enoto efektivnega dela je

$$y^* = \left( \frac{s}{n + \delta + x} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}},$$

output pa je

$$Y^*(t) = A(t)L(t) \left( \frac{s}{n + \delta + x} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}.$$

Potrošnja na efektivno delo v skladu z zlatim pravilom je

$$c_{ZP} = (1 - \alpha) \left( \frac{\alpha}{n + \delta + x} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}},$$

ker je  $s = \alpha$ .

Stopnja rasti kapitala na enoto dela je  $\gamma_{K/L} = x$ , stopnja rasti kapitala je  $\gamma_K = x + n$ , stopnja rasti agregatnega outputa pa  $\gamma_Y = x + n$ .

**Konsistentnost Solow-Swanovega modela z empiričnimi dejstvi** Solow-Swanov model je v skladu z vsemi empiričnimi regularnostmi, ki naj bi jih izpolnjeval teoretični model rasti. Na dolgi rok je rast stabilna, razmerje med kapitalom in outputom je konstantno, deleži dohodkov so stabilni ter stopnje donosa konstantne.

Večje težave pa ima ta model pri pojasnjevanju mednarodnih razlik dohodku in pri



pojasnjevanju dolgoročne rasti.

**Nezmožnost pojasnjevanja razlik v razvitosti** Miselni eksperiment, ki je pokazal zakaj Solow-Swanov model ni najboljši je prvi naredil Robert E. Lucas (1990). Njegov argument je, da so izmerjene razlike v razvitosti tako velike, da zahtevajo nerealistično velike razlike v kapitalu na osebo ter stopnjah donosa. Poglejmo si ta miselni eksperiment bolj podrobno.

Tipična predpostavka Solow-Swanovega modela je, da imajo vse države dostop do enake tehnologije, torej je  $A_i(t) = A_j(t)$ , pri čemer sta  $i$  in  $j$  dve državi. To pomeni, da je razlike v dohodku med državami mogoče pojasniti zgolj z razlikami v kapitalu na osebo. Da bomo še bolj konkretni, si zamislimo dve državi, Luksemburg in Kitajsko. Po PPP primerjavi ima Luksemburg kar 10 krat večji dohodek na prebivalca. Če to prenesemo v kontekst Solow-Swanovega modela in predpostavimo, da je produkcijska funkcija Cobb-Douglasove oblike ter  $\alpha = 1/3$ , lahko zapišemo razmerje dohodka na prebivalca takole

$$\frac{y_{Luk}}{y_{Kit}} = 10 = \left( \frac{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Luk}}{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Kit}} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

Ob razmerju med dohodkoma na prebivalca, ki je 10, mora biti razlika v kapitalu na prebivalca med državama 1000:  $\frac{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Luk}}{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Kit}} = 10^3$ . To razmerje je bistveno previsoko v primerjavi z dejanskimi razlikami. In ne samo to, razmerje med kapitalom na prebivalca v obeh državah pa ima posledice tudi za razlike v donosnosti kapitala. Ker je mejni produkt kapitala  $f'(k) = F'_K(K, L)$  za Cobb-Douglasovo produkcijsko funkcijo  $A(t)^{1-\alpha} \left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)^{\alpha-1}$ , je ob razmerju  $\frac{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Luk}}{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Kit}} = 1000$ , razmerje donosov enako  $\left( \frac{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Luk}}{\left(\frac{K(t)}{L(t)}\right)_{Kit}} \right)^{2/3} = 1000^{2/3} = 100$ . To pomeni, da bi moral biti donos kapitala na Kitajskem kar 100 krat večji od donosa v Luksemburgu. Glede na to, da je donos kapitala v razvitih državah na dolgi rok vsaj nekaj odstotkov, bi moral biti donos na Kitajskem nekaj sto odstotkov, kar je popolnoma nerealistično. Razlike v donosih pa lahko opzaujemo tudi posredno. Če te obstajajo, bi moral kapital teči od bogatih držav k revnim državam. Temu pa ni tako, saj je večina tokov kapitala še vedno med najbolj razvitimi državami. Ta tok se sicer v zadnjem času nekoliko obrača, kar je zaznati tudi v Sloveniji, kjer intenzivno prejemamo kapital od bogatejših sosed, hkrati pa sami investiramo v tujino. Ob koncu leta 2002 je bil obseg tujih neposrednih naložb v Sloveniji 5.5 mrd. USD, domačih v tujini pa 1.4 mrd. USD.

**Konvergenca dohodka na prebivalca** Solow-Swanov model napoveduje, da bo med državami z različno stopnjo razvitosti prišlo do konvergence, če so vsi parametri enaki. To pomeni, da je dostop do tehnologije enak, stopnje varčevanja in amortizacije, rasti tehnologije

in prebivalstva. To nazorno kaže Slika 16, kjer je rast kapitala razlika med dejanskimi in nadomestitvenimi investicijami. Bolj kot je neka država oddaljena od ustaljenega stanja, hitreje bo rastla in tako dohitela bolj razvite države. V empiričnih testih so ocenili, da je hitrost prilagajanja v ustaljeno stanje približno 2% na leto. To pomeni, da se na leto odpravi približno 2% razlike med tekočim dohodkom na prebivalca in ustaljenim dohodkom na prebivalca. Ob upoštevanju geometrične rasti, je  $(1 + 0.02)^t = \frac{1}{2}$  pomaga določiti v kolikšnem času bomo zmanjšali razliko do ustaljenega stanja na polovico. Izračun pokaže, da je  $t$  približno 35 let.

Ta parameter hitrosti prilagajanja, ki ga imenujemo  $\lambda$  in o katerem bo več govora v zadnjem poglavju zapiskov, kjer bodo predstavljeni empirični testi, je izračunan kot  $\lambda = (1 - \alpha)(n + \delta + x)$ . Vidimo lahko, da je za večje vrednosti  $\alpha$ , torej mejni donosi kapitala padajo počasneje (intenzivna produkcijska funkcija je bližje linearni funkciji), hitrost prilagajanja manjša. Oziroma obratno, hitreje kot padajo mejni donosi kapitala, torej manjši je  $\alpha$ , večja je hitrost konvergence.

Sedaj pa si zamislimo naslednji miselni eksperiment. Naj bo rast tehnologije,  $x$ , kot dolgoročna rast, enaka 2% na leto. Stopnja rasti prebivalstva enaka 1% ter stopnja amortizacije 5% na leto. Te vrednosti naj bi približno ustrezale ameriškim vrednostim. To pomeni, da bi ob teh vrednostih ocenjena vrednost parametra  $\lambda = 2\%$  pomenila, da je  $\alpha$ , delež dohodka kapitala kar  $3/4$ . To pa je občutno preveč. Pri vrednosti  $a = 1/3$  bi dobili hitrost konvergence, ki je približno 5% na leto. To pa je očitna nekonsistentnost Solow-Swanovega modela z realnostjo.

