ECON 2915 – forelesning 5 (av 13)

Teknologi

Mandag 17.september, 2012

Viktige beskjeder

Evaluering:

- jeg møter kontaktstudentene, Ida og Tom, førstkommende onsdag: ta kontakt med dem *innen tirsdag ettermiddag* dersom dere vil gi tilbakemeldinger om forelesningene
- alle tilbakemeldinger som går via kontaktstudentene behandles *helt anonymt* av Tom og Ida

Tom: `tcneksta@student.sv.uio.no`
Ida: `idahenn@student.sv.uio.no`

Seminaroppgavene:

- seminarene uke 38: oppgave 1,2 og 10 til kapittel 6 + oppgavene til kapittel 7 i Weil-boka (ikke 'review questions')

Tema på forelesning
de første seks gangene

Økonomisk vekst

(1) Innledning om økonomisk vekst. Rammeverk for analysen.
(2) Produksjonsfunksjonen. Solow-modellen.
(3) Malthus sin teori. Solow-modellen med befolkningsvekst.
(4) Humankapital. Produktivitetsmåling.
(5) Teknologi.
(6) Effektivitet. Siste time av 6.forelesning: en grundig repetisjon av Solow-modellen på tavla.

Oppgaveteksten til den obligatoriske oppgaven kunngjøres på emnesiden fredag i samme uke som 6.forelesning.

Dagens forelesning

Pensum for dagens forelesning:
Weil-boka, kapittel 8 og 9 (unntatt appendikset til kapittel 8)

Produktivitet avhenger både av teknologi og effektivitet

Teknologi:
kunnskap om bruk av innsatsfaktorene i produksjonen

Effektivitet:
selve bruken av teknologien og innsatsfaktorene i produksjonen

I dagens forelesning er temaet 'teknologi', i neste forelesning er temaet 'effektivitet'.

Teknologisk fremgang i produksjonsfunksjonen

I Cobb-Douglas produksjonsfunksjonen $y = Ak^{\alpha}h^{1-\alpha}$ fanges teknologisk fremgang opp ved en endring i parameteren A.

(y er produksjon per arbeider, k er (fysisk) kapital per arbeider, og h er humankapital per arbeider)

Teknologiske forbedringer gjør at de samme innsatsfaktorene kan produsere større mengder. Teknologisk fremgang er derfor avgjørende for **vedvarende økonomisk vekst**.

Forskning og utvikling (FoU)

Ny teknologi krever forskning og utvikling (FoU) (*research and development (R&D)*)

Se TABELL 8.1 i Weil-boka.

Det meste av FoU gjøres av private bedrifter som vil maksimere profitten sin.

I 2006 var 31% av all FoU i USA sponset av regjeringen, men hovedsakelig da rettet mot militært bruk.

Teknologiens karakteriska

Teknologier er i hovedsak idéer, ikke objekter.

Teknologi er
- ikke-rivaliserende
- ofte ikke-ekskluderbar

Viktige forskjeller fra humankapital og (fysisk) kapital.

Hvordan påvirkes økonomisk vekst av teknologien?

To modeller:
(1) én modell for ett enkelt land
(2) én modell med to land: kan da studere effekten av teknologioverføringer

Vi antar at **den eneste innsatsfaktoren** er arbeid, L, og ignorerer dermed humankapital og (fysisk) kapital som produksjonsfaktorer.

Modell med ett enkelt land

L_Y er antall arbeidere som er involvert i produksjonen og L_A er antall arbeidere som er med på å lage nye teknologier.

$$L = L_Y + L_A$$

Antall arbeidere engasjert i FoU er gitt ved,

$$L_A = \gamma_A L$$

Antall arbeidere som er engasjert i produksjonen er dermed,

$$L_Y = (1 - \gamma_A)L$$

Modell med ett enkelt land

Produksjonsfunksjonen er gitt ved,

$$
\begin{aligned}
Y &= AL_Y \\
Y &= A(1-\gamma_A)L && \text{(deler så på L)} \\
y &= A(1-\gamma_A) && \text{(intensivform)} \qquad (8.1)
\end{aligned}
$$

Så lenge γ_A holdes konstant, så er produksjonsnivået per arbeider (y) proporsjonalt med teknologinivået (A).

En økning i γ_A gir en reduksjon i produksjonen (kommer tilbake til at dette bare en kortsiktsvirkning).

