

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім.Г.В.КАРПЕНКА

На правах рукопису.

КАВАЦЕР ОЛЕКСАНДР РОМАНОВИЧ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ
ПРИ ОЦІНЮВАННІ ГІСТОГРАМ

Спеціальність 06.11.16 - Інформаційно-вимірювальні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 1993

Ім. В. Стефаника
АН України

Робота виконана в Фізико-механічному інституті
ім.Г.В.Карпенка АН України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Беленький Я.Ю.

Офіційні споненти: доктор технічних наук, ст.н.с.
Владіміров В.Д.
(ДНДІ "Система", м.Львів)

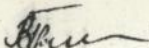
кандидат технічних наук, ст.н.с.
Тетерко А.Я.
(СМІ АН України, м.Львів)

Провідна установа - Львівський науково-дослідний
радіо технічний інститут (м.Львів)

Захист відбудеться "15" 06 1993 р. о 15 год. на
засіданні спеціалізованої вченої ради К.016.42.02 по
присудженню вченого ступеня кандидата технічних наук в Фізико-
механічному інституті ім.Г.В.Карпенка АН України за адресою
290601, м.Львів, вул.Наукова, 5.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Фізико-
механічного інституту ім.Г.В.Карпенка АН України.

Автореферат розісланий "10" 05 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради  В.Д.Погребенник

ЛНБ України ім.В.Стефаніка
00814163 (N)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність проблеми. В наш час при обробці експериментальних даних широке застосування набули статистичні методи. Їх роль суттєво зростає в зв'язку з постійним удосконалюванням техніки досліджень, значним збільшенням об'ємів інформації, що обробляється, підвищенням вимог до якості результатів експерименту і, що особливо важливо, з широким впровадженням засобів обчислювальної техніки, яка стає невід'ємною складовою сучасних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС).

Крім того, в умовах постійно зростаючих вимог до вимірювальної техніки щодо поліпшення точності, швидкодії та інших параметрів ВС на перший план виступають вимоги підвищення ефективності їх функціонування. Причому, особливо жорсткі вимоги ставляться до ІВС з великими об'ємами інформації, що обробляється, до яких, зокрема, відносяться ВС з статистичною обробкою даних.

Особливе місце серед них займають системи, які дозволяють досліджувати функції розподілу випадкового процесу (або випадкової величини), а також отримувати статистичні оцінки щільності розподілу імовірності. Це пояснюється тим, що функція щільності розподілу імовірності в деякому розумінні є універсальною, базовою оцінкою процесу, на підставі якої можна отримати оцінки цілого ряду інших імовірносних характеристик (математичне сподівання, дисперсія, моменти більш високих порядків та ін.). Крім того, на підставі аналізу функції щільності розподілу імовірності приймаються рішення в сільності критеріїв оцінки статистичних гіпотез. Інтенсивний розвиток в останній час нетрадиційних методів статистичного аналізу ("бутстреп" та ін.), що використовують як елемент аналізу випадкового процесу статистичні оцінки розподілу імовірності самого досліджуваного процесу, також підтверджує важливість визначення вказаних статистичних характеристик.

Таким чином, питання підвищення ефективності

функціонування ІВС, що дозволяють отримувати статистичні оцінки функції щільності розподілу імовірності, а, зокрема, питання підвищення їх точності, швидкодії та розділювальної здатності набувають особливого значення. Методи побудови гістограмних оцінок щільності розподілу імовірності займають важливе місце серед непараметричних методів оцінювання внаслідок своєї універсальності та простоти реалізації.

