

*К.О. БАЗІЛЕВИЧ*, канд. техн. наук, ас., НАУ "ХАІ", Харків,  
*М.С. МАЗОРЧУК*, канд. техн. наук, доц., НАУ "ХАІ", Харків,  
*Ю.Л. ПАРФЕНЮК*, магістр, НТУ "ХПІ", Харків

## **МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПОТОКІВ НЕДЕРЖАВНОГО ПЕНСІЙНОГО ФОНДУ ДЛЯ ГРУПИ УЧАСНИКІВ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ**

Розглядається класичний підхід до моделювання фінансових потоків недержавного пенсійного фонду, проводиться аналіз недоліків такого підходу. Розроблено модель фінансових потоків недержавного пенсійного фонду для групи учасників з урахуванням їх платоспроможності. Наведено опис програмної реалізації розробленої моделі. Модель дозволяє підвищити точність моделювання завдяки аналізу контекстуальних характеристик страхувальників, які мають суттєвий вплив на їх платоспроможність. Лл.: 3. Бібліогр.: 11 назв.

**Ключові слова:** недержавний пенсійний фонд; платоспроможність; контекстуальні характеристики; фінансові потоки.

**Постановка проблеми і аналіз літератури.** Договори пенсійного страхування, що укладаються за рахунок коштів громадян або їх роботодавців, з одного боку, підвищують рівень життя пенсіонерів, а з іншого – знижують фінансове навантаження на державу [1]. Управління фінансовим станом фонду пенсійного страхування пов'язане з безліччю невизначеностей і ризиків: імовірність настання того чи іншого страхового випадку, кількість позовів, що надходять в страхову компанію за певний проміжок часу, тривалість життя і стан здоров'я конкретного страхувальника, процес інфляції і прибутковість інвестицій. Крім того, пенсійне страхування завжди є довгостроковим, а отже найбільш важкопрогнозованим видом особистого страхування.

Для аналізу і прогнозування впливу невизначених факторів у пенсійному страхуванні, а також для розрахунку страхових показників пропонується застосовувати математичне моделювання, а також відповідне програмне забезпечення з підтримкою хмарних технологій. Хмарні технології у пенсійному страхуванні ще не повністю реалізували свій потенціал в Україні, як у інших галузях застосування. Частково це зумовлено тим, що страхові компанії змушені використовувати застарілі системи обробки даних, а переорієнтування на роботу з хмарними сервісами потребує часу. Однак ситуація змінюється і страховики починають використовувати хмарне програмне забезпечення як найбільш перспективні рішення, про що свідчить аналіз останніх публікацій [2 – 4]. Близько 48% компаній використовує у своїй діяльності хмарні сервіси, а

до 90% компаній планують використання хмарних технологій у перспективі за даними дослідницької компанії IDC [5]. Саме хмарне програмне забезпечення здатне задовольнити потребу у гнучкості, масштабованості, швидкості, прискорити реагування на зміни та оптимізувати процеси обробки даних, використання яких необхідне у страховій практиці.

Для кожного продукту сьогодні страховики зобов'язані побудувати модель середньостатистичного клієнта – в іншому випадку буде неможливо планувати страховий тариф та діяльність в цілому, для цього необхідний постійний аналіз особистих даних. Для побудови такої моделі клієнта та для зменшення помилок при моделюванні фінансових потоків необхідно враховувати дані про страхувальників. Важливим етапом опрацювання таких даних є аналіз контекстуальних характеристик, що мають безпосередній вплив на фінансові потоки [6], при цьому оцінюється вплив кожної характеристики на загальну платоспроможність, невагомі характеристики виключаються із розгляду.

