



**Економіко-математичні
методи і моделі
прогнозування**

Скрипниченко М.І., канд. екон. наук
Інститут економічного прогнозування НАН України

**ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ
МІЖКРАЇННИХ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ**

Розглянуто методологічні підходи та особливості конструювання міжкраїнних моделей, представлено варіанти інтегрованих міжкраїнних моделей економічного розвитку¹: міжнародний Проект LINK, загальна характеристика системи об'єднаних національних моделей розвинутих країн та країн з трансформаційною економікою.

Трансформаційні процеси, що відбуваються в економіці України протягом останніх десятиріч, вимагають удосконалення і пошуку нових шляхів та інструментів економічного регулювання. Для підвищення наукової обґрунтованості середньо- та довгострокових прогнозів провідне місце мають зайняти міжсекторний та міжкраїнний економіко-математичний аналіз у напрямку дослідження тривалих, стійких тенденцій динаміки макроекономічних показників у розвинутих країнах світу, їх порівняння з рухом цих показників в економіках, що розвиваються, і відповідна розробка міжкраїнних моделей економічного розвитку та інтеграційної взаємодії. Згідно з цим, метою даної статті є аналіз сучасних методологічних підходів щодо формування об'єднаних міжкраїнних моделей оцінки загальних перспектив ефективного розвитку.

Методологічні підходи та особливості побудови міжкраїнних моделей. Завдання міжкраїнного економіко-математичного аналізу полягають у визначенні загальних властивостей і тенденцій розвитку економічних процесів по країнах, дослідженні особливостей кожної країни і відмінностей між національними економіками. Відповідно міжкраїнні моделі слід віднести до класу комплексних казуальних економіко-математичних моделей аналізу та оцінки загальних економічних характеристик динамічного розвитку по

¹ *Міжкраїнні моделі економічного розвитку* – комплексні інтегровані національні економіко-математичні моделі певних країн, що характеризуються загальними закономірностями економічної динаміки та об'єднуються з метою аналітичної оцінки перспектив розвитку на основі взаємовигідної економічної політики через змінні зовнішніх потоків (товарів і послуг, капіталу, трудових ресурсів, тощо).



окремих країнах або групах країн, що досліджуються. Виявлення суттєвих закономірностей розвитку по зазначених групах країн відбувається на основі факторного аналізу стійких загальних тенденцій у процесі економічного розвитку згідно з даними національної статистики. У сучасних економічних моделях факторний аналіз найчастіше здійснюється через дослідження чинників з боку пропозиції, пов'язаних зі збільшенням обсягу необхідних ресурсів та підвищенням ефективності їх використання, і з боку попиту, що обумовлюється поведінкою та характером відносин між економічними агентами, а також розвитком системи соціальних інститутів. У трансформаційних економіках схожість у розвитку таких відносно універсальних продуктивних факторів як зміна технологій, рівень освіти і кваліфікація трудових ресурсів, забезпечення сировинними ресурсами, природнокліматичні умови та ін. призводить до наявності загальних тенденцій в економічній динаміці, зокрема у змінах ВВП та його агрегатних складових, структурних зрушеннях і міжсекторних взаємозв'язках, хоча й залежить від потенціалу довгострокового розвитку, інтенсивності та ефективності проведення економічних реформ в окремих країнах. Найвідоміші методологічні підходи щодо виявлення спільності і відмінностей закономірностей розвитку економічних процесів у зазначених групах країн при вивченні їх за конкретними статистичними даними зводяться до динамічної оцінки близькості абсолютного значення показників, що аналізуються по країнах, а також вивчення рівня і динаміки відповідних економічних характеристик [1].

Практичні модельні розрахунки показують, що для більшості структурних показників є характерною схожість тенденцій їх динаміки в різних країнах, при цьому чітко простежуються деякі універсальні загальні тенденції їх зміни у період прискорення зростання та підвищення рівня економічного розвитку. При цьому в багатьох випадках має місце суттєвий розрив в абсолютних значеннях цих показників, у тому числі і в країнах, близьких за ключовими індикаторами та економічними характеристиками розвитку. Відмінність у рівні показників, що досліджуються по країнах, може бути пов'язана також із статистичними похибками при обробці та приведенні до порівнянного вигляду економічної інформації по визначених групах країн.

При розробці міжкраїнних моделей особлива увага має бути приділена, з одного боку, виявленню і кількісному опису загальних по країнах тенденцій динаміки економічних показників, що підлягають формалізації, з іншого – математичній оцінці розвитку національних тенденцій. При цьому визначення подібних і усереднених тенденцій є базою для оцінки і прогнозування відхилень та економіко-статистичного аналізу динаміки макроекономічних індикаторів у кожній конкретній країні із групи країн, що досліджуються.

Виділення системоутворюючих чинників національних економік та оцінка взаємозв'язків між ними необхідні як для побудови національної



моделі, так і об'єднання моделей за групами країн в інтегровану міжкраїнну модель. Групи країн, що досліджуються для об'єднання їх у загальну модель, можуть бути різними за рівнем економічного розвитку: розвинуті країни; країни, що розвиваються; трансформаційні економіки. Тому у процесі факторного аналізу слід виділити дві стадії: *перша* – дослідження чинників розвитку та формалізація їх взаємозалежностей з елементами економічної системи кожної країни; *друга* – виявлення факторів, за допомогою яких будуватимуться взаємозв'язки між національними економіками. На національному рівні структура моделей складається із макроекономічних факторів, що впливають на розвиток системи з боку попиту і пропозиції та формують передумови сталого економічного зростання. Інтеграція моделей потребує визначення факторів, які є спільними і поєднують національні економіки, тобто факторна змінна одної національної моделі має бути, за змістом відповідною модифікованою змінною іншої моделі. До таких чинників можна віднести міжкраїнні потоки товарів і послуг, трудових і фінансових ресурсів. Традиційно як інтегровані фактори у міжкраїнному модельному аналізі використовуються змінні експорту та імпорту національних економік та їх комбінації за товарними групами по кожній парі країн, що розглядаються. У цьому аспекті виникають проблеми щодо чіткого визначення того чи іншого фактора та його інформаційного наповнення в моделях та інших кількісних розрахунках через конкретні статистичні показники, які представлені у національній статистиці, а також порівнянності відповідних статистичних показників за національними економіками даної регіональної групи. Так, теоретично експорт з однієї країни в іншу, визначений, наприклад, у доларах США, має кількісно збігатися з відповідним показником імпорту другої країни з першої (також у доларах США). Однак на практиці відповідні показники експорту однієї країни та імпорту іншої значно відрізняються, що об'єктивно пов'язано із особливостями національного рахівництва, тому опрацювання порівнянності зазначених змінних зовнішньої торгівлі між кожною парою країн досліджуваної групи потребує значних зусиль. Це стосується також і структурних складових експорту та імпорту, зміни яких можуть бути відображені та кількісно оцінені через відповідні статистичні показники шляхом факторного аналізу, а також поєднання регресійного аналізу з методами багатомірної статистичної класифікації.