Відомо багато досліджень, присвячених побудові статистичних оцінок характеристик випадкових процесів, серед яких ряд робіт присвячений аналізу якості і ефективності методів і алгоритмів статистичної обробки виміральної інформації, зокрема, методів отримання оцінок щільності розподілу імовірності. Тут необхідно відмітити роботи Цветкова Е.І., Губарева В.В., Кулікова Є.І., в яких поданий всесторонній аналіз методів та алгоритмів статистичних вимірювань, в тому числі і алгоритмів оцінювання функції щільності розподілу імовірності, досліджені структура похибки та різноманітні оцінки їх якості. В роботах закордонних дослідників розглядаються точність та збіжність алгоритмів оцінювання для різноманітних критеріїв якості оцінок, пропонується також ряд удосконалень та модифікацій гістограмних методів оцінювання. Роботи А.В.Блохіна, Є.І.Кулікова, Г.Я.Мірського присвячені методам розробки та побудови ІВС, що дозволяють отримувати оцінки статистичних характеристик випадкових процесів, і розглядають, в основному, конкретні апаратурні реалізації.

Проте питання визначення впливу точності ІВС, її швидкодії та інших метрологічних характеристик на якість сформованих оцінок, а тим самим ефективності функціонування ІВС при побудові гістограмних оцінок, є недостатньо вивченими. Рішення проблеми розробки та дослідження методів аналізу ІВС при побудові гістограм, вивчення їх граничних можливостей, а також шляхів підвищення ефективності їх функціонування дозволять суттєво покращити якість статистичних оцінок.

Мета дисертаційної роботи - підвищення ефективності ІВС, що оцінюють гістограми; ця мета досягається розробкою методу побудови узагальненої оцінки ефективності функціонування

системи у вигляді функції невизначеності, а також методу корекції взаємного впливу інформативних ознак гістограми.

Для досягнення вказаної мети необхідно було вирішити основні наукові задачі досліджень, суть яких полягає у наступному:

- розробка топологічної моделі досліджуваної емпіричної системи та вимірвальної процедури, яка забезпечує можливість здійснення вимірвальної процедури і узгодження приладу та емпіричної системи при побудові гістограм;

- розробка математичної моделі функціонального простору гістограмних оцінок, визначення його базису і метрики;

- встановлення взаємозв'язку базису інформативних ознак з дискретною топологією, яка визначається вимірвальною системою;

- виявлення залежності взаємного впливу інформативних ознак гістограми від дискретної топології, що формується ІВС;

- розробка методів побудови функціональних залежностей, що дають узагальнену оцінку процедури оцінювання та характеризують граничні можливості ІВС;

- дослідження можливостей підвищення ефективності ВС при побудові гістограмних оцінок шляхом корекції взаємного впливу інформативних ознак.

Методи дослідження. В роботі використовуються апарат функціонального аналізу, загальної топології, теорії випадкових процесів і математичної статистики, а також основні положення теорії вимірвань.

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

- запропонована математична модель досліджуваної емпіричної системи та вимірвального приладу, сформульовані основні умови вимірності параметрів гістограм;

- запропонована модель функціонального простору гістограм, базисом якого є сукупність інформативних ознак; введені поняття амплітудної, ознакової та часової мір процедури побудови гістограмної оцінки;

- розглянуто побудову гістограмної оцінки розподілу імовірності як вимірвальну процедуру; на основі тонкої структури функції взаємного впливу інформативних ознак

побудована функція невизначеності, яка описує граничні можливості ІВС при заданій похибці вимірювань при побудові гістограмних оцінок;

- запропоновано метод підвищення ефективності функціонування ІВС шляхом корекції взаємного впливу інформативних ознак гістограми, а також визначені умови його застосування.

Практична цінність. Побудована на основі запропонованої моделі процедури побудови гістограмних оцінок функція невизначеності, яка, відображаючи взаємозв'язок основних метрологічних характеристик ІВС, дозволяє здійснити аналіз якості та ефективності її функціонування. Крім того, функція невизначеності дає змогу виявити граничні можливості даної виміральної системи при побудові гістограмних оцінок розподілу імовірності, вибрати оптимальний режим реалізації процедури оцінювання, а також визначити умови узгодження різних вузлів та блоків ІВС. На основі інформації про тонку структуру функції взаємного впливу інформативних ознак гістограми стає можливою корекція взаємного впливу, що дозволяє підвищити ефективність роботи ІВС. В той же час дослідження тонкої структури взаємного впливу інформативних ознак ІВС дозволяє визначити функцію щільності розподілу і вірності узагальненої завади, яка формується в процесі вимірювань. Розроблені методи були використані при розробці блоку математичної обробки системи ІХР-01 та програмного забезпечення системи "Размер", які було впроваджено на науково-дослідних судах Мініобробу СРСР.

