

А. В. Куранда,

аспірант,

Інститут демографії та досліджень якості життя
імені Михайла Птухи НАН України,

E-mail: avkuranda@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-9953-7578>

Еволюція підходів до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили

Прогнозування попиту і пропозиції робочої сили не втрачає своєї актуальності через суттєві трансформації на ринку праці, викликані соціально-економічними, демографічними й технологічними чинниками. Ще більше загострили ці проблеми руйнування інфраструктури, скорочення кількості робочих місць, масштабні потоки переміщених осіб, спричинені війною. Адаптація освітніх програм, прогнозування необхідних професійних навичок, підготовка спеціалістів для відновлення та відбудови країни мають важливе значення для забезпечення стабільності й економічного зростання. Питання прогнозування попиту та пропозиції є на порядку денному Уряду. Так, згідно зі Стратегією демографічного розвитку України на період до 2040 року, пріоритетним завданням демографічного розвитку та зростання економіки в цілому є врегулювання попиту та пропозиції на ринку праці. Відповідно до Програми діяльності Кабінету Міністрів України, у 2025 році розроблено проєкт Національної стратегії зайнятості 2030, яка сфокусована, зокрема, на кращому балансуванні попиту і пропозиції робочої сили на ринку праці.

У статті систематизовано методологічні підходи до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили, починаючи від класичних макроекономічних та моделей запасів-потоків (stock-flow) і закінчуючи сучасними агентно-орієнтованими підходами. Визначено, що еволюція таких моделей відображає зміни у парадигмах економічної теорії – від детерміністичних до стохастичних, від агрегованих до мікроорієнтованих. Обґрунтовано, що у середині ХХ століття домінували макроекономічні балансові та трендові методи, а починаючи з 1990-х років центр уваги поступово змістився на моделювання поведінки окремих економічних агентів – роботодавців, працівників і домогосподарств. Це дозволило глибше розкрити механізми формування ринкової рівноваги та реагування на технологічні, демографічні й інституційні зрушення.

Узагальнено досвід щодо розроблення підходів до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили, виявлено переваги й обмеження для різних методів. На основі аналізу еволюції підходів сформульовано такі висновки: метод stock-flow заклав основу для кількісного аналізу трудових потоків; динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги (DSGE-моделі) з механізмом пошуку й підбору роботи ввели поведінковий компонент; моделі типу ВеТа продемонстрували, як можна інтегрувати політику й навички у єдину макроструктуру; агентно-орієнтоване моделювання відкрило можливість дослідження індивідуальної динаміки, адаптації та взаємодії. Отже, сучасна парадигма прогнозування ринку праці дедалі більше орієнтується на мікродинаміку, гнучкість і складну поведінку агентів, що робить її найперспективнішою для розробки ефективної політики зайнятості.

Сформульовано науково обґрунтовані рекомендації щодо застосування розглянутих підходів для оцінки та прогнозування попиту і пропозиції робочої сили на українському ринку праці, зокрема в період післявоєнного відновлення.

Ключові слова: *попит, пропозиція, робоча сила, прогнозування, моделювання потоків та запасів, пошукові моделі, агентно-орієнтоване моделювання.*

Вступ. Сучасні тенденції розвитку глобальної економіки супроводжуються структурними трансформаціями ринку праці, що зумовлює потребу у вдосконаленні системи прогнозування попиту та пропозиції робочої сили. Зростання ролі знанневої економіки, цифровізація виробничих процесів, демографічні зрушення та зміна характеру зайнятості вимагають перегляду традиційних підходів до оцінювання трудових

ресурсів. Від точності прогнозів щодо майбутніх потреб у професіях і кваліфікаціях залежить ефективність державної політики зайнятості, освіти та професійної підготовки. Крім того, інформація про тенденції зміни попиту та пропозиції робочої сили дає роботодавцям унікальні можливості для підбору необхідних навичок, а також допомагає адаптувати освітні програми до потреб сьогодення.

Упродовж ХХ століття домінували підходи до прогнозування, засновані на екстраполяції статистичних тенденцій, балансових розрахунках і нормативних методах [1; 2]. Проте такі моделі часто ігнорували динаміку адаптаційної поведінки агентів ринку праці, інституційні чинники та швидкоплинні технологічні зміни. З початку ХХІ століття у світовій практиці набули поширення мікроекономічні та структурно-динамічні моделі, що дозволяють урахувати взаємодію між попитом і пропозицією праці в реальному часі. Так, основою сучасних систем прогнозування зайнятості у країнах ЄС стали методи stock-flow (запасів-потоків), search and matching (пошук і зіставлення) та agent-based modelling (агентно-орієнтоване моделювання) [3; 4].

