

**Руслана Василівна РУСЬКА**

кандидат економічних наук,  
доцент,  
кафедра прикладної математики,  
Тернопільський національний економічний університет  
E-mail: r\_ruslana@ukr.net

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ НАКОПИЧЕННЯ ПЕНСІЙНИХ ВНЕСКІВ У  
НЕДЕРЖАВНИХ ПЕНСІЙНИХ ФОНДАХ**

Руська Р. В. Моделювання динаміки накопичення пенсійних внесків у недержавних пенсійних фондах. *Економічний аналіз*. Тернопіль, 2018. Том 28. № 4. С. 106-113.

**Анотація**

**Вступ.** Пенсійне забезпечення в будь-якій країні залежить як від стану національної економіки, так і від державного регулювання соціальних процесів. Чинна в Україні солідарна пенсійна система не забезпечує гідний рівень життя. Альтернативним варіантом, що дозволяє створити додаткове до гарантованого державою джерело пенсійних виплат та знизити фінансове навантаження на державу, є недержавні пенсійні фонди. Недержавні пенсійні фонди надають послуги з недержавного пенсійного забезпечення, шляхом індивідуалізації накопичення коштів, головною метою якого є забезпечення одержання людьми додаткових до загальнообов'язкового державного пенсійного страхування пенсійних виплат.

**Метою дослідження** є моделювання динаміки основних показників, від яких залежить виплата пенсій у недержавних пенсійних фондах.

**Методологія.** У процесі написання статті використано системний підхід як один з основних методів наукових досліджень; модуль MARSpline – складовий елемент технології Data Mining у прикладному пакеті Statistica, прийом математичного моделювання, зокрема апроксимуючі поліноми в процесі моделюванні динаміки надходжень і виплат; показано, як визначити накопичену суму на індивідуальних рахунках учасників недержавних пенсійних фондів з використанням актуарних методів.

**Результати.** Проаналізовано різні методи та підходи до оцінки діяльності недержавних пенсійних фондів. Використання поліному шостого степеня дало змогу прослідкувати динаміку укладання контрактів на наступні періоди.

Визначена актуарними методами накопичена сума на індивідуальних пенсійних рахунках при різних варіантах внесків та нарахування по них відсотків дає змогу вкладникам спрогнозувати суми своїх вкладень. Використовуючи модуль MARSpline програми Statistika, ми побудували: регресійну модель залежності пенсійного активу на одну особу від внесків та інвестування вкладень; виявили залежність пенсійних виплат між внесками на індивідуальні рахунки, прибутком від інвестування активів, витратами та кількістю виплачених пенсій, що дає змогу розрахувати майбутні виплати учасникам. Застосування апроксимуючого поліному четвертого степеня дає змогу визначити суми майбутніх пенсійних виплат у динаміці.

**Ключові слова:** недержавний пенсійний фонд (НПФ); пенсійні внески; регресія; сплайни; нарахункова сума; пенсійні виплати; динаміка.

## MODELLING THE DYNAMICS OF PENSION CONTRIBUTIONS ACCUMULATION IN NON-GOVERNMENTAL PENSION FUNDS

### Abstract

**Introduction.** Pension provision in any country depends both on the state of the national economy and on the state regulation of social processes. The solidarity pension system in Ukraine does not provide a decent standard of living. Alternative, which allows creating an additional source of pension benefits, which are guaranteed by the state, and reducing the financial burden on the state, are non-state pension funds. Non-state pension funds provide non-state pension provision services by individualizing the accumulation of funds. Their main purpose is to ensure that people receive additional mandatory state pension insurance payments.

After analysing different approaches to improving the system of non-state pension funds, the main indicators influencing pension payments are revealed.

**Purpose.** The article aims to model the dynamics of key indicators, on which the payment of pensions in non-state pension funds depends.

**Methodology.** In the process of writing a paper, we have used a number of scientific methods. The system approach is used as one of the main methods of scientific research. The MARSpline module is a component of Data Mining technology in the application package Statistica, techniques of mathematical modelling, in particular approximating polynomials in the process of modelling the dynamics of receipts and payments. The use of actuarial methods helps show how to determine the accumulated amount on individual accounts of participants in non-state pension funds.

**Results.** Different methods and approaches to the evaluation of the activity of non-state pension funds have been analysed. The use of the sixth grade polynomial has made it possible to follow the dynamics of contracting for subsequent periods.

It is determined by actuarial methods of accumulated amount on individual pension accounts with different options for contributing and charges interest thereon, allowing depositors to predict the amount of their investments.

