

УДК 519.21

<https://doi.org/10.17721/1812-5409.2022/3.4>

В.П. Зубченко¹, к.ф.-м.н.
П.В. Александрова²

**Дослідження динаміки інструменту
своп процентної ставки із
використанням методів машинного
навчання**

^{1,2}Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, 01033, Київ, вул. Воло-
димирська, 64.

e-mail: ¹volodymyr.zubchenko@knu.ua

²aleksandrova.polina@knu.ua

V.P. Zubchenko¹, Ph.D.
P.V. Aleksandrova²

**Study of the dynamics of the interest rate
swap using machine learning methods**

^{1,2}Taras Shevchenko National University of
Kyiv, 01033, Kyiv, 64 Volodymyrska st.

e-mail: ¹volodymyr.zubchenko@knu.ua

²aleksandrova.polina@knu.ua

Своп процентної ставки є класичним для європейської фінансової системи інструментом зменшення потенційного впливу вказаних ризиків, однак новим для українського міжбанківського ринку. Перші аукціони між Національним банком України та комерційними банками із випуску свопів процентної ставки відбулись у другій половині 2020 р. Він передбачає, що одна сторона пропонує іншій фіксовану процентну ставку, що нараховується на умовну суму, а інша сторона - плаваючу відсоткову ставку. Остання розраховується на основі Українського індексу міжбанківських ставок овернайт (UONIA). Дисконтування майбутніх грошових потоків здійснюється за ставками кривої безкупонної доходності, побудованої за гривневими ОВДП. В обумовлений строк відбуваються розрахунки сторін з обчислення різниці процентних платежів. Ключовим питанням математичного моделювання операцій своп процентної ставки є дослідження справедливої вартості цього фінансового інструменту в майбутні моменти часу. Зокрема, важливо спрогнозувати потенційні зміни справедливої вартості при зміні коефіцієнтів кривої безкупонної доходності та при певних трендах індексу міжбанківських ставок овернайт. У роботі проведено дослідження чутливості зазначених факторів на динаміку свопу процентної ставки, побудовано прогноз майбутньої динаміки інструменту в залежності від зміни ключових макроекономічних показників.

Ключові слова: своп процентної ставки, машинне навчання, український індекс міжбанківських ставок овернайт, справедлива вартість, крива безкупонної доходності.

For the European financial system, the interest rate swap is a well-known mechanism to reduce the potential effects of these risks, but it is new to the Ukrainian interbank market. In the second half of 2020, the National Bank of Ukraine and commercial banks held their first interest rate swap auctions. According to this provision, one party offers the other a floating interest rate while the other offers a fixed interest rate based on a conditional amount. Based on the Ukrainian overnight interbank rate index, the latter is computed (UONIA). Future cash flows are discounted at rates determined by the zero coupon yield curve created for hryvnia government bonds. The parties agree on how to calculate the difference in interest payments within the predetermined period of time. The analysis of the fair value of this financial instrument at future points in time is the main concern of mathematical modeling of interest rate swap transactions. Predicting future changes in fair value is particularly crucial when the zero coupon yield curve's coefficients vary and when there are specific trends in the index of overnight interbank rates. The sensitivity of the specified factors to the interest rate swap's dynamics was investigated in the study, and a forecast of the instrument's future dynamics based on the change in important macroeconomic indicators was developed.

Key words: interest rate swap, machine learning, Ukrainian overnight interbank rate index, fair value, zero coupon yield curve.

1 Теоретична частина

Своп в стандартному розумінні міжбанківських операцій – це домовленість між кількома сторонами про обмін певною кількістю інструментів за визначеними наперед правилами у майбутньому. Очевидно, що робити обмін повними сумами не має ніякого сенсу, тому зазвичай говорять про отримання якоюсь зі сторін різниці цін визначених інструментів.

Суть інструменту своп процентної ставки полягає в обміні між банками доходом продюкованим різницею “зароблених” відсотків.

НБУ випускає віртуальний номінал, від якого розраховується щоквартальний реальний купонний дохід.

Відсоток зі сторони НБУ “плаваючий”, тобто змінний, а зі сторони банку фіксований. Цей фіксований відсоток визначається аукціоном при випуску свопа. Аукціон проводиться згідно зі затвердженим графіком, який публікується на сайті Національного банку України.