В українських реаліях проблема прогнозування попиту і пропозиції робочої сили є особливо актуальною у зв'язку з демографічним спадом, масштабними міграційними процесами, що є наслідком повномасштабної агресії РФ проти України, та дисбалансами між структурою освіти та потребами економіки [5]. Серед пріоритетних цілей Стратегії зайнятості 2030, розробленої на виконання Програми діяльності Кабінету Міністрів України, – забезпечення своєчасного задоволення попиту роботодавців на робочу силу та цифрова трансформація ринку праці, зокрема розробка економічної моделі прогнозування його потреб на період 5–10 років, що враховує макроекономічні, демографічні й секторальні зміни та базується на релевантних даних органів влади [6]. Стратегія узгоджується з Угодою про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, Планом України в межах ініціативи Європейського Союзу Ukraine Facility, планом пріоритетних дій Уряду, а також орієнтується на принципи Європейського стовпа соціальних прав та керівні принципи політики зайнятості держав-членів. Ці принципи охоплюють п'ять напрямів: 1) підвищення попиту на робочу силу; 2) збільшення пропозиції робочої сили та покращення доступу до зайнятості, набуття навичок та компетенцій протягом усього життя; 3) покращення функціонування ринку праці та ефективності соціального діалогу; 4) удосконалення ефективності соціального діалогу; 5) сприяння рівним можливостям для всіх, соціальної інтеграції, з урахуванням потреб подолання демографічних ризиків та бідності серед працюючого населення [6]. Пріоритетним завданням для демографічного розвитку та зростання економіки в цілому є врегулювання попиту та пропозиції на ринку праці. За умови побудови дієвої системи підвищення кваліфікації, перекваліфікації та професійної мобільності це допоможе людям залишатися затребуваними на ринку праці, адаптуватися до нових умов [7].

Необхідність переходу до більш гнучких моделей прогнозування, що поєднують макро- та мікрорівня чинники, визначає наукову новизну цього дослідження.

Метою статті є відображення результатів виконаних досліджень еволюції методологічних підходів до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили, починаючи від класичних макроекономічних та stock-flow моделей і закінчуючи сучасними агентно-орієнтованими підходами; виявлення переваг та обмежень різних методів і оцінка їхньої придатності для аналізу динаміки ринку праці та формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо застосування цих методологій у контексті українського ринку праці.

Результати дослідження та обговорення.

Прогнозування попиту і пропозиції робочої сили є складовою системи соціально-економічного планування та управління розвитком людського капіталу. Його методологічна база формувалася на стику економічної теорії, демографії, статистики та соціології праці. Еволюція підходів до прогнозування відображає поступовий перехід від простих базових моделей, агрегованих макроекономічних оцінок до багаторівневих моделей, здатних описувати поведінку індивідів і підприємств на ринку праці, що включають як демографічні дані та соціально-економічний розвиток, так і технологічні зміни, зокрема використання штучного інтелекту (ШІ) та Big data (рис. 1, розроблено автором).

Перші спроби кількісного прогнозування трудових ресурсів ґрунтувалися на балансових і нормативних моделях. Їхня суть полягала у визначенні потреби в кадрах за професійними групами на основі прогнозу розвитку галузей економіки та нормативів трудових витрат [1; 23]. Балансовий підхід передбачав узгодження показників чисельності зайнятих, обсягів виробництва та продуктивності праці, що давало змогу формувати цільові орієнтири підготовки кадрів. Нормативний метод базувався на використанні встановлених норм часу і чисельності персоналу на одиницю продукції. Хоча ці підходи забезпечували системність і порівнюваність розрахунків, вони виявилися малоприматними в умовах швидких технологічних змін та ринкової конкуренції [24].

У 1960–1980-х роках набули поширення трендові моделі, які екстраполювали минулі тенденції зайнятості на майбутні періоди [2]. Вони використовували методи регресійного аналізу для оцінки зв'язків між динамікою ВВП, інвестицій, виробництва та попитом на працю. Проте обмеження цих моделей полягало у припущенні незмінності структурних параметрів економіки.

Починаючи з 1980-х років, з поширенням обчислювальної техніки виник інтерес до міжгалузевих моделей типу “Input-output”, у яких зміни зайнятості визначалися через міжгалузеві зв'язки

