

## АНАЛІЗ ПОДАТКОВОЇ ПОВЕДІНКИ НА ОСНОВІ АГЕНТООРІЄНТОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Податкова поведінка є складним феноменом, без розуміння якого неможливо розробити ефективну податкову політику. Побудовані на основі економічної неокласичної моделі податкової поведінки призводять до висновків, які не відповідають економічним фактам. У статті аналізується еволюція агентоорієнтованих моделей податкової поведінки, порівнюються одержані результати і оцінюються перспективи подальшого розвитку.*

**Ключові слова:** податки, ухилення від оподаткування, агентоорієнтована модель.

Визначення податків в економічній науці та практиці є досить простими і лаконічними. Так, наприклад, у Податковому кодексі України зазначається, що податком є обов'язковий, безумовний платіж до відповідного бюджету, що справляється з платників податку відповідно до цього кодексу [1, с.5]. Проте поведінка економічних суб'єктів, яку спричиняє оподаткування в умовах ринкової економіки, є дуже складною. Зрозуміти, чому члени спільноти платять або не платять податки, стало одним із найважливіших завдань сучасної теорії суспільних фінансів.

Ухилення від сплати податків, з одного боку, підриває фінансові можливості держави щодо фінансування виробництва суспільних благ, з іншого - призводить до спотворень у розподілі податкового тягаря. Кожна держава зацікавлена у зменшенні таких виявів податкової поведінки. Першою формальною економіко-математичною моделлю, яка пояснювала вибір податкової поведінки платником податків, стала модель М. Аллінгама і А. Сандмо [2]. Ця модель розглядала прийняття рішення раціональним платником податків, для якого ухилення від оподаткування нічим не відрізняється від прийняття будь-якого іншого рішення, пов'язаного із одержанням доходу в умовах невизначеності та ризику. При заданих базових параметрах податкової системи, таких, як ставка податку, ставка штрафу, ймовірність проведення податкової перевірки, раціональний платник податків визначає, яку саме частину одержаного доходу доцільно задекларувати для того, щоб максимізувати власну функцію корисності. Разом з тим, аналіз моделі М. Аллінгама і А. Сандмо при заданих фактичних параметрах податкової системи США показав, що всі платники податків як раціональні індивіди мають ухилятися від сплати податків, що не відповідало фактичним даним податкових органів, які свідчили, що більша частина платників чесно виконують свої податкові зобов'язання. Таке протиріччя між теорією і фактами стало поштовхом до пошуку методів побудови нових, більш реалістичних моделей податкової поведінки. Одним із напрямків такого пошуку стало використання агентоорієнтованого моделювання.

Агентоорієнтована модель є комп'ютерною симуляцією певної кількості агентів і інститутів, які приймають рішення та взаємодіють на основі заздалегідь визначених правил [3, р. 685]. Агентоорієнтоване моделювання реалізує принцип

моделювання «знизу вгору», тобто на основі дій і взаємодій окремих, можливо гетерогенних і обмежено раціональних, агентів один з одним і з зовнішнім середовищем визначається поведінка усієї сукупності цих агентів, яка досить часто називається популяцією агентів. При цьому «прості правила, закладені у моделі, можуть призводити до вельми цікавих результатів і передбачати появу складних (глобальних) явищ, так званих «емерджентних феноменів» [4, с.13-14].

На сьогодні найбільш вагомими результатами щодо агентоорієнтованого моделювання податкової поведінки наведені у роботах Р. Акстелла, К. Блумквіста, Дж. Девіса, К. Джонсона, А. Коробоу, Л. Міттона, П. Пателлі, Дж. Перкінса, М. Пікхардта, Г. Хечта, С. Хокемп. Загалом досліджень, присвячених цій темі, незрівнянно менше, ніж теоретичних опрацювань феномену на основі постулатів неокласичної теорії або досліджень емпіричного характеру, але достатньо для того, щоб зробити певні узагальнення.

Метою нашої статті є аналіз перспектив використання агентоорієнтованого моделювання податкової поведінки. Для досягнення зазначеної мети у роботі вирішено такі завдання: проведено аналіз і зіставлення наявних розробок, визначено напрямки щодо подальшого розвитку агентоорієнтованих моделей оподаткування.

