



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет прикладної математики

Лабораторна робота №2

Динамічний фінансовий аналіз страхової компанії

«Методи теорії надійності та ризику»

Роботу виконав:

Студент 5 курсу, групи КМ-31мн,
Цибульник Антон Владиславович

Роботу приймав:

Професор кафедри ПМА,
Норкін Володимир Іванович

Зміст

Постановка задачі	2
Хід дослідження	2
1 Результати обробки страхових даних	2
2 Методологія динамічного фінансового аналізу	2
3 Застосування методу Монте-Карло	4
4 Прогін різних значень параметра α	5
Перелік посилань	7
Програмна реалізація	8

Постановка задачі

Лабораторна робота складається із двох частин — обробки статистичних страхових даних щодо компанії «Арсенал страхування» [1] та подальшого динамічного фінансового аналізу наявних страхових даних.

Перша частина лабораторної роботи передбачає взаємодію з базою даних сайту «Forinsurer» [2]. На основі обробки даних слід витягнути інформацію про квартальні, піврічні та річні валові премії, валові виплати та відповідні рівні виплат за проміжок до 2022 року. Після цього необхідно побудувати графіки квартальних, піврічних і річних рівнів платежів як функцій часу. Наостанок, потрібно розрахувати середні значення стандартних відхилень для квартальних, піврічних і річних рівнів оплати за останні 3, 5 та 10 років. Результати виконання окреслених завдань наявні у відповідному XLSX файлі [3].

Таким чином, звіт роботи, представлений у цьому документі, буде стосуватися опису кроків другої частини лабораторної роботи, яка передбачає побудову імітаційної моделі фінансового об'єкта, що дозволяє змодельовати майбутні стохастичні доходи та витрати страхової компанії. Застосуванням методу Монте-Карло, тобто шляхом багаторазового статистичного моделювання, слід оцінити ефективність і ризики (наприклад, неплатоспроможність, втрачена вигода тощо) за будь-який період, оцінити прогнозовані результати управлінських рішень. Іншими словами, описані кроки відповідають так званому динамічному фінансовому аналізу, тобто моделюванню та прогнозуванню доходів і витрат у часі.

Хід дослідження

1 Результати обробки страхових даних

В результаті виконання першої частини лабораторної роботи було побудовано низку графіків на основі витягнутих статистичних даних про компанію «Арсенал страхування». Зокрема, наведемо нижче графік рівнів виплат компанії протягом 2014 – 2022 років (Рис. 1). Судячи з результатів, вважатимемо, що загальний характер отриманих рівнів як числових величин є випадковим (з відчутною тенденцією до зростання за останні роки).

2 Методологія динамічного фінансового аналізу

У цьому підрозділі розглянемо механізм прогнозування капіталу компанії. Зважаючи на викладки попереднього розділу, введемо для подальших міркувань випадкову величину ξ на позначення рівня виплат. Рівень капіталу на прогнозованому кроці часу t позначимо як U_t .