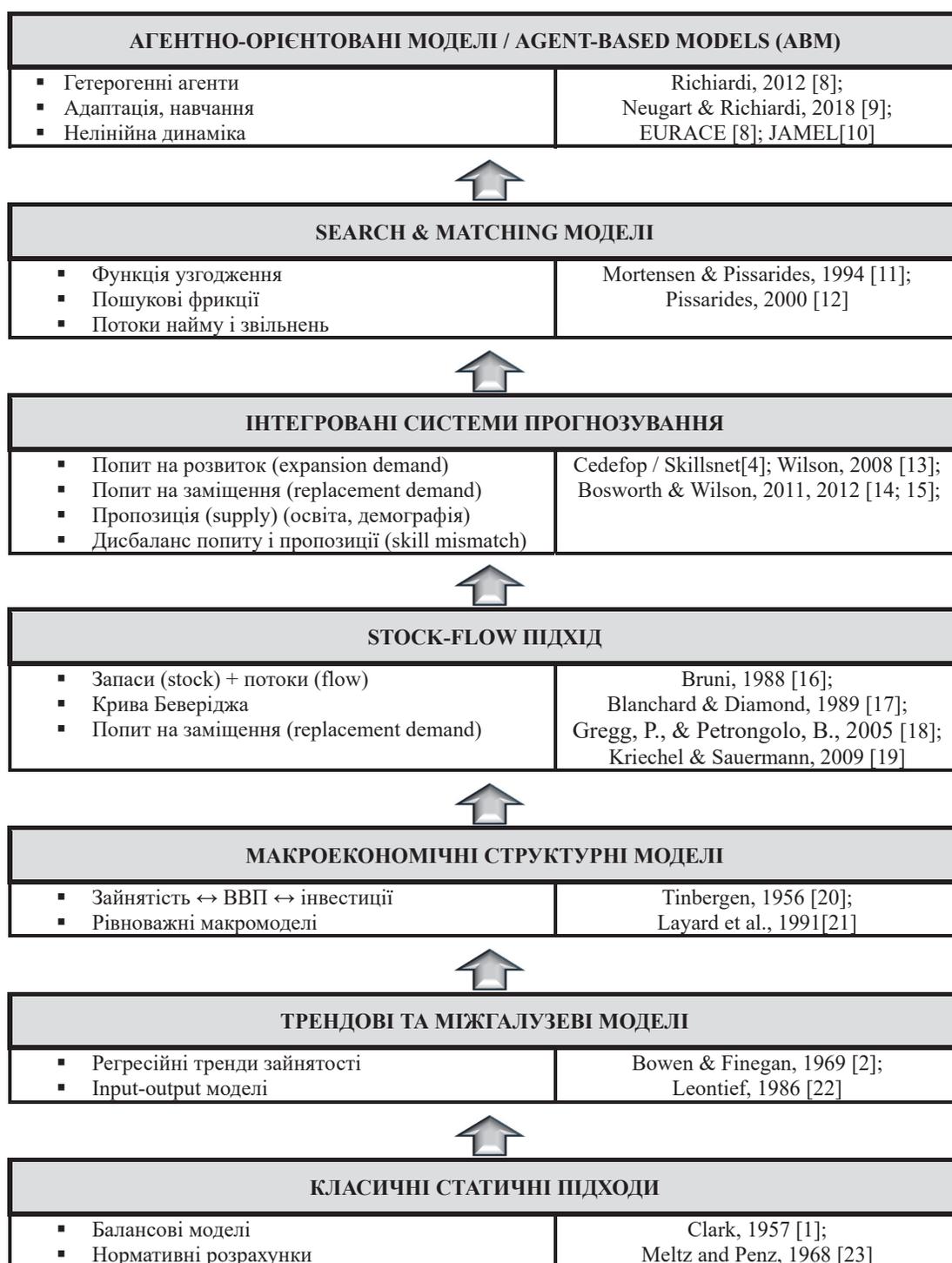


Рис. 1. Схема розвитку підходів до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили

виробництва [22]. Цей підхід дав змогу оцінювати попит на працю не лише в цілому по економіці, а й за окремими секторами. Наприклад, моделі OECD Employment Outlook поєднують міжгалузеві таблиці з макроекономічними прогнозами [25]. У демографічній складовій прогнозування використовуються когортні моделі пропозиції праці, що враховують вікову, статеву та освітню структуру населення [26]. Такі моделі дозволяють відстежувати майбутні зміни у чисельності робочої сили за-

лежно від народжуваності, смертності, міграції та рівня участі в ринку праці.

Вагомий внесок у розвиток методології прогнозування зробили дослідники, які розвивали регресійні та структурні моделі, що враховують взаємозв'язок між макроекономічними змінними (продуктивністю праці, заробітною платою, інвестиціями) та обсягом зайнятості [20; 21]. Ці моделі стали теоретичним підґрунтям для подальшого переходу до динамічних і поведінкових концепцій

прогнозування. Вони пояснювали взаємозв'язки між зайнятістю, заробітною платою, інвестиціями й сукупним попитом, проте не враховували мікрорівневих процесів пошуку роботи та ухвалення рішень роботодавцями.

Поступово з'явилася необхідність у моделях, які враховують пошукові процеси, часові лаги та асиметрію інформації на ринку праці. Зокрема, у межах неокласичної школи сформувався фреймворк пошуку і зіставлення (search and matching framework) [11], у якому ринок праці розглядається як сукупність потоків входу у зайнятість та виходу з неї. Цей підхід створив основу для подальших stock-flow та агентно-орієнтованих моделей.

Метод stock-flow (запаси-потоки) базується на принципі, що рівновага на ринку праці є результатом не лише кількісного співвідношення між зайнятими, безробітними та вакансіями, а й інтенсивності переходів між цими станами. Він дозволяє моделювати динаміку змін у зайнятості через потоки найму, звільнень і входів на ринок праці, що робить його адекватнішим для опису нестабільних ринкових умов.

Класичною основою цього напрямку стала крива Беверіджа (Beveridge curve), яка вперше системно відобразила співвідношення між рівнем безробіття та кількістю вакансій. У класичній праці О. Бланшара та П. Даймонда (O. Blanchard & P. Diamond) показано, що форма кривої Беверіджа є результатом змін у швидкості переходів між станами зайнятості – наймом і звільненнями [17]. Доведено, що форма цієї кривої визначається балансом між потоками звільнень (s) і працевлаштувань (f), які описують динаміку безробіття рівняннями:

$$\frac{dU}{dt} = sE - fU, \quad \frac{dE}{dt} = fU - sE, \quad (1)$$

де U – безробітні, E – зайняті.

Усталений рівень безробіття визначається як $u^* = \frac{s}{s+f}$. Ця проста система показує, що навіть при сталих макроекономічних умовах відбувається циркуляція робочої сили, яка підтримує постійну динамічну рівновагу.

