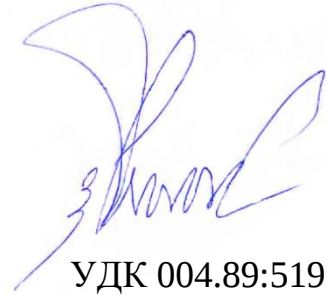


**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО
ПРОСТОРУ**

ЗАРУДНИЙ ОЛЕКСІЙ БОРИСОВИЧ



УДК 004.89:519.22](043.3)

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ПІДТРИМКИ
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМІ ДЕРЖАВНОГО ПЕНСІЙНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

05.13.06 – Інформаційні технології

РЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України
ТРОФИМЧУК Олександр Миколайович,
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України,
директор

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
НЕСКОРОДСЬКА Тетяна Василівна,
Уманський національний університет,
професор кафедри інформаційних технологій

кандидат технічних наук,
САВАСТЬЯНОВ Володимир Володимирович,
Інститут прикладного системного аналізу
національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»,
старший викладач кафедри математичних методів
системного аналізу

Захист дисертації відбудеться 29 вересня 2026 року о 13⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.255.01 Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України за адресою: 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13, к. 601.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України за адресою: 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13.

Реферат розісланий 27 серпня 2026 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д. Т. Н., доцент



О. М. Терентьєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Унікальний досвід інформатизації соціальної сфери України, започаткований ще у 90-х роках ХХ-століття розробленням автоматизованих систем для виплати пенсій та допомог спочатку у системі Міністерства праці та соціального захисту населення, а потім у Пенсійному фонді України (ПФУ) не лише забезпечив спроможність та стійкість функціонування соціальної сфери в умовах сучасних викликів, а й заклав передумови для створення Єдиної інформаційної системи соціальної сфери (ЄІССС) Автоматизація ключових процесів, а саме, консультативного обслуговування населення, призначення та виплати пенсій, допомог, субсидій, веденням реєстру застрахованих осіб, планування доходів та витрат, тощо, забезпечила безперебійну роботу установ ПФУ та закладів системи соціального захисту та соціального забезпечення, навіть в умовах війни. Однак, для подолання сучасних викликів недостатньо лише оперативного реагування на події, вирішення точкових задач. Потрібні системні рішення щодо подальшої розбудови соціальної сфери країни, і особливо її провідної ланки – системи державного пенсійного забезпечення. Тому, проблема створення нового аналітичного інструментарію, який враховуючи особливості вітчизняної системи пенсійного забезпечення, забезпечував ефективність як оперативних, так і стратегічних рішень, в умовах невизначеності, є актуальною.

Питання розроблення моделей та методів прогнозування для підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення, розглядається вітчизняними та закордонними фахівцями-практиками, так і науковцями. Якщо за кордоном більш актуальними є питання удосконаленню актуарних розрахунків, прогнозування інвестицій пенсійних коштів, тощо, то вітчизняні дослідники більше уваги приділяють розробленню інформаційно-аналітичного забезпечення підтримки прийняття управлінських рішень.

Використанню математичних моделей та інструментів інтелектуального аналізу даних у системах підтримки прийняття рішень приділено увагу в роботах: Ф. Бернштейна, О. Ф. Волошина, С. О. Довгого, В. Є. Снитюка, В. Г. Тоценка, О. М. Трофимчука, С. Холсаппла, М. З. Швиденка (*технології та системи підтримки прийняття рішень*); В. М. Азарскова, В. Я. Данилова, М. З. Згуровського, Н. Д. Панкратової (*теорія та прикладні методи системного аналізу*); П. І. Бідюка В. С. Степашка, С. Г. Удовенка, (*методи прогнозування*); Є. В. Бодянського, М. М. Корабльова, Ю. В. Крака, В. І. Литвиненка, С. А. Положаєнка (*методи інтелектуального аналізу даних*); Ю. П. Зайченка, Ю. П. Кондратенка, В. В. Кульби, О. І. Міхальова (*методи нечіткого аналізу і моделювання*); Т. Байєса, Дж. Перла, (основи ймовірнісного підходу); О. П. Гожого, Р. Г. Коваля, О. С. Меньяйленка, С. Ф. Теленика, О. М. Терентьєва, С. В. Цюцюри (*інформаційні технології*), Т. В. Нескородевої, О. А. Павлова (*методи моделювання складних систем*), Д. В. Ланде, М. Бері, С. Аггарвала, Х. До Прадо, Е. Фемеди (*Text Mining*) та інших.

Однак, не зважаючи на значну кількість досліджень, проблема розроблення системної методології залишається невирішеною. Тому, важливою і актуальною науково-прикладною проблемою, що розв'язується в дисертаційній роботі є підвищення ефективності підтримки прийняття рішень у системі державного

пенсійного забезпечення в умовах невизначеності за рахунок впровадження сучасних моделей, методів прогнозування, інформаційних технологій у роботу Пенсійного фонду України, установ соціальної сфери різного рівня та підпорядкування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами. Тема дисертаційної роботи повністю відповідає тематиці наукових досліджень Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України. Результати, отримані в ході виконання дисертаційного дослідження знайшли відображення у науково-дослідних роботах: «Розробка та аналіз засобів теоретико-ігрового моделювання стратегій збалансованого технологічного розвитку територій» (номер державної реєстрації 0116U000796), «Розробка інформаційної технології моделювання і прогнозування розвитку соціально-еколого-економічних систем в умовах невизначеності, нестаціонарності та ризику» (номер державної реєстрації 0121U100132), «Розробка інформаційних технологій та інструментальних засобів моделювання і прогнозування розвитку територій в умовах децентралізації» (номер державної реєстрації 0121U109211), «Математичне моделювання і прогнозування функціонування і розвитку соціально-економічної і транспортної інфраструктури територій і громад» (номер державної реєстрації 0123U104136).

Внесок автора у результати наведених науково-дослідних робіт полягає в розробці моделей, методів прогнозування, інформаційних технологій, призначених для підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення, соціального захисту та соціального забезпечення, а також органами державного управління та місцевого самоврядування, що опікуються соціальними питаннями, в умовах невизначеності.

Мета й завдання дисертаційного дослідження. Мета дисертаційної роботи – створення нових моделей, методів прогнозування для виконання системних досліджень, розроблення на їх основі методологічних засад інформаційно-аналітичного забезпечення підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі *завдання*:

- дослідити особливості системи державного пенсійного забезпечення України та прийняття рішень щодо пенсійного забезпечення в умовах невизначеності;
- виконати огляд та аналіз сучасних методів моделювання і прогнозування розвитку системи пенсійного забезпечення;
- удосконалити методику використання різнорідних даних, отриманих з різних джерел як для опису та прогнозування процесів, що характерні для системи державного пенсійного забезпечення в умовах невизначеності, так і для забезпечення зворотного зв'язку стосовно ефективності управлінських рішень, що приймаються органами ПФУ;
- розробити системну методологію прогнозування процесів, що характерні для державного пенсійного забезпечення в умовах невизначеності, зокрема, спричиненої військовим конфліктом;
- побудувати математичні моделі та ансамблі моделей, які описують процеси, характерні для системи пенсійного забезпечення України для прогнозування її розвитку для підтримки прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності, зокрема, спричиненої військовим конфліктом;

- розробити та виконати апробацію запропонованих підходів до моделювання та прогнозування розвитку системи державного пенсійного забезпечення України, запропонувати підходи, що забезпечують адекватний опис причинно-наслідкових зв'язків різних груп чинників та визначення можливих варіантів розвитку досліджуваних процесів;
- виконати аналіз адекватності побудованих моделей та сформулювати висновки щодо можливості їх застосування для розв'язання задач підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення;
- на основі системного підходу побудувати інформаційну технологію, яка доповнює існуючі, поєднуючи розроблені моделі та методи прогнозування та адаптувати її для подальшого використання у підсистемі підтримки прийняття рішень Єдиної інформаційної системи соціальної сфери.

Об'єкт дослідження – процеси підтримки прийняття рішень, пов'язані із фінансуванням витрат на пенсії у системі державного пенсійного забезпечення.

Предмет дослідження – моделі, методи прогнозування, призначені для підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення.