**Izvor dolgoročne rasti** Zadnji problem Solow-Swanovega modela pa je v tem, da pravzaprav ne pojasnjuje dolgoročne rasti. Solowov rezidual, ki naj bi bil približno 2% na leto in tvoril pretežni del gospodarske rasti je v tem modelu povsem eksogeno dan. Rast torej ni pojasnjena, kar pomeni da ta model spodleti pri temeljnem testu pojasnjevanja dolgoročne rasti. To je bila glavna spodbuda za nastanek nove veje teorije rasti, ki se imenuje teorija endogene rasti, pri čemer se endogeno navezuje na tehnologijo (in ne na varčevanje). Aghion in Howitt (1998), ki sta pomembna avtorja v tej veji teoriji rasti zagovarjata to stališče in ponujata za modeliranje ustvarjanja tehnologije preprost argument. S kreiranjem tehnologije je podobno kot s kapitalom - nastanejo stroški, ki jih je potrebno plačati. Plačilo izhaja le iz donosov (prihodnjih dobičkov), ki nastanejo zaradi investicije. Temu argumentu pa je težko kakorkoli oporekati.

### 1.3.2 Osnovni model endogene rasti: AK model

V sredini 80-tih let je skupina ekonomistov, pod vodstvom Paula Romerja (1986) postala vse bolj nezadovoljna z modeli, v katerih je dolgoročna rast eksogena. To nezadovoljstvo je motiviralo nastanek nove smeri v teoriji rasti, kjer so glavne determinante dolgoročne rasti določene znotraj

modela. Ta veja se je poimenovala endogena rast (angl. endogenous growth).

AK model je eden prvih in najbolj preprostih modelov, ki pojasnjuje gospodarsko rast znotraj modela, torej od strukturnih značilnosti gospodarstva, kot je npr. stopnja varčevanja, velikost gospodarstva idr. Glavna značilnost AK modela je odsotnost **padajočih mejnih donosov kapitala**. Globalna odsotnost padajočih donosov je na videz nerealistična, a manj tako, če kapital interpretiramo širše, tako da vključimo še človeški kapital.

Produkcijska funkcija AK modela je enaka kot je ime te produkcijske funkcije

$$Y(t) = AK(t), \quad A > 0. \quad (15)$$

Za razliko od Solow-Swanovega modela, kjer  $A$  predstavlja tehnologijo in raste po eksogeni stopnji, bo v tem primeru  $A$  zgolj tehnološka konstanta. Output na zaposlenega  $y(t) = \frac{Y(t)}{L(t)} = Ak(t)$ , povprečni in mejni produkt pa sta konstantna na ravni  $A > 0$ .

Sedaj lahko v dinamično enačbo za rast kapitala na enoto dela (10) zapišemo kot

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \gamma_{K/L} = s \frac{f(k(t))}{k(t)} - (n + \delta) = \\ &= s \frac{Ak(t)}{k(t)} - (n + \delta) = sA - (n + \delta). \end{aligned} \quad (16)$$

Zaradi tega, ker je tehnološki napredek konstanten, njegova rast ni v enačbi (16), prav tako pa ni potrebno izraza normalizirati na enoto efektivnega dela. Glavni razlog za to, da tehnologija v tem modelu ne raste pa je v tem, da želimo pokazati, da ni potrebno predpostavljati, da je rast tehnološkega napredka pozitivna, da bi lahko imeli dolgoročno rast. (Prav lahko bi dovolili rast tehnologije in tako imeli dva izvora rasti: rast kapitala in eksogena rast tehnologije.)

Izraz za rast kapitala na osebo vsebuje same parametre modela. Stopnja varčevanja je eksogena, prav tako pa tehnološka konstanta in stopnji rasti prebivalstva ter stopnja amortizacije. Očitno je, da je od vrednosti parametrov odvisno ali bo v takšnem gospodarstvu sploh prišlo do dolgoročne rasti. Če je  $sA > n + \delta$ , je dolgoročna rast kapitala na osebo pozitivna in konstantna. V primeru, da je  $sA < n + \delta$  pa je rast negativna in gospodarstvo na dolgi rok povsem zamre.

Zakaj je dolgoročna rast endogena? Zato, ker je določena s parametri modela. Za razliko od Solow-Swanovega modela, stopnja varčevanja vstopa neposredno v enačbo dolgoročne rasti. Prav tako pa stopnji rasti prebivalstva in amortizacije ter tehnološka konstanta. Višja kot je stopnja amortizacije, več kapitala v procesu rasti se izrabi in manjša je stopnja rasti kapitala na enoto dela.

Kakšna pa je rast dohodka na osebo? Ker je  $A$  konstanta in se v času ne spreminja, je rast

dohodka na osebo kar enaka rasti kapitala na osebo

$$\gamma_y = \gamma_k = sA - (n + \delta).$$

Rast agregatnega dohodka pa je zgolj vsota rasti dohodka na osebo in rasti prebivalstva, kar je

$$\gamma_Y = sA - \delta.$$

Rast potrošnje na osebo je enaka rasti dohodka na osebo, ker je  $s$  konstanta

$$\gamma_c = \gamma_y.$$

Za razliko od neoklasičnega modela rasti pa AK model ne napoveduje niti absolutne niti pogojne rasti, saj je rast dohodka povsem neodvisna od začetne ravni dohodka. To vidimo iz enačbe rasti dohodka na osebo, v katero ne vstopa dohodek. Posledica tega je, da države z nizko ravni dohodka morda nikoli ne bodo dohitele držav z visoko rastjo dohodka. Vendar pa napovedi tega modela niso tako pesimistične, saj lahko revna država, ki zaostaja poveča stopnjo varčevanja nad stopnjo varčevanja bogatejših držav in na ta način poveča dolgoročno rast.

Ker je AK model nerealističen v smislu, da ne dopušča padajočih donosov obsega kapitalu, se v literaturi pojavljajo različne specifikacije modelov, ki se lahko prevedejo v AK model. V nadaljevanju, ko bomo analizirali modele rasti tudi z endogeno stopnjo varčevanj, bomo srečali več takšnih modelov. Na tem mestu pa bomo to idejo na kratko ilustrirali to zamisel z razširjeno interpretacijo kapitala, ki vključuje tako fizični kot človeški kapital.<sup>4</sup> Na ta način ima celotni kapital konstantne donose obsega.

