

❖ ثالثاً - بناءً، تعبير وحل نماذج التوازن العام الحاسوبية باستخدام GAMS

◆ تعريف مراحل بناء وحل النموذج:

- يشمل تعريف النموذج إعلان وتحديد المتغيرات والمعادلات المختلفة التي تمثل أنواع الحسابات المختلفة في SAM.
- تشمل معلمة (Parameterization) النموذج تعبير معالم النموذج من مصفوفة المحاسبة الاجتماعية وتحديد المرونات المختلفة في النموذج.
- تتضمن مرحلة حل النموذج تحديد برمجيات الحل (Algorithm)، إسناد القيم المبدئية للمتغيرات، تكرار (Replication) قيم المصفوفة كحل مبدئي للنموذج أو ما يعرف بمحاكاة الواقع، حل النموذج للسياسة أو الصدمة المستهدفة (Counter Factual) ثم استخلاص النتائج والتقارير.

◆ (2) مثال تطبيقي:

• مصفوفة محاسبة اجتماعية افتراضية

- للتبسيط وفهم الأساسيات افترض وجود اقتصاد يتكون من قطاعين إنتاجيين هما الزراعة AGR والصناعة MAN، عاملين للإنتاج هما العمل LAB ورأس المال CAP، نوعين من الأسر حضرية HH-U وريفية HH-R ويخلو من أنشطة الحكومة، الاستثمار والتجارة الخارجية. ويبين جدول (1) مصفوفة المحاسبة الاجتماعية لهذا الاقتصاد في سنة ما:

جدول (1) مصفوفة المحاسبة الاجتماعية لاقتصاد افتراضي

	AGR-A	MAN-A	AGR-C	MAN-C	LAB	CAP	HH-U	HH-R	TOT
AGR-A			100						100
MAN-A				140					140
AGR-C							40	60	100
MAN-C							100	40	140
LAB	70	60							130
CAP	30	80							110
HH-U					50	90			140
HH-R					80	20			100
TOT	100	140	100	140	130	110	140	100	

- وتتمثل في هذه المصفوفة البسيطة كل الحسابات ماعدا حساب الاستثمار والادخار. فحساب النشاط الإنتاجي يمثلته AGR-A و MAN-A، يتكون حساب السلع من السلعتين AGR-C و MAN-C، حساب عوامل الإنتاج ويتكون من العاملين LAB و CAP، وأخيراً حساب المؤسسات ويمثله الأسر بشقيها الحضري HH-U والريفي HH-R. كما نلاحظ أيضاً أن مجموع العمود يساوي مجموع الصف لكل الحسابات أي أن المصفوفة متوازنة.

• تحديد وتعريف كيانات النموذج

- تتكون الكيانات المعرفة للنموذج من المجموعات، المعالم أو الثوابت والمتغيرات.
- تعرف المجموعات الأنشطة، السلع، عوامل الإنتاج والمؤسسات في المصفوفة.
- تشمل المعالم الكميات المحسوبة من مصفوفة المحاسبة الاجتماعية لتعريف النموذج.
- تشمل المتغيرات الكميات التي يقوم بحسابها النموذج بناءً على حل المعادلات.

(أ) إرشادات تنظيمية:

- لتسهيل معالجة بيانات المصفوفة في GAMS يفضل تعريف مجموعة شاملة تضم كل حسابات المصفوفة واستخدام الأمر TABLE لإدخال بيانات المصفوفة.
- استعمل الأمر ALIAS في GAMS لتسهيل فلتر البيانات في المصفوفة وذلك بالرمز للمجموعة بأكثر من اسم واحد.
- تعامل التدفقات الإسمية في المصفوفة ككميات وعليه تكون الأسعار مساوية للواحد الصحيح في سنة الأساس.
- يمكن أن تتم عملية إدخال البيانات وتعيير معالم النموذج قبل أو بعد تعريف معادلات النموذج.
- هنالك طريقتين لحل النموذج كنظام لمعادلات آنية غير خطية هما: الأولى حل النموذج كمسألة أمثلية بإضافة متغير دمية لمعادلة الدخل ومن ثم تقليل هذا المتغير باستخدام البرمجيات MINOS أو CONOPT والثانية حل النموذج كمسألة توازنية باستخدام البرمجيات PATH أو MILES.
- في إطار طريقة تكوين النموذج كمسألة توازنية هنالك طريقتان للحل: تعرف الأولى بالنظام غير الخطي المقيد (CNS) وفيها يشمل النموذج كل المعادلات التي تمثل حسابات المصفوفة وتعرف الثانية بالنظام التكاملي المختلط (MCP) وفيه يشمل النموذج فقط نصف المعادلات التي تمثل حسابات المصفوفة وذلك باستخدام نظرية الازدواجية. ويمكن كتابة النموذج بشكل مبسط في هذه الحالة باستخدام برمجيات MPSGE. هذا وسيقتصر عرضنا على هذه الطريقة الأخيرة.

(ب) تكوين وحل النموذج كمسألة MCP / MPSGE :

- باستغلاله لخصائص نظرية الازدواجية يختصر نظام MCP عدد المعادلات في النموذج بما يقارب 50% حيث يمكن الاستغناء عن معادلات الإنتاج بدلالة شرط صفرية الأرباح في ظل التوازن، عن معادلات العرض والطلب بتضمينها في شرط نظافة الأسواق (Clearance) وعن معادلات الرفاه بدلالة شرط توازن الدخل والمنصرفات.
- لتسهيل تعريف وبناء النموذج في شكل MCP أو MPSGE تستبدل شكل المصفوفة في المثال التطبيقي من المربع إلى المستطيل (Rectangular) بحيث تظهر حسابات النشاطات الإنتاجية والمؤسسات في الأعمدة وحسابات السلع وعوامل الإنتاج في الصفوف ويتمثيل المقبوضات كتدفقات موجبة والمنصرفات كتدفقات سالبة كما يوضحها جدول (2).

جدول (2) مصفوفة المحاسبة المستطيلة لاقتصاد افتراضي

Markets	Sectors		Consumers	
	AGR	MAN	HH-U	HH-R
AGR	100		-40	-60
MAN		140	-100	-40
LAB	-70	-60	50	80
CAP	-30	-80	90	20

- وتتمثل خصائص هذا الشكل للمصفوفة بسهولة قراءته وتفسيره حيث تمثل الأعمدة صفرية الأرباح والصفوف نظافة الأسواق.
- MPSGE اختصار للبرمجيات Mathematical Programming System for General Equilibrium أو باللغة العربية "نظام البرمجة الرياضية للتوازن العام" وهي برمجيات متخصصة في تصميم نماذج التوازن العام وحلها باستخدام MCP عبر GAMS. ومن خلال هذا النظام يقوم المُنمِج بتعريف الدوال والحسابات في النموذج باستخدام رموز خاصة ويقوم النظام أتوماتيكياً بكتابة معادلات

التوازن العام للنموذج وإحالتها مع بيانات المصفوفة لـ MCP لحل النموذج وبالتالي فإن النظام ذو فائدة عظيمة لغير المتخصصين.

(ب.1) مصطلحات ورموز لغة MPSGE

- تتمثل المصطلحات الأساسية في الآتي:

\$Sectors:	للإعلان عن القطاعات
\$Commodities:	للإعلان عن السلع وعوامل الإنتاج
\$Consumers:	للإعلان عن الوكلاء
\$Auxiliary:	للإعلان عن المتغيرات الإضافية
\$Constraints:	للإعلان عن معادلات المتغيرات الإضافية
\$PROD:	تعريف التقنيات الإنتاجية بدوال التكلفة
\$DEMAND:	لتعريف تفضيلات المستهلكين بدوال الإنفاق
\$Sysinclude	لمناداة MPSGE من داخل GAMS
\$Include	مصطلح GAMS لضم ملف معين

- لنموذج MPSGE في GAMS الهيكل الآتي:

GAMS Statements	معالجة البيانات
\$ONTEXT	بداية الجزء الخاص بـ MPSGE
\$MODEL:	الإعلان عن اسم النموذج
Declaration of:	الإعلان عن:
Sectors	القطاعات
Commodities	السلع وعوامل الإنتاج
Consumers	الوكلاء
Auxiliary	المتغيرات الإضافية
Production Blocks	تعريف التقنيات
DEMAND Blocks	تعريف الرفاه والطلب
Constraint equations	معادلات المتغيرات الإضافية
\$OFFTEXT	نهاية الجزء الخاص بـ MPSGE
\$sysinclude mpsgeset	مناداة مترجم MPSGE من داخل GAMS
GAMS Statements	إسناد القيم المبدئية والسيناريوهات
\$include model.GEN	كتابة معادلات النموذج بواسطة MPSGE
Solve model using MCP;	حل النموذج
GAMS Statements	معالجة النتائج والتقارير

(ب.2) تعريف الدوال في MPSGE

1. التقنيات الإنتاجية Production Block:

- يستخدم MPSGE دالة التكلفة لتعريف التقنية ويشمل التعريف ثلاثة مكونات هي مقدار الإنتاج وسعر المنتج، مقادير المدخلات وأسعارها، والمروونات الإحلالية للدالة. وتأتي بيانات المقادير من المصفوفة ويتبع التقليد السائد في أدبيات الـ CGE باعتبار الأسعار في سنة الأساس مساوية للواحد الصحيح.
- يوضح المثال أدناه شكل مبسط للتقنية في MPSGE:

\$PROD : Y S : 1

O : PYQ : 100 P : 1

I : PL Q : 75 P : 1

I : PK Q : 25 P : 1

يحتوي السطر الأول : الإعلان عن الدالة (\$PROD) ، إسم النشاط (Y) ، والمرونة الإحلالية في المنزلة (s:). في حالة النشاط متعدد المخرجات يمكن تعريف مرونة التحويل باستخدام المنزلة (t:) قبل المنزلة (s:). إذا لم يتم ذكر المرونات تعتبر $t = 0$ و $s = 1$. أما في حالة التمثيل العشى أو الطبقي للمرونات تذكر المرونات الفرعية بعد المنزلة (s:) مثلاً $a:0.5$ لتعني مرونة الإحلال للطبقة المعنية والتي يتم إسنادها بعد المنزلة (P:) في أسطر المدخلات.

يمثل العمود الأول: أسماء السلع المنتجة (O) ويرمز لها بأسعارها (PY)، المدخلات (I) ويرمز لها أيضاً بأسعارها (PL) سعر وحدة العمل و (PK) سعر وحدة رأس المال في المثال.

يمثل العمود الثاني: مقادير المنتجات والمدخلات من المصفوفة (Q:).

يمثل العمود الثالث: الأسعار المبدئية للسلع وعوامل الإنتاج (P:) حسب التقليد المتبع فإن الأسعار المبدئية تساوي واحد ما لم يكن هنالك رسوم ضريبية على السلعة أو مدخل الإنتاج. في حالة عدم ذكر هذه المنزلة يعتبر MPSGE (P:1).

كما يمكن أن يحتوي البلوك (Block) على أعمدة إضافية لتمثيل الضرائب والمرونات الفرعية في حالة وجودها ويستخدم MPSGE هذه المعلومات لتعريف دالة التكلفة للتقنية المحددة والتي تمثلها للمثال دالة الكوبدوقلاس:

$$PY = PL**0.75*PK**0.25;$$

2. تعريف حساب الطلب والمستهلك Demand Block:

- يستخدم MPSGE دالة الإنفاق لتعريف مسألة المستهلك ويشتمل التعريف على مقادير الطلب وأسعار المستهلك، مقادير عرض عوامل الإنتاج (Endowments) وأسعارها، والمرونات الإحلالية لسلة الاستهلاك.
- هنالك طريقتين لتمثيل مسألة المستهلك: الأولى تجزأ المسألة إلى بلوكين الأول لتجميع الاستهلاك والثاني لتعريف الطلب وتجمع الطريقة الثانية جزئي المسألة في بلوك واحد. ففي الطريقة الأولى تعرف سلة الاستهلاك بدالة إنفاق كما في المثال:

$$\$PROD : W \quad S : 1$$

$$O : PWQ : 200$$

$$I : PXQ : 100$$

$$I : PYQ : 100$$

حيث W قطاع وسيط يمثل مستوى الرفاهية في المثال ويمثل PW تكلفة الاستهلاك للوحدة أو مؤشر أسعار المستهلك (cpi) وحيث تمثل المقادير على التوالي جملة الاستهلاك، استهلاك السلعة X واستهلاك السلعة Y. ويعرف الجزء الثاني من المسألة أو بلوك الطلب بـ:

$$\$DEMAND: \quad Cons$$

$$D : PWQ : 200$$

$$E : PLQ : 100$$

$$E : PKQ : 100$$

حيث يحتوي السطر الأول على تحديد نوع البلوك (\$DEMAND) وإسم المستهلك Cons. العمود الأول ويشمل أسماء السلع المستهلكة أو المطلوبة (D:) ويرمز لها بأسعار المستهلك (PW)، عوامل الإنتاج التي بحوزة المستهلك (E:) ويرمز لها بأسعارها (PL) للعمل و (PK) لرأس المال. ويحتوي العمود الثالث على مقادير الطلب وعوامل الإنتاج (Q:) ويتم أخذ بياناتها من المصفوفة. هذا ويمثل هذا البلوك معادلة توازن الدخل والإنفاق للمستهلك في MPSGE.

أما الطريقة الثانية فتجمع البلوكين في بلوك واحد كالآتي:

$$\$DEMAND: \quad Cons \quad S:1$$

D : PXQ : 100

D : PYQ : 100

E : PLQ : 100

E : PKQ : 100

حيث تم إلغاء السلعة الوسيطة W وإظهار السلع المطلوبة في المنزل (D:) وحيث تمثل s المرونة الإحلالية بين السلعتين X و Y في دالة الرفاهية.

3. لا تشترط MPSGE كتابة الحروف الإنجليزية في شكل Capital أو Small كما تقبل تصميم النموذج في الشكل الأحادي كما في الأمثلة أو شكل المتجهات (Vector) والذي يستخدمه المثال التطبيقي في الجزء التالي.

(ب.3) نموذج MPSGE للمثال التطبيقي

- فيما يلي استعراض لتعريف، تعبير وحل النموذج في GAMS باستخدام MPSGE:

\$Title CGE Model in MPSGE Formulation

SETS

G Global Set of SAM accounts
/ AGR, MAN, LAB, CAP, HH-U, HH-R /
C(G) Commodities / AGR, MAN /
F(G) Factors / LAB, CAP /
H(G) Household / HH-U, HH-R /;
ALIAS (G,GG), (C,CC), (F,FF);

PARAMETERS

FD0(F,C)	Benchmark factor demand
beta(C,H)	Household consumption shares
HD0(C,H)	Benchmark household consumption
FS0(F,H)	Benchmark factor supplies
Q0(C)	Benchmark output levels
HW0(H)	Benchmark household expenditure
P0(C)	Initial commodity prices
PF0(F)	Initial factor prices
PW0(H)	Initial consumer prices;

* SAM and parameter calibration:

Table SAM (*, *) A Hypothetical Rectangular SAM

	AGR	MAN	HH-U	HH-R
AGR	100		-40	-60
MAN		140	-100	-40
LAB	-70	-60	50	80
CAP	-30	-80	90	20

P0(C)=1; PF0(F)=1; PW0(H)=1;