НБУ в свою чергу банку щоквартально робить виплату, але вже під плаваючий відсоток від віртуального номіналу. Цей відсоток розраховується як добуток приростів UONIA (український індекс міжбанківських ставок овернайт) за даний період:

$$I_{fl} = \left(\prod_{k=1}^{m_0} \left[1 + \frac{UONIA_k \times d_k}{365} \right] - 1 \right) \times \frac{365}{m}$$

UONIA є індикатором вартості короткострокових гривневих ресурсів, які надаються/залучаються на міжбанківському ринку України шляхом укладення кредитних та депозитних угод на строк овернайт.

НБУ розраховує та оприлюднює значення UONIA на сайті.

Отож тепер постає питання: чи вигідна дана операція та кому саме? Для цього необхідно продисконтувати 2 грошових потоки на один і той самий час. І різниця між відсотковим доходом НБУ та відсотковим доходом банку буде складати шукану справедливу вартість свопу.

$$\begin{aligned} FV_{D \text{ OIS}} &= FV_{B \text{ fix}} - FV_{B \text{ fl}} = \\ &= \sum_{j=1}^n (CF_j \times e^{-i_j^s \times t_j}) - N \times \left(1 + \frac{I_{fl} \times m}{365} \right) \end{aligned}$$

– для випадку, якщо Національний банк є платником плаваючої ставки за свопом індексу UONIA і з протилежними знаками, якщо навпаки.

2 Практична частина

Для реалізація розрахунку справедливої вартості свопу було використано Microsoft Excel.

Для розрахунку справедливої вартості свопу для банку потрібно побудувати криву безкупонної доходності, побудовану за гривневими ОВДП за моделлю Свенссона. Для цього потрібно побудувати криву зі змінними параметрами beta0, beta1, beta2, beta3, tau, tau1, які визначаються НБУ практично тиждень:

$$\begin{aligned} S_p &= \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - e^{-p/\tau}}{(p/\tau)} \right) + \\ &+ \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-p/\tau}}{(p/\tau)} - e^{-p/\tau} \right) + \\ &+ \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-p/\tau_1}}{(p/\tau_1)} - e^{-p/\tau_1} \right) \end{aligned}$$

І тепер використавши формулу наведену вище рахуємо справедливу вартість свопу на будь-який момент часу, що вже відбувся. Цікавим в цьому дослідженні є те, чи можна прогнозувати різницю справедливих вартостей. Очевидно, що для цього потрібно спрогнозувати динаміку плаваючої відсоткової ставки, яка напряму залежить від UONIA, а також динаміку кривої безкупонної доходності, побудовану за гривневими ОВДП, оскільки вона також важлива для моделювання справедливої вартості свопу.

Для прогнозування ставки овернайт було використано кілька методик.

1) Середнє арифметичне – кожне наступне значення ставки розраховується як середнє арифметичне попередніх днів. Цей спосіб не є найкращим, оскільки, наприклад, за час Російського вторгнення в Україну змінився розрахунок UONIA, а з 17.03.2022 року зафіксувався на рівні 9%. Це очевидно впливає на середнє значення і не дає точного прогнозу. До початку вторгнення та відповідно цих змін в політиці розрахунку UONIA цей метод також не давав адекватних результатів.

2) Паралельно кривій безкупонної доходності, побудовану за гривневими ОВДП – логіка

використання цього методу полягає у тому, що методика всієї оцінки справедливої вартості будується як лінійна комбінація UONIA та спот-ставки, яка в свою чергу утворює синтетичну криву, яка залежить від макропараметрів. Крива безкупонної доходності це також синтетична крива, а, отже, на UONIA в певній мірі впливають ті самі зміни, що і на криву безкупонної доходності, тобто зміни макропоказників.

Можна також поглянути на правильність цього методу і з іншого боку: крива безкупонної доходності розрахована на довгостроковість, тоді коли UONIA – ставка однієї ночі. Отже, потрібно криву “дотягнути” на проміжок однієї ночі. Аналізуючи зміни лівого краю кривої безкупонної доходності в різні дні (відповідно для різних параметрів) та ставки UONIA в цей самий час бачимо, що зміни пропорційні – зі “стрибком” краю кривої безкупонної доходності збільшується і ставка UONIA, що говорить про те, що залежність між ними існує і воно прямо пропорційна.