Як свідчить міжнародний досвід, у міжкраїнному модельному аналізі математичну основу складає побудова економетричних моделей на базі динамічних рядів або перехресних вибірок економічних показників за статистичними показниками кожної країни. Оцінка параметрів регресійних рівнянь, як правило, здійснюється за даними національної статистики відповідно до досліджуваної ретроспективної динаміки змінних, хоча в окремих випадках (через брак необхідної статистичної інформації) допускається використання



усереднених даних за певні періоди часу. При побудові міжкраїнних моделей на основі виборок за даними національної статистики кожної країни виникають специфічні проблеми, найважливішими з яких слід вважати: стійкість розрахованих динамічних залежностей і співвідношень за перехресними вибірками, врахування особливостей розвитку національної макроекономічної ситуації по досліджуваних країнах, можливі відхилення відповідних економічних змінних у національних моделях від усереднених міжкраїнних тенденцій [2, 3].

Виходячи із актуальності та важливості цілеспрямованих міжкраїнних досліджень нижче розглянуто загальні методологічні аспекти конструювання інтегрованих міжкраїнних моделей, представлено варіанти об'єднаних міжкраїнних моделей прогнозування економічного розвитку: міжнародний Проект LINK, загальна характеристика системи інтегрованих моделей розвинутих країн, економік Польщі та України.

Міжнародний Проект LINK – синтез економічних моделей країн світу. Проект LINK – всесвітня наукова організація при ООН, яка узагальнює і координує дослідження у напрямі аналізу і прогнозування економічного розвитку країн світу на макроекономічному рівні. Діяльність Проекту LINK зосереджено на таких напрямках: аналіз і прогнозування розвитку світової економіки через якісну і кількісну оцінку змін у міжнародній економічній політиці, міжнародній торгівлі, а також шоків впливів у національному та світовому масштабах; поліпшення розуміння глобальної економічної взаємозалежності і детермінантів економічного розвитку, індустріалізації і пост-індустріалізації в розвинутих країнах і країнах, що розвиваються; допомога учасникам Проекту, міжнародним агенціям і міжнародним економічним центрам досліджень щодо удосконалення методології економічного аналізу та оцінки наслідків запроваджених напрямків економічної політики, виконання кількісної оцінки загальних економічних взаємозалежностей; оцінка глобальних економічних наслідків національних і міжнародних ініціатив економічної політики; просування академічних досліджень у сферах міжнародної економіки і економічного розвитку, економіко-математичного і економетричного моделювання. Особлива увага приділяється аналізу валового внутрішнього продукту (ВВП) і національного доходу, структурних змін, ринків праці, капіталу, інфляційних процесів, бюджетної, грошово-кредитної політики, зовнішньої торгівлі, а також специфічних особливостей розвитку окремих регіонів.

Історія Проекту LINK розпочалася у 1968 р., коли у м. Філадельфія (США) на базі Пенсільванського університету було сформовано групу всесвітньовідомих учених-економістів під керівництвом лауреата Нобелівської премії професора Л.Клейна (Lawrence Klein) для проведення міжнародних економічних досліджень. Метою нау-



ково-дослідницьких робіт групи було об'єднання економіко-математичних моделей різних країн на основі квартальних та річних даних в економетричні моделі регіонів та загально світову модель LINK – комплексну модель ланцюгових взаємозв'язків міжнародної торгівлі у вигляді торговельних матриць, рядки яких відповідають експорту i -ї держави в j -у, а стовпчики – імпорту i -ї держави з j -ї. Центральною модельною умовою визначається збалансування міжнародних торговельних потоків, тобто загальна сума світового експорту має дорівнювати загальній сумі світового імпорту як по торгівлі в цілому, так і по окремих товарах. При цьому показники світової торгівлі вимірюються в однакових одиницях (наприклад, у доларах США).

Основна стратегія досліджень Проекту LINK на цей час полягає в узгодженні та взаємоув'язуванні національних економетричних макромоделей за регіонами світу, аналізі міжнародних механізмів перерозподілу, які працюють через торговельні потоки, цінові коригування, рух капіталу, ставки проценту, обмінні курси, трансфер технологій і глобальні товарні ринки, а також у контролі за функціонуванням глобальної системи моделей. Визначальна проблематика діяльності Проекту пов'язана із середньо- та довгостроковими перспективами розвитку світової економіки. Результати економічних досліджень за Проектом LINK використовуються національними урядовими структурами, міжнародними економічними агенціями та приватними дослідницькими організаціями [4].

У більшості національних і регіональних моделей, що входять до складу Проекту LINK, експортні та імпортні ціни розглядаються як ендогенні величини, виходячи з внутрішніх витрат, попиту на імпорт, рівня конкурентоспроможності країни на світовому ринку. У деяких агрегованих національних макроекономічних моделях вони представлені як екзогенні величини або визначаються через функції ендогенних та екзогенних змінних. Проте у цілому система моделей LINK має дотримуватися саме ендогенного підходу щодо визначення експортних та імпортних цін, оскільки на світовому рівні як експорт, так і імпорт є ендогенними змінними, хоча практично для рівня окремої країни чи регіону повністю ендогенна формалізація цінових змінних є майже неможливою.

