

Fortolkning, illustration mm. af interaktion i
lineære regressionsmodeller ved hjælp af MS
Excel og SPSS

KIM MANNEMAR SØNDERSKOV

Tlf. 8942 1260

E-mail: ks@ps.au.dk

INSTITUT FOR STATSKUNDSKAB
AARHUS UNIVERSITET
UNIVERSITETSPARKEN
8000 ÅRHUS C

Version 1.6 – December 2010

0. Indledning¹

Denne note gennemgår hvordan interaktion i lineære regressionsmodeller kan illustreres grafisk og behandler nogle yderligere forhold omkring interaktionsmodeller – særligt deres fortolkning. Notatet bygger på Brambor et al. (2006) og Kam & Franzese (2007) samt delvist Agresti & Finlay (2009). Se endvidere Sønderskov og Nielsen (2009) for en mere detaljeret og avanceret behandling af illustrationsdelen.

Gennemgangen tager udgangspunkt i en model med følgende variable:

Y – en metrisk afhængig variabel

X_1 – en metrisk uafhængig variabel som interessen samler sig om (den primære variabel)

X_2 – en metrisk uafhængig variabel, som potentielt modererer X_1 's effekt på Y

X_1X_2 – interaktionsleddet, som er dannet med krydsproduktet mellem X_1 og X_2

K – en metrisk kontrolvariabel, som ikke indgår i interaktionsleddet

Det vil løbende blive beskrevet, hvordan den primære og den modererende variabel kan erstattes med kategoriske variable. Bemærk at X_1 og X_2 samlet kaldes de konstituerende led eller 1. ordensleddene, mens interaktionsleddet også kaldes 2. ordensleddet.

Test, fortolkning og illustration af interaktionsmodeller vil typisk følge en procedure a la denne:

1. Problemstilling, teori, hypotese og model
2. Operationalisering og dannelse af interaktionsled
3. Estimation af interaktionsmodellen
4. Vurdering af forudsætninger
5. Rapportering af relevante estimater/statistikker
6. Fortolkning af koefficienter og tilhørende P-værdier
7. Illustration af den forudsagte sammenhæng mellem X_1 og Y ved udvalgte niveauer af X_2
8. Beregning af signifikansniveauer for X_1 ved udvalgte niveauer af X_2
9. Konklusion på problemstillingen

Dette notat er struktureret efter denne procedure, om end punkt 4 og 9 kun behandles overfladisk.

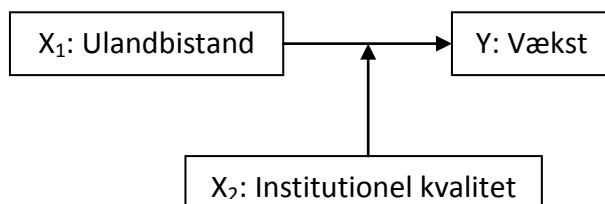
1. Problemstilling, teori, hypotese og model

Proceduren eksemplificeres med følgende problemstilling: Er effekten af ulandsbistand på økonomisk vækst betinget af kvaliteten af de statslige institutioner, der er til stede i bistandsmodtagerlandene? Sagt på en anden måde: modererer kvaliteten af statslige institutioner ulandsbistands effekt på økonomisk vækst? På baggrund af litteraturen (fx Burnside & Dollar, 2000) kan det forventes at ulandsbistand har den mest positive effekt på økonomisk vækst i lande, hvor de statslige institutioner understøtter vækst (fx ved fravær af korrupsion og tilstedeværelse af institutionelle mekanismer, der sikrer at politikerne bliver holdt ansvarlige for deres handlinger).

¹ Notatet er skrevet med udgangspunkt i SPSS/PASW Statistics 18 og MS Excel 2007. Tak til Simon Calmar Andersen, Helene Marie Fisker, Jacob Seier Petersen, Lars Engelbrecht Jensen, Lasse Laustsen, Peter Thorgård og Søren Heldgaard Olesen for konstruktive kommentarer og forslag.

Hypotesen er dermed at ulandsbistand har den mest positive effekt i lande, hvor kvaliteten af de statslige institutioner er høj. Denne problemstilling og hypotese er oplagt at undersøge ved hjælp af en interaktionsmodel, da der forventes en interaktiv sammenhæng mellem ulandsbistand (den primære variabel (X_1)) og økonomisk vækst (Y) på den måde at effekten af ulandsbistand forventes at variere afhængigt af institutionel kvalitet (den modererende variabel (X_2)). Figur 1 illustrerer denne forventning.

