

РОЗДІЛ 10. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІМОДЕЛІ ЧАСТКОВОЇ РІВНОВАГИ ЯК ІНСТРУМЕНТ
ДОСЛІДЖЕННЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУPARTIAL EQUILIBRIUM MODELS AS A TOOL
FOR RESEARCH OF AGRICULTURE SECTOR

УДК 330.43/338.43

Негрей М.В.к.е.н., доцент кафедри економічної
кібернетикиНаціональний університет біоресурсів
і природокористування України**Чабаненко І.С.**магістр кафедри економічної
кібернетикиНаціональний університет біоресурсів
і природокористування України

У статті розглянуто моделі часткової рівноваги, які використовуються для моделювання аграрного сектору: AGLINK-COSIMO, CAPRI, ESIM, AGMEMOD та FAPRI. Визначено вид та структуру моделей, підхід до формування баз даних та географію їх застосування. Проаналізовано проблеми реалізації моделей. Установлено, що моделі часткової рівноваги є ефективним інструментом дослідження аграрного сектору на макроекономічному рівні.

Ключові слова: аграрний сектор, модель, часткова рівновага, ринок, попит, пропозиція.

В статье рассмотрены модели частичного равновесия, которые используются для моделирования аграрного сектора: AGLINK-COSIMO, CAPRI, ESIM, AGMEMOD и FAPRI. Определены вид и структура моделей, подход к формированию баз данных и география их применения. Проанализированы

проблемы реализации моделей. Установлено, что модели частичного равновесия являются эффективным инструментом исследования аграрного сектора на макроэкономическом уровне.

Ключевые слова: аграрный сектор, модель, частичное равновесие, рынок, спрос, предложение.

The article considers the models of partial equilibrium used for modeling the agriculture sector: AGLINK-COSIMO, CAPRI, ESIM, AGMEMOD, FAPRI. The type and structure of models, the approach to the formation of databases and the geography of their application are determined. Problems of implementation of models are analyzed. It is established that partial equilibrium models are an effective tool for studying the agriculture sector at the macroeconomic level.

Key words: agriculture sector, model, partial equilibrium, market, demand, supply.

Постановка проблеми. Сучасна методологія аналізу аграрного сектору передбачає використання інструментарію економіко-математичного моделювання, що забезпечує багатоваріантні аналітичні і прогнозні розрахунки. Моделі аграрного сектору дають змогу краще розуміти різноманіття взаємозв'язків і чинників, обґрунтувати причинно-наслідкові залежності, досліджувати довгострокові ефекти прийняття тих чи інших рішень, системно розглядати процеси торгівлі як на регіональному, так і на міжнародному рівні, проводити сценарні розрахунки й оцінювати їх наслідки тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблеми аналізу та моделювання функціонування аграрного сектору присвячено праці багатьох науковців. Зокрема, аграрний сектор досліджували вітчизняні вчені С. Кваша, П. Саблук, В. Базилевич, О. Райковська та ін. [1–4]. Для аналізу аграрного сектору розроблено досить багато моделей різного типу, створені і підтримуються бази даних по багатьох країнах. Усі відомі моделі можна поділити на два типи: моделі загальної і часткової рівноваги. Принципова відмінність між двома цими типами моделей полягає у тому, що моделі загальної рівноваги розглядають усі сектори економіки, тоді як моделі часткової рівноваги зосереджені лише на одному секторі економіки.

Постановка завдання. Метою дослідження є опис та порівняння базових макроекономічних моделей часткової рівноваги, які можуть використовуватися для дослідження аграрного сектору.

Виклад основного матеріалу дослідження. Моделі часткової рівноваги – partial equilibrium model (PEM) – відображають поведінкові взаємозв'язки і чинники в одному або декількох секторах економіки, розглядаючи решту економіки як екзогенний чинник. Використання таких моделей для дослідження аграрного сектору доцільне в тому разі, коли потрібно оцінити вплив змін у секторі, не беручи до уваги наслідки та взаємодії з іншими секторами. Все частіше такі моделі також включають інші відібрані сектори, які мають тісні зв'язки з аграрним сектором або широку економіку (наприклад, конкуренція за землю). Основними моделями PEM є AGLINK-COSIMO, CAPRI, ESIM, AGMEMOD та FAPRI. Такі моделі достатньо адекватно описують об'єкт дослідження в стабільних макроекономічних умовах.