### 1.3.3 Razširitev Solow-Swanovega modela: človeški in fizični kapital

Mankiw, Romer in Weil sta rezultat, da bi moral biti delež kapitala v dohodku enak približno 3/4 vzeli resno. Njihov argument je, da je potrebno razširiti definicijo kapitala in poleg fizičnega kapitala v model vključiti tudi človeški kapital. Delež skupnega kapitala v višini 75% pa ni niti tako nerealističen, tako da Solow-Swanov model, ki bi vključeval tudi človeški kapital lahko zadovolji empiričnemu dejstvu,  $\lambda = 2\%$ . (Hitrost konvergence se v tem modelu izračuna kot  $\lambda = (1 - \alpha - \beta)(n + \delta + x)$ , pri čemer je  $\alpha + \beta$ , skupni delež dohodkov kapitala v celotnem dohodku, enak 2/3.) **Hitrost konvergence**, ki jo napoveduje ta model je bistveno **nižja** od tiste, ki jo

<sup>4</sup>Mankiw, Romer in Weil (1992) so tudi razširili model tako, da so vključili še človeški kapital, vendar pa je rast v tistem modelu eksogena!, torej spet določena z eksogeno rastjo tehnologije, medtem ko bo v modelu, ki ga razvijemo v nadaljevanju rast endogena.

napoveduje Solow-Swanov model, zaradi česar je ta sicer silno preprost model, "užil" veliko pozornosti. Dodatna prednost tega modela pa je tudi v tem, da so **potrebne razlike v donosnosti kapitala med državami bistveno nižje** in bliže dejanskim vrednostim. Ne glede na to, pa kritika eksogenosti dolgoročne rasti v tem modelu ostaja!

Poglejmo si sedaj ta model. Mankiw, Romer in Weil (QJE, 1992), odslej (MRW), so dodali v produkcijsko funkcijo človeški kapital, ki ga bomo odslej označevali s  $H$ . Ta se razlikuje od tehnologije, saj gre v primeru človeškega kapitala za znanje, ki je utelešeno v delavcih, medtem ko gre v primeru tehnologije za matrico (angl. blueprint), torej samo zapis kako naj se določen proizvod proizvaja.

Cobb-Douglasovo produkcijsko funkcijo razširijo in ji dodajo še en proizvodni faktor, tako da ima produkcijska funkcija naslednjo obliko

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t)L(t))^{1-\alpha-\beta}, \quad (17)$$

Dinamični enačbi za fizični in človeški kapital sta

$$\begin{aligned} \dot{K}(t) &= s_K Y(t) - \delta K(t), \\ \dot{H}(t) &= s_H Y(t) - \delta H(t), \end{aligned} \quad (18)$$

pri čemer sta  $s_K$  in  $s_H$  stopnji varčevanja za fizični in človeški kapital. Ostale predpostavke so enake kot za standardni Solow-Swanov model. Torej  $\dot{L}(t) = nL(t)$ ,  $\dot{A}(t) = xA(t)$ .

Podobno kot za običajno Cobb-Douglasovo produkcijsko funkcijo, lahko dinamični enačbi (18) preoblikujemo tako, da obe strani delimo z  $A(t)L(t)$  in preoblikujemo v

$$\begin{aligned} \dot{k}(t) &= s_K k(t)^\alpha h(t)^\beta - k(t)(n + \delta + x), \\ \dot{h}(t) &= s_H k(t)^\alpha h(t)^\beta - h(t)(n + \delta + x). \end{aligned}$$

V ustaljenem stanju je rast obeh vrst kapitala na efektivno delo enaka 0 in rešitev nelinearnega sistema enačb

$$\begin{aligned} s_K (k^*)^\alpha (h^*)^\beta &= k^*(n + \delta + x), \\ s_H (k^*)^\alpha (h^*)^\beta &= h^*(n + \delta + x), \end{aligned} \quad (19)$$

nam da  $k^*$  in  $h^*$ . Glede na to, da nas zanimajo rešitve s  $k^*, h^* > 0$ , lahko ti dve enačbi med seboj delimo in dobimo razmerje med obema vrstama kapitala v ustaljenem stanju:  $h^* = k^* \frac{s_H}{s_K}$ .

To hkrati pomeni, da je  $(\frac{H}{K})^* = \frac{s_H}{s_K}$ . V ustaljenem stanju sta obe vrsti kapitala med seboj proporcionalni, pri čemer je faktor proporcionalnosti enak razmerju med stopnjami varčevanja. Višja kot je stopnja varčevanja za človeški kapital, večje je razmerje med človeškim in fizičnim kapitalom in obratno.

Če v (19) nadomestimo  $h^*$  z  $k^* \frac{s_H}{s_K}$  dobimo

$$k^* = \left( \frac{s_K^{1-\beta} s_H^\beta}{n + \delta + x} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}, \quad h^* = \left( \frac{s_K^\alpha s_H^{1-\alpha}}{n + \delta + x} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}, \quad (20)$$

in

$$y^* = \left( \frac{s_K^\alpha s_H^\beta}{n + \delta + x} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}. \quad (21)$$

Na dolgi rok je rast produkta na enoto efektivnega dela ponovno enaka nič. Output na efektivno delo pa je večji v primeru višjih stopenj varčevanja za obe vrsti kapitala ter nižji v primeru večjih stopenj rasti prebivalstva, tehnologije in amortizacije. Rast razvitosti, torej produkta na enoto dela je ponovno odvisna zgolj od rasti tehnologije,  $\gamma_{Y/L} = x$ , ki je eksogeno dana v tem modelu. Rast outputa pa je enaka vsoti rasti tehnologije in prebivalstva.

Ponovimo še enkrat, ta model ima dve prednosti pred Solow-Swanovim modelom: (i) stopnja konvergence, ki jo napoveduje je nižja in širše opredeljen kapital (vsota človeškega in fizičnega kapitala je in (ii) donosi v revnih državah niso nujno dramatično višji, saj imajo običajno te države nižji človeški kapital, kar znižuje tudi mejni produkt fizičnega kapitala ter tako znižuje stopnjo donosa. Kljub temu pa teoretiki, ki zagovarjajo endogeno teorijo rasti, poudarjajo da ta model še vedno ne pojasnjuje dolgoročne rasti in tako ne pojasnjuje dolgoročnih razlik v dohodkih na prebivalca.