Figur 1: Forventet sammenhæng



Modelopbygningen bør følge de samme procedurer som enhver test af kausale påstand med multipel regression – hvilket blandt andet betyder at modellen bør inkludere alle relevante kontrolvariable (jf. Stubager & Sønderskov, 2011). Her inkluderes for eksemplets skyld en enkelt kontrolvariabel: *initial velstand* – altså velstand på et tidligere tidspunkt. Logikken bag inddragelsen af denne kontrolvariabel er, at velstående lande har tendens til at have lavere vækstrater end fattigere økonomier (se fx Justesen, 2006). Samtidigt er det yderst plausibelt at fortidige velstandsniveauer påvirker såvel fremtidige niveauer af ulandsbistand og institutionel kvalitet.²

2. Operationalisering og dannelse af interaktionsled

Den afhængige variabel (Y), *økonomisk vækst*, operationaliseres som den gennemsnitlige årlige vækst i brutto nationalproduktet (BNP) i perioden 2000-2004, og måles med data fra Verdensbankens World Development Indicators (WDI) (Verdensbanken, 2010) samt fra Penn World Tables (2010). Den primære uafhængige variabel (X_1), ulandsbistand, operationaliseres som gennemsnitlig modtaget ulandsbistand per indbygger i perioden 1990-2000 målt i amerikanske dollars (2000 niveau). Data er fra WDI. Den modererende variabel (X_2), institutionel kvalitet, operationaliseres som den gennemsnitlige score på fem indikatorer angående kvaliteten af statslige institutioner i år 2000 (*Worldwide Governance Indicators* fra Verdensbanken (2010)). Da denne variabel ikke har en meningsfuld skala er den reskaleret så den går fra 0 til 1, hvor 1 udtrykker det højeste kvalitetsniveau af statslige institutioner blandt de inkluderede lande. Kontrolvariablen (K) *Initial velstand* operationaliseres som BNP per capita i år 1990 og måles med data fra samme kilder som vækstvariablen.

² Bemærk at modellen ikke er uproblematisk; der kan nemt identificeres flere relevante kontrolvariable (se Justesen, 2006), endogenitetsbias kan ikke afvises og, som det vil fremgå om lidt, "stikprøven" er ikke en stikprøve. Resultaterne skal derfor tages med visse forbehold og tjener primært som eksempel.

Tabel 1 viser deskriptive statistikker for modellens variable, hvor $i_aidXinsti$ er interaktionsleddet. Dette led er dannet i SPSS med følgende kommando (hvor *bistand* og *instikval* er navnene på hhv. X_1 og X_2 i datasættet):

```
COMPUTE i_aidXinsti = bistand*instikval.
```

Tabel 1: Deskriptive statistikker for inkluderede variable (i SPSS-format)³

		Gns. årlig vækst	Aid per capita	institutionel kvalitet	BNP per capita	i_aidXinsti
N	Valid	74	74	74	74	74
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		1,2050	25,8688	,4057	5844,8657	10,4225
Minimum		-9,45	,47	,00	480,38	,00
Maximum		8,19	128,68	1,00	26724,88	72,95
Percentiles	25	-,5637	6,9919	,2723	1617,0930	1,9962
	50	1,3110	16,8085	,3720	3962,4628	5,2136
	75	3,0427	32,0389	,5068	7331,6078	13,9364
		Y	X_1	X_2	K	X_1X_2

3. Estimation af interaktionsmodellen

Estimation af lineære interaktionsmodeller foregår på samme måde som andre multiple regressionsmodeller. I nærværende tilfælde estimeres følgende model:

$$E(Y) = \alpha + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_1X_2 + \beta_4K$$

Bemærk at både de konstituerende led (X_1 og X_2) samt interaktionsleddet er inkluderet i modellen. Interaktionsmodeller skal som udgangspunkt indeholde alle konstituerende led. Estimationsresultaterne fremgår af Tabel 2.

Tabel 2: Parameterestimer mm. fra interaktionsregressionen

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,578	1,073		,538	,592
	X_1 Aid per capita	-,087	,040	-,787	-2,191	,032
	X_2 institutionel kvalitet	6,703	2,868	,429	2,337	,022
	X_1X_2 i_aidXinsti	,178	,084	,774	2,107	,039
	kontrol BNP per capita	,000	,000	-,542	-3,036	,003

³ Bemærk at SPSS-output normalt ikke regnes for fyldestgørende til eksamen i Metode på Institut for Statskundskab.

4. Vurdering af forudsætninger

Vurderingen af hvorvidt forudsætningerne er opfyldt i nærværende eksempel gennemgås ikke her, men i interaktionsmodeller gælder de samme forudsætninger som i normale additive regressionsmodeller (se fx Stubager & Sønderskov, 2011). Dog vil man normalt ikke undersøge linearitetsforudsætningen for interaktionsleddet samt de konstituerende led (altså X_1X_2 , X_1 og X_2), da dette ikke umiddelbart er muligt (jf. Stubager & Sønderskov, 2011: note 9). Linearitetsforudsætningen for disse variable må derfor blot antages at være opfyldt. Derudover vil man normalt se bort fra multikollinearitetsproblemer, der vedrører interaktionsleddet og de konstituerende variable (jf. note 4 nedenfor). Det bør i denne sammenhæng bemærkes at centrering af variable ikke løser multikollinearitetsproblemer (som det ellers anføres visse steder og antydes i Agresti & Finlay, 2009: 343f).

5. Rapportering af relevante estimater/statistikker

Figur 2 viser hvordan afrapportering af estimationsresultaterne kan tage sig ud.