Методи дослідження. Для досягнення цілей роботи застосовано міждисциплінарний підхід, основу якого становлять загальнонаукові підходи та методи системного аналізу, інтелектуального аналізу даних, математичного моделювання, машинного навчання, підтримки прийняття рішень, розроблення інформаційних технологій. Для вивчення системи державного пенсійного забезпечення в умовах невизначеності та для узагальнення теоретичних і методологічних засад дослідження використано методи діалектичного пізнання, системного аналізу, індукції та дедукції, аналізу і синтезу, аналогій і зіставлення, формалізації й моделювання, інтелектуального аналізу даних, сценарний підхід та елементи теорії прийняття рішень. Для збору та попередньої обробки даних застосовано методи збору та оброблення структурованих та неструктурованих даних, зокрема, великих обсягів, методи системного, інтелектуального й статистичного аналізу, експертне оцінювання. Для побудови моделей і прогнозів – регресійний аналіз, методи аналізу часових рядів, ймовірісно-статистичне моделювання, методи статистичного дослідження, економіко-математичне моделювання, машинне навчання, багатовимірні розподіли. Для розроблення методики застосування створених інформаційних технологій – методи й засоби проєктування та розроблення програмного забезпечення для систем підтримки прийняття рішень, зокрема, прикладне програмування, методи розроблення баз даних та знань.

Наукова новизна отриманих результатів:

вперше:

- розроблено новий метод прогнозування контингенту одержувачів пенсій, який відрізняється стійкістю, високою точністю, адаптивністю, за рахунок поєднання сценарного аналізу, інтелектуального аналізу даних, експертного оцінювання та багатомодельного підходу, який забезпечує врахування як багаторівневості та ієрархічності прийняття рішень (моделі макро- та мікро рівнів), так і умов невизначеності (методика прогнозування кількості новопризначених пенсій за віком у певному році, за якої використовуються часові ряди даних про трудовий стаж осіб-кандидатів, із значною кількістю неімпутованих пропусків, поєднана з використанням

експертних суджень для визначення права на призначення пенсій), що підвищує якість інформаційно-аналітичного забезпечення підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення;

— розроблено системну методологію побудови прогнозів для підтримки прийняття рішень щодо пенсійного забезпечення населення в умовах невизначеності, основу якої становлять математичні моделі та їх ансамблі, алгоритми машинного навчання та сценарний аналіз, методи опрацювання текстової інформації яка, відрізняється комплексністю, стійкістю результатів, забезпечує урахування сукупного впливу різних груп чинників в процесі прийняття оперативних та стратегічних рішень, узгодженням результатів прогнозування на різних рівнях управління та етапах прийняття рішень, забезпеченням контролю виконання та оцінювання результативності рішень, забезпечуючи зворотній зв'язок у системі обслуговування населення, що дозволяє підвищити ефективність функціонування системи державного пенсійного забезпечення як складової соціальної сфери України;

удосконалено:

— інформаційну технологію прогнозування динаміки контингенту одержувачів пенсій та показників бюджету ПФУ, за рахунок додавання рекомендаційної підсистеми, у якій поєднано використання експертних суджень із алгоритмами штучного інтелекту, що забезпечує прозорість процесу прогнозування, спрощує аналіз отриманих результатів, обґрунтованість рішень в умовах невизначеності, в тому числі, таких, що приймаються оперативно, у умовах війни;

— систему критеріїв оцінювання прогнозів, шляхом поєднання метрик точності кількісних прогнозів, показники статистичної адекватності регресійних та ймовірнісних моделей, критеріїв стійкості оцінок за неповних та/або спотворених даних, критерії верифікації прогнозів за фактичними даними і сценаріями, що забезпечує побудову адекватних моделей досліджуваних процесів та отримання високоякісних оцінок прогнозів

отримали подальший розвиток:

— метод урахування різних груп внутрішніх та зовнішніх чинників у процесі прогнозування потреби у пенсійному забезпеченні, шляхом розширення існуючих підходів опрацювання відкритої інформації та інформації з обмеженим доступом на різних етапах прийняття рішень, що забезпечує поглиблений аналіз предметної області, створюючи передумови для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у системі державного пенсійного забезпечення в умовах невизначеності,;

— методика адаптивного прогнозування нелінійних процесів різної природи, характерних для системи державного пенсійного забезпечення за рахунок розширення набору моделей та методів аналізу даних, додавання методики оновлення оцінок за надходження нових даних і коректного поєднання статистичної інформації з експертними судженнями, що забезпечує високу точність прогнозів контингенту одержувачів пенсій та обсягів витрат на пенсійне забезпечення в умовах невизначеності.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що результати теоретико-методологічного та емпіричного досліджень доведені до використання в науково-практичній діяльності, а також апробовані та впроваджені за безпосередньою участю автора в практичну діяльність підприємств та установ, що підтверджується

довідкою ТОВ «МЕДИРЕНТ», авторським правом на твір – комп'ютерну програму, яка є складовою автоматизованої системи оброблення пенсійної документації. Результати використовуються у освітньому процесі Державного торгівельно-економічного університету, що підтверджено відповідною довідкою.

Особистий внесок здобувача. Усі теоретичні та практичні результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. Пошук та аналіз літературних джерел за тематикою дисертаційного дослідження виконано автором особисто. Наукові положення, висновки, рекомендації, що викладені в дисертації, розроблені особисто здобувачем. У працях, виконаних у співавторстві, автору дисертації належать: постановка задачі дослідження, обґрунтування вибору моделей для прогнозування часових рядів, аналіз отриманих результатів [1]; постановка задачі дослідження, методика застосування багатомодельного підходу для прогнозування контингенту одержувачів пенсій в умовах невизначеності на рівні центрального апарату ПФУ, зокрема, метод, прогнозування кількості новопризначених пенсій за віком протягом певного року, використовуючи в якості вхідних змінних часові ряди даних про трудовий стаж, що містять значну кількість неімпутованих пропусків. Методика ідентифікації та опрацювання невизначеностей, зокрема, пов'язаних із визначенням права особи на призначення пенсії [2]; експертні рекомендації щодо факторів, вплив яких на кількість санітарних втрат, припущення стосовно співвідношення, різних видів бойових втрат, апробація моделей, експертне оцінювання результатів прогнозування кількості інвалідів з числа санітарних втрат, формулювання висновків [4]; теоретичні та методичні засади інтеграції аналітичної підсистеми до Єдиної інформаційної системи соціальної сфери України [5], методика застосування результатів дослідження онлайн-середовища для аналізу настроїв, очікувань, потреб різних соціальних груп у пенсійному забезпеченні та соціальному захисті для прогнозування витрат на пенсії, прийняття рішень щодо подальшого розвитку системи державного пенсійного забезпечення України [6], постановка задачі дослідження, інтерпретація результатів відповідно до потреб ПФУ у зворотному зв'язку щодо ефективності рішень, що приймаються стосовно пенсійного забезпечення громадян, експертне оцінювання результатів кластеризації текстів та формування лінгвістичних правил, загальний аналіз отриманих результатів, визначення шляхів їх використання у роботі ПФУ [7, 10], визначення загальної проблеми, експертне оцінювання обґрунтованості та повноти відбору факторів, що впливають на обсяг видатків, обґрунтування підходів до побудови прогнозів у системі планування бюджету ПФУ та шляхів їх подальшого використання [8], формулювання задачі дослідження, аналіз отриманих результатів, висновки [9], визначенні загального призначення, принципів побудови Інтегрованої комплексної системи Пенсійного фонду, вимог до її загальних та низки прикладних підсистем [11], формування концепції видання, безпосереднє написання коментарів до статей Закону України «Про загальнообов'язкове державне пенсійне страхування», що стосуються принципів та структури системи загальнообов'язкового державного пенсійного страхування, прав та обов'язків та відповідальності учасників цієї системи, ведення у ній персоніфікованого обліку внесків, організаційних засад функціонування Пенсійного фонду України, суб'єктів накопичувальної системи, а також редагування коментарів до інших статей згаданого Закону, імплементація вмісту видання до використання у

Інтегрованому навчально-атестаційному комплексу [12], структура видання, інтегрування та редагування його розділів, безпосереднє написання розділів, які стосуються загальних засад функціонування Пенсійного фонду України та організації правової роботи у Пенсійному фонді України, адаптація змісту видання до використання у Інтегрованому навчально-атестаційному комплексу [13], безпосереднє написання складових посібника, що стосуються загальних організаційно-правових засад системи загальнообов'язкового державного пенсійного страхування, його соціально-економічної сутності, місця та ролі у системі соціального забезпечення, імплементація змісту видання до використання Інтегрованого навчально-атестаційного комплексу [14].