Дисертаційна робота виконана в рамках Комплексної програми метрологічного забезпечення ІВС та АСУ ТП в галузях народного господарства (поз. 01.02.08) та бюджетних робіт ФМІ АН України по темі РБ-27/240 (шифр 1.13.1.3) "Дослідження і розробка методів побудови і оптимізації багатоканальних систем обробки інформації для виявлення тонкої структури полів різної фізичної природи на базі спеціалізованих процесорів" та РБ-27/358 (шифр 1.13.1.2; 1.6.2.5) "Дослідження та розробка методів, технічних засобів та алгоритмів виділення інформаційних сигналів в середовищах з великим рівнем

структурних шумів".

Апробація роботи. Основні наукові результати та окремі положення дисертаційної роботи доповідались на 4 науково-технічних конференціях, в тому числі: на VII Всесоюзній науково-технічній конференції ІВС-85 (Вінниця, 1985 р.), Всесоюзній конференції по системним дослідженням (Львів, 1990 р.), III Всесоюзній конференції "Метрологічне забезпечення ІВС та АСУ ТП" (Львів, 1990 р.).

Публікації. По темі дисертаційної роботи надруковано 9 робіт, в тому числі 4 статті.

Структура та об'єм дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох глав та заключної частини, що викладені на 147 сторінках, в тому числі 28 рисунків, списку літератури, що складається з 67 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дисертаційної роботи обґрунтована актуальність вирішеної задачі, сформульовано мету роботи та коротко викладені основні результати.

В першій главі побудована математична модель простору гістограм як лінійного функціонального простору, розглянуто можливості його нормування, побудована топологічна модель виміральної процедури.

Гістограма розглядається у вигляді вектору

$$\vec{a} = \sum_{i=1}^N a_i \cdot \vec{\bar{n}}_i,$$

що є елементом деякого лінійного простору L , базис якого $\{\vec{\bar{n}}_i\}$ являє собою сукупність інтервалів гістограми, а величини a_i - характеризують координати гістограми-вектора a_i у просторі L . Як елементи функціонального простору $\vec{\bar{n}}_i$ можуть бути представлені у вигляді rect-функцій $n_i(\Omega)$, де Ω - параметр, по якому будується гістограма.

Як запропоновано у роботах професора Я.Д.Баленького, базис $\{\bar{n}\}$ названо інформативними ознаками гістограми, а a_i - характеристиками. При цьому зміст виміральної процедури полягає у визначенні сукупності характеристик інформативних ознак вектору $\bar{a} = (a_1, a_2, \dots, a_N)$.

У просторі гістограм L , запропоновано використання квадратичної норми

$$|\bar{a}| = \left[\sum_{i=1}^N a_i^2 \right]^{0.5},$$

внаслідок того, що вона може бути породжена деяким скалярним добутком у просторі L , за допомогою якого ортогональним проектуванням гістограми-вектору \bar{a} на базис інформативних ознак можуть бути визначені характеристики a_i .

Клас сигналів, що розглядається, обмежений умовами стаціонарності та ергодичності досліджуваного випадкового процесу по відношенню до гістограмних оцінок функції щільності розподілу імовірності. Встановлено умови ергодичності та запропоновано поширити клас сигналів, розглядаючи також локально-стаціонарні випадкові процеси.

Запропоновано інтегральну середньоквадратичну оцінку якості отриманої гістограми D_T :

$$D_T = \sum_{i=1}^N D_T[P_i^*],$$

де P_i^* - статистична оцінка імовірності P_i , відповідаючої i -му інтервалу гістограми; $D_T[P_i^*]$ - дисперсія цієї оцінки за час усереднення T ; N - кількість інтервалів гістограми.

