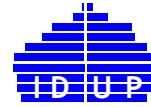




Université Paris 1 Panthéon Sorbonne,

Institut de démographie



Cours d'analyse démographique (modèles de population) (Master de démographie) par Alexandre Avdeev

Introduction à la 2d partie : Modèles de population

Principes de modélisation

Notion d'un modèle, élément d'un modèle, objet de modélisation en démographie etc.

Objectifs et structure du cours

- Dans la première partie du cours,
 - on étudiait les méthodes de construction des indicateurs démographiques et de description formelle (formalisation) des populations (effectif, structures) et des phénomènes démographiques (mortalité, fécondité, nuptialité)
 - on cherchait à présenter (ou à réduire) les phénomènes sociaux extrêmement complexes avec des abstractions simplificatrices de nature quantitative. Ex.g. : la fécondité s'est transformé à l'indice synthétique de fécondité ; la population a été réduite à un nombre (effectifs) ou à une série de nombres et de relations (rapport de sexes etc.)
 - on examinait en quelle mesure la dynamique réelle d'un phénomène démographique correspond à la dynamique ses indicateurs descripteurs et inversement
 - en résumé : on a étudié les rapports entre les objets démographiques et leurs descriptions avec des indicateurs
- Dans la deuxième partie du cours, on s'intéressera aux rapports quantitatives entre les indicateurs démographiques
 - on va chercher les liens quantitatives entre les indicateurs
 - on va formaliser ces liens ou de les présenter sous forme des équations mathématiques
 - on va essayer de trouver les lois fondamentales de ces liens

Le but, la vocation et les missions de la modélisation démographique

- **Le but de la modélisation démographique** est de mettre en évidence les liens entre les caractéristiques quantitatives des phénomènes et des objets démographiques afin **d'établir les règles mathématiques d'estimation** (calculs des scores approximatifs) des caractéristiques quantitatives des objets inaccessibles pour l'observation directe à partir caractéristiques observées ou prédéfinies des autres objets.
- Ces **règles d'estimation** ou de projection (on l'appelle « modèles démographiques » ou « modèle de populations ») **sont établies à partir des résultats d'études empiriques** des phénomènes démographiques
- **La vocation d'un modèle démographique** est de fournir au chercheurs de fiables instruments de prévision des comportement d'un objet démographiques dans de diverses situations afin de résoudre des problèmes pratiques de gestion et de trouver une stratégie optimale des politiques de population.
- **La mission essentiel** de la modélisation démographique est d'estimer le score de tous les paramètres du modèle pour qu'il soit le plus adéquat au comportement d'un objet démographique réel.

Étapes de construction d'un modèle démographique

- **Les informations de départ :**
 - Quantitatives → les résultats d'observation
 - Qualitatives → des concepts générales démographiques, sociologiques, psychologiques, économiques etc.
- **Étapes de construction :**
 - Spécification du modèle
 - Collecte et traitement des données empiriques
 - Estimation quantitative des paramètres du modèle
 - Vérification de l'adéquation /conformité du modèle à la réalité
- **Notions et définition de base :**
 - **objet / phénomènes** → populations, natalité, mortalité, fécondité, migration etc.
 - **système des indicateurs descripteurs**
 - à chaque état d'un objet correspond une valeur concrète d'un indicateur qui l'incarne (on dit « le niveau » : en 2008 la fécondité en France = 1,99 => ISF=1,99)
 - la nature de l'indicateur est constante, mais le niveau est variable, par conséquent, on parle des « variables démographiques »
 - **modèle** est une expression mathématique des liens entre les indicateurs descripteurs (variables) de l'objet, modèle peut être représenté comme
 - une série de graphiques
 - comme un tableau ou une série de tables
 - comme un système des équations et des inéquations

Spécification et classification des modèles et des variables

Spécification d'un modèle est une description détaillée du comportement d'un objet à l'aide du langage mathématique

Premier principe de la spécification d'un modèle:

Un modèle se réalise comme une traduction en langage mathématique des lois (des régularités) induites par la théorie générale démographique ou à partir de l'observation d'expériences particulières

Variable endogène est une variable qui se forme à l'intérieur du modèle (ses scores sont produits par le modèle même)

Variable exogène est une variable dont les scores sont formés à l'extérieur du modèle

Classification des modèles:

On appelle « **modèles fermés** » ceux qui ne comportent que des variables endogènes

On appelle « **modèles ouverts** » ceux qui comportent au moins une variable exogène