Figur 2: Forslag til afrapportering af resultater

Tabel A: Ulandbistand, vækst og den betingende effekt af institutionel kvalitet		
	Model I	
Ulandsbistand per capita	-0,09**	(0,04)
Institutionel kvalitet	6,70**	(2,87)
Interaktion		
Uland*Insti	0,18**	(0,08)
BNP per capita	-2,89E-4***	(0,00)
Konstant	0,58	(1,07)
R ² /Justeret R ²	0,18/0,13	
N	74	

Noter: Afhængig variabel: Gennemsnitlig årlig vækst.
,*: P < 0,05; 0,01; To-sidet test. (Standardfejl i parentes).

6. Fortolkning af koefficienter og tilhørende P-værdier

Det første man bør bemærke i forbindelse med resultaterne fra en interaktionsmodel er P-værdien for interaktionsleddet (X_1X_2). Hvis interaktionsleddet er insignifikant ved konventionelle niveauer, er konklusionen, at der ikke er interaktion. I vort tilfælde ville et insignifikant interaktionsled indikere, at effekten af ulandsbistand ikke afhænger af institutionel kvalitet. I

sådanne tilfælde vil en interaktionsanalyse typisk stoppe her.⁴ I nærværende tilfælde er interaktionsleddet signifikant (på 0,05-niveauet) og det kan på den baggrund konkluderes at effekten af ulandsbistand på økonomisk vækst varierer med kvaliteten af statslige institutioner.

Næste skridt vil typisk være at se på fortegnet for interaktionsleddet. Fortegnet angiver modellens bud på om effekten af den primære variable på $E(Y)$ stiger (+) eller falder (-) når den modererende variabel stiger. Dette skal forstås numerisk; fortegnet viser om effekten falder eller stiger numerisk set – og dermed ikke nødvendigvis om effekten bliver større eller mindre i absolutte termer. I nærværende tilfælde viser fortegnet, at effekten af ulandsbistand stiger (bliver mere positiv) når kvaliteten af de statslige institutioner stiger. Dette understøtter hypotesen, da resultaterne indikerer at effekten af ulandsbistand er mere positiv i lande med velfungerende institutioner end i lande med ringere institutioner. I visse tilfælde kunne analysen stoppe her, da hypotesen på sin vis er undersøgt. I langt de fleste tilfælde vil man dog gå videre.

Næste skridt vil være at se på koefficienten for interaktionsleddet. Koefficienten viser modellens bud på hvor meget koefficienten for X_1 (βX_1) ændrer sig, når X_2 ændres med +1. I nærværende tilfælde er fortolkningen af koefficienten (+0,18), at effekten af ulandsbistand på vækst stiger med 0,18 når institutionel kvalitet stiger med 1. Da institutionel kvalitet her er skaleret fra 0 til 1, udtrykker koefficienten ændringen i effekten af bistand, når institutionel kvalitet ændres fra minimumsværdien til maksimumsværdien.

Koefficienten og signifikanstesten for X_1 har også en direkte fortolkning, men man vil dog sjældent fortolke indgående på disse værdier. I stedet vil man oftest illustrere sammenhængen som gennemgået nedenfor. For fuldstændighedens skyld gennemgås fortolkningen af koefficienten og P-værdien for X_1 dog her. Koefficienten for X_1 udtrykker den estimerede ændring i $E(Y)$ når X_1 ændres med +1 for $X_2=0$. På et enkelt punkt adskiller dette sig fra tolkningen i en model uden interaktion. I en sådan model udtrykker koefficienten for X_1 den estimerede ændring i $E(Y)$ når X_1 stiger 1 og når X_2 holdes konstant. Med andre ord er fortolkningen af koefficienten for X_1 delvist den samme som i en model uden interaktion, men adskiller sig på den måde, at X_2 ikke bare er holdt konstant, men holdt på niveauet 0.⁵, ⁶ Pointen i interaktionsmodeller er jo, at effekten af X_1 på Y ændres når X_2 ændres. I en interaktionsmodel giver det derfor ikke mening at tale om

⁴ Bemærk dog at grundet multikollinearitet vil standardfejlen for interaktionsleddet (og de konstituerede led) ofte være høje, hvilket betyder, at der med en vis sandsynlighed begås en type II-fejl når insignifikante interaktionsled medfører afvisning af interaktion. På trods af dette er standarden i litteraturen at afvise interaktion når P-værdien for interaktionsleddet er over konventionelle niveauer. Bemærk også at interaktionsmodeller med krydsprodukter kun kan afgøre om X_1 's effekt på Y er monotomt stigende eller faldende med X_2 . På den baggrund kan man med en krydsproduktinteraktionsmodel ikke afvise at andre former for interaktion forekommer, eksempelvis at effekten først stiger og siden falder.

⁵ Fortolkningen af koefficienten for X_2 er parallel til fortolkningen for X_1 . Koefficienten for X_2 udtrykker ændringen i Y når X_2 stiger 1 for $X_1=0$. Koefficienter for variable der ikke indgår i interaktionsled (her BNP per capita) har helt samme fortolkning som i modeller uden interaktion: Koefficienten udtrykker ændringen i Y -hat når variabelen stiger 1 og alle øvrige variable holdes konstant.