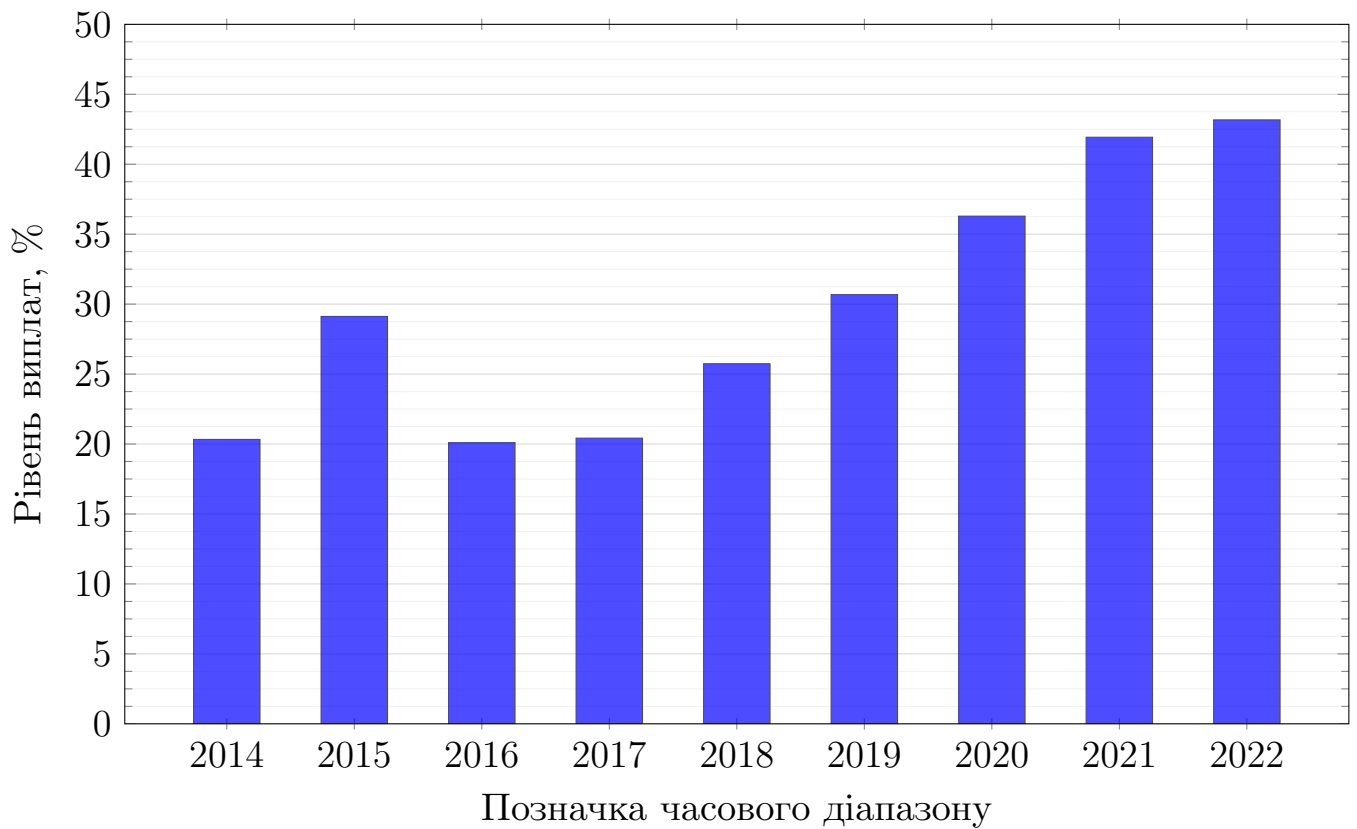


Рис. 1: Рівні виплат страхової компанії «Арсенал страхування»

Закон зміни валового значення премії x_t покладемо таким чином:

$$x_t = x_0 + t/N, \quad (2.1)$$

де $N = 13$ згідно з номером варіанту, а валове значення премії в початковий момент часу прогнозування (2022 рік), відповідно:

$$x_0 = 1\,667\,017 \text{ грн}, \quad (2.2)$$

Тоді, враховуючи, що значення капіталу U_t в початковий момент часу складає

$$U_0 = 576\,078 \text{ грн}, \quad (2.3)$$

то має місце таке рівняння еволюції капіталу страхової компанії на проміжку часу $t = \overline{0, T}$:

$$U_t = U_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot x_{t-1} - \xi \cdot x_{t-1}, \quad (2.4)$$

де α — задана частка премій, витрачених на обслуговування договорів страхування, а значення випадкової величини ξ обирається щоразу навмання серед наявної історії рівнів виплат (Рис. 1).

3 Застосування методу Монте-Карло

Метод Монте-Карло полягає у багаторазовому статистичному моделюванні. До прикладу, проведемо $n = 5$ генерацій траєкторії еволюції капіталу страхової компанії згідно з формулою (2.4) на $T = 30$ років вперед. Результати моделювання зображені на Рис. 2.