**Класичний підхід до моделювання фінансових потоків недержавного пенсійного фонду.** У класичних моделях формування недержавного пенсійного фонду індивідуальних накопичень (НПФІН) для одного учасника [7] використовуються такі позначення:  $t = 0, 1, 2, \dots$  – моменти актуарної оцінки НПФІН,  $z$  – номер страхового договору,  $f_{t_z}$  – фонд індивідуальних пенсійних накопичень на момент  $t$ , при  $t = 0$  фонд вважається нульовим,  $x$  – вік страхувальника,  $q_x$  – імовірність смерті страхувальника в віці  $x$ ,  $p_{t_z}$  – пенсійний внесок на момент  $t$ ,  $b_{t_z}$  – величина пенсії, що виплачується у момент  $t$ .

Процес формування пенсійного фонду для індивідуального учасника віку  $x$  розділяється на два етапи (процес формування фонду показано на рис. 1).

Перший етап з моменту вступу в схему (при  $t = 0$  учаснику на цей момент  $x = a$  років, будь-який момент актуарної оцінки можна оцінити за формулою  $t = x - a$ ) до моменту виходу на пенсію (учаснику на цей момент  $x = R$  років). Даний період триває  $P_R = R - a$  років. У цей період в пенсійний фонд постійно надходять внески від страхувальника, відбувається накопичення коштів на індивідуальному рахунку учасника.

Другий етап з моменту виходу на пенсію до моменту смерті. Даний період зазвичай обмежується граничним віком  $\omega$ , передбачається, що імовірність дожиття до цього віку дуже мала. Даний період триває  $P_\omega = \omega - R$  років. Відправною точкою вважається момент виходу на пенсію, внески до фонду приводяться до моменту у майбутньому за допомогою компаундування [8].

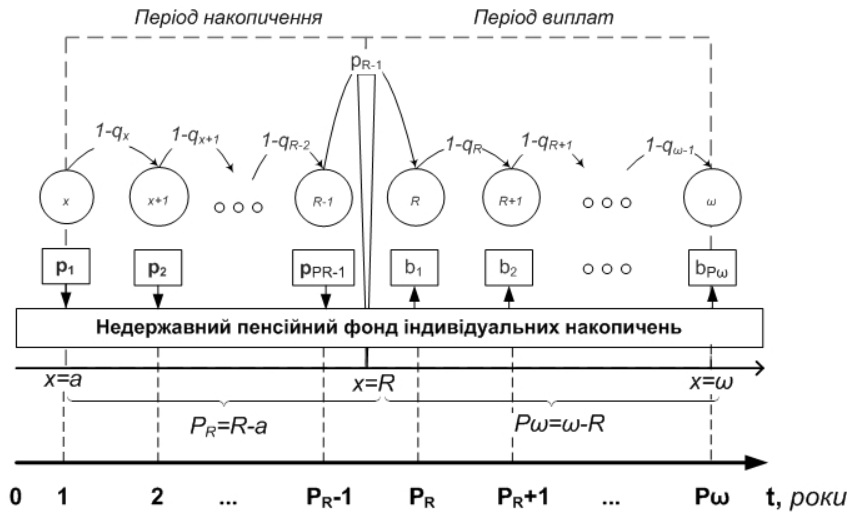


Рис. 1. Процес формування недержавного фонду індивідуальних пенсійних накопичень з моменту вступу в схему до моменту смерті

Основними недоліками класичних моделей у пенсійному страхуванні є: відсутність механізмів, які дозволяють враховувати особисті характеристики страхувальників, що призводить до завищення тарифної політики страхових компаній, які проводять розрахунки централізовано; існуючі моделі дозволяють визначити імовірність настання дефіциту коштів, але не момент часу, коли це відбувається та їх обсяг; існують моделі, що дозволяють розрахувати величину страхової премії або пенсії, але відсутні моделі комплексного опису процесу формування фонду пенсійного страхування з урахуванням фактора часу та платоспроможності окремого страхувальника.

**Метою статті** є розроблення моделі фінансових потоків недержавного пенсійного фонду для групи учасників з урахуванням їх платоспроможності.