Using the MARSpline module Statistics program is constructed: a regression model of the dependence of a retirement asset on one person from contributions and investments of investments; Dependence of pension payments on contributions to individual accounts, income from investment of assets, expenses and the number of paid pensions, which allows calculation of future payments to participants, is revealed.

The application of the fourth-level approximation polynomial makes it possible to determine the amounts of future retirement benefits in dynamics.

**Keywords:** non-state pension fund (NPF); pension contributions; regression; splines; accumulated amount; pension payments; dynamics.

**JEL classification:** G23, C32

---

### Вступ

Пенсійне забезпечення в будь-якій країні залежить як від стану національної економіки, так і від державного регулювання соціальних процесів. Чинна в Україні солідарна пенсійна система має низку недоліків, це насамперед пенсійне забезпечення, що не відповідає трудовому внеску, розмір трудових пенсій практично не залежить від трудового стажу і сплачених пенсійних внесків; відсутні рівноправні умови пенсійного забезпечення для всіх громадян [1], тому вона не здатна забезпечити гідний рівень життя при досягненні пенсійного віку.

Альтернативним варіантом, що дозволяє створити додаткове до гарантованого державою джерело пенсійних виплат та знизити фінансове навантаження на державу, є недержавні пенсійні фонди. Недержавні пенсійні фонди дозволяють індивідуалізувати процес накопичення коштів на потреби пенсійного забезпечення і є потужними інституційними інвесторами [2].

Пошуком шляхів підвищення системи соціального захисту населення займалися багато науковців, так Р. Рудзінська та О. Маліновська пропонують для здійснення фінансового соціального забезпечення користуватись послугами нетрадиційних фінансових фондів [3, с. 66-81]; С. Качула – через систему пенсійного страхування [4]; С. Кузьменко [5], О. Бобирь та С. Смирнов [6] – використовувати накопичувальну систему.

Різноманітні підходи до удосконалення системи недержавного пенсійного забезпечення з використанням математичного апарату займаються В. Трифонов та Г. Шебалков. Так за допомогою методики пофакторного аналізу виявили основні чинники, які істотно впливають на структуру пенсійної системи [7]; К. Базилевич та М. Мазорчук звертають увагу на фінансові потоки недержавного пенсійного фонду для групи учасників з урахуванням їх платоспроможності [8]. Інвестиційну діяльність недержавних пенсійних фондів в Україні досліджують у своїх працях Т. Хлибова, К. Черненко [9], Н. Шевченко, В. Даценко [10], С. Черкасова та М. Сороківська [11] та інші.

Незважаючи на різноманітність підходів до фінансового соціального забезпечення та удосконалення системи недержавних пенсійних фондів, поза увагою залишається моделювання динаміки основних показників у недержавних пенсійних фондах.

### Мета статті

Мета роботи – за допомогою моделювання прослідкувати динаміку накопичення пенсійних внесків у недержавних пенсійних фондах.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Недержавне пенсійне забезпечення є складовою третього рівня пенсійної системи [2, с. 486-489]. Недержавні пенсійні фонди надають послуги з недержавного пенсійного забезпечення, головною метою якого є забезпечення одержання людьми додаткових до загальнообов'язкового державного пенсійного страхування пенсійних виплат. Кожний учасник НПФ є власником своїх пенсійних накопичень, що сформовані за рахунок пенсійних внесків, сплачених на його користь, та частини інвестиційного доходу, отриманого НПФ від інвестування [12].

Досліджуючи флуктуацію укладених пенсійних контрактів населення з недержавними пенсійними фондами (рис.1), можемо спостерігати, що траєкторія кривої відображає основні процеси надходжень коштів від учасників НПФ.