Модель AGLINK-COSIMO. Для прогнозування станів агропродовольчих ринків країнами OECD активно використовується міжнародна система економіко-математичних моделей AGLINK-COSIMO. Дана методика була затверджена в OECD у квітні 1993 р. Модель дає можливість оцінювати взаємодію між різними товарами і країнами на

світовому ринку, а також давати кількісну оцінку змінам на ринках за різних варіантів державної політики окремих країн.

AGLINK-COSIMO – це рекурсивна динамічна модель часткової рівноваги для світових ринків сільськогосподарської продукції. Сучасна модель AGLINK-COSIMO складається з 22 918 рівнянь і модулів для 39 країн і 19 регіонів. Модель дає змогу розраховувати рівноважні ціни на світових ринках для 19 видів сільськогосподарської продукції [5].

Базова модель AGLINK складається з восьми модулів для країн/регіонів OECD (Австралія, Канада, Європейський Союз-25, Японія, Корея, Мексика, Нова Зеландія і США) і чотирьох модулів для країн, що не є членами OECD (Аргентина, Бразилія, Китай і Росія). Частина моделі, що відноситься до COSIMO, складається з таких блоків: Туреччини; 23-х країн, що не входять в OECD, і 15 регіонів [5]. Група країн, які розглядаються як екзогенні для моделі AGLINK-COSIMO, включає Норвегію, Швейцарію, інші європейські і центрально-американські країни.

У моделі AGLINK-COSIMO функціональна залежність між попитом, пропозицією і цінами виражена лінійними логарифмічними рівняннями, а параметрами за змінних є коефіцієнти еластичності (прямі і перехресні). Рівняння в моделі AGLINK-COSIMO забезпечують розрахунок значень основних змінних (площі та валові збори по кожній сільськогосподарській культурі, поголів'я і валове виробництво за кожним видом тварин, обсяги виробництва переробленої продукції), баланси використання продукції (на споживання, корми, насіння, переробку, експорт -імпорт, залишки на початок і на кінець року), а також для розрахунку найважливіших показників, від яких залежить виробництво і споживання: індексів витрат виробництва, виручки з 1 га, цін, доходів населення, обмінного курсу тощо.

Під час виконання проектних робіт зі спільною моделлю AGLINK-COSIMO окремі модулі країни моделюються в AGLINK, калібруються за базовими прогнозами, отриманими від країн-учасниць, за допомогою системи річних анкет. Відповіді на анкетування потім надсилаються до бази даних, яка створюється експертами країни в секретаріаті OECD.

Модуль COSIMO використовує дані, отримані з моделі попереднього року, використовуючи оновлені дані макросередовища, політики та цін. Модулі країни AGLINK та COSIMO об'єднуються, і вся модель реалізується одночасно. Модель спочатку переглядає персонал як OECD, так і FAO, а згодом – фахівці країн у товарних робочих групах OECD. Цей процес використовує багато експертних оцінок і не залежить від автоматичних процедур. Це призводить до великих витрат

на людські ресурси та величезної кількості затраченого часу.

Модель CAPRI. CAPRI (Common Agricultural Policy Regional Impacts) – це глобальна модель аграрного сектору, розроблена в Боннському університеті, яка зосереджена на Європі [6]. CAPRI розроблена для оцінки впливу загальної сільськогосподарської та торговельної політики та політики відновлювальної енергетики на виробництво, доходи, ринки, торгівлю та навколишнє середовище – від глобального до регіонального масштабу. CAPRI охоплює близько 60 сільськогосподарських та перероблених продуктів та 80 регіонів світу, об'єднаних у 40 торговельних регіонів. Моделювання постачання в Європі відбувається більш детально (280 регіонів NUTS2, потенційно дезагрегованих у 2000 типів ферм) у моделях нелінійного програмування [6].

У моделі CAPRI європейський аграрний сектор представлено повністю (включаючи фрукти, овочі, вино), але не моделюються деякі культури (наприклад, арахіс) та лісове господарство, що мають глобальне значення. Сектор тваринництва представлений у деталях, включаючи вимоги до харчування (енергія, білки, волокна тощо). Модель не призначена для самостійної роботи, але включає зовнішню попередню інформацію разом зі статистичним аналізом бази даних його часових рядів. Дана модель порівняльно-статична і непридатна для дуже довгих сценаріїв (>2050).

Дані збираються на різних рівнях – від глобального, національного та, нарешті, регіонального (NUTS2). Процес створення бази даних розподіляється на декілька частин: глобальна база даних, яка включає зони та баланс ринку для неєвропейських регіонів; європейська база даних на національному рівні; база даних на регіональному рівні або на рівні NUTS 2, який переважно містить національні дані та включає розподіл ресурсів за видами діяльності та регіонами.