Подальший розвиток методу пов'язаний із працею М. Бруні (M. Brunì) [16], який запропонував модель запаси-потоки (stock-flow model) для аналізу ринку праці. Ключові концепції моделі Бруні містять такі складові:

1) запаси та потоки: розглядає робочу силу як запаси (наприклад, загальна чисельність населення, зайняті, безробітні, студенти) та потоки (наприклад, нові учасники, вихід на пенсію, найм, звільнення, міграція);

2) демографічні показники: інтегрують рівень народжуваності, рівень смертності, старіння та міграцію, що має вирішальне значення для довгострокового аналізу;

3) часові лаги: враховують затримки між освітою, пошуком роботи та працевлаштуванням або впровадженням політики та її наслідками;

4) збереження маси: забезпечує стабільність загальної кількості людей (запасів) з балансуванням потоків.

Сама модель базується на рівняннях балансу станів:

$$L_t = L_{t-1} + H_t - S_t, \quad U_t = U_{t-1} + S_t - H_t, \quad (2)$$

де L_t – кількість зайнятих; U_t – кількість безробітних; H_t – потік найму; S_t – потік звільнень.

Це дає змогу моделювати інерційні ефекти, коли коливання у потоках впливають на рівень безробіття із затримкою у часі.

У дослідженні [18] підхід stock-flow інтегровано з пошуковими моделями, що дало змогу пояснити поведінку ринку праці за фазами циклу. Ці моделі показали, що динаміка вакансій і безробіття формується не лише поточними змінами, а й накопиченими запасами працівників та роботодавців, які перебувають у стані очікування.

Особливе значення мають прикладні дослідження Я. Яхіна та Н. Пресман (Yo. Yakhin & N. Presman) [27], які застосували stock-flow accounting model до ринку праці Ізраїлю. Їхня модель інтегрує демографічні, інституційні й поведінкові фактори, зокрема тривалість пошуку, вікову структуру й рівень участі в робочій силі. Результати показали, що врахування типів переходів (вихід з ринку, перекваліфікація, повторний найм) істотно підвищує точність прогнозів рівня безробіття та участі в праці.

Отже, stock-flow підхід пройшов еволюцію від описової динаміки кривої Беверіджа до багаторівневих поведінкових моделей, здатних поєднувати макроекономічні, демографічні та мікросоціальні чинники. Сьогодні він є базовим елементом прогнозних систем Cedefop, INAPP, STEP/EU і BeTa.

Починаючи з середини 2000-х років, у Європейському Союзі сформувалась інтегрована система прогнозування ринку праці, розроблена та підтримувана Європейським центром розвитку професійної освіти (Cedefop) у співпраці з мережею Skillsnet. Методологічні засади цієї системи викладені в оглядових матеріалах проекту Skillsnet [4] і ґрунтуються на модульному підході до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили. Базою системи є модульна архітектура, у межах якої попит і пропозиція робочої сили моделюються як аналітично відокремлені, але взаємопов'язані процеси. Центральний елемент – багатосекторальна макроекономічна модель ЕЗМЕ, яка формує сценарії економічного розвитку, зайнятості та продуктивності за видами економічної діяльності. На її основі оцінюється попит на розвиток/розширення (expansion demand) – зміна чисельності зайнятих унаслідок економічного зростання та структурних зрушень [13].

Другим ключовим компонентом системи є модель попиту на заміщення (replacement demand), розроблена з використанням когортно-компонентного підходу. Вона враховує вихід працівників з ринку праці через пенсію, смертність, міграцію, зміну професії або тимчасову неактивність. Як показано в дослідженнях Cedefop, саме попит на заміщення формує основну частку майбутніх вакансій у середньостроковій перспективі, особливо у секторах із нульовим або від'ємним зростанням зайнятості (Kriechel & Sauermann, 2009) [19].

Поєднання попиту на розвиток та на заміщення дозволяє оцінити загальну кількість робочих місць, які потребуватимуть заповнення, що є принциповою методологічною відмінністю підходу Cedefop від традиційних моделей, орієнтованих лише на чисту зміну чисельності зайнятих [4; 13].

Паралельно в межах системи формується прогноз пропозиції робочої сили, який базується на stock-flow моделях освітньої структури населення. Зазначені моделі використовують дані Європейського обстеження робочої сили ((EU-LFS) і псевдокогортний підхід для оцінювання освітніх переходів, демографічного старіння та участі населення в ринку праці [14; 15]. Цей підхід дозволяє враховувати динамічний характер накопичення людського капіталу та відмовитися від простих трендових екстраполяцій.

Узагальнюючи, система прогнозування Cedefop інтегрує макроекономічні сценарії розвитку економіки, структурний попит на професії, попит на заміщення та демографічно зумовлену пропозицію робочої сили. Вона не передбачає жорсткої рівноваги між попитом і пропозицією, натомість дозволяє ідентифікувати потенційні дисбаланси навичок, надлишкову або недостатню кваліфікацію та ризики структурного безробіття [4].