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційного дослідження були представлені на 3-х міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях: XXII Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток» (Київ, 14-15 листопада 2023 р.), XXIII Міжнародній науково-практичній конференції «Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення» (Київ, 12-13 листопада 2024 р.), VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні інформаційні системи та технології в цифровому суспільстві» (Київ, 01 жовтня 2024 р.).

Публікації. Основні наукові результати дисертації опубліковані у 11 наукових працях, у тому числі, 4 статті у фахових виданнях України, 2 статті у закордонних виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus, з яких одна стаття - у виданні, віднесеному до третього квартилю (Q3), 3 – у збірниках наукових праць, матеріалах і тезах міжнародних і національних конференцій, 1 – у науковому періодичному виданні України. Є 1 авторське свідоцтво на комп'ютерну програму. Додатково, наукові результати дисертації представлені у 3 навчальних посібниках.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, 4 розділів, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 170 сторінок, з яких основного тексту 161 сторінка, включаючи 31 рисунок, 39 таблиць, 3 додатки. Список використаних джерел налічує 152 найменування на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, розкрито суть і стан проблеми, сформульовано мету та завдання дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, достовірність отриманих результатів, зв'язок із науковими програмами, планами, темами, сформульовано наукову новизну роботи та практичне значення одержаних результатів, подано кількість публікацій за темою роботи, виділено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** виконано системологічний аналіз проблеми розроблення та використання систем підтримки прийняття рішень у державному та публічному управлінні, фінансовому секторі, зокрема, у системі пенсійного забезпечення. Проаналізовано закордонний досвід, акцентовано увагу на унікальності вітчизняної системи державного пенсійного забезпечення. Відзначено багаторівневість та ієрархічність процесів підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення. Ключовими є задачі прийняття рішень щодо призначення та виплати пенсій застрахованій особі (мікро рівень) та фінансування витрат на виплату пенсій

(макро рівень). Значну увагу приділено Інтегрованій комплексній системі ПФУ (КІС ПФУ), зокрема, її аналітичній складовій. Встановлено, що удосконалення потребують аналітична та прогнозна складові системи підтримки прийняття рішень, оскільки зараз вони в більшій мірі орієнтовані на вирішення точкових та поточних питань забезпечення пенсійних виплат. Відповідно, потрібні й нові моделі, алгоритми, методи прогнозування, інформаційні технології, призначені для використання у КІС ПФУ з метою розширення її інформаційно-аналітичної складової для забезпечення оперативності, узгодженості та обґрунтованості рішень, що приймаються на всіх рівнях системи державного пенсійного забезпечення України в умовах невизначеності.

Найбільш характерними, як показало дослідження, для системи державного пенсійного забезпечення залишаються статистична, структурна та параметрична невизначеності, а в умовах війни – системна невизначеність. В роботі представлено узагальнення методичних підходів до опрацювання невизначеностей різних типів. Розроблено метод урахування різних груп чинників у процесі підтримки прийняття рішень щодо пенсійного забезпечення населення в умовах невизначеності (рис. 1)



Рисунок 1 - Метод урахування різних груп чинників у процесі підтримки прийняття рішень щодо пенсійного забезпечення населення в умовах невизначеності

Задачу розроблення прогностного інструментарію, запропоновано розв'язувати виходячи з особливостей програмно-апаратної платформи ІКІС ПФУ, відповідно до існуючих процедур підтримки прийняття рішень ПФУ. Функціональність системи розширено додаванням модулів побудови математичних моделей, сценарного аналізу, інтелектуального аналізу даних, розроблення рекомендацій і підготовки проєкту рішення. Для їх інтеграції застосувати конвергентний підхід. В подальшому розроблені моделі та методи прогнозування мають бути адаптовані до використання у складі ЄІССС.

У другому розділі розглянуто методичні підходи до побудови моделей та прогнозів у системі державного пенсійного забезпечення, проаналізовано їх використання для підтримки прийняття рішень за сучасних умов та за переходу до трирівневої пенсійної моделі. Виявлено, що в умовах складної фінансової ситуації в країні, актуальним питанням є забезпечення фінансування пенсійних виплат. Тому, основний акцент зроблено на факторів, що здійснюють найбільший вплив на зміну пенсійних виплат. Як показало дослідження, важливо урахувати вплив як економічних, демографічних, екологічних, суспільних та правових, а також вплив військового стану – визначальних для розвитку системи державного пенсійного забезпечення в цілому, так й індивідуальних характеристик осіб, застрахованих у системі загальнообов'язкового державного пенсійного страхування. Тому, в роботі запропоновано поєднання моделей мікро- та макро- рівнів.

Для прогнозування контингенту одержувачів пенсій розроблено метод, який враховує індивідуальні характеристики осіб, застрахованих у системі загальнообов'язкового державного пенсійного страхування, які визначають їх право на призначення пенсій за віком та рік настання права на призначення пенсії. Це кількісні та якісні характеристики застрахованих осіб, а саме: страховий стаж, сума страхових внесків, стать, наявність інвалідності, пільг, особливих умов, вік, розмір призначеної пенсії, тощо. Схема методу прогнозування кількості новопризначених пенсій за віком протягом одного календарного року представлена на рис. 2.

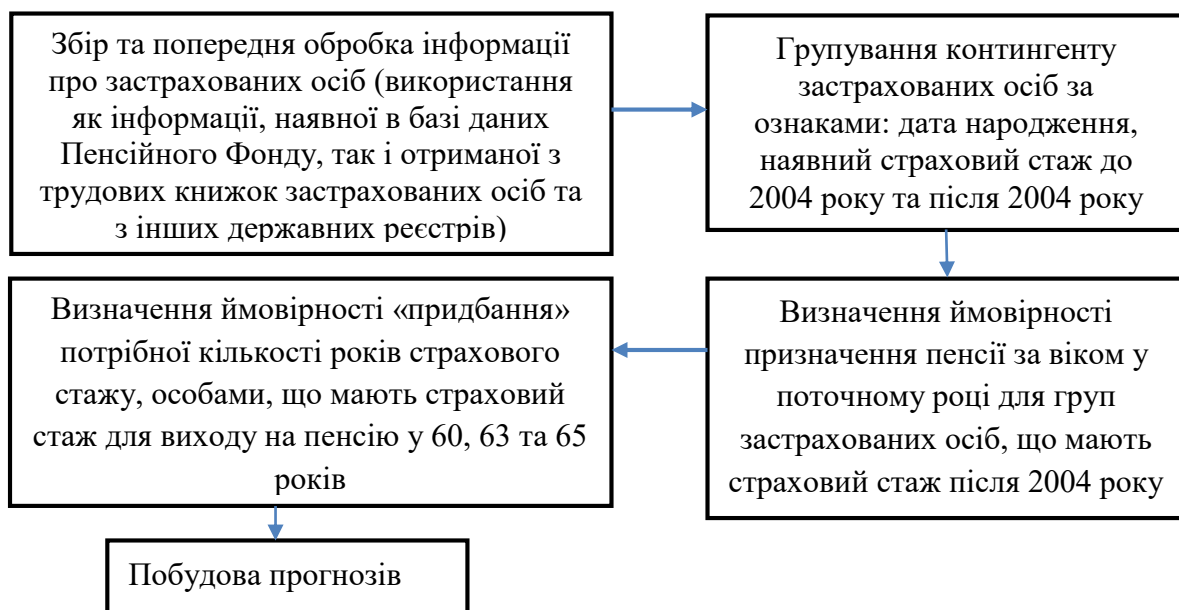


Рисунок 2 - Схема прогнозування кількості новопризначених пенсій за віком в певному році із використанням ймовірнісного моделювання

Особливістю пропонованого підходу є те, що в якості вхідних даних використані часові ряди, що містять інформацію про страховий стаж застрахованих осіб у інформаційній системі загальнообов'язкового державного пенсійного страхування, які містять значну частину пропусків у період до 2004 року, які не можна заповнювати без підтверджувальних документів. Даний метод прогнозування новопризначених пенсій за віком, як і метод прогнозування зростання контингенту одержувачів пенсій по інвалідності внаслідок війни реалізовані у інформаційній технології прогнозування динаміки контингенту одержувачів пенсій та показників бюджету ПФУ. У роботі запропоновано удосконалення даної інформаційної технології – враховано потреби користувачів ПФУ у адресному консультуванні - додано рекомендаційну підсистему, адаптовану до ІКІС ПФУ. А саме, поєднано використання експертних суджень із алгоритмами штучного інтелекту, що, прискорює прийняття рішення, особливо, під час аналізу законодавства, дозволяє зменшити вплив людського фактору, спрощує процедуру аналізу та інтерпретації отриманих результатів прогнозування, що забезпечує оперативність та обґрунтованість рішень в умовах невизначеності, в тому числі, таких, що приймаються в умовах війни.