Для визначення експортних й імпортних цін у LINK використовується поняття матриці світової торгівлі. Якщо позначити через $Z = (z_{ij})$ квадратну таблицю, що відображає експорт з країни i (рядок) в країну j (стовпець), то матрицю структури торговельних потоків можна отримати внаслідок ділення відповідних елементів цієї таблиці на імпорт країни j : $A = (a_{ij}) = (z_{ij}/Z_{.j})$, де

$$Z_{.j} = \sum_{i=1}^n z_{ij} .$$
 Нехай X – вектор-стовпець експорту; M – вектор-стовпець імпорту.

Відповідні ціни позначимо через PX і PM [див. 4; 5]. За визначенням, можна записати співвідношення між експортом та імпортом як

$$X = AM. \quad (1)$$

Оскільки сума по кожному стовпцю матриці A , згідно з побудовою, дорівнює одиниці, розрахунок X з рівняння (1) забезпечує для світової торгівлі справедливість тотожності



$$\sum_{i=1}^n X_i = \sum_{i=1}^n M_i, \quad (2)$$

тобто світовий експорт дорівнює світовому імпорту, причому як для торгівлі в цілому, так і для окремих видів товарів. Показники X_i і M_i повинні вимірюватися в однакових одиницях (наприклад, у доларах США за постійними цінами) і бути ідентичними (наприклад, відповідати цінам *fob*). З рівнянням (2) пов'язана тотожність

$$(PX) \cdot X = (PM) \cdot M, \quad (3)$$

яка показує, що номінальна (в доларах США) вартість світового експорту дорівнює номінальній (в доларах США) вартості світового імпорту. Підставляючи (1) у (3), отримуємо $(PX) \cdot AM = (PM) \cdot M$, звідки почленно знаходимо

$$\sum_i (PX)_i A_{ij} = (PM)_j, j = 1, \dots, n. \quad (4)$$

Рівняння (1) і (4) – два основні співвідношення для перетворення цін експорту й імпорту на світовому рівні в ендогенні величини. Можна назвати (4) задачею рядків чи перетворенням, в якому рядки матриці A використовуються як ваги для об'єднання ендогенно отриманих у національних моделях обсягів імпорту і перетворення їх в обсяги експорту:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} M_j, i = 1, \dots, n. \quad (5)$$

У рівнянні (5) i -й рядок матриці A використано для перетворення вектора M в i -й елемент X . Відповідно (5) можна назвати задачею стовпців чи перетворенням, в якому стовпці матриці A використовуються як важелі для об'єднання ендогенно отриманих у національних моделях експортних цін і перетворення їх в імпортні. Ці перетворення мають змістовний характер і забезпечують справедливість балансових тотожностей світової торгівлі як у поточних, так і постійних цінах.

У матриці A діагональні елементи дорівнюють нулю, інші елементи відображають торговельні взаємовідносини між країнами досліджуваного регіону. У запропонованому підході для спрощення модельних розрахунків припускається, що структура матриці A не змінюється у часі. Тому подальші дослідження за системою моделей LINK при проектуванні структури матриці A присвячені спробам надання динамічного характеру її елементам. Питання відображення структурних змін торговельних потоків є ідентичним проблемі відображення технологічних змін при аналізі таблиць "витрати-випуск".

Для розв'язання системи LINK застосовується стандартна процедура, що забезпечує постійне виконання обмежень за рівняннями експорту-імпорту у світовій торгівлі [див. 4; 5]. У розвитку системи моделей LINK суттєве значення мають товарні моделі, які дозволяють визначити ціни на окремі види сировини, що займають велику питому вагу у світовій торгівлі. Відповідно до



цього, за підходом ендogenous формування експортних цін в індивідуальних національних моделях LINK їх визначення на основі внутрішніх витрат і обмежень за виробничими потужностями не завжди доцільно використовувати в прогностичних оцінках зовнішньої торгівлі. У багатьох випадках країни вимушені дотримуватися світових ринкових цін на основні види зерна, тропічні харчові продукти, волокна, метали та іншу промислову сировину, які разом із фактором світового попиту детермінують доходи від експорту.

Більшість національних моделей Проекту LINK побудовано за щорічними спостереженнями як традиційні макроекономічні моделі відкритої економіки, що використовуються для оцінки тенденцій середньострокового росту. Найважливіший міжнародні коригування працюють через моделювання торговельних потоків і цін. Міжнародні грошово-кредитні коригування забезпечуються насамперед через обмінні курси. Основні двосторонні валютні курси моделюються ендogenous як функції від процентної ставки, диференційованих рівнів інфляції і накопиченого багатства. Важливі міжнародні товарні ринки (типу нафти) також аналізуються в окремих підмодулях, де оцінюються обсяги продаж і цінові параметри в країнах споживачів і виробників. Сучасна система моделей LINK майже повністю охоплює світову економічну діяльність. Проте об'єднана система моделей продовжує розширюватися, зокрема у процесі розробки – подальше розукрупнення двосторонньої торгівлі за позиціями основних категорій класифікації товарів.

Як постійний представник у Проекті LINK від України у 1992 р. зареєстрований директор Інституту економічного прогнозування НАН України академік НАН України В.М.Геєць, відомий вчений-економіст, який очолює напрямок досліджень в Україні на рівні, що відповідає основним цілям і завданням Проекту LINK. Із республік колишнього СРСР в цьому Проекті представлені країни Балтії, Росія та Україна.

З 1994 р. Україна двічі на рік представляє звіт-доповідь "Середньострокові перспективи розвитку економіки України", в якій відповідно до періоду наводиться аналіз та оцінка середньострокової динаміки ключових макроіндикаторів і пропозиції щодо шляхів та інструментів економічної державної політики, спрямованої на стабільне економічне зростання. Серед них: загальні напрями і тенденції розвитку економіки в поточному періоді, припущення і умови прогнозу щодо економічної політики держави та розвитку міжнародної ситуації згідно з оптимістичним, імовірним, песимістичним сценаріями, середньостроковий прогноз економічного і соціального розвитку України на період до 2010 р., напрями удосконалення економічної політики щодо забезпечення перспектив росту економіки України – механізми реалізації та інструменти, шляхи забезпечення, очікувані результати прогностичного періоду, економічні ризики та можливі ускладнення [6, 7].



