

УДК 004.942

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПАТТЕРНОВ ЯПОНСКИХ СВЕЧЕЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ВАЛЮТНЫХ РЫНКОВ

Пятикоп Елена Евгеньевна, доцент кафедры компьютерных наук, к.т.н., доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, e-mail: pee_pstu@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7731-3051>

Жилкин Максим Сергеевич, студент кафедры компьютерных наук, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, e-mail: nonick161616@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8850-4921>

Olena Piatykor, Ph.D, Associate Professor, Department of Computer Science, State Higher Educational Institution «Priazovskyi State Technical University»

Maksim Zhyhkin, student of Computer Science Department, State Higher Educational Institution «Priazovskyi State Technical University»

O.Piatykor, M. Zhyhkin, Formalization of japanese candlestick patterns taking into account features of foreign exchange markets

The relevance of foreign exchange markets is due to their high liquidity. Globalization and development of information technologies led to increase in foreign exchange market's turnover. Modern computing facilities allow us to solve any problems associated with the analysis of large data volumes. That's why the major part of speculative investors focuses on technical aspect while building their trading strategy. Technical analysis is a trading discipline employed to evaluate securities and identify trading opportunities by analyzing statistics gathered from trading activity, such as price movement and volume. An important part of technical analysis are Japanese candlestick patterns. Japanese candlestick patterns are a technical tool that pack data for multiple time frames into single price bars. This makes them more useful than traditional open-high, low-close bars or simple lines that connect the dots of closing prices. Candlesticks build patterns that predict price direction once completed. They are conditionally divided into reversal and continuation patterns. The article presents the investigation of methods of technical analysis of financial markets. In the article the main reversal Japanese candlestick patterns are considered. These patterns are formalized and realized using the trading platform cTrader using the object-oriented programming language C#.

Пятикоп Е. Е., Жилкин М. С. Формализация паттернов японских свечей с учетом особенностей валютных рынков

Работа посвящена исследованию методов технического анализа финансовых рынков. Глобализация и развитие информационных технологий привели к увеличению оборота валютного рынка. Современные вычислительные средства позволяют решать любые проблемы, связанные с анализом больших объемов данных. Поэтому актуален технический аспект при построении торговой стратегии. Технический анализ - это торговая дисциплина, используемая для оценки ценных бумаг и определения торговых возможностей путем анализа статистических данных, полученных от торговой деятельности, таких как движение цены и объема. Важной частью технического анализа являются паттерны японских свечей. Паттерны японских свечей - это технический инструмент, который собирает данные за несколько временных рамок в отдельные ценовые бары. В статье рассмотрены основные паттерны японских свечей, относящиеся к моделям разворота тенденции. Выполнена формализация рассмотренных паттернов - предложены формульные выражения для дальнейшей автоматизации процесса поиска паттернов. Реализованы полученные модели в виде индикатора для торговой платформы cTrader с использованием объектно-ориентированного языка программирования C #. Показаны результаты исследований работы разработанного индикатора. В статье рассмотрены основные паттерны японских свечей, относящиеся к моделям разворота тенденции, выполнена формализация рассмотренных паттернов, а также реализация полученных моделей в виде индикатора для торговой платформы cTrader. Показаны результаты работы разработанного индикатора.

П'ятикоп О. Є., Жилкін М. С. Формалізація патернів японських свічок з урахуванням особливостей валютних ринків

Робота присвячена дослідженню методів технічного аналізу фінансових ринків. Глобалізація і розвиток інформаційних технологій привели до збільшення обороту валютного ринку. Сучасні обчислювальні засоби дозволяють вирішувати будь-які проблеми, пов'язані з аналізом великих обсягів даних. Тому актуальним є технічний аспект при побудові торгової стратегії. Технічний аналіз - це торгова дисципліна, яка використовується для оцінки цінних паперів і визначення торгових можливостей шляхом

аналізу статистичних даних, отриманих від торговельної діяльності, таких як рух ціни і обсягу. Важливою частиною технічного аналізу є патерни японських свічок. Патерни японських свічок - це технічний інструмент, який збирає дані за кількома тимчасовими рамками в окремі цінові бари. У статті розглянуті основні патерни японських свічок, які стосуються моделей розвороту тенденції. Наведено формалізацію розглянутих паттернів - запропоновані формульні вирази для подальшої автоматизації процесу пошуку паттернів. Реалізовано отримані моделі у вигляді індикатора для торгової платформи cTrader з використанням об'єктно-орієнтованої мови програмування C#. Представлено результати досліджень роботи розробленого індикатора.

