

УДК 336.7

DOI: 10.31732/2663-2209-2022-70-61-75

ПОРІВНЯННЯ СИСТЕМ ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРЯМУ ЗМІН КУРСУ ФІНАНСОВОГО ІНСТРУМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОСТИХ ТА ЕКСПОНЕНЦІЙНИХ КОВЗНИХ СЕРЕДНІХ

Вадим Савченко

¹Аспірант, ВНЗ «Університет економіки та права «КРОК», м. Київ, Україна, e-mail: SavchenkoVY@krok.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4979-7842>

COMPARISON OF SYSTEMS OF FORECASTING THE DIRECTION OF CHANGES IN THE EXCHANGE RATE OF A FINANCIAL INSTRUMENT USING SIMPLE AND EXPONENTIAL MOVING AVERAGES

Vadym Savchenko¹

¹Postgraduate student, KROK University, Kyiv, Ukraine, e-mail: SavchenkoVY@krok.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4979-7842>

Анотація. Ряд сучасних досліджень вказують на той факт, що певні індикатори технічного аналізу мають прогнозувальну силу. Тобто, торгові стратегії, побудовані на їх основі, можуть мати певну прикладну цінність. У даній роботі досліджено деякі актуальні питання розробки та використання торговельної системи трейдера, що в прийнятті рішення про виконання біржової операції опирається на сигнали, що їх генерують індикатори технічного аналізу, зокрема, експоненційні та прості ковзні середні. Проаналізовано роботи сучасних дослідників, в яких описано підходи до використання даних індикаторів. В цьому контексті метою дослідження є аналіз впливу налаштувань експоненційних ковзних середніх та їх комбінацій на прибутковість торговельної системи, а також порівняння результатів такої системи з результатами стратегії, побудованої на простих ковзних та комбінації простих і експоненційних ковзних середніх. Виходячи з цього сформувано завдання, які вирішуються використанням ковзних такого роду. Запропоновано методику відбору технічних індикаторів та їх налаштувань при створенні торговельної системи трейдера. Розглянуто кілька варіантів формування та інтерпретації сигналу щодо подальшої зміни курсу фінансового активу, що його генерує така система. Також в статті розглянуто критерії співставлення стратегій на етапі тестування. Розраховано та порівняно результати використання різних варіантів стратегій, визначено оптимальні згідно визначених критеріїв відбору. Торговельні симуляції виконано для валютної пари EUR/USD, використано тижневі котирування з 1999 по 2023 роки, на основі чого визначено оптимальну комбінацію ковзних для використання в торговельній системі. Окремо зазначено, що стратегія, яка будується на експоненційних ковзних середніх, потребує додаткової оптимізації. Вказано варіанти можливої оптимізації та відповідний інструментарій, який можна використовувати. Виходячи з результатів дослідження, зроблено висновок, що запропонований підхід до розробки торговельної системи трейдера може бути використано для виконання реальних біржових операцій.

Ключові слова: торгова система трейдера, індикатор технічного аналізу, ковзна середня, проста ковзна, експоненційна ковзна, валютна пара, біржова операція.

Формули: 9, **рис.:** 20, **табл.:** 6, **бібл.:** 21

Abstract. The range of actual research points to the fact that some technical analysis indicators have predictive power, and therefore trading strategies based on them have some applied value. This work examines some topical issues of the development and use of a trader's trading system, which relies on signals generated by indicators of technical analysis, particularly exponential and simple moving averages, in deciding to execute a stock transaction. The works of modern researchers, which describe approaches to using these indicators, are analyzed. In this context, the purpose of the study is to analyze the impact of exponential moving average settings and their combinations on the profitability of the trading system, as well as to compare the results of such a system with the results of a strategy built on simple moving averages and a combination of simple and exponential moving averages. Based on this, tasks that are solved using slides of this kind were formed. The technique of selecting technical indicators and their settings when creating a trader's trading system is proposed. Several variants of the formation and interpretation of the signal regarding the subsequent change in the rate of the financial asset generated by such a system are considered. The article also discusses the criteria for comparing strategies at the testing stage. The results of using different techniques were calculated and compared, and the optimal ones were determined according to the selected selection criteria. Trading simulations were performed for the EUR/USD currency pair, using weekly quotes from 1999 to 2023, based on which the optimal combination of sliders for use in the trading system was determined. It was noted that the strategy, based on exponential moving averages, needs additional optimization. Options for possible optimization and the corresponding tools that can be used are

indicated. Based on the research results, it was concluded that the proposed approach to developing a trader's trading system could be used to perform actual exchange operations.

Keywords: trading system, technical analysis indicator, moving average, simple average, exponential average, currency pair, exchange operation.

Formulas: 9, **fig.:** 20, **tabl.:** 6, **bibl.:** 21

Постановка проблеми. Одним із ключових факторів, які впливають на прийняття інвестиційних рішень на фінансових ринках, є впевненість у коректності сформованого прогнозу щодо або напрямку зміни ціни активу за певний проміжок часу або ж безпосереднього значення цієї ціни в певний момент в майбутньому.

Торговець отримує прибуток, якщо фактичний рух чи значення ціни відповідають його прогнозу, інакше – він втрачає свої або клієнтські активи.

Наразі існують два підходи для вирішення задачі прогнозування курсу активу: фундаментальний аналіз (для загальнодержавних активів опирається на макроекономічні показники, для активів, емітованих компаніями, – на показники їх звітності відповідно) та технічний аналіз (прогноз будується виходячи із сигналів, які генеруються відповідними індикаторами, одним з яких є ковзна середня). В даній статті ми детально розглянемо варіанти використання двох видів ковзної середньої, а саме: експоненційної та простої, порівняємо результативність торгових систем, які в прийнятті рішення опираються на сигнали, згенеровані даними індикаторами та їх комбінаціями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема прогнозування зміни курсів фінансових активів з використанням технічних індикаторів із зрозумілих причин (доступність інструментів, вища ступінь обізнаності з прикладною стороною питання) більшою мірою вивчається закордонними вченими. Серед актуальних робіт вітчизняних дослідників можемо відмітити Пилипченко О.І., Кузьмінського В.З. та Чумаченко О.Г., які в своїй роботі розглядають застосування експоненційної ковзної середньої як одного із технічних індикаторів для роботи на ринку криптовалют [1]. Є.І. Бакай та

співатори аналізують можливості використання даного індикатора, але без вказання налаштувань для внутрішньоденної торгівлі на валютному ринку на обмеженому часовому діапазоні (2 роки) [2]. Дяченко Ю.А. розглядає експоненційні середні як один із інструментів для визначення зон зростання волатильності ціни сировини, але не як інструмент для прогнозування курсу [3]. Khand S. та співатори у своїй роботі використовують довгострокові експоненційні середні як один із індикаторів в торговій системі для роботи на локальному фондовому ринку [4]. Resta M. та співатори розглядають варіації налаштувань даного індикатора для порівняння результативності торгових систем на прикладі інтраденної торгівлі (5 хвилинний графік) на криптовалютному ринку [5]. Сосо L. та співатори у своїй роботі аналізують метрики різних торгових систем з використанням індикаторів технічного аналізу, одним з яких є експоненційна середня, для роботи на криптовалютному ринку на короткостроковому періоді (денні графіки за 4 роки) [6]. Zakamulin V. та співатори критично розглядають трендові торгові системи, в тому числі такі, що базуються на експоненційній середній, опираючись на побудову авторегресійних моделей для фондового ринку США [7]. Paspanthong A. та співатори аналізують результативність торгового алгоритму, який працює на основі простої та експоненційної ковзної різних періодів (використовують тільки класичні рівні) для роботи на фондовому ринку на хвилинних інтервалах [8]. Hushani P. в своїй роботі використовує індикатор двох періодів, без вказання причин відбору таких налаштувань, для побудови торгового алгоритму на прикладі NASDAQ на діапазоні 9 років [9]. Alonso-Monsalve S. та співатори в статті розглядають експоненційну середню як один із

