

УДК: 623.396

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2018.83.0.100

АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ У ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ З ШУМОПОДІБНИМ СИГНАЛОМ

Богатов О. І., Попов В. М., ХНАДУ,
Чумак Б. О., Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Анотація. Розглянуто джерела аномальних похибок вимірювань параметрів руху об'єктів в інформаційно-вимірвальних системах із шумоподібними сигналами. Виявлено імовірність появи аномальних вимірів за рахунок впливу оцінок координат точок максимуму завадових викидів функції правдоподібності.

Ключові слова: аномальні вимірювання, похибка вимірювання, інформаційно-вимірвальна система, широкосмуговий сигнал, шумоподібний сигнал.

Вступ

Шумоподібні сигнали (ШПС) – це сигнали у яких результат перемноження ширини спектра F на тривалість T (база сигналу – $B = F \times T$) багато більше одиниці. Відомі гідності шумоподібних сигналів, такі як можливість поділу каналів передачі даних за кодовою ознакою, висока стійкість до багатопроменевого поширення, а також висока роздільна здатність при радіолокаційних і навігаційних вимірах визначили їх використання в різних системах.

Вони широко застосовуються для передачі корисної інформації та забезпечення синхронізації. На застосуванні ШПС оснований побудову багатьох систем: зв'язку з рухомими об'єктами, управління космічними апаратами, радіолокації та радіонавігації.

У наш час спостерігається швидке зростання числа комплексів і систем управління та зв'язку, обсягу переданої ними інформації, що накладає жорсткі вимоги як до методів передачі інформації, так і до характеристик пристроїв її обробки. Розвиток мікроелектроніки, створення елементної бази з надвеликим ступенем інтеграції привели в наш час до широкого використання цифрових технологій при передачі й обробці інформації в радіотехнічних, телеметричних системах і системах зв'язку. Особливістю цифрових систем передачі інформації (СПІ) є широке використання складних сигналів, що забезпечують можливість адресної передачі й вибору абонентом потрібного сигналу в умовах багатостанційного (довільного) доступу, прихованості роботи СПІ, підвищеної завадостійкості до навмисних перешкод і ефективного використання каналів зв'язку.

Іншим актуальним завданням, що вимагає вирішення, є підвищення рівня конфіденційності інформації, що передається по радіоканалу. Вимога підвищення ступеня захисту інформації найгостріше постала в сучасних умовах. Забезпечення інформаційної безпеки каналів збору інформації стає ще більш актуальним в рамках декларованої програми посилення антитерористичної діяльності. В умовах посилення конкурентної боротьби зростає роль захисту інформації в радіоканалах, що використовуються комерційними структурами.

Дослідження і підвищення завадостійкості систем, які використовують ШПС, є важливим завданням, тому що від цього залежить якість роботи багатьох систем: GPS, ГЛОНАСС, Galileo, закритих каналів передачі інформації, радіолокації, управління космічними і літальними апаратами та ін. Від завадостійкості таких каналів залежить вірогідність правильного виявлення сигналів (помилкової тривоги), які й визначають якість роботи і безпеку різних систем.

Аналіз публікацій

Теорія ШПС, а саме – їх побудова, синтез методів, алгоритмів і пристроїв обробки досить широкого поширення набули з середини 20-го століття. Загальна теорія досить детально викладена в роботах В.Б. Пестрякова, В.П. Афанасьєва, В.Л. Гурвіча, А.І. Алексєєва, Н.І. Смирнова, Уідрю [1–6]. Добре відомі й широко використовуються ШПС – лінійні рекурентні послідовності максимального періоду, окремим випадком яких є послідовності Хаффмена або M-послідовності.

