

Кікоть Олександр Юрійович, здобувач
кафедри менеджменту банківської діяльності
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»,
викладач Дніпродзержинського технологічного коледжу
Дніпродзержинського державного технічного університету

СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ АУКЦІОНУ ПЕРШОЇ ЦІНИ)

АНОТАЦІЯ. У роботі викладено основи структурного підходу до економічного моделювання мікроекономічних систем. Зокрема, розглянуто особливості використання, надано формальне визначення та запропоновано методологію структурного економічного моделювання. Згідно запропонованої методології, структурний підхід передбачає, що процедура економічного моделювання досліджуваної економічної системи складається з шести етапів: розробка теоретичної економіко-математичної моделі економічної системи; розробка економічної моделі, яка в якості основи використовує теоретичну модель; ідентифікація економічної моделі; розробка процедури оцінювання економічної моделі; оцінювання економічної моделі; перевірка якості економічної моделі. Також, у роботі розглянуто переваги й недоліки структурного підходу та наведено приклад його використання у випадку аукціону першої ціни.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: редуційоване моделювання, структурне моделювання, ідентифікація моделі, раціоналізація моделі, економічне оцінювання, аукціон першої ціни.

АННОТАЦИЯ. В работе изложены основы структурного подхода к экономическому моделированию микроэкономических систем. В частности, рассмотрены особенности использования, дано формальное определение и предложена методология структурного экономического моделирования. Согласно предложенной методологии, структурный подход предусматривает, что процедура экономического моделирования исследуемой экономической системы состоит из шести этапов: разработка теоретической экономико-математической модели экономической системы; разработка экономической модели, которая в качестве основы использует теоретическую модель; идентификация экономической модели; разработка процедуры оценивания экономической модели; оценивание экономической модели; проверка качества экономической модели. Также, в работе рассмотрены преимущества и недостатки структурного подхода и приведен пример его использования в случае аукциона первой цены.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: редуцированное моделирование, структурное моделирование, идентификация модели, рационализация модели, экономическое оценивание, аукцион первой цены.

ABSTRACT. This paper lays out foundations of structural approach towards econometric modeling of microeconomic systems. In particular, the paper

studies peculiarities of application, provides formal definition and develops methodology of the structural econometric modeling. According to the proposed methodology, the structural approach stipulates that procedure of econometric modeling of the studied economic system consists of six steps: development of a theoretical economic and mathematical model of the economic system; development of an econometric model, which is based on the theoretical one; identification of the econometric model; development of an estimation procedure of the econometric model; estimation of the econometric model; verification of quality of the econometric model. Furthermore, the paper examines advantages and disadvantages of structural approach, and offers an example of its application towards econometric modeling of the first-price auction.

KEY WORDS: *reduced modeling, structural modeling, model identification, model rationalization, econometric estimation, first-price auction.*

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Використання результатів теоретичних досліджень на практиці потребує інформації щодо параметрів економіко-математичної моделі, котрі відповідають поточному стану досліджуваної економічної системи. Одним з найчастіше використовуваних підходів до визначення параметрів моделі є економетричне оцінювання. З наближенням теоретичних економіко-математичних моделей до реальності дослідникам відкриваються додаткові можливості для побудови структурних або теоретично обґрунтованих економетричних моделей¹. На сьогодні структурний підхід набув значного поширення в таких напрямках емпіричних досліджень, як оцінювання попиту та пропозиції на олігополістичних ринках; оцінювання розподілу цінностей і функцій корисності учасників аукціону; оцінювання виробничих функцій; оцінювання розподілу типу агентів в страхуванні тощо. Розповсюдження структурного економетричного моделювання в економічних дослідженнях створило потребу в узагальненні та формалізації його методології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Системне використання елементів структурного підходу до моделювання мікро-економічних систем починається з середини 70-х років ХХ ст. У своїх дослідженнях попиту на пересування міським транспортом Д. МакФадден використовував економетричні моделі дискретного вибору, що базувалися на економічній теорії вибору споживачів [14]. Т. Брешнахан адоптував запропонований Д. МакФадде-

¹ Наведемо спрощене уявлення різниці між редуційованим і структурним економетричним моделюванням. В економетриці структурна модель базується на теоретичній економіко-математичній моделі досліджуваної економічної системи, а редуційована модель базується лише на «інтуїтивних» припущеннях стосовно характеру зв'язку між відповідними змінними економічної системи.

ном підхід до аналізу рівня конкуренції на автомобільному ринку в Америці [6]. С. Беррі на основі робіт Т. Брешнахана запропонував нову структурну економетричну модель олігополістичного ринку диференційованих товарів [4], а С. Беррі, Дж. Левінсон та А. Пакес, використовуючи цю модель, оцінили попит і пропозицію на автомобільному ринку США [5]. Паралельно Г. Оллі, А. Пакес розробили структурну економетричну модель виробничої функції [17].

Приблизно в цей же час незалежно один від одного Х. Паарш і К. Вонг починають застосовувати структурне моделювання в емпіричних дослідженнях аукціонної торгівлі. Так, Х. Паарш першим запропонував оцінювати аукціон на основі його структурної економетричної моделі [18]. К. Вонг із співавторами не тільки вперше непараметрично оцінив параметри структурної моделі аукціону першої ціни [9], а й вперше в економічній науці оцінив параметричну функцію корисності його учасників [7]. Більш того, в наступній роботі вони довели можливість непараметричної ідентифікації функції корисності [10], а Ф. Зінченко розробив відповідну процедуру оцінювання [21]. На сьогодні, в економетричному моделюванні аукціонів домінує саме структурний підхід.

Зазначені роботи стали підґрунтям для подальшого застосування структурного підходу в економетриці для оцінювання моделей ціноутворення та змови на олігополістичних ринках диференційованих товарів; моделей входу і виходу фірм з ринку; моделей прийняття фірмами інвестиційних рішень; моделей виробничої функції [1; 20]; моделей аукціонної торгівлі [3]; моделей негативного відбору та морального ризику в страхуванні, регулюванні й теорії контрактів [19]; моделей нелінійного ціноутворення [13] тощо.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. На сучасному етапі розвитку прикладної економічної науки елементи структурного підходу використовуються практично в усіх ключових напрямках мікроекономічних досліджень. Таким чином, розуміння сутності структурного підходу, особливостей його застосування та існування формалізованої методології сприятиме підвищенню ефективності використання і популяризації цього підходу серед науковців і практиків, які користуються економетричними методами аналізу мікроекономічних даних.