Зазначений підхід ліг в основу офіційних прогнозів Cedefop Skills Forecast, які використовуються для формування політики зайнятості, освіти та професійної підготовки в країнах ЄС [4]. У методологічному сенсі він може розглядатися як інституціоналізований розвиток stock-flow підходу, що створює основу для подальшої інтеграції поведінкових і агентно-орієнтованих моделей прогнозування ринку праці.

Search and matching models [12] є логічним розвитком stock-flow підходу. Ці моделі формалізують процес узгодження між безробітними (U) та вакансіями (V) через функцію узгодження:

$$M = AU^{\alpha}V^{1-\alpha}, \quad (3)$$

де M – кількість працевлаштувань, A – ефективність узгодження, α – еластичність.

Такі моделі дають змогу оцінювати вплив політики зайнятості, системи страхування безробіття та регулювання ринку праці на ефективність пошуку. Вони також слугують основою для побудови динамічної стохастичної моделі загальної рівнова-

ги (Dynamic Stochastic General Equilibrium, DSGE) із пошуковими фрикціями (search frictions), що поєднують макро- та мікроекономічну динаміку.

Агентно-орієнтовані моделі (Agent-Based Models, ABM) становлять новітній етап розвитку прогнозування ринку праці. Вони базуються на уявленні про економіку як складну адаптивну систему, в якій макрорезультати виникають із мікро-взаємодій великої кількості гетерогенних агентів [9; 12]. ABM продемонстрували перспективність у здатності враховувати складні взаємодії різних економічних агентів. М. Річчарді (M. Richiardi) [8] підкреслює, що ABM дають змогу відмовитися від жорстких припущень про рівновагу і раціональність поведінки, замінюючи їх правилами навчання, адаптації та очікувань. Це дозволяє моделювати нелінійні й емерджентні ефекти, наприклад виникнення сегментації ринку праці чи довготривалого безробіття навіть без зовнішніх шоків.

У спільній праці М. Нойгарта та М. Річчарді (M. Neugart & M. Richiardi) "Agent-Based Models of the Labor Market" [9] систематизовано основні напрями застосування ABM: моделі найму, плинності кадрів, політики зайнятості, навчання протягом життя. Доведено, що ABM здатні імітувати розподіл заробітної плати, динаміку професій, міжгалузеві переходи та реакцію ринку на автоматизацію. Серед агентно-орієнтованих моделей можна виділити такі:

- EURACE (2006–2010 pp.), де ринок праці є частиною макроекономічної системи, що охоплює фірми, банки та домогосподарства [8]. Найм працівників здійснюється на основі очікуваного попиту, а заробітна плата формується через переговори. Модель дозволяє аналізувати вплив технологічних шоків на структуру зайнятості та кваліфікацій.
- JAMEL (2014 p.), яка використовується для оцінки інноваційної та промислової політики [10]. Фірми приймають рішення про інвестиції та найм, що призводить до ендогенних змін попиту на навички. Модель демонструє, як технологічні інновації можуть одночасно підвищувати попит на висококваліфіковану працю і витіснити середньо-кваліфіковані професії.
- WORKSIM (2013 p.), що фокусується на навчанні протягом життя [28]. Працівники інвестують у підвищення кваліфікації і це змінює їхні шанси на працевлаштування. Модель показує довгострокові ефекти впливу освітньої політики на структуру зайнятості.
- LMR-ABM (2018 p.) – універсальна дослідницька платформа для аналізу політики ринку праці [9]. Вона використовується для моделювання впливу мінімальної заробітної плати, допомоги по безробіттю та субсидій найму.

Поєднання ABM з підходами stock-flow та search and matching формує інтегровану поведінко-

ву платформу прогнозування, реалізовану, зокрема, у проєкті BeTa (Behavioural Turnover Analysis) та дослідженнях INAPP (2020 р.) [29]. У цих моделях агреговані результати (зайнятість, безробіття, мобільність) є наслідком рішень індивідуальних агентів, які адаптуються до політики, технологій і ринкових змін. АВМ дозволяють відтворювати реалістичні процеси – неоднорідні зіставлення (heterogeneous matching), розподіл заробітних плат, сегментацію ринку праці, вплив технологічних інновацій. Наприклад, у проєкті BeTa та дослідженнях INAPP (2020) [29] агентно-орієнтовані моделі поєднуються з підходами stock-flow для прогнозування професійних переходів, ефектів цифровізації та адаптації політики зайнятості.

Базова структура агентно-орієнтованої моделі ринку праці може бути представлена у такому узагальненому вигляді. Типова АВМ ринку праці охоплює три основні типи агентів:

- 1) працівники $i = 1, \dots, N$;
- 2) фірми $j = 1, \dots, M$;
- 3) інституційне середовище (правила, політика, ринки).

Стан працівника i у момент часу t задається змінною:

$$S_i(t) \in \{E, U, N\}, \quad (4)$$

де E – зайнятість, U – безробіття, N – економічна неактивність.

Стан фірми визначається кількістю вакансій $v_j(t) \geq 0$, яка залежить від очікуваного попиту, продуктивності та витрат на працю.

Процес працевлаштування в агентно-орієнтованих моделях є мікроаналогом search and matching, але реалізується через індивідуальні правила ухвалення рішень. Імовірність того, що безробітний працівник i отримає роботу у періоді t , визначається як:

$$P_1^{hire}(t) = 1 - \prod_{j \in V(t)} (1 - p_{ij}(t)), \quad (5)$$

де $P_1^{hire}(t)$ – імовірність успішного зіставлення між працівником i та фірмою j , яка залежить від відповідності навичок, запропонованої заробітної плати та інституційних обмежень.