З 1996 р. агрегована модель розвитку економіки України є інтегрованою у систему LINK. Змінними економічної політики в моделі визначаються: кінцеві споживчі витрати, валове нагромадження основного капіталу, ставки окремих податків, експорт, імпорт товарів і послуг, а також процентні ставки, індекс інфляції, індекси цін агрегованих макропоказників. Модель орієнтована на оцінку потенціалу економічного зростання за одночасного ітераційного наближення до збереження головних макроекономічних пропорцій. Реально взаємодія блоків моделі виявляється у побудові та узгодженні основних показників платіжного і монетарного балансів, системи національних рахунків (СНР) та балансу бюджету [8]. Згідно з універсальною методологією об'єднання національних моделей у Проекті LINK, модель економіки України інтегрована в систему моделей світової економіки через потоки загального експорту та імпорту товарів і послуг, а також експортно-імпортні товарні потоки України у розрізі основних узагальнених товарних груп за міжнародною стандартною торговою класифікацією *SITC (Standart International Trade Classification)*: (0–1) – харчові продукти та сільськогосподарські товари, (2+4) – сировина за винятком палива, (3) – мінеральне паливо і пально-мастильні матеріали, (5–9) – промислові товари.

Подальшим розвитком агрегованої секторальної моделі економіки України стала розробка моделі торговельної політики щодо оцінки наслідків тарифних змін у зовнішній торгівлі України. Модель розроблена як аналітичний інструментарій, що дозволяє у режимі імітаційного експерименту реалізувати різні сценарії і відслідковувати вплив екзогенних та управляючих змінних на макроекономічні показники [9]. У моделі передбачено можливість оцінки впливу різних варіантів тарифного регулювання, курсової та антиінфляційної політики на зовнішньоторговельний оборот і макроіндикатори економічного розвитку – дохід, споживання, інвестиції, зайнятість, бюджет. Зовнішньоторговельний оборот України розглядається у розрізі основних географічних напрямків (крани СНД і Балтії, країни ЄС, інші країни світу) та виділених груп товарів (продовольчі товари і сировина для їх виробництва; продукція паливно-енергетичного комплексу; продукція хімічної і пов'язаних з нею галузей промисловості; деревина та вироби з неї; чорні, кольорові метали і вироби з них; машини і обладнання; різне).

Система міжкраїнних моделей BRSU: "Німеччина – Росія – Україна – Швейцарія". Мета міжнародного проекту розробки системи макроекономічних моделей для аналізу трансформаційних процесів у Росії та Україні у взаємозв'язку з економічним розвитком Швейцарії і Німеччини полягала у тому, щоб ідентифікувати стратегії щодо сприяння економічному розвитку в країнах перехідного періоду та симульативної оцінки перспектив торговельних зв'язків між Східною і Західною Європою на період до 2005 року.



Відповідно до цієї мети були розроблені та об'єднані з центральною макромоделлю економіки Німеччини макроекономічні моделі для Росії, України і Швейцарії. Методологічні підходи та уніфіковані режими функціонування цих моделей дозволили здійснити економіко-математичний аналіз перехідних процесів у Росії та в Україні, що склало базову розробку для моделювання, яка використовувалась для наукових експериментів адаптації стратегій ефективного розвитку щодо відновлення економічного зростання та знайшла практичне застосування в численних пропозиціях і рекомендаціях для органів виконавчої влади України.

Дані економічного аналізу свідчать, що трансформаційні процеси, які відбувалися в Росії та Україні протягом перехідного періоду, тісно пов'язані із західними економіками. Тому було запропоновано логічне припущення щодо розповсюдження позитивних ефектів ринкової економіки із Заходу на Схід через розвиток міжнародної торгівлі. Згідно з цим за розробленими уніфікованими режимами системи макроекономічних моделей для Західних і Східних країн досліджувався розвиток макроекономічної ситуації за альтернативними сценаріями процесів переходу до ринкової економіки. Головним результатом науково-дослідницької діяльності була конструкція макроекономічних моделей та інформаційних баз даних для економік Німеччини, Швейцарії, Росії й України і об'єднання міжкраїнних моделей в інтегровану систему за допомогою регресійних рівнянь і тотожностей відповідних торговельних потоків.

Під час опрацювання уніфікованих методологічних підходів, запропонованих німецькими колегами на чолі з проф. Г.Герігом (G.Gehrig) і успішно адаптованих швейцарськими дослідниками на чолі з проф. М.Жіллі (M.Gilli) для економік Німеччини і Швейцарії, з боку дослідницьких груп російських та українських вчених, науковими керівниками яких були проф. Е.Маймінас (Росія) і проф. В.Гесць (Україна), виникли значні труднощі відносно особливостей застосування економетричних методів розробки методологічно подібних економіко-математичних моделей для економік Росії і України. Перш за все, використання економетричних методів у 1995–1997 рр. ускладнювалося через зміну основних статистичних показників у зв'язку з переходом методології національного рахівництва від системи Балансу народного господарства (БНГ) до СНР. Це вимагало конструкції нових інформаційних баз даних щодо оцінки і розширення відповідних часових рядів за специфікаціями національних моделей, які були ретельно випробовувані за стандартними процедурами тестування статистичних показників. Інша проблема, яка виникла при побудові української моделі, полягала у тому, що змінні в постійних цінах відбивали дуже різкі коливання економічної динаміки, що надзвичайно обмежувало використання умовних економетричних методів оцінки. За цими обставинами в моделі економіки України деякі поведінкові регресійні рівняння



визначались як лінійна комбінація логарифмічних і гіперболічних функцій, що дозволило отримати економічно обґрунтовану прогнозу динаміку ВВП і його основних агрегатних складових.

