

МОДЕЛЬ ЗАГАЛЬНОЇ РІВНОВАГИ ТА МЕТОДИ ЇЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Київ, Україна

**Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання економіки, Київ, Україна

Анотація. Розглядається програмне забезпечення GEMPACK, створене для вирішення задач загальної рівноваги, прогнозування впливу змін в економіці, аналізу торговельної політики з метою прийняття оптимальних і ефективних рішень. Дане програмне забезпечення дає нові розширені можливості для дослідження даних та отримання результатів, які потребують дослідження в ситуаційному центрі.

Ключові слова: GEMPACK, модель загальної рівноваги, модель «витрати – випуск» В. Леонтьєва, екзогенні та ендогенні змінні, метод Йохансена, метод Ейлера, метод Gragg, метод екстраполявання, ситуаційний центр.

Аннотация. Рассматривается программное обеспечение GEMPACK, созданное для решения задач общего равновесия, прогнозирования влияния изменений в экономике, анализа торговой политики с целью принятия оптимальных и эффективных решений. Данное программное обеспечение дает новые расширенные возможности для исследования данных и получения результатов, которые требуют исследования в ситуационном центре.

Ключевые слова: GEMPACK, модель общего равновесия, модель «затраты – выпуск» В. Леонтьева, экзогенные и эндогенные переменные, метод Йохансена, метод Эйлера, метод Gragg, метод экстраполирования, ситуационный центр.

Abstract. This paper considers the software GEMPACK, which was established for solving general equilibrium problems, forecasting the effects of changes in the economy, analysis of the trade policy with the aim of optimal and effective solutions. The software provides new expanded opportunities for data re-searching and obtaining the results, which require research in the situational center.

Keywords: GEMPACK, general equilibrium model, Leontief “input-output” model, exogenous and endogenous variables, Johansen’s method, Euler’s method, Gragg’s method, midpoint method, situational center.

1. Вступ

Програмне забезпечення GEMPACK створено для вирішення задач на базі моделі загальної рівноваги, прогнозування впливу змін в економіці, аналізу торговельної політики з метою прийняття оптимальних і ефективних рішень. Дані задачі потребують обчислення у ситуаційному центрі (СЦ).

GEMPACK (General Equilibrium Modelling Package) (пакет програм для економічного моделювання загальної рівноваги в економіці) – це комплекс програмного забезпечення для економічного моделювання, що призначений для створення та вирішення моделі загальної рівноваги. Він обробляє широкий спектр економічної поведінки та містить потужні засоби для вирішення опису моделей. GEMPACK обчислює рішення економічної моделі, починаючи з алгебраїчного уявлення рівнянь моделі. Ці рівняння можна записати у вигляді лінійних рівнянь або лінеаризованих рівнянь [1]. Лінеаризація рівняння – це зведення нелінійного рівняння до лінійного типу.

GEMPACK використовується в більш ніж 90 країнах світу та поліпшується за рахунок щорічного оновлення.

Дане програмне забезпечення містить у собі ряд утиліт для обробки бази економічних даних та результатів моделювання [1]. При цьому це програмне забезпечення дозволяє вирішувати великі системи нелінійних рівнянь, рекурсивно-динамічні моделі. Можна змі-

нювати варіанти вибору ендогенних, екзогенних змінних і факторів для прогнозування кращих результатів в економіці.

Етапи проведення моделювання: опис та реалізація моделі, рішення моделі, перегляд та аналіз результатів [1]. Реалізація моделі заключається в тому, що рівняння, яке описує економічний стан за допомогою програми перетворює його в алгебраїчну форму, а це є відправною точкою для запуску моделювання. Рішення моделі показує, які файли результатів рішень були змінені та описує екзогенні, ендогенні змінні. Після чого програма обчислює рівняння для моделювання та формує результати. Отримані результати обробляються, їх можна записати у вигляді таблиці звітів, за якими зручно будувати графіки для аналізу.

Наприклад, рівняння вигляду $V = PQ$, де товар V (значення в доларах), ціна P (\$ за тону) і його кількість Q (т). Лінеаризований варіант – це $p_V = p_P + p_Q$, де p_V процентна зміна вартості долара дорівнює сумі процентної зміни p_P ціни і p_Q кількості [1].

На сьогоднішній день існують декілька рішень для моделей загальної рівноваги (CGE) різних країн. Одна з найбільш відомих моделей CGE є глобальною: Global Trade Analysis Project (GTAP) – це програмне забезпечення аналізу торгівлі. Суттєвою відмінністю цієї програми є те, що всі бази даних в ній погоджені: таблиця «витрати-випуск», еластичність, об'єми торгівлі, митні збори. При цьому система дозволяє більш точно описати економіку своєї країни, модифікувавши її під конкретні особливості.