Modell med ett enkelt land

Teknologisk fremgang (målt ved prosentvis vekst i produktivitetsnivået),

$$\hat{A} = \frac{L_A}{\mu} \qquad \text{(husk at } L_A = \gamma_A L\text{)}$$

μ viser antall FoU-arbeidere som kreves per enhet teknologisk fremgang målt i prosentpoeng ($\mu = L_A/\hat{A}$), så μ er "prisen" på ny innovasjon

Vi benytter at $L_A = \gamma_A L$ og uttrykker teknologisk fremgang ved totalt antall arbeidere,

$$\hat{A} = \frac{\gamma_A}{\mu} L \tag{8.2}$$

Vekstrater og naturlige logaritmer (repetisjon)

$$\frac{d\ln y}{dt} = \frac{\dot{y}}{y} = \hat{y}$$

Den deriverte av den naturlige logaritmen til en variabel med hensyn på tid er lik vekstraten til denne variabelen.

Viktig regneregel!

Modell med ett enkelt land

Ta logaritmen på begge sider i produksjonsfunksjonen $y = A(1-\gamma_A)$

$$\ln y = \ln A + \ln(1-\gamma_A)$$

Hvis γ_A holdes konstant (ingen endring over tid), så har vi (derivasjon med hensyn på tid),

$$\frac{d\ln y}{dt} = \frac{d\ln A}{dt}$$

$$\hat{y} = \hat{A} \qquad \text{(bruker hatt-notasjon for vekstrater)}$$

Ligning (8.3) nedenfor: En økning i andelen som arbeider med FoU (γ_A) gir økt økonomisk vekst. Økt effektivitet i FoU-produksjonen (lavere μ) gir økt økonomisk vekst.

$$\hat{y} = \hat{A} = \frac{\gamma_A}{\mu} L \tag{8.3}$$

Modell med ett enkelt land

En økning i andelen av arbeidskraften involvert i FoU (γ_A) gir,
(1) et fall i produksjonen (kortsiktsvirkning)
(2) økt produktivitetsvekstrate $\Longrightarrow$ økt produksjon på lang sikt

Se FIGUR 8.1 i Weil-boka (sammen med ligning 8.1 og 8.3)

Legg merke til at vi bruker en logaritmisk skala.

Permanente og midlertidige virkninger

I modellen vi nettopp har gjennomgått, gir en økning i andelen som er involvert i FoU (γ_A) en permanent økning i vekstraten til produksjonen ($\hat{y}$).

I kapittel 3 i Weil-boka så vi derimot at økt investering bare hadde en midlertidig effekt på produksjonsveksten.

Modell med to land

Vi ser på to land, land 1 og land 2, hvor $L_1 = L_2 = L$ (dvs arbeidsstyrkene er like store), men hvor vi tillater at $A_1 \neq A_2$ (dvs landene kan ha ulike teknologinivå).

Produksjonsnivå per arbeider i de to landene er gitt ved,

$$y_1 = A_1(1 - \gamma_{A,1})$$
$$y_2 = A_2(1 - \gamma_{A,2})$$

hvor $\gamma_{A,1}$ er andelen av arbeidsstyrken i land 1 som er involvert i FoU og $\gamma_{A,2}$ andelen av arbeidsstyrken i land 2 som er involvert i FoU

Modell med to land

Anta at land 1 er "teknologi-lederen" og at land 2 er "teknologi-følgeren" ($A_1 > A_2$). Anta videre at $\gamma_{A,1} > \gamma_{A,2}$.

Land 2 vurderer å kopiere teknologien til land 1 (antagelse: billigere for land 2 å kopiere enn å gjenoppfinne teknologien).

For land 1 gjelder,

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

hvor μ_i står for innovasjonskostnaden (i for innovasjon)

For land 2 gjelder,

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

hvor μ_c står for kopikostnaden (c for copying)

Modell med to land

μ_c er kostnaden av å tilegne seg ny teknologi ved kopiering,

$$\mu_c = c\left(\frac{A_1}{A_2}\right) \quad \text{hvor } A_1 > A_2$$

Antagelser om kostnadsfunksjonen,

(1) kopi-kostnaden synker når teknologigapet øker

(2) $\mu_c \to 0$ når $A_1/A_2 \to \infty$

(3) $\mu_c \to \mu_i$ når $A_1/A_2 \to 1$

Modell med to land

I stasjonærtilstanden ('steady state') i to-landsmodellen er vekstraten i de to landene lik.