Наукові дослідження щодо розробки системи макроекономічних моделей для симультативної оцінки трансформаційних процесів у Росії та в Україні у взаємозв'язку з економічним розвитком Швейцарії і Німеччини (BRSU) виконувались Україною протягом 1995–1997 рр. відповідно до таких завдань: вивчення можливостей застосування запропонованих з боку німецьких науковців методологічних підходів для побудови економетричної моделі розвитку економіки України (UI 1); проектування макромоделі UI 1 і визначення формалізованих співвідношень між її змінними за СНР України; формування бази даних для макромоделі UI 1 і виконання оціночних обчислень щодо ретроспективного розширення динамічних рядів макрозмінних моделі за методологією СНР у поточних і постійних цінах протягом 1985–1995 рр. (аналіз динаміки і дослідження траєкторій співвідношень між економічними змінними, а також їх апроксимація до лінійного виду функцій регресії); генерація стохастичних регресійних рівнянь і отримання базового прогнозного розв'язку моделі з використанням технічних інструментальних засобів обробки і згладжування часових рядів для одержання економічно обґрунтованих прогнозних оцінок; моделювання та імітаційне прогнозування розвитку економіки України щодо оцінки виявлення можливостей економічного зростання; визначення кола і діапазону динамічних показників стосовно формалізованого опису процесів відтворення економіки України і торговельних потоків для моделей UI 1 і BRSU; розробка та опрацювання методів обчислення показників, що використовувалися в моделі для різних часових інтервалів; виконання експериментальних розрахунків з економічним, математичним та статистичним обґрунтуванням отриманих результатів; застосування макроекономічної моделі для ретроспективних розрахунків економічних змінних щодо оцінки якості *ex-post* прогнозу й отримання базового *ex-ante* прогнозу.

Для компонування моделі використовувалися найбільш регулярні специфікації з різними комбінаціями ендогенних та екзогенних змінних. Адекватність моделі перевірялась через мінімальну стандартну похибку відповідних показників на деяких інтервалах статистичних даних.

За згладженими часовими рядами використовувалися змішані функції із застосуванням таких технічних інструментальних засобів як фіктивні змінні, гіперболічні та логарифмічні функції. Відповідно до цього були одержані результати, які, з одного боку, мали досить високі характеристики якості рівнянь регресії та прогнозних властивостей моделі, з іншого – конструкція моделі припускала можливості коригування у траєкторіях часових рядів економічних змінних щодо оцінки перспективних можливостей стабілізації і зростання економіки України за варіантними сценарними розрахунками.



У результаті міжнародного наукового співробітництва щодо передачі передового досвіду економіко-математичного моделювання були змонтовані національні моделі Німеччини, Росії, Швейцарії та України, які представляли розробку найбільш імовірного економічного прогнозу. Макроекономічні моделі були об'єднані через рівняння торговельних потоків із вже існуючою моделлю для Німеччини і використовувалися для моделювання економічних взаємодій на середньострокову перспективу (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Схема об'єднання національних моделей в інтегрованій моделі BRSU за потоками експорту (X)

Країни	Німеччина (B)	Росія (R)	Швейцарія (S)	Україна (U)
Німеччина (B)	-	XBR	XBS	XBU
Росія (R)	XRБ	-	XRS	XRU
Швейцарія (S)	XSB	XSR	-	XSU
Україна (U)	XUB	XUR	XUS	-

Таблиця 2

Схема об'єднання національних моделей в інтегрованій моделі BRSU за потоками імпорту (M)

Країни	Німеччина (B)	Росія (R)	Швейцарія (S)	Україна (U)
Німеччина (B)	-	MBR	MBS	MBU
Росія (R)	MRB	-	MRS	MRU
Швейцарія (S)	MSB	MSR	-	MSU
Україна (U)	MUB	MUR	MUS	-

Модель UI 1 для України містила 34 регресійних рівняння та тотожності з 12 екзогенними змінними. Для конструювання спільної моделі BRSU між чотирма країнами і досягнення порівнянності національних моделей було розроблено структуру моделей із застосуванням відповідних змінних, що по можливості методологічно були подібні до німецької моделі VI 1 [див. 8].

Стикування моделей відбувалося за згенерованими у національних моделях рівняннями відповідних потоків імпорту із даної країни у три інші країни виходячи з припущення, що загальна вартість імпорту першої країни, що надходить із другої країни у доларах США, має відповідно дорівнювати вартості експорту другої країни у першу (також у доларах США). Тобто імпортні потоки як вихідні змінні мають відповідно дорівнювати експортним потокам, відіграючи при цьому роль вхідних змінних. Нижче наведено розроблені для моделі економіки України в системі міжкраїнних моделей BRSU регресійні рівняння і тотожності, за якими розраховувалися потоки імпорту у постійних цінах 1990 р. та у доларах США за номінальним обмінним курсом поточного періоду. Якість рівнянь регресії характеризують коефіцієнт детермінації (R^2) та коефіцієнт Дарбіна–Уотсона ($D.W.$). Параметри в дужках під коефіцієн-



тами регресії повідомляють про значення статистики Ст'юдента (t – статистика Ст'юдента).

Загальний імпорт з Німеччини, у цінах 1990 р.:

$$\begin{aligned} \log \left(\frac{MG90}{PMG / PBIPT} \right) = & 4,082 + 1,014 \log \left(\frac{BIP90}{PBIPT} \right) - \\ & (-1,28) \quad (11,67) \quad (15,68) \\ & - 0,18 \cdot \log \left(\frac{PMG}{PBIPT} \right) + 0,009 \cdot TREND + 0,22 \cdot F92, \\ & (-1,28) \quad (1,44) \quad (6,54) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,993; D.W. = 2,19.$$

Загальний імпорт з Росії, у цінах 1990 р.:

$$\begin{aligned} \log \left(\frac{MR90}{PMR / PBIPT} \right) = & 2,369 + 1,066 \log \left(\frac{BIP90}{PBIPT} \right) - \\ & (5,62) \quad (12,36) \\ & - 0,389 \cdot \log \left(\frac{PMR}{PBIPT} \right) - 0,84 \cdot \log \left(\frac{BIP90}{PBIPT} \right) + 0,16 \cdot F92, \\ & (-2,10) \quad (-1,07) \quad (-1,03) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,970; D.W. = 1,59.$$

