

## ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ПІД ЧАС ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ФІНАНСОВИХ РИНКАХ

© Васюра А., Васильєв І., 2009

Запропоновано модель часових рядів, що використовує визначення приросту фінансового ринку для прийняття рішень. Приріст визначається швидкістю зміни значень самого ряду, а також розраховується величина зміни швидкості. Запропонована модель реалізована у вигляді цифрового індикатора. За величиною значень індикатора та за допомогою індикатора «стохастика» приймається рішення про входження у ринок та вихід із нього. Від'ємні значення побудованого індикатора вказують на локальний мінімум, додатні – на локальний максимум.

**Presented model of time series uses definition of increase of financial series for making decision. Increase determinates by speed of changing of time series and also accounts amount of speed changing. Purposed model realized as digital indicator. The decision about entry or exit from market is taken by measuring amount of indicator and using indicator "stochastic". Negative value of the indicator point out at local minimum, positive value - point out at local maximum.**

### Вступ

Методи прийняття рішень використовуються людьми у своїй діяльності останні декілька століть. При цьому застосовуються знання із таких наук, як математика, статистика, психологія, менеджмент, економіка тощо. Важливою особливістю механізму прийняття рішень є аналіз історичних даних про досліджуваний процес, використання теорій для обробки зібраної інформації та формування прогнозу на майбутнє. Важливим припущенням при цьому є прийняття історичних даних, еквівалентних майбутнім. При цьому мається на увазі, що характер і поведінка досліджуваного процесу не змінюється з часом. Насправді так вважати не можна. Будь-який процес корелюється із своїми попередніми значеннями, а також на нього впливають поточні події, яких у минулому не існувало. Тому чим глибшим на майбутнє буде прогноз, тим менша його вірогідність. У матеріалі, викладеному нижче, будуть оцінюватись попередні характеристики досліджуваного процесу та прогнозуватиметься найближче майбутнє. Основні завдання, які розв'язуватимуться у цій роботі, є прийняття рішень на стаціонарних часових рядах. Предметною областю обрано фінансові часові ряди. У відомих роботах приділено увагу статистичній обробці інформації. Також розвинуте застосування цифрових індикаторів. Проте немає реального застосування описаних методів та оцінювання результатів ефективності їх роботи.

Для прийняття рішень на фінансових ринках використовують різні засоби. Умовно їх можна поділити на засоби технічного та фундаментального аналізу. Останні вимагають знань економічних законів, закономірностей, правил поведінки учасників ринку і ще багатьох факторів та показників, які потрібно враховувати. Подальший розгляд стосуватиметься лише методів технічного аналізу (ТА). Він потребує лише кількісних характеристик фінансового ряду. Одним із найпоширеніших варіантів використання ТА є торгові платформи (MetaTrader, TradeQuote тощо). Аналіз у цих платформах відбувається на основі первісної інформації про часовий ряд та допоміжної. Інформація про ряд представляється у дискретному вигляді. Період дискретизації визначається масштабом часу. Кожен ряд може мати декілька основних масштабів: хвилина, година, день, тиждень тощо. Первісна інформація представляє собою п'ять основних величин, якими визначається ряд: ціна відкриття, найвища та найнижча ціни за період, ціна закриття і об'ємом операцій. Похідна інформація може бути отримана із цифрових індикаторів. Індикатори

також є часовими рядами і визначені у кожен із періодів. Невикористаним залишається математичний апарат, що може бути застосованим під час цифрової фільтрації, аналізі можливостей кожного із індикаторів тощо. Для керування параметрами індикатора, у відомих платформах, пропонуються деякі опосередковані показники, з яких не видно фізичного змісту та суті використання індикатора [1].