У даній статті розглянемо методи при вирішенні задачі загальної рівноваги для аналізу впливу параметрів на зміну економічної ситуації в країні. Для цього використаємо програму GEMPACK, яка застосовується в GTAP для вирішення моделі з агрегованих даних та з декомпозицією наборів даних щодо секторів економіки та груп країн.

Задачі загальної рівноваги зручно обробляти для вирішення потреб моделювання в США. Наприклад, замовник дає завдання на проведення моделювання ситуації у вигляді: що буде в результаті, якщо буде прийняте конкретне задане рішення. Чи буде отриманий результат, який нас задовольнить? Чи необхідно приймати інше рішення? Застосовувавши сучасні інформаційні технології для моделювання, потрібно проаналізувати, при яких вхідних даних ми зможемо отримати бажаний результат.

2. Модель загальної рівноваги

Для обчислення змін в економіці у програмі GEMPACK застосовується модель загальної рівноваги (computable general equilibrium – CGE), яка використовується для побудови опису змін економічної ситуації.

CGE – економічна модель, яка використовує актуальні економічні дані та показує, як економіка може реагувати на зміну в технологіях або вплив зовнішніх факторів [2].

Загальна економічна рівновага визначається як такий стан економіки, коли всі ринки одночасно перебувають в рівновазі, а кожен суб'єкт максимізує свою цільову функцію, тобто досягає своєї власної мети [3].

Модель загальної рівноваги Л. Вальраса виходить з досконалої конкуренції, що передбачає ідеальну мобільність всіх ресурсів, повну інформованість учасників, абсолютизує стан рівноваги, але в реальній дійсності набагато частіше зустрічаються диспропорції та дисбаланси [4].

У моделі є взаємозв'язок ринків товарів, послуг, факторів виробництва за умов вільної конкуренції.

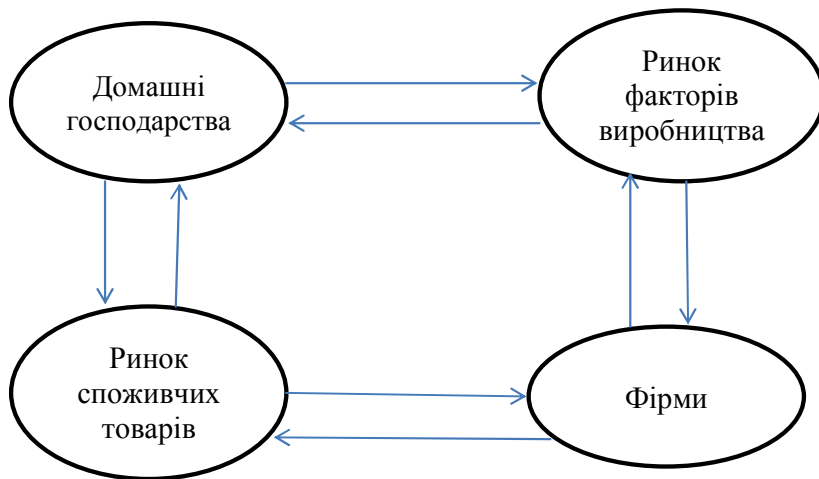


Рис. 1. Схема загальної рівноваги

На рис. 1 видно, що фірми виступають на ринку факторів як покупці й на ринку споживчих товарів як продавці. Домашні господарства – власники факторів виробництва – виступають у ролі їх продавців і водночас як покупці споживчих товарів [5]. Це є замкнутий кругообіг, де ролі покупців та продавців постійно змінюються.

Стан рівноваги ви-

значається трьома умовами:

- 1) попит і пропозиція факторів виробництва однакові, встановлюються постійні та стійкі ціни;
- 2) попит і пропозиція товарів та послуг однакові, реалізація здійснюється на основі постійних та стійких цін;
- 3) ціни товарів відповідають витратам на їх виробництво.

Умови сталої рівноваги на ринку розглядалися такими відомими вченими економістами, як А. Маршаллом і Л. Вальрасом [6].

В їхніх дослідженнях найбільш простими є лінійні моделі, що мають вигляд системи лінійних рівнянь. Типові приклади лінійних моделей: модель загальної рівноваги Вальраса, павутиноподібна модель ринку окремого товару Маршалла. Сутність динамічної лінійної моделі рівноважного ціноутворення на окремому ринку найчастіше подається у вигляді одного лінійного рівняння:

$$D_t(p_t) = S_t(P_{t-1}), \quad (1)$$

де D_t – величина попиту в період часу t за рівнем ціни P_t ;

S_t – величина пропозиції товару на ринку в період часу t за рівнем ціни минулого часового інтервалу P_{t-1} [7].