У **третьому розділі** розглянуті питання розроблення моделей та методів прогнозування для підтримки прийняття рішень на загальнодержавному рівні управління системи державного пенсійного забезпечення. Розглянуто особливості даного рівня прийняття рішень, Визначено, що досліджувані процеси є нелінійними, розвиваються в умовах невизначеності під впливом множини зовнішніх та внутрішніх факторів, тому, на особливу увагу заслуговує задача відбору моделей-кандидатів для прогнозування та розроблення системі оцінювання прогнозів. Було розглянуто широкий спектр моделей: від лінійної багатофакторної регресії до ансамблевих алгоритмів, виконано низку чисельних експериментів із використанням відкритих даних, так і штучно згенерованих наборів, що замінюють набори даних з обмеженим доступом. Виходячи з особливостей прогнозування нелінійних процесів різної природи, характерних для системи державного пенсійного забезпечення, коли рішення приймається в умовах постійного оновлення та уточнення вхідних даних, розроблена методика адаптивного прогнозування, яка удосконалює існуючу за рахунок розширення набору моделей та методів аналізу даних, додавання методики оновлення оцінок за надходження нових даних і коректного поєднання статистичної інформації з експертними судженнями.

Запропонована в роботі система критеріїв оцінювання прогнозів, удосконалює існуючу шляхом поєднання метрик точності кількісних прогнозів. Також, запропоновані показники статистичної адекватності регресійних та ймовірнісних моделей, критеріїв стійкості оцінок за неповних та/або спотворених даних, критерії верифікації прогнозів за фактичними даними і сценаріями, що забезпечує побудову адекватних моделей досліджуваних процесів та отримання високоякісних оцінок прогнозів. Для комплексного оцінювання якості прогнозів запропоновано систему критеріїв, яка поєднує показники точності прогнозування, статистичної та ймовірнісної адекватності моделей, стійкості до неповних і спотворених даних, якості прогнозних інтервалів та сценарної адекватності. Якість прогнозної моделі M подається у вигляді вектору:

$$Profile(M) = \{A(M), Q(M), P(M), R(M), I(M), S(M)\}$$

Таблиця 1 – Структура профілю якості прогнозової моделі

Складова	Характеристика	Основні показники
A(M)	точність прогнозу	MAE, RMSE, MAPE, sMAPE, R^2
Q(M)	статистична адекватність	F, p, AIC, BIC, DW, BP, Ljung–Box
P(M)	ймовірнісна адекватність	Brier, LogLoss, Calibration
R(M)	стійкість	пропуски, шум, викиди
I(M)	прогнозні інтервали	PICP, MPIW
S(M)	сценарна адекватність	напрямок, величина, стабільність, правдоподібність

Кожна складова є агрегованою характеристикою відповідної групи критеріїв та нормується до інтервалу $[0;1]$. Особливе значення має показник $S(M)$, який характеризує не лише точність окремого прогнозу, а й адекватність моделі за різних сценаріїв. Він формується з чотирьох компонентів: відповідності напрямку S_{dir} , величини S_{mag} , стабільності S_{stab} та сценарної правдоподібності S_{plause} .

Розроблено системну методологію побудови прогнозів для підтримки прийняття рішень щодо пенсійного забезпечення населення в умовах невизначеності (рис. 3)

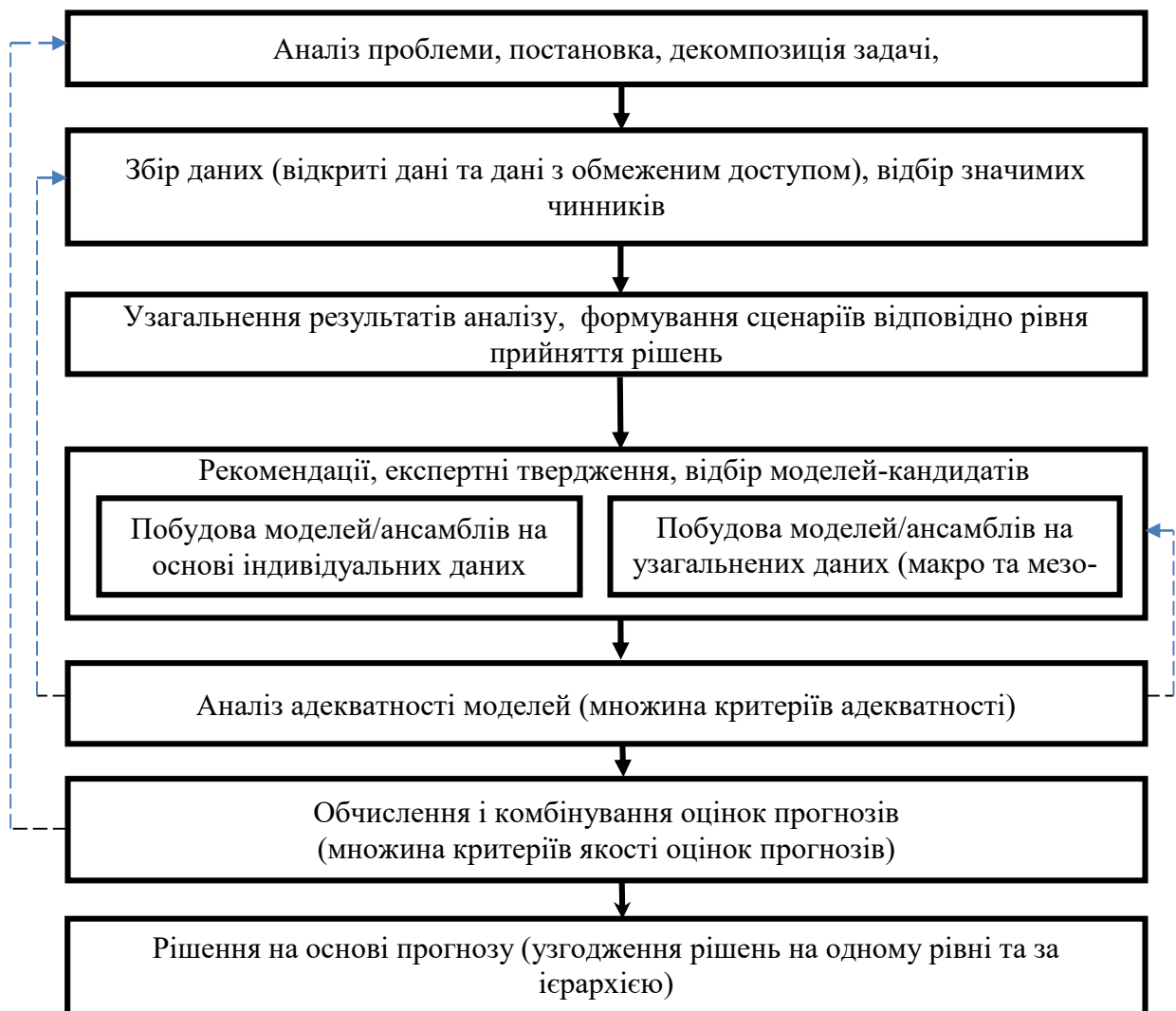


Рисунок 3 - Методологія побудови прогнозів для підтримки прийняття рішень щодо пенсійного забезпечення населення в умовах невизначеності (узагальнено)

У даній методології поєднані математичні моделі та їх ансамблі, алгоритми машинного навчання та сценарний аналіз, методи опрацювання текстової інформації. Їх використання є комплексним, забезпечує стійкість результатів, урахування сукупного впливу різних груп чинників в процесі прийняття оперативних та стратегічних рішень. Результати прогнозування узгоджуються на різних рівнях управління та етапах прийняття рішень. Порівняння із експертними оцінками, бюджетними показниками, тощо створює умови для контролю виконання. Для оцінювання результативності рішень, особливо тих, що приймаються на мікро- рівні, у системі обслуговування населення, реалізовано зворотній зв'язок що дозволяє підвищити якість послуг, що надаються та потреби населення у пенсійному забезпеченні, вчасно виявити проблеми та скоригувати рішення. Таким чином, використання розробки підвищить ефективність функціонування системи державного пенсійного забезпечення як складової соціальної сфери України.