Загальний імпорт із Швейцарії, у цінах 1990 р.:

$$\begin{aligned} \log \left(\frac{MS90}{PMS / PBIPT} \right) = & 8,021 + 1,309 \log \left(\frac{BIP90}{PBIPT} \right) - \\ & (13,01) \quad (10,33) \\ & - 0,196 \cdot \log \left(\frac{PMS}{PBIPT} \right) - 0,012 \cdot \log \left(\frac{BIP90}{PBIPT} \right) - 0,197 \cdot F95, \\ & (-1,03) \quad (-1,32) \quad (-1,88) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,969; D.W. = 1,77.$$

Загальний імпорт з Німеччини, у доларах США:

$$MG\$ = MG90 \cdot PMG / EO\$.$$

Загальний імпорт з Росії, у доларах США:

$$MS\$ = MR90 \cdot PMR / EO\$.$$

Загальний імпорт із Швейцарії, у доларах США:

$$MS\$ = MS90 \cdot PMS / EO\$.$$

У наведених вище рівняннях представлено такі специфікації:

- $BIP90$ – ВВП України, у цінах 1990 р.;
- $PBIPT$ – дефлятор ВВП України;
- $MG90$ – загальний імпорт з Німеччини, у цінах 1990 р.;
- PMG – дефлятор загального імпорту з Німеччини;
- $MG\$$ – загальний імпорт з Німеччини, у доларах США;
- $MR90$ – загальний імпорт з Росії, у цінах 1990 р.;
- PMR – дефлятор загального імпорту з Росії;
- $MR\$$ – загальний імпорт з Росії, у доларах США;
- $MS90$ – загальний імпорт із Швейцарії, у цінах 1990 р.;
- PMS – дефлятор загального імпорту з Швейцарії;
- $MS\$$ – загальний імпорт із Швейцарії, у доларах США;
- $EO\$$ – обмінний курс, купоно-карбованців за 1 долар США;
- $TREND$ – фактор часу;
- $F92,$
 $F95$ – фіктивні змінні (штучні інструментальні змінні, використані в системі моделей як не пояснені якісні фактори нерівномірної динаміки відповідних експортно-імпортних потоків у 1992 та 1995 рр. внаслідок лібералізації зовнішньоторговельної політики України).



Система моделей "Польща – Україна". Науково-дослідна робота щодо розробки міжкраїнної системи моделей "Польща – Україна" виконується за міжнародним науковим проектом "Система макромоделей взаємовпливу зовнішньоторговельних зв'язків Польщі та України на економічне зростання в середньостроковій перспективі" на підставі відповідного рішення спільної зустрічі представників Польської академії наук та Національної академії наук України, яка відбулась у м. Варшава у грудні 2001 року. Зі сторони України проект очолює академік НАН України проф. В.М.Геєць, а зі сторони Польщі – член-кореспондент Польської академії наук проф. В.Велфе (W.Welfe). Наукове співробітництво двох міжнародних дослідницьких груп проводиться у рамках обміну досвідом щодо удосконалення інструментарію моделювання та проблем конструювання макромоделей економічного зростання, оцінки розвитку зовнішньоторговельних зв'язків між Польщею та Україною, оцінки можливостей економічного зростання у Польщі та Україні в середньостроковому періоді, наукових зустрічей, дискусій, підготовки спільних публікацій за підсумками виконання проекту.

У результаті розробки системи макромоделей "Польща – Україна" передбачається: визначити перелік змінних, що дозволяють формалізувати процеси економічного розвитку України і Польщі, а також торговельних потоків між Польщею та Україною; дослідити взаємозв'язки між складовими моделей через прямий вплив зміни факторних складових та непрямий вплив через інші фактори та зворотні зв'язки; побудувати систему макромоделей економіки України і Польщі, визначити їх входи і виходи, запропонувати методичні підходи щодо зіставлення змінних міжкраїнних торговельних потоків, які використовуються в національних моделях у базових цінах і цінах поточного періоду, а також у доларах США; виконати прогнози та симулятивні розрахунки за розробленими сценаріями ефективних зовнішньоторговельних зв'язків між Польщею та Україною та забезпечення економічного зростання у середньостроковій перспективі.

При побудові міжкраїнної моделі "Польща – Україна" використовується накопичений позитивний міжнародний досвід щодо моделювання та прогнозування трансформаційних економік, особливо в частині оцінки та економіко-математичного аналізу зовнішньоторговельних потоків (див. детальний опис блоку зовнішньоторговельних взаємозв'язків). Так, при дослідженні МВФ у галузі характеристик зовнішньої торгівлі Польщі проводилися різноманітні експерименти з емпіричним аналізом експорту. Спроби використовувати змінні "з боку пропозиції" (реальний обмінний курс і питомі витрати національної економіки на робочу силу) показали результати оцінки еластичності реального валютного курсу на рівні 0,4, що можна вважати досить прийнятним для трансформаційних економік. У функції попиту на експорт як факторна змінна використовується відносна ціна на польський експорт щодо споживчих цін у



країнах – торговельних партнерах, при цьому параметри еластичності знаходяться у межах, що спостерігаються в інших країнах [10, 11].

Слід зазначити, що досить висока еластичність попиту на експорт ілюструє значне розширення присутності зовнішньої торгівлі Польщі на світовому ринку в останні роки і показує, що польська економіка стала більш чутливою до циклічних коливань у країнах – її торговельних партнерах (особливо у Німеччині). Для одержання прогнозної оцінки еластичності імпорту стосовно рівня економічної активності перевірялася також гіпотеза про залежність обсягу польського імпорту від відносної ціни на імпорт щодо ціни вироблених у країні споживчих товарів, а також від обсягів промислового виробництва і роздрібних продаж. Функцію імпорту було реалізовано за часовим рядом даних у натуральних логарифмах для інтерпретації коефіцієнтів регресії як показників еластичності.