3) Другий спосіб кращий, ніж перший, але проблема другого полягає в тому, що, як зазначалося, крива безкупонної доходності розрахована на довгострокові інструменти, отже, потрібно шукати інструмент для короткострокових. Найбільше нам підходить Український індекс ставки по депозитам фізичних осіб (англ. Ukrainian Index of Retail Deposit Rates, далі UIRD), що розраховується на підставі номінальних ставок депозитів фізичних осіб, що декларуються головними представниками українського ринку банківських депозитів – 20 провідними комерційними банками України.

На сайті Trading Economics наведено прогноз динаміки UIRD, який і брався для моделювання динаміки UONIA.

Ще одним важливим параметром, від якого залежить справедлива вартість свопу, є крива безкупонної доходності, побудована за гривневими ОВДП.

Оскільки вона, як було сказано вище, залежить від 6 параметрів, які в свою чергу мають складну ієрархію залежностей від інших показників, побудуємо середнє арифметичне для піврічного терміну, річного, 2-річного, 3-річного та 4-річного для 13 дат оприлюднення коефіцієнтів параметричної моделі Свенссона. Терміни під 0,5 року до 4 років обрані саме таким чином, оскільки це основні строки, по яким

емітуються ОВДП.

Ще одним важливим параметром, від якого залежить справедлива вартість свопу, є крива безкупонної доходності, побудована за гривневими ОВДП.

Оскільки вона, як було сказано вище, залежить від 6 параметрів, які в свою чергу мають складну ієрархію залежностей від інших показників, побудуємо середнє арифметичне для піврічного терміну, річного, 2-річного, 3-річного та 4-річного для 13 дат оприлюднення коефіцієнтів параметричної моделі Свенссона. Терміни під 0,5 року до 4 років обрані саме таким чином, оскільки це основні строки, по яким емітуються ОВДП.

Порівнюючи отримані середні арифметичні з обліковою ставкою (IR), бачимо, що залежність існує, причому вона прямо пропорційна, а кореляційна матриця показує наявність кореляції (0,93077). Тобто при збільшенні або зменшенні облікової ставки крива безкупонної доходності піднімається або опускається відповідно.

Також в певному наближенні існує пряма пропорційність між показником інфляції та UONIA, що впливає із аналізів графіків їх поведінки. Аналогічна залежність і від облікової ставки. Отже, UIRD та UONIA корелюють (а з економічної точки зору – залежать) від динаміки облікової ставки, а також це підтверджує припущення про те, що моделювати динаміку UONIA можна опираючись на динаміку UIRD (як з математичної, так і з економічної точки зору).

Для застосування методів машинного навчання для прогнозування динаміки UONIA було створено базу даних, яка містила динаміку ставки. Використовуючи моделі авторегресії (AR), ковзного середнього (MA) та ARIMA з параметрами, які в ході дослідження виявились найкращими, – (2, 1, 1) – отримуємо такі результати: ARIMA є комплексним методом, який включає в себе інші два методи (авторегресію та ковзне середнє), тому його використання є, грубо кажучи, зваженим та виключає недоліки кожного методу по окремоті.

Ковзне середнє використовує середнє, що вже не є релевантним для цієї задачі, оскільки економічна величина UONIA не враховує усереднені значення за попередні періоди.

Авторегресія є хорошим методом в даному випадку, оскільки UONIA по своїй суті в біль-

шій мірі це лінійна комбінація деяких економічних величин.

3 Висновки

Для прогнозування будь-яких економічних величин завжди потрібно враховувати їх власне економічну суть, тобто будувати прогнози, застосовуючи знання про залежності цих величин від інших та динаміки світу в цілому. В цьому програють стандартні моделі машинного навчання, оскільки вони сприймають дані виключно як числа без економічного підтексту. Тому для прогнозування необхідно вже закласти певний економічний вплив і тільки потім на цих даних тренувати моделі.

В контексті даної задачі для прогнозування справедливої вартості своєї процентної ставки

достатньо знайти правильний метод прогнозування UONIA та знайти залежність кривої безкупонної доходності від макропоказників.

В результаті дослідження було виявлено, що як базу прогнозування UONIA можна використовувати прогноз іншого, схожого по своїй економічній суті, показника – UIRD. І після накладення цього прогнозу вже можна застосовувати модель машинного навчання ARIMA, яка має відносно недовгий час роботи та адекватну точність.