Формулювання мети і завдання дослідження. Метою даної роботи є розробка та формалізація методології структурного під-

ходу до економетричного моделювання мікроекономічних систем. Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено наступний перелік дослідницьких завдань: виявити сутність структурного підходу до економетричного моделювання мікроекономічних систем; узагальнити та формалізувати методологію структурного економетричного моделювання; розкрити сутність основних етапів структурного економетричного моделювання; розглянути основні переваги та недоліки структурного підходу; навести приклад успішного використання структурного підходу в прикладній мікроеконометриці.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Будь-яка теорія має корисність лише тоді, коли вона хоча б частково дає можливість зрозуміти, що ж насправді відбувається в реальній економічній системі. Саме тому перші емпіричні дослідження з'явилися практично одразу з початком розвитку економічної теорії. Цінність структурного підходу для емпіричних досліджень також була зрозуміла з самого початку, але складність правильного використання заважала його застосуванню в прикладних дослідженнях. Отже спочатку дослідники обмежувалися редуційованими економетричними моделями, котрі були, в основному, спрямовані на виявлення напряму та щільності зв'язку між економічними змінним. У редуційованих моделях дослідник використовує економічну теорію «неформально». Вони базуються на економічній теорії доти, поки теорія допомагає визначити, які змінні вважати залежними (ендогенними) — B , а які незалежними (екзогенними) — X , і можливий характер такої залежності. У рамках цього підходу дослідник оцінює ті характеристики сукупного розподілу економічних змінних (B , X), або статистики, пов'язані з ним, що представляють для нього достатній інтерес. Наприклад, він може оцінити умовне очікування $E(B|X)$ або щільність умовного розподілу $f(B|X)$ залежної змінної як функцію незалежних змінних. У редуційованих емпіричних дослідженнях найчастіше оцінюваною характеристикою зв'язку економічних змінних виступає найкраща лінійна апроксимація $BLP(B|X)$ залежної змінної незалежними.

У структурному оцінюванні теорія використовується для встановлення строгої, теоретично обґрунтованої математичної залежності між набором залежних змінних B і набором пояснювальних, незалежних змінних X . Економічна теорія також допомагає встановити зв'язок між залежними змінними і набором змінних Z , котрі не спостерігаються дослідником на практиці вза-

галі. У результаті структурна економетрична модель набуває форми рівності:

$$B = g(X, Z, \theta),$$

де $g(\cdot)$ — відома функція, а θ — набір невідомих параметрів, що необхідно оцінити досліднику (наприклад, функція розподілу цінності об'єкту торгів серед учасників аукціону, функції корисності економічних агентів тощо). На жаль, теорія не завжди надає достатньо інформації для застосування структурного підходу. З цієї причини дослідники можуть робити додаткові ідентифікаційні та статистичні припущення щодо сукупного розподілу (B, X, Z) . Разом теоретичні, ідентифікаційні й статистичні припущення дозволяють побудувати структурну економетричну модель досліджуваної економічної системи.

Розглянемо змодифікований приклад з теорії аукціонних торгів, наведений в огляді [20, с. 4283], який дозволить чітко побачити різницю між редуційованим і структурним підходами. Припустимо, що дослідник спостерігає ціни, запропоновані учасниками торгів, котрі виграли відповідний аукціон, — $\{b_{wl}, \dots, b_{wL}\}$, де L — кількість подібних аукціонних торгів. Також, припустимо, що дослідник спостерігає кількість учасників $\{I_1, \dots, I_L\}$ кожного аукціону. Економічна інтуїція підказує, що зростання конкуренції (зростання кількості учасників аукціону) повинно підвищувати виграшну ціну, а, тим самим, і дохід організатора аукціону. Для перевірки цієї гіпотези на практиці дослідник може використати як редуційований, так і структурний підходи.

У найпростішому випадку редуційованого підходу дослідник застосує лінійну параметричну регресію ціни, що виграла аукціон, на кількість учасників аукціонних торгів. Наприклад,

$$b_{wl} = \beta I_i + \epsilon.$$

За стандартних статистичних припущень лінійна регресія дозволить отримати найкращу лінійну апроксимацію виграшної ціни кількістю учасників аукціону. Дослідник може сподіватися, що отримані коефіцієнти дозволять протестувати зазначену гіпотезу й спрогнозувати виграшні ціни в майбутньому, використовуючи кількість учасників торгів, а організатор аукціону може сподіватися підвищити власну прибутковість через залучення оптимальної кількості учасників.

Якщо дослідник сумнівається в тому, що ця залежність має лінійний вигляд¹, він може застосувати техніку непараметричного

¹ Насправді, з теорії аукціонів відомо, що ця залежність нелінійна.

згладжування для оцінки функції умовного очікування вигрешної ціни від кількості учасників аукціону, тобто оцінити $E(b_w|I)$ непараметрично. У цьому випадку дослідник використовує набагато менше обмежень на зв'язок між змінними і може, використовуючи оцінку $\hat{E}(b_w|I)$, визначити напрям зв'язку та приблизний тип функціональної залежності між вигрешною ціною та інтенсивністю конкуренції. Однак, навіть не враховуючи інших факторів, що можуть впливати на цю залежність, непараметричне оцінювання умовного очікування $\hat{E}(b_w|I)$, у випадку дискретної незалежної змінної, потребуватиме великої вибірки. Функціональна залежність за межами вибірки, в цьому випадку, також буде невідомою. Звісно, як у першому, так і в другому випадку маємо справу з редуційованим підходом до економетричного оцінювання, тому що дослідник практично не використовує досягнення сучасної теорії для побудови економетричної моделі умовного очікування вигрешних цінових пропозицій.

З іншого боку, сучасна теорія аукціонної торгівлі є одним з найбільш розвинутих напрямів мікроекономічної науки і може надати досліднику багато цінної інформації (структури) стосовно взаємозв'язку між ціною, яка виграє аукціон, та кількістю учасників аукціону [12]. З теорії відомо, що на поведінку учасників аукціонних торгів впливають інституційні особливості проведення аукціону, тип учасників аукціону, характеристики виставленого на торги об'єкту тощо. Використання теоретичних (структурних) знань дозволяє досліднику отримати точнішу інформацію про вплив кількості учасників аукціону на вигрешну ціну, а, відповідно, на дохід організатора аукціонних торгів. Приміром, у випадку англійського аукціону з незалежними власними цінностями об'єкту торгів, які розподілені згідно функції розподілу $F(\cdot)$, відомо, що учасник аукціону буде приймати участь у торгах поки ціна торгів не перевищить його власну цінність. Аукціон виграє учасник з найбільшою власною цінністю об'єкту торгів, але він сплатить ціну, котра дорівнює найбільшій цінності серед інших учасників аукціону. Зі статистичної точки зору, вигрешна ціна такого аукціону розподілена, як друга найбільша впорядкована статистика:

$$b_w \sim F_w(\cdot|I),$$

$$F_w(b_w|I) = IF(b_w)^{I-1} - (I-1)F(b_w)^I,$$

а функція умовної щільності вигрешної ціни дорівнює

$$f_w(b_w|I) = I(I-1) \left(1 - F(b_w)\right) F(b_w)^{I-2} f(b_w)$$

У тому випадку, коли теоретична модель англійського аукціону відповідає дійсності, дослідник знає все про залежність закону розподілу виграшної ціни від кількості учасників аукціону, якщо він знає $F(\cdot)$. З іншого боку, доведено, що для англійського аукціону $F(\cdot)$ та $f(\cdot)$ ідентифіковані й можуть бути оцінені на основі даних про результати аукціонних торгів [2, с. 2115]. Це означає, що дослідник знає все, що необхідно знати про залежність виграшної ціни від інтенсивності конкуренції за об'єкт торгів. Враховуючи той факт, що, в цьому випадку оцінювання параметрів структурної економетричної моделі не є складним, а теоретичні, ідентифікаційні й статистичні припущення практично відсутні, можна зробити висновок, що структурне оцінювання має значні переваги перед редуційованим¹.