Базовим роком у CAPRI зазвичай береться період, що був три-чотири роки назад. Базова лінія проектується із цієї дати на 11 років у майбутньому. Модель CAPRI нині ґрунтується майже винятково на даних FAO та FAPRI.

Головним недоліком моделі є те, що отримані результати вимагають критичної перевірки фахівців різних ринків і країн, щоб переконатися, що цифри є надійними. У моделі CAPRI немає встановленого процесу валідації. Перевірка відбувається лише за відгуками користувачів, які повідомляють про неадекватні результати, що, безумовно, є слабким місцем моделі CAPRI.

Модель AGMEMOD. AGMEMOD (AGricultural MEmber states MODelling) – це економетрична динамічна модель часткової рівноваги, що аналізує вплив політичних сценаріїв на розвиток аграрного сектору у країнах ЄС, окремих країнах Західно-Балканського регіону (Хорватія та

Македонія), Чорноморського регіону (Україна та Росія) та Туреччині [7].

Модель AGMEMOD включає більше 30 продуктів. У цілому розмірність AGMEMOD в остаточному вигляді включає близько 900 національно-продуктових модулів. Вони включають традиційні динамічні моделі часткової рівноваги: попиту, пропозиції, ціноутворення і зовнішньоторговельних потоків. Вони визначають, як щорічно формується рівновага на специфічному продуктовому ринку, враховуючи також і ситуацію попереднього року. Модель також ураховує макроекономічні змінні, такі як населення, інфляція, ВВП на душу населення і курси обміну валют та їх екзогенні прогнози. Ціни на світові ринки, інструменти політики та макроекономічні дані визначаються за межами моделі та належать до екзогенних змінних AGMEMOD.

У рамках проекту AGMEMOD був розроблений методологічний підхід до моделювання інструментів політики – гармонізація політики – для відображення ефектів, спричинених різними політичними заходами. Гармонізація політики шляхом систематизації та гармонізації використання даних аграрної політики через моделі країн забезпечує порівняльну імплементацію політики в різних країнах, що полегшує послідовне моделювання політики на рівні ЄС.

У рамках моделювання AGMEMOD усі поведінкові, параметричні відносини оцінюються за даними історичних часових рядів. Це суттєво відрізняє модель AGMEMOD від концептуально подібних моделей, параметри яких часто калібруються.

Ураховуючи велику кількість країн та товарів, включених до моделі AGMEMOD, використовується децентралізована стратегія оцінки, яка дає змогу зробити роботу зрозумілою та більш обґрунтованою: всі рівняння країни моделі оцінюються партнером AGMEMOD, відповідальним за цю країну. Відбувається підсумування загальних критеріїв, які надані кожній національній команді AGMEMOD, що здійснюють процеси оцінки параметрів своєї країни моделі. Результати економетричного оцінювання по країні, деталізована інформація щодо специфікації та повна документація моделей країн AGMEMOD можуть бути запитані країнами безпосередньо від відповідних національних команд.

Модель FAPRI. The Food and Agricultural Policy Research Institute розробив інтегрований набір непросторових моделей часткової рівноваги для великих аграрних ринків. Поточні моделі FAPRI охоплюють світові ринки злаків, олійних культур, м'яса, молочних продуктів, бавовни та цукру. Для кожного товару найбільші країни-експортери та імпортери розглядаються окремо з іншими країнами, включеними до регіональних угруповань. У моделі представлено 61 країну. Головним напрямом досліджень є щорічне розроблення десятирічних прогнозів попиту,

пропозиції, а також інших показників для потреб громадських організацій і державних відомств.

Система моделей FAPRI може бути використана для: формування базових прогнозів для аграрного сектору та міжнародних товарних ринків; вивчення основних товарних ринків та аналізу альтернативної політики і зовнішніх чинників впливу на виробництво, споживання, сільськогосподарські ціни, доходи аграрних підприємств, торгівлю та державні витрати; визначення ефективних інструментів управління ризиками для сільськогосподарських виробників та аналізу впливу державної політики на стратегії управління ризиками.

До системи FAPRI входять такі моделі:

1. *FAPRI Crop Insurance Model* – поєднує у собі історичні дані щодо страхування сільськогосподарських культур із прогнозами національної сільськогосподарської продукції та цін, запропонованими FAPRI, для прогнозування ефективності та вартості фінансування федерального субсидування програми страхування врожаю в наступному десятилітті.

