

L'analyse entrée-sortie et ses applications environnementales

Une introduction

Loris André

Paris School of Economics

January 23, 2024

Objectifs

- ▶ Acquérir le vocabulaire de l'analyse entrée-sortie

Objectifs

- ▶ Acquérir le vocabulaire de l'analyse entrée-sortie
- ▶ Comprendre les raisonnements derrière l'identité de Leontief

Objectifs

- ▶ Acquérir le vocabulaire de l'analyse entrée-sortie
- ▶ Comprendre les raisonnements derrière l'identité de Leontief
- ▶ Mener des calculs simples d'impacts de chocs de demande finale ou de chocs d'offre

Objectifs

- ▶ Acquérir le vocabulaire de l'analyse entrée-sortie
- ▶ Comprendre les raisonnements derrière l'identité de Leontief
- ▶ Mener des calculs simples d'impacts de chocs de demande finale ou de chocs d'offre
- ▶ Apprendre à manipuler les extensions (environnementales) des tables entrées-sorties

Plan

Un historique de l'analyse entrée-sortie

Plan

Un historique de l'analyse entrée-sortie

La table entrée-sortie

Plan

Un historique de l'analyse entrée-sortie

La table entrée-sortie

L'analyse entrée-sortie

Plan

Un historique de l'analyse entrée-sortie

La table entrée-sortie

L'analyse entrée-sortie

Les extensions (environnementales)

Plan

Un historique de l'analyse entrée-sortie

La table entrée-sortie

L'analyse entrée-sortie

Les extensions (environnementales)

Les origines de l'analyse entrée-sortie

Le Tableau économique de Quesnay (1758)

- ▶ Quesnay cherche à établir “un tableau fondamental de l'ordre économique pour y représenter les dépenses et les produits sous un aspect facile à saisir”

Les origines de l'analyse entrée-sortie

Le Tableau économique de Quesnay (1758)

- ▶ Quesnay cherche à établir “un tableau fondamental de l'ordre oeconomique pour y représenter les dépenses et les produits sous un aspect facile à saisir”
- ▶ Avec l'objectif de permettre de “juger clairement des arrangements et des dérangements que le gouvernement peut y causer”

Les origines de l'analyse entrée-sortie

“Quantitative Input and Output Relations” de Leontief en 1936 [2]

Table 5. - Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States
(unit: million dollars)

DISTRIBUTION OF OUTPUTS <small>UNITED BY CLASSES LISTED AT TOP OF TABLE</small>	DISTRIBUTION OF INPUT BY CLASSES LISTED AT LEFT OF TABLE																																		
	Agriculture	Four and grain mill products	Canning and preserving	Wheat and bakery products	Meats, fishes, and other	Liquors, wines, and wines	Textile manufactures	Printing and other printing	Other food manufactures	Other consumer goods	Other non-food manufactures	Chemicals	Other non-manufacturing	Electric utilities	Manufactured gas	Construction	Transportation	Communication	Government	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other			
1. Agriculture	500	170	200	4	94	32	200	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
2. Four and grain mill products	100	200																																	
3. Canning and preserving																																			
4. Wheat and bakery products																																			
5. Meats, fishes, and other	21	24	30	11	6	30	110																												
6. Liquors, wines, and wines																																			
7. Textile manufactures																																			
8. Printing and other printing	19	30					204	17																											
9. Other consumer goods																																			
10. Other non-food manufactures																																			
11. Chemicals																																			
12. Other non-manufacturing																																			
13. Electric utilities																																			
14. Manufactured gas																																			
15. Construction																																			
16. Transportation																																			
17. Communication																																			
18. Government																																			
19. Other																																			
20. Other																																			
21. Other																																			
22. Other																																			
23. Other																																			
24. Other																																			
25. Other																																			
26. Other																																			
27. Other																																			
28. Other																																			
29. Other																																			
30. Other																																			
31. Other																																			
32. Other																																			
33. Other																																			
34. Other																																			
35. Other																																			
36. Other																																			
37. Other																																			
38. Other																																			
39. Other																																			
40. Other																																			
41. Other																																			
42. Other																																			
43. Other																																			
44. Other																																			
45. Other																																			
46. Other																																			
47. Other																																			
48. Other																																			
49. Other																																			
50. Other																																			
51. Other																																			
52. Other																																			
53. Other																																			
54. Other																																			
55. Other																																			
56. Other																																			
57. Other																																			
58. Other																																			
59. Other																																			
60. Other																																			
61. Other																																			
62. Other				</																															

