

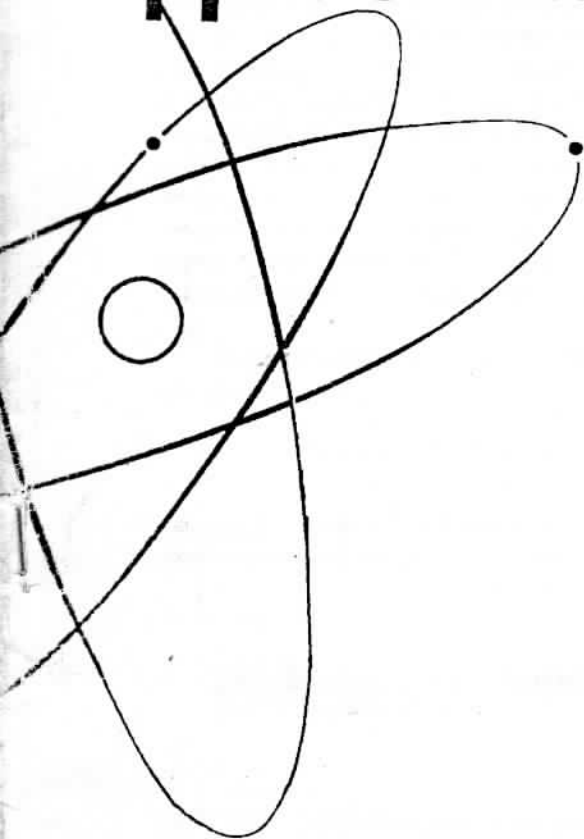
215



ISSN 0021-3470

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА



ТОМ 45

5-6
май-июнь

ИЗДАНИЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
УКРАИНЫ
«КИЕВСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ»

2002

ТРИФОНОВ А. П., БЕСПАЛОВА М. Б., МАКСИМОВ М. В.

Пороговые характеристики оценок дальности, скорости и ускорения при зондировании последовательностью оптических импульсов*

Найдена разрешающая способность по дальности, скорости и ускорению, а так же характеристики оценок максимального правдоподобия с учетом аномальных ошибок при зондировании последовательностью оптических импульсов.

В системах оптической локации широко применяются последовательности оптических импульсов [1, 2]. В [2] найдены характеристики совместно-эффективных оценок дальности, скорости и ускорения при зондировании последовательностью оптических импульсов. Однако, для решения многих задач оптической локации необходимо знать не только потенциальную точность оценок дальности, скорости и ускорения, но и разрешающую способность зондирующего сигнала по этим параметрам [1, 3]. Кроме того, полученные в [2] выражения для характеристик совместно-эффективных оценок могут быть использованы для расчета характеристик асимптотически эффективных оценок дальности, скорости и ускорения лишь в условиях высокой апостериорной точности, когда отсутствуют аномальные ошибки [1, 3]. Рассмотрим здесь пороговые характеристики оценок максимального правдоподобия (ОМП) дальности, скорости и ускорения с учетом возможного влияния аномальных ошибок.

Положим, что излучается последовательность оптических импульсов с интенсивностью

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} s_k [t - (k - \mu)\theta - \lambda] = \sum_{k=0}^{N-1} a_k f\left[\frac{t - (k - \mu)\theta - \lambda}{\tau}\right], \quad (1)$$

где $s_k(t)$ — функция, описывающая интенсивность k -го оптического импульса, λ — время прихода последовательности, θ — период повторения импуль-

* Работа выполнена при поддержке CDRF, Минобразования РФ и РФФИ (проекты VZ-010-0, ЕОО-3,5-5 и 02-01-00057).

сов. Параметр μ определяет точку последовательности с которой связано ее время прихода λ . Так, при $\mu = 0$ величина λ представляет собой время прихода первого импульса, при $\mu = (N-1)/2$ — время прихода середины последовательности (1), а при $\mu = N-1$ — время прихода последнего импульса последовательности. В (1) также обозначено: $a_k = \max s_k(t)$ — максимальная интен-

сивность k -го импульса, $\tau = \int_{-\infty}^{\infty} s_k^2(t) dt [\max s_k(t)]^{-2}$ — эквивалентная длитель-

ность одного импульса последовательности. Функция $f(x) \geq 0$ в (1) описывает форму интенсивности одного импульса и нормирована так, что

$$\max f(x) = 1, \int_{-\infty}^{\infty} f^2(x) dx = 1$$

В результате рассеяния зондирующей последовательности с интенсивностью (1) точечной целью, интенсивность принимаемого сигнала будет иметь вид [2]:

$$s(t, R_0, V_0, A_0) = \sum_{k=0}^{N-1} a_k f \left[\frac{t - 2R_0/c - (k-\mu)\theta(1+2V_0/c) - A_0(k-\mu)^2\theta^2/c}{\tau} \right], \quad (2)$$

где R_0 — дальность, V_0 — скорость, A_0 — ускорение цели, а c — скорость света, причем неизвестная дальность принимает значения из априорного интервала $[R_{\max}, R_{\min}]$ неизвестная скорость — из интервала $[-V_{\max}/2, V_{\max}/2]$ и неизвестное ускорение — из интервала $[-A_{\max}/2, A_{\max}/2]$.