2. *FAPRI International Dairy Model* є частковою рівноважною, багаторинковою моделлю, організованою вздовж товарних ліній із країнами або регіональними модулями. Рівняння моделі можуть містити до п'яти товарів: молока, масла, сиру, нежирного сухого молока та сухого молока. Основні змінні ціни та кількості передаються між молочною моделлю та іншими моделями FAPRI для встановлення взаємодій між товарами.

3. *FAPRI/CARD International Ethanol Model* – непросторова, багатонаціональна модель світу, що складається з низки країн. Модель визначає виробництво, споживання та торгівлю етанолом між країнами. Повні моделі країн створені для США та Бразилії (у межах їх відповідних інтегрованих моделей), Канади, Китаю, ЄС-27 та Індії. Модель реалізується для пошуку репрезентативної світової ціни на етанол шляхом зрівнювання надлишкової пропозиції та надлишкового попиту між країнами.

4. *FAPRI International Grains Model* – непросторова багатонаціональна модель, яка охоплює кілька країн/регіонів та включає решту світового агрегату. Модель проектує виробництво, споживання, запаси, ціни, площу для пшениці, ячменю, кукурудзи та сорго. Вона має посилання на інші моделі в рамках FAPRI, такі як модель сільськогосподарських культур США, міжнародні бавовняна, молочна, тваринницька моделі, модель олійних культур, рису та модель цукру.

5. *FAPRI International Livestock Model* – частково рівноважна економетрична непросторова модель. У структурі моделі розглядаються біологічні процеси, пов'язані з тваринництвом та виробництвом м'яса, модель вивчає та проектує

територію, виробництво, споживання, запаси, ціни та торгівлю м'ясом.

6. *FAPRI International Oilseeds Model* – непросторова економетрична модель часткової рівноваги, яка складається з декількох країн/регіонів, включаючи сукупність решти світу та досліджує площу, виробництво, використання, запаси, ціни та торгівлю соєвими, рапсовими, соняшниковими, пальмовими та арахісовими комплексами.

7. *FAPRI International Sugar Model* – це модель, що використовується для проектування площі, виробництва, споживання, запасів, ціни та торгівлі цукру та аналізу політики. У модель включено основні країни – виробники цукру, експортери та країни-імпортери [8].

Завдяки своїй сильній політичній орієнтації FAPRI включає у себе широкий перелік положень політики в моделях. Тут можливе моделювання з урахуванням податків на експорт та імпорт, тарифів, тарифних квот, експортних субсидій, інтервенційних цін та інших інструментів внутрішньої підтримки. Відмінною рисою моделі є її деталізація і можливість оцінки впливу зовнішніх шоків, наприклад зміни клімату.

Модель ESIM. ESIM (European Simulation Model) – це порівняльна статична, частково рівноважна багатонаціональна модель аграрного сектору. Вона охоплює пропозицію та попит на сільськогосподарську продукцію, детально описуючи взаємовідносини між товарами.

Як світова модель вона включає в себе всі країни, хоча й у дуже різному ступені дезагрегації. Деякі країни явно моделюються, а інші об'єднуються в сукупності, так звана решта світу (ROW). У своїй поточній версії ESIM включає 25 членів ЄС та США, а також Західні Балкани. Усі інші країни агрегуються як ROW. Оскільки ESIM переважно покликана імітувати розвиток аграрних ринків у країнах ЄС та країнах – кандидатах на вступ до ЄС, лише ці країни моделюються. [9] Прогнози виконуються протягом 15 років після базового періоду. Модель складається з 28 зон, сільськогосподарської продукції та переважно товарів, які отримали суттєву підтримку з боку ЄС.

Модель призначена для роботи з великими країнами, де світові ціни є ендогенними. Модель також може використовуватися в режимі малих країн на основі припущення, що світові ціни є екзогенними.

ESIM – аналітична модель, у якій поведінка економічних агентів відображається за параметрами еластичності, що відображають коригування змін цін. Параметри еластичності вважаються постійними протягом періоду аналізу, а поведінку моделюють за допомогою подвійно-логарифмічних функціональних форм. Модель відображається в реальних умовах, оскільки всі

ціни та курси обміну дефлюються за допомогою індексу споживчих цін.

На додаток до визначення виробництва, споживання та нетто-торгівлі модель розраховує фінансові наслідки різних варіантів політики, основну увагу приділяючи розрахунку фінансових доходів виробників за допомогою ринкових операцій (надходжень від сільського господарства) та наслідків відшкодування експорту та компенсаційних виплат у державному бюджеті.