індикаторів для побудови торгового інтрадей алгоритму для ринку криптовалют та подальшого порівняння їх результативності, при цьому не вказуються налаштування індикатора [10]. Hoseinzade E. зі співавторами використовують даний індикатор в поєднанні з іншими для побудови кількох видів машинних алгоритмів для роботи з фондовими індексами на діапазоні 7 років та подальшого порівняння їх результативності, при цьому налаштування використовуються класичні, без вказання причин саме такого відбору [11]. Chun L. та співавтори також використовують експоненційну ковзну як один із індикаторів для побудови нейромережі для прогнозування курсу фондових індексів, при цьому не вказують ні налаштувань індикатора, ні горизонту аналізу та прогнозування [12]. Pramudya R. в своїй статті використовує експоненційну середню двох рівнів для побудови іншого технічного індикатора, який використовується для прогнозування змін курсу локального фондового індексу на діапазоні 2 місяців [13]. Sonkiya P. та співавтори в своїй роботі використовують експоненційну ковзну як базу для розробки одного із торгових алгоритмів для локального фондового ринку, однак також не вказують налаштувань індикатора та його результатів [14]. Cohen N. та співавтори використовують експоненційну ковзну середню як базу для побудови інших технічних індикаторів, і уже на їх основі формують графічні паттерни для S&P500 та деяких акцій, що входять до його складу, на горизонті 7 років. Дані паттерни власне і використовуються для прийняття рішень щодо відкриття чи закриття позицій. При цьому в статті не вказується налаштування індикаторів та їх прикладний результат [15].

Проаналізувавши дослідження, дотичні до нашої тематики, можемо зробити висновок про те, що питання прикладного використання експоненційної ковзної для прогнозування зміни курсу активу та побудови торгової системи на основі її сигналів не розкрито повністю, та

має відповідний простір для подальших досліджень:

- 1) не проаналізовано поведінку стратегій на основі експоненційної ковзної середньої на тривалих часових проміжках (понад 5 років),
- 2) у випадках, коли використовуються авторські варіанти налаштувань індикатора, не розкрито варіанти підбору налаштувань ковзних та критерії такого відбору,
- 3) в інших випадках – індикатор використовується для написання алгоритму глибинного навчання в наборі з іншими інструментами, при цьому не розкриваються фінальні параметри налаштувань та результати, на основі яких автори роблять висновки у своїх дослідженнях.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є виявити залежність між налаштуваннями експоненційної ковзної середньої та результатами виконання торгових операцій, а також порівняти результативність систем, що базуються на простих та експоненційних ковзних.

Виклад основного матеріалу дослідження. *Технічні індикатори.* Під технічним індикатором в даній статті ми розуміємо інструмент, отриманий перетворенням інформації про ціну активу на заданому часовому проміжку з використанням математичних формул. Для розрахунку індикатора беруться ціни відкриття, закриття, максимуму та мінімуму. Аналіз історичних даних з їх використанням дає нам можливість прогнозувати зміни курсу цільового активу (та напрям такої зміни).

За функціональними особливостями технічні індикатори поділяють на індикатори волатильності, випереджаючі та трендові. Ковзна середня (англ. “moving average”, надалі МА) є трендовим індикатором. За рахунок згладжування ціни за вказаний в налаштуваннях період, відбувається фільтрація цінового шуму та визначення напрямку тренду [16].

Розрахунок та налаштування індикатора. Є наступні підходи до усереднення при побудові ковзних

середніх: простий (SMA, simple moving average), експоненційний (EMA, exponential moving average) та лінійно-зважений (LWMA, linear-weighted moving average). В рамках даної роботи ми будемо використовувати EMA.

Експоненційно згладжена середня ковзна розраховується за формулою [1]:

$$EMA_n = EMA_{i-1} + (2/n + 1) * (P_i - EMA_{i-1}), \quad (1)$$

де n – кількість періодів, на яких розраховується EMA, P_i – котирування активу в періоді i (в наших розрахунках це буде саме ціна закриття).

Під періодом середньої розуміють кількість часових інтервалів, на яких її розраховують. В даній статті ми розраховуємо значення ковзної для періодів 2-51 та перевіримо, які з них найкраще задовольняють визначеним критеріям. Модель та тестування буде виконуватись на тижневих графіках на діапазоні 22 роки для активу EUR/USD.

Дані для розрахунків, побудови та тестування системи взято за період 1999 – 2023рр., та розділено у відношенні 80% для побудови системи (1999-2017рр.) та 20% для її перевірки (2018-2023рр.).

Сигнал для виконання операції. В даній роботі розглядаємо такі підходи до генерування сигналів для виконання операції: підхід слідування за ковзною та перетин ковзних.

Критерії порівняння стратегій. Торгова система є ефективною, якщо співвідношення суми результатів всіх прибуткових операцій до суми результатів всіх збиткових (Profit factor) становить понад 75% при загальному позитивному результаті (Total net profit) [17, 18]. Відповідні формули:

1) Profit factor (PF):

$$PF = \frac{Q_{pr.tr.}}{Q_{l.tr.}} \times 100\%, \quad (2)$$

де GP – gross profit (загальний результат), $Q_{pr.tr.}$ – quantity of profitable trades (кількість прибуткових операцій), $Q_{l.tr.}$ – quantity of trades with loss (кількість збиткових операцій);

2) Total net profit (TNP) [2]:

$$TNP = GP - GL, \quad (3)$$

де GP – gross profit (загальний результат), GL – gross loss (загальні втрати).

Кращою буде стратегія, у якій ці два параметра матимуть більше значення відносно інших.

Інформаційно-технічна база. Для розрахунків буде використано історію котирувань із програмного комплексу MetaTrader4, обробку яких буде виконано в MS Office Excel.

Побудова стратегій. Розрахуємо експоненційно зважені ковзні середні на діапазоні 1999-2017рр., використавши періоди розрахунку 2-51 (для того, щоб можна було співставити з результатами, отриманими з використанням простих ковзних середніх) [20]. Також розрахуємо потенційний прибуток, опираючись на стратегію слідування. Результати відображено в таблиці нижче. Для відбору ковзних для подальшої роботи будемо використовувати три часові горизонти: 1-2 місяці (або 4-8 тижнів, короткий горизонт), 5-6 місяців (або 20-24 тижні, середньостроковий горизонт), 9-12 місяців (або 36-48 тижнів, довгостроковий горизонт).