**Основні результати.** В рамках проведеного дослідження була розроблена модель фінансових потоків недержавного пенсійного фонду для групи учасників з урахуванням їх платоспроможності. Моделювання відбувається для аналізу динаміки фінансових потоків у моменти актуарної оцінки  $-F_T$ . Розглядається страховий фонд  $F_T$  у моменти актуарної оцінки  $T \in \{T_{start}, T_{start+1}, \dots, T_{finish}\}$  з інтервалом дискретизації в один рік. На відміну від моделей, заснованих на групових методах фондування [9, 10], і моделі, наведеній в роботі [11], пропонується враховувати популяційну динаміку старіння під час формування фонду за

допомогою імовірностей дожиття до кожного року після досягнення пенсійного віку. При цьому загальний фонд пенсійних накопичень будується з окремих фондів індивідуальних, накопичень шляхом їх агрегування в певні моменти часу для отримання адитивних величин. Модель побудована на таких припущеннях: всі учасники вступають в схему в один момент часу, але при цьому знаходяться в різному віці, момент початку виплати пенсій у всіх учасників різний; до початку виплати пенсій відбувається накопичення певної суми, з якої потім виплачується пенсія. Якщо накопичена сума витрачається раніше, ніж настає смерть учасника, індивідуальний фонд пенсійних накопичень стає від'ємним, необхідна компенсація коштів з інших джерел (наприклад, з накопичень інших учасників); НПФІН кожного учасника фіксується в певні моменти – моменти актуарної оцінки. Зазвичай це моменти внесення внесків і виплати пенсій, їх можна вважати основними подіями, що відбуваються в системі; передбачається, що внески і виплати відбуваються синхронно або асинхронно для всіх страхувальників, у моменти актуарної оцінки розраховується адитивна величина НПФІН всіх учасників за допомогою агрегування, що дозволяє отримати загальну адитивну модель, що описує поведінку НПФІН в цілому для всієї групи страхувальників.

Розглянемо етапи побудови моделі. На першому етапі відбувається розрахунок платоспроможності страхувальників за допомогою класифікації страхувальників за платоспроможністю на основі аналізу контекстуальних характеристик. При цьому вік застрахованого  $x_z$  буде перебувати в інтервалі  $x_z \in [a+1; R-1]$ , де  $a$  – вік вступу в пенсійну схему, а  $R$  – пенсійний вік (див. рис. 1). На другому етапі формуються вхідні дані. Відбувається аналіз зовнішніх факторів впливу на фонд, збір і обробка інформації про контекстуальні характеристики. На третьому етапі відбувається моделювання або обробка популяційної динаміки старіння. На четвертому етапі відбувається вибір методу індивідуального фондування і розрахунок схеми надходження премій  $p_{t_z}$  для кожного року до пенсійного віку для  $t \in 1 \dots P_R - 1$  в кожному окремому договорі страхування. Детальний опис процесу формування страхової премії на підставі відомих моделей і методів актуарної математики у пенсійному страхуванні наведено у роботі [9].

Розрахунок адитивної величини внесків НПФІН  ${}_s P_t$  відбувається за формулою:

$${}_s P_t = \sum_{t=0}^{P_R-1} p_{t_z} \quad (1)$$

Розрахунок пенсії  $b_{t_z}$  для кожного року до граничного віку для  $t \in R - a..a - a$  відбувається за формулою:

$$b_{t_z} = b_{0_z} \cdot (1+i')^{t-(R-a)}, \quad (2)$$

де  $b_{0_z}$  – початковий рівень пенсійних виплат,  $i'$  – процентна ставка. Побудова фонду для одного учасника відбувається на шостому етапі моделі в два кроки. Перший крок: надходження внесків і їх дисконтування:  $f_{t_z} = (f_{t_z-1} + p_{t_z}) \cdot (1+i')$  для  $t \in 1 \dots R - a - 1, f_0 = 0$ . Другий крок: виплата пенсій після досягнення пенсійного віку  $f_{t_z} = (f_{t_z-1} - b_{t_z-1}) \cdot (1+i')$  для  $t = 0$ . Розрахунок адитивної величини НПФІН у моменти актуарної оцінки для всіх учасників пенсійної схеми відбувається за допомогою агрегування.

$$F_T(f_{t_1}, f_{t_2}, \dots, f_{t_N}) = \sum_{z=1}^N f_{t_z}, \quad (t \geq T_{start}) \wedge (t < T_{finish}), \quad (3)$$

де  $N$  – кількість договорів в страховій схемі.