Простота їх формування і добрі кореляційні властивості зумовили впровадження

сигналів у системи і комплекси управління, зв'язку, радіолокації та радіонавігації [1, 2]. Застосування ШПС з великою базою дозволяє підвищити надійність систем управління і зв'язку та збільшити роздільну здатність по відстані в системах виміру дальності [1, 2, 5, 6]. Однак при пошуку ШПС з великою базою виникає ряд проблем, пов'язаних з мінімізацією часу входження в кодовий синхронізм. Серед методів пошуку і синхронізації ШПС, які не потребують окремого еталону часу (що дозволяє безпосередньо визначити затримку сигналу за часом) мінімальний час синхронізації при малих відносинах сигнал / шум, мають методи паралельного аналізу сигналу з використанням багатоканальних кореляторів або узгоджених фільтрів, які розроблені в [1, 2, 5–7].

Названі вище методи розроблялися стосовно до задачі обробки сигналу на тлі ідеалізованої перешкоди – білого шуму і не враховують взаємовпливу використовуваних в СПП сигналів. Так, стійкість багатоканальних пристроїв на основі кореляторів падає за одночасної наявності на вході декількох сигналів [1, 2, 5, 6]. Відомі оптимальні методи обробки сигналів за наявності перешкод від декількох абонентів складні в реалізації й описані [8, 9].

Однак у багатьох випадках на вході приймального пристрою діють негауссівські перешкоди різного виду і потужності. Крім перешкод природного походження – атмосферних і космічних шумів, в СПП наявні взаємні (системні) перешкоди, поява яких обумовлена квазіортогональністю використовуваних сигналів. Можуть спостерігатися також вузькосмугові радіо перешкоди від різних радіопристроїв, які працюють у загальному із системою зв'язку частотному діапазоні, і штучні перешкоди (постановочні), які створюють для придушення джерела інформації і мають значну потужність [1, 5, 6]. Оцінка надійності роботи СПП в умовах дії внутрішніх (системних) або зовнішніх (природних або навмисних) перешкод можлива на основі загальносистемного підходу [1, 2, 5, 6, 10–12]. В [5, 6] показано, що для СПП з ШПС найбільш небезпечними є потужні гармонійні перешкоди і перешкоди, які схожі за структурою з корисним сигналом – подібні перешкоди.

Розробка оптимальних пристроїв в системах передачі інформації й управління, які працюють в умовах дії негауссівських вузькосмугових і структурних перешкод, призво-

дить до створення нелінійних пристроїв великої складності [11, 12]. Часто більш простим рішенням є введення до складу СПП пристроїв додаткової обробки сигналу з придушенням перешкод конкретного виду [13–15].

Мета і постановка завдання

В ході експлуатації та застосування вимірвальних інформаційних систем (ВІС) за прямим призначенням необхідно, як правило, знати ймовірність забезпечення системою безаномальної роботи. Результати синтезу оптимальних ІВС з широкосмуговими ШПС [1–6, 10–12, 16] приводять до висновку, що при використанні довгих моделюючих послідовностей ($N > 1000$) необхідно застосовувати слідкуючі вимірники.

Для таких вимірників можна визначити три основні джерела аномальних похибок:

- похибки, зумовлені оцінкою координат точок максимуму заводових викидів функції правдоподібності (ФП);

- похибки, пов'язані з аномальним розв'язуванням неоднозначності вимірювань при багатоканальних вимірюваннях;

- похибки, пов'язані з виходом сигналу неузгодження (сигналу похибки слідкування) за межі дискримінаційної характеристики (зрив слідкування).

Являє інтерес виявлення ймовірності появи аномальних похибок за рахунок зазначених джерел.

Мета статті – виявлення ймовірності появи аномальних похибок за рахунок похибок оцінок координат точок максимуму заводових викидів ФП.

Основний матеріал дослідження

Отже, фізичним джерелом похибок першого виду є наявність великих перешкод на вході приймача сигналу. Оскільки усі вимірювання здійснюються в умовах впливу різноманітних факторів, які не піддаються чіткому обмеженню, то вони можуть бути враховані тільки на основі ймовірнісного підходу. Для розрахунку означеної ймовірності сформулюємо задачу наступним чином.

ВІС вимірює параметри руху на ділянці видимості об'єкта протягом сеансу зв'язку.