Процедура структурного моделювання мікроекономічних систем

У попередній частині роботи з'ясовано, що структурний підхід, у багатьох випадках, може мати значні переваги перед редуційованим. Реалізація цих переваг залежить від розуміння: 1) зв'язку між теоретичною моделлю, економетричною моделлю і досліджуваною економічною системою; 2) ролі, можливостей та обмежень, які накладають теоретичні, ідентифікаційні й статистичні припущення, необхідні для структурного моделювання; 3) відповідності методів оцінювання параметрів структурної економетричної моделі — задачам, що стоять перед дослідником. Складність розглянутих вище проблем пояснює необхідність розробки й формалізації процедури структурного економетричного моделювання. Процедура структурного моделювання мікроекономічних систем складається з шести етапів (рис. 1).

¹ У разі використання редуційованого підходу, дослідник, у кращому випадку, має можливість оцінити $g(b_w|I)$ або похідні функціонали. Оцінювання $f(\cdot)$, у цьому випадку, неможливе, а функціональний зв'язок з $g(b_w|I)$ — невідомий. Так, дослідник навіть гадки не має, що $g(b_w|I) = f_w(b_w|I)$. Застосовуючи структурний підхід, дослідник має можливість оцінити $f(\cdot)$ безпосередньо, що значно розширює розуміння умов проведення аукціону, а також створює додаткові можливості для тестування припущень теоретичної моделі, аналізу впливу умов проведення аукціону на його результати та, навіть, проведення експериментів з правилами аукціонних торгів. Наприклад, можна дізнатись, як зміняться результати аукціону, якщо змінити формат проведення торгів.



Рис. 1. Процедура структурного моделювання мікроекономічних систем

Джерело: розроблено автором самостійно

Етап 1. *Побудова теоретичної економіко-математичної моделі досліджуваної економічної системи.* Будь-яке емпіричне дослідження починається з реальної економічної системи, функціонування якої характеризується певною статистичною інформацією. Структурний підхід передбачає, що спочатку дослідник повинен побудувати теоретичну економіко-математичну модель досліджуваної економічної системи. До основних компонентів такої моделі відносять: середовище (або екзогенні змінні), механізм (порядок, правила та умови взаємодії економічних агентів або ендогенні змінні) і підхід до вирішення проблеми (або поведінку економічних агентів у відповідному середовищі за встановленими правилами)¹:

1. *Середовище* включає:

а) список економічних агентів, котрі взаємодіють у цій економічній системі;

¹ Поділ теоретичної економіко-математичної моделі на три компоненти: середовище (англ. environment), механізм (mechanism) і підхід до вирішення проблеми (solution concept) був запропонований Л. Гурвіцом у 1973 році в статті під назвою «Розробка механізмів розподілу ресурсів» [11].

б) список базових елементів моделі, що характеризують економічних агентів та економічну систему. Приміром: технологія виробництва (виробничі функції); вподобання споживачів (функції корисності); закон розподілу цінності об'єкту серед споживачів (функції розподілу цінностей); наявні ресурси (активи, багатство, бюджетні обмеження).

в) екзогенні до економічних агентів і середовища змінні. Наприклад: зовнішні обмеження на діяльність економічних агентів; фактори, що існують за межами моделі і можуть впливати на поведінку економічних агентів.

2. *Механізм* або умови взаємодії агентів може включати:

а) порядок, правила та умови функціонування відповідного ринку або будь-якого іншого економічного інституту;

б) інформація, яка доступна кожному економічному агенту.

3. *Підхід до вирішення проблеми*. Наприклад: максимізація корисності споживачами; максимізація прибутку компаніями; рівновага Вальраса зі споживачами та виробниками, які не можуть самотійно впливати на ціни; рівновага Баеса—Неша з можливістю вибору обсягу виробництва фірмами тощо.

Тобто, дослідник повинен за допомогою смислових і технічних припущень¹ охарактеризувати кожний із зазначених компонентів теоретичної моделі таким чином, щоб ця модель, з одного боку, якомога краще відбивала особливості функціонування досліджуваної економічної системи, а, з іншого, могла бути використана для побудови відповідної структурної економетричної моделі. Зазвичай, дослідник користується або вже запропонованими в науковій літературі теоретичними моделями, або робить необхідні для застосування в прикладних дослідженнях модифікації.

Етап 2. Побудова структурної економетричної моделі. Необхідність пристосування суто теоретичної моделі до застосування в економетриці випливає з того факту, що, частіше за все, теоретична модель неспроможна повністю пояснити варіацію даних у досліджуваній економічній системі. Тобто, похідна економетрична модель повинна включати «помилку(-и)» — змінну(-и), які

¹Смислові припущення характеризують середовище економічної системи, умови взаємодії, а також можливі й неможливі варіанти поведінки економічних агентів. Технічні припущення дозволяють вирішити теоретичну модель аналітично, графічно або, хоча б, зробити деякі корисні спостереження. Прикладом технічних припущень може бути дворазова диференційованість функції розподілу цінності на компактній множині. Якщо смислові припущення є обов'язковими для аналізу, визначаючи як рівень абстракції теоретичної моделі, так і характер проблеми, що досліджується, то технічні припущення бажано зводити до мінімуму.

присутні в економічній системі, але не враховані теоретичною моделлю. Як джерело, так і характеристики таких помилок можуть мати значний вплив на будову й процедуру оцінювання економетричної моделі.

Існує чотири підходи до включення помилок у теоретичну модель з метою побудови структурної економетричної моделі [20, с. 4305]. Дослідник може додати до теоретичної моделі такі види помилок:

1) помилки, пов'язані з тим, що дослідник має певну невизначеність стосовно функціонування досліджуваної економічної системи;

2) помилки, пов'язані з тим, що економічні агенти мають певну невизначеність стосовно функціонування економічної системи;

3) помилки, пов'язані з неможливістю економічних агентів чітко слідувати постулатам економічної теорії (наприклад, вони можуть бути неспроможні «правильно» вирішувати необхідні оптимізаційні задачі);

4) помилки вимірювання, пов'язані з неможливістю високо-точного вимірювання значень змінних у досліджуваній економічній системі.