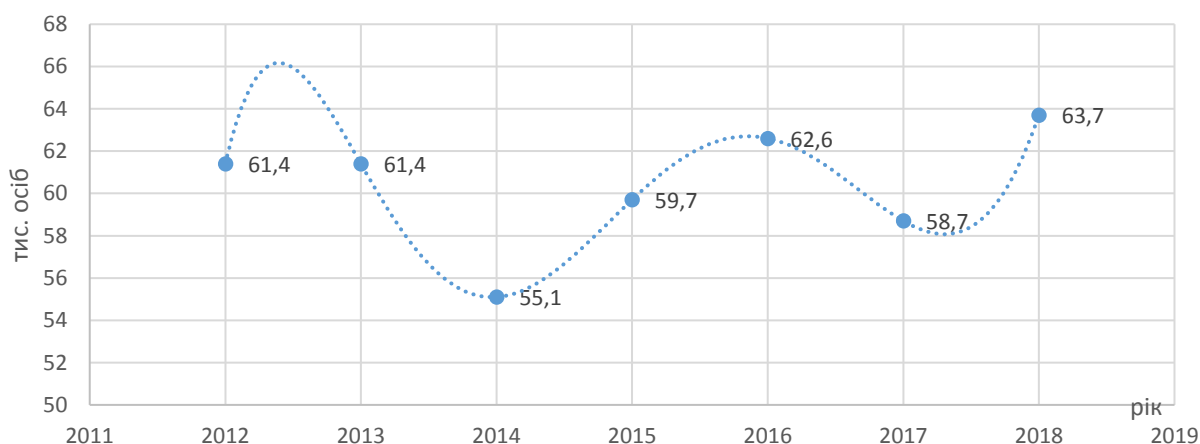


Рис. 1. Графік емпіричної функції укладених пенсійних угод\*

\*Розраховано автором засобами STATISTICA 8.0. за даними [13].

Спостережувані коливання пояснюються як особливостями фінансового ринку, так і політичною ситуацією, що впливає на економіку країни.

Для врахування виявлених особливостей процесу укладених угод при моделюванні діяльності недержавних пенсійних фондів необхідно висунути гіпотезу про характер функціональної залежності і апроксимувати її деяким математичним виразом шляхом регресійного та кореляційного аналізу. Найкращим наближенням буде те рівняння регресії, для якого коефіцієнт апроксимації найбільший. Графік (рис. 1) є апроксимуючим поліномом шостої степеня  $R^2=1$ , (оцінки параметрів якого було знайдено методом найменших квадратів), що описується рівнянням:

$$N = -0,0333x^6 + 403,21x^5 - 20,6x^4 + 5,09x^3 - 8,12x^2 + 7,15x - 21,8 \quad (1)$$

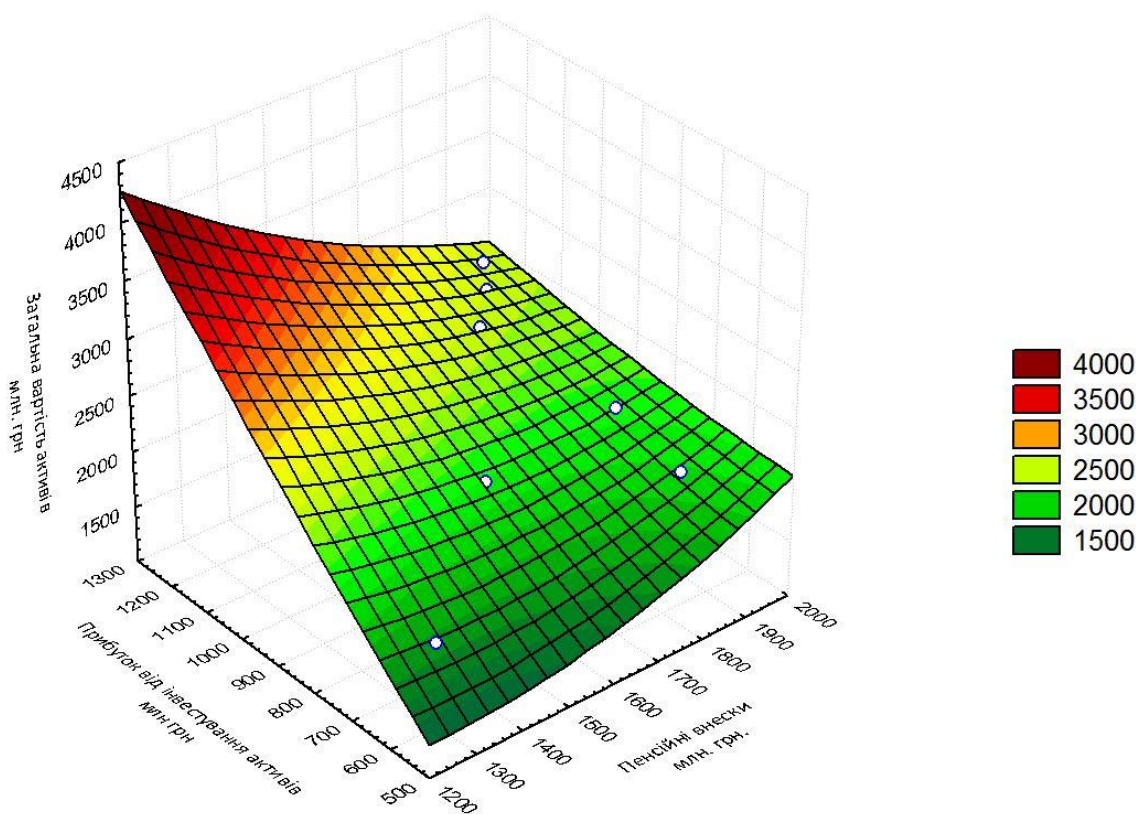
Це рівняння достовірно пояснює всю варіацію інтенсивності укладених угод.