Схематично процес формування фінансових потоків загального фонду пенсійних накопичень відповідно до моделі представлений на рис. 2.

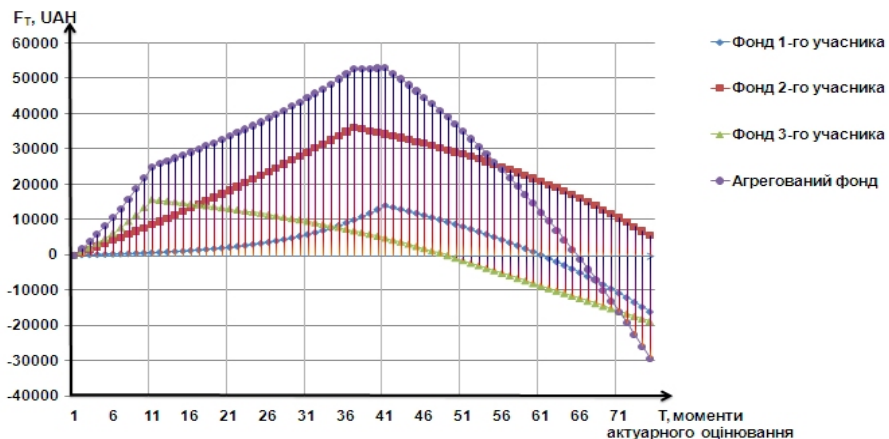


Рис. 2. Формування фінансових потоків агрегованого пенсійного фонду з фондів індивідуальних накопичень,  $N = 3$

НПФІН частково перекриваються в часі, тому що початковий момент формування НПФІН у всіх страхувальників збігається, а кінцевий момент – залежить від віку, тому для кожного страхувальника буде різним. Агреговане значення фонду  $F_T(f_{t1}, f_{t2}, \dots, f_{tN})$  визначається за формулою (3) на інтервалі часу від моменту початку дії всіх НПФІН  $T_{start}$  і до моменту існування останнього НПФІН –  $T_{finish}$ . Підсумовування проводиться тільки за тими НПФІН, які перекриваються в часі. Після моменту досягнення граничного віку пенсійний фонд учасника вважається нульовим.

Модифікація формули для пенсійного страхування використовується під час агрегування НПФІН в разі компенсації страхових внесків за вирахуванням витрат на проведення страхування

$$F_T(f_{t1}, f_{t2}, \dots, f_{tN}) = \sum_{z=1}^N f_{t_z} - \sum_{n=1}^{N_{i_t}} p_{t_n} \cdot t \cdot (1 - f_n),$$

$$(t \geq T_{start}) \wedge (t < R - a_z - 1),$$

де  $N_{i_t}$  – кількість договорів з неплатоспроможними страхувальниками до моменту моделювання  $t$ . За допомогою класифікації страхувальників за платоспроможністю на основі аналізу контекстуальних характеристик [6] розраховується величина  $\rho(C)_z$ , що визначає імовірність платоспроможності страхувальника в договорі  $z$ , де  $C$  – пояснююча змінна. Сам страховик визначає величину  $Lim_{liq}$  – допустимий рівень неплатоспроможності страхувальників. Якщо  $\rho(C)_z < Lim_{liq}$  з імовірністю  $1 - \rho(C)_z$  страховику необхідно буде виплачувати страхувальнику викупну суму  $S_{nt}$  у момент моделювання  $t$ , що описується формулою:

$$F_T(f_{t1}, f_{t2}, \dots, f_{tN}) = \sum_{z=1}^N f_{t_z} - \sum_{n=1}^{N_{i_t}} S_{nt}, (t \geq T_{start}) \wedge (t > R - a_z - 1).$$

Для програмної реалізації моделі була розроблена система "Insurance\_Pension", написана на мові С# (рис. 3). Слід окремо зазначити що дані на основі яких формуються контекстуальні характеристики доцільно зберігати з використанням хмарних сховищ даних.