Після включення до теоретичної моделі помилок, дослідник отримує структурну економетричну модель. Таким чином, з точки зору економіко-математичного моделювання, структурна економетрична модель складається з трьох основних множин елементів (параметрів) моделі $(\mathcal{F}, \mathcal{H}, \mathcal{L})$, передбачених економічною теорією і можливими помилками. У цьому переліку \mathcal{F} — множина потенційно можливих законів сукупного розподілу стохастичних змінних (наприклад, сімейство функцій розподілу цінності об'єкту торгів серед учасників аукціону); \mathcal{H} — множина потенційно можливих базових функціональних залежностей моделі (сімейство функцій корисності учасників аукціону); \mathcal{L} — множина потенційно можливих функціоналів типу $L: (\mathcal{F}, \mathcal{H}) \rightarrow \mathcal{G}$, що встановлюють зв'язок між базовими параметрами структурної економетричної моделі $(\mathcal{F}, \mathcal{H})$ та статистичними даними \mathcal{G} , що характеризують функціонування економічної системи (стратегія встановлення оптимальної ціни як функція від цінності об'єкту торгів). Структурний підхід передбачає, що цей зв'язок встановлюється за допомогою теоретичної економіко-математичної моделі досліджуваної економічної системи. Елементи множин $(\mathcal{F}, \mathcal{H})$ характеризують середовище економічної системи і контролюються дослідником через відповідні припущення. Елементи, що належать множині \mathcal{L} , є результатом застосування підходу до

вирішення проблеми в рамках відповідного середовища й механізму. Результатом вирішення теоретичної моделі є прогноз поведінки економічних агентів. З іншого боку, фактичну поведінку економічних агентів дослідник може спостерігати на практиці. Вся важлива інформація стосовно функціонування економічної системи, яку дослідник може спостерігати на практиці, міститься в стохастичних змінних, що розподілені згідно закону сукупного розподілу $G \in \mathcal{G}$. Таким чином, структурний підхід передбачає встановлення строгої, теоретично обґрунтованої математичної залежності типу $L(F, H) = G$ між параметрами економічної моделі $(F, H, L) \in \mathcal{F}, \mathcal{H}, \mathcal{L}$ та законом розподілу статистичних даних $G \in \mathcal{G}$.

Визначення 1. Структурне економічне моделювання передбачає побудову економічної моделі на основі **строкої, теоретично обґрунтованої математичної залежності між параметрами економічної моделі $(F, H, L) \in \mathcal{F}, \mathcal{H}, \mathcal{L}$ та доступною досліднику інформацією, що міститься в $G \in \mathcal{G}$** .

Для застосування структурного підходу на практиці повинні виконуватися принаймні дві умови, перевірка яких складає сутність двох таких етапів.

Етап 3. Ідентифікація параметрів структурної економічної моделі. Проведення адекватного оцінювання параметрів економічної моделі потребує їхньої ідентифікації на основі доступних статистичних даних. Тобто, фактичний розподіл статистичних даних G повинен **унікальним чином** визначати параметри моделі, що сформувала ці дані.

Визначення 2. Модель $(\mathcal{F}, \mathcal{H}, \mathcal{L})$ може бути ідентифікована, якщо для кожної пари $((F, H), (F', H')) \in (\mathcal{F}, \mathcal{H})^2$ та $(L, L') \in \mathcal{L}^2$, $L(F, H) = L(F', H')$ означає [3, с. 3852].

Для встановлення ідентифікації моделі досліднику можуть знадобитися додаткові ідентифікаційні припущення. До них відносять: 1) припущення стосовно множини допустимих законів розподілу стохастичних змінних, що обмежують вміст множини \mathcal{F} ; 2) припущення стосовно множини допустимих базових функціональних форм, що обмежують вміст множини \mathcal{H} ; 3) припущення стосовно зв'язку між стохастичними змінними, базовими функціональними формами та поведінкою учасників торгів, що обмежують вміст множини \mathcal{L} . Такі припущення можуть бути доволі обмежувачими (наприклад, параметризація сімейства функцій корисності учасників торгів). Звичайно, дослідник може почувати себе найкомфортніше, коли ідентифікація досягається без параметризації елементів теоретичної та економічної моделей.

Пов'язаною з ідентифікацією виступає проблема раціоналізації даних. Раціоналізація означає, що економетрична модель, яку використовує дослідник, у змозі сформулювати той закон розподілу даних, котрий спостерігає дослідник.

Визначення 3. Закон сукупного розподілу даних про економічну систему $G \in \mathcal{G}$, що спостерігає дослідник, може бути раціоналізованим, якщо існує хоча б один набір параметрів моделі $(F, H, L) \in \mathcal{F}, \mathcal{H}, \mathcal{L}$, для яких виконується умова $L(F, H) = G$.

Якщо економетрична модель неспроможна раціоналізувати реальний розподіл даних, вона повинна бути відкинута, як неадекватна досліджуваній економічній системі. Концепція раціоналізації підводить до можливості тестування моделі. Модель піддається тестуванню, якщо існують такі закони розподілу даних, котрі не можуть бути раціоналізовані жодною версією цієї моделі.

Визначення 4. Модель (F, H, L) піддається тестуванню, якщо $\cup_{(F, H, L) \in \mathcal{F}, \mathcal{H}, \mathcal{L}} L(F, H)$ виступає строгою підмножиною \mathcal{G} [3, с. 3852].

Слід зазначити, що встановлення ідентифікації структурної економетричної моделі, на жаль, не є стандартною або рутинною процедурою. Можливість ідентифікації залежить як від особливостей теоретичної моделі, яку використовує дослідник, так і від обсягу доступної йому інформації. Чим більше інформації щодо економічної системи має дослідник, тим легше йому ідентифікувати модель. Крім цього, кожна структурна економетрична модель потребує власного підходу до ідентифікації і власних ідентифікаційних припущень різного рівня узагальнення. Багато структурних економетричних моделей потребують дуже «потужних» ідентифікаційних припущень, що потенційно можуть істотно впливати на отримані результати дослідження. Однак, у деяких випадках, оцінювання можна проводити, навіть якщо модель не повністю ідентифікована. В моделях, що частково ідентифіковані, дослідник може отримати корисну інформацію про деякі параметри моделі або встановити певні межі, в котрих знаходяться цікаві досліднику параметри¹.

Етап 4. Розробка процедури оцінювання параметрів структурної економетричної моделі. На цьому етапі дослідник, «озброєний» загальною специфікацією структурної економетричної моделі та повною або частковою її ідентифікацією, повинен запропонувати

¹ Досягнення економетрики в оцінюванні множин параметрів, що задовольняють певним ідентифікаційним умовами, роблять часткову ідентифікацію корисною для прикладних досліджень [8].

процедуру оцінювання параметрів моделі. Слід зазначити, що, зазвичай, вибір процедури оцінювання логічним чином виходить з підходу до ідентифікації моделі, але це не робить його тривіальним. Навпаки, дуже часто структурний підхід потребує розробки індивідуальної процедури оцінювання, що може бути ускладнене необхідністю мати справу з дво- або трьох-етапним оцінюванням.

Хоча результати, отримані за останні тридцять п'ять років у статистиці й економетриці, зробили доступним оцінювання будь-яких моделей (параметричних, напівпараметричних, напівнепараметричних і повністю непараметричних) і надали можливість досліднику вибирати серед значного набору методів оцінювання (узагальнений метод мінімізації квадратичних відхилень (GLS); метод максимальної правдоподібності (MLE); узагальнений метод моментів (GMM); метод симульованих моментів (MSM); метод мінімальної відстані (MDE) тощо), унікальність процедури структурного оцінювання досліджуваної економічної системи потребує визначення статистичних властивостей запропонованих оцінок кожного разу окремо.