Показано, що однією з принципівих перешкод для досягнення дисперсією D_T рівня нижче необхідного є локальна нестаціонарність досліджуваного процесу, яка обумовлена низькочастотними складовими.

Досліджено топологічні властивості процедури вимірювань

/1/, яка математично описується у вигляді гомоморфічного відображення емпіричної системи W множини елементів, що утворюють вимірювану величину, на множину числових значень функціоналу, що описує дані вимірювання. Показано, що емпірична система має задовільняти ряду вимог, основною з яких є метризованість.

Розроблено топологічну модель емпіричної системи, яка базується на виділенні серед множини класів толерантності в W диз'юнктної підмножини, що утворює відношення еквівалентності E серед елементів W . Канонічне відображення $W \rightarrow W/E$ дозволяє сформувати в W/E дискретну топологію, яка задовільняє усім вимогам метризованості. Це дає змогу побудувати гомоморфне відображення (шкалу) W на деяку підмножину раціональних чисел, причому дане відображення утворює функціонал, що реалізується вимірювальним приладом або системою при вимірюваннях.

При побудові гістограмної оцінки ІВС формує відношення толерантності, а отже і невизначеності вимірювання, по досліджуваному параметру μ_{Ω} (величина інтервала гістограми), по часі μ_T (час усереднення) та амплітуді μ_A (точність побудованої оцінки). Це зумовлює розгляд вимірювальної процедури із сукупним врахуванням усіх вказаних невизначеностей.

Друга глава присвячена дослідженню спотворення базису $\{\bar{p}_t\}$ інформативних ознак, внаслідок їх взаємного впливу, який описується функцією взаємного впливу інформативних ознак гістограми.

Розглянуто структуру похибок, що виникають при вимірюваннях гістограм, запропоновану у роботах Е.І.Цветкова. Показано, що похибку статистичних вимірювань при побудові гістограм можна розглядати як похибку, яка викликана неідеальністю реалізації операторів, що визначають алгоритми отримання характеристик інформативних ознак гістограми.

Показано, що вплив спотворюючих факторів на досліджуваний процес $\xi(t)$ може бути еквівалентно представлений як спотворення ортогонального базису $\{\bar{p}_t\}$ в деякий неортогональний базис $\{\tilde{p}_t\}$, який названий квазіортогональним. Досліджено випадок, коли цей вплив можна записати у вигляді

$$\xi'(t) = \zeta(t) \cdot \xi(t) + \eta(t).$$

де $\eta(t)$ та $\zeta(t)$ - відповідно адитивно та мультиплікативно впливаючі на досліджуваний процес $\xi(t)$ стаціонарні випадкові процеси.

Спостереження функціонального представлення $\bar{n}_t(\Omega)$ адитивно і мультиплікативно впливаючими стаціонарними випадковими процесами можна записати як

$$\bar{n}_t(\Omega) = \int_{\Omega_1, \Omega_2} p_{\zeta} \left(\frac{\Omega_2}{\Omega} \right) \cdot p_{\eta}(\Omega_1, \Omega_2) \cdot d\Omega_2 \cdot n_t(\Omega_1) \cdot d\Omega_1,$$

де p_{η} і p_{ζ} - функції щільності розподілу імовірності випадкових процесів $\eta(t)$ і $\zeta(t)$.

Часткова неупорядкованість елементів вихідної емпіричної системи, що приводить до порушення ортогональності базису $\{\bar{n}_t\}$ інформативних ознак гістограми, деформує $\{\bar{n}_t\}$ в деякий базис $\{n_t\}$, елементи якого можуть бути представлені у вигляді

$$\bar{n}_t = \sum_{j=1}^N Q_{jt} \cdot n_j,$$

де Q_{jt} - функція взаємного впливу інформативної ознаки n_j на \bar{n}_t . Матриця Q , що описує функцій взаємного впливу є стохастичною.

Гістограма, одержана при вимірюваннях буде мати вигляд

$$\bar{a} = \sum_{j=1}^N a_j \cdot \bar{n}_j = \sum_{t=1}^N \bar{n}_t \cdot \sum_{j=1}^N r_{jt} \cdot a_j,$$

де a - характеристики, що відповідають елементам квазіортогонального базису $\{n_j\}$.