Враховуючи виділену вище проблематику та окреслення невирішених завдань, пропонується таке формулювання цілей статті. Необхідно розробити новий цифровий індикатор, який у сукупності із вже відомими допомагатиме обрати кращі моменти входження в ринок та вихід із нього, а також пропонується виокремити новий підхід до використання цифрових індикаторів та їх комбінацій. Новий індикатор пропонується будувати із врахуванням вже існуючих. Так, є індикатори, які вказують на силу тенденцій до росту чи падіння ринку. Але їхні показники мають доволі посередній зв'язок із реальним рядом. Знаючи точніше моменти локальних максимумів та мінімумів, можна буде приймати рішення про купівлю чи продаж за низькими чи високими цінами. Для визначення, із яким видом екстремуму пов'язані поточні показники ряду пропонується використати відомий індикатор «стохастика». Його суть зводиться до визначення, в якій стадії розвитку перебуває ринок (росту чи падіння). Інколи можна зустріти інше формулювання: під впливом “биків”, чи “ведмедів” перебуває ринок. Коли на ринку переважають “бики”, він росте, коли “ведмеді” – падає. При застосуванні розробленого індикатора, що визначатиме напрямку руху (догори чи донизу) разом із «стохастикою» можна буде знаходити більш вдалі моменти входження в ринок та виходу із нього порівняно з можливостями вже існуючих індикаторів та їхніх комбінацій. Іншим завданням є формування підходу до комплексного використання результатів роботи кількох індикаторів. Важливим є підбір кількох індикаторів: один із них працюватиме більш неточно, визначаючи лише тенденцію руху, інший, маючи результати роботи попереднього індикатора та дані про сам ряд, визначатиме момент входження в ринок на вигідних умовах [2].

### 1. Розрахунок швидкості часового ряду

Дискретні величини використовуються для представлення оригінальних величин при обробці на ЕОМ. Часові ряди є одним із прикладів величин, визначених у певні проміжки часу. Проміжки часу зазвичай однакові та називаються періодом дискретизації. Фінансові часові ряди характеризуються п'ятьма первинними величинами, що визначені в кінці кожного періоду дискретизації: ціною відкриття, найвищою та найнижчою цінами за період, ціною закриття і об'ємом операцій. Останній показник характеризує активність фінансового ринку за період, проте за ним важко визначати активність ринку. Тому надалі об'єм операцій не розглядатиметься. Прийняттям рішень на основі побудови моделей часових рядів займаються вже довгий час. Для цього використовують технічний (ТА) та фундаментальний аналіз. Надалі буде приділена увага лише першому з них. Часові ряди мають імовірнісний характер. Залежність між змінною часу та величиною основних параметрів ряду є стохастичною. Значення в кожен момент часу визначається трендовою та імовірнісними складовими:

$$C(i,t) = T(i,t) + f(i,t), \quad (1)$$

де  $C(i,t)$  – значення фінансового часового ряду;  $T(i,t)$  – трендова складова фінансового часового ряду;  $f(i,t)$  – імовірнісна складова фінансового часового ряду.

У прогнозуванні можна говорити лише про ймовірність руху ряду в той чи інший бік. Щоб визначати тенденцію на збільшення чи зменшення ряду, використовують індикатори [1]. Оскільки їх отримують внаслідок обробки за допомогою ЕОМ первинної інформації про ряд та за допомогою цифрових перетворень, їх ще називають цифровими індикаторами. Індикаторів існує доволі багато. Вони оцінюють різні характеристики досліджуваних рядів. Оскільки часовий ряд (ЧР) є неперервним, можна оцінити величину його миттєвої зміни. Для цього слід скористатись інтерпретацією швидкості та прискорення для ЧР [2].

У кожен детермінований момент часу ряд має нові значення основних величин, що його характеризують. Всі вони формуються протягом періоду. Проміжні ціни називаються тіковими.

Тікова ціна на момент закінчення періоду стає ціною закриття періоду. Тікова ціна на початку наступного періоду – ціна відкриття. Максимальна та мінімальна ціни формуються автоматично. Найближчою ціною, що визначена у часі, є ціна закриття. У цьому підрозділі і надалі буде розглядатися ціна закриття. За нею можна побудувати модель поведінки ряду (його збільшення чи зменшення за проміжок часу). Для інших параметрів ЧР характеристики можна знайти аналогічно.