Кількість нових працевлаштувань на агрегованому рівні визначається як:

$$H(t) = \sum_i 1_{\{S_i(t)=U\}} \cdot P_1^{hire}(t). \quad (6)$$

Динаміка зайнятості описується stock-flow рівнянням:

$$E(t+1) = E(t) + H(t) - S(t), \quad (7)$$

де $S(t)$ – кількість звільнень, яка визначається рішеннями фірм.

У моделях АВМ крива Беверіджа виникає ендогенно як результат взаємодії потоків найму і звільнень, що показано в моделях LabourSim та LMR-ABM [9; 30].

Агентно-орієнтоване моделювання стало інтелектуальною платформою сучасної парадигми прогнозування ринку праці, яка поєднує поведін-

кову економіку, теорію складних систем і мікродинаміку праці. Отже, на основі аналізу підходів до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили, визначення їх переваг та обмежень для різних методів у контексті українського ринку праці зокрема в період відновлення, доцільно запропонувати розроблення:

1) інструментарію середньострокового прогнозування попиту і пропозиції робочої сили для детальних груп професій та кваліфікацій;

2) методологію моделювання, що базується на інтегрованому підході, за яким stock-flow модулі описують макродинаміку, а агентно-орієнтовані модулі – поведінкову реакцію осіб, домогосподарств і фірм;

Пропонований інструментарій має бути орієнтований на впровадження як у спеціалізованих агенціях та установах НАН України або закладах вищої освіти, які зможуть здійснювати його супроводження й удосконалення, так і у головних користувачів, зокрема в Міністерстві економіки, які зможуть користуватися ним для оцінки наслідків управлінських і політичних рішень.

Висновки. Дослідження еволюції підходів до прогнозування попиту та пропозиції робочої сили показало, що розвиток теорії і практики цього напрямку відбувався від простих статистичних і балансових схем до складних поведінкових та мікроорієнтованих моделей. Витоки сучасної методології сягають класичних праць з макроекономічного планування [наприклад, 20], у межах яких ринок праці трактувався як пасивний елемент відтворення виробництва. До 1960-х років моделі базувалися на балансових та нормативних модулях, використанні демографічних показників (рівнях народжуваності, смертності, міграції та участі в робочій силі для прогнозування населення працездатного віку) та показників секторів економіки. Згодом формування пошукових моделей започаткувало мікрооснови для пояснення динаміки безробіття [11], а впровадження stock-flow підходу [16; 17] надало прогнозуванню динамічний характер.

Подальший розвиток отримали поведінкові моделі (search and matching та agent-based), які дозволили враховувати складні процеси адаптації, навчання та взаємодії між економічними агентами. На відміну від DSGE-моделей загальної рівноваги, агентно-орієнтовані моделі не потребують припущення про рівноважність – вони описують процес адаптації та самоорганізації системи. Кожен агент має власні характеристики (вік, освіта, досвід, мотивацію) і приймає рішення на основі локальної інформації. Через симуляції можна відтворювати динаміку безробіття, пошук роботи, вплив технологічних змін, міграцію, політику зайнятості тощо. Завдяки цьому АВМ-підхід дає змогу моделювати реальні соціальні процеси, наприклад вплив навчання, переїздів чи змін у вимогах до навичок на

структурні дисбаланси попиту та пропозиції робочої сили. Нині використовуються:

- дані з платформ працевлаштування (LinkedIn тощо);
- дані про мобільність для прогнозування в режимі реального часу;
- моделювання поведінки окремих працівників та компаній для розуміння динаміки, що виникає;
- нейронні мережі та Boosting для фіксації складних нелінійних зв'язків у великих наборах даних;
- перехід від професій до конкретних навичок (наприклад, цифрових, зелених навичок);
- моделі RNN-LSTM для складних закономірностей у певних секторах.

Сучасні розробки поєднують агентно-орієнтоване моделювання з машинним навчанням та мікроданими, створюючи базу для прогнозування професій майбутнього. Системи прогнозування, реалізовані в ЄС (Cedefop, INAPP, BeTa, EURACE), демонструють ефективність інтегрованого підходу, у якому stock-flow моделі описують макродинаміку, а agent-based моделі – поведінкову реакцію осіб, домогосподарств і фірм. Такі системи дають змогу не лише прогнозувати кількісні зміни у структурі зайнятості, а й моделювати вплив політики, технологічних інновацій і демографічних факторів на поведінку суб'єктів ринку праці.

Українська практика прогнозування зберігає переважно балансово-статистичний характер, однак наукові дослідження Інституту демографії та досліджень якості життя імені Михайла Птухи НАН України, Державної служби зайнятості та Міністерства освіти і науки свідчать про поступове впровадження потокових (stock-flow) елементів. Це створює передумови для модернізації вітчизняної системи прогнозування шляхом інтеграції мікросоціальних і демографічних чинників.

