

3. Kunyn V.A. Preventivnoe upravlenye predprynimatel'skymy ryskamы promыshlennыkh predpryatyj. SPb.: Yzd-vo SPbAUЭ, 2009. — 349 s.
4. Raspopov V.M. Preventivnoe antykrizysnoe upravlenye : uchebnoe posobyе / V.M. Raspopov, V.V. Raspopov. — M.: Maghystr: YNFRA-M, 2012. — 432 s.
5. Raspopov V.M. Upravlenye yzmenenyjamy: uchebnoe posobyе / V.M. Raspopov. — M.: Maghystr: YNFRA-M, 2013. — 336 s.
6. Rudenskyj R.A. Antysypatyvnoe upravlenye slozhnymy ekonomycheskymy systemamy: modely, metody, ynstrumenty: monoghrafyja / R.A. Rudenskyj; Doneckyj nacyonal'nyj un-t, NYU problem ekonomycheskoj dynamiky. — Doneck: Jughovostok, 2009. — 257 s.
7. Shershnyova Z.Je. Antykrizove upravlinnja pidpryjemstvom : Navch. posib. / [Z.Je. Shershnyova, V.M. Baghacjkyj, N.D. Ghetmanceva]; Za zagh. red. Z.Je. Shershnyovoji. — K.: KNEU, 2007. — 680 s.

Статтю подано до редакції 11.02.2019 p.

УДК 336.743.057.7:51-7

DOI: 10.33111/mise.97.12

Дербенцев В. Д., к.е.н.,
професор кафедри інформатики та системології,
Овчаренко А. А.,
ст. викладач кафедри інформатики та системології,
Безкоровайний В. С.,
асистент кафедри інформатики та системології,
Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана

Derbentsev V. D., PhD in Economics,
Associate Professor of the Informatics and Systemology Department,
Ovcharenko A. A.,
Senior Lecturer of the Informatics and Systemology Department,
Bezkorovainyi V. S.,
Assistant of the Informatics and Systemology Department,
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

МОНІТОРИНГ СТАНУ ЧАСОВИХ РЯДІВ ВАЛЮТНИХ КОТИРУВАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ РЯДІВ ФУР'Є

MONITORING THE STATE OF TIMES SERIES OF EXCHANGE RATES BY USING THE FOURIER ANALYSIS

Анотация. Робота присвячена питанням можливості застосування рядів Фур'є для аналізу часових рядів валютних котирувань у режимі реального часу. При використанні технічного аналізу стану валютних ринків копіювання валютних котирувань, що відображені у графіках, мають дві скла-

дові. Перша складова — хвилі або тренди зростання або зниження, які змінюють один одного. Друга складова — це так званий «шум», незначні, в порівнянні з трендами, коливання, які можуть бути спричинені короткостроковими чинниками фундаментального характеру.

Основою прийняття рішень на валютному ринку є аналіз трендових коливань валютних котирувань, але наявність шуму призводить до похибок у прогнозах, в результаті чого трейдери та інвестори мають збитки. Тому, в нашій роботі запропоновано коливання валютних котирувань порівнювати з цифровим сигналом, який має також дві складові — корисну частоту та шум.

Одним з підходів до розв'язання даної проблеми ґрунтується на апараті цифрової обробки сигналів, а саме аналізі Фур'є, який складає основу багатьох методів, що застосовуються для визначення складових частот. У роботі наведено математичну модель і приклад програмного коду швидкого перетворення Фур'є на мові програмування MQL 4.

Проілюстровано результати роботи алгоритму швидкого перетворення Фур'є на часовому ряді валютних котирувань євро та долара США, а також на індексі відносної сили (RSI). Також у програмній реалізації було використано дискретне косинус-перетворення, дискретне синус-перетворення та дійсне дискретне перетворення Фур'є. Визначені особливості реалізації перетворення Фур'є у різних версіях мови програмування MQL.

Запропонований у роботі підхід до аналізу валютних котирувань і його програмна реалізація можуть бути використані в роботі автоматизованих біржових торгових систем як складова системи моніторингу ринку.