У **четвертому розділі** представлені приклади застосування розроблених моделей та методів прогнозування у системі підтримки прийняття рішень державного пенсійного забезпечення.

Приклад 1. Аналіз та прогнозування факторів, що впливають на видаткову та доходну частини бюджету Пенсійного фонду.

Пропонована методика призначена для використання на мезо- та макро- рівнях прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення. У дослідженні використано часові ряди статистичних показників (демографічні, макроекономічні, соціальні фактори) за 2002-2021 рр., що впливають на зміну видатків Пенсійного фонду України на пенсійне забезпечення. Використовуючи експертні твердження, було побудовано три сценарії. Перший сценарій передбачає збільшення демографічного навантаження населення у віці 16-59 років за незмінної структури контингенту одержувачів пенсій, повільного поступового зростання індексу споживчих цін. Другий - збільшення демографічного навантаження населення у віці 16-59 років та зростання індексу споживчих цін. Третій сценарій – негативний: суттєве зростання демографічного навантаження та індексу споживчих цін.

Оскільки, часові ряди показників, використаних у дослідженні характеризуються мультиколінеарністю, для відбору найбільш значимих факторів було застосовано метод головних компонент. Перша головна компонента (K_1) – агрегований показник, який збільшується за збільшення загальних видатків зведеного бюджету при одночасному зменшенні чисельності пенсіонерів, зокрема, одержувачів пенсії по інвалідності, соціальних пенсій. Друга головна компонента (K_2) збільшується при зменшенні видатків зведеного бюджету, валового внутрішнього продукту, контингенту одержувачів пенсій по вислугі років, збільшенні мінімальної заробітної плати та зростанні демографічного навантаження населення у віці 16-59 років. В результаті, для побудови моделі (1) використано дві головні компоненти, які описують 81,78% варіабельності даних.

$$VID_{PF} = 107067 + 110045 \cdot K_1 + 23574 \cdot K_2, \quad (1)$$

де VID_{PF} – видатки ПФУ, а K_1 , K_2 – головні компоненти.

У таблиці 2 представлені статистичні характеристики побудованої моделі.

Таблиця 2 - Статистичні характеристики моделі видатків ПФУ

Параметри моделі	K ₁	K ₂	Вільний член моделі
Кількість ступенів свободи	1	1	1
Оцінка параметра моделі	110045	23574	107067
Стандартна похибка оцінки параметра моделі	2912.50	2912.50	2853.66
Значення t-статистики Стьюдента	37.78	8.09	37.52
p- критерій значимості	<.0001	<.0001	<.0001
Коефіцієнт мультиколінеарності	1	1	0

Результати прогнозування видатків Пенсійного фонду за запропонованими сценаріями представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати моделювання видатків Пенсійного фонду України на пенсійне забезпечення, млн грн

Рік	Фактичне значення	Прогноз за сценаріями по роках:		
		перший	другий	третій
2018	309363,60	303980,0	298946,2	296732
2019	321786,70	340464,1	335644	332861,7
2020	346720,50	368035,3	363293,2	360104,6
2021	354950,60	300422,9	341457,4	352306,4
2022		315128,6	360432,3	377995,5
2023		329834,3	379407,2	403684,6
2024		344540,1	398382,1	429373,8
2025		359245,8	417357,1	455062,9
2026		373951,6	436332	480752
2027		388657,3	455306,9	506441,1
2028		403363,1	474281,8	532130,3
2029		418068,8	493256,7	557819,4
2030		432774,5	512231,6	583508,5

Порівнюючи результати прогнозування, представлені в табл. 3, з фактичним значенням показника видатків Пенсійного фонду на пенсійне забезпечення, слід відзначити високу точність прогнозу. За першого сценарію відхилення становить 15%, другого – 3,8%, третього – 0,75%. Аналіз прогнозів, отриманих за різними сценаріями показав, що підвищення пенсійного віку, як основного засобу зниження видатків на виплату пенсій не вирішує проблему зменшення дефіциту бюджету Пенсійного фонду України. Адже, наприклад, за першого сценарію, до 2030 року очікується зростання видатків на пенсійне забезпечення на рівні 22% проти показника у 2021 році, переважно за рахунок старіння населення та зростання чисельності одержувачів пенсій по інвалідності. Тобто, слід звернути увагу на необхідність поглибленого дослідження впливу демографічних чинників та причин зростання чисельності одержувачів пенсій по інвалідності.

Приклад 2. Застосування профілю якості прогнозної моделі для оцінювання прогнозів показника видатків ПФУ на пенсійне забезпечення (приклад 1)

Застосовано показник - профіль якості прогнозової моделі – це за своєю суттю вектор характеристик (профіль) моделі M , а не одне числове значення, що описується в загальному вигляді як

$$Profile(M) = \{A(M), Q(M), P(M), R(M), I(M), S(M)\} \quad (2)$$

де $A(M)$ – точність прогнозу; $Q(M)$ – статистична адекватність; $P(M)$ – ймовірнісна адекватність; $R(M)$ – стійкість до неповних та спотворених даних (robustness); $I(M)$ – якість прогнозних інтервалів; $S(M)$ – сценарна адекватність).

Кожна компонента профілю, в свою чергу, є агрегованою характеристикою групи критеріїв.

$$A(M) = f_A(MAE, RMSE, MAPE, sMAPE, R^2) \quad (3)$$

$$Q(M) = f_Q(F, p, AIC, BIC, DW, BP, LjungBox) \quad (4)$$

$$P(M) = f_P(Brier, LogLoss, Calibration) \quad (5)$$

$$R(M) = f_R(RI_{missing}, RI_{noise}, RI_{outlier}) \quad (6)$$

$$I(M) = f_I(PICP, MPIW) \quad (7)$$

$$S(M) = f_S(S_1, \dots, S_k) \quad (8)$$

MAE – середня абсолютна похибка прогнозування, що характеризує середню величину абсолютного відхилення прогнозованих значень від фактичних;

$RMSE$ – корінь із середньоквадратичної похибки, що характеризує величину прогнозних помилок із підвищеною чутливістю до великих відхилень;

$MAPE$ – середня абсолютна відносна похибка у відсотковому вираженні, що характеризує середню відносну точність прогнозу;

$sMAPE$ – симетрична середня абсолютна відносна похибка, яка характеризує відносне відхилення прогнозних значень від фактичних із симетризацією відносно прогнозу та фактичного значення;

R^2 – коефіцієнт детермінації, що характеризує частку варіації залежної змінної, пояснену моделлю.

Для отримання $A(M)$ – точності прогнозу розраховано прогнозні показники для кожного із сценаріїв (табл. 4)

Таблиця 4 - Значення показників показника видатків ПФУ на пенсійне забезпечення сценаріїв, що використовуються для обчислень компонентів точності прогнозу $A(M)$

Рік	Факт	Сценарій 1	Сценарій 2	Сценарій 3
2018	309363,6	303980	298946,2	296732
2019	321786,7	340464,1	335644	332861,7
2020	346720,5	368035,3	363293,2	360104,6
2021	354950,6	300422,9	341457,4	352306,4

Для 2022-2030 рр. є лише прогнозні значення, тому помилки прогнозування для цих років розрахувати не можна, оскільки фактичних значень у таблиці немає. Статистичні характеристики, розраховані для розроблених сценаріїв (табл. 5)

Таблиця 5 - Значення статистичних характеристик для різних сценаріїв

Сценарій	MAE, млн грн	RMSE, млн грн	MAPE	sMAPE	R ²	A(M)
1	24 975,88	30 844,04	7,26%	7,50%	0,810	0,9005
2	13 585,15	13 759,25	4,06%	4,05%	0,441	0,9309
3	9 933,73	10 820,57	3,03%	3,02%	0,654	0,939

За умови використання рівновагового нормування критеріїв точності, значення інтегральної характеристики: $A_{avg}^* = 0,9235$.