Укладаючи угоди, недержавний пенсійний фонд має постійне джерело для збільшення загальної

вартості пенсійних активів. Застосування модуля MARSpline програми Statistika і отримана в результаті сплайнова поверхня (рис. 2), що показує найсуттєвіше значення пенсійного активу на одну особу, досягається за максимальних надходжень та максимальної віддачі від інвестування вкладень, що підтверджено як даними [13], так і прораховується моделлю:

$$Z = -50,4 + 7,72x_1 + 1,5x_2 - 2,27x_3 + 0,93x_4 \quad (2)$$

де:  $x_1$  – кількість учасників, від яких надходять вкладення;  $x_2$  – інвестиційний дохід;  $x_3$  – витрати, що відшкодовуються за рахунок пенсійних активів;  $x_4$  – пенсійні внески.



**Рис. 2. Квадратична регресійна поверхня (залежність пенсійного активу на одну особу від внесків та інвестування вкладень)\***

\* Розраховано автором засобами STATISTICA 8.0. за даними [13].

Розглянемо потоки платежів з боку учасника недержавного пенсійного фонду. Недержавні пенсійні фонди пропонують такі схеми накопичення: з внесками, що визначаються як фіксована сума; з внесками, що визначаються як відсоток від заробітної плати; виплати незалежно від схеми накопичення діляться на види: пенсія на визначений строк; довічна пенсія; одноразова пенсійна виплата [14].

Оскільки кошти учасника недержавного пенсійного фонду знаходяться на індивідуальному пенсійному рахунку то розміри виплат залежать від накопичених сум цих рахунків. Накопичена сума  $S$  на кінець терміну становитиме:

- якщо протягом  $n$  років учасник НПФ робив внесок у кінці кожного року по  $R$  грн, на нього нараховувались відсотки по складній відсотковій ставці  $i\%$ :

$$S = R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (3)$$

- якщо протягом  $n$  років учасник НПФ робив внесок у кінці кожного року по  $R$  грн., на нього нараховувались відсотки  $m$  разів у рік по номінальній відсотковій ставці  $j\%$ :

$$S = R \cdot \frac{(1+j/m)^{mn}-1}{(1+j/m)^m-1} \quad (4)$$

– якщо внески роблять  $p$  раз на рік рівними сумами, відсоток нараховується раз і у кінці року:

$$S = \frac{R}{p} \cdot \frac{(1+i)^{(1/p)n}-1}{(1+i)^{1/p}-1} \quad (5)$$

– якщо кількість внесків у році дорівнює кількості нарахувань відсотків,  $p=m$ :

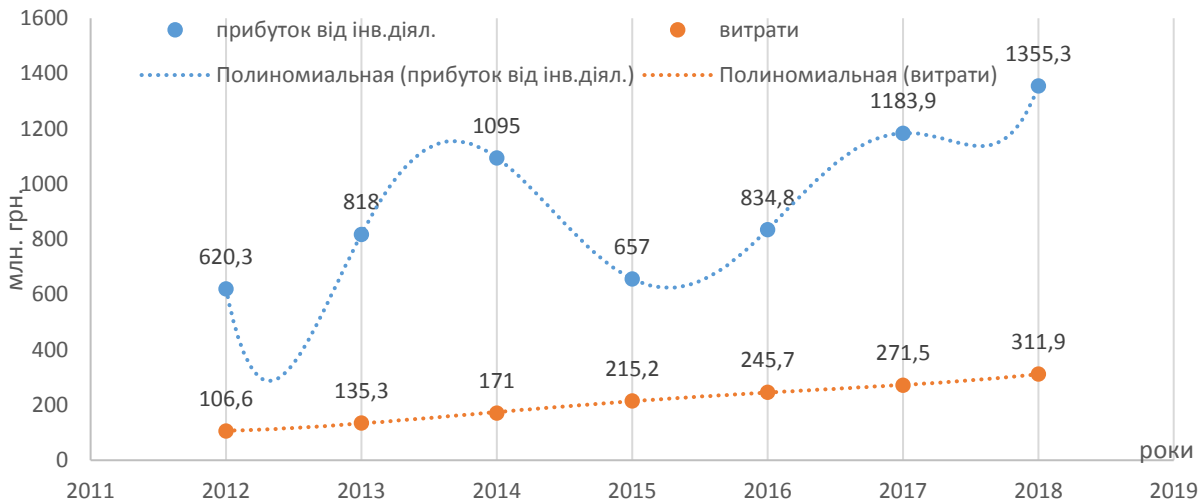
$$S = R \cdot \frac{(1+j/m)^{mn}-1}{j} \quad (6)$$