Se FIGUR 8.2–8.3 i Weil-boka.

$$1 < \frac{A_1}{A_2} < \infty \text{ i stasjonærtilstanden}$$

Husk at,
(1) $\mu_c \to \mu_i$ hvis $A_1/A_2 \to 1$
(2) $\mu_c \to 0$ hvis $A_1/A_2 \to \infty$

Modell med to land

I stasjonærtilstanden:

$$\frac{\gamma_{A,1}}{\mu_i} L_1 = \hat{A}_1 = \hat{A}_2 = \frac{\gamma_{A,2}}{\mu_c} L_2 \qquad \text{(husk at } L_1 = L_2\text{)}$$

$$\mu_c = \frac{\gamma_{A,2}}{\gamma_{A,1}} \mu_i$$

Så steady state krever en bestemt kopi-kostnadsverdi.

Modell med to land

En økning i $\gamma_{A,2}$ (hvor $\gamma_{A,1} > \gamma_{A,2}$ fortsatt gjelder) gir,
(1) fall i produksjonen på kort sikt i land 2
(2) *midlertidig* økt produktivitetsvekstrate i land 2

En økning i FoU hos "teknologi-lederen" ($\gamma_{A,1}$) ville derimot gi en permanent økning i produksjonsveksten.

Se FIGUR 8.4–8.5 i Weil-boka.

Hvilken generell lærdom kan vi trekke fra modelleringen?

Teknologi-overføringer mellom land

Prediksjonene fra to-lands modellen er optimistiske.

I realiteten har mange teknologiske fremskritt liten innflytelse på fattige land, pga ulik faktorsammensetning og/eller mangelfull detaljkunnskap om bruken av teknologien.

Se FIGUR 8.6 i Weil-boka: en ‘nøytral’ teknologisk endring.

vs. FIGUR 8.7 i Weil-boka: en ‘ikke-nøytral’ (‘capital-biased’) teknologisk endring.

KAPITTEL 9: Det aller nyeste ('cutting edge') innenfor teknologi

Revolusjonære oppfinnelser blir med tiden utdaterte eller hverdagslige. Hva som er 'cutting edge' endrer seg stadig.

Det har vært en rask teknologisk fremgang de siste 250 årene i de avanserte økonomiene. Kapittel 9 i Weil-boka ser nærmere nettopp på denne utviklingsprosessen.

På lang sikt er teknologisk fremgang hovedkilden til økonomisk vekst.

Growth accounting (vekstregnskap)

I kapittel 7 i Weil-boka brukte vi vekstregnskap-metoden:

$$\hat{A} = \hat{y} - \alpha \hat{k} - (1 - \alpha)\hat{h}$$

Med data for et lands vekstrate ($\hat{y}$), kapitalens vekstrate ($\hat{k}$) og humankapitalens vekstrate ($\hat{h}$) og α kan vi altså måle landets produktivitets-vekstrate.

Vi skal nå anvende vekstregnskap på perioden 500-1500 og perioden 1500-1700 med data fra Europa.

Vi ser så på produktivitetsvekst under og etter den industrielle revolusjonen.

Teknologisk fremgang før 1700-tallet

Fokuserer på Europa (bedre data). Europa var ledende innenfor teknologi på tidlig 1700-tallet.

Resultatene for denne tidlige perioden er grove tilnærminger.

Ny (Cobb-Douglas) produksjonsfunksjon,

$$Y = AX^{\beta}L^{1-\beta}$$

hvor Y måler produksjonen, A måler produktiviteten, X er jordbruksland, L er arbeidskraft og β er andelen av nasjonalinntekten som betales til landeierne.

(Hvorfor bruker vi jordbruksland og ikke kapital som innsatsfaktor her? Se kapittel 4 i Weil / tredje forelesning.)