Прийmemo найбільш поширену в ІВС модель спостереження

$$y(t) = S[t, \lambda(t)] + n(t), \quad (1)$$

де $S[t, \lambda(t)]$ – корисна складова сигналу, яка зміщує інформативний параметр $\lambda(t)$; $n(t)$ – білий гауссовий шум із нульовим середнім і δ -функцією кореляції.

Внаслідок впливу шумів, а також динамічних обставин оцінки параметрів сигналів відрізняються від істинних на величину середньоквадратичної похибки

$$\sigma_{\lambda}(t) = \sqrt{\sigma_{\text{фл}}^2(t) + \sigma_{\text{дин}}^2(t)}, \quad (2)$$

так що $\hat{\lambda} = \lambda_{\mu} \pm \sigma_{\lambda}$, де $\sigma_{\text{фл}}$ і $\sigma_{\text{дин}}$ – дисперсії флуктуаційної та динамічної похибки відповідно; $\hat{\lambda}$ – оцінка параметра сигналу; λ_i – істинне значення параметра сигналу.

До вимірювань висуваються такі вимоги

$$|\sigma_{\lambda}| \leq \sigma_{\text{зад}} = 1.$$

Якщо не виконуються умови

$$\hat{\lambda} = [\lambda_i - 2\sigma_{\text{зад}}; \lambda_i + 2\sigma_{\text{зад}}],$$

то вимірювання вважаються аномальними і відбраковуються.

Звичайно у ВІС здійснюється вторинна обробка вимірюваної інформації. При цьому за визначений інтервал часу T_i до обробки надходить кількість вимірювань, яка дорівнює цілому ступеню 2. Як правило, ця кількість складає числа 8 або 16. Припустимо, що в даному випадку до вторинної обробки надходять 8 вимірювань за час T_i . Якщо хоч одне з них аномальне, то будемо вважати, що дані вимірювання будуть недостовірними. У цьому зв'язку, якщо при $N = 1000$ вимірюваннях є більш ніж $M_a = 125$ аномальних, то результати вимірювань вважаються недостовірними і слід здійснювати настроювання і регулювання ВІС.

Потрібно знайти ймовірність аномальної роботи ВІС (тобто одержання такої ситуації, коли результати вимірювань вважаються недостовірними).

Позначимо через Δ_k відхилення оцінок k -го вимірювання від λ_i . Згідно центральної граничної теоремі будемо вважати відхилення Δ_k нормальною випадковою величиною із середнім значенням, яке дорівнює нулю, і середнім по модулю відхиленням $|\sigma_{\lambda}| \leq \sigma_{\text{зад}} = 1$, $i = 1, 2, \dots, M$.

Спочатку знайдемо ймовірність p того, що k -е вимірювання буде відбракованим. Останнє має місце, коли Δ_k приймає значення поза інтервалом $[-2\sigma_{\text{зад}}; +2\sigma_{\text{зад}}]$.

Скористаємось формулою [17, 18]

$$\begin{aligned} p &= P\{|\Delta_k| > 2\sigma_{\text{зад}}\} = 1 - P\{-2\sigma_{\text{зад}} \leq \Delta_k \leq 2\sigma_{\text{зад}}\} = \\ &= 1 - \left[\Phi\left(\frac{2\sigma_{\text{зад}}}{\Sigma}\right) - \Phi\left(-\frac{2\sigma_{\text{зад}}}{\Sigma}\right) \right] = 2 - 2\Phi\left(\frac{2\sigma_{\text{зад}}}{\Sigma}\right). \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{де } \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt.$$

Оскільки відомий середній модуль відхилення $M|\Delta_k| = \sigma_{\lambda} = 1$, то з цієї умови визначимо Σ .