Постановка проблеми. Актуальність валютних ринків обусловлена их высокой ликвидностью. Процессы глобализации и развития информационных технологий привели к увеличению оборотов на международных валютных рынках.

Важной составляющей любой успешной инвестиционной стратегии на сегодняшний день является технический анализ [1].

Современные вычислительные средства позволяют в кратчайшие сроки решать задачи, связанные с анализом больших объемов данных. Именно поэтому большинство спекулятивных инвесторов делают упор на технический аспект при построении торговых стратегий.

Технический анализ – это исследования динамики рынка, чаще всего посредством графиков, с целью прогнозирования будущего направления движения цен [2].

Одним из фундаментальных инструментов технического анализа является метод японских свечей. Японские свечи – вид интервального графика и технический индикатор, применяемый главным образом для отображения изменений биржевых котировок акций, цен на сырьё и т. д.

Для построения графиков японских свечей используются четыре показателя: цена открытия, цена закрытия, максимальная и минимальная цены за период [3].

Пример построения графика японских свечей показан на рисунке 1. В примере отображен дневной график валютной пары EUR/USD за период 22.07.2018 – 27.08.2018.

Для прогнозирования цен методом японских свечей используются паттерны, предложенные S. Nison [4]. Все паттерны условно разделяются на две группы – паттерны разворота тенденции и паттерны продолжения тенденции.

В рамках данной работы рассмотрены паттерны разворота тенденции.



Рис. 1. Пример построения графика японских свечей

Целью работы является формализация паттернов японских свечей, описанных в работе S. Nison [4], с учетом особенностей функционирования валютных рынков, а также реализация полученных моделей при помощи современного алгоритмического решения для торговли cTrader Automate от компании Spotware.

Проблема использования паттернов японских свечей для прогнозирования цен на валютных рынках заключается в фундаментальном отличии поведения валютных рынков от поведения классических фондовых рынков. Это отличие обусловлено следующими особенностями валютных рынков:

- операции осуществляются непрерывно в течение суток;
- нестабильность курсов валютных рынков;
- наличие большого количества спекулятивных операций.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить литературу, связанную с техническим анализом финансовых рынков;
- проанализировать особенности применения технического анализа на валютных рынках;
- формализовать паттерны японских свечей для их дальнейшего применения на валютных рынках.

Анализ последних исследований и публикаций. В ходе работы были проанализированы последние исследования и публикации в области технического анализа.

В работе [5] автор выполняет анализ эффективности применения паттернов японских свечей применительно к вьетнамскому фондовому рынку. В работе рассмотрены паттерны разворота тенденции, проанализирована эффективность их применения на примере 9-ти компаний, входящих в состав индекса HOSE (Ho Chi Minh City Stock Exchange).

В работе [6] автор проводит сравнительный анализ эффективности паттернов разворота тенденции и продолжения тенденции применительно к фондовому рынку Малайзии.

В результате анализа была выявлена тенденция исследования методов технического анализа применительно к узким областям. Было принято решение исследовать метод японских свечей применительно к валютным рынкам, так как объем сделок на валютном рынке непрерывно растет на протяжении последних нескольких десятков лет, что делает его привлекательным для инвесторов.

Результаты работы. Некоторые паттерны, описанные S. Nison [4], основаны на разрыве между ценой закрытия предыдущего временного периода и ценой открытия текущего временного периода. Это объясняется тем, что сделки на фондовых рынках осуществляются через фондовые биржи. Валютный рынок, в свою очередь, не имеет централизованных мест проведения торгов и работает непрерывно. Следовательно, образование разрыва между ценами на валютном рынке маловероятно, поэтому такие паттерны не могут быть использованы применительно к валютному рынку.

Для идентификации текущего тренда в работе используется гистограмма Moving Average Convergence/Divergence (MACD), предложенная G. Appel [7].