У випадку збільшення облікової ставки підніметься і крива безкупонної доходності, що збільшить відсотковий дохід комерційних банків і це може призвести до ефекту, коли різницю відсоткових доходів платитиме протилежна сторона до очікуваної.

Список використаних джерел

1. Постанова Правління НБУ від 28.05.2020 № 67 "Про затвердження Положення про проведення Національним банком України на міжбанківському ринку операцій своп процентної ставки"(зі змінами, унесені постановою Правління НБУ від 18.06.2020 № 76): https://bank.gov.ua/ua/legislation/Regulation_28052020_67
2. Графік проведення аукціонів своп процентної ставки: <https://bank.gov.ua/ua/markets/money-market/irs>
3. Положення про розрахунок та оприлюднення Українського індексу міжбанківських ставок овернайт (UONIA): <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/vr405500-20#Text>
4. Ринок грошей: динаміка UONIA: <https://bank.gov.ua/ua/markets/uonia-chart?startDate=31.12.2020&endDate=16.05.2022>
5. Про затвердження Змін до Порядку оцінки справедливої вартості похідних фінансових інструментів, операції з якими здійснює Національний банк України: https://bank.gov.ua/ua/legislation/Decision_19062020_415-rsh
6. Коефіцієнти кривої безкупонної доходності, побудованої за гривневими ОВДП: <https://bank.gov.ua/ua/markets/ovdp/fair-value>
7. Модель Свенссона: https://zakononline.com.ua/documents/show/366367___652927
8. Індекс ставок за депозитами фізичних осіб: <https://index.minfin.com.ua/ua/banks/deposit/index/>
9. Deposit Interest Rate in Ukraine: <https://tradingeconomics.com/ukraine/deposit-interest-rate>
10. Ukraine Interest Rate: <https://tradingeconomics.com/ukraine/interest-rate>
11. Код: <https://drive.google.com/file/d/1Ilr2CcHEW7hri4-Y-ORk2qDbCuxZJjFU/view?usp=sharing>
12. Excel файл калькулятор справедливої вартості своєї процентної ставки: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IXd-Le-ihId9SGrNeVCX18W7eL1b444Y/edit?usp=sharing&oid=104784915637989918366&rtpof=true&sd=true>

References

1. Resolution of the NBU Board dated 05/28/2020 No. 67 "On approval of the Regulation on conducting interest rate swap operations by the National Bank of Ukraine on the interbank market"(as amended by NBU Board Resolution No. 76 of 06/18/2020): https://bank.gov.ua/ua/legislation/Regulation_28052020_67
2. Schedule of interest rate swap auctions: <https://bank.gov.ua/ua/markets/money-market/irs>
3. Regulations on the calculation and publication of the Ukrainian overnight interbank rate index (UONIA): <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/vr405500-20#Text>
4. Money market: UONIA dynamics: <https://bank.gov.ua/ua/markets/onia-chart?startDate=31.12.2020&endDate=16.05.2022>
5. On the approval of the Amendments to the Procedure for estimating the fair value of derivative financial instruments, transactions with which the National Bank of Ukraine carries out: https://bank.gov.ua/ua/legislation/Decision_19062020_415-rsh
6. Coefficients of the zero-coupon yield curve constructed for hryvnia OVDP: <https://bank.gov.ua/ua/markets/ovdp/fair-value>
7. Svensson model: https://zakononline.com.ua/documents/show/366367___652927
8. Rate index for deposits of individuals: <https://index.minfin.com.ua/ua/banks/deposit/index/>
9. Deposit Interest Rate in Ukraine: <https://tradingeconomics.com/ukraine/deposit-interest-rate>
10. Ukraine Interest Rate: <https://tradingeconomics.com/ukraine/interest-rate>
11. Code: <https://drive.google.com/file/d/1I1r2CcheW7hri4-Y-ORk2qDbCuxZJjFU/view?usp=sharing>
12. Excel file interest rate swap fair value calculator: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IXd-Le-ihId9SGrNeVCX18W7eL1b444Y/edit?usp=sharing&oid=104784915637989918366&rtpof=true&sd=true>

Надійшла до редакції 12.09.22