Показано, що з метою більш детального вивчення взаємного

впливу інформативних ознак необхідно дослідити його тонку структуру, а саме, здійснити виділення гранично можливих для даної ІВС інформативних ознак і розглянути функцію взаємного впливу для даної тонкої структури /6/. Функція взаємного впливу для будь-якої більш грубої структури інформативних ознак визначається взаємним впливом у тонкій структурі, а це обумовлює функціональне представлення квазіортогонального базису інформативних ознак у грубій структурі. Дане функціональне представлення відображає тонку структуру функції взаємного впливу.

Показано, що

$$\tilde{n}_i = \sum_{l=1}^N \bar{m}_l \sum_{j=1}^N q_{jl} \cdot f_l(j),$$

де $\{\bar{m}_l\}$ - ортогональний базис тонкої топології інформативних ознак; N_T - розмірність базису $\{\bar{m}_l\}$; q_{jl} - функція взаємного впливу інформативних ознак тонкої топології; $f_l(j)$ - функція-індикатор належності \bar{m}_j до \bar{m}_l .

Крім того, функції взаємного впливу інформативних ознак грубої топології можна визначити як

$$Q_{ij} = \frac{1}{\mu_{\Omega}} \sum_{k=1}^{N_T} \sum_{l=1}^{N_T} q_{kl} \cdot f_i(k) \cdot f_j(l),$$

де μ_{Ω} - кількість інтервалів тонкої топології, що містить в собі один інтервал грубої топології.

Розглянуто метод експериментального визначення тонкої структури функції взаємного впливу інформативних ознак /4/, який базується на дослідженні гістограм, що будуть отримані за допомогою даної ІВС після подачі на її вхід спеціальної послідовності детермінованих тестових сигналів.

В третьій главі розглянуто методи побудови функції невизначеності ІВС при побудові гістограм /7/ як узагальненої характеристики, що дозволяє встановити взаємозв'язок та можливість взаємообміну між невизначеностями, які виникають в

процесі вимірювань; досліджено метод корекції взаємного впливу інформативних ознак, розглянуто умови доцільності його використання.

На підставі аналізу тонкої структури функції взаємного впливу інформативних ознак визначено зміщення оцінки характеристики i -ої інформативної ознаки, яке складає

$$\sigma_i = \frac{1}{\mu_{\Omega}} \sum_{j=J_i^K}^{J_i^K} \left[\sum_{l=I_{i-1}^K}^{I_{i-1}^K} q_{j,l} + \sum_{l=I_{i+1}^K}^{I_{i+1}^K} q_{j,l} \right].$$

де J_i^K, J_i^K - відповідно початковий та кінцевий індекси \bar{m}_j , що відповідають \bar{n}_i . Для випадку інваріантної до зсуву функції взаємного впливу

$$\sigma = \frac{1}{\mu_{\Omega}} \cdot \left[\sum_{j=1}^{-1} \sum_{l=1}^j q(l) + \sum_{j=1}^{l''} \sum_{l=j}^{l''} q(l) \right],$$

де l', l'' - індекси \bar{m}_1 , що відповідають нижній та верхній границям функції $q(l)$.

Враховуючи дисперсійність оцінки, яку можна визначити як

$$\sigma_i^2 = \frac{Q_{i,i} \cdot (1 - Q_{i,i})}{\mu_T}.$$

побудовано функцію невизначеності для характеристики i -ої інформативної ознаки гістограми

$$\mu_{A_i} = \left[\frac{A_i}{\mu_T \cdot \mu_{\Omega}} + \frac{A_i^2 \cdot (\mu_T - 1)}{\mu_T \cdot \mu_{\Omega}^2} \right]^{0.5}.$$

де A_i - деяка величина, що вираховується з функції взаємного впливу для даного значення μ_{Ω} і характеризує ІВС.