Започаткування аналізу оподаткування на основі агентоорієнтованого моделювання, як уже зазначалося, пов'язується із роботою Л. Міттона і П. Пателлі (2000) [5]. Ними запропоновано три типи агентів-платників податків: «чесні», «імітатори» та «безбілетники» («free riders»), кожен з яких має власну функцію очікуваної корисності, яка враховує рівень споживаних суспільних благ. Функції корисності визначено таким чином, що вони забезпечують додаткову корисність у тому випадку, коли агент дотримується норм типу, до якого він належить. «Імітатори» одержують додаткову корисність, коли рівень сплачуваних ними податків наближається до середнього рівня за всією популяцією агентів-платників податків. Кожного періоду агент має зробити вибір - збільшити, зменшити або залишити незмінним розмір приховуваного доходу порівняно з попереднім періодом. Передбачено, що цей вибір є стохастичним, але ймовірності альтернатив залежать від того, яким чином змінювалася розрахована корисність платника податків останнім часом.

Через кожні  $n$  періодів часу на основі генетичного

алгоритму відбувається оновлення популяції агентів-платників податку. При цьому нові не утворюються, а проводиться перепризначення функцій корисності з урахуванням найбільш успішних стратегій агентів, під якими розуміються такі, які дозволили максимізувати корисність у довгостроковій перспективі.

Аналіз роботи моделі показав, що за будь-якого початкового розподілу платників податків за зазначеними типами при відсутності податкових перевірок сума сплачуваних податків спадає майже до нуля. Така динаміка пояснюється тим, що випадкові суттєві зменшення податкових платежів, і, як наслідок, зменшення корисності через неминуче за таких обставин зменшення обсягу суспільних благ, підштовхують «чесних» платників переключитися на інші податкові стратегії. Урахування в моделі ймовірності податкових перевірок призводить до збільшення податкових платежів. При цьому всі платники податків стають «чесними», якщо вони усі підлягають податковій перевірці кожного періоду. У випадку, коли для податкової перевірки відбираються не всі, а лише ті платники податків, які декларують доходи, менші певного порогового значення, встановленого податковими органами («tail auditing»), рівень дотримання податкового законодавства суттєво зменшується. Отже модель Міттона-Пателлі стала першою агентоорієнтованою моделлю дослідження податкової поведінки, у якій наведено гетерогенних платників податків, які опосередковано здійснюють вплив один на одного.

Робота Дж. Девіса, Г. Хечта та Дж. Перкінса (2003) є примітною через те, що дослідження податкової поведінки в ній проводиться як на основі агрегованої аналітичної моделі, так і на основі агентоорієнтованої моделі [6]. При цьому доцільність розробки останньої обґрунтовується можливістю послаблення тих припущень, які були зроблені при розробці аналітичної моделі. У ній передбачається два типи податкової поведінки: чесна і ухилення від оподаткування, а також три типи агентів-платників податків: чесні, сприйнятливі, а також ті, що ухиляються від оподаткування. Поведінка кожного агента визначається індивідуальними значеннями дев'ятох параметрів, у тому числі таких, які визначаються інформацією щодо стану і поведінки інших агентів, що знаходяться у безпосередньому контакті з певним агентом, тобто формують його «перелік знайомих» (acquaintance list) – його оточення.

Чесний платник податків стає сприйнятливим, коли у своєму оточенні спостерігає таких агентів, які ухиляються від оподаткування. Сприйнятливий агент починає ухилятися від оподаткування, коли на основі власних спостережень робить висновок, що рівень контролю знизився менше суб'єктивного порогового значення. Платник, що ухиляється від сплати податків, може стати чесним або внаслідок того, що він був перевірений податковим органом, або коли він спостерігає, що в його оточенні частка чесних платників податків перевищує суб'єктивне порогове значення щодо цієї величини цього агента. Оскільки податкова поведінка визначається характеристиками оточення і випадково заданими значеннями порогових показників сприйняття рівня податкового контролю і податкової чесності, то функція корисності платника податків не задається і не використовується.