Для вычисления значений гистограммы MACD используется следующая формула:

$$\begin{aligned} \text{MACD} &= \text{EMA}_2(P) - \text{EMA}_1(P), \\ \text{MACD}_2 &= \text{EMA}_2(\text{EMA}_2(P) - \text{EMA}_1(P)), \\ \text{MACD}_h &= \text{MACD} - \text{MACD}_2, \end{aligned}$$

где P – цена закрытия периода (Close), $\text{EMA}_2(P)$ – экспоненциальная скользящая средняя с коротким периодом от цены, $\text{EMA}_1(P)$ – экспоненциальная скользящая средняя с длинным периодом от цены, $\text{EMA}_2(P)$ – сглаживающая скользящая средняя с коротким периодом от разницы двух остальных скользящих, MACD_2 – сигнальная линия MACD, MACD_h – гистограмма разности MACD.

Если $\text{MACD}_h \geq 0$, то считается, что на рынке преобладает восходящая тенденция, если $\text{MACD}_h < 0$ – нисходящая тенденция.

Так как анализ японских свечей является краткосрочным [8], для вычисления значений гистограммы MACD было принято решение использовать следующие периоды вычислений:

- 12 интервалов для $EMA_1(P)$;
- 26 интервалов для $EMA_1(P)$;
- 9 интервалов для $EMA_2(P)$.

Входные данные представляют собой набор свечей C_0, C_1, \dots, C_n , упорядоченных по времени, где C_0 – свеча, описывающая наиболее поздний временной период.

Для каждой свечи C известны следующие значения:

- C_H – максимальная цена за период (High);
- C_C – цена закрытия периода (Close);
- C_O – цена открытия периода (Open);
- C_L – минимальная цена за период (Low).

Введем дополнительные свойства, которые будут использованы для описания паттернов:

- 1) Направление свечи:

$$P_1(C) = \begin{cases} 1, C_C \geq C_O \\ 0, C_C < C_O \end{cases}$$

Свойство принимает значение «1», если наблюдается рост за период («бычья» свеча), и значение «0», если наблюдается спад за период («медвежья» свеча).

- 2) Длина свечи: $P_2(C) = C_H - C_L$
- 3) Длина тела свечи: $P_3(C) = |C_O - C_C|$
- 4) Длина верхней «тени»:

$$P_4(C) = \begin{cases} C_H - C_C, P_1(C) = 1 \\ C_H - C_O, P_1(C) = 0 \end{cases}$$

- 5) Длина нижней «тени»:

$$P_5(C) = \begin{cases} C_O - C_L, P_1(C) = 1 \\ C_C - C_L, P_1(C) = 0 \end{cases}$$

Для каждого исследуемого паттерна определим функцию $F_i(C_0, C_1, \dots, C_n)$, которая возвращает значение 1 («истина») в случае, если паттерн i идентифицирован для набора свечей C_0, C_1, \dots, C_n , и значение 0 («ложь») – в противном случае.

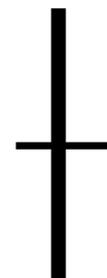
В работе рассмотрены паттерны разворота тенденции: «Молот (Hammer)», «Повешенный (Hanging Man)», «Дожи (Doji)», «Бычья модель поглощения (Bullish Engulfing Pattern)», «Медвежья модель поглощения (Bearish Engulfing Pattern)», которые представлены на рисунке 2.



а) – «Hammer»



б) – «Hanging Man»



в) – «Дожи (Doji)»

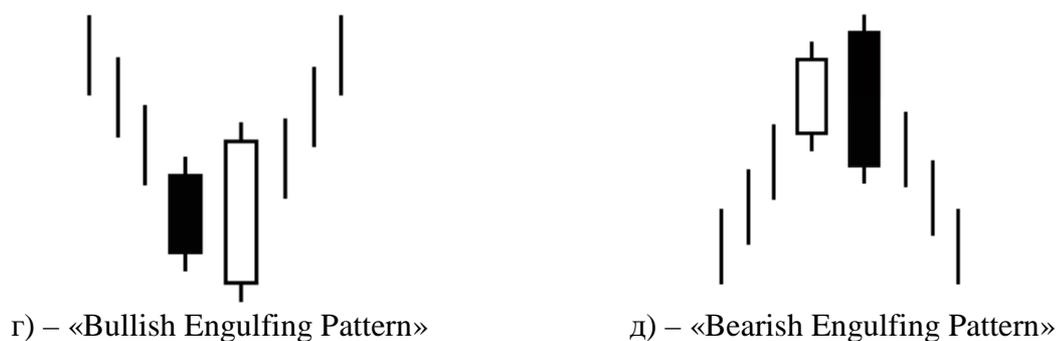


Рис. 2. Графическое представление паттернов разворота тенденции

Паттерн «Молот (Hammer)». Для идентификации паттерна «Hammer» используются следующие признаки [4]:

- 1) тело находится в верхней части ценового диапазона (восходящий тренд). Цвет тела значения не имеет;
- 2) нижняя тень в два раза длиннее тела;
- 3) у свечи нет верхней тени или она очень короткая.