Полагаем, что, как это обычно имеет место в земных условиях, $V_{\max} \ll c$ и $N\theta A_{\max} \ll c$. Пусть сигнал с интенсивностью (2) наблюдается на фоне оптического шума с интенсивностью v и интервал наблюдения $[0, T]$ больше длительности всей последовательности, т. е. $T > N\theta$. Тогда обработке доступна реализация $\pi(t)$ пуассоновского процесса с интенсивностью $v + s(t, R_0, V_0, A_0)$. Скважность последовательности (2) полагаем не слишком малой ($\theta/\tau > 2$), так, что отдельные импульсы не перекрываются. В этом случае логарифм функционала отношения правдоподобия (ФОР) с точностью до несущественной постоянной определяется формулой [4]

$$L(R, V, A) = \sum_{k=1}^{N-1} \int_0^T \ln \left(1 + q_k f \left[\frac{t - 2R/c - (k-\mu)\theta(1+2V/c) - A(k-\mu)^2\theta^2/c}{\tau} \right] \right) d\pi(t), \quad (3)$$

где $q_k = a_k/v$.

В результате ОМП дальности $\hat{R}$, скорости $\hat{V}$ и ускорения $\hat{A}$ представляют собой положение абсолютного (наибольшего) максимума случайного поля (3)

$$(\hat{R}, \hat{V}, \hat{A}) = \arg \sup L(R, V, A); (R, V, A) \in W, \quad (4)$$

где

$$W = \{[R_{\min}, R_{\max}], [-V_{\max}/2, V_{\max}/2], [-A_{\max}/2, A_{\max}/2]\} \quad (5)$$

— априорная область возможных значений дальности, скорости и ускорения.

Для определения характеристик ОМП (4) представим (3) в виде суммы сигнальной и шумовой функции [3] $L(R, V, A) = S(R, V, A) + N(R, V, A) + C$. Здесь сигнальная функция

$$S(R, V, A) = \langle L(R, V, A) \rangle - C = \tau \sum_{k=1}^{N-1} a_k \int_{-\infty}^{\infty} f\{x + 2[R - R_0 + (k - \mu)\theta(V - V_0) + (k - \mu)^2 \theta^2 (A - A_0)/2] / c\tau\} / \ln[1 + q_k f(x)] dx, \quad (6)$$

$$C = \nu \tau \sum_{k=1}^{N-1} \int_{-\infty}^{\infty} \ln[1 + q_k f(x)] dx$$

— несущественная постоянная, которую в дальнейшем можно не учитывать.
Шумовая функция

$$N(R, V, A) = L(R, V, A) - \langle L(R, V, A) \rangle \quad (7)$$

является реализацией случайного поля, причем

$$\begin{aligned} \langle N(R, V, A) \rangle &= 0, K(R_1, R_2, V_1, V_2, A_1, A_2) = \langle N(R_1, V_1, A_1) N(R_2, V_2, A_2) \rangle = \\ &= \tau \sum_{k=1}^{N-1} \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ v + a_k f \left[x - \frac{2R_0/c + (k - \mu)\theta(1 + 2V_0/c) + A_0(k - \mu)^2 \theta^2/c}{\tau} \right] \right\} \times \\ &\times \ln \left[1 + q_k f \left[x - \frac{2R_1/c + (k - \mu)\theta(1 + 2V_1/c) + A_1(k - \mu)^2 \theta^2/c}{\tau} \right] \right] \times \\ &\times \ln \left[1 + q_k f \left[x - \frac{2R_2/c + (k - \mu)\theta(1 + 2V_2/c) + A_2(k - \mu)^2 \theta^2/c}{\tau} \right] \right] dx. \quad (8) \end{aligned}$$