Найбільш цікавим результатом, який було отримано Дж. Девісом, Г. Хечтом і Дж. Перкінсом на основі

аналітичної моделі і підтверджено імітаційними експериментами з агентоорієнтованою моделлю, є висновком про те, що агрегованій податковій поведінці притаманний феномен «переломного моменту» (tipping point behavior). Поведінка з переломним моментом виникає тоді, коли незначні зміни в умовах зовнішнього середовища призводять до глобальної трансформації популяції. Імітаційні експерименти з моделлю показали, що такий момент настає, коли ймовірність податкової перевірки поступово збільшується до 3%, при цьому 100% агентів у моделі виконують вимоги податкового законодавства. Однак, як зауважує К. Блумквіст, це не відповідає наявним фактам Служби внутрішніх доходів США (Internal Revenue Service, IRS), що є федеральною організацією в США, яка визначає і збирає усі особисті і корпоративні федеральні податки. За даними IRS, рівень платників податків, які дотримуються вимог податкового законодавства за останні 40 років, практично не змінюється, у той самий час, як ймовірність податкових перевірок фізичних осіб – платників податків суттєво зменшилася: з 5% у 60-х роках минулого століття до 1% у поточний момент [7].

Значний особистий внесок у розвиток дослідження податкової поведінки на основі агентоорієнтованої моделювання належить американському науковцю К. Блумквісту [7-8]. Розроблена вченим у 2004 року агентоорієнтована модель TCS (Tax Compliance Simulator) дозволяє досліджувати зміни податкової поведінки платників податків-фізичних осіб унаслідок зміни ймовірності податкової перевірки, ставки штрафу, ефективності податкових перевірок, швидкості застосування санкцій, враховувати прямі і непрямі ефекти, що впливають на виконання платником податків своїх зобов'язань. Окремі ідеї, використані науковцем при розробці TCS, одержали подальший розвиток при побудові агентоорієнтованої моделі податкової поведінки власників підприємств малого бізнесу [8], яку і буде розглянуто більш детально. Розроблена модель використовує, на відміну від інших, концепцію і методи еволюційної динаміки.

У моделі запропоновано 4 типи агентів-платників податків: чесні (Honest); нечесні (Defiant); випадкові (Random); стратеги (Strategic).

Чесні платники податків завжди декларують увесь одержаний дохід. Податкова поведінка нечесних платників податків загалом відповідає моделі М. Аллінгама і А. Сандмо, але вноситься суттєве коректування. Так платники податків розраховують очікувану корисність на основі суб'єктивних ймовірностей податкової перевірки. При цьому суб'єктивні ймовірності податкової перевірки є значно більшими, ніж їх об'єктивні значення, що відповідає висновкам із багатьох лабораторних експериментів, які свідчать, що людям притаманно збільшувати ймовірність рідкісних подій. Для «випадкових» платників податків частина доходу, яку вони декларують, є випадковою величиною. Щодо характеристики такого типу платників податків, як «стратегі», то податкова поведінка цих агентів визначається використовуваним ними алгоритмом навчання з підкріпленням.

Після того, як черговий період імітації завершився, певна частина фірм (у моделі - 13%) припиняє діяльність, а саме: 10% через банкрутство, а 3% - через інші причини. Ймовірність банкрутства залежить від успішності роботи. Якщо у фірми дохід після сплати податків і податкових штрафів вище ніж у середньому за

всіма фірмами, то ймовірність банкрутства суттєво зменшується. По суті, такі правила еволюції популяції агентів-платників є певним аналогом механізму природного добору, що діє у живій природі.

Аналізована робота є прикладом вдалого поєднання різних методів дослідження податкової поведінки, а саме: агентоорієнтованого моделювання і економічних лабораторних експериментів. Розроблена модель калібрується на основі результатів, одержаних при проведенні лабораторних експериментів, а перевірка її адекватності проводиться на основі відповідності результатів імітаційних експериментів фактичним даним податкових перевірок власників малого бізнесу Службою внутрішніх доходів США. При цьому «перевірку фактами» проходять чотири варіанти побудови агентоорієнтованої моделі, які відображають різні комбінації припущень щодо схильності або несхильності платників податків до ризику, а також суттєвості або незначущості впливу середовища, яке оточує платника податків, на прийняття ним рішень щодо виконання податкових зобов'язань.