Ключові слова: моніторинг, часові ряди, стан валютного ринку, аналіз Фур'є, швидке перетворення Фур'є, дискретне перетворення Фур'є.

Annotation. This paper is devoted to the possibility of using Fourier analysis to currency exchange rates time series in real time. When using the technical analysis of the state of the foreign exchange markets, the fluctuations of the exchange rates quotations, which are shown in the charts, have two components. The first component is the waves or trends of growth or falls that change each other. The second one is the so-called «noise», small, relative to trends, fluctuations that can be caused by short-term factors of a fundamental nature.

The basis of decision-making in the foreign exchange market is to analyze the trend fluctuations in foreign exchange quotes, but the presence of noise leads to errors in forecasts, causing traders and investors to suffer losses. Therefore, in our work it is proposed to compare fluctuations in currency quotes with a digital signal, which also has two components — useful frequency and noise.

One approach to solving this problem is based on the digital signal processing technique, namely the Fourier analysis, which forms the basis of many of the methods used to determine the frequency components. The paper presents a mathematical model and an example of the program code of the fast Fourier transform in the programming language MQL 4.

The results of the Fourier transform algorithm on the time series of Euro and US dollar currency exchange and on the Relative Strength Index (RSI) are illustrated. The software implementation also used discrete cosine transformations, discrete sine transforms, and real numbers discrete Fourier transforms. The features of the implementation of the Fourier transform in different versions of the MQL programming language are analyzed.

The proposed approach to the analysis of currency quotations and its software implementation can be used in the work of automated exchange trading systems as part of the market monitoring system.

Keywords: monitoring, time series, currency market states, Fourier analysis, fast Fourier transform, discrete Fourier transform.

Постановка проблеми. Враховуючи нестабільність глобальних і регіональних ринків і світової економіки в цілому, для ефективної біржової діяльності на фінансових ринках, насамперед, валютному, необхідно мати засоби діагностики стану та прогнозу ймовірних тенденцій розвитку. Ця діагностика має здійснюватися на основі моніторингу стану валютного ринку та є необхідною складовою при розробці різноманітних автоматизованих біржових торгових систем.

Для зменшення ризикованості операцій з різними фінансовими активами, зокрема, фіатними валютами, необхідно аналізувати низку макроекономічних, геополітичних та інших чинників, що впливають на ринкові обмінні курси та породжують тенденції зростання чи зниження.

Інший методологічний підхід до здійснення моніторингу ґрунтується на дослідженні власне часового ряду валютних котирувань [1]. Головне припущення цього підходу полягає у тому, що часовий ряд у латентній формі містить всю необхідну інформацію, що «риннок враховує все», і отже, в динамічній поведінці котирувань уже врахований вплив інших важливих чинників, що зумовлюють майбутню динаміку.

Поточний стан ринку (тобто поточні очікування) порівнюється зі станом ринку у минулому та здійснюється пошук прихованих закономірностей, паттернів і часових кореляцій у часовому ряді, на основі аналізу яких у багатьох випадках вдається зробити достатньо реалістичний прогноз майбутніх тенденцій, принаймні, на короткотермінову перспективу.

Найпоширенішим математичним інструментарієм для оцінки стану ринку є побудова різноманітних індикаторів та осциляторів. До індикаторів тенденцій можна віднести ковзні середні різних порядків, метод конвергенції-дивергенції та інші моделі, що ґрунтуються на усередненні коливань валютних котирувань, що підтверджують тенденцію. Осцилятори, зокрема, швидкості ринку, відносної сили, допомагають визначити точки зміни трендів. Проте як індикатори, так і осцилятори мають спільний недолік, що полягає у наявності часового лагу між зміною стану ринку та реакцією цих показників.

Одним з ефективних підходів до дослідження часових рядів є спектральний аналіз Фур'є. Цей інструментарій реалізовано у багатьох пакетах математичного моделювання, зокрема, MathCAD, Maple, MatLab тощо [2]. Але, згідно до мети нашого дослідження, їх застосування має певні недоліки через те, що часовий ряд валютних котирувань необхідно завантажити до наведених систем, про-

вести необхідний аналіз і на основі отриманих результатів здійснити прогноз подальшого руху валютних котирувань.