Produksjon per arbeider

Cobb-Douglas produksjonsfunksjon *per arbeider* er gitt ved,

$$\frac{Y}{L} = \frac{AX^{\beta}L^{1-\beta}}{L}$$

$$y = AX^{\beta}L^{1-\beta-1} = AX^{\beta}L^{-\beta}$$

$$y = A\left(\frac{X}{L}\right)^{\beta} \tag{9.1}$$

$$\ln y = \ln A + \beta \ln X - \beta \ln L$$

Bruk av regneregelen fra forrige side

Cobb-Douglas produksjonsfunksjon per arbeider er gitt ved,

$$\ln y = \ln A + \beta \ln X - \beta \ln L$$

Vi deriverer mhp tid og får,

$$\frac{d\ln y}{dt} = \frac{d\ln A}{dt} + \beta\frac{d\ln X}{dt} - \beta\frac{d\ln L}{dt}$$

$$\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{A}}{A} + \beta\frac{\dot{X}}{X} - \beta\frac{\dot{L}}{L}$$

$$\hat{y} = \hat{A} + \beta\hat{X} - \beta\hat{L} \tag{9.2}$$

$$\hat{A} = \hat{y} + \beta\hat{L} \qquad (\hat{X} = 0) \tag{9.3}$$

Vekstregnskap før 1700-tallet

Vi skal bruke følgende uttrykk (vekstregnskap),

$$\hat{A} = \hat{y} + \beta \hat{L} \tag{9.3}$$

Som tidligere antar vi at *arbeidsstyrken* og *befolkningen* er lik og har samme vekstrate.

Vekstregnskap for perioden 500 – 1500

Vi antar at $\beta = 1/3$, basert på tall fra førindustrielle økonomier.

Se TABELL 9.1 i Weil-boka.

Hvis årlig vekst er 0.033%, så er økningen over 1000 år (fra år 500 til år 1500),

$$1.00033^{1000} \approx 1.39$$

dvs at A har vokst med en faktor på 1.39 i løpet av 1000 år

Vekstregnskap for perioden 1500 – 1700

Vi ser nå på den kortere tidsperioden 1500–1700.

Se TABELL 9.1 i Weil-boka.

Hvis årlig vekst er 0.166%, så er økningen over 200 år (fra år 1500 til år 1700),

$$1.00166^{200} \approx 1.39$$

dvs at A har vokst med en faktor på 1.39 i løpet av 200 år

Den industrielle revolusjonen: 1760–1830 (Storbritannia)

Den industrielle revolusjonen dateres til 1760–1830 i Storbritannia og noe senere i kontinentale Europa og Nord-Amerika.

En periode med rask teknologisk innovasjon i en rekke industrier. Særlig viktig var effektiviseringen av tekstilproduksjonen, reduserte kostnader i jernproduksjonen og at dampmaskinen ble oppfunnet.

Se FIGUR 9.1 i Weil-boka.

Fra jordbruk til industri, fra land til by

Grunnstrukturen til den britiske økonomien var i endring,

(1) den britiske arbeidsstyrken: andelen som var ansatt i jorbruk, skog og fiske falt fra 48% til 25%, mens andelen som var ansatt i industri steg fra 22% til 44% i perioden 1760–1831

(2) den britiske befolkningen: andelen av befolkningen bosatt i byer steg fra 17% til 50% i perioden 1700–1850

(3) transport i Storbritannia: 4000 kilometer med nye kanaler

Produksjonsvekst og vekst i produktiviteten i Storbritannia

Se FIGUR 9.2 i Weil-boka.

Produksjonsveksten og veksten i produktiviteten var ganske sakte i starten.

En "ny" industriell revolusjon fant sted i perioden 1860–1900, med masseproduksjon i fabrikkene.

Hva var så revolusjonært med perioden 1760–1830 i Storbritannia?
(1) teknologiene som ble introdusert
(2) dette var begynnelsen

USA tar over Storbritannias rolle

I perioden 1870–2006 tok USA over Storbritannia sin rolle som det mest velstående og mest teknologisk avanserte landet.

Se FIGUR 9.3 i Weil-boka.

Legg særlig merke til produktivitetsveksten fra 1890 til 1972: ga en dramatisk endring i dagliglivet til amerikanerne.

Produktivitetsveksten avtok i perioden 1972–1995: kan skyldes fall i effektiviteten (etter oljekrise og resesjoner).

Økt produktivitetvekst etter 1995: en tredje industriell revolusjon?

Teknologi-produksjonsfunksjonen

Her: produksjon = nye teknologier.

Fra kapittel 8 i Weil-boka har vi følgende teknologi-produksjonsfunksjon,

$$\hat{A} = \frac{L_A}{\mu} \tag{9.4}$$

hvor $\hat{A}$ er vekstraten til teknologien, L_A er antall arbeidere i forskning og utvikling (FoU) og μ er 'prisen' på en ny oppfinnelse målt i arbeidsenheter.

