

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Навчально-науковий інститут  
«Інститут інформаційних технологій в економіці»**

**Кафедра математичного моделювання та статистики**

**Освітньо-професійна програма**

**Галузь знань**

**Спеціальність**

**Економічна кібернетика**

**05 Соціальні та поведінкові науки**

**051 Економіка**

Форма навчання: очна (денна)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

на тему «Прогнозування рівня середньої заробітної плати в Україні»

*(назва теми)*

здобувача Коваленко Анастасії Арсеніївни

*(ПІБ, підпис)*

Науковий керівник: кандидат економічних наук,  
доцент Кмитюк Т. Л.

*(науковий ступінь, учене звання, ПІБ)*

*(підпис)*

**Робота допущена до захисту перед екзаменаційною  
комісією з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)**

Завідувач кафедри кандидат фізико-математичних наук,  
професор Великоіваненко Г.І.

*(підпис)*

**Київ 2023**

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП .....</b>	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ.....</b>	<b>6</b>
1.1 Економічна сутність поняття заробітної плати .....	6
1.2 Види та функції заробітної плати.....	13
1.3 Організаційні основи заробітної плати.....	20
<b>РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ .....</b>	<b>25</b>
2.1 Економетричне моделювання заробітної плати .....	25
2.2 Статистичні критерії оцінювання точності економетричних моделей та прогнозу.....	28
<b>РОЗДІЛ 3. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ .....</b>	<b>35</b>
3.1 Моделювання середньої заробітної плати з використанням регресійного аналізу.....	35
3.2 Оцінка точності побудованої економетричної моделі та прогнозу .....	42
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>51</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>53</b>

## ВСТУП

Вирішення проблеми підвищення продуктивності праці значною мірою залежить від матеріальної зацікавленості працівників підприємства, яка зводиться до збільшення їхніх доходів. Особлива, центральна роль у структурі доходів працівника належить заробітній платі. Заробітна плата – є важливим дієвим інструментом, за допомогою якого можна визначити ефективність праці найманих працівників. Як зараз, так і в найближчі роки вона залишається основним джерелом доходів для переважної більшості працівників, а це означає, що заробітна плата і в майбутньому буде найпотужнішим стимулом для поліпшення результатів праці і виробництва в цілому. Оскільки українські підприємства стикаються зі складними соціально-економічними умовами, потреба у підвищенні рівня заробітної плати та вдосконаленні системи управління заробітною платою стає дедалі гострішою. Необхідність вивчення та розкриття специфіки заробітної плати та її впливу на якість життя населення зумовлює актуальність даного дослідження.

Серед вітчизняних вчених, які вивчали поняття та функції заробітної плати М. Ажнюк, А. Сірко, А. Колот, І. Малицька, Ю. Залознова, А. Ревко, А. Калина, В. Труба, до числа зарубіжних вчених А. Сміт, К. Маркс. Економічні, політичні, інституціональні перетворення в країні значно впливають на рівень заробітної плати, яка визначає рівень життя населення, тому питання залишається актуальним і потребує подальшого вивчення.

Заробітна плата виступає важливим компонентом соціально-трудоких відносин, можливістю задовольнити різноспрямовані економічні інтереси, поєднувати які досить складно. При тому, що основний економічний інтерес для роботодавців та найманих працівників полягає у максимальному досягненні корисності, держава, в цьому випадку повинна забезпечити збалансовані і стабільні відносинах між ними. Вже досить тривалий час для України питання щодо

винагороди за виконану роботу є одним із ключових, оскільки викликає резонанс значна різниця між високою вартістю життя і низькою ціною праці.

Мета даної роботи полягає у моделюванні середньомісячної заробітної плати за допомогою регресійного аналізу та здійсненні короткочасного прогнозу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- узагальнити теоретичні аспекти оплати праці, зокрема дослідити з позицій економічного підходу сутність понять “заробітна плата”;
- дослідити особливості організаційної основи заробітної плати;
- змодельовати середню заробітну плату за допомогою регресійного аналізу;
- оцінити точність економетричної моделі;
- визначити головні чинники впливу на рівень заробітної плати;
- здійснити короткостроковий прогноз.

Об’єктом дослідження є середня заробітна плата в Україні.

Предметом дослідження є методи та моделі дослідження заробітної плати.

Теоретичним та методичним підґрунтям проведення дослідження стали загальнонаукові та спеціальні методи пізнання, концептуальні положення сучасної економічної теорії, системний і комплексний підходи до вивчення суспільних явищ і процесів. У процесі наукового дослідження використовували загальноекономічні та специфічні методи, зокрема, абстрактно-логічний (для теоретичних узагальнень результатів дослідження та формулювання висновків); регресійний аналіз (для визначення якісних і кількісних залежностей змінних середньої заробітної плати), а також аналіз і синтез, метод єдності історичного та логічного й інші наукові методи дослідження. У розділі 3 обчислення виконувалися за допомогою сучасних програмно-технічних засобів, зокрема RStudio.

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає у тому, що сформульовані пропозиції та висновки можна використати у науково-дослідницькій сфері.

Інформаційною базою дослідження є законодавчі та підзаконні нормативно-правові акти України, конвенції Міжнародної організації праці, концепції та програми у сфері регулювання оплати праці, статистичні дані Державної служби статистики України, матеріали міжнародних організацій, а також публікації у періодичних виданнях, монографії, праці вітчизняних і зарубіжних авторів, Інтернет-ресурси.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ

#### 1.1 Економічна сутність поняття заробітної плати

Заробітна плата - це винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку за трудовим договором роботодавець виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства [1].

Еволюція заробітної плати як економічної категорії пройшла тривалий шлях. Розуміння природи заробітної плати зміщувалося відповідно до соціально-економічних відносин. Найбільш рання концепція походить від робіт А. Сміта і Д. Рікардо, які описували заробітну плату як ціну праці. Точка зору А. Сміта [2] полягала в тому, що праця виступає як товар і має природну ціну, відому як «природна заробітна плата». Це визначалося витратами виробництва, такими як витрати на придбання необхідних засобів існування для робітника та його сім'ї. Розмір і динаміка заробітної плати формувалися під впливом ринкових факторів, зокрема балансу попиту та пропозиції.

К. Маркс [3] відповідав за розробку концепції заробітної плати, згідно з якою заробітна плата є економічним проявом вартості «робочої сили» або «перетвореної вартості продукту робочої сили». Основа цієї ідеї базується на розмежуванні понять «праця» і «робоча сила», а також на аргументі, що праця не є товаром і, отже, не може мати вартість. З іншого боку, робоча сила, яка є здатністю працювати, є товаром, і заробітна плата представляє її вартість через грошовий вираз вартості. Економічне значення заробітної плати полягає в тому, що вона забезпечує задоволення матеріальних і духовних потреб, необхідних для процесу

відтворення робочої сили. Маркс стверджував, що заробітна плата не обмежується мінімальними фізіологічними засобами існування, а натомість залежить від економічного, соціального та культурного рівня суспільства, а також ситуації на ринку, продуктивності, інтенсивності та складності праці.

Теорія переговорів про заробітну плату стверджує, що заробітна плата, тривалість робочого дня та умови праці визначаються відносною силою переговорів сторін, які укладають угоду. Сміт виявив таку теорію, коли зазначив, що роботодавці мають більшу силу на переговорах, ніж працівники. Роботодавці були в кращому становищі, щоб об'єднати свою опозицію до вимог працівників, і роботодавці також були здатні витримати втрату доходу протягом більш тривалого періоду, ніж працівники. Цю ідею значною мірою розвинув Джон Девідсон, який у своїй праці "Теорія угоди про заробітну плату" (1898) [4] припустив, що визначення заробітної плати є надзвичайно складним процесом, що включає численні впливи, які взаємодіють для встановлення відносної сили сторін у переговорах.

Ця теорія стверджує, що жоден фактор або одна комбінація факторів не визначає заробітну плату і що жодна ставка заробітної плати не обов'язково переважає. Натомість існує діапазон ставок, кожна з яких може існувати одночасно. Верхня межа діапазону являє собою ставку, вище якої роботодавець відмовляється наймати певних працівників. На цю ставку може впливати багато факторів, включаючи продуктивність працівників, конкурентну ситуацію, розмір інвестицій та оцінку роботодавцем майбутніх умов ведення бізнесу. Нижня межа діапазону визначає ставку, нижче якої працівники не будуть пропонувати свої послуги роботодавцю. На цю ставку впливає законодавство про мінімальну заробітну плату, рівень життя працівників, їхня оцінка ситуації на ринку праці та знання ставок, які платять іншим. Ані верхня, ані нижня межа не є фіксованою і може змінюватись як у бік збільшення, так і в бік зменшення. Ставка або ставки в межах діапазону визначаються відносною переговорною силою.

Теорія переговорів є дуже привабливою для профспілкових організацій, оскільки, на відміну від теорій прожиткового мінімуму та фонду заробітної плати,

вона надає дуже переконливу причину для існування профспілок: простіше кажучи, переговорна сила профспілки є набагато більшою, ніж сила окремих працівників. Однак слід зазначити, що історично працівники були здатні покращити своє становище без допомоги профспілок. Це вказує на те, що тут мали діяти інші фактори, крім відносної переговорної сили сторін. Хоча теорія переговорів може пояснити ставки заробітної плати в короткострокових ситуаціях (наприклад, існування певної диференціації заробітної плати), в довгостроковій перспективі вона не може пояснити зміни, які спостерігаються в середньому рівні заробітної плати [5].

Наприкінці 19 століття аналіз граничної продуктивності почали застосовувати не лише до праці, але й до інших факторів виробництва. Ця ідея не була новою для пояснення явища заробітної плати, оскільки Сміт помітив, що існує взаємозв'язок між ставками заробітної плати та продуктивністю праці, а німецький економіст Йоганн Генріх фон Тюнен розробив тип аналізу заробітної плати на основі граничної продуктивності у 1826 році. Економісти австрійської школи зробили важливий внесок у маржинальну ідею після 1870 року, і, спираючись на цю ідею, ряд економістів у 1890-х роках, включаючи Філіпа Генрі Вікстіда в Англії та Джона Бейтса Кларка в США, розвинули її в теорію розподілу на основі граничної продуктивності. Цілком ймовірно, що тривожні висновки, зроблені Марксом з класичної економічної теорії, надихнули цей розвиток. На початку 1930-х років Джоан Робінсон в Англії та Едвард Чемберлін у США вдосконалили аналіз граничної продуктивності, зокрема, у сфері монополістичної конкуренції.

У застосуванні до заробітної плати теорія граничної продуктивності стверджує, що роботодавці будуть схильні наймати працівників певного типу до тих пір, поки внесок останнього (граничного) працівника в загальну вартість продукту не зрівняється з додатковими витратами, понесеними в результаті найму ще одного працівника. Ставка заробітної плати встановлюється на ринку через попит і пропозицію на певний вид праці, необхідний для виконання роботи. Конкурентні ринкові сили гарантують працівникам, що вони отримуватимуть

заробітну плату, яка дорівнює граничному продукту. Відповідно до закону спадної граничної продуктивності, внесок кожного наступного працівника менший, ніж внесок його попередника, але вважається, що працівники певного типу однакові - іншими словами, всі працівники вважаються взаємозамінними - і будь-хто з них може вважатися граничним працівником. Через це всі працівники отримують однакову заробітну плату, а отже, наймаючи маржинальних працівників, роботодавець максимізує свої прибутки. Допоки кожен додатковий працівник робить більший внесок у загальну вартість, ніж він коштує у вигляді заробітної плати, він платить роботодавцю, щоб той продовжував наймати працівників. Поза межами граничної продуктивності додаткові працівники коштуватимуть більше, ніж їхній внесок, і відніматимуться від досяжного прибутку.

Хоча колись теорія граничної продуктивності була панівною теорією заробітної плати, відтоді її багато хто критикує, а дехто відкидає. Основна критика теорії полягає в тому, що вона ґрунтується на нереалістичних припущеннях, таких як існування однорідних груп працівників, чийі знання про ринок праці є настільки повними, що вони завжди будуть переходити до найкращих можливостей працевлаштування. Насправді працівники не є однорідними і не є взаємозамінними. Зазвичай вони мало обізнані з ринком праці, і через родинні зв'язки, стаж роботи та інші міркування вони не часто швидко переходять з однієї роботи на іншу. Припущення, що роботодавці здатні точно вимірювати продуктивність і вільно конкурувати на ринку праці, також є надуманим. Навіть припущення, що всі роботодавці намагаються максимізувати прибуток, може бути піддане сумніву. Мотив прибутку не впливає на благодійні організації чи державні установи. І, нарешті, для того, щоб теорія працювала належним чином, мають бути дотримані такі ідеальні умови: праця і капітал мають бути повністю зайняті, так що підвищення продуктивності може бути забезпечене лише за рахунок збільшення витрат; капітал і праця мають бути легко замінними один для одного; і ситуація має бути повністю конкурентною. Очевидно, що жодне з цих припущень не відповідає реальному світу.