⁶ Bemærk at koefficienten for X_1 kan være meningsløs, hvis X_2 ikke antager værdien 0 – helt på samme måde som konstanten fra alle typer regressionsmodeller kan være meningsløs hvis 0 ligger udenfor observationsområdet.

effekten af X_1 på Y når X_2 holdes konstant. I nærværende eksempel viser koefficienten på $-0,09$, at ulandsbistand ifølge modellen har en negativ effekt på den økonomiske vækst i lande med relativt dårlige institutioner ($IK=0$). Fortolkningen af P -værdier er derimod helt analogt til modeller uden interaktion. Det betyder her at den negative effekt af bistand under relativt dårlige institutioner er statistisk signifikant.

Resultaterne fortæller os blandt andet følgende: Effekten af ulandsbistand på økonomisk vækst afhænger af kvaliteten af de institutioner, der er til stede i de lande der modtager bistand. Effekten stiger når kvaliteten stiger, og denne stigning er statistisk signifikant – dette fremgår af det positive og signifikante interaktionsled. Derudover fremgår det, at ulandsbistand har en signifikant negativ effekt på vækst i lande med relativt ringe statslige institutioner (da koefficienten for X_1 udtrykker effekten af X_1 for $X_2=0$). Endelig kan man forholdsvis nemt udregne, at i lande med relativt gode institutioner (X_2 , institutionel kvalitet = 1) er effekten af ulandsbistand $0,09$:

$$(b_{X_1|X_2=1}) = (b_{\text{ulandsbistand}} | IK = 1) = b_{X_1} + 1 \cdot b_{X_1X_2} = -0,09 + 0,18 = 0,09$$

- da $b_{X_1X_2}$ ($0,18$) netop udtrykker forskellen i effekten af X_1 når X_2 stiger med 1. Med andre ord er der altså en positiv effekt af ulandsbistand i lande med relativt velfungerende institutioner.

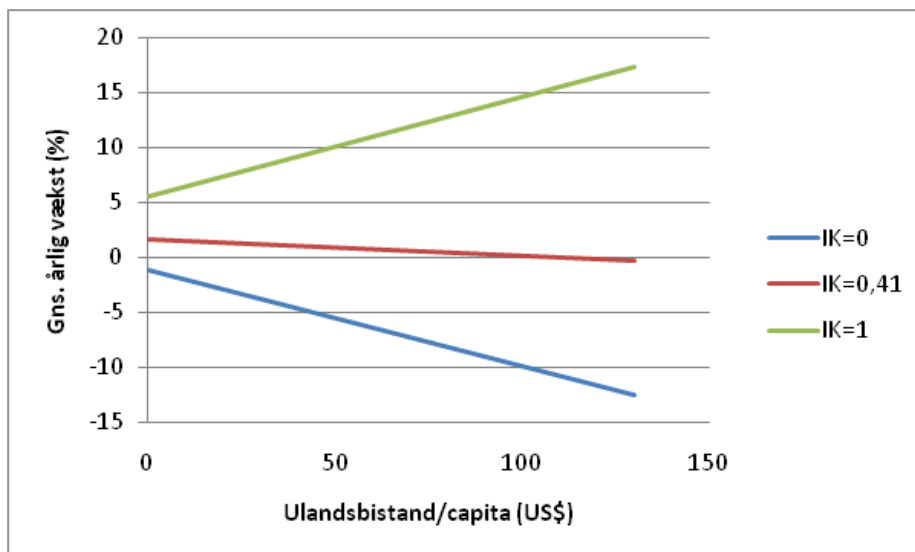
Hvad resultaterne ikke umiddelbart fortæller os, er om denne effekt er signifikant forskellig fra 0 og heller ikke hvad effekten af ulandsbistand er ved andre niveauer af X_2 . Typisk vil disse forhold også være interessante og relevante i fortolkningen, hvorfor videre arbejde er nødvendigt.

Den videre proces kan inddeles i to procedurer: 1) Illustration af sammenhængen mellem den primære variabel (X_1) og Y ved udvalgte niveauer af den modererende variabel (X_2). 2) beregning af hvornår den primære variabel har en signifikant effekt på Y . Resten af notatet omhandler disse to procedurer.

7. Illustration af den forudsagte sammenhæng mellem X_1 og Y ved udvalgte niveauer af X_2

Figur 3 er et (foreløbigt) eksempel på hvordan den forudsagte sammenhæng mellem ulandsbistand og økonomisk vækst kan illustreres ved udvalgte niveauer af institutionel kvalitet.