Побудована функція невизначеності може служити

узагальнюючою характеристикою ефективності функціонування ІВС при визначенні характеристики t -ої інформативної ознаки гістограми, оскільки встановлює взаємозв'язок між усіма невизначеностями, що виникають при побудові оцінки.

Показано, що значний вплив на характер функції невизначеності мають кореляційні властивості досліджуваного процесу. Встановлено зв'язок між дисперсією гістограмною оцінки та кореляційною функцією досліджуваного випадкового процесу. Як приклад, побудовано функції невизначеності для гаусівського випадкового процесу з кореляційною функцією, що має вигляд $R(\tau) = \exp(-\alpha|\tau|)$, для значень $\alpha T_{II} = 0,1; 1,0; \infty$ (відсутність кореляції), де T_{II} - період дискретизації досліджуваного процесу. Для цих самих значень αT_{II} розглянуто побудову функцій невизначеності для яких в якості амплітудної невизначеності виступає коефіцієнт варіації оцінки, аналогічний відносній похибці вимірювань. Показано, що зменшення корельованості вибірки приводить до зниження амплітудної невизначеності побудованої оцінки.

Використання при оцінюванні дисперсії оцінки $D_T[P_t^*]$ власне отриманої при вимірюванні величини P_t^* вимагає врахування надійної імовірності та надійного інтервалу при посиленні на дану дисперсію. Побудовано залежність величини надійного інтервалу від P_t^* та μ_T .

Показано, що функція невизначеності, яка в загальному випадку може бути записана як

$$\mu_A = \left[\sum_{t=1}^N \left[\sum_{j=1}^N q_{jt} \alpha_j - \alpha_t \right] + \frac{1}{\mu_T} \left[1 - \sum_{t=1}^N \alpha_t^2 \right] \right]^{0.5}$$

характеризує інструментальну похибку даної ІВС при оцінці похибки у вигляді середньоквадратичного відхилення для сумарної дисперсії гістограми.

Зміщення оцінок характеристик інформативних ознак, яке виникає внаслідок їх взаємного впливу, може бути зкомпенсоване /8/ шляхом рішення системи лінійних рівнянь

$$\tilde{a} = Q \cdot \bar{a},$$

де \tilde{a} - гістограма-вектор, отримана в результаті вимірювань; Q - функція взаємного впливу інформативних ознак; \bar{a} - гістограма вектор із екомпенсованими зміщеннями характеристик.

Оскільки значення елементів \tilde{a} та Q мають певну похибку, обумовлену, зокрема, скінченим обсягом виборки, точність рішення даної системи рівнянь залежить від обумовленості матриці Q . Це обмежує доцільність компенсації зміщень оцінок умовою

$$\gamma < \beta',$$

де γ - відносна похибка визначення значень елементів вектору \bar{a} після рішення системи рівнянь з врахуванням обумовленості матриці Q , β' - відносна похибка отриманих після вимірювань значень елементів вектору \tilde{a} при наявності зміщень отриманих оцінок.

У випадку, коли відносна похибка визначення коефіцієнтів матриці взаємного впливу Q значно менша похибки визначення елементів \tilde{a} , умова доцільності корекції взаємного впливу інформативних ознак гістограми приймає вигляд

$$\sigma^2(Q) < 1 + \frac{\sum_{i=1}^N \delta_i^2}{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2},$$

де $c(Q)$ - число обумовленості матриці Q в спектральній нормі, яке дорівнює відношенню найбільшого і найменшого сингулярних чисел матриці $S=QQ^T$; δ_i - зміщення оцінки i -го елементу \tilde{a} внаслідок взаємного впливу інформативних ознак; σ_i - середньоквадратичне відхилення оцінки i -го елементу \tilde{a} .

Скориставшись теоремою Гершгоріна з метою оцінки числа обумовленості $c(Q)$, для інваріантної до зсуву функції

взаємного впливу умову доцільності корекції можна вписати як

$$\frac{1}{2 \cdot \sum_{l=1}^N Q^2(l)-1} < 1 + \mu_T \cdot \frac{\sum_{l=1}^N \left(\sum_{j=1-N}^N Q(j-l) \cdot a_j - a_l \right)^2}{1 - \sum_{l=1}^N a_l^2}$$

де a_i - i -ий елемент вектору \tilde{a} .