Монополістичні або майже монополістичні умови, наприклад, поширені в сучасній економіці, особливо там, де є лише кілька великих виробників (наприклад, в автомобільній промисловості). У багатьох випадках заробітна плата визначається за столом переговорів, де виробники ведуть переговори з представниками організованої праці. За таких обставин аналіз граничної продуктивності не може точно визначити заробітну плату; він може лише показати позиції, яких прагнутимуть досягти профспілка (як монополіст на ринку праці) та роботодавець (як моносоністичний, або єдиний, покупець послуг праці), залежно від їхньої поточної політики.

Деякі критики вважають, що нереалістичність її припущень робить теорію граничної продуктивності абсолютно неспроможною. У кращому випадку, теорія здається корисною лише як внесок у розуміння довгострокових тенденцій у заробітній платі [6].

Теорія купівельної спроможності заробітної плати стосується зв'язку між заробітною платою, зайнятістю та діловим циклом. Це не теорія визначення заробітної плати, а скоріше теорія впливу витрат (через споживання та інвестиції) на економічну активність. Теорія набула популярності під час Великої депресії 1930-х років, коли стало очевидним, що зниження заробітної плати може не призвести до збільшення зайнятості, як вважалося раніше. У "Загальній теорії зайнятості, відсотка і грошей" (1936) [7] англійський економіст Джон Мейнард Кейнс стверджував, що (1) депресивне безробіття не можна пояснити тертями на ринку праці, які переривають рух економіки до рівноваги повної зайнятості, і (2) припущення про те, що "всі інші умови залишаються рівними" є окремим випадком, який не має реального застосування до існуючої ситуації. Кейнс пов'язував зміни в зайнятості зі змінами в споживанні та інвестиціях і вказував на те, що економічна рівновага може існувати і при меншій, ніж повна, зайнятості.

Теорія базується на припущенні, що зміни в заробітній платі матимуть значний вплив на споживання, оскільки заробітна плата становить великий відсоток національного доходу. Тому передбачається, що зниження заробітної

плати зменшить споживання, а це, в свою чергу, зменшить попит на товари та послуги, що призведе до падіння попиту на робочу силу.

Фактичні результати залежатимуть від кількох чинників, особливо тих, що стосуються цін (або інших чинників, пов'язаних із вартістю життя). Якщо заробітна плата падає швидше, ніж ціни, то реальна заробітна плата працівників різко скоротиться, споживання впаде, а безробіття зросте - якщо тільки загальні витрати не будуть підтримуватися за рахунок збільшення інвестицій, як правило, у формі державних витрат. З іншого боку, підприємці можуть розглядати нижчі витрати на заробітну плату (у співвідношенні до цін) як обнадійливий знак на шляху до більших прибутків, і тоді вони можуть збільшити свої інвестиції та найняти більше людей за нижчими ставками, таким чином підтримуючи або навіть збільшуючи загальні витрати та зайнятість. Якщо ж роботодавці сприймають падіння зарплат і цін як ознаку подальшого зниження, вони можуть скоротити свої інвестиції або не робити нічого, окрім як підтримувати їх на попередньому рівні. У цьому випадку сукупні витрати та зайнятість скоротяться.

І навпаки, якщо заробітна плата падатиме повільніше, ніж ціни, реальна заробітна плата працівників зростатиме, а споживання може збільшитися. Якщо інвестиції принаймні не зменшаться, сукупні витрати в доларовому еквіваленті зростуть, що сприятиме підвищенню зайнятості. Однак, якщо підприємці сприйматимуть зменшення норми прибутку як сигнал небезпеки, вони можуть скоротити свої інвестиції, і, якщо це призведе до скорочення сукупних витрат, зайнятість впаде. Якщо заробітна плата і ціни впадуть на однакову величину, не повинно відбутися жодних змін у споживанні та інвестиціях, і в цьому випадку зайнятість залишиться незмінною.

Слід зазначити, що теорія купівельної спроможності включає психологічні та інші суб'єктивні міркування, а також ті, які можна виміряти більш об'єктивно. Чи можна її ефективно використовувати для прогнозування або контролю бізнес-циклу, залежить як від політичних, так і від економічних факторів, оскільки державні видатки є частиною загальних витрат, податки можуть впливати на

приватні витрати тощо. Теорія застосовна до всієї економіки, а не до окремої фірми [8].

Відповідно до Конвенції «Про захист заробітної плати» № 95, термін «заробітна плата» означає, незалежно від назви й методу обчислення, будь-яку винагороду або заробіток, які можуть бути обчислені в грошах, і встановлені угодою або національним законодавством, що їх роботодавець повинен заплатити, на підставі письмового або усного договору про наймання послуг, працівникові за працю, яку виконано, чи має бути виконано, або за послуги, котрі надано, чи має бути надано [9].

Визначаючи заробітну плату як елемент найманих трудових відносин, Б. Гринчуцький та В. Заброцький ілюструють її сутність як посередника між двома сторонами: власником робочої сили та власником грошей. Приймаючи роботу, особа продає свою працю, щоб отримати заробітну плату та засоби до існування. Оскільки робітникам бракує володіння обставинами виробництва, вони не можуть продати готовий продукт. Тому вони можуть продавати лише свою послугу, а не продукт як товар [10].

Найбільш значущою сучасною концепцією, що розкриває економічну сутність заробітної плати, є теорія людського капіталу [11].

Теорія людського капіталу стверджує, що заробіток на ринку праці залежить від інформації та навичок працівників. Вона ґрунтується на визнанні того, що сім'я робить значний внесок у набуття навичок. Ця теорія значною мірою була сформована Гері С. Беккером, американським учнем Шульца, який розглядав людський капітал як результат інвестиційного процесу. Оскільки набуття продуктивних знань коштує дорого (наприклад, студенти сплачують прямі витрати і відмовляються від можливості отримувати заробітну плату), він дійшов висновку, що раціональні суб'єкти здійснюватимуть такі інвестиції лише тоді, коли очікуваний потік майбутніх вигод перевищуватиме короткострокові витрати, пов'язані з набуттям навичок [12]. Ідеологія, що лежить в основі значних інвестицій в освіту та людський розвиток, базується на теорії про те, що це може бути

ефективним джерелом економічного зростання та призвести до гідної оплати праці на всіх рівнях.

Пройшовши ряд трансформацій, заробітна плата перетворилася на те, що є сьогодні. Традиційним трактуванням в економічній теорії стало розуміння заробітної плати як форми оплати праці. Зараз українські науковці ще прагнуть сформулювати точне визначення терміну «заробітна плата», оскільки вважають, що кожна фаза її розвитку вносить унікальні модифікації [13].

## **1.2 Види та функції заробітної плати**

Заробітну плату можна розділити на дві категорії - номінальну заробітну плату та реальну заробітну плату.

Сума грошей, яку працівник отримує за свою працю протягом певного періоду, будь то день, місяць або рік, відома як його номінальна зарплата [14]. За словами Сірка А.В., ця номінальна заробітна плата являє собою загальну суму винагороди, яку отримує працівник за свою працю, або грошову оцінку його праці [15]. До номінальної заробітної плати відносять основну та додаткову заробітну плату, а також інші форми компенсаційних і заохочувальних виплат, які надаються працівникові відповідно до законодавства [16].

У «Методиці розрахунку індексів реальної заробітної плати» визначено, що індекс номінальної заробітної плати визначається шляхом розрахунку середнього фонду оплати праці працівників за певний період (годину, місяць, квартал, рік). Потім цей фонд ділиться або на кількість відпрацьованих годин, або на оплачуваний робочий час працівників, середню кількість зареєстрованих працівників, зайнятих повний робочий день, або середню кількість працівників, еквівалентних повній зайнятості, протягом відповідного періоду [17].

Лише номінальна заробітна плата недостатня для визначення фактичного доходу від праці, оскільки кількість товарів, які можна придбати на ту саму суму грошей, може змінюватися протягом різних періодів часу. Інфляційний тиск на ціни товарів і послуг також може знизити купівельну спроможність номінальних доходів. Тому важливо розрізняти номінальну та реальну заробітну плату [14].

Реальна заробітна плата означає кількість товарів і послуг, які можна придбати за рахунок номінальної заробітної плати. Іншими словами, це з'ясовує купівельний потенціал номінальної заробітної плати.

Встановлення розміру мінімальної заробітної плати – це те, як держава регулює оплату праці на певному рівні. Мінімальна заробітна плата — законодавчо встановлений розмір заробітної плати за просту, некваліфіковану працю, нижче якого не може проводитися оплата за виконану працівником місячну, а також погодинну норму праці (обсяг робіт) (ст. 95 Кодексу законів про працю України; ст. 3 Закону України «Про оплату праці») [1].

Держава зобов'язує всі суб'єкти господарювання, незалежно від форм власності та структури управління, забезпечувати своїм працівникам мінімальну заробітну плату на всій території України. Ця гарантія є ключовим компонентом у забезпеченні добробуту робочої сили, оскільки вона визначає низку фінансових виплат, включаючи, але не обмежуючись, стипендії, підтримку в періоди безробіття, допомогу по догляду за дитиною, компенсацію за відпустку через хворобу та пенсії за віком, які всі розраховуються на основі вартості цієї заробітної плати [18].

Заробітна плата виступає найважливішою складовою у сфері практичної діяльності, сприяючи узгодженню та реалізації інтересів основних суб'єктів соціально-трудових відносин, а саме працівників і роботодавців [19].

Якщо говорити про функції, то в Законі України "Про оплату праці" зазначаються тільки дві функції, це відтворювальна та стимулююча [20]. В наукових працях, вчені додають ще такі головні функції – це соціальну, регулюючу [21].

Тема структури заробітної плати та механізмів її реалізації все ще є предметом дискусій в економічній літературі. Різні автори пропонують від двох до двадцяти чотирьох функцій, які має виконувати заробітна плата. У підручнику Г. Завіновської «Економіка праці» визначено чотири традиційні функції заробітної плати як основні джерела її оплати. До цих функцій належать репродуктивна, стимулююча, регулятивна, соціальна [22].

Відтворювальна функція заробітної плати вважається однією з ключових фундаментальних ролей, яку вона виконує. Послуги робочої сили є унікальним типом продукту, який вимагає постійного оновлення як фізичної, так і розумової енергії, щоб підтримувати нормальні функції людського організму. Таким чином, заробітна плата, яку отримують працівники, є основним джерелом коштів, які дозволяють їм поповнювати свою робочу силу. Таким чином, оцінка вартості послуг робочої сили повинна інформувати про параметри, які визначають ставки заробітної плати. Інакше кажучи, здатність до відтворення — це те, що дає працівникам та їхнім сім'ям доступ до ресурсів, необхідних для виживання, що в кінцевому підсумку забезпечує безперервне відтворення робочої сили [23]. Відтворювальна функція заробітної плати є вирішальним фактором, пов'язаним з іншими функціями.

Стимулююча функція полягає в мотивуванні працівників до ефективної трудової діяльності, максимізувати ефективність, покращувати якісні та кількісні показники трудової діяльності. Реалізація цієї мети залежить від визначення продуктивності трудової діяльності виконавця [21].

Взаємозв'язок і взаємодія відтворювальної і стимулюючої функцій забезпечують якісну стійкість грошової винагороди за працю, тому що, розмір заробітної плати має одночасно забезпечувати як відшкодування витрат робочої сили, всебічний розвиток всіх складових фізичного і духовного потенціалу людини, так і зацікавлювати її в неухильному підвищенні ефективності праці та виробництва [23].

Заробітна плата на ринку праці відіграє вирішальну роль у його регулюванні. Вона може впливати на баланс між попитом і пропозицією, склад персоналу в компаніях, кількість їх робочої сили та диференціацію заробітної плати між секторами. Ця конкретна функція відіграє роль посередника, яка існує між двома протилежними функціями: репродуктивною та стимулюючою. Її метою є досягнення балансу між інтересами як роботодавців, так і працівників шляхом інтеграції їхніх потреб. Основою цієї функції є сегментація рівнів винагороди, яка включає її диференціацію на окремі сегменти, відомі як субринки. Ці субринки – це групи працівників, які виділяються пріоритетом у сферах діяльності та станом ринку праці щодо попиту на зовнішньому та внутрішньому ринках. Функція, зокрема, регулює сегментацію заробітної плати, що передбачає розробку політики, яка встановлює рівень заробітної плати для окремих категорій працівників за обставин, коли попит і пропозиція на ринку праці не збігаються. Це робиться з урахуванням також рівня доходів працівників у різних сферах діяльності, наприклад, між ринковим сектором і бюджетною сферою, між сферою виробництва та послуг, а також між добувною та переробною промисловістю тощо. Іншими словами, регулююча функція реалізується в основному під час аналізу ринку праці, оскільки розглядається як інструмент розподілу і перерозподілу працівників за регіонами, галузями і підприємствами з урахуванням ринкової кон'юнктури [23], що призводить до мобільності робочої сили та трудових ресурсів до конкретних робочих місць, спонукає працівників до пошуку роботи в окремих районах країни та промисловості, задовільнивши потреби підприємства в працівниках.