У системі макромоделей "Польща – Україна" блок взаємозв'язку зовнішньоекономічної діяльності з боку України представлений наступними рівняннями і тождествами:

Експорт товарів з України до Польщі, у цінах 1996 р.:

$$X96_PL = X96_PL01 + X96_PL24 + X96_PL33 + X96_PL59.$$

Імпорт товарів в Україну із Польщі, у цінах 1996 р.:

$$M96_PL = M96_PL01 + M96_PL24 + M96_PL33 + M96_PL59.$$

Експорт з України до Польщі за товарною групою (0–1) – харчові продукти та сільськогосподарські товари, у цінах 1996 р.:

$$X96_PL01 = 987,4709668 - 0,0023701364 \cdot GDP96_PL +$$

$$+ 51,03725989 \cdot \frac{EOI_HRZL \cdot OEFX}{GDP96_PL}$$

$$R^2 = 0,78; \quad D.W. = 2,91.$$

Експорт з України до Польщі за товарною групою (2–4) – сировина за винятком палива, у цінах 1996 р.:

$$X96_PL24 = 531,0695588 - 0,000723380657 \cdot GDP96_PL +$$

$$+ 35,93590714 \cdot \frac{EOI_HRZL \cdot OEFX}{DEFGDP_PL}$$

$$R^2 = 0,34; \quad D.W. = 3,24.$$

Експорт з України до Польщі за товарною групою (3) – мінеральне паливо і пально-мастильні матеріали, у цінах 1996 р.:

$$X96_PL33 = 0,000170837493 \cdot GDP96_PL +$$

$$+ 33,75117123 \cdot \frac{EOI_HRZL \cdot OEFX}{DEFGDP_PL}$$

$$R^2 = 0,65; \quad D.W. = 2,78.$$

Експорт з України до Польщі за товарною групою (5–9) – промислові товари, у цінах 1996 р.:



$$X_{96_PL59} = 0,000376320589 \cdot GDP_{96_PL} + \\ + 62,66647342 \cdot \left(\frac{EOI_HRZL}{DEF_{GDP_PL}} \cdot \frac{OEFX}{DEF_{GDP_PL}} \right) \\ R^2 = 0,69; \quad D.W. = 2,03.$$

Імпорт із Польщі до України за товарною групою (0-1) – харчові продукти та сільськогосподарські товари, у цінах 1996 р.:

$$M_{96_PL01} = 0,0007392445109 \cdot GDP_{96} - \\ - 2,497833484 \cdot \left(\frac{EOI_HRZL}{DEF_{GDP}} \cdot \frac{OEFM}{DEF_{GDP}} \right) \\ R^2 = 0,85; \quad D.W. = 2,62.$$

Імпорт із Польщі до України за товарною групою (2-4) – сировина за винятком палива, у цінах 1996 р.:

$$\log M_{96_PL24} = -15,50579321 + 1,60863702 \log GDP_{96} - \\ - 0,1707909788 \log \left(\frac{EOI_HRZL}{DEF_{GDP}} \cdot \frac{OEFM}{DEF_{GDP}} \right) \\ R^2 = 0,98; \quad D.W. = 3,24.$$

Імпорт із Польщі до України за товарною групою (3) – мінеральне паливо і пально-мастильні матеріали, у цінах 1996 р.:

$$M_{96_PL33} = 0,00685147231 \cdot GDP_{96} - 250,5663352 \cdot \left(\frac{EOI_HRZL}{DEF_{GDP}} \cdot \frac{OEFM}{DEF_{GDP}} \right) \\ R^2 = 0,85; \quad D.W. = 2,47.$$

Імпорт із Польщі до України за товарною групою (5-9) – промислові товари, у цінах 1996 р.:

$$\log M_{96_PL59} = 3,315269877 + 3,939369229 \log GDP_{96} - \\ - 0,121712628 \cdot \left(\frac{EOI_HRZL}{DEF_{GDP}} \cdot \frac{OEFM}{DEF_{GDP}} \right) \\ R^2 = 0,49; \quad D.W. = 1,78.$$

Український експорт товарів і послуг (G+S), у цінах 1996 р.:

$$X_{96} = -7197269005 + 3,48371192 \cdot WGNP_{90} + 0,0819403318 \cdot GDP_{96} + \\ + 19846,56211 \cdot \left(\frac{EO}{EO} \cdot \frac{US_DEF_{GDP}}{DEF_{FX}} \right) \\ R^2 = 0,91; \quad D.W. = 3,24.$$

Український импорт товарів і послуг (G+S), у цінах 1996 р.:

$$M_{96} = 1456,610505 - 1819,218723 \cdot \left(\frac{EO}{DEF_{GDP}} \cdot \frac{OEFM}{DEF_{GDP}} \right) + \\ + 0,0995265437 \cdot GDP_{96} + 2528,535688 \cdot TREND, \\ R^2 = 0,52; \quad D.W. = 2,51.$$

У наведених вище формалізованих співвідношеннях використано такі ідентифікатори змінних блоку оцінки зовнішньоторговельних потоків між Польщею та Україною:

- GDP_{96} – ВВП України, у цінах 1996 р.;
- DEF_{GDP} – дефлятор ВВП (Україна);
- DEF_{FX} – дефлятор експорту товарів і послуг (Україна);



<i>DEFM</i>	–	дефлятор імпорту товарів і послуг (Україна);
<i>GDP96_PL</i>	–	ВВП Польщі, у цінах 1996 р.;
<i>DEFGDP_PL</i>	–	дефлятор ВВП (Польща);
<i>WGNP90</i>	–	світовий ВВП, у цінах 1990 р.
<i>EO</i>	–	обмінний курс, грн. за 1 дол. США;
<i>US_DEFGDP</i>	–	дефлятор світового ВВП;
<i>EOI_HRZL</i>	–	обмінний курс, грн. за 1 злотий Польщі;
<i>TREND</i>	–	фактор часу.