Як бачимо, на короткостроковому горизонті найкращий результат демонструє 4EMA (TNP = 5424 дол. США та PF = 109,27%), на середньостроковому – 19EMA (TNP = 2506 дол. США та PF = 102,13%), на довгостроковому – 51EMA (TNP = 6630 дол. США та PF = 112,08%). В порівнянні з результатами, які були нами розраховані для простих середніх, можемо відмітити, що короткі ковзні демонструють схожі результати (6SMA мала TNP = 5516 дол. США та PF = 104,11%), середньострокові – кардинально різні (20SMA мала TNP = 10805 дол. США та PF = 109,23%, тобто, найбільший абсолютний результат серед інших простих ковзних), довгострокові – експоненційна ковзна демонструє майже на 50% кращий результат на тестовому періоді, ніж проста (39SMA з TNP = 4520 дол. США та PF = 113,62%).

Розрахуємо та порівняємо результати комбінаторних стратегій та стратегій слідування на тестовому періоді з використанням таких індикаторів: 4EMA, 19EMA, 51EMA, 6SMA, 20SMA, 39SMA.

Таблиця 1. Результати торгових стратегій з використанням однієї ковзної середньої

Період ЕМА	TNP	PF			
2	-3458	101,27%	27	1870	103,00%
3	830	104,75%	28	1266	102,56%
4	5424	109,27%	29	2046	103,00%
5	2552	103,43%	30	2448	103,00%
6	1742	102,56%	31	2448	103,00%
7	3122	101,70%	32	1718	102,13%
8	5844	106,54%	33	3060	103,00%
9	5610	105,19%	34	3162	103,87%
10	2350	103,43%	35	3376	104,31%
11	2254	103,87%	36	3130	104,31%
12	1820	102,56%	37	2420	103,87%
13	1604	102,13%	38	3514	105,64%
14	1266	102,13%	39	3070	104,75%
15	1530	103,87%	40	3718	105,19%
16	1228	102,13%	41	4512	105,64%
17	1390	102,13%	42	4930	106,54%
18	888	101,27%	43	5068	106,99%
19	2506	102,13%	44	6000	108,35%
20	1126	102,13%	45	5380	107,89%
21	-2	100,85%	46	5756	109,27%
22	-352	100,00%	47	5486	109,27%
23	-182	101,70%	48	4546	108,81%
24	494	103,00%	49	5820	111,61%
25	-338	101,27%	50	6120	111,61%
26	1124	101,70%	51	6330	112,08%

Пояснення до таблиці: Період ЕМА – період усереднення, використаний при розрахунку ковзної, TNP – total net profit (загальний чистий прибуток), PF – profit factor (профiт фактор).

При використанні комбінацій ковзних під сигналами розглядаємо варіанти, які подані в таблиці нижче.

Отримані результати відобразимо в таблиці 3. Також порівняємо їх із результатами кращої стратегії на основі простих ковзних середніх [19].

Таблиця 2. Комбінації індикаторів та сигнал до виконання операції

Комбінація індикаторів	Сигнал до виконання операції	Комбінація індикаторів	Сигнал до виконання операції
<i>Використання трьох ковзних (узгодження трендів трьох рівнів)</i>		<i>Використання двох ковзних (узгодження трендів двох рівнів):</i>	
4ЕМА>19ЕМА>51ЕМА	Купівля	4ЕМА>19ЕМА	Купівля
4ЕМА<19ЕМА<51ЕМА	Продаж	4ЕМА<19ЕМА	Продаж
4ЕМА<19ЕМА>51ЕМА	Не входить в ринок	4ЕМА>51ЕМА	Купівля
4ЕМА>19ЕМА<51ЕМА	Не входить в ринок	4ЕМА<51ЕМА	Продаж
6SMA>19ЕМА>51ЕМА	Купівля	19ЕМА>51ЕМА	Купівля
6SMA<19ЕМА<51ЕМА	Продаж	19ЕМА<51ЕМА	Продаж
6SMA<19ЕМА>51ЕМА	Не входить в ринок	4ЕМА>39SMA	Купівля
6SMA>19ЕМА<51ЕМА	Не входить в ринок	4ЕМА<39SMA	Продаж
4ЕМА>20SMA>39SMA	Купівля	4ЕМА>20SMA	Купівля
4ЕМА<20SMA<39SMA	Продаж	4ЕМА<20SMA	Продаж
4ЕМА<20SMA>39SMA	Не входить в ринок	6SMA>19ЕМА	Купівля
4ЕМА>20SMA<39SMA	Не входить в ринок	6SMA<19ЕМА	Продаж
4ЕМА>20SMA>51ЕМА	Купівля	6SMA>51ЕМА	Купівля
4ЕМА<20SMA<51ЕМА	Продаж	6SMA<51ЕМА	Продаж
4ЕМА<20SMA>51ЕМА	Не входить в ринок	4ЕМА>51ЕМА	Купівля
4ЕМА>20SMA<51ЕМА	Не входить в ринок	4ЕМА<51ЕМА	Продаж
6SMA>20SMA>51ЕМА	Купівля		
6SMA<20SMA<51ЕМА	Продаж		
6SMA>20SMA>51ЕМА	Не входить в ринок		
6SMA>20SMA<51ЕМА	Не входить в ринок		

Пояснення до таблиці: Комбінація індикаторів – індикатори, значення яких поєднуються для прийняття рішення про здійсненні біржової операції, Сигнал до виконання операції – очікуваний напрям руху фінансового активу.

Таблиця 3. Результати застосування стратегій на тестовому періоді

Стратегія	Q _{Pr.} , шт.	Q _{L.} , шт.	PF, %	G _{Pr.} , дол. США	G _{L.} , дол. США	TNP, дол. США
4EMA+39SMA	456	455	100,22%	61044	-58265	2779
4EMA+20SMA	469	461	101,74%	62834	-59281	3553
19EMA	479	469	102,13%	63242	-60736	2506
6SMA+19EMA+51EMA	228	221	103,17%	26978	-27337	-359
4EMA+19EMA	489	460	106,30%	64981	-59116	5865
6SMA+19EMA	489	455	107,47%	65238	-58343	6895
4EMA+20SMA+39SMA	302	280	107,86%	39870	-37439	2431
4EMA+20SMA+51EMA	294	271	108,49%	37903	-36829	1074
20SMA+51EMA	484	446	108,52%	60355	-61760	-1405
4EMA	495	453	109,27%	64701	-59277	5424
6SMA+51EMA	495	449	110,24%	63744	-59837	3907
4EMA+51EMA	498	451	110,42%	64580	-59517	5063
6SMA+20SMA+39SMA	322	289	111,42%	43223	-38399	4824
6SMA+20SMA+51EMA	297	266	111,65%	38641	-36827	1814
51EMA	501	447	112,08%	65154	-58824	6330
4EMA+19EMA+51EMA	384	337	113,95%	49927	-45294	4633
19EMA+51EMA	506	443	114,22%	63630	-60467	3163

Пояснення до таблиці: Стратегія – комбінація індикаторів, яка використовується для прийняття рішення про виконання біржової операції, Q_{Pr.} – кількість прибуткових операцій, Q_{L.} – кількість збиткових операцій, PF – profit factor GP – gross profit (загальний прибуток), GL – gross loss (загальні втрати), TNP – total net profit.

На даному етапі аналізу можемо відмітити, що:

- 1) значення PF зростає по мірі включення в модель середньо- та довгострокових ковзних;
- 2) вище значення PF не завжди поєднується з позитивним TNP;
- 3) використання в комбінаціях простої та експоненційної середньої близьких

періодів може давати кардинально різні результати.