Нехай значення ЧР у деякий момент часу  $t$  визначатиметься як  $C(i, t)$ , тоді значення в попередній момент часу дорівнюватиме  $C(i, t - T)$ . Під  $T$  розумітимемо період часового ряду – значення проміжку часу, через який оновлюється ряд. Швидкість зміни можна визначити за формулою (2):

$$v(i, t) = \frac{C(i, t) - C(i, t - T)}{T}. \quad (2)$$

Знаючи величину швидкості, яку має ЧР в певний момент часу, можна визначити, як вона змінюється в часі. Це потребує інформації про миттєві швидкості ряду  $v(i, t)$  та  $v(i, t - T)$ . Для визначення прискорення слід скористатися формулою (3):

$$a(i, t) = \frac{v(i, t) - v(i, t - T)}{T}. \quad (3)$$

У формулі (2) величина  $T$  має те саме значення, що і у формулі (3). Значення швидкостей  $v(i, t)$  та  $v(i, t - T)$  можна розрахувати за формулою (2). Також  $a(i, t)$  можна виразити через  $C(i, t)$  та попередні значення ЧР. Формула (4) показує зв'язок  $a(i, t)$  та величини ЧР у два попередні періоди.

$$a(i, t) = \frac{C(i, t) - 2 \cdot C(i, t - T) + C(i, t - 2 \cdot T)}{T^2}. \quad (4)$$

Аналогічним чином можна знайти величини  $v(i, t)$  та  $a(i, t)$  для будь-якої характеристики ЧР. Величина приросту  $a(i, t)$  від одного періоду до іншого також несе корисну інформацію про поведінку ЧР. Проте для розроблюваного індикатора знайдені характеристики є достатніми [3].

Фінансові часові ряди є змінними у часі. Вони відображають співвідношення попиту і пропозиції на фінансовий інструмент. Знаючи  $v(i, t)$  і  $a(i, t)$  та взявши до уваги, що ЧР визначений у часі неперервно, можна прогнозувати подальшу поведінку  $C(i, t)$ . При від'ємних значеннях  $v(i, t)$  та  $a(i, t)$  можна говорити про тенденцію до зменшення  $C(i, t)$ . При відповідних додатних значеннях – до його зростання. Віддавати наказ на купівлю фінансового інструменту слід при мінімальній ціні, на продаж – при максимальній. Щоб визначити, в якій стадії перебуває ЧР, що характеризує ринок, слід застосувати інший індикатор – «стохастика». При побудові він визначає загальну тенденцію розвитку ринку. Суть роботи індикатора полягає у побудові двох ковзних середніх шляхом цифрової фільтрації вхідного ряду. Одна з них швидка, інша – повільна. Швидка за характером руху схожа на сам ряд, повільна відображає низькочастотну складову руху ряду. За її допомогою відфільтровуються високочастотні цикли та шуми. Коли швидка ковзна більша за повільну – ряд зменшується, коли менша – зростає. Локальним мінімумом можна вважати ситуацію на ринку, коли «стохастика» вказує зменшення ряду, а швидкість та прискорення від'ємні. У цьому періоді досягнуто мінімуму – оптимальний момент для купівлі за низькою ціною. При протилежних значеннях індикаторів – оптимальний момент для продажу за високою ціною.

Розроблена модель для прогнозування фінансових ЧР має ще одну властивість. Для прийняття рішення важливим є кількісне порівняння зміни швидкості ряду за останній період та за декілька десятків останніх барів. Абсолютний приріст одає змогу оцінити величину періоду. В знаменнику формул (2) та (4) присутній час. Величину періоду можна оцінювати в хвилинах. Всі більші періоди кратні хвилині, а наступний період кратний попередньому. Тому для кожного із періодів можна визначити середню швидкість та порівняти із миттєвою. Це вкаже на інтенсивність зміни швидкості чи прискорення.