Введем следующий параметр: x_1 , - коэффициент, учитывающий длину верхней тени относительно длины всей свечи. Исходя из третьего признака, значение x_1 следует выбирать из диапазона $[0;0.1]$.

Тогда функция идентификации паттерна «Hammer» имеет вид:

$$F_1(C_0) = P_4(C_0) < x_1 \cdot P_2(C_0) \wedge 2 \cdot P_3(C_0) < P_5(C_0) \wedge MACD_h \geq 0$$

Паттерн «Повешенный (Hanging Man)». Для идентификации паттерна «Hanging Man» используются следующие признаки [4]:

- 1) тело находится в нижней части ценового диапазона (нисходящий тренд). Цвет тела значения не имеет;
- 2) нижняя тень в два раза длиннее тела;
- 3) у свечи нет верхней тени или она очень короткая.

Аналогично паттерну «Hammer», значение параметра x_1 следует выбирать из диапазона $[0;0.1]$.

Функция идентификации паттерна «Hanging Man» имеет вид:

$$F_2(C_0) = P_4(C_0) < x_1 \cdot P_2(C_0) \wedge 2 \cdot P_3(C_0) < P_5(C_0) \wedge MACD_h < 0$$

Паттерн «Бычья модель поглощения (Bullish Engulfing Pattern)». Для идентификации паттерна «Bullish Engulfing Pattern» используются следующие признаки [4]:

- 1) на рынке должна быть ярко выражена нисходящая тенденция;
- 2) модель поглощения образуется двумя свечами. Второе тело должно поглотить первое (тени могут и не поглощаться);
- 3) второе тело должно быть контрастным по цвету.

Для определения ярко выраженной тенденции рассчитаем среднее значение $MACD_h$ для всего набора входных данных:

$$\overline{MACD_h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |MACD_{hi}|, \quad (1)$$

где n – количество элементов набора входных данных.

Описанная формула может быть применена для конкретного финансового инструмента (валютной пары).

Тогда, если $|MACD_h| \geq 0.5 \cdot \overline{MACD_h}$, то будем считать тенденцию сильной (ярко выраженной), иначе – слабой.

Функция идентификации паттерна «Bullish Engulfing Pattern» имеет вид:

$$F_3(C_0, C_1) = C_{00} \leq C_{1C} \wedge C_{0C} > C_{10} \wedge MACD_h \geq 0 \wedge P_1(C_0) = \neg P_1(C_1) \wedge |MACD_h| \geq 0.5 \cdot \overline{MACD_h}$$

Паттерн «Медвежья модель поглощения (Bearish Engulfing Pattern)». Для идентификации паттерна «Bearish Engulfing Pattern» используются следующие признаки [4]:

- 1) на рынке должна быть ярко выражена восходящая тенденция;
- 2) модель поглощения образуется двумя свечами. Второе тело должно поглотить первое (тени могут и не поглощаться);
- 3) второе тело должно быть контрастным по цвету.

Аналогично паттерну «Bullish Engulfing Pattern» для определения ярко выраженной тенденции будем использовать среднее значение $\overline{MACD_h}$, рассчитанное по формуле (1).

Функция идентификации паттерна «Bearish Engulfing Pattern» имеет вид:

$$F_4(C_0, C_1) = C_{00} \geq C_{1C} \wedge C_{0C} < C_{10} \wedge MACD_h < 0 \wedge P_1(C_0) = \neg P_1(C_1) \wedge |MACD_h| \geq 0.5 \cdot \overline{MACD_h}$$

Паттерн «Дожи (Doji)». Для идентификации паттерна «Doji» используются следующие признаки [4]:

- 1) на рынке присутствует ярко выраженная восходящая или нисходящая тенденция;
- 2) тело свечи очень маленькое или отсутствует вовсе;
- 3) свеча обладает длинными верхней и нижней тенями.

Для определения ярко выраженной тенденции будем использовать среднее значение $\overline{MACD_h}$, рассчитанное по формуле (1).