У більшості випадків практично немає можливості встановити незміщеність і визначити вибірковий розподіл оцінок параметрів структурної економетричної моделі. Тому, до основних властивостей, що дослідники потребують від оцінок у структурній економетриці, входять обґрунтованість, існування асимптотичного (нормального) розподілу та асимптотична ефективність — для параметрів зі скінченного простору, а по-точкова збіжність, цілковита збіжність та оптимальна швидкість такої збіжності — для параметрів з нескінченного простору. Встановлення таких властивостей, дуже часто, потребує неабияких зусиль з боку дослідника (наприклад, непараметрична модель аукціону першої ціни потребує двоетапної процедури оцінювання, кожний етап якої включає оцінку параметрів з нескінченного простору. Встановлення властивостей оцінок параметрів з нескінченного простору на другому етапі — нетривіальна задача навіть для висококласного статистика-теоретика).

Вибір процедури оцінювання, як відомо, диктує припущення, необхідні для досягнення економетричними оцінками зазначених вище властивостей. Отже дослідник повинен буде, на додаток до теоретичних та ідентифікаційних припущень, ще більше обмежити вміст множини $F \times \mathcal{H} \times \mathcal{C}$ за допомогою статистичних припущень. Залежно від процедури оцінювання, досліднику необхідно буде зробити вибір на користь або параметричних сімейств законів розподілу стохастичних змінних і функціональних залежностей моделі (наприклад, для використання методу максимальної правдоподібно-

сті), або досягнення достатнього рівня «гладкості» сімейств відповідних функцій (для застосування непараметричних методів оцінювання). В будь-якому разі статистичні припущення ще більше обмежують здатність економетричної моделі пояснювати варіацію у даних, яку дослідник спостерігає на практиці.

Що ж відбувається, коли дослідник не може обійтися мінімальними необмежуваними припущеннями, а повинен, для забезпечення можливості проводити необхідне оцінювання, робити «потужні» припущення, котрі потенційно можуть впливати на отримані результати? Слід зазначити, що саме ця ситуація є найтиповішою, а повністю непараметричне оцінювання скоріше виключення ніж правило для прикладних досліджень. На нашу думку, в цьому випадку, необхідно зробити, як мінімум, три речі. По-перше, необхідно встановити набір (набори) **мінімально можливих** припущень, що гарантують досягнення ідентифікації та можливість оцінювання економетричної моделі¹. По-друге, вибрати той набір мінімально можливих припущень, котрий найкраще відповідає фактичному стану речей у досліджуваній економічній системі. По-третє, зробити все можливе для перевірки виконання використаних припущень на практиці.

Розробка процедури оцінювання повинна закінчуватися формулюванням статистичних тестів на специфікацію економетричної моделі, а також тестів на відповідність результатів теоретичних досліджень практиці.

Етап 5. Оцінювання параметрів структурної економетричної моделі. Нестандартність процедури оцінювання структурної економетричної моделі означає, що, скоріше за все, на практиці дослідник повинен буде власноруч написати програму в одному з програмних середовищ, типу Matlab, Gauss або C+, що буде розраховувати необхідні йому оцінки. Зазвичай, цей етап потребує небагато часу. Однак, якщо процедура оцінювання складна, багатоетапна й передбачає використання методів чисельної апроксимації математичних виразів, оцінювання може вимагати доволі багато часу.

Етап 6. Перевірка якості структурної економетричної моделі. Визначення якості отриманої в результаті оцінювання економетричної моделі може бути досягнуто різними шляхами. По-перше, дослідник може, на базі теоретичної моделі, симулювати методом Монте-Карло функціонування досліджуваної економічної системи і подивитися, наскільки отримана економетрична модель здатна по-

¹ Дуже часто прикладні дослідники ігнорують цю вимогу і використовують той набір припущень, який дозволяє користуватися зручними, стандартними методами оцінювання з відповідними негативними наслідками для самого оцінювання.

яснувати варіацію симульованих даних. Цей підхід також дозволяє оцінити приблизний розмір вибірки, необхідний для забезпечення адекватних результатів оцінювання на практиці. По-друге, дослідник може визначити, як економетричній моделі вдається впоратися з поясненням функціонування економічної системи в рамках вибірки, що використовувалась для її оцінювання. По-третє, за допомогою отриманої структурної економетричної моделі дослідник може спробувати спрогнозувати функціонування економічної системи за межами вибірки. По-четверте, дослідник може вдатися до статистичного тестування припущень й обмежень, котрі використовувалися для побудови економетричної моделі.

Формалізація методології структурного підходу буде неповною без визначення його переваг і недоліків. Найважливіші з них представлено в табл. 1.

Таблиця 1

**ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
МІКРОЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ**

Переваги	Недоліки
1. Строгий математичний зв'язок між теоретичною та економетричною моделями дозволяє досліднику оцінювати навіть ті елементи економічної системи, які він не має можливості спостерігати на практиці	1. Необхідність встановлення ідентифікації параметрів структурної економетричної моделі в кожному випадку окремо
2. Повна відповідність структурної економетричної моделі аналітичному аналогу досліджуваної економічної системи створює унікальні можливості для проведення «експериментів» з механізмом в отриманому, в результаті оцінювання, «реальному» середовищі	2. Відсутність стандартних процедур оцінювання параметрів структурної економетричної моделі за наявності «складних» функціональних залежностей, не-параметричних параметрів моделі, не-стандартних (негладеньких) цільових функцій тощо. Як наслідок — необхідність встановлення статистичних властивостей оцінок у кожному випадку окремо
3. Структурний підхід дозволяє проведення безпосередніх статистичних тестів на відповідність результатів теоретичних досліджень практики	3. Структурне моделювання може потребувати більш деталізованої та індивідуалізованої інформації щодо функціонування досліджуваної економічної системи
4. Безпосередня залежність елементів структурної економетричної моделі від припущень теоретичної моделі створює додаткові можливості для визначення тих припущень, які відповідають реальним умовам функціонування економічної системи	4. Не всі теоретичні моделі створюють структуру, достатньо наближену до реальної економічної системи, щоб побудувати адекватну структурну економетричну модель

Переваги	Недоліки
5. Структурний підхід дозволяє визначати той рівноважний стан, котрий склався в економічній системі у досліджуваному періоді	5. Практична реалізація процедури оцінювання структурної економетричної моделі потребує написання унікального алгоритму оцінювання, використовуючи одну зі спеціалізованих мов програмування (Matlab, Gauss, C+), а не стандартного економетричного програмного забезпечення (Stata, Eviews, SPSS)
6. Строгий математичний зв'язок між теоретичною й економетричною моделями робить можливим використання результатів структурного оцінювання для вибору «найкращої», за встановленими дослідником критеріями, теоретичної моделі	
7. Структурне оцінювання створює додаткові можливості для виявлення причин неспроможності теоретичної моделі правильно пояснювати особливості функціонування досліджуваної економічної системи	6. Структурний підхід потребує від дослідника глибоких знань економічної теорії, математичного аналізу, функціонального аналізу, теорії імовірностей, математичної статистики, економетрики та хоча б однієї з мов програмування