Цей процес займає багато часу, а це також може призводити до помилкової оцінки стану ринку та запізненим відкриттям угод, коли вже відбулася зміна тенденції або тренду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізу стану часових рядів валютних котирувань з використанням математичних моделей присвячено чимало робіт вітчизняних учених: Боришкевич О.В. [3], Сохацька О.М., Роговська-Іщук І.В. [4], Береславська О.І. [5], Сержанов В.В., Костьов'ят Г.І. [6], Белінська Я.В. [7] та інші.

Фундаментальні основи досліджувались у працях зарубіжних учених-економістів, зокрема, С. Ачеліса [8], Л. Борселліно [9], Б. Вільямса [10], А. Грімса [11], С. Шаріффа [12], Д. Швагера [13] тощо.

Метою дослідження є розробка математичної моделі моніторингу часових рядів валютних котирувань з використанням рядів Фур'є та її комп'ютерна реалізація на мові програмування MQL4 для подальшого застосування у торговельному терміналі MetaTrader.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теоретичною основою розроблення програмного коду моніторингу часових рядів валютних котирувань є математична модель спектрального аналізу та фільтрація на основі рядів Фур'є.

Ідея застосування рядів Фур'є полягає в поданні сигналу (часового ряду) у вигляді суми базисних функцій, яка може бути використана при створенні моделей моніторингу стану валютного ринку. Істотною перевагою цього методу є те, що відновлення сигналу у вигляді ряду Фур'є забезпечує мінімальну похибку.

З точки зору використання машинного часу для отримання спектру будемо використовувати швидке перетворення Фур'є.

Швидке перетворення Фур'є скінченної послідовності $\{x(n)\}$, $0 \leq n \leq N-1$ має такий вигляд:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j(2\pi/N)nk}, k = 0, 1, \dots, N-1. \quad (1)$$

Якщо визначити $W = e^{-j(2\pi)/N}$:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W^{nk}, \quad (2)$$

де W^{nk} є періодичною послідовністю з періодом N , тобто:

$$W^{(n+mN)(k+lN)} = W^{nk}, m, l = 0, \pm 1, \dots \quad (3)$$

Зауважимо, що N -точкове швидке перетворення Фур'є послідовності $\{x(n)\}$ можна записати як:

$$\begin{aligned} X(k) &= \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk} + \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk} = \\ &= \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n)W_N^{2nk} + \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n+1)W_N^{(2n+1)k} \end{aligned} \quad (4)$$

З урахуванням того, що:

$$W_N^2 = [e^{j(2\pi/N)}]^2 = e^{j[2\pi/(N/2)]} = W_{N/2}, \quad (5)$$

запишемо вираз (4) у вигляді:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} x_1(n)W_{N/2}^{nk} + W_N^k \sum_{n=0}^{N/2-1} x_2(n)W_{N/2}^{nk} \quad (6)$$

$$X(k) = X_1(k) + W_N^k X_2(k), \quad (7)$$

де $X_1(k)$ та $X_2(k)$ рівні $(N/2)$ -точковим швидким перетворенням Фур'є послідовностей $x_1(n)$ та $x_2(n)$.

З формули (7) випливає, що N -точкове швидке перетворення Фур'є $X(k)$ може бути розкладено на два $(N/2)$ -точкових швидких перетворення, результати яких об'єднуються відповідно до (7).

Якби $(N/2)$ -точкові швидкі перетворення обчислювалися за стандартним алгоритмом, то для обчислення N -точкового швидкого перетворення Фур'є треба було б здійснити $(N^2/2+N)$ операцій комплексного множення. При великих N (коли $(N^2/2 \rightarrow N)$) це дозволяє зменшити час обчислення майже на 50 %.