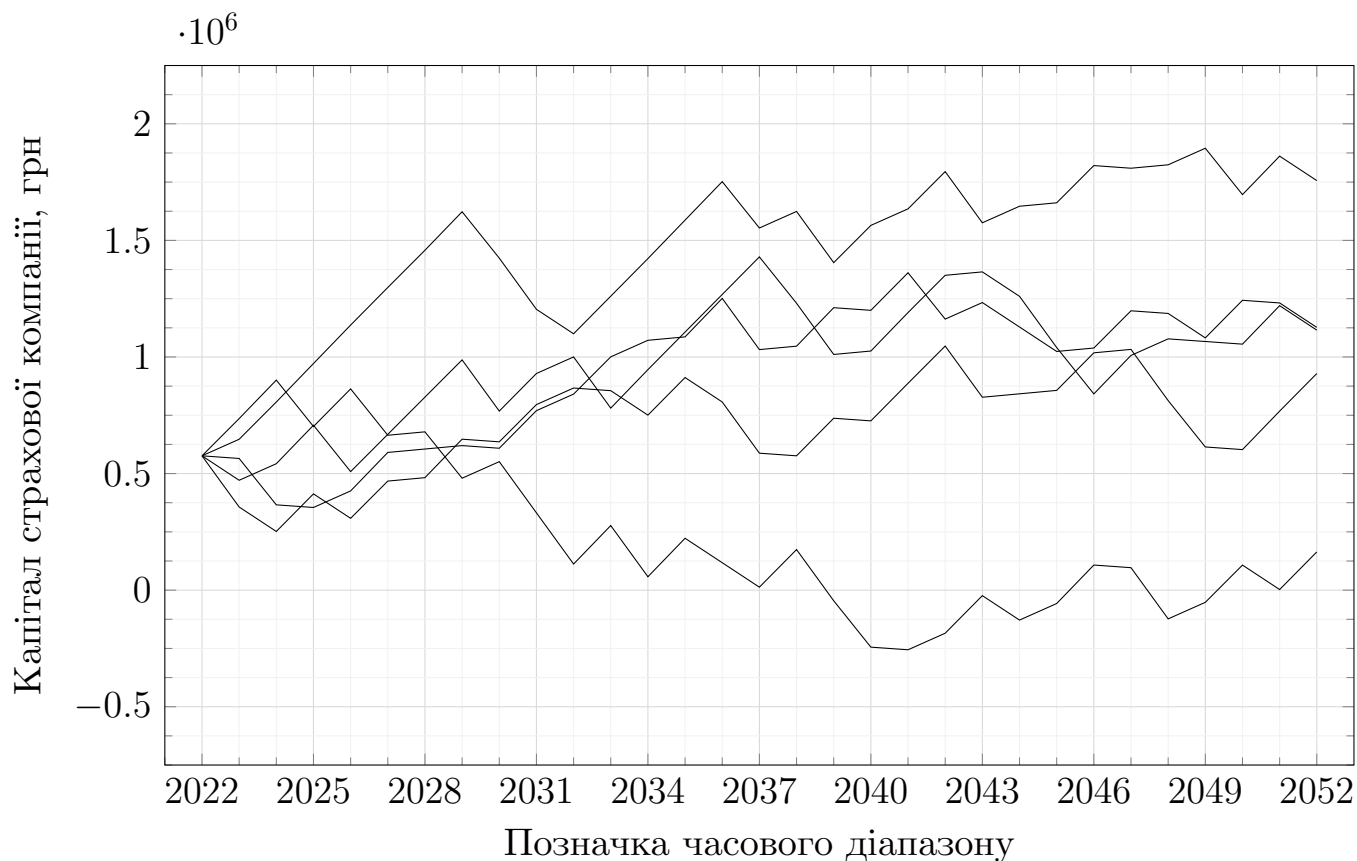


Рис. 2: Ілюстрація $n = 5$ траєкторій еволюції капіталу компанії при $\alpha = 0.7$

Бачимо деякі відмінності між характеристиками траєкторій. Для підвищення статистичної значущості виконаємо $n = 1000$ ітерацій симуляції еволюцій. Крім того, обчислимо середнє значення капіталу \bar{U}_t для кожного прогнозованого року та відповідну імовірність банкрутства — частку траєкторій, які перетинають допустиму межу в $L = U_0/N = 44\,314$ грн.