Структурне моделювання аукціону першої ціни

Найкращим прикладом використання структурного підходу в чистому вигляді виступає застосування теоретичної економіко-математичної моделі аукціону першої ціни для оцінювання розподілу цінності об'єкту торгів серед його учасників. Викладений нижче матеріал базується на результатах дослідження Е. Герре, І. Перінг і К. Вонга, опублікованих в науковому журналі *Econometrica* під назвою «Оптимальне непараметричне оцінювання аукціонів першої ціни» [9]. В аукціонах такого типу дослідник спостерігає ціни, що запропонували учасники за виставлений на торги об'єкт. Однак, дослідника може цікавити не закон розподілу цін, а закон розподілу цінності об'єкту торгів серед учасників аукціону. Використовуючи таку інформацію та результати теорії механізмів, фірма-організатор аукціонів зможе, наприклад, збільшити власні прибутки шляхом визначення оптимального формату проведення торгів [16].

За правилами аукціону першої ціни на торгах реалізується один неподільний об'єкт, усі запропоновані учасниками цінові пропозиції подаються одночасно в запечатаних конвертах, а переможцем аукціону визнається учасник, який запропонував найвищу ціну. Припустимо, що кожен учасник аукціону ($i = 1, \dots, I$)

має певну цінність об'єкту торгів, котру позначимо як v_i , що має незалежний і власний характер (англ. independent private value). У цьому випадку він визначатиме власну цінову пропозицію, не знаючи цін, котрі будуть запропоновані іншими учасниками торгів. Він також не знатиме цінності об'єкту торгів для інших учасників, але знатиме, що цінності розподілені серед всіх учасників згідно функції розподілу $F(\omega)$, що має неперервну щільність розподілу $f(\omega)$ та область визначення $[\underline{v}, \bar{v}] \subset R_+$. Функція розподілу цінностей і кількість учасників загальновідомі. Кожен учасник аукціону має нейтральне відношення до ризику, а правила аукціонних торгів не передбачають резервної ціни. За цих умов до оголошення про проведення аукціону, згідно теорії ігор, всі учасники аукціону однакові, а гра — симетрична.

У разі виконання розглянутих припущень, унікальна диференційована рівновага Байеса—Неша відповідної гри з неповною інформацією має такий вигляд [15]:

$$b_i = s(v_i, F, I) = v_i - \frac{1}{(F(v_i))^{I-1}} \int_{\underline{v}}^{v_i} (F(\omega))^{I-1} d\omega. \quad (1)$$

де b_i — оптимальна ціна, яку повинен запропонувати учасник i , якщо цінність об'єкта для нього складає v_i .

Проводячи паралелі із загальною процедурою використання структурного підходу, запропованою у попередньому розділі цієї роботи, можна побачити, що середовище складається з фірми-організатора аукціону, множини учасників аукціону I та щільності розподілу цінностей об'єкту торгів $f \in \mathcal{F}$. Механізмом виступає закритий аукціон першої ціни. Підходом до вирішення проблеми — рівновага Байеса—Неша. Також, легко побачити, що в цьому випадку \mathcal{H} — пуста множина. У результаті вирішення відповідної гри отримуємо симетричні стратегії встановлення оптимальної ціни для кожного учасника аукціону — $s(\omega_i, F, I) \in \mathcal{E}$. Відмітимо, що b_i розподілені згідно $G \in \mathcal{G}$.

В основі структурної економетричної моделі лежить стратегія участі в аукціоні (1), що є вирішенням такого диференційного рівняння:

$$1 = (\omega_i - s(\omega_i))\omega_i - 1) \frac{f(\omega_i)}{F(\omega_i)s'(\omega_i)}, \quad (2)$$

з граничною умовою $s(\underline{v}) = \underline{v}$. Так як стратегія $s(\omega)$, визначена рівнянням (1), строго зростає на власній області визначення

$[v, \bar{v}]$, можна отримати зв'язок між розподілом запропонованих цін і розподілом цінностей. Тобто $G(b) = P(b \leq b) = P(\omega \leq s^{-1}(b)) = F(\omega)$, де остання рівність використовує той факт, що $b = s(\omega)$. Це означає, що функція розподілу $G(b)$ неперервна на області визначення $[v, s(\bar{v})]$ і має щільність $g(b) = \frac{f(s^{-1}(b))}{s'(s^{-1}(b))}$. Таким чином, диференціальне рівняння (2) може бути переписане у наступному вигляді [9, с. 529]:

$$v_i = \xi(b_i, G, I) \cdot b_i + \frac{1}{I-1} \frac{G(b_i)}{g(b_i)} \quad (3)$$

Рівняння (3) виражає власну цінність об'єкту торгів для i -го учасника, як функцію від запропонованої ним ціни b_i , розподілу запропонованих цін $G(b)$, щільності розподілу $g(\cdot)$ та кількості учасників аукціону I . Усі ці об'єкти дослідник спостерігає у відповідній економічній системі. Тобто рівняння (3) є тією необхідною строгою математичною залежністю, яка використовується для побудови структурної економетричної моделі. Зазначмо, що в цьому випадку потреба у введенні помилок відсутня. Єдиним невідомим параметром економетричної моделі є $f \in \mathcal{F}$. Відповідно ідентифікація моделі зводиться до ідентифікації щільності розподілу цінності об'єкту для учасників аукціону.

Рівняння (3) показує корисність структурного підходу до емпіричного аналізу аукціонів даного виду — латентний розподіл власних цінностей об'єкта торгів можна визначити через параметри економічної системи, котрі дослідник спостерігає безпосередньо. Більш того, рівняння (3) підказує як стратегію ідентифікації, так і стратегію оцінювання щільності розподілу цінності об'єкта торгів $f(b)$. Інтуїтивно, $f(b)$ ідентифікована тому, що права частина рівняння (3) повністю спостерігається дослідником. Припущення, необхідні для формального встановлення ідентифікації моделі, мінімальні. Єдине обмежуюче непараметричне ідентифікаційне припущення — неперервність щільності розподілу $f(b)$ [9, с. 529].

Рівняння (3) дозволяє також вибрати стратегію оцінювання $f(b)$. Якщо дослідник знає розподіл $G(b)$ і щільність $g(\cdot)$, він може використати рівняння (3) для визначення власних цінностей v_i учасників аукціону. На базі цих цінностей він може оцінити $f(b)$ і $F(b)$. Тому процедура оцінювання може бути двоетапною. На першому етапі дослідник, використовуючи рівняння (3), конструює вибірку псевдо-цінностей за допомогою непараметричних

оцінок $g(\cdot)$ і $G\Theta$. На другому — використовує цю псевдовибірку для непараметричного оцінювання $f\Theta$ і $F\Theta$.