...Aujourd'hui

L'amélioration de la puissance de calcul s'accompagne d'une granularisation des tableaux

Aujourd'hui, les tables entrées-sorties multirégionales peuvent contenir jusqu'à 200 pays et 200 secteurs économiques !

L'analyse entrée-sortie et ses applications environnementales

Un historique de l'analyse entrée-sortie

La table entrée-sortie

L'analyse entrée-sortie

Les extensions (environnementales)

La table entrée-sortie

Un ouvrage de référence : le Miller & Blair (2009) [3]

		PRODUCERS AS CONSUMERS								FINAL DEMAND			
		Agric.	Mining	Const.	Manuf.	Trade	Transp.	Services	Other	Personal Consumption Expenditures	Gross Private Domestic Investment	Govt. Purchases of Goods & Services	Net Exports of Goods & Services
PRODUCERS	Agriculture												
	Mining												
	Construction												
	Manufacturing												
	Trade												
	Transportation												
	Services												
	Other Industry												
VALUE ADDED	Employees	Employee compensation								GROSS DOMESTIC PRODUCT			
	Business Owners and Capital	Profit-type income and capital consumption allowances											
	Government	Indirect business taxes											

Source: <http://digamo.free.fr/io2009.pdf>

La table entrée-sortie

Une structure inter-régionale

		Intermediate use at basic prices	Final Demand			Output at basic prices					
		ctry 1 x indy 1 [...] ctry 71 x indy 45	Country 1	[...]	Country 67						
			IRCE MPGSH GGFC GRCF INVMT DPAIBR		IRCE MPGSH GGFC GRCF INVMT DPAIBR						
Country 1	Industry 1	(Z)	(FD)	[...]	(FD)	(X)					
	... Industry 45										
Country 2	Industry 1										
	... Industry 45										
...											
Country 71	Industry 1										
	... Industry 45										
Taxes less subsidies on intermediate and final products	paid by country 1						(TLS)	[TLS]	[...]	[TLS]	
	paid by country 2										
	[...]										
	paid by country 67										
Value added at basic prices							(VA)				
Output at basic prices							(X)				

Source: métadonnées ICIO 2018 fournies par l'OCDE

La table entrée-sortie

Vocabulaire et notations

- ▶ N = nombre de secteurs économiques (nombre d'industries multiplié par le nombre de régions)
- ▶ Z = matrice de transaction
- ▶ f = matrice de demande finale
- ▶ v = matrice de valeur ajoutée
- ▶ X = vecteur de production (\triangle la somme de ses éléments est différente du PIB)

La table entrée-sortie

Une double lecture

Le vecteur gris X répertorie les productions totales de chaque secteur. Il est de même dimension que f et peut s'exprimer comme la somme l'ensemble des demandes (les demandes finales et les productions intermédiaires) :

$$X_i = \sum_{j=0}^N z_{ij} + f_i$$

où z_{ij} est la quantité de bien produite par le secteur i à destination du secteur j .

Matriciellement,

$$X = Z1_N + f$$

où 1_N est un vecteur contenant seulement des "1" de taille N .

La table entrée-sortie

Une double lecture

La production du secteur de la colonne j correspond à la somme de ses intrants et de la valeur ajoutée qu'il produit :

$$X_j = \sum_{i=0}^N z_{ij} + v_j$$

où z_{ij} est la quantité de bien produite par le secteur i à destination du secteur j .

Matriciellement,

$$X = Z^T \mathbf{1}_N + v$$

où $\mathbf{1}_N$ est un vecteur contenant seulement des "1" de taille N .