При выводе сигнальной функции (6) и корреляционной функции (8) шумовой функции (9) предполагалось, что

$$|R - R_0| \leq c\theta/2, |V - V_0| \ll c, N\theta|A - A_0| \ll c. \quad (9)$$

Нетрудно убедиться, что сигнальная функция (6) для всей последовательности (2) достигает максимума при $R = R_0, V = V_0, A = A_0$. Следовательно, выходное отношение сигнал/шум (ОСШ) будет равно [3]

$$z_N^2 = \frac{S^2(R_0, V_0, A_0)}{K(R_0, R_0, V_0, V_0, A_0, A_0)} = \frac{\tau \Psi_{1\Sigma}^2}{v \Psi_{N\Sigma} + \Psi_{2\Sigma}} = \frac{z^2}{1 + \kappa^2}, \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} \Psi_{n\Sigma} &= \sum_{k=0}^{N-1} a_k \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \{\ln[1 + a_k f(x)/v]\}^n dx, n=1, 2 \\ \Psi_{N\Sigma} &= \sum_{k=0}^{N-1} \int_{-\infty}^{\infty} \{\ln[1 + a_k f(x)/v]\}^2 dx, \\ z^2 &= \tau \Psi_{1\Sigma}^2 / v \Psi_{N\Sigma}, \kappa^2 = \Psi_{2\Sigma} / v \Psi_{N\Sigma}. \end{aligned} \quad (11)$$

Согласно [3], ОМП (4) обладают высокой апостериорной точностью, если (10) достаточно велико.

Найдем разрешающую способность зондирующего оптического сигнала (1) по дальности, скорости и ускорению. При выполнении (9), разрешающую способность по дальности, скорости и ускорению можно приближенно определить как полуширину параболической аппроксимации сечения сигнальной функции по соответствующему параметру, отсчитываемую на половинном уровне от максимума [3]. Тогда разрешающая способность по ускорению ΔA может быть найдена из уравнения

$$S(R_0, V_0, A_0 + \Delta A) = S(R_0, V_0, A_0) / 2. \quad (12)$$

Для приближенного расчета ΔA аппроксимируем сечение сигнальной функции параболой. Тогда уравнение (12) принимает вид

$$[\partial^2 S(R_0, V_0, A_0) / \partial A^2]_{A_0} \Delta A^2 = -S(R_0, V_0, A_0),$$

откуда находим

$$\Delta A = \left(-S(R_0, V_0, A_0) / \left[\frac{\partial^2 S(R_0, V_0, A)}{\partial A^2} \right]_{A_0} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (13)$$

Подставляя (6) в (13) и выполняя дифференцирование, для приближенного значения разрешающей способности по ускорению получаем выражение

$$\Delta A = \frac{cr}{\theta^2} \sqrt{\frac{\Psi_{1\Sigma}}{F_{\Sigma} M_4(\mu)}}.$$

Здесь

$$F_{\Sigma} = \sum_{k=1}^{N-1} F(a_k), F(a) = a^2 \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{df(x)}{dx} \right]^2 \frac{1}{v + af(x)} dx,$$

$$M_n(\mu) = \sum_{k=1}^{N-1} (k - \mu)^n P_k, \quad (14)$$

$$P_k = F(a_k) / F_{\Sigma}. \quad (15)$$

Величину (14) можно интерпретировать как момент n -го порядка дискретной случайной величины $k \in [0; N-1]$ относительно точки μ [5]. При этом предполагается, что вероятность значения k равна величине P_k (15), которая удовлетворяет условиям: $P_k \geq 0$, $\sum_{k=0}^{N-1} P_k = 1$.

Совершенно аналогично, для приближенных значений разрешающей способности по скорости ΔV и дальности ΔR имеем [1]

$$\Delta V = \frac{c\tau}{2\theta} \sqrt{\frac{\Psi_{1\Sigma}}{F_{\Sigma} M_2(\mu)}}, \Delta R = \frac{c\tau^2}{2} \sqrt{\frac{\Psi_{1\Sigma}}{F_{\Sigma}}}. \quad \nabla$$

Используя введенные величины разрешающей способности по дальности, скорости и ускорению, дисперсии соответствующих совместно-эффективных оценок [2] можно переписать в виде:

$$\sigma_R^2(V, A) = \Delta R^2 [M_2(\mu) M_4(\mu) - M_3^2(\mu)] / \tau d \Psi_{1\Sigma} \quad (16)$$

— дисперсия оценки дальности при неизвестных скорости и ускорении;

$$\sigma_V^2(R, A) = \Delta V^2 M_2(\mu) [M_4(\mu) - M_2^2(\mu)] / \tau d \Psi_{1\Sigma} \quad (17)$$

— дисперсия оценки скорости при неизвестных дальности и ускорении;

$$\sigma_A^2(R, V) = \Delta A^2 M_4(\mu) [M_2(\mu) - M_1^2(\mu)] / \tau d \Psi_{1\Sigma} \quad (18)$$

— дисперсия оценки ускорения при неизвестных дальности и скорости. В (16) ... (18) обозначено

$$d = M_2(\mu) M_4(\mu) - M_1^2(\mu) M_4(\mu) - M_2^3(\mu) - M_3^2(\mu) + 2M_1(\mu) M_2(\mu) M_3(\mu).$$

Согласно (16) ... (18) дисперсии эффективных оценок убывают по мере улучшения разрешающей способности.