## 2. Побудова індикатора

Розроблена модель, описана вище, може бути реалізована за допомогою індикатора. Він оброблюватиме вхідні дані про ЧР та відображатиме результати своєї роботи. У сучасних торгових платформах (MetaTrader 4, Trade Quote 8, тощо) індикатори вбудовані. Це дає змогу легко відобразити результати їх роботи у графічному інтерфейсі користувача. Більшість класичних індикаторів мають відкритий алгоритм реалізації, а комерційні – закритий. Можливість програмування у торгових платформах із проведенням інженерних досліджень ускладнена слабким функціональним апаратом. Тому зручним є розроблення графічного інтерфейсу в одній із сучасних систем інженерних розрахунків. Оскільки у MATLAB є потужний пакет цифрової обробки сигналів, можливість розроблення власного інтерфейсу користувача і вбудована мова програмування високого рівня, то логічним є вибір саме цього середовища для реалізації індикатора [4].

Індикатор має отримувати дані про часовий ряд, обробляти інформацію та видавати результати проведених обчислень. Ввести дані можна через всевітню мережу Internet, обробляти за методом, описаним в попередньому розділі. Виводити результати роботи можна на стандартні засоби ведення. Головне, що має бути в результатах роботи індикатора – наказ чи рекомендація про прийняття рішення. Нехай індикатор прийматиме 3 значення залежно від рекомендації, яку він надаватиме: перше – низький рівень, друге – середній рівень, третє – високий рівень. Найнижчий рівень характеризуватиме рекомендацію до купівлі (низька ціна), середній рівень – не вказуватиме на будь-які дії (ринок у невизначеному стані), високий рівень – рекомендація до продажу (висока ціна).

Для індикатора знадобиться додаткова інформація про стан ринку (відбувається його ріст чи падіння). Її можна отримати за допомогою індикатора «стохастика». Цей індикатор являє собою дві ковзні середні за ЧР. Одна з них швидша, інша – повільна. Ті проміжки, де швидка більша за повільну – є періодами спаду, там, де швидка менша за повільну – періоди підйому. Очевидно, що для підвищення достовірності рішень, що формуються індикатором, слід спочатку визначити, максимуму чи мінімуму набувають значення фінансового ринку. Це можна зробити за допомогою індикатора «стохастика». І якщо збігаються накази індикаторів на зниження ринку та на від'ємні значення швидкості та прискорення ЧР, то можна робити висновок про найкращий момент для купівлі за низькою ціною. У протилежних значеннях індикаторів слід приймати рішення про продаж за високою ціною [5].

## 3. Використання статистичних характеристик часового ряду для оцінювання ризиків прийнятих рішень

Після формування будь-яких рішень (рекомендацій) для роботи із фінансовим інструментом необхідно оцінити їхню якість. Для цього слід скористатись статистичними характеристиками будь-якого випадкового процесу. Також необхідно розрізняти рішення, які приймаються трейдерами та аналітиками, стосовно фінансових рядів. Завданням трейдерів є отримання максимального прибутку із певного фінансового інструмента за обмежений проміжок часу. Аналітики займаються оцінюванням і мінімізацією ризиків, що можуть виникнути в процесі роботи із фінансовим інструментом. Останні оцінюють ефективність та ризики. Ці величини є випадковими. Оперувати випадковими величинами як мірою ефективності фінансового інструмента незручно, тому застосовують моменти випадкових величин із статистики. Ефективність можна визначити як математичне сподівання (перший момент) та розрахувати за формулою:

$$M_i = E\{R_i\} \quad (5)$$

Ризик визначається як другий (центральний) момент, або дисперсія ефективності:

$$V_i = E\{[R_i - M_i]^2\}, \quad (6)$$

де  $M_i$  – математичне сподівання  $i$ -го фінансового інструмента,  $E$  – оператор математичного сподівання,  $R_i$  – ефективність  $i$ -го фінансового інструмента,  $V_i$  – дисперсія  $i$ -того фінансового інструмента.

Із курсу математичної статистики також відомо, що:

$$s_i = \sqrt{V_i}, \quad (7)$$

де  $s_i$  – середньоквадратичне відхилення ефективності.