Як впливає з теоретичних досліджень і підтверджується практикою, вартість послуг робочої сили формується під впливом витрат і результатів [24]. На формування мінімальних (гарантованих) рівнів оплати праці за послуги впливає видаткова складова, а результативна складова перевищує гарантований розмір оплати праці. Остання залежить як від якісних, так і від кількісних показників трудової діяльності. Вкрай важливо дотримуватися принципу рівної винагороди за

рівну працю при визначенні індивідуальної заробітної плати з метою сприяння соціальній справедливості. Суттєве значення в досягненні цих цілей має практична реалізація соціальної функції заробітної плати. З нинішнім акцентом на створенні соціально-орієнтованої ринкової економіки ця функція стала більш важливою, ніж будь-коли раніше. Нехтування соціальною функцією заробітної плати може перешкодити створенню ефективного мотиваційного механізму та справедливому підтриманню розподільних відносин.

Концепція заробітної плати, в економічних термінах, представляє динаміку між роботодавцем і працівником щодо розподілу новоствореної вартості або доходу. У той час як для працівників зарплата є основною формою доходу, для роботодавців вона є вирішальним елементом у розрахунку собівартості виробництва, визначальним фактором конкурентоспроможності продукції та значною складовою загального доходу компанії.

Підтримуючи заробітну плату на високому рівні, власник отримує стимули для збільшення виробництва та розробки нової економічної стратегії, оскільки частка заробітної плати в загальних витратах на виробництво зростає. На ранніх стадіях капіталізму власники займали панівне становище, яке дозволило їм отримувати прибуток від посилення експлуатації найманої праці та зниження вартості послуг праці. Однак у сучасний час дохід від власності залежить від здатності підприємців забезпечити високі рівні праці та ефективності використання капіталу, що компенсує високі витрати на робочу силу та створює прибуток. На конкурентному ринку підприємці піддаються ще більш суворому «природному відбору», ніж наймані працівники. Їх здатність підтримувати суспільно необхідний рівень ефективності використання праці та капіталу є об'єктивним критерієм відбору. Внутрішній конфлікт інтересів між найманими робітниками та власниками засобів виробництва в капіталістичній ринковій економіці стає рушійною силою суспільного прогресу.

Досліджуючи вплив заробітної плати на поведінку власників бізнесу, американський економіст І. Ставинський наголошує на актуальності створення

умов, що стимулюють капітал до підвищення ефективності виробництва з метою проведення прогресивної економічної політики. Згідно з його аналізом, першочерговою критичною умовою є забезпечення високого рівня заробітної плати. Таким чином капітал матиме обмежену здатність знижувати заробітну плату, навіть якщо продуктивність праці впаде нижче середнього рівня. У результаті власники бізнесу змушені будуть регулярно обслуговувати та модернізувати своє обладнання, щоб підтримувати продуктивність праці на рівні, який гарантує прийнятний прибуток [25].

Сучасний стан господарської діяльності показав, що рівень, структура та коливання заробітної плати, а також її внесок у загальний дохід мають значний вплив на загальну економічну стратегію компанії. Як наслідок, пропуск класифікації, яка стосується впливу заробітної плати на мотивацію та дії роботодавців, є необґрунтованим.

Вважається за необхідне розширити перелік основних функцій заробітної плати, з особливим наголосом на функції оптимізації. Ця функція визначається використанням заробітної плати як складової виробничих витрат для стимулювання власника вдосконалювати технічну інфраструктуру виробничого процесу, раціоналізувати операції та підвищувати продуктивність. Його практична реалізація пов'язана із запровадженням інноваційних структур і систем оплати праці, удосконаленням усіх складових оплати праці. Власник неминує розглядатиме те, що є найбільш вигідним для його інтересів, наприклад, скорочення персоналу та підвищення заробітної плати тим, хто залишився, заміна персоналу на автоматизацію або перенесення виробництва в райони з дешевшою вартістю робочої сили, серед інших варіантів.

Щоб підкреслити важливість оптимізації заробітної плати для мотивації роботодавців, необхідно визнати наступну закономірність.

З розвитком національної економіки внутрішній ринок насичується різноманітним вибором високоякісних продуктів і послуг. Економіка робить акцент на задоволенні потреб і уподобань своїх основних споживачів, а також

прагне підвищити середній рівень трудових доходів населення. Щоб задовольнити об'єктивний попит на більшу суму заробітної плати - основного джерела доходу робітничого класу - і збільшити її частку у ВВП, необхідно проводити економічну політику. Ця політика повинна бути спрямована на підвищення ефективності виробництва, а також стримування зростання витрат праці на одиницю продукції.

Функції заробітної плати можна умовно поділити на відтворювальну, стимулюючу, соціальну, регулятивну та оптимізаційну. Ці функції тісно переплітаються, і лише завдяки їх спільному впливу можна створити ефективну систему оплати праці. Будь-який надмірний акцент або протидія будь-якій із цих функцій, як показав світовий і внутрішній досвід, призводить до криз в економіці. Тому ми не погоджуємося з аргументацією В. Лагутіна про те, що заробітна плата на сучасному етапі економічного розвитку України повинна виконувати передусім стимулюючу функцію та надавати їй абсолютний пріоритет, оскільки така точка зору не враховує значення інших життєво важливих функцій заробітної плати.

За словами В.Лагутіна, в умовах економічної кризи вкрай важливо визначити пріоритетне питання - підвищення стимулюючої сили заробітної плати у зв'язку з розвитком виробництва. Основна мета реформування національної системи оплати праці повинна бути узгоджена з досягненням цієї мети шляхом розробки та реалізації стратегічних і тактичних планів [26].

Немає необхідності мати тверде переконання щодо зменшення вартості праці, яке досягається штучно через заробітну плату, яка не виконує відтворювальної функції. Така практика унеможлиблює реалізацію мотиваційної функції заробітної плати незалежно від того, чи є диференціація в оплаті праці низькою чи надмірною. Перше веде до рівності, а друге – до соціальної несправедливості. У будь-якому сценарії рівень трудової мотивації низький, оскільки соціальна функція не функціонує належним чином. У будь-якій економіці переважання певних інтересів і відхилення у функціях економічних складових неминуче породжує внутрішні суперечності. Зосередження виключно на мотиваційній функції заробітної плати не є винятком із цього правила.

Слід зазначити, що кожна функція заробітної плати має своїх персоніфікованих носіїв, також відомих як суб'єкти, які найбільше вкладаються в її виконання. Найважливіше значення для працівників мають відтворювальна та мотиваційна функції заробітної плати. Державні організації, які займаються належним функціонуванням ринку праці, схиляються до регулюючої функції заробітної плати. У реалізації соціальної функції заробітної плати, яка є гарантією прав і свобод працівників, сприяє забезпеченню соціальної справедливості в суспільстві, зацікавлені як працівники, так і держава. Однак це не означає, що роботодавці байдужі до виконання цієї функції. Насправді порушення принципу соціальної справедливості може мати суттєвий демотивуючий ефект і зрештою завдати шкоди інтересам роботодавця.

Першочерговою турботою роботодавця є ефективна реалізація функції оптимізації заробітної плати. Це пов'язано з тим, що роботодавець очікує отримати певний рівень виробництва від найманої праці, що дає йому змогу отримати очікуваний дохід і прибуток. Очевидно, що надмірний акцент на окремих функціях заробітної плати, як і свідоме заниження чи завищення їх значення, є актом протидії інтересам суб'єктів соціально-трудоких відносин. Ця протидія, свідома чи несвідома, може призвести до подальших деформацій у сфері оплати праці.

### **1.3 Організаційні основи заробітної плати**

На сучасному етапі становлення ринкових відносин вкрай важливо визначити основні принципи, якими має керуватися організація оплати праці в практичній діяльності. Незважаючи на свій досвід, економісти не поділяють загального визначення цих принципів.

Існують різні тлумачення поняття «принципи організації заробітної плати», що призводить до класифікації цих принципів за їх кількістю та змістом. Принципи

не завжди пов'язані із застосуванням економічних законів, які регулюють відносини розподілу або призначення заробітної плати, що може вважатися неприйнятним.

Принципи організації заробітної плати слід розглядати як основоположні «правила гри», що формують розподільні відносини шляхом визначення вартості робочої сили, що складається з комплексу науково обґрунтованих заходів, спрямованих на виконання функцій заробітної плати [27].

Управління заробітною платою в ринкових умовах передбачає поєднання таких складових:

- a) Регулювання, яке виконується державою.
- b) Регулювання контрактів може здійснюватися різними способами, включаючи формування генеральних, галузевих, регіональних або колективних договорів на рівні підприємства, а також трудових договорів з окремими працівниками.
- c) Визначення індивідуальної заробітної плати всередині компанії або структурного підрозділу може здійснюватися безпосередньо шляхом впровадження різних елементів, таких як тарифна система, нормування праці, різні форми і системи оплати праці (рис. 1.1).

Державне регулювання полягає в раціональному використанні економічних важелів і стимулів, до яких відносяться:

- раціональне визначення розміру заробітної плати;
- забезпечення соціальних гарантій працівникам (пенсії, стипендії, допомоги безробітним і ін.);
- фінансування витрат на освіту, культуру, науку й охорону здоров'я;
- оподаткування прибутків працівників та ін.

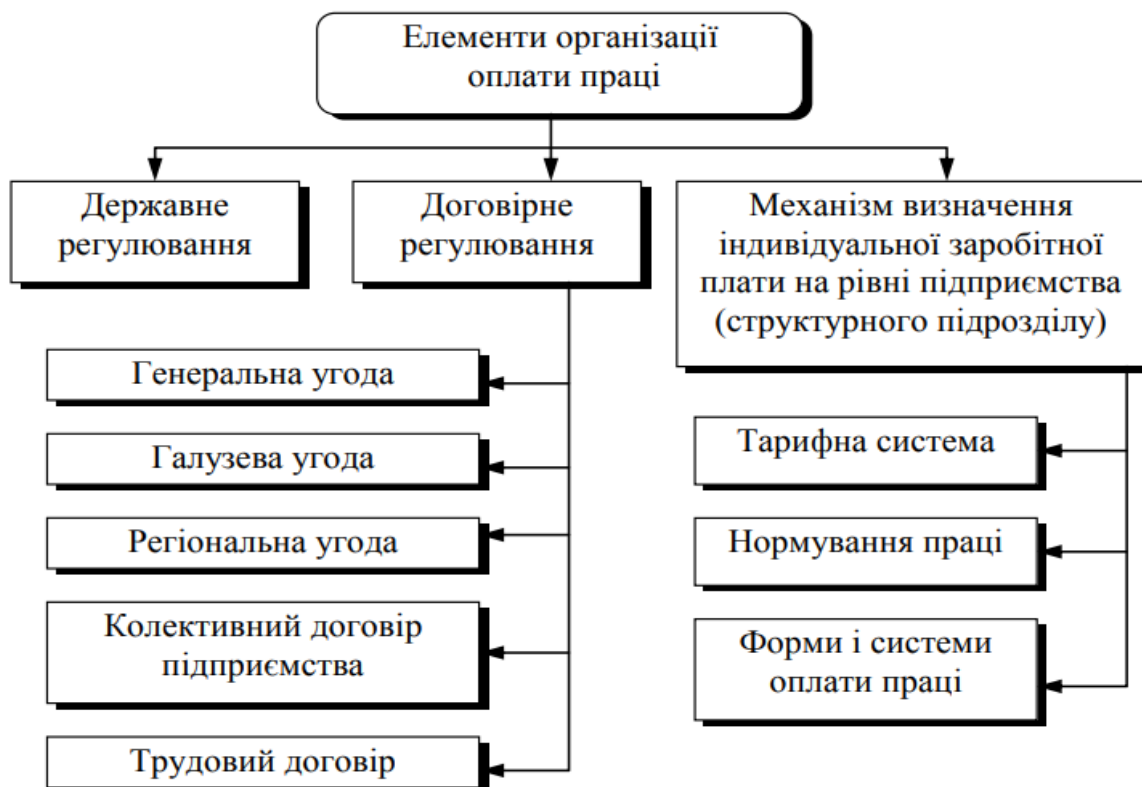


Рисунок 1.1 – Елементи організації оплати праці

*Джерело: розроблено автором на основі [27]*

Державне регулювання заробітної плати включає кілька компонентів, найважливішим з яких є встановлення та забезпечення мінімальної заробітної плати. Відповідно до Закону України "Про оплату праці" мінімальна заробітна плата - це встановлений законом розмір основної некваліфікованої праці, і менша оплата не може встановлюватися за місячну або погодинну виробіток працівника. Ця мінімальна заробітна плата не включає доплати, премії та компенсації. Його розмір визначається різними факторами, такими як мінімально необхідні витрати для підтримки базового рівня життя, середня зарплата в країні, рівень продуктивності, статистика зайнятості та інші економічні показники. Державні норми також поширюються на оплату понаднормової роботи, включаючи святкові, вихідні та нічні години, а також під час неочікуваних періодів простою, за які працівник не відповідає [28].