Modifiseringer av teknologi-produksjonsfunksjonen (appendikset til kapittel 9)

Modifiseringer av teknologi-produksjonsfunksjonen:
(1) når teknologinivået øker, blir nye oppdagelser stadig vanskeligere ('fishing out effect')
(2) avtagende skalautbytte: hver nye forsker øker effektiviteten mindre enn den forrige

Modellering av 'the fishing out effect'

Første modifisering av teknologi-produksjonsfunksjonen:

Vi opphøyer teknologinivået (A) med en negativ koeffisient ($-\phi$) og multipliserer denne termen ($A^{-\phi}$) med de andre termene på høyresiden av ligningen.

$$\hat{A} = \frac{L_A}{\mu} A^{-\phi} \qquad 0 < \phi < 1$$

Denne ligningen forteller oss at hvis vi holder L_A og μ konstant, så er veksten i teknologien slakkere jo høyere nåværende teknologinivå er.

Modellering av avtagende skalautbytte

Andre modifisering av teknologi-produksjonsfunksjonen:

Vi opphøyer innsatsen i FoU (L_A) med en positiv koeffisient (λ) som er mindre enn 1.

$$\hat{A} = \frac{L_A^{\lambda}}{\mu} A^{-\phi} \qquad 0 < \phi < 1 \qquad 0 < \lambda < 1$$

Denne ligningen forteller oss at, alt annet likt, så vil økt innsats i FoU (en økning i L_A) øke vekstraten til teknologien ($\hat{A}$) mindre enn proporsjonalt.

En modifisert teknologi-produksjonsfunksjonen

Den modifiserte teknologi-produksjonsfunksjon,

$$\hat{A} = \frac{L_A^\lambda}{\mu} A^{-\phi} = \left(\frac{1}{\mu}\right) L_A^\lambda A^{-\phi}$$

Hvis vekstraten til teknologien er konstant ($\hat{A} = 0$), så må også $L_A^\lambda A^{-\phi}$ holdes konstant (kaller dette produktet x nedenfor).

$$x = L_A^\lambda A^{-\phi}$$

$$\ln x = \lambda \ln L_A - \phi \ln A$$

Derivasjon mhp tid

Vi deriverer uttrykket mhp tid,

$$\begin{aligned}\ln x &= \lambda \ln L_A - \phi \ln A \\ \frac{d\ln x}{dt} &= \lambda \frac{d\ln L_A}{dt} - \phi \frac{d\ln A}{dt} \\ \frac{\dot{x}}{x} &= \lambda \frac{\dot{L}_A}{L_A} - \phi \frac{\dot{A}}{A}\end{aligned}$$

(Vekstraten til en variabel er lik den derivarte av den naturlige logaritmen til denne variabelen med hensyn på tid.)

$$\begin{aligned}0 &= \lambda \hat{L}_A - \phi \hat{A} \\ \hat{A} &= \frac{\lambda}{\phi} \hat{L}_A\end{aligned}$$

Så hvis vi kjenner verdiene av λ og ϕ, kan vi bruke denne ligningen til å bestemme hvilken teknologi-vekstrate som er i samsvar med en gitt vekstrate til FoU-arbeidsstyrken ($\hat{L}_A$).

Er det uunngåelig at teknologisk vekst slakker farten?

Sammenlign FIGUR 9.3 og FIGUR 9.4 i Weil-boka: teknologiens vekstrate har ikke økt til tross for økt FoU.

Kun en liten andel av arbeidsstyrken i de avanserte økonomiene er per i dag engasjert i FoU og det er mange nykommere.

Se TABELL 9.2 i Weil-boka.

På kort og mellomlang sikt er det betydelig rom for økt FoU, noe som kan bidra til å forhindre at teknologisk vekst avtar.

Hva med på lang sikt?

Variasjoner mellom sektorne

Teknologiens vekstrate varierer mellom sektorer. Teknologisk fremgang er viktigst når den skjer i en stor sektor.

Det har vært sterkest teknologisk fremgang i varesektoren (f.eks. klær) fremfor i tjenestesektoren (f.eks. utdanning)..

..mens økonomisk aktivitet har skiftet stadig mer over fra varesektoren til tjenestesektoren i de avanserte økonomiene.

Internett kan være med på å skape sterkere teknologisk fremgang i tjenestesektoren i fremtiden.

Neste forelesning

Tema for neste forelesning:

Effektivitet

+ grundig repetisjon av Solow-modellen på tavla

Pensum for neste forelesning:

Weil-boka, kapittel 10