АГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ РОЗПОДІЛУ ДОХОДІВ

Л.І. Дмитришин, к.е.н., доцент
Прикарпатський національний університет ім. В.Стефаника, м. Івано-Франківськ

В останні десятиліття моделювання в економіці здійснюється в рамках агентного підходу, при якому системи моделюються як сукупність автономних взаємодіючих агентів. Це відкриває новий шлях для аналізу розподілу доходів, який проявляється у взаємодії між великою кількістю агентів.

Виділяють два основні типи моделей розподілу доходів. Одним з них є широкий клас моделей, де попарно агенти обмінюються величиною Δm, яку визначають як доходи в одних моделях і як гроші – в інших. У цих моделях економічні системи порівнюються з системами ідеальних газів, де агенти та їх доходи вважаються аналогічними частинкам газу та їх енергіям (або імпульсам, як пропонується в більш пізніх публікаціях) відповідно. Обміни між парами агентів схожі на процес зіткнення, де їх енергія (або імпульси, або доходи) обмінюються між ними. Тому їх зазвичай називають газоподібними моделями, або моделями зіткнення, або моделями грошового обміну.

Першовідкривачем цих моделей вважається соціолог Дж. Енджел, який запропонував модель, що на даний час вважається першим внеском в агентний аналіз розподілу доходів. У моделі Енджела досліджено частинки, як мікроскопічні взаємодії агентів, які мають по суті ту ж структуру, що й газоподібні моделі. Така ж ідея була представлена Е. Беннаті, яка розглянула модель закритої економіки для аналізу розподілу доходів методом Монте-Карло. Однак, ці ранні роботи довгий час не були економічно обґрунтовані.

Між тим, вчені Исполатов, Крапівскій і Рендер [1] запропонували модель еволюції розподілу доходів у вигляді економічної взаємодії населення, що еквівалентна моделі Енджела. Пізніше Драгулеску і Яковенко [2], Чакраборті і Чакрабарті [3] розробляють моделі парних грошових обмінів з різними біржовими правилами. Вказані роботи породжують хвилю подальших досліджень розподілу доходів в межах збереження їх динаміки.

В даних дослідженнях, проведених з використанням моделі грошових обмінів, стани агентів визначаються в термінах змінних грошової маси $\{m_i\}, i = 1,2,..., N$. Еволюція системи відбувається відповідно до біржових правил між агентами, які для отримання рівноважного розподілу визначаються деякими граничними обмеженнями для забезпечення рівноваги системи. Ці правила виконуються для одного грошового обміну, що може бути записаний у формі

$$\begin{aligned} m_i' &= m_i - \Delta m, \\ m_j' &= m_j + \Delta m, \end{aligned} \tag{1}$$

де для двох агентів i та j випадково вибрана сума грошей Δm, що підлягає обміну.

У моделі Драгулеску і Яковенко [2] розглядається Δm як константа, наприклад, одна одиниця грошей $\Delta m = 1$. Це правило, разом з умовою, що обміни відбуваються тільки, якщо $m_i > 0$ і $m_j > 0$, представляється експоненціальним розподілом грошей

$$P(m) = C \exp\left(-\frac{m}{T_m}\right) \tag{2}$$

де C – нормалізована константа; T_m – «температура грошей», яка дорівнює середній величині грошей на одного агента $T_m = \langle m \rangle = M / N$; M – загальна сума грошей; N – кількість агентів.

Такий самий експоненціальний розподіл було використано в моделі Чакраборті і Чакрабарті [3] з параметром $\lambda = 0$. У цьому випадку, доходи між двома агентами обмінювались випадковим чином, тобто $m_i' = \nu(m_i + m_j)$ і $m_j' = (1-\nu)(m_i + m_j)$, де $\Delta m = (1-\nu)m_i - \nu m_j$. У випадку $\lambda \neq 0$ агенти зберігають частину своїх грошей λm_i, в той час як інша частина їх грошового балансу $(1-\lambda)m_i$ доступна для випадкового обміну. Коефіцієнт λ називається коефіцієнтом схильності до економії, і сума обміну подається як $\Delta m = (1-\lambda)[(1-\nu)m_i - \nu m_j]$.

Другим є клас моделей зі стохастичним зростанням доходів, де загальний дохід в системі може змінюватися з часом. Такі моделі описують розподіл доходів як керований потік багатства на основі стохастичного агентного рівняння, яке, як правило, називають GLV-моделлю або узагальненою моделлю Лотки-Вольтерра. Наприклад, GLV-модель Річмонда [4] базується на розподілі доходів загального числа N агентів в суспільстві. Часова еволюція грошової суми, призначеної агенту i задається рівнянням управління

$$m_{i,t+1} = (1+\xi_t)m_{i,t} + \frac{a}{N}\sum_j m_{j,t} - c\left(\sum_j m_{j,t}\right)m_{i,t} \tag{3}$$

і поєднує в собі мультиплікативний випадковий процес Жибра з автокаталітичним процесом $(1+\xi_t)m_{i,t}$. Другий доданок у правій частині рівняння (3) являє собою частину від загальної суми грошей, що перерозподіляється в кожен момент часу для забезпечення грошима кожного агента в результаті випадкового процесу. Останній доданок має ефект обмеження зростання загальної суми грошей в системі.

Дещо інша версія GLV-моделі запропонована Бушо і Мезаром [5]. Постулати часової еволюції багатства w_i агента i описуються стохастичним диференціальним рівнянням обміну між окремими особами і випадковими спекулятивними операціями:

$$\frac{dw_i}{dt} = \eta_i(t)w_i + \sum_{j(\neq i)} J_{ij}w_j - \sum_{j(\neq i)} J_{ji}w_i\ . \tag{4}$$

Компонента $\eta_i(t)w_i$ є гауссівським мультиплікативним процесом, який імітує динаміку інвестицій, а решта доданки описують торгівельну мережу взаємодії між агентом i та всіма іншими агентами в суспільстві. J_{ij} є обмінним курсом між агентом i та агентом j. З наближенням до середнього діапазону даних, обидві ці GLV-моделі наближаються до однієї і тієї ж стаціонарної функції розподілу для відносного багатства $\overline{w}_{it} = w_{it}/\langle w_{it}\rangle$, яку було отримано Бушо і Мезаром [5], а також Річмондом [4].

Таким чином, проаналізовано два типи моделей розподілу багатства на основі використання агентного підходу. Перший тип моделей базується на гіпотезі, що доходи є статичними і багатство агентів не збільшується. Такі моделі описані розподілом Больцмана-Гіббса. В іншому типі моделей величина доходів в системі зростає і розподіл відносного багатства варто ототожнювати з GLV-функцією.

Список використаної літератури:

1. S. Ispolatov, P.L. Krapivsky and S. Redner, «Wealth distributions in asset exchange models», The European Physical Journal B, № 2, (1998) P. 267-276.
2. A.A. Dragulescu and V.M. Yakovenko, «Statistical mechanics of money», The European Physical Journal B, № 17, (2000) P.723-729.
3. Chakraborti and B.K. Chakrabarti, «Statistical mechanics of money: how saving propensity affects its distribution», The European Physical Journal B, № 17, (2000) P. 167-170.
4. P. Richmond, S. Hutzler, R. Coelho, and P. Repetowicz, «A review of empirical studies and models of income distributions in society» in Chakrabarti, Chakraborti, and Chatterjee, (2006).
5. J.-P. Bouchaud and M. Mezard, «Wealth condensation in a simple model of economy», Physica A, № 282, (2000) P. 536-545.