Отримані показники проілюстровані на графіку нижче (Рис. 3). Варто зауважити, що протягом усього дослідження параметр α був навмисно покладений великим для отримання більш красномовних результатів. У наступному розділі буде показано, що при малих α імовірність банкрутства збігається до нуля.

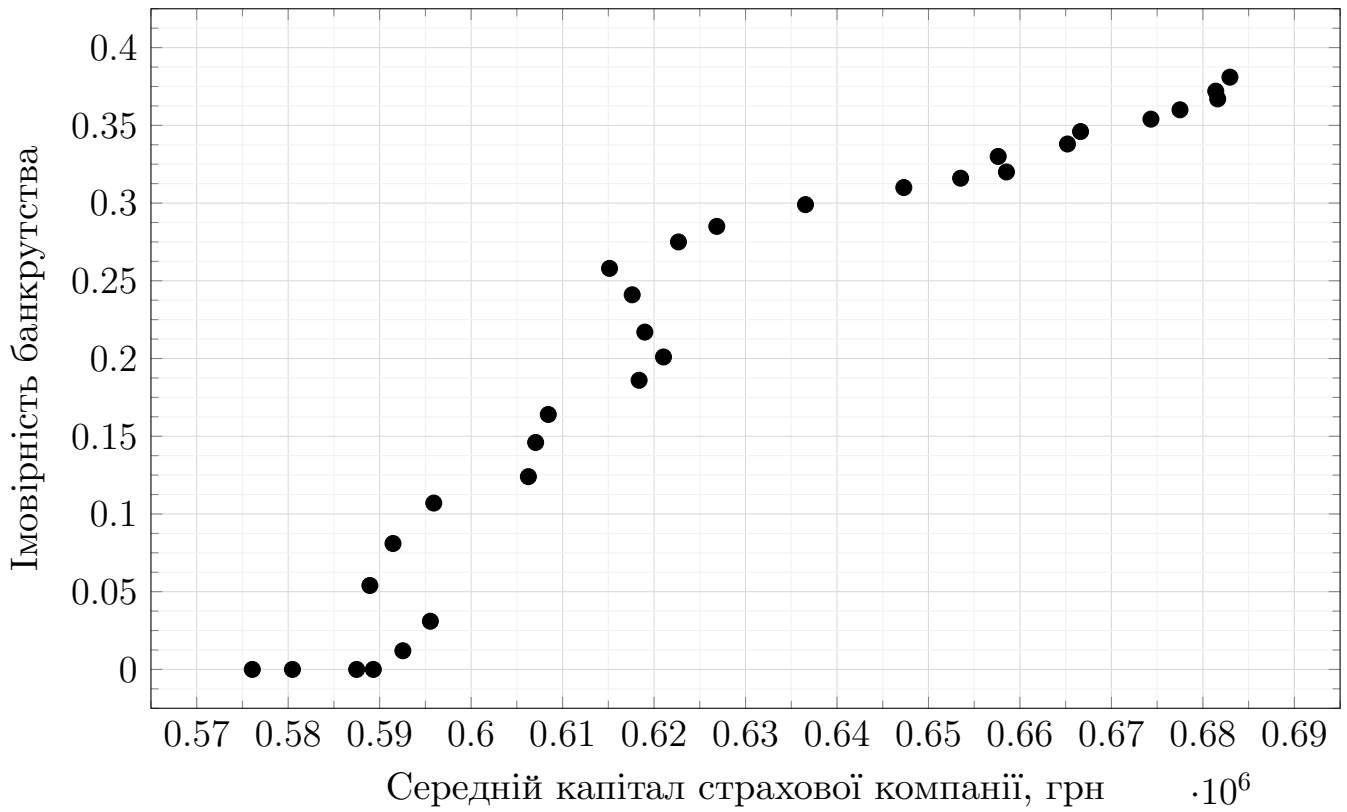
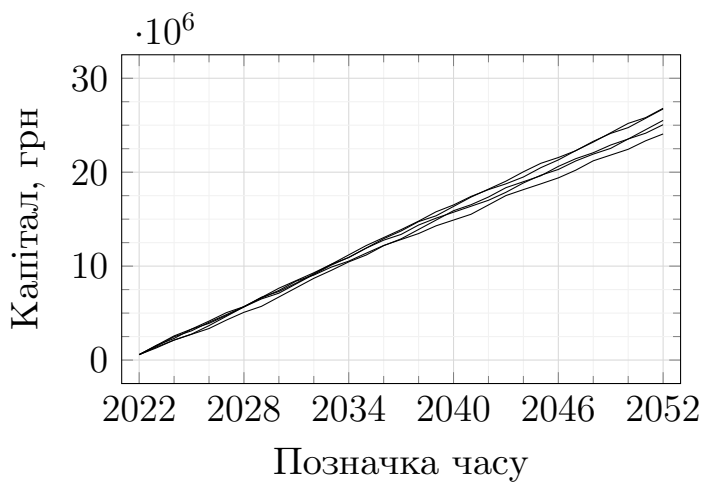