Реалізація алгоритму швидкого перетворення Фур'є на мові програмування MQL4 матиме такий вигляд:

```
while(n>mmax) {
istep = 2*mmax;
theta = 2.0*pi/(isign*mmax);
wpr = -2.0*MathPow(MathSin(0.5*theta),2);
wpi = MathSin(theta);
wr = 1.0;
wi = 0.0;
for(c = 1; c <= mmax/2; c++) {
m = 2*c-1;
for(k = 0; k <= (n-m)/istep; k++) {
```

```

i = m+k*istep;
j = i+mmax;
tempr = wr*a[j-1]-wi*a[j];
tempi = wr*a[j]+wi*a[j-1];
a[j-1] = a[i-1]-tempr;
a[j] = a[i]-tempi;
a[i-1] = a[i-1]+tempr;
a[i] = a[i]+tempi;
}
wtemp = wr;
wr = wr*wpr-wi*wpi+wr;
wi = wi*wpr+wtemp*wpi+wi;
}
mmax = istep;
}

```

Результати роботи програмного коду швидкого перетворення Фур'є на основі валютних котирувань EUR/USD з періодом п'ять хвилин наведено на рис. 1.



Рис. 1. Частотний спектр часового ряду котирувань EUR/USD на основі швидкого перетворення Фур'є

Універсальність наведеного програмного коду дозволяє використовувати його не тільки для часових рядів, а також для швидкого перетворення Фур'є значень індикаторів. Приклад такого використання для «Індексу відносної сили» (RSI) наведено на рис. 2.



Рис. 2. Частотний спектр індикатору RSI на основі швидкого перетворення Фур'є

Для програмної реалізації також було використано дискретне косинус-перетворення, що відображає скінчену послідовність точок даних у вигляді суми косинус-функцій коливань на різних частотах:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos \left[\frac{\pi(n+1/2)k}{N} \right]. \quad (8)$$

Дискретне косинус-перетворення має широке застосування у задачах, для яких малі високочастотні компоненти можуть бути відкинуті.

Реалізація алгоритму косинус-перетворення Фур'є на мові програмування MQL4 матиме такий вигляд:

```

wi = 0;
wr = 1;
theta = pi/tnn;
wtemp = MathSin(theta*0.5);
wpr = -2.0*wtemp*wtemp;
wpi = MathSin(theta);
sum = 0.5*(a[0]-a[tnn]);
a[0] = 0.5*(a[0]+a[tnn]);
n2 = tnn+2;
for(j = 2; j <= tnn/2; j++) {
wtemp = wr;
wr = wtemp*wpr-wi*wpi+wtemp;
wi = wi*wpr+wtemp*wpi+wi;
y1 = 0.5*(a[j-1]+a[n2-j-1]);
y2 = a[j-1]-a[n2-j-1];
}

```

```

a[j-1] = y1-wi*y2;
a[n2-j-1] = y1+wi*y2;
sum = sum+wr*y2;
}

```

Результати реалізації алгоритму цього алгоритму для індикатору RSI наведено на рис. 3.



Рис. 3. Частотний спектр індикатору RSI на основі дискретного косинус-перетворення Фур'є

Аналогічним чином було розроблено програмний код для дискретного синус-перетворення Фур'є, результат роботи наведено на рис. 4.



Рис. 4. Частотний спектр індикатору RSI на основі дискретного синус-перетворення Фур'є

Для дійсного дискретного перетворення Фур'є, результати якого наведено на рис. 5., було застосовано такі рівняння:

$$\text{Re}X(k) = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right), \quad (9)$$

$$\text{Im}X(k) = \frac{-2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right). \quad (10)$$

Необхідно зазначити, що дійсне дискретне перетворення Фур'є не використовує комплексні числа, тому рівняння для $X(k)$ і $x(n)$ суттєво розрізняються. При цьому, перед використанням у рівнянні для обчислення відліків у часовій області $x(n)$, значення $\text{Re}X(0)$ та $\text{Re}X(N/2)$ мають бути поділені на два.

Необхідно зауважити, що недоліком мови програмування MQL4 є відсутність можливості роботи з комплексними числами та перезавантаження операцій, тому для використання комплексних чисел у наведених алгоритмах ми використовували у масивах даних по два значення $a[i]$ та $a[i+1]$ для визначення дійсної та уявної частини комплексного числа відповідно.



Рис. 5. Частотний спектр індикатора RSI на основі дійсного дискретного перетворення Фур'є

Мова MQL5 також не підтримує роботу із комплексними числами, але є можливість виконувати перезавантаження операцій, що дозволяє створити новий тип даних у вигляді структури або класу.