Для того чтобы исключить свечи небольшой длины введем понятие весомости свечи. Для этого рассчитаем среднюю длину свечи для всего набора входных данных:

$$\bar{P}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_2(C_i).$$

где n – количество элементов набора входных данных.

Тогда, если $P_2(C) \geq 0.3 \cdot \bar{P}_2$, то будем считать свечу C весомой.

Функция идентификации паттерна «Doji» имеет вид:

$$F_5(C_0) = P_2(C_0) \geq 0.3 \cdot \bar{P}_2 \wedge P_3(C_0) \leq 0.1 \cdot P_2(C_0) \wedge P_4(C_0) > 0.3 \cdot P_2(C_0) \wedge P_5(C_0) > 0.3 \cdot P_2(C_0)$$

Описанные в работе паттерны были реализованы в среде Microsoft Visual Studio в виде индикатора [9] для торговой платформы cTrader [10]. Инновационные интеллектуальные системы принятия решений в экономике достаточно актуальны и востребованы [11].

Каждый паттерн представлен отдельным классом, в котором содержится метод IsMatch, реализующий идентификацию моделей на графике.

Для упрощения информации, отображаемой на графиках, введены условные обозначения паттернов, представленные в таблице 1.

Таблица 1

| Условные обозначения паттернов | |
|--------------------------------|-------------|
| Паттерн | Обозначение |
| Hammer | H+ |
| Hanging Man | H- |
| Bullish Engulfing Pattern | E+ |
| Bearish Engulfing Pattern | E- |
| Doji | D |

Результат применения разработанного индикатора для валютной пары EUR/USD представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Результат применения разработанного индикатора

Выводы. В ходе работы были формализованы основные паттерны разворота тенденции. На основе полученных моделей был разработан индикатор для торговой платформы cTrader.

Для описанных в работе паттернов было проведено статистическое исследование с целью выявления частоты их появления. В качестве входных данных были взяты котировки за последние 30-40 лет для наиболее ликвидных валютных пар – EUR/USD, GBP/USD и USD/JPY. Результаты исследования отображены в таблице 2.

Таблица 2

Статистика появления паттернов

| Инструмент | Всего данных | Паттерн | Кол-во появлений | % от общего кол-ва |
|------------|--------------|--------------------------------|------------------|--------------------|
| EUR/USD | 8887 | H+ (Hammer) | 76 | 0.855 |
| | | H- (Hanging Man) | 87 | 0.978 |
| | | E+ (Bullish Engulfing Pattern) | 54 | 0.607 |
| | | E- (Bearish Engulfing Pattern) | 68 | 0.765 |
| | | D (Doji) | 788 | 8.866 |
| | | Всего | 1073 | 12.074 |
| GBP/USD | 12406 | H+ (Hammer) | 73 | 0.588 |
| | | H- (Hanging Man) | 98 | 0.789 |
| | | E+ (Bullish Engulfing Pattern) | 63 | 0.507 |
| | | E- (Bearish Engulfing Pattern) | 59 | 0.476 |
| | | D (Doji) | 2081 | 16,774 |
| | | Всего | 2374 | 19.135 |
| USD/JPY | 12412 | H+ (Hammer) | 124 | 0.999 |
| | | H- (Hanging Man) | 103 | 0.829 |
| | | E+ (Bullish Engulfing Pattern) | 89 | 0.717 |
| | | E- (Bearish Engulfing Pattern) | 95 | 0.765 |
| | | D (Doji) | 2044 | 16,774 |
| | | Всего | 2455 | 19.779 |

Описанные паттерны в среднем появляются на графиках в 12-20% случаев, что эквивалентно появлению одного паттерна каждые 5-8 торговых дней.

По результатам статистического исследования можно сделать вывод, что описанные паттерны могут использоваться для построения краткосрочных торговых стратегий на валютных рынках.

Результаты работы могут быть применены для построения торговых роботов в среде cTrader, а также для организации дальнейших исследований в области применения методов восточного технического анализа.