Відзначимо, що густина розподілення $p(t)$ випадкової величини Δ_k є парною функцією. З цього випливає

$$\int_{-\infty}^{\infty} |t| p(t) dt = 2 \int_0^{\infty} t p(t) dt. \quad (4)$$

При цьому маємо

$$\begin{aligned} 1 &= M|\Delta_k| = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\Sigma} \int_0^{\infty} t \exp\left(-\frac{t^2}{2\Sigma^2}\right) dt = \\ &= \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}\Sigma} \Sigma^2 \exp\left(-\frac{t^2}{2\Sigma^2}\right) \Big|_0^{\infty} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \Sigma, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{відкіля } \Sigma = 1 \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,25.$$

Ймовірність появи аномального k -го вимірювання

$$p = 2 - 2\Phi(2,0/1,25).$$

Вважаючи вимірювання некорельованими, застосуємо схему Бернуллі. Аномальна робота наступить, якщо в $N=1000$ вимірюваннях із ймовірністю 0,1096 кількість відбракованих вимірювань $M_a > 125$. Для обчислення ймовірності аномальної роботи скористаємось інтегральною теоремою Муавра–Лапласа:

$$\begin{aligned} P\{M_a > 125\} &= 1 - P\{M_a < 125\} = \\ &= 1 - P\left\{ \frac{M_a - pN}{\sqrt{pNq}} \leq \frac{125 - 0,1096 \cdot 1000}{\sqrt{0,1096 \cdot 1000 \cdot 0,8904}} \right\} = \\ &= 1 - \Phi(1,5589) = 1 - 0,9406 = 0,0594. \end{aligned}$$

Таким чином, за даних умов приблизно у 6 % випробувань будуть виникати випадки аномальної роботи ВІС.

До сих пір було розглянуто ймовірність забезпечення безаномальної роботи ВІС в умовах, коли кількість проведених вимірювань не була обмежена ні знизу, ні зверху. При такому підході можна говорити про досягнення потенційної точності проведених вимірювань за критерієм максимальної правдоподібності. Тоді дисперсія, яка задана співвідношенням (2), може вважатися задовільною. В реальних же умовах це не так. Тому доцільно розглянути питання про кількісну оцінку вищезазначених вимірювань M_a .

Сформулюємо умови наведеної задачі наступним чином.

Нехай вимірюваний параметр λ належить інтервалу змінення вимірюваного параметра $[\lambda_{\min}, \lambda_{\max}]$ загальної довжини $L_a = \lambda_{\max} - \lambda_{\min}$. Припустимо також, як, наприклад, буває при вимірюванні фази приймаемого сигналу, що побічний викид кореляційного інтегралу може виникнути в будь-якій точці інтервалу L_a (рис. 1).

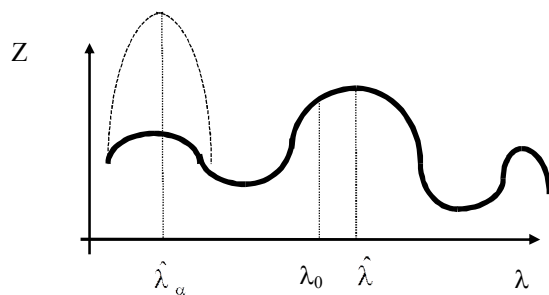


Рис. 1. Розподілення викидів кореляційного інтегралу

Якщо розглядати тільки аномальні спостереження (тобто ті, в яких з'являються аномальні похибки), то оцінку $\hat{\lambda}_a$ для них слід покласти рівноімовірною на інтервалі $[\lambda_{\min}, \lambda_{\max}]$. Тому середній за усіма такими спостереженнями квадрат відхилення оцінки λ_a від λ_0 (де λ_0 істинне значення параметра) буде складати величину

$$\overline{(\hat{\lambda}_a - \lambda_0)^2} = \frac{L^2}{12} + \left[\lambda_0 - \frac{\lambda_{\min} + \lambda_{\max}}{2} \right]^2, \quad (6)$$

де $\lambda_0 \in [\lambda_{\min}, \lambda_{\max}]$. Очевидно, що максимум цієї величини, рівний $L^2/3$, буде мати місце при $\lambda_0 = \lambda_{\min}$ або $\lambda_0 = \lambda_{\max}$. Крім того, дисперсія оцінки, розрахована тільки за спостереженнями, в яких немає аномальних похибок, також відома: в першому приближенні її можна вважати рівною [19] $-1/[\mu\Psi''(0)]$ (де