З іншого боку, необхідно обмежити доцільність корекції взаємного впливу інформативних ознак, обумовлюючи граничне відношення сумарних зм'ячення та дисперсійності оцінок

$$\frac{\sum_{l=1}^N \sigma_l^2}{\sum_{l=1}^N \sigma_l^2} > \chi$$

де величина χ визначається емпірично з врахуванням "обчислювальних витрат" на проведення корекції.

Доцільність корекції взаємного впливу інформативних ознак при побудові гістограмних оцінок залежить як від метрологічних характеристик μ_Q і μ_T , так і від вигляду самої гістограми і може бути перевірена в процесі її накопичення. Проведений аналіз дозволяє встановити граничні можливості ІВС при оцінюванні гістограми розподілу імовірності випадкового процесу в залежності від її метрологічних характеристик. Він встановлює взаємозв'язок таких метрологічних характеристик, як μ_Q , μ_T та μ_A , можливості виділення тонкої структури розподілу імовірності, а також "обмінні процеси" при спробах поліпшити одну з вказаних характеристик. При цьому граничні можливості виділення тонкої структури щільності розподілу описуються

функцією невизначеності, що відповідає даній ІВС.

Основним обмежувачим фактором при поліпшенні μ_{Ω} , μ_T і μ_A є взаємний вплив інформативних ознак гістограми. В тих випадках, коли вдається теоретично або емпірично дослідити ус- спотворюючі гістограму фактори виникає можливість корекції спотворень. При цьому граничні структури гістограми, що можуть бути виділені за допомогою корекції також визначаються структурою функції взаємного впливу.

В четвертій главі коротко розглянуто результати практичного застосування методів побудови ІВС для оцінювання гістограм.

Розроблено адаптивний статистичний аналізатор, який в процесі накопичення гістограм дозволяє оцінювати сумарну дисперсію отриманої гістограми і припинити процес накопичення при умові, якщо здобута дисперсія оцінки стане менше попередньо заданої або буде досягнуто вказаний обсяг виборки. Даний статистичний аналізатор може застосовуватись в умовах, коли можливе порушення стаціонарності досліджуваного процесу і є необхідність припинити накопичення гістограми при досягненні необхідної точності оцінки.

В складі системи ИХР-01 розроблено блок математичної обробки на базі мікропроцесорної серії КР680 /2,5/ та програмне забезпечення до нього /3/, яке дозволяє після селекції корисного сигналу від двох каналів приймача системи та його відповідної обробки за одним з чотирьох можливих алгоритмів побудувати гістограми розподілу акустичної сили цілі за піковими та середньоквадратичними значеннями енергії відбитої акустичної хвилі. При розробці програмного забезпечення бул враховані отримані результати аналізу функції взаємного впливу інформативних ознак гістограми, що будується, і це дало змогу вибрати оптимальне значення інтервалу гістограми, яке може бути отримане даною ІВС.

Жорстка логіка, за якою було побудоване програмне забезпечення системи ИХР-01, не давала можливості змінювати величину інтервалу гістограми в залежності від об'єму отриманої виборки та здійснювати корекцію взаємного впливу інформативних ознак гістограми. Розроблена система "Размер",

апаратна частина якої базується на серійній судовій акустичній станції "Сарган", підсилювачі УСОД та персональній ЕОМ ДБК-3, за рахунок розробленого відповідного програмного забезпечення має можливість подолати обмеження, що існують в системі ІХР-01.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Під виконанням даної роботи були отримані наступні основні результати:

1. Запропонована топологічна модель виміральної процедури, визначені основні умови вимірності.

2. Розроблена математична модель простору гістограм як лінійного функціонального простору, базисом якого є сукупність квазіортогональних інформативних ознак гістограми; координатами гістограми в даному просторі є характеристики інформативних ознак.