Основні висновки дослідження полягають у тому, що платники податків – власники малого бізнесу, не схильні до ризику, і при цьому їх рішення щодо підпорядкування податковому законодавству не зазнають суттєвого впливу від того, які саме рішення приймають інші платники податків з їх найближчого оточення.

Заслугове на увагу робота С. Хокемп і М. Пікхардта (2010) [10]. Симуляція відбувається на основі доволі великої популяції платників податків, що складається з 150000 агентів. У моделі наведено 4 типи агентів - платників податків – фізичних осіб залежно від їх податкової поведінки:

- агенти  $\alpha$ -типу. Поведінка таких платників податків визначається на основі максимізації їхньої функції корисності, тобто ці платники податків аналогічні тим, модель поведінки, яких розробили М. Аллінгам і А. Сандмо
- агенти  $\beta$ -типу. Ці платники податків є імітаторами, тобто вони копіюють успішну поведінку щодо ухилення від сплати податків, якщо спостерігають її у своїй соціальній мережі;
- агенти  $\gamma$ -типу демонструють у своїй поведінці дотримання етичних норм і завжди декларують одержувані доходи у повному обсязі;
- агенти  $\delta$ -типу. Їх податкова поведінка є «випадковою» у тому сенсі, що вони прагнуть задекларувати реальні доходи, але припускаються певних помилок, наприклад, через складність податкового законодавства.

Структура податкової популяції за зазначеними типами агентів розглядається як параметри розробленої агентоорієнтованої моделі і під час симуляції не змінюється. Гетерогенність агентів також обумовлюється їх диференціацією за рівнем доходу і відношенням до ризику.

Перелік параметрів, які використовувалися М. Аллінгамом і А. Сандмо для характеристики податкової системи, доповнено новим параметром  $\gamma$ , що характеризує складність податкового законодавства. Зазначається, що усі ці параметри прямо або опосередковано контролюються урядом через податкові органи, припускається, що вони можуть змінюватися в межах реалізації податкової політики лише у рік, що іде після року проведення виборів, і надалі залишаються постійними (період «стабільності» податкових

параметрів у моделі дорівнює 4 рокам).

Для визначення очікуваної корисності ( $EU(W,X)$ ) «раціональних» платників податків використовується експоненціальна функція корисності:

$$EU(W, X) = (1 - p_s)(1 - e^{-\lambda(W - \theta X)}) + p_s(1 - e^{-\lambda(W - \theta X - \pi(W - X))}), \quad (1)$$

де  $\theta$  – ставка податку;

$\pi$  – ставка штрафу;

$p, p_s$  – об'єктивна і суб'єктивна ймовірність податкової перевірки;

$W$  – розмір оподаткованого доходу;

$X$  – величина задекларованого доходу;

$\lambda$  – параметр, що характеризує схильність платника податків до ризику.

У моделі розрізняються об'єктивна ( $p$ ) і суб'єктивна ймовірність податкової перевірки ( $p_s$ ). Об'єктивна ймовірність перевірки виступає як параметр моделі і у загальному випадку суб'єктивна ймовірність збігається із об'єктивною, але якщо перевірка відбулася і виявився факт ухилення від оподаткування, то платник податків  $\alpha$ -типу у наступному періоді збільшує суб'єктивну оцінку до 1, а у подальших періодах поступово зменшує її, адаптує до об'єктивної величини. Кількісно параметр адаптації прийнято на рівні  $\delta = -0,20$ .

Важливою новою особливістю агентоорієнтованої моделі, розробленої С. Хокемп і М. Пікхардтом, є врахування параметра терміну давності (lapse of time parameter). Якщо податковий аудит проводиться у поточному періоді, то зазначений параметр відображає кількість попередніх періодів, правильність сплати у яких також може бути перевірена податковим органом. Значення параметра терміну давності у моделі прийнято рівним 10 рокам, що відповідає німецькому податковому законодавству.