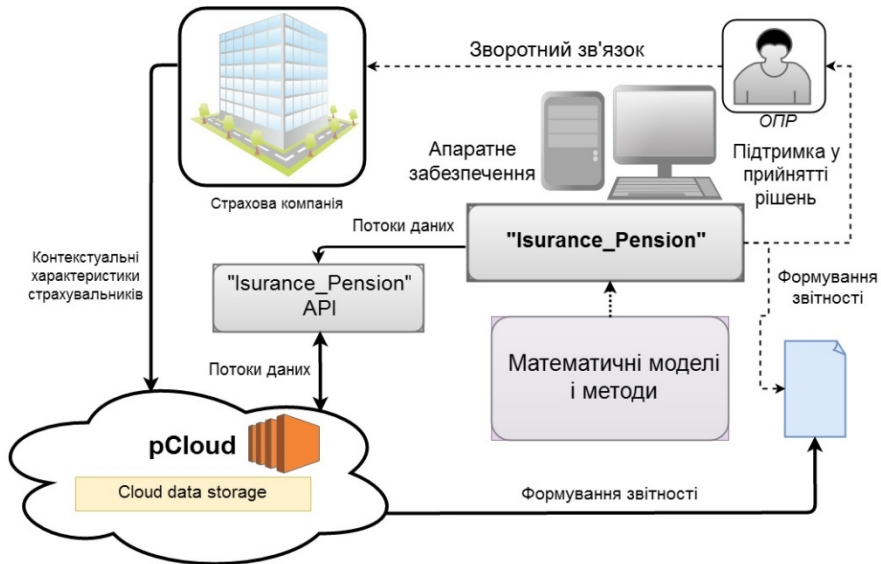


Рис. 3. Архітектура взаємодії «Insurance\_Pension» та pCloud

Через те, що з часом дані будуть оновлюватись набагато ефективніше вносити зміни у хмарне сховище, яке розраховане на використання декількома користувачами одночасно. Це було реалізовано за допомогою хмарного сервісу pCloud, який підтримує сумісність з "Insurance\_Pension" за допомогою роботи з двома методами обміну даними через HTTP/JSON та бінарного протоколу API. Архітектура сервісу дозволяє отримувати доступ до даних у будь-який час незалежно від місця розташування, а "Insurance\_Pension" підтримує швидке та безпечне завантаження та вивантаження даних для обробки та зберігання завдяки інтеграції з хмарним сервісом pCloud. Отримані результати моделювання "Insurance\_Pension" також можна експортувати як у хмарне сховище для зберігання, так і в Excel для перегляду чи подальшого оброблення.

**Висновки:** Розроблена модель фінансових потоків недержавного пенсійного фонду дозволяє відстежувати динаміку фінансових потоків загального пенсійного фонду в часі, а також враховувати особливості кожного страхувальника і кожного фонду індивідуальних пенсійних накопичень окремо. Для проведення моделювання була розроблена система "Insurance\_Pension", що підтримує завантаження і вивантаження даних з хмарним сервісом pCloud. Завдяки підтримці наскрізного шифрування даних про страхувальників, яке проходить на стороні клієнта, стає неможливим перехоплення даних у незашифрованому вигляді, чим забезпечується достатній рівень захисту даних. Практична

цінність результатів дослідження полягає в тому, що в результаті аналізу і моделювання фінансових потоків фонду пенсійного страхування отримані обґрунтовані рішення щодо вибору стратегії розвитку фонду.