Second principe de la spécification d'un modèle:

dans un modèle le nombre d'équations doit être égale au nombre de variables endogènes (ce principe est important pour la vérification que la transcription du modèle soit correcte)

Troisième principe de la spécification d'un modèle:

il est nécessaire que les variables soient toujours rapportées à un moment de temps

On appelle « **modèles dynamiques** » (modèles de *séries temporelles*) ceux dont les variables sont dépendantes du temps

On appelle « **variables datées** » ou variables temporaires celles qui varient en fonction de temps

Formes des modèles démographiques

- **Équation est structurelle**, si elle comporte plus qu'une variable endogène
(Ex.: le modèle de fécondité de J.Bongaarts)

$$TFT = C_m \times C_c \times C_a \times C_l \times FTN$$

- **Équation est réduite** si elle ne comporte qu'une seule variable endogène
(Ex.: Modèle de la mortalité de Gompertz-Makeham)

$$\mu(x) = \alpha \cdot e^{\beta \cdot x} + \gamma$$

- Un modèle comportant un système d'équations est considéré comme **un modèle structurel**, si au moins une des ses équations est structurelle

(Ex.: le modèle de la fécondité de Coale-Trussel)

$$\begin{cases} f(a) = G(a) \cdot \phi(a) \\ \phi(a) = M \cdot N(a) \cdot e^{m \cdot v(a)} \end{cases}$$

en règle générale, les modèles composés de quelques équations sont toujours structuraux sur l'étape de la spécification

- Modèles ne comportant qu'une seule équation sont toujours considérés comme modèles réduits

il est possible de transformer un modèle structurel à un modèle réduit (réduire un modèle structurel), mais pas inversement

Modèles à retard

Modèles à retard échelonné $\rightarrow y_t = \alpha + \sum_{i=0}^k \beta_i \cdot x_{t-i} + \varepsilon_t$ β_0 – multiplicateur à court terme
 $\Sigma \beta_i$ – multiplicateurs à long terme

une variable endogène datée à un moment (période) donné est dépendante des variables exogènes datées aux moments (périodes) antérieurs

Exemple : tiré du modèle « World 3 » Cf. Dennis L. Meadows Dynamics of Growth in a Finite World, Wright-Allen Press, 1974, 367 p.

$$DTF_t = \delta \cdot N(i_{t-20}) \cdot RN(i_{t-3}) \cdot M(e_{t-20})$$

DTF_t – la fécondité désirée ; $N(i_{t-20})$ – une norme de taille de la famille (fonction de $i(t-20)$) - la production industrielle par habitant il y a 20 ans) ; $RN(i_{t-3})$ – la réaction de la famille à la norme (fonction de $i(t-3)$) ; $M(e_{t-20})$ – influence de la mortalité infantile (fonction de $e_0(t-20)$) – espérance de vie à la naissance il y a 20 ans)

Modèle « World 3 » : outil de simulation sur <http://live.simgua.com/World>

Modèles (à retard) autorégressif $\rightarrow y_t = \alpha + \sum_{i=0}^k \beta_i \cdot x_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \cdot y_{t-i} + \varepsilon_t$

une variable endogène datée à un moment (période) donné est dépendante des variables endogènes datées aux moments (périodes) antérieur(e)s

Exemple: modèle de croissance de la population $P_t = P_{t-i} \cdot e^{r \cdot i}$

P_t – l'effectif d'une population au moment t ; i – un intervalle de temps ; r – le taux d'accroissement

Cours « Modèles de populations » par Alexandre Avdeev, IDUP (Master de démographie)

7

Résumé

- Un modèle démographique est une représentation mathématique de liens entre les variables d'un objet démographique
- Modèles démographiques sont composés des variables et des paramètres
- On distingue les variables internes (endogènes) et les variables externe (exogène)
- Modèle peut comporter plusieurs équations (système d'équations) ou une seule équation isolée
- Modèle peut avoir une forme structurelle ou celle réduites
- Premier étape de la construction d'un modèle est sa spécification
- Il y a trois principes de spécification :
 - de l'exprimer en langage mathématique
 - que les nombre d'équations soit au moins égale au nombre de variables endogène
 - les variables doivent être définies en fonction de temps
- Modèle peut représenter des graphiques, des tableaux ou/et des expressions analytiques (équations)
- Modélisation est nécessaire pour présenter les états d'un objet qu'on ne peut pas observés directement

Cours « Modèles de populations » par Alexandre Avdeev, IDUP (Master de démographie)

8