3. Показано, що порушення ортогональності базису інформативних ознак зумовлене їх взаємним впливом, який викликаний як наявністю внутрішніх шумів, так і неідеальністю реалізації процедури оцінювання гістограми.

4. Розроблено принципи побудови на основі аналізу взаємного впливу інформативних ознак гістограми функції невизначеності ІВС як узагальненої метрологічної характеристики при оцінюванні ефективності функціонування ІВС. Функція невизначеності встановлює взаємозв'язок основних метрологічних характеристик ІВС, характеризує її граничні можливості.

5. Розроблено метод підвищення ефективності функціонування ІВС шляхом корекції взаємного впливу інформативних ознак, досліджено можливості цього методу, а також умови доцільності його застосування.

6. Запропоновані методи оцінки та підвищення ефективності ІВС при побудові гістограм дозволили розробити принципи функціонування адаптивного статистичного аналізатора щільності розподілу імовірності, а також для ІВС оцінювання розмірного ряду біоб'єктів у водному середовищі, оцінити їх ефективність

їх функціонування та дослідити можливість її підвищення.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ, ЩО РОЗКРИВАЮТЬ ЗМІСТ РОБОТИ

1. Беленький Я.Е., Казацкер А.Р. Топологические свойства процесса измерений // Отбор и передача информации. - Киев: Наукова думка.- Вып.71.- 1985.- С.99-104.

2. Беленький Я.Е., Казацкер А.Р. А.устическая ИИС с прямым доступом в память микропроцессора // УП Всесоюзная научно-техническая конференция ИИС-85: Тез.докл.- Винница,1985.- С.154.

3. Беленький Я.Е., Казацкер А.Р. Програмное обеспечение микропроцессорной системы измерителя характеристик обратного акустического рассеяния промышленных объектов // Всесоюзная конференция по системным исследованиям: Сб.докл. Ч.1: Методы и средства повышения эффективности применения средств микропроцессорной техники, микро-ЭВМ и персональных ЭВМ на их основе.- Львов,1986.

4. Беленький Я.Е., Казацкер А.Р. Экспериментальное определение функции взаимного влияния информативных признаков в микропроцессорной системе // Всесоюзная конференция по системным исследованиям: Сб.докл. Ч.1: Методы и средства повышения эффективности применения средств микропроцессорной техники, микро-ЭВМ и персональных ЭВМ на их основе.- Львов, 1986.

5. Казацкер А.Р., Смелянский Д.С. Микропроцессорная система для измерения характеристик обратного акустического сечения рассеяния // Приборы и средства автоматизации и системы управления.- Вып.6,7,8.- 1986.- С.73.

6. Беленький Я.Е., Казацкер А.Р. Функция влияния информативных признаков при построении гистограмм // Теоретические и прикладные исследования в области системных измерений: Сб.тр.ВНИИМИУС.- Львов,1987.- С.44-52.

7. Беленький Я.Е., Казацкер А.Р. Функция неопределенности системы измерения гистограмм // Отбор и обработка информации.- Киев: Наукова думка.- Вып.4(80).- 1989.- С.99-106.

8. Казацкер А.Р. Метрологические характеристики ИИС при

III Всесоюзная конференция "Метрологическое обеспечение ИИС и АСУ ТП": Сб. докл. - Львов, 1990. - С. 70-71.

9. Беленький Я.Е., Козацкий А.Р., Евтух П.С., Иванчик В.Г. Автоматический контроль метрологических характеристик измерительных каналов в многоканальных ИИС // III Всесоюзная конференция "Метрологическое обеспечение ИИС и АСУ ТП": Сб. докл. - Львов, 1990. - С. 163-164.

Особистий вклад. В роботах, що написані у співавторстві, автору дисертаційної роботи належить:

в роботах /2,5/ - розробка принципів роботи та схемні рішення ІВС; в роботах /3,9/ - розробка алгоритмів та програмного забезпечення ІВС. В роботах /1,4,6,7/ співавтори брали рівну участь.



Підписано за підписом
Львів, 1990 р.

Львівський державний університет імені Івана Франка