**Список літератури:** 1. Сахірова Н.П. Страхування: учеб. пособ. / Н.П. Сахірова. – М.: ТК Велби, 2006. – 744 с. 2. РБК-Україна (2017). Внедрение облачных сервисов для основных бизнес-приложений за 2016 год, available at: <https://comments.ua/ht/574827-polovina-ukrainskih-kompaniy-ispolzuet.html> 3. Forinsurer (2017). Новые технологии в страховании, available at: <http://forinsurer.com/news/17/03/06/34983> 4. Forbes (2017). New Cloud Computing Insurance Attempts to Solve Cloud Liability Concerns For Service Providers, available at: [www.forbes.com/sites/reuvencohen/2013/04/24/new-cloud-computing-insurance-tries-to-solve-cloud-liability-concerns-for-service-providers/#53893f4e1970](http://www.forbes.com/sites/reuvencohen/2013/04/24/new-cloud-computing-insurance-tries-to-solve-cloud-liability-concerns-for-service-providers/#53893f4e1970) 5. Оператор облачных технологий De Novo и компания IDC – Итоги ежегодного исследования рынка облачных сервисов Украины, available at: <http://hi-tech.ua/oblachnyie-servisyi-v-ukraine-itogi-issledovaniya> 6. Базилевич К.А. Определение вероятности выплат по страховым полисам на основе методов Data Mining / К.А. Базилевич, М.С. Мазорчук, А.А. Сухобрус // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. / Харк. ун-т пов. сил ім. Івана Кожедуба. – Харків, 2016. – Вип. 2 (139). – С. 149 – 155. 7. Шоломицкий А.Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска: учеб. пособ. для вузов / А.Г. Шоломицкий. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2005. – 400 с. 8. Ример М.И. Экономическая оценка инвестиций: учебник для вузов / М.И. Ример. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2011. – С. 115 – 122. 9. Шоломицкий А.Г. Финансирование накопительных пенсий: актуарные методы и динамические модели / А.Г. Шоломицкий // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2002. – № 9. – С. 544 – 577. 10. Cooper S.L. A Family of Accrued Benefit Actuarial Cost Methods / S.L. Cooper, J.C. Hickman // Trans. Society of Actuaries. – 1967. – Vol. 19. – P. 53-59. 11. Актуарная математика: пер. с англ.; под ред. В.К. Малиновского / Н. Бауэрс, Х. Гербер, Д. Джонс, С. Несбитт, Дж. Хикман. – М.: Янус-К, 2001. – 656 с.

**References:**

1. Sahirova, N. (2006), *Insurance*, ТК Welby, Moscow, 744 p.
2. RBK-Ukraine (2017), "Implementation of cloud services for main business applications for 2016", available at: <https://comments.ua/ht/574827-polovina-ukrainskih-kompaniy-ispolzuet.html>
3. Forinsurer (2017), "New technologies in insurance", available at: <http://forinsurer.com/news/17/03/06/34983>
4. Forbes (2013), "New Cloud Computing Insurance Attempts to Solve Cloud Liability Concerns For Service Providers", available at: [www.forbes.com/sites/reuvencohen/2013/04/24/new-cloud-computing-insurance-tries-to-solve-cloud-liability-concerns-for-service-providers/#53893f4e1970](http://www.forbes.com/sites/reuvencohen/2013/04/24/new-cloud-computing-insurance-tries-to-solve-cloud-liability-concerns-for-service-providers/#53893f4e1970)
5. The operator of cloud technologies De Novo and the company IDC (2017), "Results of the annual survey of the market of cloud services in Ukraine", available at: <http://hi-tech.ua/oblachnyie-servisyi-v-ukraine-itogi-issledovaniya>
6. Bazylevich, K., Mazorchuk M., and Suhobrus, A. (2016), "Determining the probability of insurance policies payments based on a data mining methods", *Information processing systems*, Vol. 2 (139), pp. 149-155.
7. Sholomitsky, A. (2005), *Theory of risk. Selection under uncertainty and risk modeling*, Ed. House of the Higher School of Economics, Moscow, 400 p.
8. Rimer, M. (2011), *Economic evaluation of investments*. 4<sup>th</sup> ed., Peter, Saint Petersburg pp. 115 – 122.