– якщо кількість внесків у році не дорівнює кількості нарахувань відсотків,  $p \neq m$ :

$$S = \frac{R}{p} \cdot \frac{(1+j/m)^{mn}-1}{(1+j/m)^{m/p}-1} \quad (7)$$

Таким чином використання формул (3)-(7) дає змогу учаснику недержавного пенсійного фонду визначити самостійно наращену суму на кінець терміну.

Дохід від інвестиційної діяльності розподіляється не лише на індивідуальні рахунки власників, за рахунок них покриваються витрати. Побудуємо прогнозні моделі динаміки прибутку від інвестиційних доходів і витрат, що здійснюються за їх рахунок (рис. 3).



**Рис. 3. Графік поліноміальних функцій динаміки прибутку від інвестиційної діяльності та витрат\***

\*Розраховано автором засобами STATISTICA 8.0. за даними [13].

Прибуток від інвестиційної діяльності описується поліномом шостого степеня при  $R^2=1$ .

$$P = 8,02x^6 - 96,9x^5 + 50,8x^4 - 1,12x^3 + 2,12x^2 + 1,18x + 52,8 \quad (8)$$

Витрати, що відшкодовуються за рахунок коштів від інвестиційної діяльності, описуються поліномом четвертого степеня при  $R^2=0,999$ :

$$V = 0,44x^4 + 35,35x^3 + 10,7x^2 - 11x + 7,12 \quad (9)$$

Таким чином, ми отримали прогнозні моделі динаміки прибутку від інвестиційної діяльності та витрат, що відшкодовуються за рахунок інвестиційної діяльності. З рис. 3 чітко видно, що витрати становлять досить малу частку від інвестиційної діяльності.

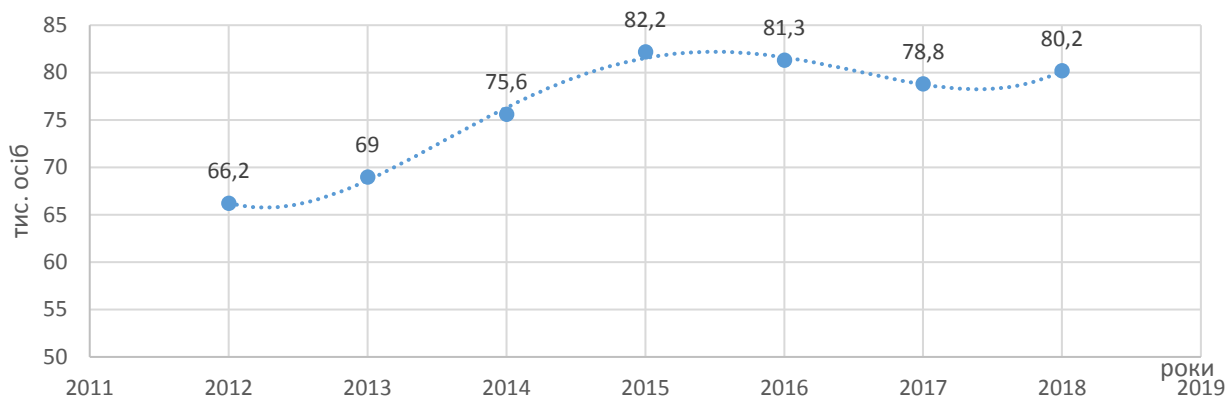
Розглянемо, як здійснюються виплати недержавним пенсійним фондом. Загалом можна подати флуктацією виплат (рис. 4). Траєкторія кривої відображає основні процеси виплат пенсій.

Крива виплат характеризується зростанням до 2015 року, незначний спад спостерігається 2015-2017 роках і незначне зростання з 2017 року.