Метою договірною регулювання є встановлення правових та організаційних норм, структур, принципів і процедур, які сприяють ефективній взаємодії органів державної влади, роботодавців і найманих працівників у регулюванні соціально-трудова відносин на загальнодержавному, галузевому, регіональному та виробничому рівнях [29].

Система соціального партнерства в Україні передбачає проведення переговорів між основними соціальними силами суспільства та укладання угод і колективних договорів і регулюється законами України «Про колективні договори й угоди», «Про оплату праці», кодексом законів про працю України, а також Указом Президента України «Про національну раду соціального партнерства». Воно складається з генеральної, галузевої, регіональної угоди, колективного договору підприємства і трудового договору [30].

У генеральній угоді на державному рівні учасниками є профспілки та власники або їх уповноважені представники, які збираються для ведення колективних переговорів і досягнення згоди для більшості державних службовців, які працюють на підприємствах [31].

У галузевих угодах залученими сторонами є власники, профспілки працівників та інші представницькі організації, які мають необхідні повноваження для ведення переговорів, досягнення угоди та забезпечення виконання її положень на більшості підприємств, що входять до зони їхнього впливу.

Регіональні об'єднання підприємств або місцеві органи державної влади за наявності необхідних повноважень можуть укладати угоди з уповноваженими органами трудових колективів або профспілками регіонального рівня.

Угода, досягнута на галузевому рівні, відома як колективна угода, укладається між власником або уповноваженим представником і однією чи кількома профспілками чи іншими уповноваженими групами, які представляють трудовий колектив.

Розвиток колективно-договірної системи у трудових відносинах на рівні виробництва становить взаємний інтерес як для роботодавців, так і для працівників,

оскільки виконує такі важливі функції, як захист інтересів обох сторін, організація та регулювання трудових відносин, забезпечення їх стабільності [32].

Основна мета першої функції полягає в забезпеченні того, щоб колективний договір служив меті захисту як роботодавця, так і працівника. З одного боку, це захищає роботодавця від невиправданих і завищених вимог з боку працівників, що може призвести до економічних втрат. З іншого боку, це також захищає працівника від роботодавця та його представників, які можуть використовувати свою економічну владу для задоволення власних інтересів.

Основна мета організаційної функції полягає в досягненні цілей як роботодавця, так і працівників і виражається в реальній формі. Коли йдеться про умови праці, роботодавці можуть передбачити витрати на виробництво та очікувані прибутки, а працівники можуть бути впевнені, що їхні інтереси будуть задоволені.

Реалізація функції забезпечення стабільності трудових відносин передбачає вивчення проблем обох сторін, розробку процедур узгодження інтересів, у процесі яких розробляються взаємоприйнятні рішення.

За умов ринкової економіки особливе значення займає механізм визначення заробітної плати на рівні підприємства, тобто первинними елементами оплати праці є система ставок, окладів, норм трудових затрат, форм і систем оплати праці. Їх встановлення і вибір є прерогативою підприємства. При цьому треба враховувати узгодженість систем оплати зі змінами, що відбуваються у зовнішньому середовищі - наявність спеціалістів на ринку праці, зріст галузі та ін.

## РОЗДІЛ 2

### СИСТЕМА ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ

#### 2.1 Економетричне моделювання заробітної плати

Економетричне моделювання - це процес побудови та застосування математичних моделей для вивчення та аналізу економічних явищ та процесів.

Основна мета економетричного моделювання - виявлення та вимірювання залежностей між економічними змінними, розуміння причинно-наслідкових зв'язків та прогнозування майбутнього розвитку економічних процесів. Це досягається шляхом формалізації економічних взаємозв'язків у вигляді математичних моделей, які базуються на економічних теоріях та статистичних методах.

Економетрична модель - це математичне вираження економічної теорії або гіпотези, яке описує залежності між економічними змінними. Вона складається з функціональних формул, параметрів та статистичних методів для оцінювання цих параметрів.

Одним з головних завдань економетричної моделі є підтвердження або спростування економічних гіпотез на основі статистичних даних. Вона дозволяє робити прогнози, проводити економічний аналіз, визначати вплив різних факторів на економічні показники та приймати раціональні рішення в економіці та фінансовій сфері.

У практичних застосуваннях економетричні моделі мають багато цілей. Ці моделі служать ключовими інструментами у створенні економічної політики, тактики продажів і монетарних рішень, щоб назвати кілька прикладів. Економетричні моделі широко використовуються в різноманітних цілях, таких як

прогнозування темпів зростання ВВП, оцінка наслідків державних витрат, аналіз ефектів субсидій та оцінка попиту на продукцію, серед іншого.

Економетричні моделі можуть бути статичними або динамічними, лінійними або нелінійними, а також однофакторними або багатфакторними, залежно від конкретного дослідження та аналізу економічних явищ.

Різниця між статичними та динамічними економетричними моделями полягає в тому, як вони враховують часовий аспект економічних змін.

Статична економетрична модель описує залежності між економічними змінними в один момент часу, без врахування їх динаміки в часі. У статичних моделях коефіцієнти параметрів вважаються сталими і не залежать від часу. Такі моделі підходять для аналізу ситуацій, коли змінні можна вважати незмінними впродовж досліджуваного періоду.

Динамічна економетрична модель, натомість, враховує часовий аспект і описує зміни в економічних змінних протягом певного періоду. В цих моделях коефіцієнти параметрів можуть змінюватись від часу до часу, що дозволяє враховувати динаміку процесів і зміни взаємозв'язків між змінними. Динамічні моделі можуть включати затримки (лаги) попередніх значень змінних або інші динамічні елементи для кращого опису залежностей у часі.

Вибір між статичною та динамічною моделями залежить від природи досліджуваної економічної проблеми, наявності та характеру доступних даних, а також цілей аналізу. Якщо інтерес полягає в миттєвих впливах і моментальних залежностях між змінними, то статичні моделі можуть бути підходящим варіантом. У той же час, якщо важливо розуміти динаміку процесу, прогнозувати майбутні зміни та оцінювати ефект затримки, то використання динамічних моделей може бути більш доцільним.

Модель — це функція чи система функцій, що описує кореляційно-регресійний зв'язок між економічними показниками, причому залежно від причинних зв'язків між ними один чи кілька із цих показників розглядаються як залежні змінні, а інші — як незалежні.

Регресія – це функціональна залежність між пояснюючими змінними і умовним математичним сподіванням залежної змінної, яка будується з метою його прогнозування для фіксованих значень незалежних факторів.

У загальному випадку множинна функція регресії в моделі має вигляд:

$$y = (x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon_i) \quad (2.1)$$

де  $y$  – залежна змінна;

$x_i (i=1, \dots, n)$  – незалежні змінні;

$\varepsilon_i$  – стохастична складова;

$n$  – кількість параметрів в моделі.

Для побудови моделі доцільно використовувати метод найменших квадратів.

Сутність методу (звичайного) методу найменших квадратів (МНК) полягає у знаходженні таких значень матриці параметрів  $\beta$  моделі, при яких сума квадратів залишків й була б мінімальною. Мінімізуючи суму квадратів залишків й шляхом знаходження першої похідної за складовими, можна знайти оцінки для теоретичної моделі.

У математичній формі лінійна множинна регресія має наступний вигляд:

$$y = \beta_0 + x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \dots + x_n\beta_n + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

де  $\beta (j = 1, 2, \dots, n)$  – оцінки параметрів моделі.

У матричній формі, лінійна множинна регресія має такий вигляд:

$$Y = X\vec{\beta} + \varepsilon_i \quad (2.3)$$

де  $Y$  – вектор залежної змінної;

$X$  – матриця незалежних змінних;

$\vec{\beta}$  – вектор оцінок параметрів моделі;

$\varepsilon_i$  – вектор залишків.

Для визначення оцінок параметрів моделі ( $\hat{\beta}_j$ ) за МНК використовується наступна формула:

$$\vec{\beta} = (X^T X)^{-1} * X^T Y \quad (2.4)$$

де  $\vec{\beta}$  – вектор оцінок параметрів моделі;

$X$  – матриця предикторів з одиничним першим стовпчиком (одиничний стовпчик необхідний для знаходження вільного параметру моделі);

$X^T$  – транспонована матриця предикторів;

$Y$  – матриця незалежної змінної.

Загальний вигляд розрахункової моделі:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + x_1 \hat{\beta}_1 + x_2 \hat{\beta}_2 + \dots + x_n \hat{\beta}_n + \varepsilon_i \quad (2.5)$$

Знаходження залишків моделі ( $\varepsilon_i$ ):

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i \quad (2.6)$$

де  $\varepsilon_i$  – випадкова складова, яка характеризує відхилення, викликані випадковим величинам збуренням, які практично не можуть бути враховані в моделі (тобто стохастична або випадкова складова, яка визначає вплив усіх випадкових чинників на  $y$ );

$y_i$  – статистичні дані залежної змінної (вибірка);

$\hat{y}_i$  – розрахункові значення залежної змінної за функцією регресії.

## 2.2 Статистичні критерії оцінювання точності економетричних моделей та прогнозу

Після побудови моделі, виконується перевірка ефективності (адекватності) моделі та проводиться оцінка її параметрів. Для цього розраховуються наступні показники.

Один з найважливіших показників ефективності моделі – середньоквадратична похибка (*Root Mean Squared Error, RMSE*), яка оцінює загальну точність моделі:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2.7)$$

$\hat{y}_i$  – модельні значення залежної змінної.

Схожою до RMSE є стандартна похибка залишків (*Residual Standard Error, RSE*). В якій використовується показник кількості предикторів ( $p$ ):

$$RSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p - 1}} \quad (2.8)$$

Дисперсія залежної змінної характеризує міру відхилень значень залежного фактора від середнього значення:

$$TSS = \sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \Rightarrow s_y^2 = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.9)$$

$\bar{y}_i$  – середнє значення залежної змінної.

Дисперсія залежної змінної (пояснювальна або систематична):

$$ESS = \sigma_{\hat{y}}^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2 \quad (2.10)$$

Дисперсія незалежної змінної:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \Rightarrow s_x^2 = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.11)$$

Дисперсія залишків характеризує міру відхилень значень залежного фактора від розрахованих значень за моделлю  $\hat{y}_i$ :

$$RSS = \sigma_{\varepsilon}^2 = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \Rightarrow s_{\varepsilon}^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \quad (2.12)$$

Отже, дисперсія залежної змінної дорівнює сумі дисперсії залежної змінної (пояснювальна) та дисперсії залишків:

$$TSS = ESS + RSS \quad (2.13)$$

Коефіцієнт детермінації відображає на скільки модель відповідає реальним значенням. Також він характеризує ступінь близькості змодельованих значень в їх сукупності до початкових даних. Коефіцієнт детермінації позначається як  $R^2$  і визначається формулою:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (2.14)$$

Коефіцієнт детермінації завжди знаходиться в межах від 0 до 1. Чим ближче  $R^2$  до 1, тим точніше  $X$  пояснює  $Y$ .

Скорегований коефіцієнт детермінації містить поправку на число ступенів свободи і розраховується за формулою:

$$R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p-1} \quad (2.15)$$

Скоригований коефіцієнт детермінації ніколи не перевищує коефіцієнт детермінації.

Коефіцієнт кореляції відображає тісноту взаємозв'язку між  $Y$  та незалежною змінною:

$$R = \sqrt{R^2} \quad (2.16)$$

В множинній регресії коефіцієнт кореляції може приймати значення в інтервалі від нуля до одиниці. Чим ближче він за абсолютною величиною до одиниці, тим ближче статистична залежність між  $X$  і  $Y$  до лінійної функціональної.

Якісна інтерпретація можливих значень коефіцієнта кореляції, якщо:

$|R| < 0,3$  – зв'язок практично відсутній;

$0,3 \leq |R| \leq 0,7$  – зв'язок середній;

$0,7 \leq |R| < 0,9$  – зв'язок сильний;

$0,9 \leq |R| < 0,99$  – зв'язок достатньо сильний.

Перевірка значущості множинної детермінації.

Висувається нульова гіпотези:

Нульова гіпотеза  $H_0 : R^2=0$  . Це означає, що досліджуване рівняння не пояснює змінювання регресанта під впливом відповідних регресорів. Тобто, жодна із пояснювальних змінних ( $m$ ), які включені до моделі, не виявляють суттєвого впливу на залежну змінну.

У такому разі всі коефіцієнти при незалежних змінних мають дорівнювати нулю.

Альтернативна гіпотеза  $H_a$  : значення хоча б одного параметра моделі відмінне від нуля, тобто хоча б один із факторів впливає на змінювання залежної змінної. Приймається, якщо відхиляється  $H_0$ .

Значимість коефіцієнта кореляції перевіряють за  $t$ -критерієм (Стьюдента) – визначає статистичну значущість оцінок параметрів моделі (перевіряється гіпотеза про рівність параметру моделі «нулю»):

$$t = \frac{R}{\sqrt{1 - R^2}} \cdot \sqrt{n - m - 1} \quad (2.17)$$

По заданому рівню значущості  $\alpha/2$  (такий рівень зумовлений тим, що критична область складається з двох проміжків) і ступенях свободи  $k = n - m - 1$ , де  $\alpha$  (0,01 або 0,05). Обчислене значення порівнюємо з критичним значенням  $t$ -

розподілу, на основі чого робимо висновок стосовно прийняття гіпотези про значущість (незначущість) коефіцієнта кореляції.