9. Sholomitsky, A. (2002), "Financing of funded pensions: actuarial methods and dynamic models", *Survey of Applied and Industrial Mathematics*, Vol. 9, pp. 544 – 577.
10. Cooper, S., and Hickman, J. (1967), "A Family of Accrued Benefit Actuarial Cost Methods", *Trans. Society of Actuaries*, Vol. 19, pp. 53 – 59.
11. Bowers, N., Gerber, H., Hickman, J., Jones, D., and Nesbitt, C. (2001), in Malinovsky, V.K. (Ed.), *Actuarial mathematics*, Janus-K, Moscow, P. 656.

*Статтю представив д-р техн. наук, професор УІПА Трищ Р.М.*

*Поступила (received) 12.06.2017*

Bazilevych Kseniia, Cand. Tech. Sci., Assistant  
National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"  
Str. Chkalova, 17, Kharkiv, Ukraine, 61070  
Tel.: +38 (057) 778-43-62, e-mail: ksenia.bazilevich@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0001-5332-9545

Mazorchuk Mariia, Cand. Tech. Sci., Docent  
National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"  
Str. Chkalova, 17, Kharkiv, Ukraine, 61070  
Tel.: +38 (057) 778-43-62, e-mail: mazorchuk.mary@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0002-4416-8361

Parfeniuk Yurii, master  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"  
Str. Frunze, 21, Kharkiv, Ukraine, 61002  
Tel: +380636985423 , e-mail: parfuriy.l@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0001-5357-1868

УДК 004.942:368.91

**Моделювання фінансових потоків недержавного пенсійного фонду для групи учасників з урахуванням їх платоспроможності / Базілевич К.О., Мазорчук М.С., Парфенюк Ю.Л. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2017. – № 21 (1243). – С. 28 – 37.**

Розглядається класичний підхід до моделювання фінансових потоків недержавного пенсійного фонду, проводиться аналіз недоліків такого підходу. Розроблено модель фінансових потоків недержавного пенсійного фонду для групи учасників з урахуванням їх платоспроможності. Наведено опис програмної реалізації розробленої моделі. Модель дозволяє підвищити точність моделювання завдяки аналізу контекстуальних характеристик страхувальників, які мають суттєвий вплив на їх платоспроможність. Ил.: 3. Бібліогр.: 11 назв.

**Ключові слова:** недержавний пенсійний фонд; платоспроможність; контекстуальні характеристики; фінансові потоки.

УДК 004.942:368.91

**Моделирование финансовых потоков негосударственного фонда для группы участников с учетом их платежеспособности / Базилевич К.А., Мазорчук М.С., Парфенюк Ю.Л. // Весник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПІ". – 2017. – № 21 (1243). – С. 28 – 37.**

Рассматривается классический подход к моделированию финансовых потоков негосударственного пенсионного фонда, проводится анализ недостатков такого подхода. Разработана модель финансовых потоков негосударственного пенсионного фонда для группы участников с учетом их платежеспособности. Представлено описание программной реализации разработанной модели. Модель позволяет повысить точность моделирования благодаря анализу контекстуальных характеристик страхователей, которые оказывают существенное влияние на их платежеспособность. Ил.: 3. Библиогр.: 11 назв.

**Ключевые слова:** негосударственный пенсионный фонд; платежеспособность; контекстуальные характеристики; финансовые потоки.

UDC 004.942:368.91

**Modeling of cash flows in non-government pension fund for a group of participants with their solvency accounting/ Bazilevych K., Mazorchuk M., Parfeniuk Yu. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2017. – № 21 (1243). – С. 28 – 37.**

A classical approach to modeling the cash flows in non-government pension funds is considered, and an analysis of the shortcomings of this approach is carried out. A model of cash flows in non-government pension fund for a group of participants with their solvency accounting has been developed. The description of the software implementation of the developed model is presented. The model allows to increase the accuracy of modeling due to the analysis of the contextual characteristics of policyholders, which have a significant impact on their solvency. Figs.: 3. Refs.: 11 titles.

**Keywords:** non-government pension fund; solvency; contextual characteristics; cash flows.