Для тих стратегій, які генерують позитивний результат, візуалізуємо графічно розподіл цих результатів у часі на тестовому періоді.

Графічне відображення результатів застосування стратегій на тестовому періоді представлено на рис. 1-14.

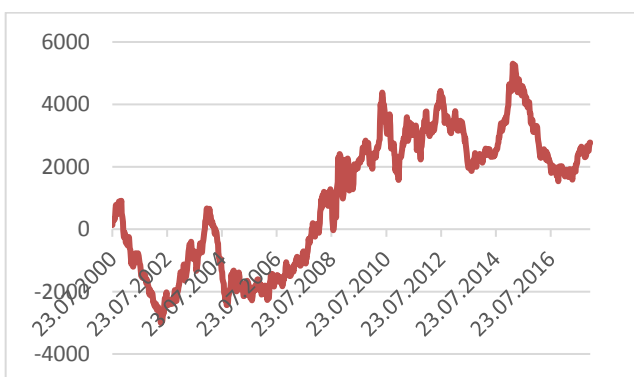


Рис. 1. Кумулятивний результат з використанням 4EMA та 39SMA, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

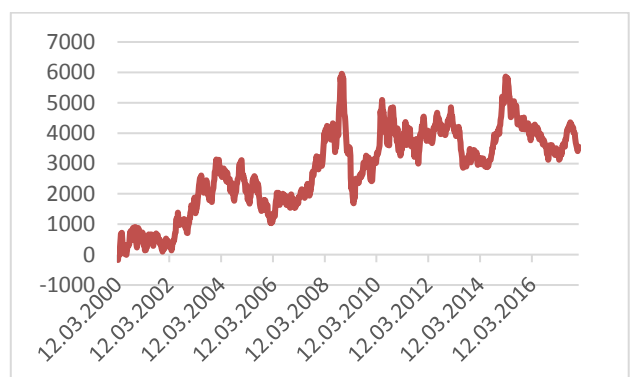


Рис. 2. Кумулятивний результат з використанням 4EMA та 20SMA, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

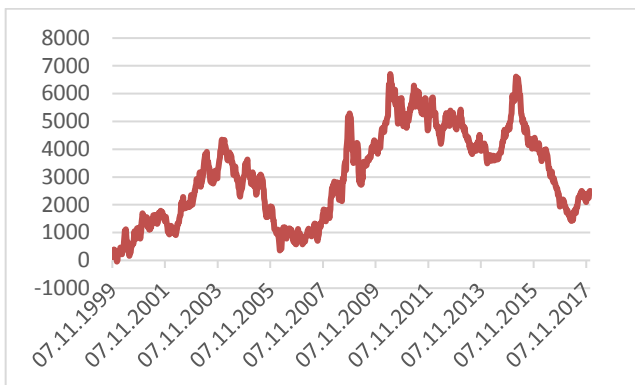


Рис. 3. Кумулятивний результат з використанням 19ЕМА, дол. США
Джерело: на основі даних, розрахованих автором

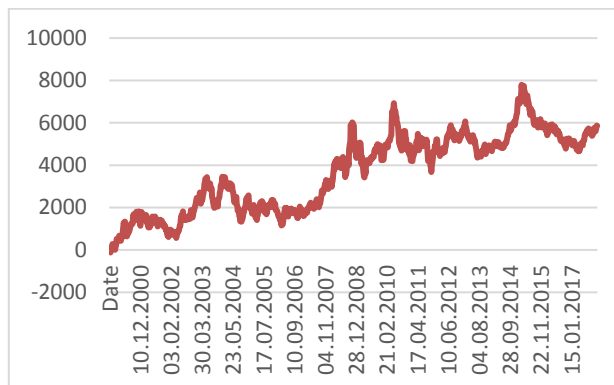


Рис. 4. Кумулятивний результат з використанням 4ЕМА та 19ЕМА, дол. США
Джерело: на основі даних, розрахованих автором

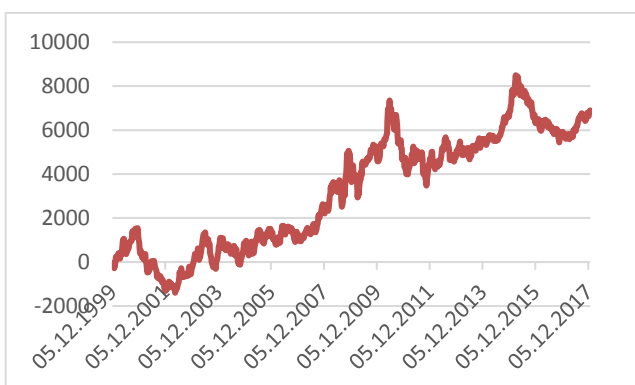


Рис. 5. Кумулятивний результат з використанням 6SMA та 19ЕМА, дол. США
Джерело: на основі даних, розрахованих автором



Рис. 6. Кумулятивний результат з використанням 4ЕМА, 20SMA та 39SMA, дол. США
Джерело: на основі даних, розрахованих автором

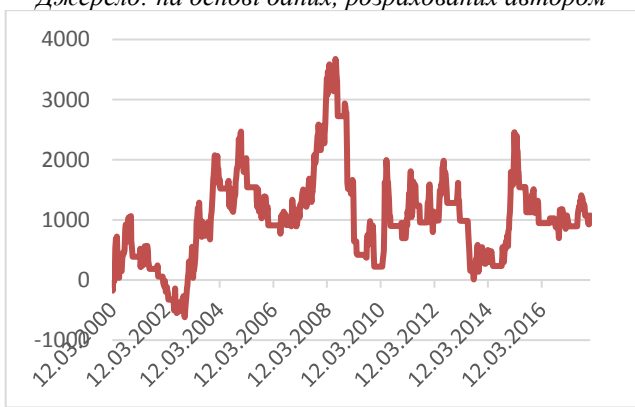


Рис. 7. Кумулятивний результат з використанням 4ЕМА, 20SMA та 51ЕМА, дол. США
Джерело: на основі даних, розрахованих автором

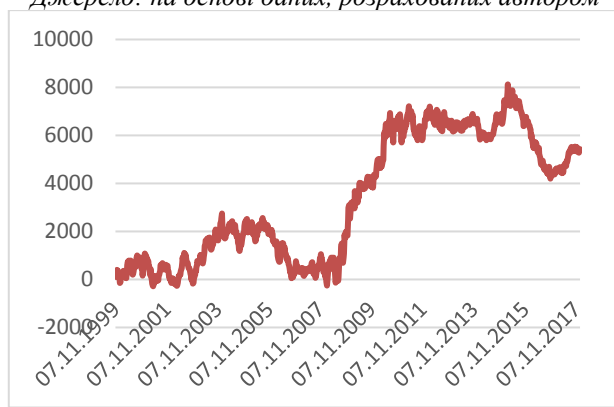


Рис. 8. Кумулятивний результат з використанням 4ЕМА, дол. США
Джерело: на основі даних, розрахованих автором



Рис. 9. Кумулятивний результат з використанням 6SMA та 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