Статистична адекватність $Q(M)$:

$$Q(M) = f_Q(F, p, AIC, BIC, DW, BP, LjungBox),$$

Враховуючи, що $n = 20$ та $k = 2$ $F \approx 38,15$; $p_F \approx 5,18 \cdot 10^{-7}$; $AIC = 112,4$; $BIC = 119,8$; $DW = 1,94$; $p_{BP} = 0,34$; $p_{LB} = 0,41$, використовуємо рівні ваги:

$$w_F = w_p = w_{AIC} = w_{BIC} = w_{DW} = w_{BP} = w_{LB} = \frac{1}{7}$$

Для нормування значень використовуються:

$$AIC_{min} = 105; AIC_{max} = 125; BIC_{min} = 110; BIC_{max} = 130;$$

$$F_{min} = 0; F_{max} = 50; p_{min} = 0; p_{max} = 0,05;$$

$$p_{BP,min} = 0; p_{BP,max} = 0,05; p_{LB,min} = 0; p_{LB,max} = 0,05;$$

Отримано, що статистична адекватність дорівнює $Q(M) = 0,766$

Ймовірнісна адекватність $P(M)$ обчислюється як:

$$P(M) = f_P(Brier, LogLoss, Calibration)$$

Таблиця 6 – Значення результатів ймовірнісного моделювання

Показник	Модель (M)	min	max
Brier	0,11	0,05	0,2
LogLoss	0,34	0,15	0,6
ECE	0,045	0,01	0,1

ECE – це $Calibration$, а саме очікувана помилка калібрування.

$$P_{Brier} = 0,6; P_{LogLoss} = 0,578; P_{ECE} = 0,611.$$

Отже ймовірнісна адекватність $P(M) = 0,596$

Для ілюстрації процедури оцінювання робастності $R(M)$ змодельовано результати контрольованого стрес-тесту, налаштування якого наведені в табл. 7.

Таблиця 7 - Налаштування стрес-тесту для моделювання показника робастності

Тип порушення	Сценарій деградації	Зниження якості	RI індекс робастності
Пропуски	10% missing	8%	0,92
Шум	$\sigma = 0,1 \cdot \sigma_X$	12%	0,88
Викиди	5% outliers	16%	0,84

За умови використання рівних ваг $w_1 = w_2 = w_3 = \frac{1}{3}$, тоді, отримуємо $R(M) = 0,88$.

Тобто модель зберігає 88% інтегральної якості за модельованого погіршення якості вхідних даних.

Для розрахунку $I(M)$ - інтегрального показника якості прогнозних інтервалів сформовано 20 прогнозних інтервалів, при цьому $PICP = 0,92$, цільовий рівень $C_0 = 0,95$, отже $P_{PICP} = 0,9684$, а $MPIW = 0,12$, з діапазоном порівнянь $MPIW_{min} = 0,08$, $MPIW_{max} = 0,3$, тоді $P_{MPIW} = 0,8182$. При $w_1 = w_2 = \frac{1}{2}$ одержуємо $I(M) = 0,893$.

$S(M)$ інтегральний показник сценарної адекватності розраховано наступним чином. За результатами моделювання видатків Пенсійного фонду на пенсійне забезпечення, знаємо логіку сценаріїв $S_1 < S_2 < S_3$ за ступенем негативності факторів, тому очікується, що $\hat{Y}_1 < \hat{Y}_2 < \hat{Y}_3$, і фактично це спостерігається для всіх прогнозів, тому $S_{dir} = 1$. Для контрольного прикладу експертно обґрунтована реакція становить:

$$\Delta Y^{ref} = \{15\%, 20\%, 25\%\}$$

В результаті $S_{mag} = 0,86$. а S_{stab} оцінюється безпосередньо з трьох сценарних прогнозів, і для 2022-2030 отримано наступне середнє значення $S_{stab} = 0,868$. Допустимий діапазон прогнозу визначається статистичним довірчим діапазоном, як наслідок $S_{plause} = 0,95$. За умови рівних ваг $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = \frac{1}{4}$ маємо інтегральний показник сценарної адекватності $S(M) = 0,9195$.

Отже, отриманий профіль прогнозної моделі має вигляд:

$$Profile(M) = \{0,9235; 0,766; 0,596; 0,88; 0,893; 0,92\},$$

де окремі компоненти характеризують, відповідно, точність прогнозування, статистичну адекватність моделі, якість ймовірнісних оцінок, стійкість до неповних і спотворених даних, якість прогнозних інтервалів та узгодженість сценарних прогнозів. Отримані значення свідчать, що досліджувана модель демонструє найвищі характеристики за точністю прогнозування ($A(M)=0,924$), сценарною узгодженістю ($S(M)=0,920$), якістю прогнозних інтервалів ($I(M)=0,893$) та стійкістю до порушень вхідних даних ($R(M)=0,880$). Водночас нижчі значення $Q(M)=0,766$ та особливо $P(M)=0,596$ вказують на наявність резервів щодо підвищення статистичної та ймовірнісної адекватності моделі. За умови однакової вагомості всіх шести складових інтегральна характеристика профілю становить $Profile_{int}(M) = 0,83$ – це означає, що за прийнятої системи нормування та рівнозначного врахування окремих критеріїв модель у цілому характеризується високим рівнем комплексної якості прогнозування. Водночас значення 0,830 не замінює вектор $Profile(M)$, оскільки агрегування може приховувати відмінності між окремими характеристиками моделі. Тому запропонований критерій – профіль прогнозної моделі доцільно використовувати як для загальної оцінки моделі, так і для виявлення конкретних напрямів її подальшого вдосконалення.

Приклад 3. Застосування ймовірнісно-статистичних моделей та інтелектуального аналізу даних для прогнозування контингенту одержувачів пенсій за віком в умовах невизначеності

Оскільки зростання кількості одержувачів пенсій є одним із ключових факторів, що впливають на збільшення видатків на державне пенсійне забезпечення, питання прогнозування контингенту одержувачів пенсій є однією з ключових задач підтримки прийняття рішень в системі державного пенсійного забезпечення. В роботі запропонована методика прогнозування контингенту одержувачів пенсій на основі даних персоніфікованого обліку. Оскільки дана інформація конфіденційна, були згенеровані набори даних, що відповідають наявним в базі даних персоніфікованого обліку застрахованих осіб. Було враховано, що часові ряди даних застрахованих осіб містять пропуски даних про періоди роботи, які неможна заповнювати без наявності підтвердженої документально інформації про стаж. Досліджувалась динаміка найбільш чисельної категорії одержувачів пенсій за віком.

Для опрацювання пропусків даних про стаж виконано частотний аналіз (рис.4), значення розподілу страхового стажу за весь період трудової діяльності застрахованої особи, є комбінацією розподілів значення страхового стажу до та після 2004 року. Якщо, наприклад, роком настання права на пенсію є 2024 рік, наявні пропуски даних опрацьовано виходячи з припущення про те, що 90-98% працездатного населення працювали у період до 1990 року, а за період з 2004 по 2024 рр. можуть «докупити» не більше п'яти років страхового стажу до стажу до необхідного для призначення їм пенсії за віком у 2024 році.

На рис. 4 представлено припущення щодо розподілу страхового стажу застрахованих осіб, яким у 2024 році виповнюється 60 років (рік народження – 1964).

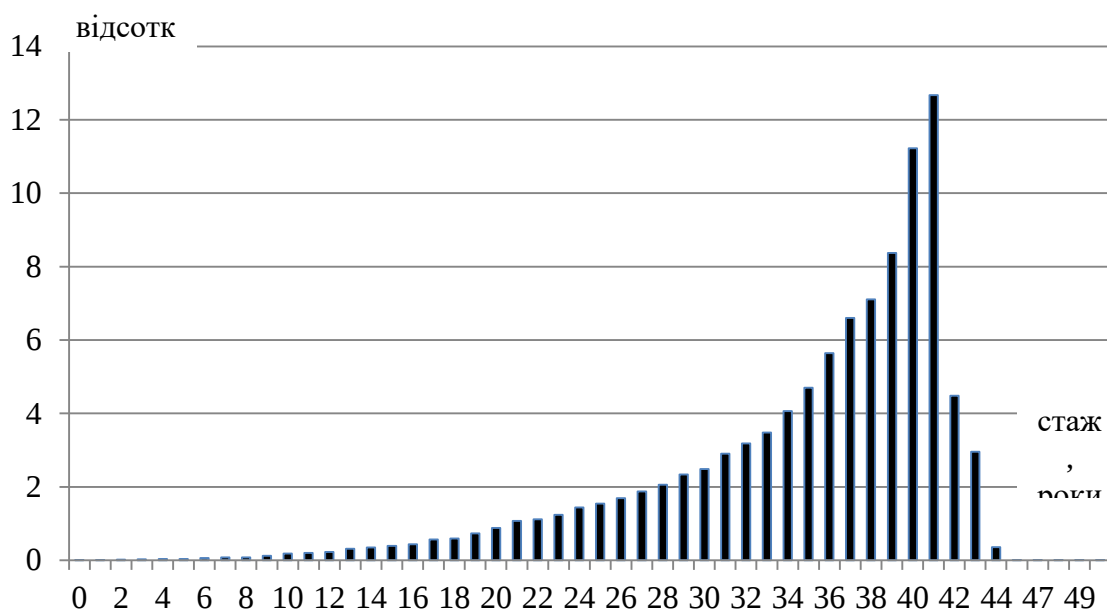


Рисунок 4 - Розподіл значень страхового стажу застрахованих осіб, що народилися у 1964 році, за весь період їх трудової діяльності

Розподіл значень страхового стажу за весь період трудової діяльності застрахованої особи, описується статистичними характеристиками: математичне очікування $\mu = 34,81$, стандартне відхилення $\sigma = 7,08$, до 2004 року - математичне очікування $\mu = 18,67$, стандартне відхилення $\sigma = 4,09$, після 2004 року - математичне очікування $\mu = 15,66$, стандартне відхилення $\sigma = 4,67$

Для моделювання було використано математичний апарат гібридних мереж Байєса (рис. 5).