μ – енергетичне відношення сигнал/шум на виході узгодженого із сигналом фільтра; $\Psi(\lambda)$ – функція невизначеності сигналу (ФН). Так, як аномальна похибка і її відсутність – події несумісні, то для повного середнього квадрату розсіювання оцінки максимальної правдоподібності відносно λ_0 будемо мати

$$\begin{aligned} \overline{(\hat{\lambda} - \lambda_0)^2} &= p_a \overline{(\hat{\lambda}_a - \lambda_0)^2} + (1 - p_a) D\left(\frac{\hat{\lambda}}{\lambda_0}\right) = \\ &= p_a \frac{L^2}{3} - \frac{(1 - p_a)}{[\mu\Psi''(0)]}, \end{aligned} \quad (7)$$

де p_a – ймовірність аномальної похибки.

Щоб оцінити p_a припустимо, що функція невизначеності задовольняє співвідношенню

$$\Psi_{\cdot} = \begin{cases} 1, & |\lambda| \leq \Delta_{\lambda}; \\ 0, & |\lambda| > \Delta_{\lambda}, \end{cases} \quad (8)$$

де $2\Delta_{\lambda}$ – деяка ефективна протяжність ФН по осі λ . Таке припущення означає, що сигнали, у яких параметр λ не перевищує Δ_{λ} , зовсім не розрізняються системою, а сигнали, у яких параметр λ перевищує Δ_{λ} розрізняються системою і є повністю ортогональними. При цьому аномальну похибку можна трактувати, як імовірність похибки при розрізюванні M ортогональних сигналів з випадковими фазами, один з яких відрізняється від інших значенням параметра λ на величину, більшу, ніж Δ_{λ} . При цьому зазначену ймовірність аномальної похибки можна визначити за співвідношенням [20]

$$p_a = \frac{M - 1}{2} \exp\left(-\frac{\mu}{2}\right), \quad (9)$$

де μ – відношення сигнал-шум.

З метою конкретизації величини Δ_{λ} відзначимо, що ШПС мають ФН «кнопкового» типу, тобто центральний викид ФН є досить вузьким. При цьому можемо записати

$$\Delta\lambda_i = \Delta\tau \approx 2/F = 1/f_m = \tau_0, \quad (10)$$

$$\Delta\lambda_f = \Delta\omega \approx 1/T_{\text{нен}}, \quad (11)$$

де $\Delta\lambda_i$, $\Delta\lambda_f$ – ефективна ширина ФН з часової затримки (вимірювання далькості) і ефективна ширина ФН з частоти (вимірювання швидкості) відповідно.

Таким чином, враховуючи відповідні можливі інтервали L при вимірюванні вищезазначених параметрів руху, можна визначити кількість вимірювань (з кожного параметра) як

$$M = L_{\lambda} / \Delta_{\lambda}. \quad (12)$$

Враховуючи (9), (10), вираз (7) при вимірюванні далькості й радіальної швидкості відповідно можна показати у вигляді

$$\begin{aligned} \overline{(\hat{\lambda} - \lambda_0)_{\tau}^2} &\approx \frac{M}{6} \exp\left(-\frac{\mu}{4}\right) \tau_0 + \left[1 - \frac{M}{2} \exp\left(-\frac{\mu}{4}\right)\right] \frac{\tau_0}{\mu}; \\ \overline{(\hat{\lambda} - \lambda_0)_{\tau}^2} &\approx \frac{M}{6} \exp\left(-\frac{\mu}{4}\right) \frac{1}{T_{\text{неп}}} + \left[1 - \frac{M}{2} \exp\left(-\frac{\mu}{4}\right)\right] \frac{1}{\mu \cdot T_{\text{неп}}}. \end{aligned} \quad (13)$$

Дані співвідношення враховують вплив аномальних похибок на флуктуації оцінки максимальної правдоподібності й фактично характеризують імовірність перебування вимірювань в аномальній зоні, якщо величина розсіювання перевищує Δ_{λ} .

Висновки

Аналіз оптимальних інформаційно-вимірювальних систем із широкопосмуговими шумоподібними сигналами показав, що при використанні довгих моделюючих послідовностей ($N > 1000$) необхідно застосовувати слідкуючі вимірники.