Figur 3: Foreløbigt eksempel på illustration af resultaterne



Som vi skal se om lidt er figuren dannet på baggrund af estimationsresultaterne som fremkom ovenfor. Figuren illustrerer den interaktive sammenhæng mellem ulandsbistand og vækst, idet den fremhæver at sammenhængen mellem de to variable afhænger af niveauet på variabelen *Institutionel kvalitet*. Mere konkret viser figur 3 at stigende ulandsbistand medfører faldende vækst i lande med relativt dårlige institutioner (IK=0) – eller rettere at ulandsbistand medfører negativ vækst i sådanne lande. Dette resultat svarer til koefficienten for ulandsbistand som vi estimerede ovenfor ($b_{\text{udlandsbistand}} = bX_1 = -0,09$). Den øverste linje viser at stigende bistand medfører øget vækst i lande med relativt gode institutioner (IK=1). Dette resultat svarer til beregningen der blev foretaget ovenfor, hvor $b_{\text{udlandsbistand}}$ blev beregnet for IK = 1. Den mellemste linje viser sammenhængen mellem ulandsbistand og vækst ved IK=0,41, som er gennemsnittet for institutionel kvalitet i stikprøven (jf. Tabel 1).

De følgende afsnit gennemgår, hvordan Figur 3 er dannet. Første skridt i denne procedure er at afgøre, hvor mange og hvilke niveauer af den modererende variabel (X_2 , her IK), sammenhængen mellem X_1 og Y skal vises for. Typisk vil man illustrere sammenhængen for 3-4 niveauer af den modererende variabel.⁷ Hvilke niveauer af den modererende variabel sammenhængen bør vises for er svært at sige generelt, da problemstillingen eller andre forhold vil spille ind her. To generelle muligheder er dog at vise sammenhængen mellem X_1 og Y ved følgende niveauer af den modererende variabel:

$X_2 = \text{minimum, middel, maksimum}$ eller

$X_2 = 25. \text{ percentiel, middel/median, og } 75. \text{ percentiel}$

hvor den sidstnævnte kombination i mange tilfælde vil være den mest oplagte, da sammenhængen dermed illustreres for ikke-ekstreme værdier af X_2 . Her er sammenhængen mellem ulandsbistand og økonomisk vækst dog beregnet for $X_2 = \text{min/middel/max}$ – altså for

⁷ Hvis den modererende variabel er kategorisk vil man naturligt anvende disse kategorier i illustrationen.

institutionel kvalitet = 0, 0,41 og 1 (jf. Tabel 1). Andre værdier kan også være meningsfulde, men X_2 -værdierne bør ligge indenfor (eller tæt på) observationsområdet på X_2 – ellers vil der være tale om (meningsløs) ekstrapolation.

Næste skridt er at vælge, hvilken range af X_1 -værdierne sammenhængen skal vises for, altså spændet på X-aksen i figuren. Det oplagte valg er spændet (*range*) mellem minimum og maksimum for X_1 -værdierne i stikprøven (eller hele tal der ligger tæt herpå). Her er følgende range valgt: 0-130 (jf. Tabel 1). At vise sammenhængen for X_1 -værdier udenfor observationsområdet ville være ekstrapolation.

Hvis der er øvrige variable i modellen skal disse holdes konstant på et fastsat niveau i illustrationen – typisk middel, median eller mode. Her vælges det at sætte BNP per capita til middelværdien (= 5.845). Bemærk at dette niveau bør fremgå i noterne til figuren (hvilket det endnu ikke gør...)

Resten af illustrationsarbejdet kan udføres i Excel. Det er en god ide at kopiere estimationsresultaterne fra SPSS til Excel, da man dermed har de relevante tal ved hånden. Dette minimerer muligheden for fejl. Efter kopiering indtastes navnet på den primære variabel som den skal fremstå på X-aksen i en tom celle (her Ulandshjælp/capita – jf. Figur 4). I de to celler under denne celle indtastes rangen for X-værdierne (her 0 og 130). Til venstre for navnet på X-aksen indtastes navnet på den modererende variabel samt de værdier den sættes til. Her forkortes *Institutionel kvalitet* til IK – jf. figur 4.

Figur 4: Forberedelse af et Excel-ark

Coefficientsa						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.578	1.073		.538	.592
4	Aid per capita	-.087	.040	-.787	-2.191	.032
5	institutionel kvalitet	6.703	2.868	.429	2.337	.022
7	i_aidXinsti	.178	.084	.774	2.107	.039
8	BNP per capita	.000	.000	-.542	-3.036	.003
	Ulandshjælp/capita	IK=0	IK=0,41	IK=1		
		0				
		130				

For at vise den forudsagte sammenhæng mellem X_1 og Y ved forskellige niveauer af X_2 skal Y-hat beregnes for yderpunkterne for X_1 (her 0 og 130) for hver af de værdier af X_2 som vi har valgt at vise sammenhængen for (her 0; 0,41 og 1). Med andre ord skal Y-hat beregnes ved at indsætte parameterestimerne og de fastsatte værdier for X_1 , X_2 og kontrol ind i følgende ligning:

$$Y\text{-hat} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2 + b_4 * k$$

Figur 5 viser, hvordan Y-hat for Ulandshjælp=0 og IK=0 beregnes. I feltet indtastes ligningen for Y-hat ved at indsætte parameterestimaterne og de værdierne der blev fastsat ovenfor – bemærk hvordan SPSS-outputtet anvendes direkte i beregningen. De øvrige kombinationer af X_1 og X_2 beregnes på samme måde og Figur 6 viser beregningen for Y-hat for Ulandshjælp = 130 og IK = 1.