Рисунок 5 - Топологія побудованої мережі Байєса

Вершина «Ймовірність отримання пенсії» характеризується випадковою змінною, умовний розподіл якої залежить від значень батьківських вершин. В простішому випадку цей розподіл нормальний, а в складнішому випадку, аналогічно вершині "Ймовірність отримати пенсію", може використовуватись змішаний нормальний розподіл. Тобто, для кожного з розподілів має бути заданий список його параметрів:

- математичні очікування та дисперсії для розподілів, що описують ступінь впливу дискретних батьків;
- вагові коефіцієнти, що враховують ступінь впливу на математичне очікування неперервних батьків.

Таблиця 8 - Налаштування вершин побудованої гібридної мережі Байєса

Назва вершини	Значення, що описують вершину
Страховий стаж за весь період трудової діяльності	$34,81 \pm 7,08$.
Страховий стаж до 2004 року	$18,67 \pm 4,09$
Страховий стаж після 2004 року	$15,66 \pm 4,67$
Ймовірність придбання 1-5 років страхового стажу	$12,85 \pm 2,1$
Вік особи, роки	45-65
Пільговий стаж (шкідливі умови)	«так» - наявний пільговий стаж 6,5 років та більше: ймовірність – 2%, «ні» - якщо менше 6,5 років – 98%
Ознака права на дострокову пенсію або зменшення пенсійного віку	«так» - ймовірність 2,5%, «ні» - ймовірність – 97%
Ймовірність отримання пенсії	Так/ні

Таблиця 9 - Результати моделювання кількості осіб 1964-1968 рр. народження, що вийдуть на пенсію за віком за наявності різного страхового стажу, враховано, що стаж, якого не вистачає (але не більше 5 років), можна докупити

Рік народження	Кількість застрахованих осіб (наявна інформація про страховий стаж)	в тому числі, від загальної кількості застрахованих осіб, %:			
		пенсія за віком буде призначена з настанням пенсійного віку	пенсія буде призначена з настанням пенсійного віку, за умови придбання стажу	пенсія буде призначена пізніше (у 63 років)	пенсія буде призначена пізніше (65 років)
1964	480964	77,77	10,44	6,41	3,21
1965	462280	75,67	11	6,75	3,95
1966	485298	72,01	12,26	7,78	4,7
1967	489583	68,79	13,48	8,63	5,25
1968	500903	65,06	15,44	9,42	5,87

Отже, як показали розрахунки, якщо особі, що планує виходити на пенсію при досягненні передбаченого законом віку (60, 63, 65 років), не вистачає 5 і менше років стажу, до необхідного страхового стажу для виходу на пенсію після досягнення передбаченого законом віку, вона може укласти договір з Пенсійним фондом України про добровільну участь у системі пенсійного страхування і «докупити» стаж. Ймовірність такої події, якщо «докупляти»: 1 рік - 91,98%, 2 роки - 90,59%, 3 роки - 55,19%, 4 роки - 23,35%, 5 років - 12,85% Тоді, найбільш ймовірним сценарієм для 2024 року є наступний: особи 1964 року народження набудуть права на пенсію за віком у віці 60 років і за наявного страхового стажу 31 рік. Таких осіб може бути 374046 (77,7%). Крім того, одержувати пенсію у 60 років зможуть ще 50213 осіб (10,44%), якщо зможуть (будуть мати бажання) «докупити» страховий стаж. Тобто, всього 424259 (88,14%) осіб набудуть права на пенсію за віком у 60 років. У 63 роки, за наявності страхового стажу від 21 до 31 року, з числа осіб 1964 року народження набудуть право на пенсію 30829 (6,41%) осіб. Право на пенсію у 65 років, маючи страховий стаж від 15 років набуде 15438 (3,21%) осіб. Співставлення результатів прогнозування із наявними статистичними даними підтвердило обґрунтованість запропонованої методики.

У **додатках** подані матеріали, що ілюструють практичні реалізації отриманих рішень, а також акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.

ВИСНОВКИ

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішено важливу науково-прикладну проблему в галузі інформаційних технологій – підвищення ефективності прийняття рішень в управлінні розвитком процесів різної природи, що мають місце у системі державного пенсійного забезпечення методами та засобами сучасних інформаційних технологій. При цьому отримано такі нові результати:

1. Виконано аналіз існуючої системи державного пенсійного забезпечення, визначено її місце та роль у соціальній сфері України, виявлено, що дана система є складною ієрархічною, а процеси, що характеризують її розвиток, переважно нелінійні, їх перебіг відбувається в умовах невизначеності під впливом соціально-

економічних, демографічних, екологічних та суспільно-політичних чинників, що забезпечило адекватність побудованих моделей.

2. Розвинуто системну методологію оброблення різнорідних та неповних даних, отриманих з різних джерел, врахувавши особливості опрацювання відкритої інформації та інформації з обмеженим доступом, методику їх використання для прогнозування процесів різної природи, характерних для системи державного пенсійного забезпечення в умовах невизначеності, що забезпечило якість побудованих прогнозів.

3. Розроблено метод прогнозування контингенту одержувачів пенсій, який враховуючи ієрархічність процесу прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення, забезпечує формування наборів даних для аналізу та деталізувати прогнози залежно від рівня управління, використовуючи поєднання ймовірнісно-статистичних методів та інтелектуального аналізу даних, дозволяє опрацьовувати часові ряди із значною кількістю пропусків, є універсальним для розв'язання задач опису та прогнозування розвитку системи державного пенсійного забезпечення та її складових в умовах інформаційної та статистичної невизначеностей.

4. Розроблено системну методологію побудови прогнозів, основу якої складають розроблені моделі зокрема, математичні та їх ансамблі, алгоритми машинного навчання, сценарний аналіз, методи опрацювання різнорідної інформації, що забезпечило якість, комплексність, стійкість, узгодженість результатів прогнозування на різних рівнях управління та етапах прийняття рішень, контроль виконання та оцінювання результативності рішень, забезпечуючи зворотній зв'язок у системі обслуговування населення, що дозволяє підвищити ефективність функціонування системи державного пенсійного забезпечення в умовах невизначеності, зокрема, спричиненої військовим конфліктом.

5. Розвинуто методику адаптивного прогнозування розвитку системи державного пенсійного забезпечення України, за рахунок розширення набору моделей та методів аналізу даних, додавання методики оновлення оцінок за надходження нових даних і коректного поєднання статистичної інформації з експертними судженнями, призначену для використання на різних рівнях управління, що забезпечило узгодженість та якість рішень, що приймаються в системі ПФУ як складової соціальної сфери України.

6. Удосконалено систему критеріїв оцінювання прогнозів та виконано апробацію запропонованих підходів, встановлено, що їх використання забезпечує адекватний опис причинно-наслідкових зв'язків соціально-економічних, демографічних, екологічних, суспільно-політичних груп чинників та визначення можливих варіантів розвитку досліджуваних процесів, що дозволило підвищити точність прогнозування на 10-15%, а використання ймовірнісних моделей, штучного інтелекту та комбінованих прогнозів - зменшити похибки при прогнозуванні на 5-20% у порівнянні з існуючими підходами.

7. Виконано аналіз адекватності побудованих моделей та коректності формування висновків на їх основі шляхом проведення емпіричних досліджень, підтверджено можливість їх застосування для розв'язання задач оцінювання і прогнозування розвитку системи державного пенсійного забезпечення як складової соціальної сфери України.