Якщо  $t$  більше ніж  $t_{кр}$  ( $t(\alpha, k = n - m - 1)$ ), то приймається гіпотеза про статистичну значущість розрахованого  $R$ . Отже, дана модель є якісною і вона придатна до подальшого користування, а зв'язок між залежною змінною та всіма незалежними факторами суттєвий.

Значимість коефіцієнта детермінації перевіряють за  $F$ -критерієм (Фішера):

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{(n - m - 1)}{m} \quad (2.18)$$

Знайдений результат порівнюють з його теоретичною статистикою Фішера (критичне значення), де із  $k_1 = m$ ,  $k_2 = n - m - 1$  ступенем свободи на інтервалі  $[0; \infty)$  та заданому рівню значущості  $\alpha$  (0,01 або 0,05). Якщо  $F$  більше ніж  $F_{кр}$ , то відхиляється гіпотеза  $H_0$  і рівняння регресії якісно моделює динаміку зміни залежної змінної  $Y$ . Отже модель є достовірною, і тому перевірка значущості оцінок параметрів моделі є доцільною. У протилежному випадку модель вважається неадекватною.

Мультиколінеарність – це існування тісної лінійної залежності, або сильної кореляції, між двома чи більше пояснюючими змінними.

Вона негативно впливає на кількісні характеристики моделі або робить її побудову взагалі неможливою. Тобто, мультиколінеарність призводить до зміщення оцінок параметрів моделі, через що з їх допомогою не можна зробити коректні висновки про результати взаємозв'язку залежної і пояснювальних змінних.

У специфікації класичної моделі значення  $\varepsilon_i$  вектора відхилень незалежні між собою і мають сталу дисперсію, тобто  $D_\varepsilon = const$ . Цю властивість відхилень називають гомоскедастичністю.

Якщо відхилення акумулюють (накопичують) загальний вплив неврахованих в моделі факторів, то дисперсія залишків змінюється для кожного

спостереження або групи спостережень, тобто:  $D_\varepsilon = \sigma_\varepsilon^2 \cdot S$ , де  $\sigma_\varepsilon^2$  лишається невідомим параметром, а  $S$  – певним чином визначена діагональна матриця. Таке явище називають гетероскедастичністю.

Одним із припущень класичного регресійного аналізу є припущення про незалежність випадкових величин  $\varepsilon_1, i = 1, \dots, n$  тобто якщо це припущення порушується (незважаючи на те, що дисперсія залишків є сталою – наявна гомоскедастичність), то це явище називається автокореляцією залишків.

Автокореляцію (послідовну кореляцію) визначають як кореляцію між розглянутими показником, впорядкованими у часі (часові ряди).

Автокореляція відхилень – це кореляція ряду  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  з рядом  $\varepsilon_k + 1, \varepsilon_k + 2, \dots, \varepsilon_k + n$ , де число  $k$  характеризує запізнення. Кореляція між сусідніми членами ряду ( $k = 1$ ) називається автокореляцією першого порядку.

Точковий прогноз відноситься до методів прогнозування, які намагаються передбачити значення залежної змінної (відгуку) на підставі значень незалежних змінних (предикторів) у моделі. Він надає конкретне числове значення, яке вважається передбаченим значенням відгуку. Наприклад, у моделі лінійної регресії точковий прогноз може представляти собою числове значення, яке показує очікуване значення залежної змінної на підставі конкретних значень незалежних змінних. Цей прогноз може бути використаний для оцінки, які впливи або зміни у незалежних змінних можуть призвести до зміни відповідної залежної змінної.

Формула для розрахунку точкового прогнозу:

$$\hat{y}_{n+1} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_{n+1} x_{n+1} \quad (2.19)$$

Але й тут необхідно розраховувати довірчі інтервали до прогнозних значень. Для цього нам необхідно знати стандартну похибку прогнозу. Стандартна помилка прогнозу (*Standard Error of Estimate, SEE*) в множинній регресії використовується для визначення, наскільки точно прогнозовані значення

відповідають фактичним спостереженням. Ця формула дозволяє оцінити розсіювання прогнозованих значень навколо регресійної прямої.

Щоб обчислити SEE, спочатку розраховується різниця між кожним спостереженим значенням залежної змінної ( $y_i$ ) і середнім значенням залежної змінної ( $\bar{y}$ ). Ці різниці підносяться до квадрату і сумуються. Потім ця сума квадратів різниць ділиться на  $(n - p - 1)$ , де  $n$  - кількість спостережень, а  $p$  - кількість незалежних змінних.

Отримане значення SEE ( $\delta$ ) показує, яке розсіювання існує між прогнозованими значеннями і фактичними спостереженнями. Чим нижче значення SEE, тим менше розсіювання і тим точніше прогнози. Зворотно, більші значення SEE вказують на більшу невизначеність прогнозів і більше розсіювання між прогнозованими і фактичними значеннями.

SEE є важливою метрикою для оцінки якості моделі множинної регресії. Моделі з меншою SEE вважаються кращими, оскільки вони надають більш точні прогнози. Використання SEE дозволяє оцінити точність прогнозування і порівняти різні моделі регресії.

Тоді прогнозний інтервал:

$$\hat{y}_{n+1} \pm \delta \cdot t^{(1 - \alpha/2, n - p)}, \quad (2.20)$$

де  $t_{(1-\alpha/2, n-p)}$  - критичне значення статистики  $t$  з розподілу Student з  $n-p$  ступенями свободи при рівні значущості  $\alpha$

Ця формула дозволяє обчислити довірчий інтервал для інтервального прогнозу залежної змінної  $y$ .

## РОЗДІЛ 3

### КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ

#### 3.1 Моделювання середньої заробітної плати з використанням регресійного аналізу

У даній роботі побудовано модель залежності величини середньої заробітної плати в Україні.

Залежною змінною ( $y$ ) є середня заробітна плата (грн).

Пояснюючі змінні:

- Рівень зайнятості, тис. осіб ( $x_1$ );
- Рівень безробіття, тис. осіб ( $x_2$ );
- Індекс споживчих цін (інфляція), у % ( $x_3$ );
- Мінімальна заробітна плата, грн ( $x_4$ );
- ВВП, % ( $x_5$ );
- Індекс реальної заробітної плати, % ( $x_6$ ) (табл. 3.1).

Набір даних складається з річних даних з 2002 по 2021 роки. Аналіз даних та побудова моделі проводилися за допомогою програмного забезпечення R.

Таблиця 3.1 – Дані середньої заробітної плати та факторів впливу за 2002-2021 роки

Роки	Середня заробітна плата	Рівень зайнятості	Рівень безробіття	Інфляція	Мінімальна заробітна плата	ВВП	Індекс реальної заробітної плати
2002	376	20091,2	2140,7	0,8	165	105,3	118,2
2003	462	20163,3	2008	5,2	185	109,5	115,2
2004	590	20295,7	1906,7	9	237	111,8	123,8
2005	806	20680	1600,8	13,5	332	103,1	120,3
2006	1041	22245,4	1515	9,1	375	107,6	118,3

Продовження таблиці 3.1

Роки	Середня заробітна плата	Рівень зайнятості	Рівень безробіття	Інфляція	Мінімальна заробітна плата	ВВП	Індекс реальної заробітної плати
2007	1351	22322,3	1417,6	12,8	460	108,2	112,5
2008	1806	22397,4	1425,1	25,2	545	102,2	106,3
2009	1906	22150,3	1958,8	15,9	744	84,9	90,8
2010	2250	22051,6	1785,6	9,4	922	104,1	110,2
2011	2647	22056,9	1732,7	8	1004	105,5	108,7
2012	3041	22011,5	1657,2	0,6	1134	100,2	114,4
2013	3282	21980,6	1576,5	-0,3	1218	100	108,2
2014	3480	19920,9	1847,6	12,1	1218	93,4	93,5
2015	4195	18097,9	1654,7	48,7	1378	90,2	79,8
2016	5183	17955,1	1678,2	13,9	1600	102,4	109
2017	7104	17854,4	1698	14,4	3200	102,5	119,1
2018	8865	17939,5	1578,6	10,9	3723	103,4	112,5
2019	10497	18066	1487,7	7,9	4173	103,2	109,8
2020	11591	17589,5	1674,2	2,7	5000	96	107,4
2021	14014	17321,6	1711,6	9,4	6500	103,4	110,5

Джерело: Національний банк України [33]

Щоб побудувати адекватну та ефективну модель, необхідно, щоб усі фактори були співмірними, тобто всі необроблені дані зводяться до єдиного масштабу. Це можна зробити за допомогою методу нормалізації даних (3.2). Результатом такого перетворення є значення коефіцієнтів, які лежать у діапазоні від 0 до 1. Існують різні методи нормалізації, основна ідея яких полягає в включенні нормалізованих даних в діапазон  $[0, 1]$ .

$$\begin{aligned}
 & \text{normalize} <- \text{function}(x) & (3.2) \\
 & \{ \text{return}((x - \text{min}(x))/(\text{max}(x) - \text{min}(x))) \} \\
 & \text{df1} <- \text{as.data.frame}(\text{apply}(\text{df}, \text{MARGIN} = 2, \text{FUN} = \text{normalize}))
 \end{aligned}$$

Тепер перевіряємо коефіцієнт кореляції залежної змінної зі всіма іншими, результати можна побачити (табл. 3.3), викликавши функцію `cor()` і передавши їй назву нашого нормалізованого датасета – `cor(df1)`.

Таблиця 3.3 - Матриця кореляцій

	salary	employ	unemploy	inflation	minwage	GDP	indexrealwage
salary	1,0000	-0,7680	-0,2661	-0,0491	0,9929	-0,1800	-0,1025
employ	-0,7680	1,0000	-0,0524	-0,1669	-0,7473	0,1133	0,0854
unemploy	-0,2661	-0,0524	1,0000	-0,2283	-0,2264	-0,0820	-0,0092
inflation	-0,0491	-0,1669	-0,2283	1,0000	-0,0901	-0,4209	-0,6509
minwage	0,9929	-0,7473	-0,2264	-0,0901	1,0000	-0,1424	-0,0470
GDP	-0,1800	0,1133	-0,0820	-0,4209	-0,1424	1,0000	0,8472
indexrealwage	-0,1025	0,0854	-0,0092	-0,6509	-0,0470	0,8472	1,0000

*Джерело: розроблено автором*

Коефіцієнт кореляції коливається від -1 до 1, де -1 вказує на ідеальну негативну кореляцію, 1 вказує на ідеальну позитивну кореляцію, а 0 вказує на відсутність кореляції. Позитивна кореляція вказує на те, що зміна однієї змінної співвідноситься зі зростанням іншої змінної. У такому випадку, коли значення однієї змінної збільшується, значення іншої змінної також зазвичай збільшується. Негативна кореляція, навпаки, вказує на те, що зміна однієї змінної співвідноситься зі зменшенням іншої змінної. У цьому випадку, коли значення однієї змінної збільшується, значення іншої змінної зазвичай зменшується. Чим ближче значення наближається до 1, тим краще корелюються змінні між собою, і навпаки. За допомогою матриці кореляції можна з'ясувати, які параметри найменше впливають на результати регресійної моделі. З цієї матриці кореляцій бачимо, що заробітна плата (salary) слабо корелює з інфляцією (inflation) (-0.049) та індексом реальних цін (indexrealwage) (-0.102).

Далі будемо множинну регресію, на основі всіх факторів (рівень зайнятості та безробіття, інфляція, мінімальна заробітна плата, ВВП, індекс реальної заробітної плати) використовуючи функцію lm та виводимо всю інформацію про них за допомоги функції summary (рис. 3.4).

```

Call:
lm(formula = df1$salary ~ df1$employ + df1$unemploy + df1$inflation +
    df1$minwage + df1$GDP + df1$indexrealwage)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.02448 -0.01371 -0.00448  0.01546  0.03459

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    0.30926   0.04967   6.227 3.08e-05 ***
df1$employ    -0.11784   0.02497  -4.720 0.000401 ***
df1$unemploy  -0.11764   0.02377  -4.948 0.000266 ***
df1$inflation -0.13722   0.03957  -3.468 0.004162 **
df1$minwage    0.87648   0.03467  25.284 1.94e-12 ***
df1$GDP        0.02088   0.03942   0.530 0.605343
df1$indexrealwage -0.16066  0.04777  -3.363 0.005091 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02055 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9967,    Adjusted R-squared:  0.9952
F-statistic: 661.7 on 6 and 13 DF,  p-value: 2.187e-15

```

Рисунок 3.4 – Перша множинна лінійна регресійна модель на основі всіх факторів

*Джерело: розроблено автором*

За результатами першої моделі можна зробити такі висновки: Кожен коефіцієнт регресії (Estimate) вказує на те, наскільки зміна відповідної змінної впливає на зміну заробітної плати. Наприклад, коефіцієнт рівня зайнятості вказує, що з кожною одиницею збільшення величини рівня зайнятості, заробітна плата зменшується на приблизно 0.11784 одиниці. Найменший вплив із результатів на заробітну плату має ВВП.