Figur 5: Beregning af Y-hat for Ulandshjælp=0 og IK=0

Formula bar: $=C4+C5*0+C6*0+C7*0*0+C8*5845$

Callouts: Konstanten, b for X1, X1 = 0 her, b for X2, X2 = 0 her, b for X1X2, X1 og X2 = 0 her, b for Kontrol, Kontrol = middel

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error			
(Constant)	.578	1.073		.538	.592
Aid per capita	-.087	.040	-.787	-2.191	.032
institutionel kvalitet	6.703	2.868	.429	2.337	.022
i_aidXinsti	.178	.084	.774	2.107	.039
BNP per capita	.000	.000	-.542	-3.036	.003

Ulandshjælp/capita: IK=0, IK=0,41, IK=1
 0 = C4 + C5 * 0
 130

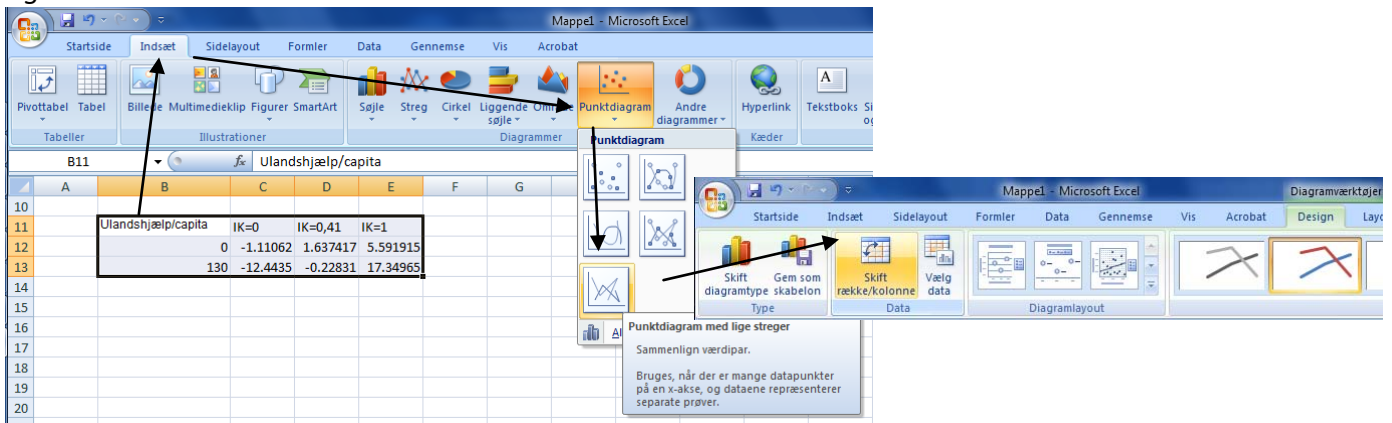
Figur 6: Beregning af Y-hat for Ulandhjælp = 130 og IK = 1

Coefficientsa					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.578	1.073		.538	.592
Aid per capita	-.087	.040	-.787	-2.191	.032
institutionel kvalitet	6.703	2.868	.429	2.337	.022
i_aidXinsti	.178	.084	.774	2.107	.039
BNP per capita	.000	.000	-.542	-3.036	.003

Ulandshjælp/capita	IK=0	IK=0,41	IK=1
0	-1.11062	1.637417	5.591915
130	-12.4435	-0.22831	=C4+C5*130

Når Y-hat er beregnet for alle kombinationer kan sammenhængen illustreres. Marker dataområdet som vist i Figur 7, klik på fanen Indsæt, på Punktdiagram > Punktdiagram med lige streger. Den resulterende graf vender i de fleste tilfælde forkert, hvilket afhjælpes ved (på fanen Design) at klikke på Skift række/kolonne – se Figur 7.