Отже, на першому етапі дослідник використовує ціни, запропоновані учасниками аукціонних торгів $\{B_{pl}, p = 1, \dots, I, l = 1, \dots, L\}$, де p — це індекс учасників певного аукціону l , а l , у свою чергу, — це індекс подібних аукціонів для непараметричного оцінювання $G\Theta$ і $g(\cdot)$, наприклад, за допомогою емпіричного розподілу даних (англ. empirical distribution function) та ядерної оцінки щільності розподілу (англ. kernel density estimator), відповідно. У цьому разі відповідні оцінки матимуть вигляд:

$$\begin{aligned}\tilde{G}(b) &= \frac{1}{IL} \sum_{l=1}^L \sum_{p=1}^I \mathbf{1}\{B_{pl} \leq b\}, \\ \tilde{g}(b) &= \frac{1}{ILh_g} \sum_{l=1}^L \sum_{p=1}^I K_g\left(\frac{b - B_{pl}}{h_g}\right),\end{aligned}$$

де h_g — діапазон оцінювання, $K_g(\cdot)$ — ядро з компактною областю визначення.

Тепер, абстрагуючись від зміщеності ядерних оцінок щільності розподілу на краях області визначення, можемо оцінити цінності об'єкту торгів для кожного учасника аукціону як:

$$\tilde{V}_{pl} = B_{pl} + \frac{1}{I-1} \frac{\tilde{G}(B_{pl})}{\tilde{g}([B]_{pl})},$$

для $p = 1, \dots, I$ та $l = 1, \dots, L$.

На другому етапі дослідник використовує псевдовибірку власних цінностей $\{\tilde{V}_{pl}, p = 1, \dots, I, l = 1, \dots, L\}$ для оцінки щільності розподілу:

$$\tilde{f}(w) = \frac{1}{ILh_f} \sum_{l=1}^L \sum_{p=1}^I K_f\left(\frac{w - \tilde{V}_{pl}}{h_f}\right),$$

де h_f — діапазон оцінювання, $K_f(\cdot)$ — ядро з компактною областю визначення. Асимптотичні властивості оцінок визначаються, коли $L \rightarrow \infty$. Монте-Карло експерименти показують, що цей підхід дає якісні результати з розміром вибірки вже від 1000 спостережень.

Роблячи підсумок, необхідно зазначити, що, в цьому випадку, за мінімальних теоретичних, ідентифікаційних і статистичних

припущень структурний підхід дав можливість оцінити всі елементи теоретичної економіко-математичної моделі, яка описує поведінку учасників закритих аукціонних торгів першої ціни. Цей факт відкриває значні можливості як для перевірки відповідності теорії практиці, так і для використання отриманих результатів з метою розробки оптимальних механізмів реалізації у майбутньому.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямку. У результаті проведеного дослідження запропоновано формальне визначення, методологію, а також розглянуто особливості використання, переваги й недоліки структурного економетричного моделювання. У чистому вигляді структурне підхід передбачає використання строгої математичної залежності між даними, які дослідник спостерігає на практиці та елементами теоретичної економіко-математичної моделі досліджуваної економічної системи. Ця залежність дозволяє досліднику побудувати економетричну модель досліджуваної економічної системи, ідентифікувати параметри цієї моделі та запропонувати процедуру оцінювання.

Структурне економетричне моделювання складається з шести етапів: побудова теоретичної економіко-математичної моделі досліджуваної економічної системи; побудова структурної економетричної моделі, в якості основи якої використовується теоретична модель; ідентифікація параметрів економетричної моделі; розробка процедури оцінювання економетричної моделі; оцінювання економетричної моделі; визначення відповідності моделі досліджуваній економічній системі.

Структурний підхід спрацьовує найкраще тоді, коли теоретична модель достатньо наближена до реальності, а корисність, отримана від його застосування, перевищує ускладнення та помилки, пов'язані з додатковими теоретичними, ідентифікаційними та статистичними припущеннями. В іншому разі досліднику краще користуватися редуцированим підходом, який менш вимогливий до процедури ідентифікації і методів оцінювання, або напівструктурним підходом, який вміщує у собі як елементи структурного, так і редуцированого підходів.

Література

1. *Akerberg D. Econometric Tools for Analyzing Market Outcomes / D. Akerberg, C.L. Benkard, S. Berry, A. Pakes // J.J. Heckman, E. Leamer*

(eds.) Handbook of Econometrics. Vol. 6A. (Ch. 63). — Elsevier, 2007 — P. 4168—4276.

2. *Athey S.* Identification of Standard Auction Models / S. Athey, P. A. Haile // *Econometrica*. — 2002. — Vol. 70, №6. — P. 2107—2140.

3. *Athey S.* Nonparametric Approaches to Auctions / S. Athey, P. A. Haile // J. J. Heckman, E. Leamer (eds.) Handbook of Econometrics. Vol. 6A. (Ch. 62). — Elsevier, 2007 — P. 4168—4276.

4. *Berry S. T.* Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation / S. T. Berry // *RAND Journal of Economics*. — 1994. — Vol. 25, № 2. — P. 242—262.

5. *Berry S. T.* Automobile Prices in Market Equilibrium / S. T. Berry, J. Levinsohn, A. Pakes // *Econometrica*. — 1995. — Vol. 63, № 4. — P. 841—890.

6. *Bresnahan T. F.* Departures from Marginal-Cost Pricing in the American Automobile Industry: Estimates for 1977—1978 / T. F. Bresnahan // *Journal of Econometrics*. — 1981. — Vol.17, №2. — P. 201—227.

7. *Campo S.* Semiparametric Estimation of First—Price Auctions with Risk—Averse Bidders / S. Campo, I. M. Perrigne, and Q. H. Vuong // *The Review of Economic Studies*. — 2011. — Vol.78, №1. — P.112—147.

8. *Chernozhukov V.* Estimation and Confidence Regions for Parameter Sets in Econometric Models / V. Chernozhukov, H. Hong, and E. Tamer // *Econometrica*. — 2007. — Vol. 75, №5. — P.1243—1285.

9. *Guerre E.* Optimal Nonparametric Estimation of First—Price Auctions / E. Guerre, I. M. Perrigne and Q. H. Vuong // *Econometrica*. — 2000. — Vol. 68, № 3. — P. 525—574.

10. *Guerre E.* Nonparametric Identification of Risk Aversion in First Price Auctions Under Exclusion Restrictions / E. Guerre, I. M. Perrigne, and Q. H. Vuong // *Econometrica*. — 2009. — Vol.77, №4. — P.1193—1227.

11. *Hurwicz L.* The Design of Mechanisms for Resource Allocation / L. Hurwicz // *American Economic Review*. — 1973. — Vol.63, №2. — P. 1—30.

12. *Krishna V.* Auction Theory / V. Krishna. — San Diego: Academic Press, 2002. — P.303.

13. *Luo Y.* Structural Analysis of Nonlinear Pricing/ Y. Luo, I. M. Perrigne, Q. H. Vuong // *RISE working Paper 14—003*, 2014. — P. 1—51. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: file:///D:/Downloads/RISE%2014—003%20(1).pdf.