Отже, сучасне прогнозування попиту і пропозиції робочої сили дедалі більше ґрунтується на поведінкових, стохастичних і агентно-орієнтованих моделях, що відображають складність і гнучкість реального ринку праці. Українська наука стоїть на порозі переходу до цієї парадигми, і використання міжнародного досвіду може стати важливою передумовою для підвищення точності прогнозів, ефективності політики зайнятості та розвитку людського капіталу.

Напрями подальших досліджень полягають у формуванні інформаційної бази та розробці прикладних комплексних stock-flow та agent-based моделей для оцінки й аналізу процесів на ринку праці України. Це дозволить, зокрема, суттєво деталізувати аналіз попиту та пропозиції робочої сили, а також урахувати основні поведінкові ефекти для основних груп економічно працездатного населення.

References

1. Clark, C. (1957). *The Conditions of Economic Progress*. (2nd ed.). London: Macmillan and Co., Ltd.
2. Bowen, W. G., & Finegan, T. A. (1969). *The Economics of Labor Force Participation*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
3. ILO. (2020). *World Employment and Social Outlook. Trends 2020*. Geneva: International Labour Office. Retrieved from <https://www.ilo.org/publications/world-employment-and-social-outlook-trends-2020-0>
4. Cedefop. (14 Mar 2025). *Cedefop skills forecast 2035: the twin transition and the demographic challenge drive demand for high-level skills*. Headlines. Retrieved from <https://www.cedefop.europa.eu/en/news/cedefop-skills-forecast-2035-twin-transition-and-demographic-challenge-drive-demand-high-level>
5. Sudakov, M., & Lisohor, L. (2023). Labour Market of Ukraine 2022–2023: state, trends, and prospects. Retrieved from https://fscluster.org/sites/default/files/labour_market_of_ukraine_2023_en42.pdf
6. Stratehia zainiatosti naselennia na period do 2030 roku [Employment Strategy of Ukraine 2030]. (2025). *me.gov.ua*. Retrieved November 6, 2025 from <https://me.gov.ua/view/f795dcce-1469-454c-8f29-b3a5f9f02e77> [in Ukrainian].
7. Pro skhvalennia Stratehii demohrafichnoho rozvytku Ukrainy na period do 2040 roku: rozporядzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30.09.2024 r. № 922-r [On approval of the Demographic Development Strategy of Ukraine 2040. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of September 30, 2024 No. 922-r]. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-2024-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
8. Richiardi, M. G. (2012). The Future of Agent-Based Modelling. *Eastern Economic Journal*, 43, 271–287. <https://doi.org/10.1057/s41302-016-0075-9>
9. Neugart, M., & Richiardi, M. G. (2018). Agent-Based Models of the Labor Market. *The Oxford Handbook of Computational Economics and Finance*. Chen, Sh.-H., Kaboudan, M., & Du, Ye-R. (Eds.). (pp. 667–687). <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199844371.013.24>
10. Dawid, H., Harting, P., & Neugart, M. (2014). Economic convergence: Policy implications from a heterogeneous agent model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 44, 54–80. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2014.04.004>

11. Mortensen, D. T., & Pissarides, C. A. (1994). Job Creation and Job Destruction in the Theory of Unemployment. *Review of Economic Studies*, 61 (3), 397–415. <https://doi.org/10.2307/2297896>
12. Pissarides, C. A. (2017). *Equilibrium Unemployment Theory*. (2nd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
13. Bosworth, D., Jones, P., & Wilson, R. (2008) The transition to a highly qualified workforce. *Education Economics*, 16 (2), 127–147. <https://doi.org/10.1080/09645290701306341>
14. Measuring the economic impact of further education. (2011). *BIS Research Paper*. No. 38. Retrieved from <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a78f65340f0b6324769b86b/11-816-measuring-economic-impact-further-education.pdf>
15. Bosworth D., & Wilson R. (2011). *Forecasting skill supply and demand in Europe to 2020: Stock Flow Model and other Modelling Developments*. Cedefop project on forecasting skills supply and demand in Europe. Technical report. Warwick: Institute for employment research.
16. Bruni, M. (1988). A Stock-Flow Model to Analyse and Forecast Labour Market Variables. *Labour*, 2 (1), 55–116. DOI:10.1111/j.1467-9914.1988.tb00128.x
17. Blanchard, O., & Diamond, P. (1989). The Beveridge Curve. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, 1–76. DOI:10.2307/2534495
18. Gregg, P., & Petrongolo, B. (2005). Stock-Flow Matching and the Performance of the Labour Market. *European Economic Review*, 49 (8), 1987–2011. doi:10.1016/j.euroecorev.2004.09.004
19. Kriechel, B., & Sauermann, J. (2010). Forecasting skill supply and demand in Europe to 2020: Replacement demand – methods and results. Version 2.0. www.cedefop.europa.eu. Retrieved from https://www.cedefop.europa.eu/files/Replacement_demand_-_methods_and_results.pdf
20. Tinbergen, J. (1956). *Economic Policy: Principles and Design*. Amsterdam: North-Holland Publishing.
21. Layard, R., Nickell, S., & Jackman, R. (1991). *Unemployment: Macroeconomic Performance and the Labour Market*. Oxford University Press.
22. Leontief, W. (1986). *Input-Output Economics*. (2nd ed.). New York: Oxford University Press. Retrieved from <https://liremarx.noblogs.org/files/2020/02/Wassily-Leontief-Input-Output-Economics-Oxford-University-Press-USA-1986.pdf>
23. OECD. (1993). *Projecting the occupational structure of employment in OECD countries*. Labor Market and Social Policy Occasional Papers. No. 10. Retrieved from [https://one.oecd.org/document/OCDE/GD\(93\)7/en/pdf](https://one.oecd.org/document/OCDE/GD(93)7/en/pdf)
24. Bandur, S. I., Zayats, T. A., & Onikienko, V. V. (2001). *Sotsialni pryorityety rynku pratsi: metodolohiia, praktyka, shliakhy zabezpechennia [Social Priorities of the Labor Market: Methodology, Practice, Ways of Ensuring]*. Kyiv: RVPS of Ukraine NAS of Ukraine [in Ukrainian].
25. OECD. (11 July 2023). *OECD Employment Outlook 2023: Artificial Intelligence and the Labour Market*. <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>
26. Blossfeld, H.-P., & Rohwer, G. (2002). *Techniques of Event History Modeling*. (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
27. Yakhin, Y., & Presman, N. (2015). A Stock-Flow Accounting Model of the Labor Market: An Application to Israel. *IMF Working Paper* No. 15/58, Retrieved from <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2015/wp1558.pdf>
28. Ballot, G., Kant, J.-D., & Goudet, O. (2013). A multi-agent model of the French Labor Market. WORKSIM. *WEHIA 2013. 18th Annual Workshop on Economic Science with Heterogeneous Interacting Agents* (Jun 2013). Reykjavik Iceland. Retrieved from <https://hal.science/hal-01512989v1>
29. D'Alessio, A., & Manente, F. (20 febbraio 2024). Le sfide del Mercato del lavoro: alcune evidenze empiriche. Intervento a “Percorso orientamento PNRR”. *INAPP*. Retrieved from <https://oa.inapp.org/xmlui/handle/20.500.12916/4195> [in Italian].
30. Fagiolo, G. & Dosi, G. (2003). Exploitation, exploration and innovation in a model of endogenous growth with locally interacting agents. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14, 3, 237–273. [https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(03\)00022-5](https://doi.org/10.1016/S0954-349X(03)00022-5)