Основні результати, одержані С. Хокемп і М. Пікхардтом у результаті імітаційних експериментів, загалом узгоджуються із результатами попередніх досліджень. Так підвищення (зменшення) ймовірності податкової перевірки або ставки штрафу на незадекларований дохід або зменшення (збільшення) ставки податку на задекларовані доходи при інших рівних умовах призводять до зменшення (зростання) ухилення від сплати податків. Однак науковці зазначають, що виявленні ефекти таких змін базових параметрів доволі малі. Разом з тим, модель показує, що підвищення податкової моралі і проведення перевірки не лише у поточному, а також і у попередніх періодах відповідно до встановленого законодавством терміну давності призводять до майже повної відмови від практики ухилення від оподаткування.

Сьогодні триває робота групи іспанських науковців над розробкою агентоорієнтованої моделі SimulFIS, яка призначається для імітації поведінки, пов'язаної як із ухиленням від оподаткування, так і виконанням податкового законодавства [11]. Варто зазначити, що цей проект виконується на замовлення Інституту фіскальних досліджень Міністерства економіки Іспанії, що є свідченням зацікавлення владного органу, який розробляє податкову політику, у розвитку цього напрямку наукових досліджень і отриманні корисних прикладних результатів. Перед науковцями стоїть доволі складна і амбітна задача – побудувати «віртуальну податкову лабораторію», і поки ще процес її вирішення знаходиться на етапі розробки концепції

моделі. У моделі передбачається два класи агентів: роботодавці і наймані працівники. Агенти мають доволі значну кількість зв'язків між собою, що утворює соціальну мережу.

Новизною розроблюваної моделі має стати побудова алгоритму прийняття рішень, який містить чотири механізми, які відіграють роль фільтрів прийняття рішень («decision filters»), а саме [11, р.3]:

- фільтр можливостей, пов'язаний із можливостями ухилення від сплати податків, що обумовлені соціо-економічними характеристиками агента, його позицією на ринку праці (найманий працівник чи роботодавець);
- нормативний фільтр. Цей фільтр ураховує, що у агента є певні уявлення про те, якою має бути справедлива податкова система, а його рішення щодо сплати чи ухилення від оподаткування приймаються залежно від того, чи відповідає реальна податкова система цим уявленням.
- фільтр корисності враховує базові параметри податкової системи, що впливають на прийняття рішення раціональним індивідом, який прагне максимізувати власну функцію корисності. При цьому пропонується функція корисності, яка на відміну від базової функції корисності, запропонованої М. Аллінгамом і А. Сандмо, також ураховує корисність агента від споживання ним суспільних благ ( $UE_i(X_i)$ ):

$$UE_i(X_i) = (1 - p_i) \sqrt{Y_i - X_i t_x + Z} + p_i \sqrt{Y_i - Y_i t_Y - \theta(Y_i - X_i) + Z} \quad (2)$$

де  $Y_i$  – величина оподатковуваного доходу і-го

агента-платника податків;

$X_i$  – величина задекларованого доходу і-м агентом-платником податків;

$t_Y, t_X$  – ставка податку до задекларованого доходу у розмірі  $Y$  або  $X$  відповідно;

$\theta$  – ставка штрафу відносно незадекларованого доходу;

$p_i$  – ймовірність податкової перевірки;

$Z$  – обсяг споживаних суспільних благ.

- фільтр соціального впливу. Поведінка агента є чутливою до того, як вона сприймається у його соціальній мережі.

Дослідження моделі планується проводити при різних комбінаціях активованих фільтрів.

Розробка агентоорієнтованих моделей податкової поведінки була обумовлена обмеженнями і невідповідністю економічним реаліям аналітичних моделей, побудованих на основі постулатів неокласики. Як свідчить проведений аналіз побудованих і відображених у літературі агентоорієнтованих моделей податкової поведінки, науковий пошук у цьому напрямку загалом виправдав сподівання фахівців. Вдалося врахувати і проаналізувати ефекти, які мають суттєвий вплив на прийняття рішень платниками податків (гетерогенність платників податків, їх соціальну взаємодію тощо), а також на динаміку податкової системи. Разом з тим побудовані моделі здебільшого можуть розглядатися як базові, які мають далі ускладнюватися для того, щоб їх можна було використовувати як своєрідну «податкову лабораторію», в якій обґрунтовується і вивіряється податкова політика держави.