У процесі розробки системи макроекономічних моделей "Польща – Україна" розглядалися як стандартні, так і специфічні методологічні підходи щодо моделювання зовнішньоторговельних зв'язків між Польщею та Україною (методи лінійної та робастної регресії, застосування логарифмічних, гіперболічних та змішаних функцій, використання фіктивних змінних). Важливим результатом спільної науково-дослідної роботи вважається можливість використання розроблених моделей зовнішньоторговельних зв'язків між Польщею та Україною (у вигляді окремих блоків) у комплексній економетричній моделі польської економіки *W8-D* [12] та модифікованій річній макромоделі розвитку економіки України, отримання середньострокових прогнозних оцінок ключових макроіндикаторів розвитку національних економік, визначення та обґрунтування напрямків удосконалення зовнішньоекономічної політики, що сприятиме подальшому економічному зростанню обох країн. Особливо цікавим може стати проведення імітаційного експерименту з використанням розробленої системи моделей щодо аналізу останніх тенденцій розвитку економіки Польщі, зокрема з першими оцінками наслідків приєднання Польщі до ЄС та їх впливу на макроіндикатори економічного розвитку Польщі та України (перш за все – реальні та цінові показники).

Узагальнені експериментальні розрахунки за подібними моделями показали, що при формуванні міжкраїнних моделей економічного розвитку та їх використанні для цілей економічного прогнозування слід враховувати певні характерні особливості:

- при здійсненні міжкраїнного модельного аналізу ріст попиту на статті експорту може вимірюватися зваженим середнім росту реального ВВП (або обсягу імпорту) у країнах – торговельних партнерах. Важливою проблемою для країн з трансформаційними економіками є швидка зміна географічних напрямків експорту, що у свою чергу позначається на статистичних вагах, які використовуються для визначення показників розвитку ринку. Тому, очевидно, слід проводити роздільне прогнозування для статей експорту, які призначені для "традиційних" і "нових" ринків;

- у період трансформаційних перетворень торговельна політика країн знаходиться у процесі реформування, тому при прогнозуванні важливо враховувати вплив очікувань у торговельно-економічній політиці [див. 10]. При цьому необхідно звернути увагу на такі проблеми: відповідність експортних



цін рівню світового ринку або ж встановлення на основні товари неринкових експортних цін, а також існування спеціальних двосторонніх міждержавних угод та державних замовлень, які значною мірою впливатимуть на обсяги експорту і ціни у найближчій та подальшій перспективі. Це може бути особливо важливим для прогнозування експорту нафти і газу в країнах, що мають доходи від експорту за рахунок продажу енергоресурсів за ринковими цінами і додаткові доходи від продажу енергоносіїв за нижчими відносно світового ринку цінами; існування експортних квот, ліцензійних угод або експортного мита, та оцінки їх впливу на обсяги експорту у прогнозованому періоді;

- значні тарифні і нетарифні бар'єри також впливають на торгівлю між країнами з ринковою економікою. Тому при прогнозуванні доцільно враховувати: кількісну оцінку важливих обмежень на імпорт (кількісні обмеження, добровільні експортні угоди, змінні мита); ринки експорту, особливо для таких "чутливих" видів економічної діяльності як сільське господарство, текстильна і швейна промисловість, металургія, автомобілебудування, а також тих галузей промисловості, відносно яких проводиться протекціоністська політика;

- надзвичайно важливою задачею у міжкраїнному модельному аналізі є стандартизація економетричних моделей. Маються на увазі довгострокові, середньострокові і короткострокові типи моделей та моделі, агреговані і деталізовані на національному і регіональному рівнях. Для кожного типу моделей необхідна відповідна уніфікація: економічний зміст (комбінації факторних змінних з урахуванням специфічних внутрішніх зв'язків та особливостей); форма моделі (лінійна чи нелінійна, статична чи динамічна; одночасна чи рекурсивна та ін.); методи кількісного визначення і перевірки прогнозних властивостей окремих типів моделей; порядок їх застосування для прогнозування і моделювання.

У цілому проведення досліджень щодо формування міжкраїнних моделей економічного розвитку та на їх основі перспективної оцінки розвитку макроекономічної ситуації є актуальним і доцільним. Так, у сучасних умовах поглиблення інтеграційних процесів з країнами ЄС досить важливим для України стає питання конструювання та удосконалення спільних міжнародних моделей, які б визначали довгострокові напрями розвитку країн – торговельних партнерів, а їх результати за альтернативними варіантами інтеграційної взаємодії були б цікавими, наприклад, для перевірки індикативних планів і цілей стратегічного планування розвитку економіки України та конкретних кількісних оцінок наслідків прийняття рішень у сфері міжнародної економічної політики.

Література

1. Нечаев А.А. Межстрановой анализ структуры экономики. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
2. Нечаев А.А. Межстрановые модели структурных сдвигов в экономике // Экономика и математические методы. – 1985. – Вып. 4. – Т. 21. – С. 641–650.



3. *Уровни и тенденции развития главных капиталистических стран: (международные сопоставления).* – М.: Наука, 1977. – 247 с.
4. *Клейн Л.* Проект ЛИНК // Экономика и математические методы. – 1972. – Вып. 2. – Т. 13. – С. 471–488.
5. *Project LINK: An Introduction.* – www.chass.utoronto.ca
6. *Heyets V., Skrypnychenko M.* Country Report of Ukraine–2004. Spring’2004 Meeting of Project LINK. – www.chass.utoronto.ca/link
7. *Heyets V., Skrypnychenko M.* Country Report of Ukraine–2004. Fall’2004 Meeting of Project LINK. – www.chass.utoronto.ca/link
8. *Секторальні моделі прогнозування економіки України / За ред. В.М. Гейця.* – К.: Фенікс, 1999. – 304 с.
9. *Шумська С.С., Скрипниченко М.І, П’ятницький В.Т., Бобер К.А.* Модель оцінки наслідків тарифного регулювання зовнішньої торгівлі України // Наукові записки НаУКМА. – Т. 19: Економічні науки. – К.: НаУКМА, кафедра економіки, 2001. – С. 12–17.
10. *Trade Policy Reform in the Countries of the Former Soviet Union // IMF Economic Reviews,* 1994. – Vol. 2. – 59 p.
11. *Ray C.F.* A Multicountry econometric model. – Cambridge: National bureau of economic research, 1979. – 74 p.
12. *Welfe W., Welfe A., Florczak W., Sabanty L.* Long-term Econometric Model W8-D of the Polish Economy – Its Main Properties // *Przestrzenno-Czasowe Modelowanie i Prognozowanie Zjawisk Gospodarczych.* – Krakow: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, 2003. – S. 27–49.