Для врахування виявлених особливостей процесу пенсійних виплат при моделюванні діяльності

недержавних пенсійних фондів необхідно висунути гіпотезу про характер функціональної залежності і апроксимувати її деяким математичним виразом шляхом регресійного та кореляційного аналізу. Найкращим наближенням буде те рівняння регресії, для якого коефіцієнт апроксимації найбільший. Графік (рис. 3) є апроксимуючим поліномом четвертого степеня  $R^2=0,99$ , (оцінки параметрів якого було знайдено методом найменших квадратів), що описується рівнянням:

$$W = 0,21x^4 - 16,7x^3 + 0,56x^2 - 0,71x + 0,31 \quad (10)$$



**Рис. 4. Графік поліноміальної функції виплачених пенсій\***

\*Розраховано автором засобами STATISTICA 8.0. за даними [13].

Це рівняння на 99 % пояснює всю варіацію інтенсивності виплачених пенсій.

Суми пенсійних виплат залежать не лише від внесків на індивідуальні рахунки, а також від прибутку інвестування активів та витрат, що відшкодовуються за рахунок пенсійних активів та кількості виплачених пенсій.

Застосування модуля MARSpline програми Statistika [15] і отримана в результаті сплайнова поверхня (рис. 4) демонструють, як сума виплат залежить від пенсійних активів та вкладів на індивідуальних рахунках осіб-пенсіонерів.

Використавши багатовимірні адаптивні регресійні сплайни [15], що застосовуються для виявлення залежності змінної (пенсійних виплат) від певної множини незалежних змінних (внески на індивідуальні рахунки; прибуток від інвестування активів; витрат; кількість виплачених пенсій), ми отримали регресійну залежність:

$$PW = -58,49 + 5,12x_1 - 0,17x_2 + 0,18x_3 + 2,4x_4 - 2x_5 \quad (11)$$

де:  $x_1$  – кількість учасників які отримують пенсійні виплати;  $x_2$  – пенсійні активи;  $x_3$  – прибуток від інвестування;  $x_4$  – витрати, що відшкодовуються за рахунок пенсійних активів;  $x_5$  – загальні суми внесків, що здійснили учасники отриманих пенсійних виплат.

Використовуючи регресійну залежність (11), можемо прорахувати динаміку пенсійних виплат на наступні періоди.

#### **Висновки та перспективи подальших розвідок**

Досліджуючи динаміку укладених пенсійних контрактів населення з недержавними пенсійними фондами, ми виявили регресійну залежність, яку описує поліном шостого степеня. Використання його дає змогу прослідкувати динаміку укладання контрактів на наступні періоди.

Розглянуто процес визначення нарощеної суми на індивідуальних пенсійних рахунках при різних варіантах внесення внесків та нарахування по них відсотків.

Використовуючи модуль MARSpline програми Statistika, ми отримали:

- регресійну модель залежності пенсійного активу на одну особу від внесків та інвестування вкладень;
- виявили залежність пенсійних виплат від внесків на індивідуальні рахунки, прибутку від інвестування активів, витрат та кількості виплачених пенсій.

Процес пенсійних виплат було описано апроксимуючим поліномом четвертого степеня, що дає змогу визначити суми майбутніх пенсійних виплат у динаміці.