Значущість кожного коефіцієнта визначається за допомогою t-статистики та p-значення (Pr(>|t|)). Значення "Signif. codes" показують рівень значущості: '\*\*\*' означає дуже високу значущість, '\*\*' означає помірну значущість, а '\*' означає низьку значущість. У цій моделі рівень зайнятості та безробіття, інфляція, мінімальна заробітна плата та індекс реальної заробітної плати є статистично значущими впливовими факторами на заробітну плату. ВВП знову не увійшов у ряд значущих параметрів.

При побудові другої моделі виключаємо фактор ВВП та подивимось чи покращиться результат моделі і чи вплине це на її адекватність (рис. 3.5).

```
Call:
lm(formula = df1$salary ~ df1$employ + df1$unemploy + df1$inflation +
    df1$minwage + df1$indexrealwage)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.025367 -0.011602 -0.004158  0.014818  0.034721

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    0.30938    0.04837    6.396 1.67e-05 ***
df1$employ    -0.11834    0.02430   -4.870 0.000248 ***
df1$unemploy  -0.11888    0.02304   -5.160 0.000145 ***
df1$inflation -0.13335    0.03787   -3.521 0.003392 **
df1$minwage    0.87426    0.03352   26.085 2.86e-13 ***
df1$indexrealwage -0.14076    0.02872   -4.901 0.000234 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02002 on 14 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9967,    Adjusted R-squared:  0.9955
F-statistic: 837.1 on 5 and 14 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Рисунок 3.5 – Друга множинна лінійна регресійна модель на основі значущих параметрів

*Джерело: розроблено автором*

Порівнюючи результати другої моделі із попередньою, можна зробити наступні спостереження:

Коефіцієнти регресії: Значення коефіцієнтів регресії для кожної змінної у двох моделях досить схожі. Виключення параметру GDP (ВВП) з другої моделі не суттєво змінило оцінки коефіцієнтів для інших змінних. Значення коефіцієнтів регресії практично зберегли свою суттєвість та напрямок залежності.

Статистична значущість: В обох моделях багато коефіцієнтів є статистично значущими. Виключення параметру GDP (ВВП) не призвело до втрати статистичної значущості інших змінних. Всі коефіцієнти, крім ВВП, мають низькі

p-значення (значущість), що свідчить про їх важливість у моделюванні заробітної плати.

Коефіцієнт детермінації: Значення коефіцієнта детермінації (Multiple R-squared) у двох моделях практично однакові (0.9967 та 0.9967). Це означає, що обидві моделі пояснюють близько 99.67% варіації заробітної плати.

Загальна значущість моделі: F-статистика та p-значення для обох моделей дуже низькі, що свідчить про статистичну значущість моделі в цілому. Немає значних розбіжностей між двома моделями щодо їх загальної значущості.

Загалом, виключення параметру GDP (ВВП) не суттєво вплинуло на модель. Обидві моделі мають дуже схожі результати з високою статистичною значущістю.

Третю модель побудуємо, виключивши із неї ще один фактор із найменшим коефіцієнтом кореляції, а саме інфляцію (рис. 3.6).

```
Call:
lm(formula = df1$salary ~ df1$employ + df1$unemploy + df1$minwage +
    df1$indexrealwage)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.033994 -0.014311 -0.000260  0.009248  0.053980