8. Удосконалено інформаційну технологію прогнозування динаміки контингенту одержувачів пенсій та показників бюджету ПФУ, яка удосконалює наявне рішення шляхом додавання розроблених прогнозних моделей, технологій збору, оброблення, аналізу різнорідних даних, у якій особливу увагу приділено опрацюванню пропусків та аномалій, візуалізації результатів, розмежування доступу до інформаційних ресурсів яка відрізняється гнучкістю, здатністю до масштабування, що забезпечує її подальше використання як у Пенсійному фонді України, та і у системах підтримки прийняття рішень органів державного управління та місцевого самоврядування.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Статті у наукових виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України

1. Зарудний О. Б., Коваль Р. Г. Методика прогнозування часових рядів для визначення потреби у видатках на соціальний захист та соціальне забезпечення», *Міжнародний науково-технічний журнал «Проблеми керування та інформатики»*. 2024. Vol. 69, №о. 5. С. 64–77. <https://doi.org/10.34229/1028-0979-2024-5-5>

Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України

2. Zarudnyi, O., Koval, R. Application of probabilistic and stochastic models and data mining for forecasting the contingent of old age pension recipients in the context of systemic uncertainty. *Technology Audit and Production Reserves*, 2024. Vol. 5. №. 2(79), P. 56–62. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.313960> (Scopus)

3. Зарудний О. Застосування інтелектуального аналізу еколого-економічних даних у системі пенсійного страхування та для прогнозування витрат на соціальний захист і соціальне забезпечення. *Екологічна безпека та природокористування*, 2024. Т. 51(3), С. 161–176. UR: <https://es-journal.in.ua/article/view/314099>. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.3.161-176>

4. Трофимчук О., Коваль Р., Зарудний О. Методика прогнозування кількості інвалідів з числа санітарних втрат. *Екологічна безпека та природокористування*, 2025. Т. 54 (2). С. 121–135. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.2.121-135>

Статті у виданнях, індексованих у базі даних Scopus

5. Zarudnyi, O., Koval, R. Methodology for Constructing an Analytical Subsystem of the Unified Information System of the Social Sphere of Ukraine. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2025. Vol. 61. №. 4. P. 487–494. ISSN 1573-8337. <https://doi.org/10.1007/s10559-025-00785-9> (Scopus Q3)

6. Korbicz J., Sholokhov O., Koval R., Zarudnyi O. Application of SAS Text Miner for the analysis of citizens' appeals in the system of social protection and social security. 8th International Scientific and Practical Conference Applied Information Systems and Technologies in the Digital Society. (AISTDS 2024). (Kyiv, 1 Oct. 2024). *Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference "Applied Information Systems and Technologies in the Digital Society*. 2024. Vol. 3942, P. 113 – 124. ISSN 1613-0073 URL: https://ceur-ws.org/Vol-3942/S_09_Korbicz.pdf, (Scopus)

Статті у наукових виданнях України

7. Корбич Ю., Шолохов О., Зарудний О., Коваль Р. Методика застосування

кластеризації текстів на основі лінгвістичних правил для дослідження потреб населення у соціальному захисті та соціальному забезпеченні. *Прикладні інформаційні системи та технології в цифровому суспільстві*. 2024. Т. 1 № 1. С. 172-184. <https://doi.org/10.17721/3041-2323.2024.172-184>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. Зарудний О.Б., Коваль Р. Г. Проблеми прогнозування факторів, що впливають на обсяг видатків Пенсійного фонду України Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення // Колективна монографія за матеріалами XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток» (Київ, 14-15 листопада 2023 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2023. С. 76-79. URL: https://itgip.org/wp-content/uploads/2023/11/1_zbirka_08_11_23-1-1.pdf

9. Зарудний О.Б., Коваль Р. Г. Застосування методу сингулярного розкладання у задачі аналізу електронних звернень громадян до Пенсійного фонду України. Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення // Колективна монографія за матеріалами XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення» (Київ, 12-13 листопада 2024 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2024. С. 156-159. URL: https://itgip.org/wp-content/uploads/2024/11/2024-11-24_zbirka_all_07_11_2024_148x210.pdf

10. Зарудний О. Б., Коваль Р. Г. Шолохов О. В. Методика застосування кластеризації текстів на основі лінгвістичних правил для дослідження потреб населення у соціальному захисті та соціальному забезпеченні Прикладні інформаційні системи та технології в цифровому суспільстві: зб. Тез доповідей і наук. повідомлень учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Прикладні інформаційні системи та технології в цифровому суспільстві» (Київ, 01 жовтня 2024 р.) // за заг. ред. В. Плєскач, О. Фендьо. К.: Київський нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2024. С. 167-178. URL: https://aistis.knu.ua/wp-content/uploads/2024/10/Text_Book_confernce_01.10.2024.pdf

Авторське свідоцтво на твір

11. Зарудний О. Б., Колбун В. А., Малецький О. М., Машкін В. Г., Рябцева Т. Б., Матвєєв С. В., Хандрос Ю. О., Коваль Р. Г., Бондарчук О. М., Педан Ю. А., Павлюков І. О. Комп'ютерна програма «Інтегрована комплексна система Пенсійного фонду України «ІКІС ПФУ», версія 2» №11056; заявл.31.10.2011; опубл. 11.11.2011.

Підручники, посібники, навчальні матеріали

12. Закон України «Про загальнообов'язкове державне пенсійне страхування»: Науково-практичний коментар / Б.О. Зайчук, О.Б. Зарудний, С.Б. Березіна та ін. Київ.: НВП «АВТ», 2005. 1024 с. (Інтегрований навчально-атестаційний комплекс).URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/items/75829b1c-c646-4d79-8e96-5171c0e86c28>

13. Зайчук Б. О., Зарудний О.Б., Березіна С. Б. Пенсійний фонд України. Організаційно-правові та соціально-економічні засади функціонування. . Київ: НВП "АВП", 2006. 298 с.

14. Зайчук Б. О., Зарудний О.Б., Березіна С. Б. Загальнообов'язкове державне пенсійне страхування : навч. посіб. (Інтегрований навчально-атестаційний комплекс). Київ : НВП "АВП", 2005. 256 с.

АНОТАЦІЯ

Зарудний О. Б. Моделі та методи прогнозування для підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення. – Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.13.06 - Інформаційні технології – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Національна академія наук України, Київ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми - розробленню науково обґрунтованих підходів підтримки прийняття рішень у системі державного пенсійного забезпечення, основу яких становлять моделі, методи прогнозування процесів різної природи. Науковими результатами є нові моделі високого ступеня адекватності, ансамблі моделей, методи аналізу даних, алгоритми, методи прогнозування інформаційній технології, що призначені до використання у системі державного пенсійного забезпечення. Представлені в роботі моделі та методи прогнозування відрізняються стійкістю, забезпечують вищу точність прогнозів та є адаптивними та гнучкими. Вони доповнюють існуючі підходи, враховуючи зміни демографічної ситуації, вплив екологічних факторів, наслідки війни, зміни у законодавстві, розвиток інформаційних технологій. Їх застосування підвищить якість обслуговування населення, обґрунтованість рішень, що приймаються на різних рівнях у системі державного пенсійного забезпечення.

Ключові слова: математичні моделі, прогноз, державне пенсійне забезпечення, інформаційні технології, інтелектуальний аналіз даних, підтримка прийняття рішень.

ABSTRACT

Zarudnii, O. B. Models and forecasting methods to support decision-making in the state pension system. Qualification paper submitted as a manuscript.

This thesis is submitted for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.13.06 'Information Technologies' – Institute of Telecommunications and Global Information Space, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

This dissertation is devoted to addressing a pressing scientific and applied problem—the development of scientifically sound approaches to decision support in the state pension system, based on models and methods for forecasting processes of various kinds. The scientific results include new models with a high degree of accuracy, model ensembles, data analysis methods, algorithms, and forecasting methods in information technology, all designed for use in the state pension system. The models and forecasting methods presented in this work are robust, ensure higher forecast accuracy, and are adaptive and flexible. They complement existing approaches by taking into account changes in the demographic situation, the impact of environmental factors, the consequences of war, changes in legislation, and the development of information technology. Their application will improve the quality of service provided to the population and the soundness of decisions made at various levels within the state pension system.

Keywords: mathematical models, forecasting, public pension system, information technology, data analytics, decision support

Підписано до друку __.__.2026 р. Формат 60×90 1/16.
Ум.-друк. арк. 1,6. Тираж 100 прим. Зам. № _.

Видавець і виготовлювач

вул.____, 11, м. __, ____.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № __ від __.__.____ р.