**Računovodstvo rasti** Računovodstvo rasti je empirična metodologija, ki razdeli izmerjene stopnje rasti BDP na posamične komponente, ki so povezane s spremembami v faktorskih inputih in skupni faktorski produktivnosti. Ker ne moremo meriti prispevka tehnologije neposredno, ga poskušamo meriti posredno in sicer tako, da od rasti BDP odštejemo rast, ki jo lahko pripišemo rasti merljivih inputov, kot so fizični in človeški kapital ter delo. To pomeni, da je rast skupne faktorske produktivnosti (angl. total factor productivity ali TFP) rezidualna rast, torej tisto kar ostane nepojasnjeno. Računovodstvo rasti lahko tako interpretiramo kot prvi korak v analizi rasti, saj rasti proizvodnih faktorjev ne pojasnjujemo. To smo naredili v zgoraj opisanih teorijah.

Začnimo s produkcijsko funkcijo

$$Y(t) = F(A(t), K(t), L(t)).$$

Logaritmirajmo to funkcijo in odvajajmo po času, tako da dobimo

$$\begin{aligned}\gamma_Y &= \frac{\dot{Y}_t}{Y_t} = \frac{F_{AA}A}{Y} \frac{\dot{A}}{A} + \frac{F_{KK}K}{Y} \frac{\dot{K}}{K} + \frac{F_{LL}L}{Y} \frac{\dot{L}}{L} = \\ \gamma_Y &= x + \frac{MP_K K}{Y} \frac{\dot{K}}{K} + \frac{MP_L L}{Y} \frac{\dot{L}}{L} = \\ \gamma_Y &= x + \frac{rK}{Y} \frac{\dot{K}}{K} + \frac{wL}{Y} \frac{\dot{L}}{L} = \\ \gamma_Y &= x + \alpha\gamma_K + (1 - \alpha)\gamma_L.\end{aligned}$$

Torej je stopnja rasti BDP enaka vsoti prispevkov posameznih komponent: skupne factorske produktivnost, kapitala in dela. Pozorni bralec je opazil, da  $x$  v tem primeru ni nujno enostavna stopnja rasti tehnologije, saj je lahko  $\frac{F_{AA}A}{Y}$  različno od 1. Vendar pa je za Cobb-Douglasovo produkcijsko funkcijo kar 1. Prispevek rasti kapitala k rasti je enak produktu deleža kapitala v nacionalnem dohodku  $\alpha = \frac{rK}{Y}$  in stopnje rasti kapitala. Podobno velja za delo. Tipična deleža dohodkov dela in kapitala sta  $2/3$  in  $1/3$  (za Slovenijo dobimo 0.78 in 0.22, ker imamo nižje davke na kapital in višje na delo. Ti davki se pripišejo kapitalu oziroma delu.) Nacionalni računi omogočajo izračun stopenj rasti BDP ( $\gamma_Y$ ), kapitala ( $\gamma_K$ ) ter dela ( $\gamma_L$ ). Na podlagi teh podatkov, lahko izračunamo prispevek rasti skupne factorske produktivnosti k rasti

$$x = \gamma_Y - \alpha\gamma_K - (1 - \alpha)\gamma_L.$$

Na primer, naj bo stopnja rasti BDP enaka  $\gamma_Y = 4\%$ , rast kapitala  $\gamma_K = 3\%$  ter rast dela  $\gamma_L = 1\%$ . Pri teh vrednostih, je rast skupne factorske produktivnosti  $x = 4 - 2/3 * 1 - 1/3 * 3 = 2 1/3\%$ , pri čemer smo upoštevali delilno razmerje  $1/3$  in  $2/3$ . V tem konkretnem primeru je  $\frac{2\frac{1}{3}}{4} = 58.3\%$  celotne rasti mogoče pripisati rasti TFP. Prispevka dela in kapitala sta  $16.7\%$  in  $25\%$ .

Na tem mestu je potrebno opozoriti, da je prispevek skupne factorske produktivnosti odvisen od tega, kako dobro sta prispevka dela in kapitala izmerjena. Na primer, ali je delo ustrezno izmerjeno? Ali pa je zanemarjen vpliv šolanja in izkušenj, ki kulminirata v človeškem kapitalu? Podobno je lahko napačno izmerjen kapital, še posebej, če se le-ta ceni zaradi tehnološkega napredka, ki je utelešen v kapitalskih dobrinah. Skratka, neupoštevanje povečevanja kvalitete inputov lahko vodi v precenjevanje TFP. Vendar pa so ocene TFP, navkljub korekcijam za

kvaliteto inputov, še vedno relativno visoke. Solow (1957) je izmeril, da je prispevek TFP kar 80%, kar je zelo visok delež. V nedavnem članku sta Jorgenson in Yip (2001) ugotovila, da je v državah G7 v obdobju 35 let prispevek TFP relativno visok. Njune ocene so prikazane v Tabeli ???. Z izjemo Kanade, je prispevek TFP skoraj četrtno celotne rasti.

Young (1995) je na podoben način ugotavljal prispevek TFP v azijskih tigrih za obdobje 1966-90. Njegovi izračuni kažejo podobno visoke prispevke TFP z izjemo Singapura (2%). In sicer, Južna Koreja (16%), Tajvan (28%) ter Hong Kong (32%).

**Vzročno-posledična povezava** Čeprav je računovodstvo rasti zelo koristna naloga, pa npr. relativno nizki prispevki TFP v Singapurju, Koreji in Kanadi ne pomenijo nujno, da je npr. rast kapitala dejansko izvor rasti. V resnici je lahko investiranje posledica rasti TFP. Pokažimo to z izpeljavo optimalnega kapitala za podjetje, ki najema delo in kapital po najemnih cenah. Dobiček je v tem primeru

$$\pi = AK^\alpha L^{1-\alpha} - wL - rK,$$

pogoj prvega reda za kapital pa je

$$\frac{\partial \pi}{\partial K} = \alpha AK^{\alpha-1} L^{1-\alpha} - r = 0,$$

oziroma

$$\alpha AK^{\alpha-1} L^{1-\alpha} = r \Rightarrow K^* = \left(\frac{\alpha A}{r}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}} L$$

Če se  $A$  oziroma  $TFP$  poveča, potem se tudi mejni produkt kapitala poveča, kar pomeni, da so investicije v kapital bolj donosne. Pravzaprav je rast tehnologije v Solow-Swanovem modelu ključni razlog za rast kapitala na enoto dela. Če tehnologija preneha rasti, se ustavi tudi rast kapitala. (Preveri enačbe zgoraj!)