Список использованных источников

1. Булковски Т.Н. Полная энциклопедия графических ценовых моделей / Т. Н. Булковски; [пер. с англ]. – М.: СمارтБук, 2009. – 696 с.
2. Мэрфи Дж. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика / Дж. Мэрфи; [пер. с англ]. – М.: Сокол, 1996. – 592 с.
3. Швагер Дж. Технический анализ. Полный курс / Джеки Швагер; [пер. с англ]. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 768 с.
4. Нисон С. Японские свечи: графический анализ финансовых рынков / Стив Нисон; [пер. с англ]. – М.: Диаграмма, 1998. – 336 с.
5. Le Van Thanh An Analyze on Effectiveness of Candlestick Reversal Patterns for Vietnamese Stock Market [Электронный ресурс] / Le Van Thanh, Tran Quy ban, Ngo Tung Son - Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/325451768_An_Analyze_on_Effectiveness_of_Candlestick_Reversal_Patterns_for_Vietnamese_Stock_Market
6. Chee-Ling Chin Predictive Power of Candlestick in Malaysia: Reversal versus Continuation Patterns // International Journal of Economics and Business Research, Vol.15, N 3, 2018. - p.325-349.
7. Appel G. Understanding MACD (Moving Average Convergence Divergence) / Gerald Appel, Edward Dobson; Traders Press, Inc., 2008. – 45 p.
8. Моррис Л. Г. Японские свечи. Метод анализа акций и фьючерсов, проверенный временем / Грегори Л. Моррис; [пер. с англ]. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 311 с.
9. Колби Р. Энциклопедия технических индикаторов рынка / Роберт Колби; [пер. с англ]. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 840 с.
10. cTDN Algorithmic Trading Community for cTrader and cAlgo STP platforms / [Электронный ресурс] / Spotware Systems Ltd. - Режим доступа: <https://ctrader.com/>
11. Мінц О. Ю. Методологія моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в економіці : монографія / О. Ю. Мінц. – Маріуполь :ГВУЗ "ПДТУ", 2017. – 216 с.

References

1. Thomas N. Bulkowski (2005), *Encyclopedia of Chart Patterns*, - Danvers, MA .: John Wiley & Sons, Inc., 1040 p.
2. John J. Murphy (1999), *Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*, - NY .: New York Institute of Finance, 576 p.
3. Jack D. Schwager (1995), *Schwager on Futures: Technical Analysis*, - NY .: John Wiley & Sons, Inc., 800 p.
4. Steve Nison (2001), *Japanese Candlestick Charting Techniques*, - NY .: Prentice Hall Press, 299 p.
5. Le Van Thanh (2018), *An Analyze on Effectiveness of Candlestick Reversal Patterns for Vietnamese Stock Market*, available at: https://www.researchgate.net/publication/325451768_An_Analyze_on_Effectiveness_of_Candlestick_Reversal_Patterns_for_Vietnamese_Stock_Market
6. Chee-Ling Chin (2018), *Predictive Power of Candlestick in Malaysia: Reversal versus Continuation Patterns*, *International Journal of Economics and Business Research*, Vol.15, No 3, 2018, pp.325-349.
7. Appel G. (2008), *Understanding MACD (Moving Average Convergence Divergence)*, - IA .: Traders Press, Inc., 45 p.
8. Gregory L. Morris (2006), *Candlestick Charting Explained: Timeless Techniques for Trading Stocks and Futures*, - NY .: McGraw-Hill Education, 560 p.
9. Robert W. Colby (2002), *The Encyclopedia Of Technical Market Indicators*, - NY .: McGraw-Hill Education, 832 p.
10. cTDN Algorithmic Trading Community for cTrader and cAlgo STP platforms, Spotware Systems Ltd., available at: <https://ctrader.com/>
11. Minc O. Ju. *Metodologija modeljvanja inovacijnih intelektual'nih sistem prijnjattja rishen' v ekonomici : monografija* / O. Ju. Minc. – Mariupol' :GVUZ "PDTU", 2017. – 216 s.

Keywords: technical analysis, pattern, Japanese candlestick, technical indicator, formalization, foreign exchange market, cTrader, C#, OOP, cAlgo API.

Ключові слова: технічний аналіз, патерн, японські свічі, технічний індикатор, формалізація, валютний ринок, cTrader, C#, ООП, cAlgo API.

Ключевые слова: технический анализ, паттерн, японские свечи, технический индикатор, формализация, валютный рынок, cTrader, C#, ООП, cAlgo API.

Рецензент: Мінц О. Ю. к.е.н., доцент, доцент кафедри фінансів і банківської справи ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

Перевірено на плагиат системою: <https://corp.unicheck.com/library/viewer/report/5351967>