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      0.16145    0.03179   5.078 0.000136 ***
df1$employ      -0.06686    0.02575  -2.597 0.020226 *
df1$unemploy    -0.07194    0.02493  -2.886 0.011313 *
df1$minwage      0.94728    0.03493  27.122 3.68e-14 ***
df1$indexrealwage -0.06519    0.02531  -2.576 0.021096 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02655 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9937,    Adjusted R-squared:  0.992
F-statistic: 592.8 on 4 and 15 DF,  p-value: 2.599e-16
```

Рисунок 3.6 – Третя множинна лінійна регресійна модель

*Джерело: розроблено автором*

Порівнявши всі три моделі, можна зробити такі спостереження: Коефіцієнти регресії: У всіх трьох моделях коефіцієнти регресії для значущих змінних мають однаковий напрямок залежності. Це означає, що заробітна плата (salary) має зв'язок з кількістю працівників (employ), кількістю безробітних (unemploy), мінімальною заробітною платою (minwage) та індексом реальних заробітних плат (indexrealwage).

Статистична значущість: У всіх трьох моделях коефіцієнти для змінних є статистично значущими на рівні значущості 0.05. Це свідчить про значимість залежності між цими змінними та заробітною платою.

Коефіцієнт детермінації: Значення коефіцієнта детермінації (Multiple R-squared) для всіх трьох моделей високі, що означає, що моделі вдаються пояснити більшість варіації в заробітній платі. Найвище значення коефіцієнта детермінації спостерігається в другій моделі (0.9967), але третя модель також має високе значення (0.9937).

F-статистика: Значення F-статистики для всіх трьох моделей є високими і мають низькі p-значення, що свідчить про статистичну значущість моделей в цілому.

На основі цих спостережень можна зробити висновок, що всі три моделі є досить добрими у поясненні заробітної плати на основі розглянутих змінних. Однак, модель, яка включає в себе п'ять змінних (employ, unemploy, inflation, minwage, indexrealwage) без GDP, має найвище значення коефіцієнта детермінації (0.9967) та скоригованого коефіцієнта детермінації  $R_{adj}^2 = 0,9955$ . Останній показує, наскільки модельні значення відрізняються від реальних значень. Оскільки він наближається до одиниці, то модель можна використовувати і вона є цілком коректна для прогнозування і є статистично значущою. Тому можна вважати її найкращою серед розглянутих моделей для пояснення заробітної плати.

### 3.2 Оцінка точності побудованої економетричної моделі та прогнозу

Далі оцінюємо статистичну значущість моделі за допомогою критерію Фішера. З'ясуємо чи буде модель працювати зі значеннями, що не включені у дану статистичну модель. Після розрахунку критерію необхідно знайти критичне значення цього критерію, обравши рівень довіри 95% та ступені свободи  $m - 1$  та  $n - m$ , де  $m$  – число параметрів при факторі  $x$ . У нашій моделі розрахункове значення перевищує критичне значення ( $F(\alpha, k1 = m, k2 = n - m - 1)$ ) ( $385.6 > 5.96$ ), тобто модель є статистично значущою. Така, досить велика, різниця між коефіцієнт детермінації та скорегованим коефіцієнтом детермінації зумовлена тим, що деякі змінні слабко корелюють із залежною змінною.

Тепер, за допомоги функції plot будуюмо 4 графіка (рис. 3.7 а) та б)) для найкращої моделі для проведення подальшої діагностики:

1. Residuals vs Fitted – точки знаходяться досить далеко від центру.
2. Перевірка на нормальність (Q-Q plot) – більшість точок, за винятком точок на кінцях, наближаються +/- до лінії під кутом 45°, що вказує на нормальність залишків.
3. Scale-Location та Residuals vs Leverage – не всі точки знаходяться у групі, не надто далеко від центру.

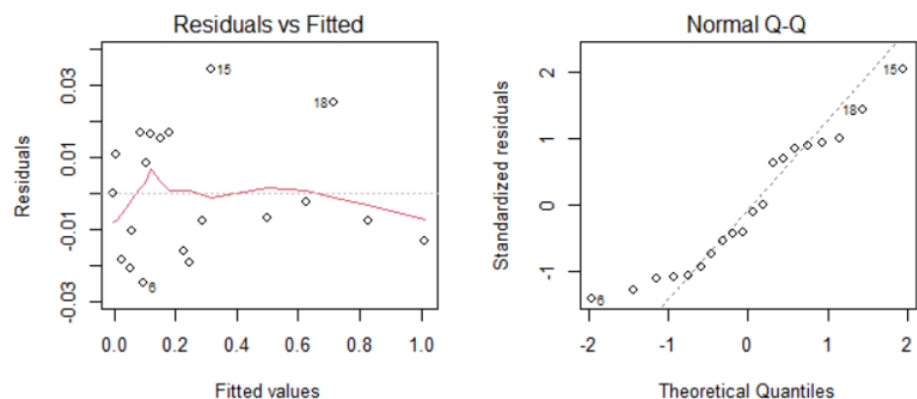


Рисунок 3.7 – а) Графіки похибки другої лінійної множинної регресійної моделі

*Джерело: розроблено автором*

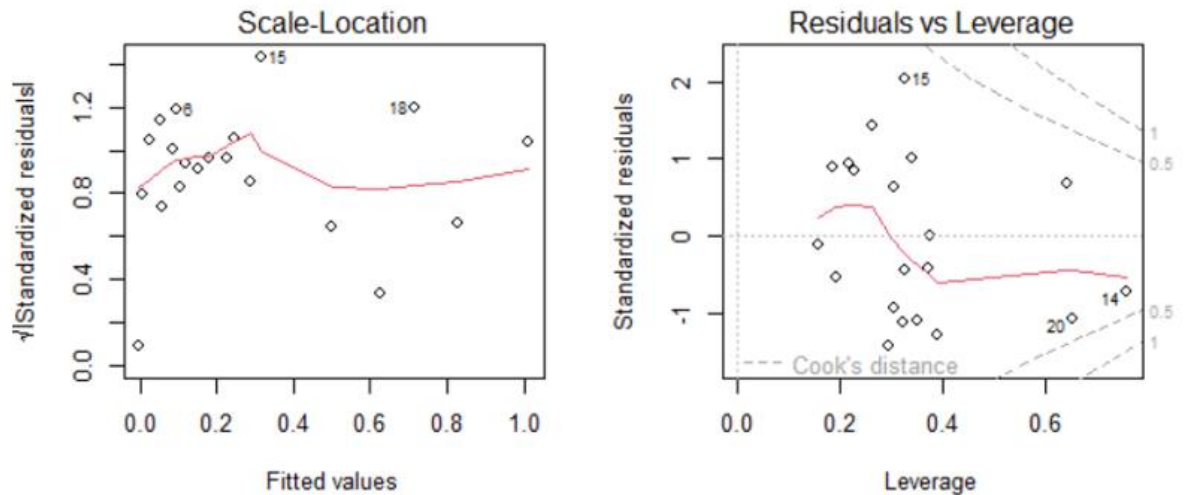


Рисунок 3.7 – б) Графіки похибки другої лінійної множинної регресійної моделі  
*Джерело: розроблено автором*

Далі проведемо тест Global Validation of Linear Models Assumptions (глобальна перевірка припущень про лінійні моделі)(рис. 3.8):

ASSESSMENT OF THE LINEAR MODEL ASSUMPTIONS  
 USING THE GLOBAL TEST ON 4 DEGREES-OF-FREEDOM:  
 Level of Significance = 0.05

Call:  
 gvlma(x = d1)

	Value	p-value	Decision
Global Stat	3.0432	0.5506	Assumptions acceptable.
Skewness	0.5584	0.4549	Assumptions acceptable.
Kurtosis	0.7408	0.3894	Assumptions acceptable.
Link Function	1.6367	0.2008	Assumptions acceptable.
Heteroscedasticity	0.1073	0.7432	Assumptions acceptable.

Рисунок 3.8 – Тест Global Validation of Linear Models Assumptions

*Джерело: розроблено автором*

1) Global stat – припущення перевіряє чи є зв'язок між  $x$  та  $y$  лінійним. У нашому випадку – припущення приймається, зв'язок лінійний.

2) Skewness (Асиметрія) - припущення перевіряє чи наявна асиметрія, тобто чи відхилені дані в одну чи іншу сторону. У нашому випадку – припущення приймається, асиметрії немає.

3) Kurtosis (Куртозіс) - міра гостроти піку розподілу випадкової величини. У нашому випадку – припущення приймається, дані розподілені нормально.

4) Link Function (Функція зв'язку) – припущення перевіряє чи залежна змінна справді безперервна чи категорична. У нашому випадку – припущення приймається, залежна змінна безперервна.

5) Heteroscedasticity (Гетероскедастичність) - припущення перевіряє чи є дисперсія залишків нашої моделі постійною. У нашому випадку – припущення приймається, дисперсія безперервна.

Наступним кроком нашого аналізу буде перевірка на мультиколінеарність (рис. 3.9 та 3.10): для того, щоб зробити цю перевірку використаємо функції `omcdiag()` та `imcdiag()`.

#### Overall Multicollinearity Diagnostics

	MC Results	detection
Determinant  X'X :	0.1146	0
Farrar Chi-Square:	35.7474	1
Red Indicator:	0.3367	0
Sum of Lambda Inverse:	15.6962	0
Theil's Method:	-0.7699	0
Condition Number:	25.7000	0

1 --> COLLINEARITY is detected by the test  
 0 --> COLLINEARITY is not detected by the test

Рисунок 3.9 – Функція `omcdiag`

*Джерело: розроблено автором*

У результаті тесту на виявлення мультиколінеарності, показник "detection" вказує, чи була виявлена мультиколінеарність у моделі. Значення "detection" може бути 1 або 0 і має таке пояснення:

- Значення "detection" рівне 1 означає, що тест виявив наявність мультиколінеарності в моделі. Це означає, що деякі змінні у моделі є

взаємозалежними і можуть спричиняти проблеми при оцінці параметрів моделі.

- Значення "detection" рівне 0 означає, що тест не виявив мультиколінеарність у моделі. Це означає, що змінні в моделі вважаються достатньо незалежними одна від одної і відсутня серйозна проблема мультиколінеарності.

У нашому випадку, значення "detection" дорівнює 1 для показника "Farrar Chi-Square", але дорівнює 0 для показників "Determinant  $|X'X|$ ", "Red Indicator", "Sum of Lambda Inverse", "Theil's Method" і "Condition Number". Це означає, що тест виявив мультиколінеарність за допомогою показника "Farrar Chi-Square", але не виявив її за допомогою інших показників.

All Individual Multicollinearity Diagnostics Result

	VIF	TOL	Wi	Fi	Leamer	CVIF	Klein	IND1	IND2
df1\$employ	4.0428	0.2474	11.4106	16.2284	0.4973	-0.0204	0	0.0660	1.1699
df1\$unemploy	1.7954	0.5570	2.9826	4.2420	0.7463	-0.0091	0	0.1485	0.6886
df1\$inflation	3.2022	0.3123	8.2582	11.7449	0.5588	-0.0162	0	0.0833	1.0690
df1\$minwage	4.3725	0.2287	12.6469	17.9868	0.4782	-0.0221	0	0.0610	1.1989
df1\$indexrealwage	2.2834	0.4380	4.8126	6.8445	0.6618	-0.0115	0	0.1168	0.8736

1 --> COLLINEARITY is detected by the test

0 --> COLLINEARITY is not detected by the test

Рисунок 3.10 – Функція imcdiag

*Джерело: розроблено автором*

У результаті аналізу мультиколінеарності за допомогою функції imcdiag (Individual Multicollinearity Diagnostics), показник "Klein" вказує на наявність мультиколінеарності. Зокрема, якщо значення "Klein" дорівнює 1, це вказує на виявлення мультиколінеарності, тобто наявність високої кореляції між змінними моделі. У контексті результатів значення "Klein" для всіх змінних дорівнює 0, що означає, що мультиколінеарність не виявлена для цих змінних. Це може свідчити про те, що ці змінні незалежні одна від одної та не спричиняють проблеми мультиколінеарності в моделі.

Загальна детермінована змінна R-square дорівнює 0.9967, що вказує на те, що модель добре пояснює варіацію залежної змінної за допомогою усіх врахованих змінних.

Тепер перевіримо наявність гетероскедастичності в нашій моделі. Для перевірки наших незалежних показників ми використаємо метод візуалізації, тест Бройша-Пагана (BP-test).

1. Візуалізація: дивлячись на графік, можемо побачити (рис. 3.11), що гетероскедастичність відсутня або незначна, так як дисперсія залишків досить постійна.

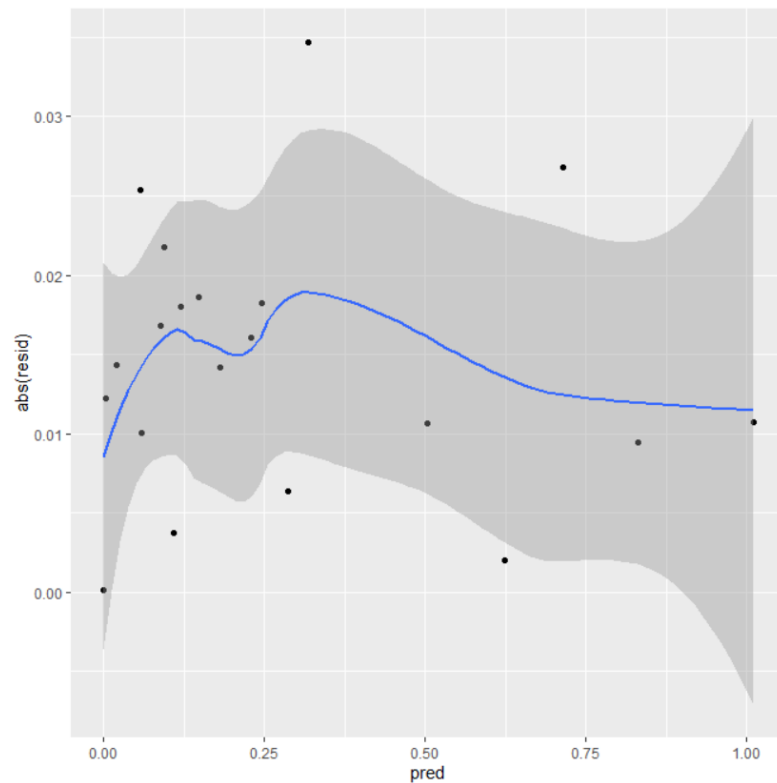


Рисунок 3.11 – Візуалізація тесту Бройша-Пагана

*Джерело: розроблено автором*

2. Тест Бройша-Пагана: за даними цього тесту також можна сказати, що гетероскедастичності немає, так як наше p-value значно більше за критичне (0.05).

$$BP = 7.4178, df = 5, p - value = 0.1914$$

Наступним кроком буде перевірка нашої моделі на автокореляцію залишків:

1. Критерій Дарбіна-Уотсона: скористаємося функцією `dwtest`: отримали значення  $p$ -value більше за 0.05 та  $DW = 2.06 > 2$ , тому робимо поправку  $4 - 2.06 = 1.94 < 2$  вказує на те, що автокореляції немає.

$$DW = 2.0646, p - value = 0.2072$$

2. Візуалізація: за даними графіків (рис. 3.12 а) та б)), побудованих за допомоги функції `acf`, можна побачити, що автокореляція зустрічає дуже рідко, більшість значень знаходяться у проміжку  $[-0.5; 0.5]$ .

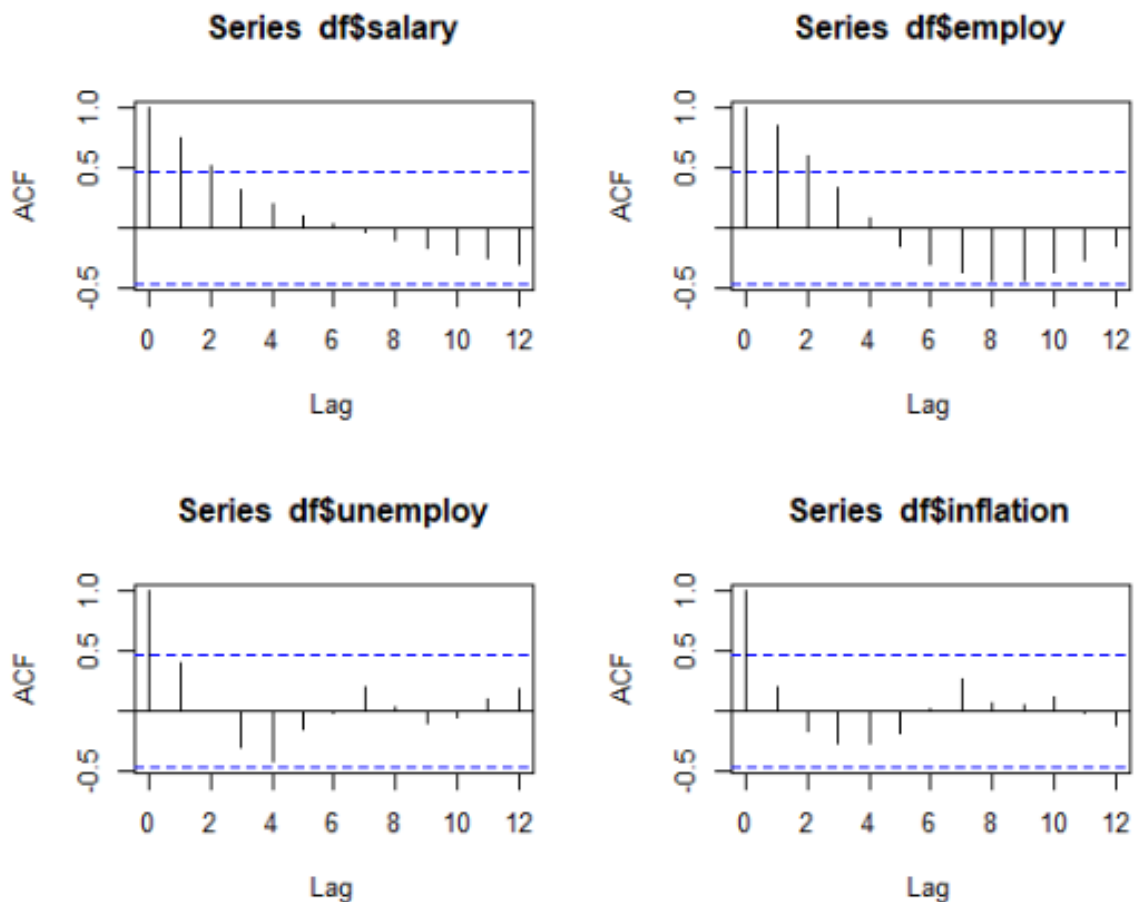


Рисунок 3.12 – а) Графіки автокореляції залишків середньої заробітної плати, рівня зайнятості, рівня безробіття та інфляції

Джерело: розроблено автором

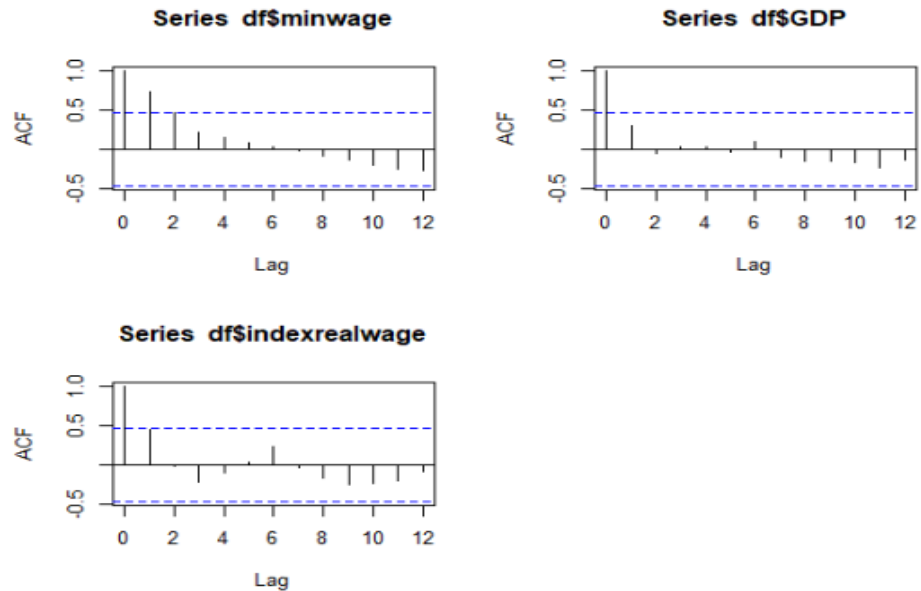


Рисунок 3.12 – б) Графіки автокореляції залишків мінімальної заробітної плати, ВВП та індексу реальної заробітної плати

*Джерело: розроблено автором*

Спрогнозуємо рівень середньої заробітної плати на основі найкращої математичної моделі. Для побудови прогнозу в R використовується функція `predict()`, де необхідно вказати модель та нові значення для прогнозу (рис. 3.13).