Mankiw, Romer in Weil (1992) so predpostavljali, da je rast TFP eksogena in enaka za vse države. Vendar pa sta Grossman in Helpman (1994) pokazala, da temu ni tako in da so stopnje rasti TFP in kapitala tesno povezane, kar vnaša pristranost v ocene prispevka TFP.

Zaradi tega je ocena, ki so naredili Mankiw, Romer in Weil (1992), neustrezna. Namreč, njihova ugotovitev, da fizični in človeški kapital pojasnjujeta 80% vseh razlik v dohodku na osebo med državami, je lahko v resnici odraz rasti TFP!



Hall in Jones (1999) sta računala kakšen je prispevek TFP k pojasnjevanju razlik v dohodku na prebivalca. In sicer, razmerje v stopnji razvitosti (BDP na prebivalca) med ZDA in Nigerijo, ki je enako 35, sta ugotovila, da razlike v fizičnem kapitalu lahko pojasnijo 1.5 kratnik razlik, razlike v človeškem kapitalu lahko pojasnjujejo 3.1 kratnik, tako da TFP ostane 7.7 kratnik. Tako je večina razlik še vedno nepojasnenih. Sklep je, da je TFP glavni vir razlik v dohodku na prebivalca.

### 1.4 Kaj pojasnjuje TFP? (Ni izpitna snov)

TFP may be affected by many different things, such as organization, technology, institutions, relative price differences, etc. In what follows, we look at the evidence on relative importance of different factors that determine TFP. We start with technological change and innovation.

#### Inovacije

Solow and his early descendents shared the view that technology is the key determinant of total factor productivity. Also, economic historians provided telling evidence on importance of technological innovations. In fact, historians urged economists to take long-term view on technology.

As we have seen in Table 3 above and Helpman's Figure 1.5, the average growth rate of income per capita of the world was accelerating. If we relied on a model with decreasing marginal returns to capital accumulation, the growth rates would have been declining. Thus, models with decreasing returns to accumulation of production factors fail in this respect as well. In order to be able to explain this accelerating growth, we need a theory of TFP and, in this context, a theory that relies on technological innovation consistent with this fact. Thus, the question to be answered is: why is technological growth increasing over time?

#### First wave

Early theories of technological change surfaced in 80's with contributions of Paul Romer (1986) and Robert E. Lucas (1988). Romer noted that world growth rates were not declining. He provided evidence on probability that growth rates of income per capita would increase for a sample of developed countries. These probabilities were higher than 60% for all countries. This evidence was clearly at odds with Solow model, which relied on constant and exogenous growth rates of TFP and Romer concluded that Solow-type model is not adequate for explaining the long-run growth.

Romer proposed a model with **externalities in the accumulation of knowledge**. We can write this using again a different production function, now for firm  $i$  (hence, we use small

letters):

$$y_i = \bar{h}^\beta h_i^\alpha l_i^{1-\alpha}. \quad (22)$$

Note that we denote  $h$  for knowledge, which usually denotes human capital. The externality is captured in  $\bar{h}$ , where  $\bar{k}$  denotes average capital. If capital is higher in all firms, productivity of

firm  $i$  also increases. Thus, as a result of investment in capital in individual firms, also aggregate firms can increase productivity. A firm that accumulates **knowledge** inadvertently contributes to growth of aggregate stock of knowledge. Since the sum of  $\alpha + \beta$  can be greater

than 1, this model also has the potential to exhibit increasing growth rates

Why externalities? Increasing returns to scale as an alternative assumption changes market structure, while with externalities, firms are still competitive and thus price takers. Namely,

profit of a firm  $i$  is:

$$\pi_i = y_i - r_H h_i - w l_i,$$

which is maximized when

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_i}{\partial h_i} &= \alpha \bar{h}^\beta h_i^{\alpha-1} l_i^{1-\alpha} - r_H = 0, \\ \frac{\partial \pi_i}{\partial l_i} &= (1 - \alpha) \bar{h}^\beta h_i^\alpha l_i^{-\alpha} - w = 0. \end{aligned}$$

How can we determine the aggregate growth rate? Since all firms are the same, we can solve the problem for a typical firm and then use aggregation. The law of motion is

$$h_{it} = h_{it-1} + i_{it},$$

where  $i_{it}$  denotes investment in firms. Note that we have assumed no depreciation of capital.

Using production function (22) and identity  $i_{it} = s y_{it}$ , we have

$$h_{it+1} = h_{it} + s \bar{h}_t^\beta h_{it}^\alpha l_{it}^{1-\alpha},$$

which can be rewritten in aggregate productivity growth by subtracting  $h_t$  and dividing by it:

$$\gamma_t = s \bar{h}_t^{\beta+\alpha-1} l_t^{1-\alpha}.$$

If  $\alpha + \beta = 1$ , we get constant growth rate. If  $\alpha + \beta > 1$ , which implies increasing returns at

aggregate level, we have increasing growth rates. This model can thus explain long term growth of economy.

Lucas (1988) resorted to externalities, although these were introduced through human capital.

The model is similar in style.

The key issue with human capital is its definition. How do we view it? Is it embodied or disembodied. If it is embodied, it cannot grow without bound. Hence, it cannot explain increasing long-run growth. If it is not embodied, it can grow without bound. That is, general knowledge of how to do things is not bound.

Evidence on externalities is mixed. Human capital returns on individual and aggregate levels are fairly similar, which is evidence against these externalities. However, externalities in research and development as blue prints of goods is found. This is related to the feature that disembodied knowledge can be copied. The social rate of return to R&D is much higher than individual rate of return. For US, Griliches (1979) found high private returns and even higher aggregate returns to R&D. In fact, these rates of return were twice as large as rates of return to human and physical capital. In some other countries, this ratio between returns was even higher.

There is a problem with interpretation of human capital. If it is considered as embodied knowledge, this cannot grow without bound as people are mortal. If these are skills - knowledge not embodied in people - this can grow without bound and can be source of increasing growth.

#### Second wave

Romer (1990) initiated also the second wave of research on the new growth theory. In this model, he studies individual firms that invest in R&D and thus develop new products. The blueprints of these products are protected by patents. Innovators use monopoly power to gain profits. In this model, these higher profits are motivation for initial research effort. Thus the decision to invest in new products stems from weighting costs of innovation and future profits.

There is competition in industry, which equalizes private returns of different firms.

The private returns in this model depends on the protection of property rights (length, efficacy of protection, trade marks) and regulatory framework of industry.

Romer also introduces the mechanism where past R&D efforts feed in current R&D, making it increasingly cheaper to invent new goods (this effect is called standing on the shoulders of giants). This is related to disclosure of important information on technology, when patent is being filed. But when more innovator enter the markets, competition erodes the profits and

reduces the returns (this effect is called competition effect). Balancing these two forces can create balanced long-run growth.