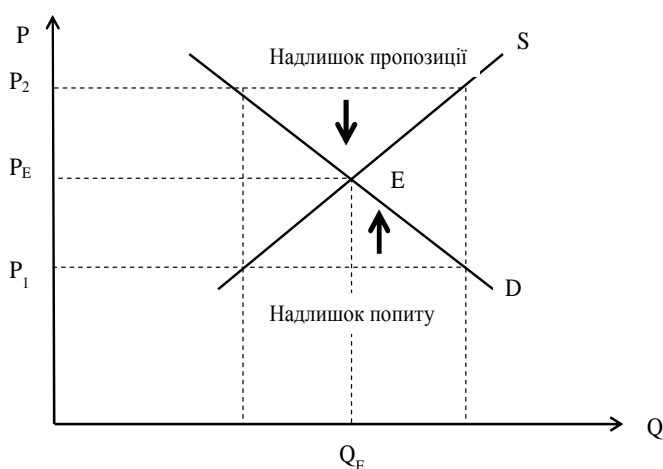


Рис. 2. Механізм формування рівноважної ціни за Л. Вальрасом (модель Л. Вальраса)

З рис. 2 [6] видно, що рівноважна ціна за моделлю Л. Вальраса базується на зміні динаміки ціни, тобто вона залежить від різниці в обсягах попиту та пропозиції. Ця модель використовується в короткостроковий період.

Якщо реальна ринкова ціна P_1 буде нижчою за рівноважну ціну P_E , то обсяг попиту Q_D буде перевищувати обсяг пропозиції Q_S . У цьому випадку буде спостерігатися надлишок попиту, який збільшить конкуренцію покупців та буде підіймати ринкову ціну вгору до рівня рівноважної ціни, до того часу, доки обсяг попиту і пропозиції урівноважаться.

Якщо ринкова ціна P_2 буде ви-

щою за рівноважну ціну P_E , то на ринку буде спостерігатися надлишок пропозиції. У цьому випадку збільшиться конкуренція продавців, яка буде зменшувати ринкову ціну вниз до рівня рівноважної ціни.

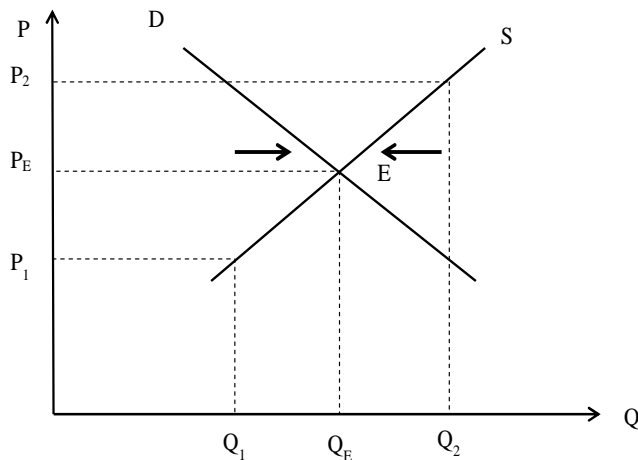


Рис. 3. Механізм формування рівноважної ціни за А. Маршаллом (модель А. Маршалла)

З рис. 3 [6] видно, що рівноважна ціна за моделлю А. Маршалла формується за допомогою зміни динаміки обсягів товару, що залежить від різниці цін попиту та пропозиції. Ця модель використовується в довгостроковий період.

Якщо обсяг пропозиції Q_1 менший рівноважного Q_E , то ціна попиту P_2 буде вище ціни пропозиції P_1 . У цьому випадку продавці будуть збільшувати обсяг пропозиції товарів на ринку. Та навпаки, якщо обсяг пропозиції Q_2 перевищує рівноважний обсяг Q_E , то ціна попиту P_1 буде менше ціни пропозиції P_2 . В цьому випадку продавці

змушені зменшити пропозицію товарів до обсягу, при якому він врівноважується з обсягом попиту і буде дорівнює рівноважному обсягу Q_E . Якщо ціна попиту збігається з ціною пропозиції, це відбувається при рівноважному обсязі.

Отже, з проведеного аналізу випливає, що якщо ринкова ціна не дорівнює рівноважній ціні, то будуть спостерігатися дії покупців та продавців до того часу та в тому напрямку, доки ринкова ціна досягне рівноважної ціни. За таким же принципом, якщо обсяг пропозиції не дорівнює рівноважному обсягу, то продавці збільшують або зменшують обсяги пропозиції до рівноважного рівня, орієнтуючись на ціну попиту, при якому буде встановлена рівноважна ціна.

Обчислювана модель загальної рівноваги (CGE) складається з:

- з рівнянь, що описують моделі змінних;
- з бази даних відповідно до рівнянь моделей.

Загальна рівновага, це така ситуація, при якій усі різноманітні ринки одночасно перебувають у стані рівноваги, тобто ціни й випуски продукції на них не змінюються.