Слідкуючі вимірники мають аномальні похибки:

- похибки, зумовлені оцінкою координат точок максимуму задових викидів функції правдоподібності;

- похибки, пов'язані з аномальним розв'язуванням неоднозначності вимірювань при багатоскальних вимірюваннях;

- похибки, пов'язані з виходом сигналу похибки слідкування за межі дискримінаційної характеристики (зрив слідкування).

Виявлення ймовірності появи аномальних похибок за рахунок похибок оцінок координат точок максимуму задових викидів функції правдоподібності на основі імовірнісного підходу є застосуванням схеми Бернуллі та обчислення її з використанням інтегральної теореми Муавра–Лапласа показало, що аномальна робота наступить, якщо в $N=1000$ вимірюваннях із ймовірністю 0,1096 кількість відбракованих вимірювань (які лежать поза інтервалом плюс – мінус дисперсія вимірювання від середнього значення) більше 125 ($M_a > 125$).

Література

1. Пестряков В.Б. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации / В.Б. Пестряков, В.П. Афанасьев, В.Л. Гурвич и др.; Под ред. В.Б. Пестрякова. М.: Сов. радио, 1973. – 424 с.
2. Алексеев А.И. Теория и применение псевдослучайных сигналов / А.И. Алексеев, А.Г. Шереметьев, Г.И. Тузов, Б.И. Глазов. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
3. Смирнов С.Ф. Фазоманипулированные сложные сигналы с прямоугольными спектрами мощности / Н.И. Смирнов, С.Ф. Горгадзе // Радиотехника и электроника. – т.39, №12. – 1994. – С. 2028–2036.
4. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов / Пер с англ. Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 1988. – 440 с.
5. Диксон Р.К. Широкополосные системы / Пер. с англ. – М.: Связь, 1979. – 502 с.
6. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
7. Журавлев В.И. Поиск и синхронизация в широкополосных системах связи. – М.: Радио и связь, 1986. – 240 с.
8. Малыгин И. Коды, коды, коды // Технологии и средства связи». –1999. – №3. – с. 68.
9. Fakatselis J., Belkerdid M.A. Processing Gain for Direct Sequence Spread Spectrum Communication Systems and PRISM™. Application Note 9633, Harris Semiconductor, August 1996.
10. Цифровые методы в космической связи / Под ред. С. Голомба; Пер с англ. под ред. В.И. Шляпоберского. – М.: Связь, 1969. – 272 с.
11. Treichler J.: "Transient and convergent behavior of the adaptive line enhancer", IEEE Trans. Acoust., Speech & Signal Process., ASSP-27, 1, pp.53-62 (Feb. 1979).
12. Тузов Г.И. Адресные системы управления и связи. Вопросы оптимизации / Г.И. Тузов, Ю.Ф. Урядников, В.И. Прытков и др.; Под ред. Г.И. Тузова. – М.: Радио и связь, 1993. 384 с.
13. L. Li and L.B. Milstein, "Rejection of narrow-band interference in PN spread spectrum systems using decision-feedback filters, "IEEE Trans. Commun., vol.COM-31, pp.473-483, Apr. 1983.
14. Омура Т., Адаптивный цифровой фильтр для подавления гармонического шума / Омура Т., Татибана Я. Дэнси цусин гаккай ромбунси, 1981, v.64, № 9, p. 767-774.
15. Петров Е.П., Частиков А.В. Адаптивный подавитель помех // Адаптивные устройства обработки информации в радиолокационных и радионавигационных системах: сб. научн. тр. МАИ. М.: МАИ, 1984. – С. 26–30.
16. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – с. 384.

17. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. / Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. - М.: Финансы и статистика, 1983, с. 470.
18. Колемаев В.А. Теория вероятностей и математическая статистика. / Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. - М.: Высшая школа, 1991. - с. 400.
19. Хомяков Э.Н. Статистическая теория оптимальных радиотехнических систем. - М.: МО СССР, 1987. - 248 с.
20. Фалькович С.Е. Оценка параметров сигнала. - М.: Сов. радио, 1970. - 336 с.