Пороговые свойства ОМП зависят от вероятности надежной оценки [3]

$$P_0 = P[(\hat{R}, \hat{V}, \hat{A}) \in W_S] \quad (19)$$

где $W_S = \{[R_0 - \Delta R, R_0 + \Delta R], [V_0 - \Delta V, V_0 + \Delta V], [A_0 - \Delta A, A_0 + \Delta A]\}$ — подобласть априорной области (5) возможных значений дальности, скорости и ускорения в которой центральный пик сигнальной функции (6) существенно отличается от нуля.

Приближенное значение вероятности надежной оценки (19) удастся найти, если допустима гауссовская аппроксимация распределения логарифма ФОР (3). Распределение логарифма ФОР (3) можно аппроксимировать гауссовским распределением, если выполняется условие [4]

$$Nvt \gg 1 \quad (20)$$

Пусть, кроме того, априорная область (5) возможных значений дальности, скорости и ускорения содержит много элементов разрешения, так что выполняется хотя бы одно из неравенств

$$(R_{\max} - R_{\min}) / \Delta R \gg 1, V_{\max} / \Delta V \gg 1, A_{\max} / \Delta A \gg 1 \quad (21)$$

В силу определения ОМР (4) можно переписать (19) как

$$P_0 = P[H_S > H_N] \quad (22)$$

где

$$\begin{aligned} H_S &= \sup L(R, V, A), (R, V, A) \in W_S, \\ H_N &= \sup L(R, V, A), (R, V, A) \in W_N, \end{aligned} \quad (23)$$

а W_N — дополнение W_S до W (5), так, что $W = W_S \cup W_N$. При выполнении (21) случайные величины H_S и H_N приближенно статистически независимы [3] и (22) принимает вид

$$P_0 = \int_{-\infty}^{\infty} F_N(H) dF_S(H), \quad (24)$$

здесь $F_N(H)$ — функция распределения случайной величины H_N , а $F_S(H)$ — функция распределения случайной величины H_S . Согласно (23) при достаточном большом ОСШ z_N (10) можно приближенно положить $H_S \approx L(R_0, V_0, A_0)$. Следовательно, при выполнении (20) и $z_N \gg 1$, случайная величина H_S имеет приближенно гауссовское распределение с математическим ожиданием $m_S = S(R_0, V_0, A_0)$ (6) и дисперсией $\sigma_S^2 = K(R_0, R_0, V_0, V_0, A_0, A_0)$ (8). Будем аппроксимировать распределение случайной величины H_S (23) выражением

$$F_S(H) \approx \Phi[(H - m_S) / \sigma_S] \quad (25)$$

где $\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt / \sqrt{2\pi}$ — интеграл вероятности.

Когда $(R, V, A) \in W_N$, то $S(R, V, A) \approx 0$, а выражение для корреляционной функции (8) шумовой функции (7) принимает вид

$$K_N(R_1, R_2, V_1, V_2, A_1, A_2) = \tau \nu \times \\ \times \sum_{k=1}^{N-1} \int_{-\infty}^{\infty} \ln \left[1 + q_k f \left[x - \frac{2[R_1 - R_2 + (k - \mu)\theta(V_1 - V_2) + (k - \mu)^2 \theta^2(A_1 - A_2)/2]}{\sigma \tau} \right] \right] \times \\ \times \ln[1 + q_k f(x)] dx. \quad (26)$$