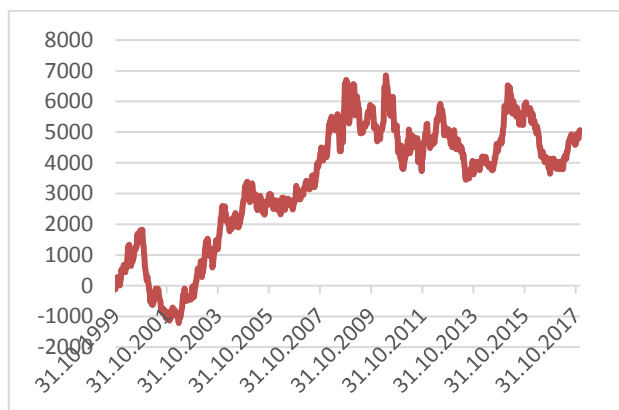


Рис. 10. Кумулятивний результат з використанням 4ЕМА та 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором



Рис. 11. Кумулятивний результат з використанням 6SMA, 20SMA та 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором



Рис. 12. Кумулятивний результат з використанням 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором



Рис. 13. Кумулятивний результат з використанням 4ЕМА, 19ЕМА та 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

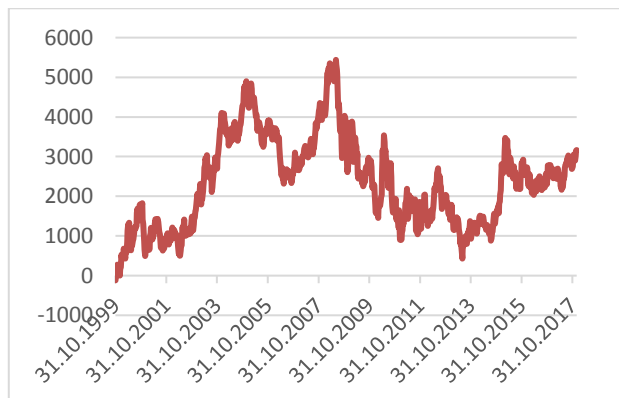


Рис. 14. Кумулятивний результат з використанням 19ЕМА та 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

Опишемо по порядку кожен з графіків (порядковий номер пункту відповідає номеру рисунку в таблиці вище).

1. Як бачимо з графіка (див. рис. 1), стратегія, що опирається на 4ЕМА та 39SMA, допускає значну втрату інвестованого капіталу (2001-2005рр.)

Приріст прибутку спостерігаємо протягом періоду 2005-2015рр., за яким слідує втрата понад 50% всього отриманого результату.

2. Як бачимо з рис. 2, має місце поступове зростання накопиченого прибутку, при цьому є періоди, коли система допускає суттєву його втрату

(23.11.2008р. – 26.04.2009р., 05.04.2015р. – 09.04.2017р. для прикладу), при чому явно простежується циклічність в 4 роки з поступовим зростанням мінімумів. Відмітимо, що з використанням даної системи не спостерігається втрати інвестованого капіталу.

3. Графік 3 демонструє, що попри позитивний загальний результат на тестовому періоді, використання стратегії слідування за 19ЕМА не забезпечує стабільного приросту до інвестованого капіталу, результат дублює графік валютної пари EUR/USD із середньостроковим згладжуванням.

4. Фільтрація сигналів 19ЕМА сигналами 4ЕМА (див. рис. 4) дозволяє згладити висхідний тренд з накопичення прибутку та забезпечує вищий загальний результат, ніж використання однієї 19ЕМА. Стратегія не допускає втрати інвестованих коштів. Крім цього, як і в системі 2, простежується циклічність із кроком в 2,5-3 роки з поступовим підвищенням мінімумів.

5. Фільтрація сигналів 19ЕМА сигналами 6SMA (див. рис. 5) дає дещо відмінний ефект, ніж згладжування сигналами 4ЕМА. Стратегія допускає втрату 1396 дол. США інвестованого капіталу (мінімум 21.04.2022р.), однак далі спостерігаємо трендове, з певними корекціями, зростання накопиченого результату з поступовим зростанням мінімумів.

6. При використанні комбінації 4ЕМА, 20SMA та 39SMA (див. рис. 6) допускається втрата інвестованого капіталу (24.11.2002р., -1021 дол. США). Після даного мінімуму спостерігаємо трендове циклічне (з циклом в 4 роки) накопичення прибутку з досить різкими корекціями, при цьому мінімуми зростають.

7. Як видно з графіка 7, заміна в комбінації індикаторів довгострокової 39SMA на 51ЕМА значно погіршує ефективність системи: не одноразово допускається втрата всього отриманого результату.

8. Використання короткострокової експоненційної ковзної за весь тестовий

період дає позитивний результат, однак при цьому допускається неодноразова втрата всього отриманого прибутку. Загалом графік (див. рис. 8) зміни накопиченого результату дублює графік EUR/USD.

9. Як бачимо, узгодження сигналів короткої 4ЕМА сигналами довгої 51ЕМА дозволяє зменшити кількість втрат всього отриманого прибутку (див. графік 9). Дана стратегія генерувала прибуток протягом 2000-2010рр., з 2010р. по 2011р. мала місце просадка, а з 2012р. іде зростання прибутку з корекціями.

10. Стратегія, що базується на поєднанні 4ЕМА та 51ЕМА (див. рис. 10), стабільно генерувала прибуток в період з 2002р. по 2010р., з 2010р. по 2013р. мала місце просадка, з 2013р. спостерігаємо боковий рух (невеликий приріст прибутку із значною корекцією).

11. Підхід з використанням 6SMA, 20SMA та 51ЕМА (див. рис. 11) з 24.11.2002р. загалом має тенденцію до поступового приросту накопиченого результату, з періодичними корекціями. За рахунок наявності періодів, коли діє сигнал «Не входить в ринок», графік має певні плато без зміни результату.

12. Стратегія слідування за 51ЕМА (див. рис. 12) демонструє певну схожість із графіком №10: період накопичення прибутку з 2002р. по 2010р. змінюється втратою частини цього прибутку з 2011р. по 2013р. та подальшим боковим рухом.

13. Система, що опирається на індикатори трьох періодів 4ЕМА, 19ЕМА та 51ЕМА (див. рис. 13), загалом демонструє тенденцію до поступового накопичення прибутку з певними корекціями, при цьому на жодному часовому проміжку не допускається втрата інвестованого капіталу.

14. Як бачимо, дана стратегія, попри найвищий PF та попри те, що в загальному не допускається втрата інвестованого капіталу, демонструє значну дисперсію результату. Динаміка змін результату (див. рис. 14) схожа зі стратегією 7: накопичення прибутку маємо протягом 2000-2008рр., з 2008р. по 2013р. маємо втрату майже

всього результату, з 2013р. і далі – іде період накопичення з певними корекціями.

Відберемо стратегії з PF понад 110% та перевіримо результат їх застосування на

діапазоні 01.01.2018р. – 01.01.2023р. Також порівняємо їх із результатами кращої стратегії на основі простих ковзних середніх (6SMA+20SMA+39SMA).