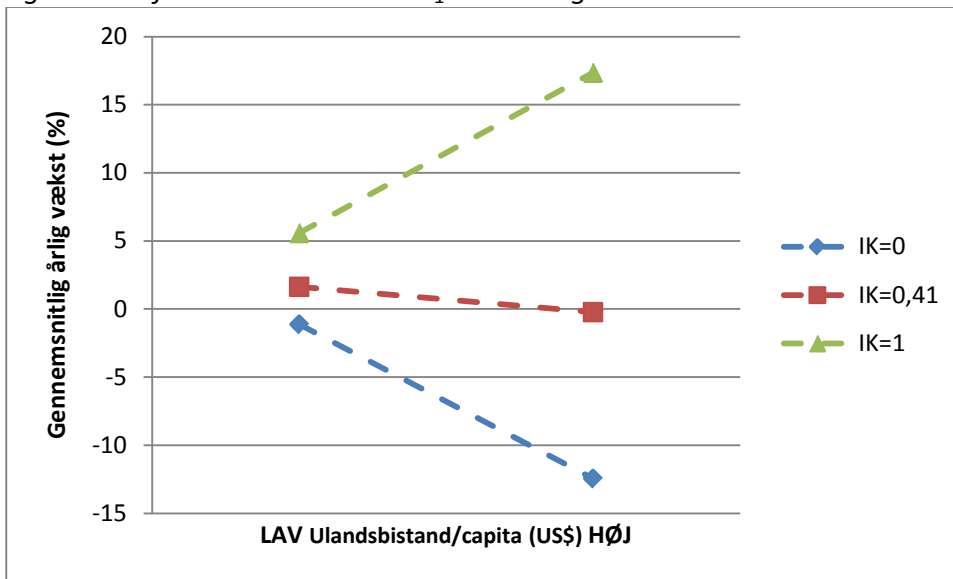
Figur 7: Illustration



Med lidt arbejde, lidt held og særligt ved hjælp af Fanen Layout kan man få grafen til at se ud som vist i Figur 3, ovenfor

Havde X_1 været kategorisk er det lettere misvisende at fremstille sammenhængen som ovenfor, da X_1 og dermed og Y-hat ikke antager værdierne indikeret i figuren. For eksemplets skyld kunne vi forestille os at ulandsbistand kun antager to værdier lav og høj – i dette tilfælde kan man overveje at fremstille sammenhængen som vist i Figur 8.

Figur 8: Grafisk illustration med X_1 som kategorisk variabel



8. Beregning af signifikansniveauer for X_1 ved udvalgte niveauer af X_2

Figur 3 (og til dels Figur 8) viser den forudsagte sammenhæng mellem ulandsbistand og vækst ved udvalgte niveauer af institutionel kvalitet. Hvad figuren i midlertidig ikke viser er, om de enkelte sammenhænge mellem ulandsbistand og vækst er signifikante. Ovenfor, i afsnit 6, fandt vi at sammenhængen er signifikant negativ for $IK=0$, mens vi ikke kender signifikansniveauerne for de øvrige sammenhænge. Disse kan beregnes i hånden, men det er nemmere at lade SPSS beregne dem. Konkret gøres det ved at udnytte at SPSS beregner signifikansniveauet for X_1 ved $X_2 = 0$. Man kan altså omkode X_2 så den har nulpunkt, der hvor man gerne vil beregne signifikansniveauet for X_1 . Med andre ord kan man parallelforskyde X_2 til X_2^* der har nulpunkt der hvor vi vil signifikansteste – og derefter estimere modellen med den omkodede $X_2 = X_2^*$ (og $X_1X_2^*$)

I nærværende tilfælde skal vi have dannet to nye variable (da vi allerede har signifikanstesten for den ene af de tre linjer: for $IK=0$). Disse skal have nulpunkt ved henholdsvis $X_2=0,41$ og $X_2=1$. Vi skal altså have trukket henholdsvis 0,41 og 1 fra X_2 .

```
COMPUTE x2middel=instikval-0.41.
```

```
COMPUTE x2max=instikval-1.
```

Dernæst skal der dannes to nye interaktionsled med disse nye variable

```
COMPUTE i_middel = x2middel*bistand.
```

```
COMPUTE i_max =x2max*bistand.
```

Endelig skal sammenhængene estimeres igen med de nye variable. Dette resulterer i nedenstående estimater, hvor det første output (bl.a.) viser koefficienten og signifikanstesten for X_1 ved $X_2 = \text{middel}$ og det andet for X_1 ved $X_2 = \text{max}$.

Tabel 3: Estimer med parallelforskudte X_2 -værdier

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,297	,781		4,224	,000
	Aid per capita	-,015	,013	-,136	1,186	,240
	BNP per capita	,000	,000	-,542	-3,036	,003
	x2middel	6,703	2,868	,429	2,337	,022
	i_middel	,178	,084	,312	2,107	,039