ESIM являє собою велику різноманітність інструментів політики, таких як спеціальні тарифи, квоти, тарифні ставки, інтервенційні та порогові ціни, експортні субсидії, субсидії на продукти, прямі виплати для зберігання землі на сільськогосподарському виробництві та виробничі квоти.

Моделі часткової рівноваги мають таку перевагу, що вони здатні забезпечити високу деталізацію продукції та є гнучкими у представленні складних інструментів аграрної політики. Основним напрямом застосування PEM є детальний аналіз сектору для конкретних продуктів, які представляють лише невелику частину діяльності цієї економіки [10; 11]. Такі моделі припускають, що політичні наслідки для решти економіки (поза межами аграрного сектору) настільки малі, що їх можна безпечно ігнорувати. На відміну від моделей часткової рівноваги моделі загальної рівноваги добре підходять для позначення різноманітних взаємодій між аграрним сектором та іншими секторами в економіці.

Висновки з проведеного дослідження. Вибір моделі аграрного сектору залежить від мети і завдань моделювання. Основними перевагами моделей часткової рівноваги є: простота реалізованих алгоритмів, робота яких достатньо легко простежується; відносна доступність необхідних даних; розрахунки піддаються адекватній економічній інтерпретації, дають можливість швидко проаналізувати наслідки прийняття того чи іншого рішення в аграрному секторі. Проте моделі часткової рівноваги не позбавлені недоліків. Зокрема, PEM не дають змоги оцінити макроекономічні ефекти, такі як зміна національного доходу чи рівня зайнятості, ефекти, які можуть бути отримані від перерозподілу ресурсів (праці, капіталу тощо) у більш ефективні сектори.

Застосування моделей часткової рівноваги дає змогу досліджувати процеси функціонування аграрного сектору, нехтуючи при цьому впливом інших секторів економіки. Відповідно, використання такого інструментарію можливе за умови слабого впливу секторальних змін на інші сектори економіки. Для вітчизняних дослідників доцільним є використання тих моделей, в яких є модуль України.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Кваша С.М., Григор'єв С.О. Сутність та особливості аграрного ринку. *Вісник Одеського національного університету*. Серія «Економіка». 2016. № 21. Вип. 8. С. 56–59.
2. Саблук П.Т. Інноваційна модель розвитку аграрного сектору економіки України та роль науки в її становленні. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку*. Серія «Економіка та менеджмент». 2016. № 9. С. 34–42.
3. Базилевич В.М. Передумови розроблення концепції розвитку АПК України. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2015. № 2. С. 135–139.
4. Райковська О. Теоретична модель регулювання інвестиційної діяльності в аграрному секторі економіки України. *Журнал європейської економіки*. 2017. № 5.2. С. 164–173.
5. Araujo Enciso S. R. Partial Stochastic Analysis with the Aglink-Cosimo Model: A Methodological Overview / Araujo Enciso, S. R., Pieralli, S., & Perez Dominguez, I. Joint Research Centre (Seville site). URL : <https://core.ac.uk/download/pdf/141667148.pdf>.
6. Adenäuer M. CAPRI versus AGLINK-COSIMO. Two partial equilibrium models-Two baseline approaches. *In 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists (EAAE)*. 2008. P. 26–29.
7. Kranjac D., Zmaić, K., & Sudarić, T. Review of partial equilibrium models for agricultural market projections and impacts of policy changes with emphasis on AGMEMOD model. *Vodice Hrvatska. Zbornik radova*. 2017. № 13. P. 140–144.
8. Banse M., Grethe H. Top down, and a little bottom up: modelling EU agricultural policy liberalization with LEITAP and ESIM. *In Contributed paper at the 11th Annual Conference on Global Economic Analysis*. Helsinki, Finland, 2017. URL : http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dn048013.pdf.
9. Philippidis G., Helming J., & Tabeau A. Model linkage between CAPRI and MAGNET: An exploratory assessment. JRC Technical Reports. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2017. URL : <https://core.ac.uk/download/pdf/84886966.pdf>.
10. Rutten M., Shutes L., & Meijerink G. Sit down at the ball game: How trade barriers make the world less food secure. 2013. № 38. P. 1–10.
11. Scenarios for modelling trade policy effects on the multifunctionality of European agriculture / Dwyer J. et al. 2017. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01594018/document>.