Таблиця 4. Результати застосування стратегій на періоді перевірки

Стратегія	Q _{Pr.} , шт.	Q _{L.} , шт.	PF, %	G _{Pr.} , дол. США	G _{L.} , дол. США	TNP, дол. США
6SMA+51EMA	148	128	115,63%	12715	-11022	1693
4EMA+51EMA	149	127	117,32%	12744	-10993	1751
6SMA+20SMA+39SMA	123	104	118,27%	10829	-9455	1374
6SMA+20SMA+51EMA	104	92	113,04%	9286	-8497	789
51EMA	145	132	109,85%	12209	-11695	514
4EMA+19EMA+51EMA	109	96	113,54%	9373	-8716	657
19EMA+51EMA	139	137	101,46%	11985	-11753	232

Пояснення до таблиці: Q_{Pr.} – кількість прибуткових операцій, Q_{L.} – кількість збиткових операцій, PF – profit factor GP – gross profit (загальний прибуток), GL – gross loss (загальні втрати), TNP – total net profit.

На даному етапі аналізу відмітимо, що поєднання коротко- та довгострокових ковзних демонструє кращі результати, ніж використання повної комбінації ковзних трьох періодів. Тепер проглянемо, як

розподілено в часі результати, які генерують дані стратегії.

Графічне відображення результатів перевірки застосування стратегій представлено на рис. 15-20.

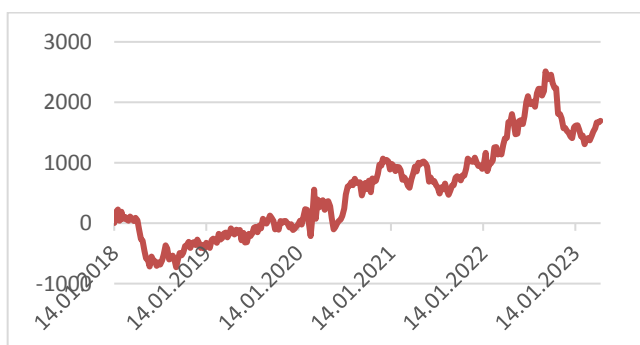


Рис. 15. Кумулятивний результат з використанням 6SMA та 51EMA, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

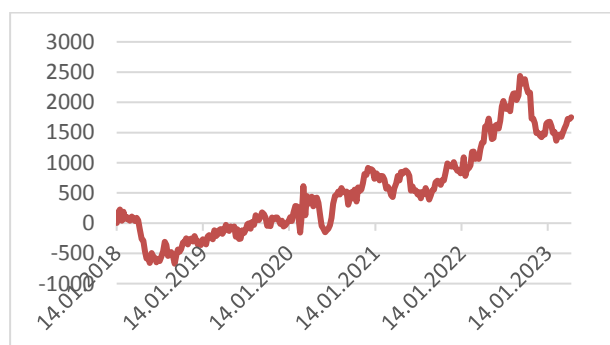


Рис. 16. Кумулятивний результат з використанням 4EMA та 51EMA, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

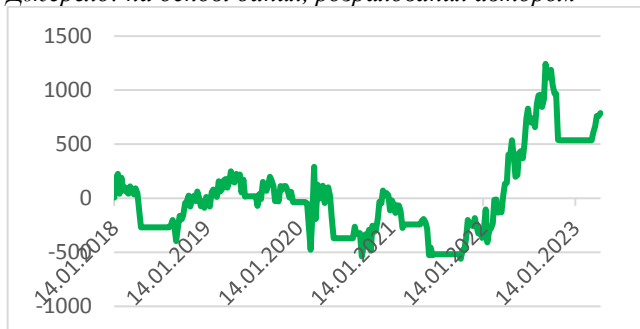


Рис. 17. Кумулятивний результат з використанням 6SMA, 20SMA та 51EMA, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

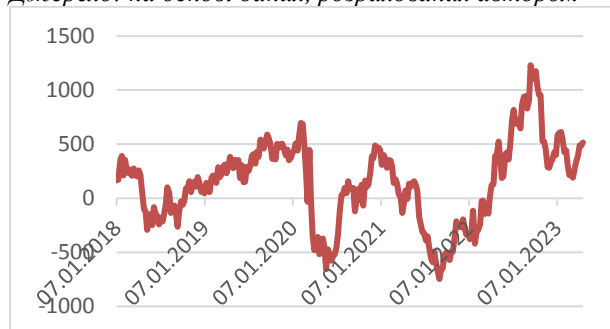


Рис. 18. Кумулятивний результат з використанням 51EMA, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

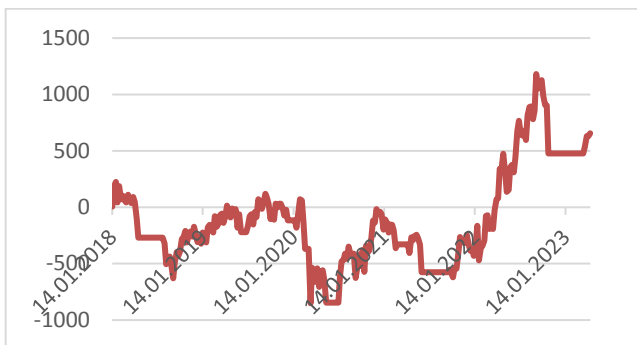


Рис. 19. Кумулятивний результат з використанням 4ЕМА, 19ЕМА та 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

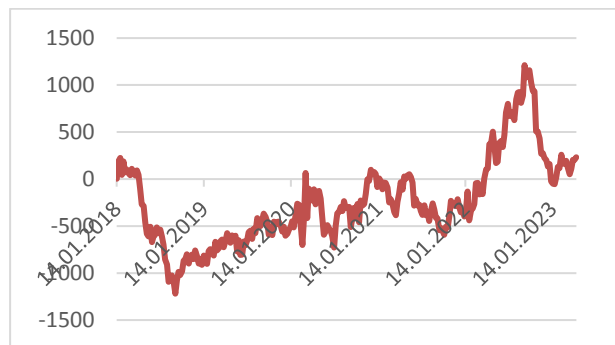


Рис. 20. Кумулятивний результат з використанням 19ЕМА та 51ЕМА, дол. США

Джерело: на основі даних, розрахованих автором

1. Як бачимо, стратегія (див. рис. 15) допускає втрату інвестованого капіталу - 729 дол. США в перший рік застосування, однак потім демонструє стабільну ефективність: накопичений прибуток зростає протягом 4 років (09.2018р. – 10.2022р.). З 10.2022р. по 02.2023р. має місце значна корекція (майже 50%), з 02.2023р. стратегія генерує прибуток.

2. Система, що базується на використанні 4ЕМА та 51ЕМА (див. рис. 16), як бачимо, поводить себе ідентично стратегії 15 (за виключенням фактичних значень в піках та просадках).

3. Стратегія, що полягає в фільтрації сигналів 6 простої ковзної середньої сигналами 20 простої та 51 експоненційної ковзних (див. рис. 17), попри загальний позитивний результат, допускає втрату інвестованого капіталу на значному проміжку часу (з мінімумом в -560 дол. США 17.10.2021р.) Далі іде період стрімкого приросту прибутку з 17.10.2021р. по 09.10.2022р., який змінюється на корекцію в 50% за 1 місяць. Якщо порівняти результати даної стратегії з результатами 6SMA+20SMA+39SMA (краща стратегія, що побудована на простих ковзних трьох часових горизонтів), то відмітимо, що загалом графік розподілу результату схожий, при цьому остання стратегія допускає меншу просадку. Це зумовлено коротшим періодом довгострокової ковзної, за рахунок чого система раніше дає сигнал на вихід з позиції.