a. Dependent Variable: Gns. årlig vækst

Coefficients^a

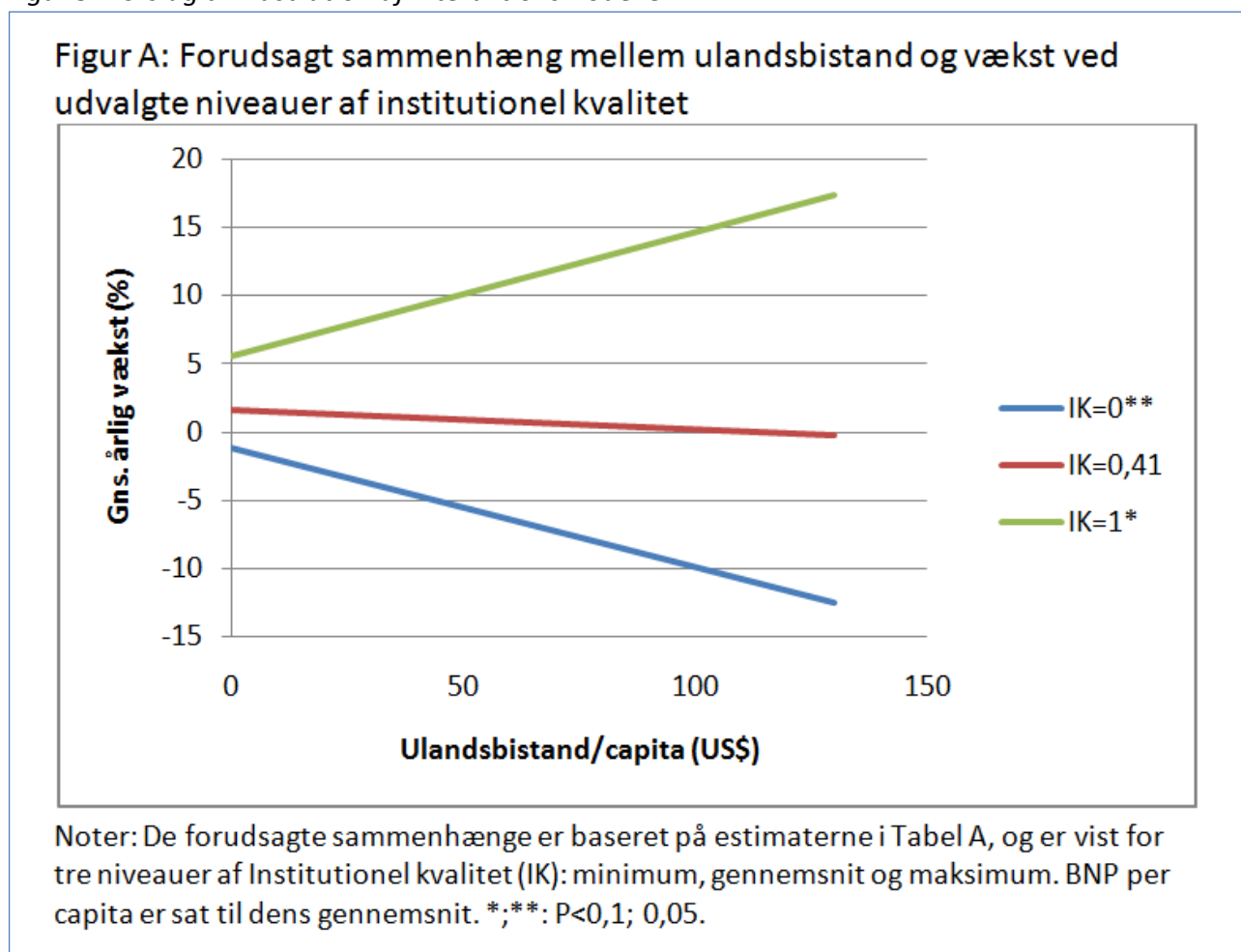
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7,280	2,169		3,357	,001
	Aid per capita	,090	,048	,017	1,884	,064
	BNP per capita	,000	,000	-,542	-3,036	,003
	x2max	6,703	2,868	,429	2,337	,022
	i_max	,178	,084	,944	2,107	,039

a. Dependent Variable: Gns. årlig vækst

Det fremgår at den svage negative effekt af ulandshjælp med gennemsnitlige institutioner er insignifikant ($P = 0,24$), mens den positive effekt af bistand under de bedste institutioner ikke er signifikant på 0,05-niveauet, men på 0,1-niveauet ($P = 0,06$).

Disse beregninger kan tilføjes illustrationen – som vist i Figur 9 – der samtidigt indeholder de informationer, der kan siges at være nødvendige i forbindelse illustration af interaktionsmodeller.

Figur 9: Forslag til illustration af interaktionsmodeller



9. Konklusion

Overlades i dette tilfælde til læseren (hvilket dog ikke kan anbefales i en eksamenssituation...)

Litteratur

- Agresti, A. & Finlay, B. (2009). Statistical methods for the social sciences, Fourth edn. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Brambor, T., Clark, W.R., & Golder, M. (2006). Understanding Interaction Models: Improving Empirical Analyses. *Political Analysis*, 14(1), 63-82.
- Burnside, C. & Dollar, D. (2000). Aid, Policies, and Growth. *American Economic Review*, 90(4), 847-868.
- Justesen, M.K. (2006). Politiske institutioner og økonomisk vækst. *Politica*, 38(3), 317-337.
- Kam, C.D. & Franzese, R.J. (2007). Modeling and Interpreting Interactive Hypotheses in Regression Analysis. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Penn World Tables (2010). 'Penn World Tables v6.2' fra <http://pwt.econ.upenn.edu/>. Data hentet 6. marts 2010.
- Stubager, R. & Sønderskov, K.M. (2011). Forudsætninger for lineær regression og variansanalyse efter mindste kvadraters metode, 5. udg., Århus: Institut for Statskundskab.
- Sønderskov, K.M. og Nielsen, J. (2009). Illustration af interaktionsmodeller i Stata, 3. udgave. Pt. tilgængelig på IFSK's interne drev: N:\STAFF\Soenderskov\Noter.
- Verdensbanken (2010) 'Wold development indicators' fra <http://data.worldbank.org/data-catalog>. Data hentet 6. marts 2010.