References

1. V.B. Pestryakov Noise-type signals in the systems of information transfer [Shumopodobnyye signaly v sistemakh peredachi informatsii] / V.B. Pestryakov, V.P. Afanasyev, V.L. Gurvich, etc.; Under the editorship of V.B. Pestryakov. M.: Sov. radio, 1973. - 424 pages.
2. A.I. Alekseev Theory and application of pseudorandom signals [Teoriya i primeneniye psevdosluchaynykh signalov] / A.I. Alekseev, A.G. Sheremetyev, G.I. Tuzov, B.I. Glazov. M.: Science, 1969. - 368 pages.
3. N.I. Smirnov Phase-manipulated complex signals with rectangular ranges of power [Fazomanipulirovannyye slozhnyye signaly s pryamougol'nymi spektrami moshchnosti] / N.I. Smirnov, S.F. Gorgadze: Radio technician and electronic engineer, t.39, No. 12, 1994, page 2028-2036.
4. Uidrou B., Stirnz Page. Adaptive processing of signals [Adaptivnaya obrabotka signalov]/ Transl. from English Under the editorship of V.V. Shakhgildyan. M.: Radio and communication, 1988. - 440 pages.
5. Dickson P.K. Broadband systems [Shirokopolosnyye sistemy]/ Transl. from English M.: Communication. 1979. - 502 pages.
6. Varakin L.E. Communication systems with noise-type signals [Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami] M.: Radio and communication, 1985.- 384 pages.
7. Zhuravlev V.I. Search and synchronization in broadband communication systems. [Poisk i sinkhronizatsiya v shirokopolosnykh sistemakh svyazi] / M.: Radio and communication, 1986. - 240 pages.
8. Malygin. Codes, codes, codes [Kody, kody, kody]"/Technologies and means of communication".-1999, No. 3, page 68.
9. Fakatselis J., Belkerdid M.A. Processing Gain for Direct Sequence Spread Spectrum Communication Systems and PRISM™. Application Note 9633, Harris Semiconductor, August 1996.
10. Digital methods in space communication [Tsifrovyye metody v kosmicheskoy svyazi] / Under the editorship of S. Golomba. Transl. from English under the editorship of V.I. Shlyapobersky. M.: Communication, 1969. - 272 pages.
11. Treichler J.: "Transient and convergent behavior of the adaptive line enhancer", IEEE Trans. Accoust., Speech & Signal Process., ASSP-27, 1, pp.53-62 (Feb. 1979).
12. G.I. Tuzov Address control systems and communications. Questions of optimization [Adresnyye sistemy upravleniya i svyazi. Voprosy optimizatsii] /G. I. Tuzov, Yu.F. Uryadnikov, V.I. Prytkov, etc.; Under the editorship of G.I. Tuzov. - M.: Radio and communication, 1993. 384 pages.
13. L. Li and L.B. Milstein, "Rejection of narrow-band interference in PN spread spectrum systems using decision-feedback filters, "IEEE Trans. Commun., vol.COM-31, pp.473-483, Apr. 1983.
14. Omura T. The adaptive digital filter for suppression of harmonious noise [Adaptivnyy tsifrovoy fil'tr dlya podavleniya garmonicheskogo shuma] /Omura T., Tatibana I. Дэнси цусин гаккай ромбунси, 1981, v.64, № 9, p. 767-774.
15. Petrov, E.P., Chastikov, A.B. Adaptive noise suppressor [Adaptivnyy podavitel' pomekh] / Adaptive information processing devices in radar and radio navigation systems: Col. scientific tr. MAI. M.: MAI, 1984. - p. 26-30.
16. Varakin L.E. Communication systems with noise-type signals [Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami] / M.: Radio and communication, 1985, page 384.
17. Ayvazyan S.A. Applied statistics. Bases of modeling and preprocessing of data [Prikladnaya statistika. Osnovy modelirovaniya i pervichnaya obrabotka dannykh] /Ayvazyan S.A., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. - M.: Finance and statistics, 1983, page 470.
18. Kolemeyev V. A., Staroverov O.V., Turundayevsky V.B. Probability theory and mathematical statistics [Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika]/Kolemeyev V. A., Staroverov O.V., Turundayevsky V.B. - M, the Higher school, 1991, page 400.
19. Homyakov E.N. Statistical theory of optimum radio engineering systems [Statisticheskaya teoriya optimal'nykh radiotekhnicheskikh sistem]/ Department of defense USSR, 1987., 248 pages.
20. Falkovich S. E. Assessment of parameters of a signal [Otsenka parametrov signala] / M.: Sov. radio, 1970, 336 pages.