4. Як бачимо, попри загальний позитивний результат, стратегія, що базується на слідуванні за довгоперіодною ковзною (див. рис. 18), не забезпечує стабільного приросту результату. Це, зрозуміло, пояснюється тим, що в даний період часу на ринку EUR/USD не було сталого довгострокового тренду. Відповідно, робимо висновок про те, що торгова стратегія, яка базується на використанні ковзних середніх, має включати як мінімум 2 індикатори для узгодження трендів різних періодів.

5. Система, що опирається на експоненційні ковзні трьох горизонтів (див. рис. №19), не генерує прибуток стабільно, допускає втрату інвестованого капіталу до -844 дол. США (12.07.2020р.) Загалом поведінка схожа на стратегію 17.

6. Стратегія фільтрації сигналів довгострокової ковзної сигналами середньострокової (див. рис. 20), як бачимо, допускає значну втрату інвестованого капіталу на початку періоду (-1219 дол. США 16.09.2018р.) Після цього слідує період накопичення прибутку з певними корекціями (пік 1157 дол. США 09.10.2022р.) Робимо висновок про те, що відсутність в системі короткої ковзної не дозволяє швидко реагувати на раптові ринкові зміни, що і є причиною значних втрат (15.04.2018р. – 19.09.2018р., 02.10.2022р. – 22.01.2023р.)

За результатами перевірки роботи відібраних стратегій на діапазоні 01.01.2018р. – 01.05.2023р. можемо зробити

висновок про те, що для використання є доцільними комбінації короткої та довгої ковзних: 6SMA+51EMA (PF = 115,63%), 4EMA+51EMA (PF = 117,32%). Крім цього, можемо також попередньо констатувати, що ці комбінації є ефективнішими за стратегію 6SMA+20SMA+39SMA (PF = 118,27%).

Додатково розрахуємо показники описової статистики для того, щоб порівняти результати даних стратегій, та перевірити, чи можемо ми на їх основі зробити додаткові висновки щодо ефективності підходів [20].

Розраховані значення зазначених параметрів для відібраних стратегій подамо у таблиці 6.

Таблиця 5. Параметри дискриптивної статистики

Параметр	Формула	Пояснення
Середнє арифметичне	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{n} \quad (4)$	x_i – значення елемента сукупності, n – кількість елементів сукупності
Середнє квадратичне відхилення	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (5)$	x – значення елемента сукупності, \bar{x} – середнє арифметичне
Асиметрія	$As = \frac{\mu_3}{\sigma^3} \quad (6)$ $\mu_k = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^k}{n} \quad (7)$	μ – центральний момент розподілу порядку k , x_i – значення елемента сукупності, \bar{x} – середнє арифметичне, σ – середнє квадратичне відхилення
Ексцес	$E_x = \frac{\mu^4}{\sigma^4} - 3 \quad (8)$	μ – центральний момент розподілу, σ – середнє квадратичне відхилення
Мінімум (Min)	-	Мінімальне значення ознаки, що зустрічається в сукупності
Максимум (Max)	-	Максимальне значення ознаки, що зустрічається в сукупності
Мода (Mo)	-	Значення ознаки, що найчастіше зустрічається в сукупності
Медіана (Me)	$n_{Me} = \frac{N+1}{2} \quad (9)$	N – кількість елементів у сукупності
Кількість подій	-	Обсяг сукупності, N

Таблиця 6. Розраховані значення дискриптивної статистики для стратегій

Стратегія	\bar{x}	σ	As	E_x	Min	Max	Mo	Me
6SMA+20SMA+39SMA	6	119	-0,1293	2,3151	-482	479	-41	9
6SMA+20SMA+51EMA	4	122	-0,1097	2,3639	-482	479	-41	5
4EMA+19EMA+51EMA	3	116	-0,4504	1,8348	-482	324	-41	7
6SMA+51EMA	6	114	-0,1088	2,3499	-482	479	-41	7
4EMA+51EMA	6	114	-0,1143	2,3529	-482	479	-41	8
51EMA	2	114	-0,2402	2,2830	-482	479	-41	5
19EMA+51EMA	1	114	-0,0434	2,3143	-482	479	-41	1

Пояснення до таблиці: \bar{x} – середнє арифметичне, σ – середнє квадратичне відхилення, As – асиметрія, E_x – ексцес, Min – мінімальне значення, Max – максимальне значення, Mo – мода, Me – Медіана, Q – кількість подій у вибірці.

Відмітимо одразу, що значення часових рядів, які ми аналізуємо (дані по тижневим котируванням), часто є залежними як між собою (рухи в кілька

фігур викликають корекцію), так і певних зовнішніх подій (рішення щодо відсоткових ставок, даних по макроекономічним показникам Єврозони,

США і так далі), тому застосовувати безпосередньо стандартні інтерпретації до розрахованих показників в даному випадку не є коректним. При цьому розраховані параметри дають нам можливість зробити певні висновки щодо порівняння самих стратегій:

1) найвищі середні значення мають стратегії, які були відібрані нами в рамках даної роботи на основі PF, TNP (розраховані на основі експоненційних ковзних середніх);

2) аналогічно для середнього квадратичного відхилення – найменше значення мають стратегії, обрані в рамках даної роботи на основі PF, TNP (чим менше значення показника, тим надійніше значення середньої);

3) очікувано, що розподіл значень є асиметричним (події є залежними та не випадковими). Оскільки негативне значення коефіцієнта асиметрії вказує на те, що більша частина подій є меншою за середнє (на графіку розподілу будуть розміщені ліворуч від середнього), то можемо сказати, що у нашому випадку краща стратегія матиме найвищий показник асиметрії при найвищому середньому. Як бачимо, відібрані нами комбінації 6SMA+51EMA, 4EMA+51EMA мають саме такі характеристики;

4) чим вище значення ексцесу, тим щільніше розміщені події відносно середнього значення. В нашому випадку найвище значення ексцесу має стратегія, яка не пройшла за іншими критеріями відбору, а другий та третій результат (з невеликою різницею в 0,003) мають системи, які були відібрані в рамках даної роботи;

5) показники Min, Max, Mo є однаковими (з одним виключенням), що вказує на те, що дані налаштування індикаторів та метод їх побудови не дозволяє уникнути різких контртрендових рухів, і в той же час дозволяє коректно зайти в позицію за сильним трендом;

6) медіанне значення є найвищим у стратегії 6SMA+20SMA+39SMA, другий результат демонструє стратегія

4EMA+51EMA, яку ми відібрали в рамках даної роботи;

7) виходячи із показників описової статистики, можемо зробити висновок про те, що оптимальною для використання є стратегія 4EMA+51EMA.