The evidence by Jaffe and Trajtenberg (2002) shows that there is important link from patents to **technological diffusion**.

Grossman and Helpman (1991a,b) and Aghion and Howitt (1992) created models that feature **creative destruction**. In this model technological improvements are not in new products, but rather in increased quality of products. Thus, products of higher quality displace products of lower quality. The old quality is used as a benchmark for development of new products.

The aggregate dynamics of the model of expanding varieties (Romer, 1990) and models of creative destruction are, however, very similar.

#### Evidence on R&D levels

Investment shares of R&D in GDP range between 1% (Italy) and 3% (Japan) in different G7 countries. Particularly high R&D investment rates are in nordic countries, such as Finland or

Sweden that invest even more than 3%. Note that investment in R&D is a share of R&D much smaller. Does this imply that it is also much less important? No, for two reasons: i) R&D rates of return are much higher than for physical capital investment and ii) increase in R&D leads also to an increase in capital (as it makes it more productive). Thus R&D can have direct and indirect effect on output.

The evidence of Jones (2002) shows that 70% of growth in U.S. over the period of 1950-1993 can be attributed to new ideas generated in US, Germany, Japan and other countries.

Similarly, evidence suggests that R&D could account for as much as 66% of TFP growth.

#### Scale effect

There is a large discussion in the literature whether scale effect is important or not. That is, larger economies should allow for greater monopoly rents of innovations and thus should grow at higher rates. Since this effect was not found empirically, the models were often modified to dampen it. But, as Helpman says, they can dampen it or blow it, but they cannot eliminate it.

#### General purpose technology

So far, we have focused on incremental innovation. However, there are important exceptions to this incremental world. Some innovations are drastic, such as engine, electricity or computer. Bresnahan and Trajtenberg (1995) created a term for these: general purpose technologies. As the name suggests, they have wide-spread use. These innovations can create uneven growth trajectories, initially growing at slower rates due to costs related to development of complementary inputs, time to learn how to use the goods, installation costs, etc., but this period is followed by much faster growth rates.

### Interdependence

So far, we have seen that accumulation of factors (physical and human capital) and improvements in total factor productivity, play an important role in aggregate productivity growth. Productivity has played a particularly large role in modern economic growth as it accounts for more than half the variation across countries in income per capita, and much more than half in variation across countries in growth rates of income per capita. Therefore, to understand the sources of economic growth, one must understand what causes productivity growth.

A satisfactory understanding of productivity growth requires an appreciation of how countries interact with each other, because countries' income levels are interdependent. In some instances, this interdependence is direct in others indirect, via productivity.

As a case in point, note that high rate of growth of the world economy between 1870 and 1913 occurred in a period of rapid expansion of international trade, as did the rapid growth of world economy in the post-World War II era. Comparison of Figures 1.5 and 5.1 of Helpman's transparencies reveals this point. 1870-1913 is the first period of globalization. The Second Wave took place after the second world war. Between the wars, trading reduced due to less liberal trading order - trade declined and so did growth. In 1800, trade was 2% of world GDP, while in 1913, it was 20%. In 1992, it is 27%. Is this relationship coincidence or is there something more instrumental? The point of this section is that international integration had sizeable effects on economic growth.

### Terms of trade

Capital accumulation raises income per capita. As the capital-labor ratio rises, however, the increasing capital stock contributes to output at a diminishing rate and the incentive to accumulate declines. Growth is thus limited by the degree of diminishing returns.

However, in an economy open to international trade, this argument takes a different form.

Small countries in particular, can avoid the curse of diminishing returns.

Consider, for example, a small country for which terms of trade are fixed - that is prices of exportables and importables are constant. The reason prices are given for a small country is that it represents such a small share in world output that it cannot affect the relative prices. If this country were to specialize in production of one good, say garments, only, than diminishing returns would reduce incentive for further investment. Suppose country can also produce toys, which are more capital intensive than garments. When the country has a low capital-to-labor ratio it specializes in the production of garments, despite the fact that it knows how to produce toys. But later, when it becomes more capital intensive, the country finds it

profitable to produce toys. Thus, with increases in capital intensities, country also shifts its specialization. Ventura (1997) argued that this is a special development path, followed by small countries. Young (1992) showed that Asian NIC's transformed following this pattern. Large countries, however, are prone to the curse of diminishing returns, because whenever a large country expands the supply, it also depresses the products' price on world markets. The value of outputs thus declines. Acemoglu and Ventura (2002) found that 1 percent faster growth deteriorated the terms of trade by 0.6 percent.

Terms of trade are an important channel for transmission of growth effects. If growing countries suffer from decreasing terms of trade, then their trading partners enjoy improving terms of trade. As a result, a growing country confers benefits on its trading partners. In other words, the benefits of growth are diffused throughout the world via terms-of-trade adjustments.

#### Diffusion of knowledge

Terms of trade are just one channel of transmission of economic developments. Knowledge flows breed additional interdependencies across countries. This and next subsection look at international flows of knowledge. In particular, this section discusses learning by doing, while next section explores investments in R&D.

Learning by doing is typically formulated as a positive effect of cumulative output on an industry's total factor productivity. That is, the larger is the industries past output, the higher is its stock of knowledge and the more productive are its inputs. If an economy is closed, this effect should be limited only to domestic industry. However, in an open economy, output in foreign firms in the same industry may also be important. Whether learning by doing is limited to national economy or world economy matters a lot.

Let us illustrate this point. Suppose economy produces two goods. Total amounts of capital and labor are given and cannot be expanded, so that productivity is the only source of growth.

In this case, the country's growth rate depends on the sector's output level and the sector specific learning. A sector with faster learning grows faster as its knowledge stock grows faster.

Grossman and Helpman (1995) show that under certain conditions countries specialize in a single product. Which is the product they specialize in depends on initial stocks of knowledge and demand structure. However, we can have initial conditions that favor sector with lower productivity level and slower learning, which may be detrimental for long-run development of open economy.

The key conclusion from this are the following. First, international trade may be detrimental to long-run growth and work against convergence. Second, even when it does work in direction

of convergence, trade unleashes also forces of divergence.

#### R&D

Unlike learning by doing, investment in R&D is purposeful effort to increase productivity.

Above we discussed two types of models: i) model with increasing variety - development of new products and ii) model with increasing quality. In these two models, firms invest in R&D to reap future profits.