Для загального розуміння можна нагадати, що сама ефективність розраховується так:

$$R_i = \frac{C(i, t_2) - C(i, t_1)}{C(i, t_1)}, \quad (8)$$

де  $C(i, t_1)$  – ціна фінансового інструмента на початок досліджуваного періоду,  $C(i, t_2)$  – ціна фінансового інструмента на кінець досліджуваного періоду.

Поєднання викладеного у статті матеріалу про цифрові індикатори із оцінюванням ризиків та ефективності фінансового інструмента може бути одним із варіантів продовження дослідження за заданою тематикою [2].

Також слід визначити та правильно оцінювати дії трейдерів та рекомендації інструментів, що ними використовуються. Існують помилки першого та другого роду. Помилки першого роду пов'язані із втратою вигоди від не прийнятого рішення. Другого роду – із отриманням прямих збитків від не вигідної дії. Включення та оцінювання у прийнятті рішень помилок першого і другого роду можливе при аналізі ризиків. Тому важливою наступною задачею є поєднання розробленого методу прийняття рішень із методом статистичної обробки. Це допоможе вигідніше входити в ринок та виходити з нього отримуючи максимальний прибуток. Ще однією альтернативою є заміна чіткого і алгоритмізованого підходу під час прийняття рішень на нечіткий із визначенням критеріїв та їх ваг.

### Висновки

Розроблена модель дає змогу прогнозувати напрямок руху часового ряду за попередніми (відомими) значеннями із формуванням наказів на купівлю чи продаж. Для цього застосовано цифровий індикатор, що визначає першу та другу похідні від ЧР. Разом із розробленим індикатором застосовано індикатор «стохастика», що допомагає визначити напрямок руху ряду. Розроблений індикатор визначає локальний максимум чи мінімум. Хоча період ряду не нескінченно мала величина, проте у розглянутій задачі він мінімально можливий. Тому можна прийняти знайдені величини швидкості та прискорення як миттєві. Модель також враховує величину періоду і може усереднювати значення швидкості за більшими періодами і порівнювати із показниками менших періодів. Те, що значення ЧР не утворюють гладку функцію, не критично. При цьому можливі декілька шляхів розв'язання. Перший з них – це розглядати значення часового ряду як неперервні без розривів першого та другого роду. Другий – це замінювати вхідний часовий ряд закриття періодів на його згладжений еквівалент (із використанням цифрового фільтра високих частот). У статті використано другий із них.

Запропонована модель дає змогу підвищувати точність прогнозування завдяки використанню більшої кількості елементів історичних даних. Для цього треба збільшувати порядок знайдених похідних. А використання індикатора, розробленого на основі цієї моделі в комплексі із індикаторами, що розпізнаватимуть тенденцію до глобального руху ринку («стохастика»), дасть можливість збільшити точність моменту прийняття рішень завдяки відповідності команд миттєвій ситуації, що склалася на ринку.

У статті удосконалено взаємодію декількох індикаторів для підвищення якості відданих наказів. Показано, як при використанні двох цифрових індикаторів, що оцінюють близькі за природою характеристики часового ряду, та комбінуючи результати їх роботи, можна суттєво покращити моменти входження та виходу із ринку.

1. Елдер А. *Основы биржевой торговли: библиотека трейдера* [www.herurg.ru](http://www.herurg.ru), 113 с.
2. Жижилев В.И. *Оптимальные стратегии извлечения прибыли на рынке FOREX и рынке ценных бумаг*. – М.: Финансовый консультант, 2002. – 280 с.
3. Отнэс Р., Эноксон Л. *Прикладной анализ временных рядов*. – М: Мир, 1982 – 429 с.
4. Сергиенко А.Б. *Цифровая обработка сигналов*. – СПб: Питер, 2003 – 604 с.
5. Андреев И.В., Ланнэ А.А. *MATLAB для DSP: SPTool – инструмент для расчёта цифровых фильтров и спектрального анализа сигналов // Цифровая обработка сигналов*. – 2000. – № 2. – С. 6–13.