Висновки. На основі даного дослідження ми можемо зробити такі висновки:

1) торгова стратегія для валютної пари EUR/USD на тижневому часовому діапазоні, що базується на використанні комбінації експоненційних ковзних періодів 4 та 51, забезпечує найкращий результат, у порівнянні з іншими комбінаціями експоненційних ковзних;

2) крім 4EMA+51EMA, можна розглядати стратегію, яка побудована на поєднанні простої та експоненційної ковзної, а саме 6SMA+51EMA. Дана комбінація демонструє схожі результати;

3) включення в торгівлю стратегію експоненційних ковзних забезпечує кращі результати, ніж використання лише простих ковзних;

4) для побудови системи з використанням експоненційних ковзних на тижневому таймфреймі для активу EUR/USD доцільно використовувати коротко- та довгострокові ковзні середні, без включення середньострокових;

5) для відбору оптимальної комбінації можна використовувати коефіцієнти описової статистики (середнього, середнього квадратичного відхилення, ексцесу, асиметрії та медіани), опираючись на порівняння їх значень, порохованих для кожної стратегії;

6) дані коефіцієнти на тижневому таймфреймі для валютної пари EUR/USD загалом підтверджують вибір стратегії, зроблений на основі PF, TNP та графічного аналізу, однак це питання потребує детальнішого вивчення (в порівнянні з іншими технічними інструментами, активами та часовими діапазонами);

7) прості та експоненційні ковзні на даному таймфреймі допускають однакові помилки в прогнозуванні в певних моментах (в різних комбінацій однаково мінімальне значення), відповідно, варто

додатково розглянути інші варіанти налаштування ковзних (для прикладу, з ваговим згладжуванням) або інший тип індикатора;

8) розподіл результатів в часі демонструє, що робота з активом EUR/USD (що на ринку FX, що на фондовій біржі з використанням ф'ючерсів) може

призводити до певних втрат як накопиченого результату, так і капіталу, а тому, для зведення такого ризику до прийняттого рівня, торгова система роздрібного трейдера вимагає додаткової оптимізації з точки зору управління ризиками, позиціями та капіталом.

Література:

1. Пилипченко, О., Кузьмінський, В., & Чумаченко, О. (2021). Використання методів технічного аналізу для прогнозування ринку криптовалют. Вчені записки Університету «КРОК», 4(64), 28–35. URL: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2021-64-28-35> (Дата звернення: 01.05.2023)
2. Бакай Є. І. Модель прийняття рішень для фінансових часових рядів на основі пари середніх з використанням оцінки різних часових вимірів / Є. І. Бакай, В. В. Кабачий, Р. В. Маслій // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2017. - № 1. - С. 70-77. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi_2017_1_13. (Дата звернення: 04.05.2023)
3. ДЯЧЕНКО, Ю. А. Розвиток методів прогнозування динаміки біржових цін на сільськогосподарські товари. 2018. URL: <http://surl.li/gbous> (Дата звернення: 03.03.2023)
4. KHAND, Salma, et al. The Performance of Exponential Moving Average, Moving Average Convergence-Divergence, Relative Strength Index and Momentum Trading Rules in the Pakistan Stock Market. *Indian Journal of Science and Technology*, 2019, 12: 26. URL: <http://surl.li/irnvk> (Дата звернення: 03.05.2023)
5. RESTA, Marina; PAGNOTTONI, Paolo; DE GIULI, Maria Elena. Technical analysis on the bitcoin market: trading opportunities or investors' pitfall?. *Risks*, 2020, 8.2: 44. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/8f8f/96b4089c651f92053a57b49d2cfb430fbe9e.pdf> (Дата звернення: 03.05.2023)
6. COCCO, Luisanna; TONELLI, Roberto; MARCHESI, Michele. An agent-based artificial market model for studying the bitcoin trading. *IEEE Access*, 2019, 7: 42908-42920. URL: <http://surl.li/irmvz> (Дата звернення: 03.05.2023)
7. ZAKAMULIN, Valeriy; GINER, Javier. Trend following with momentum versus moving averages: A tale of differences. *Quantitative Finance*, 2020, 20.6: 985-1007. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14697688.2020.1716057> (Дата звернення: 04.05.2023)
8. PASPANTHONG, Art; TANTIVASADAKARN, Nick; VITHAYAPALERT, Will. Machine learning in intraday stock trading. *Computer Science Department, Stanford University*, 2019. URL: <https://cs229.stanford.edu/proj2019spr/report/28.pdf> (Дата звернення: 04.05.2023)
9. HUSHANI, Phillip. Using Autoregressive Modelling and Machine Learning for Stock Market

Prediction and Trading. URL: <http://surl.li/irnwmm> (Дата звернення: 04.05.2023)

10. ALONSO-MONSALVE, Saúl, et al. Convolution on neural networks for high-frequency trend prediction of cryptocurrency exchange rates using technical indicators. *Expert Systems with Applications*, 2020, 113250. URL: <https://drive.google.com/file/d/199OnPesR4lUrVDgKiY0714iIbJuK8Huf/view> (Дата звернення: 04.05.2023)

11. HOSEINZADE, Ehsan; HARATIZADEH, Saman. CNNpred: CNN-based stock market prediction using a diverse set of variables. *Expert Systems with Applications*, 2019, 129: 273-285. URL: <http://surl.li/irnxi> (Дата звернення: 04.05.2023)

12. LAI, Chun Yuan; CHEN, Rung-Ching; CARAKA, Rezyy Eko. Prediction stock price based on different index factors using LSTM. In: *2019 International conference on machine learning and cybernetics (ICMLC)*. IEEE, 2019. p. 1-6. URL: <http://surl.li/irnxm> (Дата звернення: 05.05.2023)

13. PRAMUDYA, Rommy. Technical analysis to determine buying and selling signal in stock trade. *International Journal of Finance & Banking Studies (2147-4486)*, 2020, 9.1: 58-67. URL: <https://www.ssbfnct.com/ojs/index.php/ijfbs/article/view/666/539> (Дата звернення: 05.05.2023)

14. SONKIYA, Priyank; BAJPAI, Vikas; BANSAL, Anukriti. Stock price prediction using BERT and GAN. *arXiv preprint arXiv:2107.09055*, 2021. URL: <http://surl.li/irnxv> (Дата звернення: 06.05.2023)

15. Moving averages: simple and exponential. ChartSchool. [Електронний ресурс] URL: https://school.stockcharts.com/doku.php?id=technical_indicators:moving_averages (Дата звернення: 07.05.2023)

16. HUANG, Zhe; MARTIN, Franck. Pairs trading strategies in a cointegration framework: back-tested on CFD and optimized by profit factor. *Applied Economics*, 2019, 51.22: 2436-2452. URL: <http://surl.li/gboww> (Дата звернення: 07.05.2023)

17. QuantifiedStrategies. Trading System And Strategy Performance Metrics [Електронний ресурс]. URL: <https://www.quantifiedstrategies.com/trading-strategy-and-system-performance-metrics/> (Дата звернення: 07.05.2023)

18. ATAS. Core mathematics for Forex traders. Part 2. URL: <https://atas.net/trading-preparation/funds-management/core-mathematics-for-forex-traders-part-2/> (Дата звернення: 07.05.2023)

19. Савченко, В. (2023). Прогнозування напряму змін курсу фінансового інструменту з

використанням простих ковзних середніх. *Вчені записки Університету «КРОК»*, (1(69), 38–51. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2022-69-38-51> (Дата звернення: 09.05.2023)
20. О. В. Раєвська, І. В. Аксьонова, О. І. Бровко.
Статистика: навч. посіб. / за заг. ред. О. В. Раєвської.

Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 389 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/24523/1/2019%20-%20Раєвська%20О%20В.pdf> (Дата звернення: 20.05.2023)