```
> new_data <- data.frame(
+ employ = c(17000, 17500),
+ unemploy = c(1750, 1700),
+ inflation = c(26.6, 11),
+ minwage = c(7000, 7500),
+ indexrealwage = c(111.5, 112)
+ )
> prediction <- predict(model, newdata = new_data)
> prediction
      1      2
14435.12 15886.49
> predict(model, newdata = new_data, interval = "prediction")
      fit      lwr      upr
1 14435.12 13453.41 15416.84
2 15886.49 15023.50 16749.48
```

Рисунок 3.13 – Точковий прогноз середньої заробітної плати на 2022 та 2023 роки

*Джерело: розроблено автором*

Створюємо новий датафрейм `new_data`, який містить значення змінних для прогнозу заробітної плати на 2022 та 2023 рік.

Функція `predict` застосовує модель до нових даних і повертає прогнозовані значення заробітної плати. У цьому випадку, прогнози для 2022 та 2023 року складають 14435.12 та 15886.49.

Також, за допомогою параметра `interval = "prediction"` функція `predict` обчислює довірчий інтервал для прогнозованих значень. Результати показують, що для обох прогнозів існує довірчий інтервал, в якому з ймовірністю 95% знаходитимуться реальні значення прогнозованої заробітної плати. Для першого прогнозу цей інтервал складає від 13453.41 до 15416.84, а для другого - від 15023.50 до 16749.48.

Отже, побудувавши економіко-математичну модель середньої заробітної плати в Україні, можна зробити висновок, що шість факторів (рівень зайнятості та безробіття, інфляція, мінімальна заробітна плата, ВВП, індекс реальної заробітної плати)  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$  – мають значний вплив на заробітну плату. Скоригований коефіцієнт детермінації найкращої моделі = 0,9955. Оскільки він наближається до одиниці, то модель можна використовувати і вона є коректною для прогнозування. Коефіцієнт кореляції становить 0,99, що означає щільність зв'язку між нашими регресорами.

За допомогою критерія Фішера ми з'ясували, що модель буде працювати зі значеннями, що не включені у дану статистичну модель, адже вона є статистично значущою.

За допомогою критерія Стюдента, який показує наскільки параметри моделі будуть ефективними для інших значень, приходимо до висновку, що тільки параметр  $x_4$  є статистично значущим.

У нашій моделі не існує мультиколінеарності.

Гетероскедастичність та автокореляція залишків у нашій моделі також повністю відсутні, тому нам не довелося використовувати метод Ейткена для знаходження нових параметрів моделі.

Отже, наша економіко-математична модель є коректною та наші показники впливають правильно на модель та її можна застосовувати.

## ВИСНОВКИ

Поняття заробітної плати як соціально-економічної сутності є однією з найскладніших тем у сфері економічної науки. Це зумовлює необхідність комплексного методу аналізу з урахуванням складності соціально-економічних і соціально-трудова відносин протягом еволюції суспільства. Варіації у визначенні заробітної плати можна пояснити особливостями цих відносин на різних етапах розвитку суспільства.

Організаційна основа заробітної плати включає в себе основні принципи та методи, за допомогою яких визначаються розміри та структура оплати праці в організації. Державне регулювання полягає в раціональному використанні економічних важелів і стимулів, таких як визначення розміру заробітної плати, соціальні гарантії працівникам, фінансування освіти, культури, науки й охорони здоров'я, оподаткування прибутків працівників. Державне регулювання заробітної плати включає встановлення та забезпечення мінімальної заробітної плати. Колективно-договірна система трудових відносин має за мету захист інтересів роботодавців і працівників, організацію і регулювання трудових відносин та забезпечення стабільності. Визначення заробітної плати на рівні підприємства є прерогативою самого підприємства з урахуванням змін у зовнішньому середовищі. Організаційна основа заробітної плати сприяє встановленню справедливої, прозорої та мотивуючої системи оплати праці, яка задовольняє потреби як працівників, так і організації.

Побудована регресійна модель є досить точною і має сильну залежність між залежною змінною (заробітна плата) та незалежними змінними (зайнятість, безробіття, інфляція, мінімальна заробітна плата, індекс реальної заробітної плати). Коефіцієнти регресії показують, що зайнятість та безробіття мають негативний вплив на заробітну плату, тоді як мінімальна заробітна плата має позитивний вплив. Інфляція та індекс реальної заробітної плати також впливають негативно на

заробітну плату. Коефіцієнт детермінації (Multiple R-squared) дорівнює 0.9967, що означає, що модель пояснює 99.67% дисперсії змін заробітної плати. Модель є статистично значущою, оскільки значення p-value для кожного коефіцієнта є дуже маленьким ( $<2.2e-16$ ).

Визначаючи головні чинники впливу на рівень заробітної плати, можна сказати, що є обернена залежність між зайнятістю та заробітною платою, що означає, що збільшення рівня зайнятості може спричинити зменшення заробітної плати. Також є обернена залежність між безробіттям та заробітною платою. Збільшення рівня безробіття може призвести до зменшення заробітної плати. Рештою є і пряма залежність між мінімальною заробітною платою та заробітною платою. Це означає, що збільшення мінімальної заробітної плати може призвести до збільшення загального рівня заробітної плати. Між інфляцією та заробітною платою є обернена залежність. Збільшення рівня інфляції може призвести до зменшення заробітної плати. Теж саме стосується і індексу реальної заробітної плати. Ці фактори вказують на важливі аспекти, що впливають на рівень заробітної плати і можуть бути використані для аналізу та прогнозування ціноутворення на ринку праці.

Результати короткострокового прогнозу дозволяють оцінити очікувану заробітну плату для нових наборів даних на короткостроковому горизонті. Враховуючи наведені прогнозовані значення та інтервали, можна зробити припущення про очікуваний діапазон заробітної плати для цих нових спостережень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995 № 108/95-ВР. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/108/95-вр>. (дата звернення: 26.05.2023).
2. Smith A. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Books on Demand*. 2023. URL: [https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=iJOsEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT25&dq=Smith+A.+An+Inquiry+into+the+Nature+and+Causes+of+the+Wealth+of+Nations+\(Books+I-III\)&ots=Z1G-EhnwYw&sig=2CGck8B5YYSF4fi6MLK62TteuUs&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Smith%20A.%20An%20Inquiry%20into%20the%20Nature%20and%20Causes%20of%20the%20Wealth%20of%20Nations%20\(Books%20I-III\)&f=false](https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=iJOsEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT25&dq=Smith+A.+An+Inquiry+into+the+Nature+and+Causes+of+the+Wealth+of+Nations+(Books+I-III)&ots=Z1G-EhnwYw&sig=2CGck8B5YYSF4fi6MLK62TteuUs&redir_esc=y#v=onepage&q=Smith%20A.%20An%20Inquiry%20into%20the%20Nature%20and%20Causes%20of%20the%20Wealth%20of%20Nations%20(Books%20I-III)&f=false). (accessed: 26.05.2023).
3. Marx K. *Capital; A Critique of Political Economy Volume 1*. 2015. URL: [https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=OgffDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT499&dq=Marx+K.+Capital.+Critique+of+Political+Economy&ots=x6-3CIDh9B&sig=J1XTATT2gONcMWXXGtnAHScWdbk&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=OgffDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT499&dq=Marx+K.+Capital.+Critique+of+Political+Economy&ots=x6-3CIDh9B&sig=J1XTATT2gONcMWXXGtnAHScWdbk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false). (accessed: 26.05.2023).
4. Davidson J. *The Bargain Theory of Wages*. New York; London: GP Putnam, 1898.
5. Тихомирова Є. Б., Постоловський С. Р. *Конфліктологія та теорія переговорів*. 2007. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/417/1/conflictology.pdf>. (дата звернення: 26.05.2023).
6. Васюренко Л. В. Еволюція теоретичних засад щодо поняття організації оплати праці. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2018. URL: <http://global-national.in.ua/archive/22-2018/29.pdf>. (дата звернення: 26.05.2023).

7. Lerner A. P. Mr. keynes general theory of employment, interest and money. *Int'l Lab. Rev.*, 1936, 34: 435. URL: <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/intlr34&div=43&id=&page=>. (accessed: 26.05.2023).
8. Синяєва Л. В. Проблеми регулювання оплати праці та шляхи їх вирішення в Україні. *Регіональна економіка*. 2009. № 1: С. 171-177. URL: [http://ird.gov.ua/pe/re200901/re200901\\_171\\_SinyayevaLV.pdf](http://ird.gov.ua/pe/re200901/re200901_171_SinyayevaLV.pdf). (дата звернення: 26.05.2023).
9. Конвенція про захист заробітної плати № 95 від 23.06.1992. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993\\_146#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993_146#Text). (дата звернення: 26.05.2023).
10. Гринчуцький В. Місце заробітної плати в системі соціально-трудоких відносин перехідної економіки / В. Гринчуцький, В. Заброцький // Наукові записки ТДПУ. Серія: Економіка. 2002. № 13: С. 24-27.
11. Ревко А. М. Заробітна плата як економічна категорія та її вплив на процеси модернізації регіонального господарського комплексу. 2012. URL: [http://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/11379/20\\_Заробітна\\_плата.pdf](http://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/11379/20_Заробітна_плата.pdf). (дата звернення: 26.05.2023).
12. Wage and salary - Marginal-productivity theory and its critics. *Encyclopedia Britannica*. 26.07.1999. URL: <https://www.britannica.com/topic/wage/Marginal-productivity-theory-and-its-critics>. (accessed: 26.05.2023).
13. Калина А. В. Розвиток соціально-економічної категорії «заробітна плата» та передумови для формування її гідного рівня. *Соціально-трудова відносина: теорія та практика*. 2017. №1: С. 212-223. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84323548.pdf>. (дата звернення: 26.05.2023).
14. Ажнюк М. О., Передрій О. С. Основи економічної теорії : підручник. Київ: Знання, 2008. С. 365.
15. Сірко А. В. Економічна теорія. Політекономія: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2014. URL:

- [http://culonline.com.ua/Books/Ekonom\\_teoriya\\_Sirko.pdf](http://culonline.com.ua/Books/Ekonom_teoriya_Sirko.pdf). (дата звернення: 26.05.2023).
16. Про затвердження Методики розрахунку індексів реальної заробітної плати. Держстат України; Наказ від 11.09.2012 № 378. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1950-12>. (дата звернення: 26.05.2023).
17. Чепінога В. Г. Основи економічної теорії: навч. посіб. Київ: Юрінком Інтер, 2003. № 456: С. 135.
18. Будько І. О. Заробітна плата — основа добробуту населення. 2014. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/32608972.pdf>. (дата звернення: 26.05.2023).
19. Колот А. М. Теоретико-методологічні аспекти класифікації й змісту функцій заробітної плати. 2000. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/32615349.pdf>. (дата звернення: 26.05.2023).
20. Про оплату праці: Закон України від 24 березня 1995 року № 108/95-ВР *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 17. С. 121.
21. Труба В. М. Структура і функції заробітної плати. 2021. С. 559. URL: [http://www.tsatu.edu.ua/shn/wp-content/uploads/sites/59/zbirnyk-materialiv-i-vseukrayinskoyi-naukovo-praktychno-internet-konferenciynaukovidoslidzhennja-ta-innovaciyi-v-haluzi-suspilno-humanitarnyh-nauk\\_-chastyna-1.pdf#page=559](http://www.tsatu.edu.ua/shn/wp-content/uploads/sites/59/zbirnyk-materialiv-i-vseukrayinskoyi-naukovo-praktychno-internet-konferenciynaukovidoslidzhennja-ta-innovaciyi-v-haluzi-suspilno-humanitarnyh-nauk_-chastyna-1.pdf#page=559). (дата звернення: 26.05.2023).
22. Завіновська Г. Т. Економіка праці: навч. посібник. Київ : КНЕУ, 2003. 5 с.
23. Залознова Ю. Економетричний аналіз реалізації основних функцій заробітної плати на вугільному підприємстві. *Україна: аспекти праці*. 2010. № 4: С. 3-8. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/Uap\\_2010\\_4\\_3.pdf](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Uap_2010_4_3.pdf). (дата звернення: 26.05.2023).
24. Колот А. М. Вартість і ціна послуг робочої сили: теоретичні аспекти формування. 1998. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/32615407.pdf>. (дата звернення: 26.05.2023).

25. Малицька І. Д. Функції заробітної плати та стан їх виконання в Україні. *Держава і право*. 2011. URL: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/33340/65Malynska.pdf?sequence=1>. (дата звернення: 26.05.2023).
26. Лагутін В. Д. Реформа оплати праці стимулюючого типу в Україні: теорія, концепція, практичні рекомендації і пропозиції: монографія. *Луцьк: Вежа*. 2000, 240 с.
27. Колот А. М. Організаційно-економічний механізм регулювання заробітної плати і шляхи його вдосконалення. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/32615166.pdf>. (дата звернення: 26.05.2023).
28. Петренко В. О. Договірне регулювання заробітної плати в Україні. Сумський державний університет. 2016. URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/46156/1/Petrenko\\_zarobitna\\_plata.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/46156/1/Petrenko_zarobitna_plata.pdf). (дата звернення: 26.05.2023).
29. Погорелов М. І. Договірне регулювання заробітної плати. 2013. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/f334eb96-dcb5-4f18-961a-b39ff68231ed/content>. (дата звернення: 26.05.2023).
30. Красномовець В. А. Перспективи розвитку системи соціального партнерства в Україні. *Фінансовий простір*. 2013. № 4: С. 191-195. URL: [http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuiv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/Fin\\_pr\\_2013\\_4\\_23.pdf](http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuiv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Fin_pr_2013_4_23.pdf). (дата звернення: 26.05.2023).
31. Клименчук Н. М. До питання змісту і структури генеральної угоди. *Вісник Верховного Суду України*. 2011. № 1: С. 45-48. URL: [http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuiv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/vvsu\\_2011\\_1\\_9.pdf](http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuiv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/vvsu_2011_1_9.pdf). (дата звернення: 26.05.2023).
32. Арсентьєва О. С., Соболев С. Ю. Колективні договори та угоди як основа соціального партнерства. *Актуальні проблеми права: теорія і практика*.

2014. № 29: С. 48-57. URL:  
[https://library.snu.edu.ua/Zbirnik\\_29\\_2.pdf#page=48](https://library.snu.edu.ua/Zbirnik_29_2.pdf#page=48). (дата звернення:  
26.05.2023).

33. Макроекономічні показники. *Національний банк України*. URL:  
<https://bank.gov.ua/ua/statistic/macro-indicators>. (дата звернення: 26.05.2023).