L'analyse entrée-sortie et ses applications environnementales

Un historique de l'analyse entrée-sortie

La table entrée-sortie

L'analyse entrée-sortie

Les extensions (environnementales)

L'analyse entrée-sortie

Leontief : lier la production à la demande finale

Le bien j utilise une proportion a_{ij} (coefficients techniques) de l'intrant i dans sa production :

$$X_j = \frac{1}{a_{ij}} \times z_{ij}$$

de telle sorte que $Z1_N = AX$. On obtient alors :

$$X = AX + f$$

$$X = (I - A)^{-1}f = Lf$$

L est appelée matrice de Leontief.

L'analyse entrée-sortie

Leontief : lier la production à la demande finale

Question

Que se passe-t-il si la demande finale chute, pour l'ensemble de l'économie ? pour un secteur spécifique ?

L'analyse entrée-sortie

Leontief : lier la production à la demande finale

Une formule simple pour obtenir la baisse de production induite par une variation de la demande finale :

$$X - X^* = L(f - f^*) = \underbrace{(f - f^*)}_{\text{direct effect}} + \underbrace{A(f - f^*) + A^2(f - f^*) + \dots}_{\text{indirect effect}}$$

L'analyse entrée-sortie

Un exemple numérique

		To Processing Sectors		Final Demand (f_i)	Total Output (x_i)
		1	2		
From	1	150	500	350	1000
Processing Sectors	2	200	100	1700	2000
Payments Sector		650	1400	1100	3150
Total Outlays (x_i)		1000	2000	3150	6150

Source: Miller & Blair (2009)

L'analyse entrée-sortie

Un exemple numérique

	Sector 1 (Agriculture)	Sector 2 (Manufacturing)
Sector 1 (Agriculture)	.15	.25
Sector 2 (Manufacturing)	.20	.05

Source: Miller & Blair (2009)

L'analyse entrée-sortie

Un exemple numérique

Si la demande finale pour la production agricole devait augmenter à 600\$ l'année prochaine et que celle pour les produits manufacturés devait diminuer à 1500\$ - par exemple, en raison de changements dans les dépenses publiques, les goûts des consommateurs, etc. - quelle quantité de production totale des deux secteurs serait nécessaire pour répondre à cette nouvelle demande ?

L'analyse entrée-sortie

Un exemple numérique

$$\mathbf{x}^{new} = \mathbf{L}\mathbf{f}^{new} = \begin{bmatrix} 1.2541 & .3300 \\ .2640 & 1.1221 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 600 \\ 1500 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1247.52 \\ 1841.58 \end{bmatrix}$$

Source: Miller & Blair (2009)

L'analyse entrée-sortie

Un exemple numérique

Round	0	1	2	3	4	5	6	7	8 + 9 + 10 + 11	Lf ¹
Sec. 1	600	465.00	118.50	43.46	13.73	4.60	1.50	0.50	0.24	1247.52
Sec. 2	1500	195.00	102.75	28.84	10.13	3.25	1.08	0.35	0.17	1841.58
<i>Cumulative Total</i>										
Sec. 1		1065.00	1183.50	1226.96	1240.64	1245.29				1247.52
Sec. 2		1695.00	1797.75	1826.59	1836.72	1839.97				1841.58
<i>Percent of Total Effect Captured</i>										
Sec. 1		85.40	94.90	98.40	99.50	99.80				1247.52
Sec. 2		92.00	97.60	99.20	99.70	99.90				1841.58

Source: Miller & Blair (2009)

L'analyse entrée-sortie

Leontief : lier la production à la demande finale

Une formule simple pour obtenir la baisse de production induite par une variation de la demande finale :

$$X - X^* = L(f - f^*) = \underbrace{(f - f^*)}_{\text{direct effect}} + \underbrace{A(f - f^*) + A^2(f - f^*) + \dots}_{\text{indirect effect}}$$

Une fonction de production sous-jacente :

$$X_j = \min \left(\frac{x_{1j}}{a_{1j}}; \dots; \frac{x_{Nj}}{a_{Nj}} \right)$$

L'analyse entrée-sortie

Les limites de la méthode de Leontief

- ▶ Que se passe-t-il si les travailleurs d'un secteur ne peuvent plus fournir leur force de travail ?