14. *McFadden D. L.* Econometric Models of Probabilistic Choice / D. L. McFadden // C. Manski, D. McFadden (eds.) *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*. — Cambridge, MA: MIT Press. — 1981. — P. 504.

15. *Milgrom, P. R.* A Theory of Auctions and Competitive Bidding / P. R. Milgrom, R.J. Weber // *Econometrica*. — 1982. — Vol.50, №5. — P.1089—122.

16. *Myerson R.* Optimal Auction Design / R. Myerson // *Mathematics of Operations Research*. — Vol. 6, № 1. — 1981. — P. 58—73.

17. *Olley G.S.* The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry / G.S. Olley, A. Pakes // *Econometrica*. — 1996. — Vol. 64, № 6. — P. 1263—1298.

18. *Paarsch H.J.* Deciding Between the Common and Private Values Paradigms in Empirical Models of Auctions / Paarsch H. J. // *Journal of Econometrics*. — 1992. — Vol. 51, № 1-2. — P. 191—216.

19. *Perrigne I. M.* Nonparametric Identification of a Contract Model with Adverse Selection and Moral Hazard / I.M. Perrigne, Q.H. Vuong // *Econometrica*. — 2011. — Vol. 79, № 5. — P. 1499-1539.

20. *Reiss P.* Structural Econometric Modeling: Rationales and Examples From Industrial Organization / P. Reiss, F. Wolak // J. J. Heckman, E. Leamer (eds.), *Handbook of Econometrics*. Vol. 6A. (Ch. 64). — 2007. — P.4277-4415.

21. *Zincenko F.* Nonparametric Estimation of First-Price Auctions with Risk-Averse Bidders / F. Zincenko // University of Pittsburgh working paper, WP-16/001, 2016. — resubmitted to *Journal of Econometrics*. — P. 1—70. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.econ.pitt.edu/sites/default/files/WP16-001.pdf>.

References

1. *Akerberg D.* Econometric Tools for Analyzing Market Outcomes / D. Akerberg, C. L. Benkard, S. Berry, A. Pakes // J. J. Heckman, E. Leamer (eds.) *Handbook of Econometrics*. Vol. 6A. (Ch. 63). — Elsevier, 2007 — P.4168—4276.

2. *Athey S.* Identification of Standard Auction Models / S. Athey, P. A. Haile // *Econometrica*. — 2002. — Vol. 70, № 6. — P. 2107—2140.

3. *Athey S.* Nonparametric Approaches to Auctions / S. Athey, P. A. Haile // J. J. Heckman, E. Leamer (eds.) *Handbook of Econometrics*. Vol. 6A. (Ch. 62). — Elsevier, 2007 — P. 4168—4276. .

4. *Berry S. T.* Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation / S. T. Berry // *RAND Journal of Economics*. — 1994. — Vol. 25, № 2. — P. 242—262.

5. *Berry S. T.* Automobile Prices in Market Equilibrium / S.T. Berry, J. Levinsohn, A. Pakes // *Econometrica*. — 1995. — Vol. 63, № 4. — P. 841—890.

6. *Bresnahan T. F.* Departures from Marginal-Cost Pricing in the American Automobile Industry: Estimates for 1977—1978 / T. F. Bresnahan // *Journal of Econometrics*. — 1981. — Vol. 17, № 2. — P. 201—227.

7. *Campo S.* Semiparametric Estimation of First—Price Auctions with Risk-Averse Bidders / S. Campo, I. M. Perrigne, and Q. H. Vuong // *The Review of Economic Studies*. — 2011. — Vol. 78, № 1. — P. 112—147.

8. *Chernozhukov V.* Estimation and Confidence Regions for Parameter Sets in Econometric Models / V. Chernozhukov, H. Hong, and E. Tamer // *Econometrica*. — 2007. — Vol. 75, №5. — P. 1243—1285.

9. *Guerre E.* Optimal Nonparametric Estimation of First—Price Auctions / E. Guerre, I. M. Perrigne and Q. H. Vuong // *Econometrica*. — 2000. — Vol. 68, № 3. — P. 525—574.

10. *Guerre E.* Nonparametric Identification of Risk Aversion in First Price Auctions Under Exclusion Restrictions / E. Guerre, I. M. Perrigne, and Q. H. Vuong // *Econometrica*. — 2009. — Vol. 77, № 4. — P. 1193—1227.

11. *Hurwicz L.* The Design of Mechanisms for Resource Allocation/ L. Hurwicz // *American Economic Review*. — 1973. — Vol. 63, № 2. — P. 1—30.

12. *Krishna V.* Auction Theory / V. Krishna. — San Diego: Academic Press, 2002. — P. 303.

13. *Luo Y.* Structural Analysis of Nonlinear Pricing / Y. Luo, I. M. Perrigne, Q. H. Vuong // RISE working Paper 14—003, 2014. — P. 1—51. [Electronic resource]. — Access Regime: file:///D:/Downloads/RISE%2014—003%20(1).pdf.

14. *McFadden D. L.* Econometric Models of Probabilistic Choice / D. L. McFadden // C. Manski, D. McFadden (eds.) *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*. — Cambridge, MA: MIT Press. — 1981. — P. 504.

15. *Milgrom, P. R.* A Theory of Auctions and Competitive Bidding / P. R. Milgrom, R. J. Weber // *Econometrica*. — 1982. — Vol. 50, № 5. — P. 1089—122.

16. *Myerson R.* Optimal Auction Design / R. Myerson // *Mathematics of Operations Research*. — Vol. 6, № 1. — 1981. — P. 58—73.

17. *Olley G. S.* The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry / G. S. Olley, A. Pakes // *Econometrica*. — 1996. — Vol. 64, № 6. — P. 1263—1298.

18. *Paarsch H. J.* Deciding Between the Common and Private Values Paradigms in Empirical Models of Auctions / Paarsch H. J. // *Journal of Econometrics*. — 1992. — Vol. 51, №1—2. — P. 191—216.

19. *Perrigne I. M.* Nonparametric Identification of a Contract Model with Adverse Selection and Moral Hazard / I.M. Perrigne, Q.H. Vuong // *Econometrica*. — 2011. — Vol. 79, № 5. — P. 1499—1539.

20. *Reiss P.* Structural Econometric Modeling: Rationales and Examples From Industrial Organization / P. Reiss, F. Wolak // J. J. Heckman, E. Leamer (eds.), *Handbook of Econometrics*. Vol. 6A. (Ch. 64). — 2007. — P. 4277—4415.

21. *Zincenko F.* Nonparametric Estimation of First—Price Auctions with Risk—Averse Bidders / F. Zincenko // University of Pittsburgh working paper, WP-16/001, 2016. — resubmitted to *Journal of Econometrics*. — P. 1—70. [Electronic resource]. — Access Regime: <http://www.econ.pitt.edu/sites/default/files/WP16-001.pdf>.

Статтю подано до редакції 26.10.2016 р.