$Q0(C) = SAM(C,C) / P0(C);$
 $FD0(F,C) = -SAM(F,C) / PF0(F);$
 $HD0(C,H) = -SAM(C,H) / P0(C);$
 $FS0(F,H) = SAM(F,H) / PF0(F);$
 $HW0(H) = \text{Sum}(C, HD0(C,H)) / PW0(H);$
 $\alpha(F,C) = FD0(F,C) / \text{Sum}(FF, FD0(FF,C));$
 $\beta(C,H) = HD0(C,H) * P0(C) / \text{Sum}(CC, HD0(CC,H) * P0(CC));$

\$ONTEXT

\$MODEL: CGE_MPSGE

\$SECTORS:

Q(C) ! Activity levels

W(H) ! Welfare index

\$COMMODITIES:

PW(H) ! Consumer price index

PF(F) ! Factor prices

P(C)! Commodity prices

\$CONSUMERS:

YH(H) ! Household income

\$PROD: Q(C) S : 1

Q: P(C) Q : Q0(C)

I : PF(F) Q : FD0(F,C)

\$PROD: W(H) S : 1

Q: PW(H) Q : HW0(H)

I : P(C) Q : HD0(C,H)

\$DEMAND: YH(H)

D: PW(H) Q : HW0(H)

E : PF(F) Q : FS0(F,H)

\$OFFTEXT

\$Sysinclude mpsgeset CGE_MPSGE

\$INCLUDE CGE_MPSGE.GEN

*Replicate Benchmark Equilibrium

CGE_MPSGE.ITERLIM = 0;

Solve CGE_MPSGE using MCP;

* Policy simulations and reports:

SET	SC	Senarios
	/ Base	Base simulation
	Stock	25 percent growth in capital supply
	Labor	25 percent growth in labor supply;

PARAMETERS

SCFact(F,H,SC)	Scenario factor supply
REPP(C,SC)	Simulation commodity price
REPQ(C,SC)	Simulation commodity output
REPF(F,SC)	Simulation factor price
REPHC(C,H,SC)	Simulation consumer demand;
SCFact(F,H,SC) = FS0(F,H);	
SCFact("CAP",H,"Stock") = 1.25*FS0("CAP",H);	
SCFact("LAB",H,"Labor") = 1.25*FS0("LAB",H);	

* Set numeraire to deflate prices in the model

$$PW.FX("HH-U") = 1;$$

* Relax the iteration limit:

$$CGE_mcp.iterlim = 1000;$$

* Loop and solve simulation scenarios:

```

Loop (SC,
  FS0(F,H) = SCFact(F,H,SC);
  Solve CGE_mcp using mcp;
  REPP(C,SC) = P.L(C);
  REPQ(C,SC) = Q0(C)*Q.L(C);
  REPF(F,SC) = PF.L(F);
  REPHC(C,H,SC) = beta(C,H)*HW0(H)*W.L(H)*PW.L(H) / P.L(C);
);
Option REPHC : 3 : 1 : 1
Display REPP, REPQ, REPF, REPHC;

```

(ب.4) استعراض نتائج حل النموذج وسيناريوهات السياسة

- تم عقب إعلان، تعريف وتعيير النموذج أعلاه الإعلان عن سيناريوهين هما زيادة رأس المال بنسبة 25% وزيادة عرض العمل بـ 25% ومن ثم تم حل النموذج للسيناريو الأساسي (دون زيادة في رأس المال أو العمل) وسيناريو هي السياسة وحساب عناصر المصفوفة للسيناريوهات الثلاثة.

- تتمثل أهم الملاحظات عن نتائج السيناريوهات في:

1. يكرر سيناريو الأساس المصفوفة تماماً مما يدل على صحة العلاقات في النموذج.
2. أدت زيادة وفرة رأس المال بـ 25% إلى زيادة في الإنتاج الزراعي بنسبة 6% وفي الإنتاج الصناعي بنسبة 14% وإلى زيادة في دخل الأسر الريفية بنسبة 11% وفي دخل الأسر الحضرية بنسبة