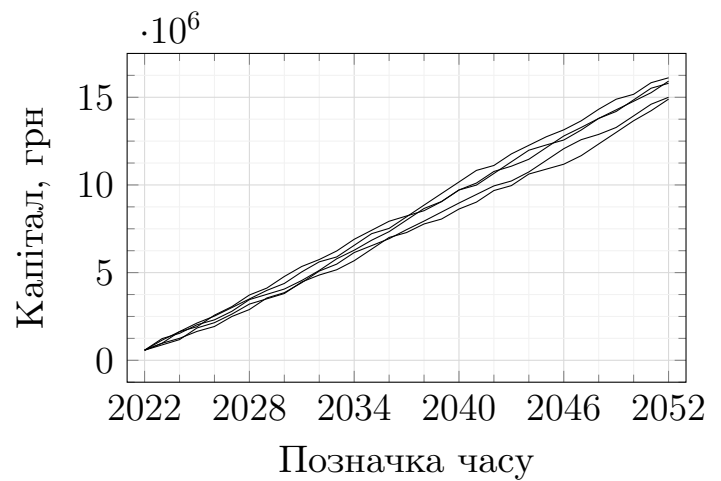
Рис. 3: Характеристики $n = 1000$ симуляцій еволюції капіталу компанії при параметрі $\alpha = 0.7$ протягом 2022 – 2052 років

4 Прогін різних значень параметра α

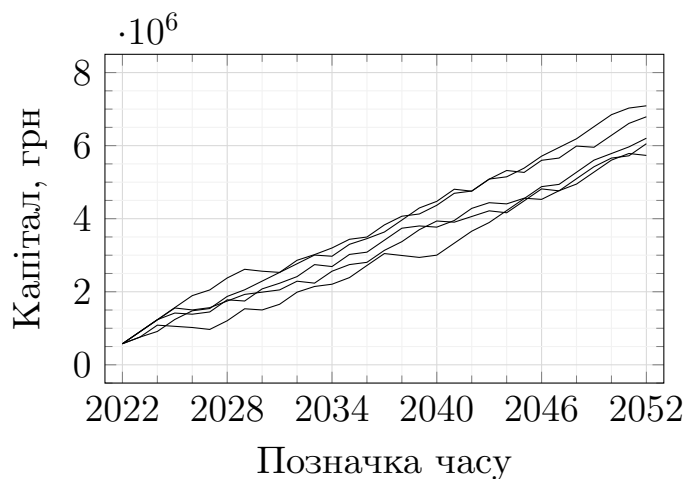
Обчислимо імовірність банкрутства страхової компанії при різних значеннях частки премій α , витрачених на обслуговування договорів страхування. Інші параметри моделі залишимо незмінними, зокрема і кількість симуляцій $n = 1000$.