Here, we discuss, how opening the economy affects growth via R&D channel. Since 95% of all

R&D investments is made in developed countries, the key issue is who benefits from these investments. Kuznets (1966) wrote that development of poor countries depends on **speed of adoption of technological and social innovations made anywhere else in the world.**

How are R&D and productivity related in international context.

First, **market size effect** is important as it affects profitability of firms. When trade is open, small countries can export to other countries and thus enjoy larger markets for their goods.

Second, there is a **competition effect**. Integration into a trading system exposes domestic firms to foreign competition. If this competition hurts profits, investment and innovation activity is affected. This is the negative effect of competition. There is, however, also positive effect: competition can induce leaders to invest more in R&D in order to avoid competition.

Third, trade and foreign direct investment (FDI) may change **domestic factor prices**. If prices of R&D inputs decrease, then it pays more to invest in R&D. However, the opposite may also be the case. Thus, trade may promote or hinder R&D. Similarly, trade protection may be beneficial to growth or detrimental.

Fourth, trade also **eliminates redundancy in R&D races**. In autarky, firms in different countries invest in the same products, which is not the case in open economy. In fact, in open economy, firms have incentives to differentiate their products.

Fifth, **stock of knowledge may be internationally shared**. If it is input in production of new knowledge, growth is faster.

In conclusion, the openness to trade may either enhance growth or reduce it

#### Evidence on trade and growth

In theory, trade can effect economy negatively or positively. Galor and Mountford (2003) argue that China's poverty is a result of its specialization in agriculture, which had low growth potential. This argument has been already outlined in the previous sections.

However, Japan has grown much faster after opening up in the second half of 19th century.

Lockwood (1954) argued this was a result of assimilation of foreign technology.

There is a large empirical literature that attempts to see the relationship between trade

openness and income per capita (or its growth). The conclusion in majority of studies is positive - more open countries are more developed and grow faster. It is also found that for open countries, size matters less - size effect.

Although evidence for trade policies (tarriffs, quotas) is mixed, Helpman concludes that the relationship is probably negative. That is, countries that are more protectionist and have higher tarriffs grow at lower growth rates. However, this conclusion does not rely on very sound evidence as it is very hard to find credible experiments of introduction of tarriffs that would not raise the issue of causality: protection is a result of a poor growth or vice versa.

#### Evidence on international R&D spillovers

Here, we consider international spillovers of knowledge. From theoretical models, we know that if knowledge diffuses quickly, it contributes to the speed of convergence. If, however, international flows are slow relative to the domestic flows, then these knowledge flows provide a potent force of divergence. In extreme case of no flows, country with initial advantage in innovation, may increase it over time. Such a country dominates the high-tech sector in the long-run and residents enjoy high standards of living.

But, a lagging country need not lose from advances made by leading country. It can, for example, benefit from the new products invented by the technological leader if the countries trade with each other. Nevertheless, such country lags behind in its levels of development. Thus, it is extremely important to evaluate what is the importance of knowledge spillovers, the more so in view of the fact that more than 95 percent of the world's R&D is carried out by a handful of industrial countries.

A large number of studies examined this issue. Using estimates of domestic R&D capital stock, Figure 5.3 plots the ratios of R&D in GDP for G7 countries in 1990. This stock of R&D was 20% of GDP in US, Germany and the UK, these were small in Japan, France and Italy and Canada. Low values of R&D stocks reflect low investments in these countries given in

Figure 4.2.

Coe and Helpman (1995) estimated the effects of domestic and foreign R&D capital stocks on the productivity level of every country in their sample. For this purpose a foreign R&D capital stock was constructed as a weighted average of the domestic R&D capital stocks of the countr's trade partners, using trade shares as weights. This weighting scheme attempts to capture importance of trading partners. Coe and Helpman (1995) explained 60% of variation in TFP levels. They also found that elasticity of TFP with respect to the domestic R&D capital stock was about three times higher than in smaller countries. The rates of return to R&D for large industrial countries were 120% and 80% in small countries. Moreover, R&D in



the G7 countries produced an additional return of 30 percent in the smaller industrial countries, thereby revealing substantial spillovers. More-open economies were more productive and the larger a country's foreign R&D capital stock, the larger its productivity gains. Coe, Helpman and Hoffmaister (1997) showed that also developing countries gained from R&D stocks as it explained 20 percent of TFP variation.

It is encouraging to see how much less-developing countries benefit from R&D in the industrial countries. These benefits are even larger, when we take into account the benefits of terms-of-trade improvements in the less-developed countries. Nevertheless, these results have a discouraging side: they show that investment in innovation widens the gap between rich and poor countries. The output gains of the industrial countries exceeds the output gains of the less-developed countries. We therefore conclude that investment in innovation in the industrial countries leads to divergence of income between rich and poor.

#### Inequality

Next, we look at the relationship between income inequality and economic growth. In Chapter 1 of Helpman's book, we found out that inequality of income increased and the gap between rich and poor widened.

In this section, we address two questions:

1. How inequality affects growth of per capita income?
2. How economic growth affects income inequality?

Kuznets (1955, 1963) argued that income inequality evolves with the level of economic development. Based on small samples (5 and 18 countries), he concluded that in the early stages of development countries increased inequality and in the later stages inequality decreased. This relationship became known as Kuznets curve - an inverted U-shape relationship between inequality and level of economic growth. However, recently compiled data by Deininger and Squire (1996) enabled us to test this prediction and results reject this it. Thus, there is no Kuznets curve of economic development.

Bourguignon and Morrisson (2002) studied the evolution of inequality in the world's distribution of personal income since 1820. They found out that over the 172 years, the mean income of world inhabitants increased only by a factor of 7.6. The mean income of the bottom 20 percent increased only by a factor of 3 and that of the bottom 60 percent increased only by factor of 4. The mean income of the top 10 percent increased by a factor of 10. At the same time, the extreme poverty head-count decreased from 84 percent of the world population in 1820 to 24 percent in 1992. The massive growth of the world economy has been unevenly

distributed, but it has greatly benefited both the top and the bottom income earners. Among the many income inequality measures, such as the ratio between income of top decile of population relative to bottom decile of population, the Gini<sup>5</sup> and Theil<sup>6</sup> coefficients are among the most widely used. Theil's index is a measure that can be easily decomposed. Namely, Figure 6.2 shows that inequality has increased over time. However, the major contribution is from increasing inequality between countries, while within inequality is relatively modest. Inequality increased in the late nineteenth century and less so during twentieth century.