- 12% ويعزى السبب وراء الزيادة الكبيرة نسبياً في دخل الأسر الريفية مقارنة بالأسر الحضرية إلى الارتفاع في أجور العمل وانخفاض العائد على رأس المال.
3. أدت زيادة وفرة عرض العمل — 25% إلى زيادة في الإنتاج الزراعي بنسبة 16% وفي الإنتاج الصناعي بنسبة 10% وإلى زيادة في دخل الأسر الريفية بنسبة 13% وفي دخل الأسر الحضرية بنسبة 11% وذلك بسبب ارتفاع العائد على رأس المال وانخفاض الأجور.
4. أما على مستوى الاستهلاك فقد زاد متوسط استهلاك الأسر الريفية والحضرية للسلعة الزراعية بنسبة 7% وللسلعة المصنعة بنسبة 14%. وبالنسبة لسيناريو زيادة عرض العمل فقد زاد متوسط استهلاك الأسر الريفية والحضرية للسلعة الزراعية بنسبة 17% وللسلعة المصنعة بنسبة 10% ويفسر ذلك بزيادة سعر السلعة الزراعية بنسبة 4% وانخفاض سعر السلعة المصنعة بنسبة 2% في حالة سيناريو رأس المال وزيادة سعر السلعة المصنعة بنسبة 2% وانخفاض سعر السلعة الزراعية بنسبة 4% في حالة سيناريو زيادة العمل.
5. أما من حيث مستوى الرفاهية فنستنتج ارتفاعها للأسر الحضرية في سيناريو رأس المال بزيادة استهلاكها من السلعة الصناعية (المفضلة) وارتفاعها للأسر الريفية في سيناريو العمل بزيادة استهلاكها من السلعة الزراعية (المفضلة).
6. يرجع التشابه في اتجاه حركة الأسعار لخاصية التناسبية التي تتميز بها دوال الكوبدوقلاس المستخدمة في تمثيل التقنيات وتفضيلات المستهلكين في المثال.

(ب.5) توضيحات

- يتضح للمستخدم فائدة MPSGE عندما يحاول بنفسه كتابة المعادلات للنماذج الكبيرة ذات الدوال المعقدة وتعظم الفائدة بدرجة أكبر للمستخدم غير المتمرس في نظرية التوازن العام.
- في نماذج الـ CGE تتحدد فقط الأسعار النسبية وليست المطلقة وعليه يجب أن يختار النمذج سعر سلعة أو عامل إنتاج أو مؤشر أسعار للتعبير عن التدفقات النقدية في النتائج ويستخدم MPSGE في حالة عدم تحديد ذلك السعر أو المؤشر مستوى دخل أول الوكلاء المعن عنهم في النمذج كمؤشر.
- للتأكد من صحة تمثيل النمذج لبيانات المصفوفة يجب أن يكرر الحل المبدئي للنمذج مصفوفة المحاسبية ولتحقيق ذلك في MPSGE يطلب عدم حل النمذج بتثبيت عدد التكرارات عند الصفر أي $ITERLIM = 0$ وقراءة قيم الدوال والمتغيرات عند هذه النقطة. فإذا وجد بالنظر في ملف النتائج (Ist) أن القيمة الحالية لكل المتغيرات ماعدا الدخل مساوية للواحد الصحيح والقيمة الظلية مساوية للصفر إضافة إلى تساوي المتبقي (Residual) في بيان "حالة النمذج" للصفر فذلك يعني صحة تمثيل النمذج للمصفوفة.
- أما بالنسبة لسيناريوهات السياسة فالتأكد من صحة حل النمذج وأمثلة الحل يتم بالنظر في بيان حالة النمذج (Model Status). فإذا كانت حالة الحل 1 أو 2 فذلك يعني صحة الحل وغيرها يعني وجود إشكاليات في حل النمذج.
- لمزيد من التعرف على برمجيات MPSGE أنظر الموقع: <http://Debreu.Colorado.edu>.
- للإطلاع على ملف النمذج في GAMS [MPSGE.GMS].
- للإطلاع على ملف النتائج في GAMS [MPSGE.Ist].