## Список літератури

1. Податковий кодекс України [Текст] / Упоряд.: О.О. Головашевич, М.П. Кучерявенко. – Х.: Право, 2010. – 656 с.
2. Allingham, M. Income tax evasion: a theoretical analysis [Text] / Michael Allingham, Agnar Sandmo // *Journal of Public Economics*. – 1972. – Vol. 1. – P. 323-338.
3. Farmer, D. J. The economy needs agent-based modeling [Text] / J. Doyne Farmer, Duncan Foley // *Nature*. – 2009. – Vol. 460(6). – P.685-686.
4. Фаттахов, М. Р. Агент-ориентированная модель социально-экономического развития мегаполисов (на примере Г. Москвы) [Текст]: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. экон. наук: спец. 08.00.03 «Математические и инструментальные методы экономики» / М.Р. Фаттахов. – М., 2011. – 29 с.
5. Mittone, L. Imitative behaviour in tax evasion [Text] / Luigi Mittone, Paolo Patell // *Economic simulations in swarm: Agent-based modelling and object oriented programming*. – Amsterdam, 2000. – P. 133-158.
6. Davis, J. S. Social behaviors, enforcement and tax compliance dynamics [Text] / Jon S. Davis, Gary Hecht; Jon D. Perkins // *The Accounting Review*. – 2003. – Vol. 78. – № 1. – P. 39-69.
7. Bloomquist, K. A Comparison of Agent-Based Models of Income Tax Evasion [Text] / Kim Bloomquist // *Social Science Computer Review*. – 2006. – Vol. 24. – P. 411-425.
8. Bloomquist, K. Tax Compliance as an Evolutionary Coordination Game: An Agent-Based Approach [Text] / Kim Bloomquist // *Public Finance Review*. – 2011. – Vol. 39. – № 1. – P. 25-49.
9. Korobow, A. An Agent-Based Model of Tax Compliance with Social Networks [Text] / Adam Korobow, Chris Johnson, Robert Axtell. // *National Tax Journal*. – 2007. – Vol. LX (3). – P. 589-610.
10. Hokamp, S. Income Tax Evasion in a Society of Heterogeneous Agent – Evidence from an Agent-based Model [Text] / Sascha Hokamp, Michael Pichardt // *International Economic Journal*. – 2010. – Vol.24. – №4. – P. 541-553.
11. Miguel, F. Exploring Tax Compliance: an Agent-Based Simulation [ONLINE] / F. Miguel, J. Noguera, T. Llàcer, E. Tapia // *Proceedings 26th European Conference on Modelling and Simulation*. – 2012. – Available at: [http://www.scs-europe.net/conf/ecms2012/ecms2012%20accepted%20papers/pm\\_ECMS\\_0121.pdf](http://www.scs-europe.net/conf/ecms2012/ecms2012%20accepted%20papers/pm_ECMS_0121.pdf).

## РЕЗЮМЕ

**Гурнак Александр**

**Анализ налогового поведения на основе агентно-ориентированного моделирования**

Налоговое поведение является сложным феноменом, без понимания которого невозможно разрабатывать эффективную налоговую политику. Построенные на основе экономической неокласики модели налогового поведения приводят к выводам, которые не соответствуют экономическим фактам. В статье анализируется эволюция агентно-ориентированных моделей налогового поведения, сравниваются полученные результаты и оцениваются перспективы дальнейшего развития.

---

## RESUME

*Gurnak Oleksandr*

**Tax behavior analysis on the basis of agent-based modeling**

Tax behavior is a complex phenomenon, deeper understanding of taxpayers behavior is needed to make the best tax policy. The tax behavior models built on the basis of the neoclassical economic paradigms lead to conclusions that do not meet the economic facts. The paper analyzes the evolution of the agent-based models of tax behavior, the results are compared and evaluated the prospects for further development.

*Стаття надійшла до редакції 19.10.2012 р.*