#### Effects of inequality on growth

Does inequality within a country slow its growth? The answer to this question is only tentative. First, we outline the channels, how inequality may affect growth. Kaldor (1955-56) argued that the propensity to save is higher from profits than from wage income, then a redistribution of income from wages to profits should raise aggregate savings. These higher savings should increase the growth. Under these assumptions, less equal societies should grow faster.

Second, inequality may retard growth as a result of credit constraints. Frictions in capital markets, which result from informational asymmetries or institutional constraints, are prevalent in developing countries. They limit the borrowing capacity of individuals who have no tangible assets, because these individuals cannot provide collateral for their loans. As a result, these individuals cannot undertake investment projects, whether in physical or human capital, that entail costs in excess of their borrowing limitations. In these circumstances aggregate investment is affected by distribution of assets. Substantial inequality in the ownership of assets reduces aggregate investments, because the disadvantaged individuals are prevented from undertaking profitable investment projects. In societies with a more even distribution of assets ownership, more profitable investment projects get funded. As a result, the more equal societies invest more and grow faster.

Third, inequality breeds redistribution. Political decisions in democratic societies are often approximated in economic and political models by the most preferred policy of the median voter. In unequal societies, the median voter has a preference for income redistribution,

---

<sup>5</sup>Gini coefficient is a measure of inequality. It is based on a Lorenz curve, which plots the relationship between the bottom fraction of individuals in their income distribution and the fraction of the total income they earn. The equal income distribution is represented by 45 degree line through the origin. The Gini coefficient is defined as the ratio of the area between the Lorenz curve of perfect equality and the Lorenz curve constructed from the data to the entire area under the Lorenz line of perfect equality.

<sup>6</sup>Theil coefficient of inequality can either be weighted by income or population. In the case of income weights, the index is calculated as the weighted average of the natural logarithms of the ratios of every group's income share to its population share, using income share as weights. In the case of population weights, the index is calculated as the weighted average of natural logarithms of the ratios of every group's population share to its income share, using population shares as weights.

because in these societies the median income is below the average. As a result, taxes and transfers are used to redistribute income from the well-to-do to the less fortunate members of society. Since the available taxes and transfers are distortionary, however, this redistribution may slow growth.

Early studies by Alesina and Rodrik (1994) and Persson and Tabellini (1994) showed that there is a negative relationship between inequality and growth. However, later studies with better data showed that Gini coefficient was not statistically significant in growth equations. Barro, however, argued that inequality appears to affect the growth rates of different countries differentially, depending on their level of development. He showed that more inequality reduces the growth rate of low-income countries, but raises the growth rate of high-income countries. A possible conclusion from this evidence is that credit constraints are important in low-income but not in high income countries. To test this hypothesis, he found that financial development had no significant effect on growth.

Helpman (2004) argues that inequality probably reduces growth, although this conclusion is a tentative one as research has not found any sound relationship.

#### Sources of inequality

Recent studies have shown that skill-biased technological progress may have contributed to increasing inequality in U.S (see Author and Katz, 1999).

#### The effect of growth on poor countries

The effects of growth on the poorest members of our society are controversial. Has growth been harmful to the poor, as some have argued? Or has the growth tide raised all boats, as others have argued?

The world's distribution of personal income became more unequal over time, starting with the early part of the nineteenth century (Figure 6.1 in Helpman). However, this development is also manifested in the decline over time in the income share of the bottom quintile of the population. The income share of the poorest quintile declined from 4.7% in 1820 to 2.2% in 1992. The biggest decline occurred in the nineteenth century, and there was little change in the post- World War II period.

Data of this sort do not provide a complete characterization of the conditions of the poor, however, because these data depict changes in their relative position only. Alternatively, one can ask whether poverty, measured in terms of a threshold of real income, has grown or declined over time. Figure 6.8 describes the evolution of such measures: the fraction of the world's population that lives on less than \$1 a day and the fraction of the world's population that lives on less than \$2 a day, where the purchasing power is held constant in terms of 1985

prices. Both poverty rates declined over time, and the fraction of people in extreme poverty, that is, those with less than \$1 a day, declined rapidly in the post-World War II period. It follows that the golden age admitted substantial poverty reduction.

The number of people affected by this reduction is staggering. In 1970, according to Sala-i-Martin (2002), 1,324 million people lived on less than \$2 a day and 554 million lived on less than \$1 a day. Between 1970 and 1988 the number of people who lived in extreme poverty, on less than \$1 a day, declined by 201 million. And these changes took place during a period of rapid population growth.

The fast economic growth in China and India, two countries that account for one-third of the world's population, contributed to the world's poverty reduction in a major way. The data show that China's real income per capita grew at an average rate of 3.58% and 3.12% in India. These growth rates were much higher than the U.S. growth rate in the same period. Quah (2002) estimated that the share of poor people in China declined from 37-54% in 1980 to 12-19% in 1992.

Dollar and Kraay (2002) showed that China and India are not special cases. Using a large sample of countries with observations in the postwar period, they showed that the average real income per capita of a country's poorest quintile moved practically one-to-one with the average real income per capita of the country's entire population.

From this evidence, it is not possible to argue that growth increases inequality. While it is also hard to argue that all incomes grow proportionately, it is not hard to conclude from it that on average growth raised the income of the poor around the world. We know, of course, of countries in which the poor did not do well during growth episodes, the US from the mid 70's to the mid 90's being one of them.

#### Institutions and politics

A part of TFP differences between countries can be explained by differences in R&D, own or international. Also poor countries benefit from international R&D stocks. However, Mokyr (2002) argues that this could not have happened without favorable institutions. That is, institutions as the rules of the game. The key institution often emphasized is protection of property rights. Furthermore, the modernization needed protection from different interest groups. For example, domestic producers seek government protection in a form of tariffs. Similarly, domestic monopolies bribe governments to propose legislation that does not favor competition. Competition law also falls under this title.

There are rules of the game that create incentives for growth. In particular, there are rules that favor R&D.

- 1) Democracies tend to grow faster
- 2) Countries that protect property rights should grow faster (although respecting these can reduce growth as well.); some countries copy music;

Tabela 5: Stopnja razvitosti v izbranih državah, Vir: Penn World Tables

Rang	Država	Leto	BDPpc PPP
1	Luksemburg	2004	54,285
2	ZDA	2004	39,535
3	Norveška	2004	37,357
5	Švica	2004	32,697
10	Avstrija	2004	30,983
19	Nemčija	2004	28,074
22	Japonska	2004	26,658
25	Italija	2004	25,511
28	Slovenija	2004	23,035
61	Madžarska	2004	15,016
77	Brazilija	2003	7,801
112	Kitajska	2004	5,772
124	Indija	2003	3,213
183	Liberia	2003	366