CGE модель бази даних складається з:

1) таблиці значень транзакції, що показує, наприклад, яке значення кількості вугілля використовується в металургійній промисловості. Зазвичай, база даних представлена у вигляді таблиці введення-виведення або у вигляді матриці соціальної звітності [2]. Потоки всіх господарських операцій відбуваються в регіональній чи національній економіці. Це лежить в основі матриці уявлення національних рахунків у даній країні. При цьому вона може бути розширена, щоб включити урахування національних потоків, створених для цілих регіонів чи областей.

Кожного разу ці таблиці описують всю економіку країни (або навіть у всьому світі) і відрізняють ряд секторів, товарів, основних факторів (можливо, типів домогосподарств) [2].

Модель «витрати – випуск» відома на весь світ. За цю модель В. Леонтьєв отримав Нобелівську премію в галузі економіки.

Дана модель є методом кількісного відображення економічних зв'язків між секторами економічної системи. Її використовують для аналізу як світової, так і національної економіки, а також для економіки столиці чи окремого підприємства. Затрати – це те, що споживається у процесі виробництва. Випуск – те, що виробляється в результаті виробни-

чого процесу. Взаємозв'язки між секторами економічної системи описують набором лінійних рівнянь, які відображають баланс між затратами і випуском кожного типу товарів чи послуг за певний період часу (як правило, за рік) [8].

Міжгалузєва балансова модель В. Леонтєєва:

$$X = Y + AX, \quad (2)$$

$$\text{де } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}; \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}; \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix};$$

$X = \{x_1, \dots, x_n\}$ – вектор валового випуску продукції в натуральному вимірі (для галузей за номерами $i = (1..n)$);

$Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ – вектор продукції в натуральному вимірі, яка йде на накопичення;

AX – вектор споживання продукції галузями у вигляді добутку двох матриць;

A – квадратна матриця матеріальних витрат (технологічна матриця) розмірністю $[n : n]$;

$a_{ij} = \Delta x_i / x_j$ – елемент матриці A , який оцінює відносні значення витрат i -ої галузі в натуральному вимірі на виробництво натуральної одиниці j -ої продукції i -ої галузі. Дані для матриці A накопичуються державними статистичними організаціями у вигляді таблиць [9];

2) еластичності: безрозмірні параметри, які описують поведінкові реакції. Наприклад, еластичність попиту на експорт: на скільки зменшиться обсяг експорту, якщо експортні ціни збільшилися. Інші еластичності можуть належати до постійної еластичності заміщення класу [2].

Функція постійної еластичності заміщення чинників (функція CES) є однорідною, й еластичність заміщення чинників, тобто праці, капіталу та землі, є сталою. Функція CES застосовується у разі відсутності точної інформації щодо рівня взаємозаміни виробничих чинників, і разом з тим є підстави вважати, що цей рівень суттєво не зміниться за зміни обсягів залучених ресурсів, тобто коли технологія має властивість певної стійкості щодо певних пропорцій чинників. Функція CES (за наявності засобів оцінки її параметрів) може використовуватись для моделювання систем будь-якого рівня.

Серед них еластичність Армінгтона, еластичність заміщення між імпортованими та внутрішніми товарами у секторах з постійною економікою на масштабах виробництва. Витрати еластичності показують, як побутові потреби реагують на зміну доходу [2].

У програмі GTAP економічний добробут розглядається на основі функції корисності Кобба-Дугласа (для споживача збільшення кількості кожного з благ у товарній групі збільшує корисність даної групи) і описується еквівалентною змінною.

Формула для еквівалентної змінної (EV) у моделі GTAP:

$$EV(r) = u(r) * INC(r) / 100, \quad (3)$$

де $u(r)$ – змінна відсотка корисності регіону;

$INC(r)$ – дохід регіону r перед моделюванням [10].

Можна сказати, що моделі загальної рівноваги є корисними, коли ми хочемо оцінити вплив змін в одній частині економіки на іншу. Наприклад, податок на муку може вплинути на ціну хліба (ІСЦ), заробітну плату та зайнятість співробітників. Моделі широко використовуються для аналізу торгової політики. Моделі CGE завжди містять більше змінних, ніж рівняння, так що деякі змінні повинні бути встановлені за межами моделі, ці

змінні називаються екзогенними. Решта змінних, визначених у моделі, називаються ендогенними. [2].

3. Методи моделювання в GEMPACK

Метод Йохансена (Johansen)

Метод Йохансена визначений для вирішення отриманих результатів лінеаризованих рівнянь моделі за один раз [1]. Модель розглядається у вигляді лінійної системи. Цей метод є простим і швидким в обчисленні, але результати можуть бути недостатньо точними, за винятком впливу на модель невеликої кількості факторів.

На відміну від цього методу, інші три методи є багатоступінчасті, тому що рішення рівнянь проводиться кілька разів.