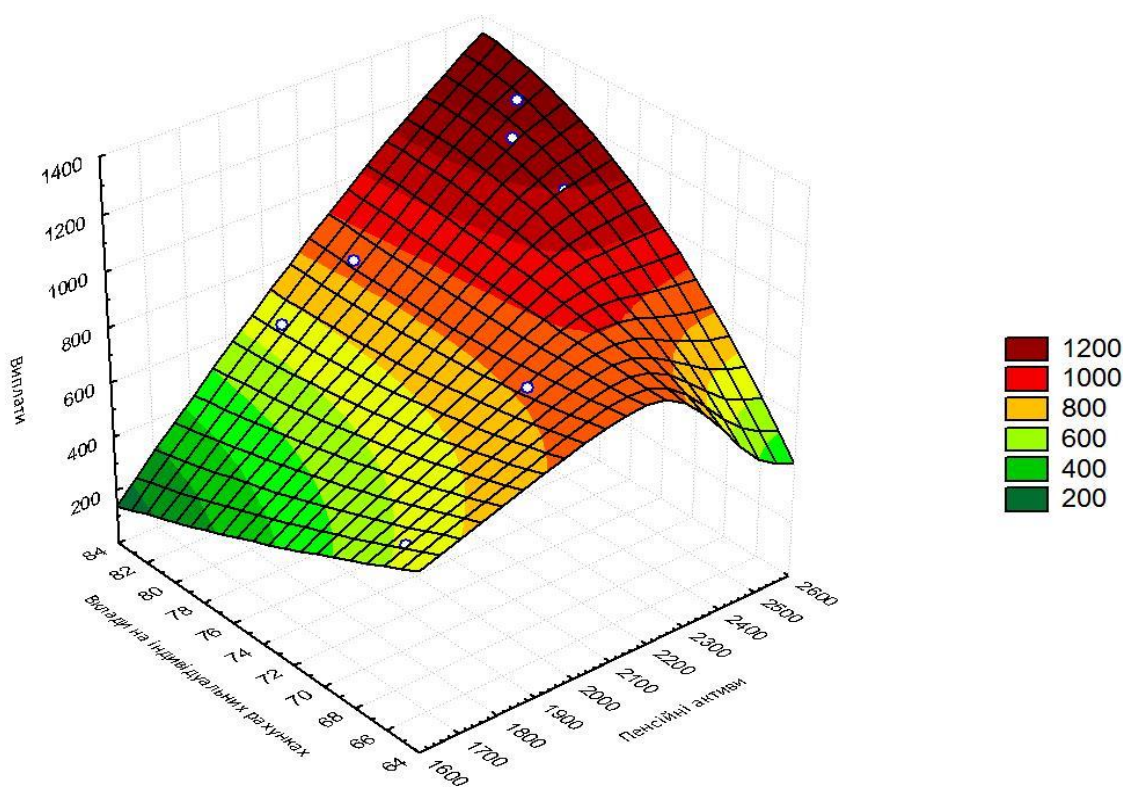


Рис. 4. Квадратична регресійна поверхня виплат\*

\*Розраховано автором засобами STATISTICA 8.0. за даними [13].

### Список використаних джерел

1. Кравченко М. В. Накопичувальна пенсійна система як інструмент соціального захисту громадян. Режим доступу : <http://academy.gov.ua/ej/ej11/txts/10kmvszg.pdf>.
2. Хлибова Т. О., Черненко К. П. Розвиток недержавних пенсійних фондів в Україні. *Молодий вчений*. № 7 (47), липень, 2017 р. С. 486-489.
3. Рудзінська Р. О., Малиновська О. Я. Покращення здійснення фінансового забезпечення соціального захисту населення України через розвиток нетрадиційних фінансових фондів. Соціально-економічні аспекти розвитку суспільства: монографія / за ред. д-ра екон. наук, професора Кизима М. О. Х.: ВД «ІНЖЕК». 2014. 248 с.
4. Качула С. В. Формування інституту пенсійного страхування у системі соціального забезпечення України. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство», випуск 20, частина 2. 2018 р. С. 20-24.
5. Кузьменко С. Г. Про деякі проблемні питання переходу до накопичувальної системи пенсійного забезпечення. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету*. Сер.: Юриспруденція. 2015. № 17.
6. Бобирь О. І. Смирнов С. О. Фінансовий механізм системи пенсійного забезпечення: [моногр.]. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2014. 248 с.
7. Трифонов В., Шебалков Г. Пенсійний фонд у цифрах. *Молодий вчений*. 2017. № 10 (50). С. 1075-1079.
8. Базилевич К., Мазорчук М. Моделювання фінансових потоків недержавного пенсійного фонду для групи учасників з врахуванням їх платоспроможності. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. 2017. № 21 (1243). С. 28-36
9. Хлибова Т. О., Черненко К. П. Особливості інвестиційної діяльності недержавних пенсійних фондів в Україні. *Молодий вчений*. 2017. № 10 (50). С. 1092-1095.

10. Шевченко Н., Даценко В. Інвестиційна діяльність недержавних пенсійних фондів: проблеми та перспективи розвитку недержавного пенсійного забезпечення. *Україна: аспекти праці*. 2012. №1. С. 3–7.
11. Черкасова С. В., Сороківська М. В. Прогнозування інвестиційного потенціалу вітчизняних недержавних пенсійних фондів. *Регіональна економіка*. 2013. №4. С. 71–79.
12. Леонов Д. Недержавні пенсійні фонди в Україні: стан та проблеми формування активів та розвитку інвестиційної діяльності НПФ. *Ринок цінних паперів України*. 2007. №1–2. С. 79–91.
13. Інформація про стан і розвиток недержавного пенсійного забезпечення України. URL : <https://www.nfp.gov.ua/ua/Informatsiia-pro-stan-i-rozvytok-nederzhavnoho-pensiinoho-zabezpechennia-Ukrainy.html>.
14. Про недержавне пенсійне забезпечення: Закон України від 09.07.2003, № 1057-IV. URL : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1057-15>.
15. Целых В. Р. Многомерные адаптивные регрессионные сплайны. Машинное обучение и анализ данных. 2012. № 3. С. 272–278. URL: [http://e-science.ru/sites/default/files/upload\\_forums\\_files/w7/Celyh2012MARS.pdf](http://e-science.ru/sites/default/files/upload_forums_files/w7/Celyh2012MARS.pdf).