A. V. Kuranda,

Post graduate student,

Mykhailo Ptukha Institute for Demography and

Life Quality Research of the NAS of Ukraine,

E-mail: avkuranda@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9953-7578>

Evolution of Approaches to Anticipating Labour Demand and Supply

Anticipating labour supply and demand remains relevant due to significant transformations in the labor market caused by socio-economic, demographic, and technological factors. In addition, infrastructure destruction, job losses, and large-scale flows of displaced persons have further exacerbated these problems. Adapting educational programs, forecasting the necessary professional skills, and training specialists for the restoration and reconstruction of the country are currently important for ensuring stability and economic growth. The issue of forecasting supply and demand is on the government's agenda. The priority task for demographic development and economic growth in general is to regulate supply and demand in the labor market. In accordance with the Program of Activities of the Cabinet of Ministers of Ukraine in 2025, a draft National Employment Strategy 2030 has been developed, which focuses, in particular, on better balancing labor supply and demand in the labor market.

The article systematizes methodological approaches to forecasting labor supply and demand, ranging from classical macroeconomic and stock-flow models to modern agent-oriented approaches. It is determined that the evolution of labor demand and supply forecasting models reflects changes in economic theory paradigms – from deterministic to stochastic, from aggregate to micro-oriented. While macroeconomic balance and trend methods dominated in the mid-20th century, since the 1990s the focus has gradually shifted to modeling the behavior of individual economic agents – employers, employees, and households. This has allowed for a deeper understanding of the mechanisms of market equilibrium formation and responses to technological, demographic, and institutional changes.

The experience with approaches to forecasting labor supply and demand has been generalized, and the advantages and limitations of different methods have been identified, taking into account their suitability for analyzing labor market dynamics. The stock–flow method laid the foundation for quantitative analysis of labor flows; dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models with a job search and matching mechanism introduced a behavioral component; BeTa-type models demonstrated how policy and skills can be integrated into a single macro structure; and agent-based modeling opened up the possibility of studying individual dynamics, adaptation, and interaction. Thus, the modern paradigm of labor market forecasting is increasingly focused on microdynamics, flexibility, and complex behavior of agents, which makes it the most promising for the development of effective employment policies.

Scientifically sound recommendations have been formulated on the application of the approaches considered for assessing and forecasting labor supply and demand in the Ukrainian labor market, particularly during the recovery period.

Key words: *demand, supply, labor, forecasting, stock-flow, search and matching, agent-based modelling.*

Бібліографічний опис для цитування:

Куранда А. В. Еволюція підходів до прогнозування попиту і пропозиції робочої сили. *Статистика України*. 2025. № 4. С. 49–57. Doi: 10.31767/su.4(111)2025.04.05

Bibliographic description for quoting:

Kuranda, A. V. (2025). *Evolutsiia pidkhdov do prohnozuvannia popytu ta propozytsii robochoi syly* [Evolution of Approaches to Anticipating Labour Demand and Supply]. *Statystyka Ukrainy – Statistics of Ukraine*, 4, 49–57. Doi: 10.31767/su.4(111)2025.04.05 [in Ukrainian].