Система лінеаризованих рівнянь будь-якої моделі можна записати у вигляді

$$Cz = 0, \quad (4)$$

де $C \in n \times m$ – матриця коефіцієнтів рівнянь. Це матриця, яка тісно пов'язана з рівняннями файлу z – $m \times 1$ – вектор усіх змінних (зазвичай у вигляді процентної змінної) моделі; n – загальне число рівнянь; m – загальна кількість змінних [1].

Після того, як екзогенний / ендогенний розподіл буде проведений, система рівнянь (4) стає

$$Az_1 = -Dz_2, \quad (5)$$

де $z_1, z_2 \in n$ відповідно (колонки) вектори ендогенних і екзогенних змінних. Це $n \times n$ і $D \in n \times (m-n)$.

Матриця A називається матрицею LHS (Left Hand Side Matrix) моделювання. LHS матриця складається із стовпців матриці рівнянь, відповідних ендогенним змінним у даному представленні. Точно так стовпці матриці D є просто стовпці, що відповідають C екзогенним змінним у закритті. Фактор – це значення, яке використовується для z_2 . Після того, як вони стають відомі, ми маємо систему

$$Az_1 = b, \quad (6)$$

де RHS – вектор $b \in n \times 1$, Dz_2 – рівний вектор. Це є рішенням z_1 цього матричного рівняння (6), яке є рішенням моделювання Йохансена [1].

Багатоступінчасте моделювання та точні рішення нелінійних рівнянь

Ідея багатоступінчастого моделювання – це розбиття кожного з потрясінь (шоків, або змін параметрів) на кілька дрібніших частин. На кожному кроці вирішуються лінеаризовані рівняння для цих невеликих потрясінь.

Після кожного кроку даних акції та еластичності перераховуються з урахуванням змін з попереднього кроку. Загалом, чим більше кроків потрясіння, тим більш точним буде результат.

За допомогою рис. 4 це легко візуалізувати. На даному рисунку ми розглянемо тільки одну екзогенну змінну X (горизонтальна вісь) і одну ендогенну змінну Y (вертикальна вісь); вони змушені залишатися на кривій $g(X, Y) = 0$. Припустимо, що вони починаються з

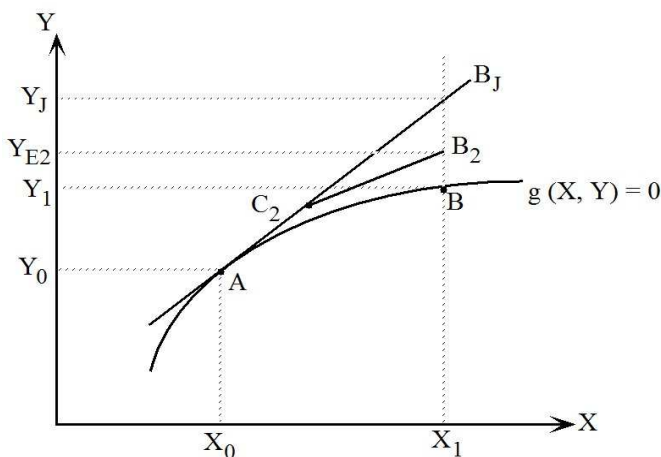


Рис. 4. Ілюстрація методу Ейлера

початкових значень X_0, Y_0 в точці A , а X від вартості X_0 до вартості X_1 . Потрібно слідувати за кривою $g(X, Y) = 0$ для вирішення цього. У Йохансена (1-крок) рішення слідує прямій лінії, яка є дотичною до кривої в точці A , щоб досягти точки B_j і так отримати рішення Y_j .

Метод Ейлера (Euler's)

У цьому методі можна використати багатоступінчасте моделювання, при рішенні якого екзогенні змінні ділять на частини. Потім рішення проводиться у кожній частині, а це призводить до помилок на кожній стадії, які є меншими, ніж розмір помилки, вироблений одним, повнорозмірним, кроком. Після цього результати, отримані на кожній стадії, об'єднуються, щоб отримати рішення більш точне, ніж на одній стадії.

У методі Ейлера потрібно рухатися у напрямку збільшення вартості на кожному кроці (дотична до кривої знаходиться у відповідній точці). У 2-ступінчастому рішенні Ейлера (рис. 4) ми спочатку перейшли на півдорозі вздовж цієї дотичної до точки C_2 та перерахували напрямком, в якому рухатися, і в кінцевому підсумку для досягнення точки B_2 , що дає рішення Y_{E2} . Точним рішенням у B , де Y має значення Y_1 . У 4-ступінчастому моделюванні Ейлера слідуємо за 4-ма прямолінійними відрізками і так далі для досягнення більшої кількості кроків.