## References

1. Kravchenko, M. V (n. d.). *Nakopychuval'na pensiyina systema yak instrument sotsial'noho zakhystu hromadyan*. Retrieved from: <http://academy.gov.ua/ej/ej11/txts/10kmvszg.pdf>. [in Ukrainian].
2. Khlybova, T. O., Chernenok K. P. (2017). Rozvytok nederzhavnykh pensyinykh fondiv v Ukrayini. *Molodyy vchenyy*, 7 (47), lypen', 2017 r., 486-489. [in Ukrainian].
3. Rudzins'ka, R. O. & Malinovs'ka, O. Y. (2014). Pokrashchennya zdiysnennya finansovoho zabezpechennya sotsial'noho zakhystu naselennya Ukrayiny cherez rozvytok netradytsiynykh finansovykh fondiv. *Sotsial'no-ekonomichni aspekty rozvytku suspil'stva*. Kharkiv: INZHEK. [in Ukrainian].
4. Kachula, S. V. (2018). Formuvannya instytutu pensiynoho strakhuvannya u systemi sotsial'noho zabezpechennya Ukrayiny. *Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho natsional'noho universytetu. Seriya «Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo»*, 20(2), 20-24. [in Ukrainian].
5. Kuz'menko, S. H. (2015). Pro deyaki problemni pytannya perekhodu do nakopychuval'noyi systemy pensiynoho zabezpechennya. *Naukovyy visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Ser.: Yurytsprudentsiya*, 17. [in Ukrainian].
6. Bobyr', O. I. Smyrnov, S. O. (2014). *Finansovyy mekhanizm systemy pensiynoho zabezpechennya*. Dnipropetrovs'k: Nauka i osvita. [in Ukrainian].
7. Tryfonov, V., Shebalkov, H. (2017). Pensiynyy fond u tsyfrakh. *Molodyy vchenyy*, 10 (50), 1075–1079. [in Ukrainian].
8. Bazilevych, K., Mazorchuk, M. (2017). Modelyuvannya finansovykh potokiv nederzhavnoho pensiynoho fondu dlya hrupy uchasnykiv z vrakhuvanniam yikh platospromozhnosti. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI"*, 21 (1243), 28-36. [in Ukrainian].
9. Khlybova, T. O., Chernenok, K. P. (2017). Osoblyvosti investytsiynoyi diyal'nosti nederzhavnykh pensyinykh fondiv v Ukrayiny. *Molodyy vchenyy*, 10 (50), 1092-1095. [in Ukrainian].
10. Shevchenko, N., Datsenko, V. (2012). Investytsiyna diyal'nist' nederzhavnykh pensyinykh fondiv: problemy ta perspektyvy rozvytku nederzhavnoho pensiynoho zabezpechennya. *Ukrayina: aspekty pratsi*, 1, 3–7. [in Ukrainian].
11. Cherkasova, S. V., Sorokivs'ka, M. V. (2013). Prohnozuvannya investytsiynoho potentsialu vitchyznyanykh nederzhavnykh pensyinykh fondiv. *Rehional'na ekonomika*, 4, 71–79. [in Ukrainian].
12. Leonov, D. (2007). Nedержавні пенсійні фонди в Україні: стан та проблеми формування активів та розвитку інвестиційної діяльності НПФ. *Ринок цінних паперів України*, 1–2, 79–91. [in Ukrainian].
13. *Informatsiya pro stan i rozvytok nederzhavnoho pensiynoho zabezpechennya Ukrayiny*. (n. d.). Retrieved from: <https://www.nfp.gov.ua/ua/Informatsiia-pro-stan-i-rozvytok-nederzhavnoho-pensiinoho-zabezpechennia-Ukrainy.html>. [in Ukrainian].
14. *Pro nederzhavne pensiyne zabezpechennya: Zakon Ukrayiny vid 09.07.2003, № 1057-IV*. (n. d.). Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1057-15>. [in Ukrainian].
15. Tselykh, V. R. (2012). Многомерные адаптивные регрессионные сплайны. *Mashinnoye obucheniye i analiz dannykh*, 3, 272–278. Retrieved from: [http://e-science.ru/sites/default/files/upload\\_forums\\_files/w7/Celyh2012MARS.pdf](http://e-science.ru/sites/default/files/upload_forums_files/w7/Celyh2012MARS.pdf). [in Russian].

**Стаття надійшла до редакції – 01.12.2018 р., прийнята до друку – 17.12.2018 р.**