Використання такої структури та застосування звичайних математичних операторів у програмному коді значно зменшує його розмір і тривалість виконання.

Висновки з проведеного дослідження. Розроблена математична модель на основі перетворення Фур'є та її програмна реалізація дозволяє у режимі реального часу проводити моніторинг коливань валютних курсів та отримувати як їх частотні характеристики, так і характеристики найпоширеніших індикаторів.

Застосування цих показників і визначення їх кореляції з частотними характеристиками відповідних часових рядів валютних котирувань дозволяють виявляти розбіжності (дивергенції) між ціною та індикаторами, а використання дискретного косинусного перетворення Фур'є дає можливість відфільтрувати низькочастотні коливання, так званий «ринковий шум».

Підсумовуючи, зауважимо, що запропонований у роботі підхід до аналізу валютних котирувань і його програмна реалізація можуть бути використано в роботі автоматизованих біржових торгових систем як складова системи моніторингу ринку.

Література

1. Дербенцев В.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: [монографія] / В.Д. Дербенцев [та ін.]. — Черкаси: Брама-Україна, 2010. — 287 с.
2. Langton Charan, Levin Victor, Tishman Rena, Sharma Garima, The Intuitive Guide to Fourier Analysis & Spectral Estimation with MatLAB/ Langton C., Levin V., Tishman R., Sharma G. — 2017. — 320 p.
3. Боришкевич О. Світовий валютний ринок: стан та динаміка / О. Боришкевич // Вісник НБУ. — 2011. — №3. — С. 25–29.
4. Сохацька, О.М. Використання фракталів у технічному аналізі ринку Forex [Текст] / О.М. Сохацька, І.І. Роговська-Іщук // Вісник Української академії банківської справи. — 2005. — №2(19). — С. 68–76.
5. Береславська О. Курсова політика в Україні: тенденції та перспективи / О. Береславська // Вісник НБУ. — 2011. — №2. — С. 16–20.
6. Сержанов В.В., Костьов'ят Г.І. Аналіз валютного ринку і розвиток банківської системи в Україні / В.В. Сержанов, Г.І. Костьов'ят // Науковий вісник Ужгородського університету. — 2013. — Вип. 3(40). — С. 227–230.
7. Белінська Я. В. Методичні аспекти розрахунку рівноважного реального валютного курсу / Я. В. Белінська // Актуальні проблеми економіки. — 2003. — № 3. — С. 20–28.
8. Achelis Steven B., Technical Analysis from A to Z / Achelis S.B. — 2013. — 400 p.
9. Borsellino Lewis, The Day Trader: From the Pit to the PC / Borsellino L. — 1999. — 256 p.
10. Williams Bill, Trading Chaos: Maximize Profits with Proven Technical Techniques / Williams B. — 2004. — 228 p.

11. Grimes Adam, The Art and Science of Trading: Course Workbook / Grimes A. — 2018. — 488 p.
12. Shariff Salman, Forex Strategies and Concepts Simplified with Infographics: Infographical Forex / Shariff S. — 2015. — 150 p.
13. Schwager Jack D., Schwager on Futures: Technical Analysis / Schwager J.D. — 1995. — 775 p.
14. Operation Overloading: MQL5 Reference [Електронний ресурс] / MetaQuotes Ltd. — Режим доступу: <https://www.mql5.com/en/docs/basis/function/operationoverload>