Метод Gragg (метод за замовчуванням), який при заданому числі кроків може бути більш точним, ніж метод Ейлера. Він використовується для розрахунку напрямків, в яких потрібно рухатися на кожному кроці. Коли фактори розбиті на N частин, метод Ейлера робить N окремих розрахунків, а метод Gragg робить $N+1$. Зазвичай обчислювальна вартість цього додаткового розрахунку більша, ніж погашаються додаткові точності отриманого.

Метод екстраполювання (Midpoint)

У методі екстраполювання, коли фактори розбиті на N частин, він робить N окремих розрахунків, так само, як у методі Ейлера. На його розрахунки затрачається менше часу, ніж у методі Gragg.

Для методів Gragg і екстраполювання кількість кроків у послідовності рішень повинна бути непарною або парною. У методі Ейлера кількість кроків у послідовності рішень може бути парною та непарною одночасно.

Програма GEMPACK екстраполює методи вирішення, що видають помилку, пов'язану з кожною змінною. Для отримання більш точних результатів потрібно розділити потрясіння на дві рівні частини та замінити довше моделювання з 8-16-24 кроків на два коротших. Можна промоделювати одну частину за допомогою 4-8-12 кроків, яка буде відправною точкою для іншого моделювання. Для обчислення другої частини використаємо ту саму кількість кроків. У програмі ці операції описують, кажучи, що обчислення було розбите на два підінтервали. Якщо в якомусь одному підінтервалі здається, що рішення є не достатньо точними, наприклад, в першому, то ми можемо цей підінтервал ще розбити на дві рівні частини зі своїм власним обчисленням. Тоді другий підінтервал буде у два рази більшим. Цю операцію з розбиттям неточного підінтервалу можна проводити до того часу, доки рішення не будуть задовольняти умовам.

З використанням програми GTAP проаналізуємо, який з чотирьох методів є найефективнішим, за трьома критеріями:

- достовірність інформації, наскільки вірними є отримані результати змінних та даних;
- тривалість обробки інформації, за який час програма обчислить рівняння моделей та будуть готові результати;
- кількість факторів, які впливають на модель.

Наприкінці моделювання і в кінці кожного підперіоду можна визначити, з якою точністю були отримані результати. Існує одна сумарна точність для змінних, інша для точ-

ності даних у файлі. Точність обчислень у програмі GTAP вимірюється від 1 до 10 (10 є точно і 1 дуже неточно). Якщо точність є вкрай низькою, то це мало ймовірно, що результати моделювання будуть правильними. В цьому випадку краще переглянути умови, які використовувалися, щоб досягти більш точних результатів. Одним із способів підвищення точності є збільшення кількості кроків.

Тривалість обробки даних може зайняти від декількох секунд до декількох годин.

Для аналізу методів у програмі GTAP сформулювали дві бази даних (БД), в яких було обрано:

- 1) 11 країн та 10 секторів (БД1);
- 2) 11 країн та 15 секторів (БД2).

У програмі GTAP отримуємо рішення моделей, що містять у собі 37 аналогічних факторів для наших двох баз даних.

Аналіз результатів дослідження

Таблиця 1. База даних 1 з числом кроків 1 та 2

Число кроків	Метод Йохансена	Метод Ейлера		Метод Gragg		Метод екстраполювання	
	1	1	2	1	2	1	2
Кількість кроків у вирішенні		2	2 4	2	2 4	2	2 4
Тривалість	3,9	4	4,3	4	4,8	3,9	4,5

Таблиця 2. База даних 2 з числом кроків 1 та 2

Число кроків	Метод Йохансена	Метод Ейлера		Метод Gragg		Метод екстраполювання	
	1	1	2	1	2	1	2
Кількість кроків у вирішенні		2	2 4	2	2 4	2	2 4
Тривалість	4,5	4,8	5,4	4,8	6	4,5	5,4

Якщо число кроків дорівнює 1 або 2, то за допомогою цих методів не можна визначити, який є більш точним. Програма показує точність у тому випадку, коли число кроків дорівнює 3.

Відповідно до отриманих результатів з таблиць 1 та 2 видно, якщо число кроків дорівнює 1 та кількість факторів однакова, то найменше часу для рішення моделей затрачають методи Йохансена та екстраполювання для обробки БД1 – 3,9 с, а БД2 – 4,5 с. Якщо число кроків дорівнює 2, то найменше часу затрачає метод Ейлера у БД1 – 4,3 с, та однаково часу затрачають методи Ейлера та екстраполювання у БД2 – 5,4 с.

Відповідно до отриманих результатів з табл. 3 та 4 видно, якщо число кроків дорівнює 3 та кількість факторів у базах даних аналогічна, то найменше часу затрачає метод Ейлера. В деяких випадках метод Ейлера та екстраполювання затрачають однакову кількість часу за такою кількістю кроків:

- 1) у БД1 при 3-5-7 кроків=5,4 с; 3-9-27 кроків=6,9 с; 12-144-576 кроків=49,5 с.
- 2) у БД2 при 2-4-6 кроків=6,3 с; 3-5-7 кроків=6,6 с; 3-9-27 кроків=9 с.