L'analyse entrée-sortie

Ghosh : lier la production à la valeur ajoutée [1]

Le bien i alloue une proportion b_{ij} (coefficients de vente) à la production du secteur j :

$$X_i = \frac{1}{b_{ij}} \times z_{ij}$$

de telle sorte que $Z = \hat{x}B$. On obtient alors :

$$X^T = v^T (I - B)^{-1} = v^T G$$

G est appelée matrice de Leontief.

L'analyse entrée-sortie

Les limites des méthodes de Leontief et Ghosh

- ▶ Que se passe-t-il lorsqu'un secteur arrête de fournir des intrants ?

L'analyse entrée-sortie

Les méthodes d'extraction hypothétique (Section 12.2.6 [3])

“The objective of the hypothetical extraction approach is to quantify how much the total output of an n -sector economy would change (decrease) if a particular sector, say the j th, were removed from that economy.” Miller & Blair

L'analyse entrée-sortie

Les méthodes d'extraction hypothétique (Section 12.2.6 [3])

Estimer les “backward linkages”

Imaginons qu'un secteur soit retiré de l'économie *en tant que demandeur d'intrant*. On cherche à estimer l'impact sur l'ensemble de l'économie.

L'analyse entrée-sortie

Les méthodes d'extraction hypothétique (Section 12.2.6 [3])

Estimer les “backward linkages”

Imaginons qu'un secteur soit retiré de l'économie *en tant que demandeur d'intrant*. On cherche à estimer l'impact sur l'ensemble de l'économie.

Dans quelle perspective se place-t-on ? Leontief ou Ghosh ?

L'analyse entrée-sortie

Les méthodes d'extraction hypothétique (Section 12.2.6 [3])

Estimer les “backward linkages”

C'est un choc de demande donc on utilise la matrice de Leontief pour calculer “l'output” de la nouvelle économie. Cependant, il est nécessaire de la modifier, en la calculant à partir d'une matrice de transaction Z dans laquelle les coefficients de la colonne du secteur j ont été annulés (ou de manière plus générale, abaissés dans les mêmes proportions).

L'analyse entrée-sortie et ses applications environnementales

Un historique de l'analyse entrée-sortie

La table entrée-sortie

L'analyse entrée-sortie

Les extensions (environnementales)

Les extensions (environnementales) - Section 2.3 [3]

Notons $e' = (e_1, \dots, e_N)$ le vecteur des impacts environnementaux des N secteurs économiques.

Les extensions (environnementales) - Section 2.3 [3]

Notons $e' = (e_1, \dots, e_N)$ le vecteur des impacts environnementaux des N secteurs économiques. On peut en déduire un vecteur d'intensité environnementale :

$$e'_c = \left(\frac{e_1}{x_1^{\text{pre}}}, \dots, \frac{e_N}{x_N^{\text{pre}}} \right)$$

Les extensions (environnementales) - Section 2.3 [3]

Notons $e' = (e_1, \dots, e_N)$ le vecteur des impacts environnementaux des N secteurs économiques. On peut en déduire un vecteur d'intensité environnementale :

$$e'_c = \left(\frac{e_1}{x_1^{\text{pre}}}, \dots, \frac{e_N}{x_N^{\text{pre}}} \right)$$

On peut alors obtenir les impacts environnementaux après un choc de demande finale, par exemple :

$$\epsilon = \hat{e}_c L f^{\text{new}}$$

La semaine prochaine

- ▶ Retour sur les questions éventuelles
- ▶ Présentation des 4 papiers
- ▶ Exemple de codes Python : “Quelles conséquences des sanctions à l'encontre de la Russie ?”

Bibliographie

- [1] A. Ghosh. Input-output approach in an allocation system. *Economica*, 25(97):58–64, 1958.
- [2] W. W. Leontief. Quantitative input and output relations in the economic systems of the united states. *The review of economic statistics*, pages 105–125, 1936.
- [3] R. E. Miller and P. D. Blair. *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge university press, 2009.