ALGORITHM FOR EVALUATING THE RELIABILITY OF MEASUREMENTS IN A MEASUREMENT INFORMATION SYSTEM WITH A NOISE-LIKE SIGNAL

Oleg Bogatov, Ph.D., Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, 097-485-69-70, Bogatovolegigor@ukr.net

Vladimir Popov, Ph.D., Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, 067-979-46-22, capvm777@ukr.net

Boris Chumak, Ph.D., Senior Researcher, Kharkov University of the Air Force them. I. Kozhedub, 099-476-29-67, chumak_boris@ukr.net

Abstract. Problem. The quality of the measurement - information system with a noise-like signal and the reliability of the information obtained from it depend on the anomalous errors that arise, which, unlike the systematic errors, cannot be eliminated. This information has to be removed from the process. The question arises of the criteria for evaluating such errors and the probability of their occurrence.

The goal of the article is to identify the probability of anomalous errors due to errors in estimating the coordinates of the points of maximum likelihood of the interference of the likelihood function.

Methodology. The methods used to assess the probability of correct acceptance of information by a measuring information system with a noise-like signal are: analysis, synthesis and analogy, which are based on the unity of their empirical and theoretical sides.

Results. It has been established that in optimal measuring information systems with broadband noise-like signals it is necessary to use tracking meters when using long simulation sequences.

Such tracking meters have abnormal errors:

- due to the estimated coordinates of the maximum points of disturbance emissions likelihood functions;

- associated with the anomalous decoupling of measurement ambiguities in multi-scale measurements;

- caused by the output of the tracking error signal beyond the discriminatory characteristic (tracking failure).

It is shown that calculation of the probability of occurrence of anomalous errors due to errors in estimating the coordinates of the maximum points of interfering emissions of the likelihood function can be carried out on the basis of a probabilistic approach using the Bernoulli scheme and is connected with the use of the Muavr-Laplace integral theorem.

It is established that the anomalous work of the tracking meter will occur, with a probability of 0.1096, if for a series of $N = 1000$ measurements, the number of rejected measurements (the values of which lie outside the interval plus - minus variance from the average value) is more than 125.

Originality. The probability of the occurrence of anomalous errors due to errors in the estimates of the coordinates of the maximum points of disturbance emissions of the likelihood function is obtained as well as the limit at which the anomalous work of the tracking meter occurs.

Practical value. The results obtained will allow specialists in the operation of measuring information systems with a noise-like signal to assess the quality of their work and make the right decision about the reliability of the information received.

Key words: abnormal measurements, measurement error, information - measuring system, wideband signal, noise - like signal.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ С ШУМОПОДОБНЫМ СИГНАЛОМ

Богатов Олег Игоревич, к.т.н., доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 097-485-69-70,

Vogatovolegigor@ukr.net

Попов Владимир Михайлович, к.т.н., доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 067-979-46-22, capvm777@ukr.net

Чумак Борис Александрович, к.т.н., с.н.с., Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, 099-476-29-67, chumak_boris@ukr.net

Аннотация. Рассмотрены источники аномальных погрешностей измерений параметров движения объектов в информационно-измерительных системах с шумоподобными сигналами. Определена вероятность появления аномальных измерений за счет влияния оценок координат точек максимума помеховых выбросов функции правдоподобия.

Ключевые слова: аномальные измерения, ошибка измерения, информационно – измерительная система, широкополосный сигнал, шумоподобный сигнал.