За тривалістю обробки інформації найкращі результати спостерігаються в методі Ейлера, тому що він є найшвидшим у обчисленні рівнянь моделі.

Кількість факторів, які впливають на модель, аналогічна у двох базах даних для всіх методів.

Таблиця 3. База даних 1 з числом кроків 3

Число кроків	Кількість кроків у вирішенні	Метод Ейлера			Метод Gragg			Метод екстраполювання		
		Тривалість (секунд)	Достовірність		Тривалість (секунд)	Достовірність		Тривалість (секунд)	Достовірність	
			змінних	даних		змінних	даних		змінних	даних
3	2-4-6	5,1	8	9	5,4	9	9	5,4	9	9
	3-5-7	5,4	8	8	5,7	9	10	5,4	9	9
	3-9-27	6,9	8	8	7,2	9	10	6,9	9	10
	9-81-243	24,6	9	9	25,5	9	10	25,2	9	10
	12-144-576	49,5	9	8	49,8	9	9	49,5	9	9
	25-225-775	66,9	9	7	69	9	9	69	9	9
	100-500-900	96,6	9	7	100,2	9	8	99,3	9	8

Таблиця 4. База даних 2 з числом кроків 3

Число кроків	Кількість кроків у вирішенні	Метод Ейлера			Метод Gragg			Метод екстраполювання		
		Тривалість (секунд)	Достовірність		Тривалість (секунд)	Достовірність		Тривалість (секунд)	Достовірність	
			змінних	даних		змінних	даних		змінних	даних
3	2-4-6	6,3	8	8	6,6	9	9	6,3	9	9
	3-5-7	6,6	8	8	7,2	9	10	6,6	9	9
	3-9-27	9	8	8	9,6	9	10	9	9	10
	9-81-243	40,5	9	9	41,7	9	10	41,4	9	10
	12-144-576	83,1	9	8	85,2	9	9	84,6	9	9
	25-225-775	113,7	9	7	118,2	9	8	116,4	9	8
	100-500-900	165,9	9	7	168	9	8	167,1	9	8

Достовірність змінних, яка розглядається від 1 до 10, при тій самій кількості кроків у вирішенні однакова для БД1 та БД2. Але при цьому точність змінних відрізняється у методах: при кількості кроків 2-4-6, 3-5-7, 3-9-27 у методі Ейлера дорівнює 8 з 10, а в методах Gragg і екстраполяції дорівнює 9 з 10. При іншій кількості кроків у вирішенні точність у методах рівна 9.

Достовірність даних за трьома методами, максимальна при кількості кроків 9-81-243, для метода Ейлера складає 9 з 10, а для методів Gragg і екстраполяції – 10 з 10, це показано на рис. 5 та 6. В БД1 спостерігається, що точність при кількості кроків 2-4-6 для всіх методів є однаковою та рівною 9. А в БД 2 при тій самій кількості кроків 2-4-6 результати точності відрізняються: метод Ейлера – 8 з 10, методи Gragg і екстраполяції – 9 з 10. Також у методах Gragg і екстраполяції при кількості кроків 25-225-775 у БД2 спостерігається менша точність (8 з 10), ніж у БД1 (9 з 10). Підвівши підсумок, можна сказати, що чим більша база даних, тим точність обробки інформації в ній зменшується.

Достовірність даних та змінних при кількості кроків 9-81-243 є найкращою для всіх методів. При більш великій кількості кроків достовірність змінних залишається високою, але достовірність даних зменшується, це видно на рис. 5 та 6.

В даному випадку метод Gragg є більш точним, ніж інші.