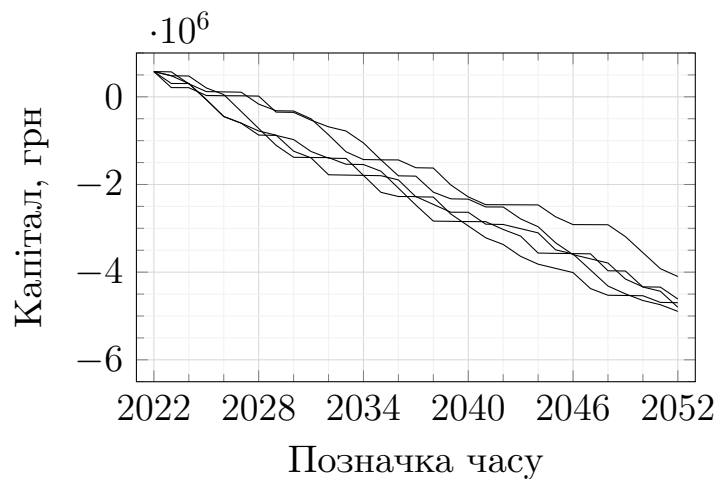
а) $\alpha = 0.2 : P(U_t < L) = 0.0$



б) $\alpha = 0.4 : P(U_t < L) = 0.0$



в) $\alpha = 0.6 : P(U_t < L) = 0.0$



г) $\alpha = 0.8 : P(U_t < L) = 1.0$

Рис. 4: Траєкторії еволюції капіталу компанії при різних значеннях α

Зауважимо, що в силу обмежених ресурсів компілятора \LaTeX , на Рис. 4 проілюстровані схематичні креслення динаміки траєкторій на прикладі лише невеликої кількості ліній. Безпосередньо в обчисленнях імовірності банкрутства використовувалися, як і раніше, всі $n = 1000$ симуляцій.

Перелік посилань

1. Головна сторінка «Арсенал страхування». — URL: <https://arsenal-ic.ua/>.
2. *Forinsurer*. Рейтинг страхових компаній України. — URL: <https://forinsurer.com/ratings/nonlife/22/12/2>.
3. *Цибульник А.* Лабораторна №2а. — 2023. — URL: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1t9uI-kQxV3g8saJDA1Lz0kr5916gHV7/edit?usp=sharing&ouid=107398073735580640980&rtpof=true&sd=true>.

Програмна реалізація

В ході дослідження було використано засоби мови програмування Python версії 3.8.10 в інтегрованому середовищі розробки Visual Studio Code версії 1.78.2. Нижче наведені тексти ключових інструментальних програм.

Лістинг 1: Підключення бібліотек

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3 import copy
```

Лістинг 2: Ініціалізація та візуалізація параметрів

```
1 N = 13
2 x_0 = 1667017 # insurance premium at the initial time (2022)
3 u_0 = 576078 # initial (2022) capital of the company
4
5 years = np.arange(2014,2023,1)
6 annual_payout_levels = np.array([20.33, 29.12, 20.1, 20.42, 25.74, 30.68, 36.29,
7     41.93, 43.17])
8
9 plt.title("Annual payout levels")
10 plt.ylabel("Payout level")
11 plt.xlabel("Year")
12 plt.plot(years, annual_payout_levels, color="blue")
13 plt.plot(years, annual_payout_levels, "o", color="blue")
14 plt.show()
```

Лістинг 3: Імплементация методу Монте-Карло

```
1 def x(t):
2     # insurance premium
3     return x_0 + t/N
4
5 def evolution_function(u_previous, v, t):
6     return u_previous + (1-v)*x(t) - x(t)*np.random.choice(annual_payout_levels)/100
7
8 v = 0.7 # share of premiums spent on servicing insurance contracts
9 T = 31 # years of predictions
10 L = u_0/N
11 u_list = []
12 iterations = 1000
13
14 for i in range(iterations):
15     u = np.zeros(T)
16     for t in range(T):
17         if t == 0:
18             u[t] = u_0
19         else:
20             u[t] = evolution_function(u[t-1], v, t-1)
```

```
21 plt.plot(np.arange(2022,2022+T,1), u)
22 u_list.append(copy.deepcopy(u))
23
24 plt.show()
```

Лістинг 4: Обчислення характеристик симуляції еволюції капіталу компанії

```
1 u_mean = np.zeros(T)
2 prob = np.zeros(T)
3
4 for t in range(T):
5     u_mean[t] = np.mean([u_list[i][t] for i in range(iterations)])
6     prob[t] = [len(np.where(u_list[i][:t] <= L)[0]) > 0 for i in
7                 range(iterations)].count(True)/iterations
8
9 plt.plot(u_mean, prob, "o")
10 plt.show()
```