References

1. Derbentsev V.D. Synerhetychni ta ekonomofizychni metody doslidzhennia dynamichnykh ta strukturnykh kharakterystyk ekonomichnykh system: [monohrafiia] / V.D. Derbentsev [ta in.]. — Cherkasy: Brama-Ukraina, 2010. — 287 p. [in Ukrainian].
2. Langton Charan, Levin Victor, Tishman Rena, Sharma Garima, The Intuitive Guide to Fourier Analysis & Spectral Estimation with MatLAB/ Langton C., Levin V., Tishman R., Sharma G. — 2017. — 320 p.
3. Boryshkevych O. Svitovyi valiutnyi rynok: stan ta dynamika / O. Boryshkevych // Visnyk NBU (Bulletin of the National Bank of Ukraine). — 2011. — №3. — P. 25–29. [in Ukrainian].
4. Sokhatska, O.M. Vykorystannia fraktaliv u tekhnichnomu analizi rynku Forex [Tekst] / O.M. Sokhatska, I.I. Rohovska-Ishchuk // Visnyk Ukrainskoi akademii bankivskoi spravy (Bulletin of the Ukrainian Academy of Banking). — 2005. — №2(19). — P. 68–76. [in Ukrainian].
5. Bereslavska O. Kursova polityka v Ukraini: tendentsii ta perspektyvy / O. Bereslavska // Visnyk NBU (Bulletin of the National Bank of Ukraine). — 2011. №2. — P. 16–20. [in Ukrainian].
6. Serzhanov V.V., Kostoviat H.I. Analiz valiutnoho rynku i rozvytok bankivskoi systemy v Ukraini / V.V. Serzhanov, H.I. Kostoviat // Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu (Uzhgorod University Scientific Bulletin). — 2013. — Vyp. 3(40). — P. 227–230. [in Ukrainian].
7. Belinska Ya. V. Metodychni aspekty rozrakhunku rinvovazhnogo realnoho valiutnoho kursu / Ya. V. Belinska // Aktualni problemy ekonomiky (Current problems of the economy). — 2003. — № 3. — P. 20–28. [in Ukrainian].
8. Achelis Steven B., Technical Analysis from A to Z / Achelis S.B. — 2013. — 400 p.
9. Borsellino Lewis, The Day Trader: From the Pit to the PC / Borsellino L. — 1999. — 256 p.
10. Williams Bill, Trading Chaos: Maximize Profits with Proven Technical Techniques / Williams B. — 2004. — 228 p.
11. Grimes Adam, The Art and Science of Trading: Course Workbook / Grimes A. — 2018. — 488 p.

12. Shariff Salman, Forex Strategies and Concepts Simplified with Infographics: Infographical Forex / Shariff S. — 2015. — 150 p.
13. Schwager Jack D., Schwager on Futures: Technical Analysis / Schwager J.D. — 1995. — 775 p.
14. Operation Overloading: MQL5 Reference / MetaQuotes Ltd. — <https://www.mql5.com/en/docs/basis/function/operationoverload>

Статтю подано до редакції 26.02.2019 р.

УДК 519.22

DOI: 10.33111/mise.97.13

Джалладова І. А., д.ф.-м.н., професор кафедри
комп'ютерної математики
та інформаційної безпеки,

Андрущенко Я. В.,

студентка 4 курсу, Інститут інформаційних технологій в економіці,
Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана

Dzhalladova I. A., Doctor of Physics and Mathematics,
Professor of the Computer Mathematics
and Information Security Department,

Andrushchenko Y. V.,

4rd year Student at the «Cybersecurity» speciality,
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ СТАТИСТИЧНОГО СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

ELEMENTS OF THE THEORY OF STATISTICAL SYNTHESIS OF OPTIMAL RADIOTECHNICAL DEVICES

Анотація: Дана робота зосереджена на з'ясуванні основних функцій і властивостей статистичного синтезу оптимальних радіотехнічних пристроїв. Пояснення понять «ідентифікація» «статистичний синтез» і «статистичний аналіз», «кореляційний аналіз» і «кореляційна функція». Наведення основних теоретичних відомостей і прикладів формування основних задач, які допоможуть засвоїти дану тему.

Для досягнення мети роботи потрібно вирішити такі завдання:

- дослідити основні елементи теорії статистичного синтезу та аналізу;
- розглянути основні типи задач, що вирішуються у цій галузі радіотехніки;
- розглянути узагальнений приклад задачі з дослідження властивостей радіосигналів.

Об'єктом дослідження виступає теорія ідентифікації та її напрям статистичний аналіз оптимальних радіотехнічних пристроїв.

Предметом дослідження є статистичний аналіз та синтез, радіотехнічні пристрої та основні задачі, що вирішуються в цій темі.

Одним з основних напрямків науково-технічного прогресу в області теорії і проектування радіотехнічних систем і пристроїв є розробка нових