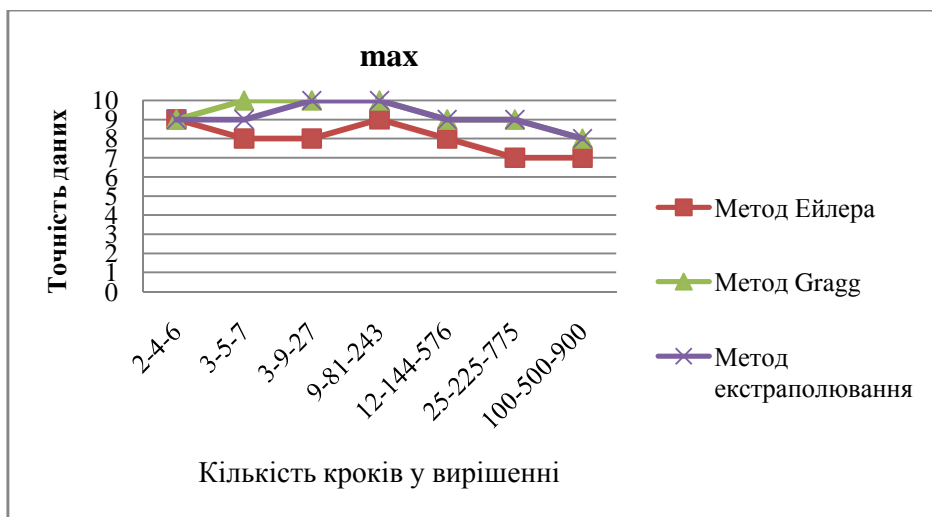


Рис. 5. Точність даних в БД1

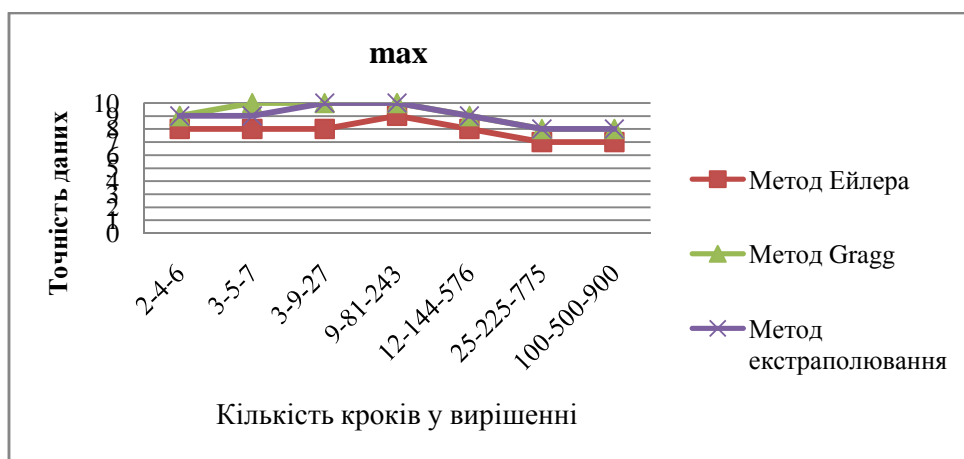


Рис. 6. Точність даних в БД2

4. Висновки

Отже, провівши дослідження за допомогою двох баз даних з використанням 37 аналогічних факторів для чотирьох методів програми GTAP, призначених для вирішення задач загальної рівноваги, можна зробити висновок, що за трьома критеріями: достовірність даних, тривалість обробки та кількість факторів перевагу має метод Ейлера. Він є більш швидким у використанні для обчислення рівнянь моделі, а достовірність даних та змінних при обробці інформації є достатньо високою. У даному методі кількість кроків у послідовності рішень може бути парною та непарною одночасно на відміну методів Gragg та екстраполювання. Достовірність даних та змінних при кількості кроків 9-81-243 є найкращою для всіх методів. Адаже при більш великій кількості кроків достовірність змінних залишається високою, а достовірність даних зменшується. Підводячи підсумки, можна сказати, що з ростом розміру бази даних точність обробки інформації в ній зменшується.

У подальшому, при проведенні детальних досліджень впливу факторів для аналізу металургійної галузі, буде використаний метод Ейлера, адже дане питання є актуальною проблемою на сьогоднішньому етапі економічного розвитку. Найефективніше застосовувати дану програму у ситуаційному центрі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. GEMPACK manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.copsmodels.com/gpmanual.htm>.
2. Computable general equilibrium [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Computable_general_equilibrium.
3. Гальперин В.М. Микроэкономика: учебник / Гальперин В.М., Игнатьев С.М., Моргунов В.И.; под. ред. В.М. Гальперина. – СПб.: Экономическая школа, 1999. – Т. 2. – 494 с.
4. Основні підходи до обґрунтування ринкової рівноваги [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua-referat.com>
5. Історія економічних вчень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://subject.com.ua/economic/mazurok/209.html>.
6. Яким чином встановлюється ринкова рівновага за А. Маршаллом і Л. Вальрасом? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://studopedia.org/9-163572.html>.
7. Савченко Т.Г. Класифікація моделей економічної рівноваги / Т.Г. Савченко, О.С. Качасв // Вісник Української академії банківської справи. – 2009. – № 2. – С. 22 – 30
8. Леонтьєва В. Модель «затрати-випуск» [Електронний ресурс] / В. Леонтьєва. – Режим доступу: <http://pidruchniki.com/1800010239981/politekonomiya>.
9. Міжгалузева балансова модель [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/monograf/45/31.pdf>.
10. Шамборовський Г.О. Прогнозна оцінка соціально-економічних наслідків лібералізації торгівлі між Україною та Європейським Союзом / Г.О. Шамборовський // Схід : Аналітично-інформаційний журнал. – 2006. – № 2. – С. 5 – 11.

Стаття надійшла до редакції 29.07.2015