Соответственно, случайную величину H_N (23) теперь можем представить как

$$H_N = \sup N(R, V, A), (R, V, A) \in W_N. \quad (27)$$

Согласно (26), при выполнении (20) $N(R, V, A)$ в (27) представляет собой приближенно гауссовское однородное случайное поле. Следовательно, $F_N(H)$ является функцией распределения величины наибольшего максимума гауссовского однородного случайного поля в области W_N . Поскольку длительность каждого импульса зондирующей последовательности ограничена, то корреляционная функция (26) $K_N(R_1, R_2, V_1, V_2, A_1, A_2) \rightarrow 0$ при $|R_1 - R_2| \rightarrow \infty$, $|V_1 - V_2| \rightarrow \infty$, $|A_1 - A_2| \rightarrow \infty$. Поэтому можно считать, что с увеличением H распределение числа выбросов реализации поля $N(R, V, A)$ в области W_N сходится к закону Пуассона [6]. Следовательно, для больших, но конечных H можно записать [3, 6]: $F_N(H) \approx \exp[-\Pi(H)]$. Здесь $\Pi(H)$ — среднее число выбросов реализации гауссовского однородного случайного поля с корреляционной функцией (26) за уровень H в области W_N . Если же выполняется (21), то приближенно $\Pi(H)$ — среднее число выбросов во всей априорной области (5) возможных значений дальности, скорости и ускорения.

Используя [6] для среднего числа выбросов поля $N(R, V, A)$ с корреляционной функцией (26) в области W (5) получаем выражение

$$\Pi(H) = \frac{\xi H^2}{4\pi^2 \sigma_N^2} \exp \left(-\frac{H^2}{2\sigma_N^2} \right).$$

Здесь

$$\sigma_N^2 = K_N(R, R, V, V, A, A), \\ \xi = (R_{\max} - R_{\min}) V_{\max} A_{\max} \sqrt{\Omega} / \sigma_N^3, \quad (28)$$

$$\Omega = \frac{\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 K_N}{\partial R_1 \partial R_2} & \frac{\partial^2 K_N}{\partial R_1 \partial V_2} & \frac{\partial^2 K_N}{\partial R_1 \partial A_2} \\ \frac{\partial^2 K_N}{\partial V_1 \partial R_2} & \frac{\partial^2 K_N}{\partial V_1 \partial V_2} & \frac{\partial^2 K_N}{\partial V_1 \partial A_2} \\ \frac{\partial^2 K_N}{\partial A_1 \partial R_2} & \frac{\partial^2 K_N}{\partial A_1 \partial V_2} & \frac{\partial^2 K_N}{\partial A_1 \partial A_2} \end{vmatrix}}{\quad} \quad (29)$$

— определитель, в котором производные корреляционной функции (26) вычисляются при $R_1 = R_2, V_1 = V_2, A_1 = A_2$. Выполняя в (29) дифференцирование и подставляя результаты вычисления определителя в (28) имеем

$$\xi = \frac{4(R_{\max} - R_{\min}) V_{\max} A_{\max} \theta^2 F_{N\Sigma}}{c^3 \tau^3 v \Psi_{N\Sigma}} \sqrt{\frac{d_N F_{N\Sigma}}{v \Psi_{N\Sigma}}}, \quad (30)$$

где

$$F_{N\Sigma} = \sum_{k=0}^{N-1} F_N(a_k), F_N(a) = a^2 v \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{df(x)}{dx} \right]^2 \frac{1}{[v + af(x)]^2} dx,$$

$$d_N = m_2 m_4 - m_1^2 m_4 - m_2^3 - m_3^2 + 2m_1 m_2 m_3,$$

$$m_n = \sum_{k=0}^{N-1} k^n P_{Nk}, \quad (31)$$

$$P_{Nk} = F_N(a_k) / F_{N\Sigma}. \quad (32)$$

Величину (31) можно интерпретировать как начальный момент n -го порядка дискретной случайной величины $k \in [0, N-1]$ [5]. При этом предполагается, что вероятность значения k равна величине P_{Nk} (32), которая удовлетворяет условиям: $P_{Nk} \geq 0, \sum_{k=0}^{N-1} P_{Nk} = 1$.

В общем случае функция в правой части (27) не является неубывающей функцией H , поэтому вместо (27) будем использовать аппроксимацию [3]

$$F_N(H) = \begin{cases} \exp \left[-\frac{\xi H^2}{4\pi^2 \sigma_N^2} \exp \left(-\frac{H^2}{2\sigma_N^2} \right) \right], & H \geq \sigma_N \sqrt{2}, \\ 0, & H < \sigma_N \sqrt{2}. \end{cases} \quad (33)$$

Подставляя (25) и (33) в (24) находим приближенное выражение для вероятности надежной ОМП дальности, скорости и ускорения

$$P_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi(1+\kappa^2)}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[-\frac{(x-z)^2}{2(1+\kappa^2)} - \frac{\xi x^2}{4\pi^2} \exp \left(-\frac{x^2}{2} \right) \right] dx. \quad (34)$$

Здесь z^2 и κ^2 определяются из (11), а ξ — из (30) и представляет собой приведенный объем [3] априорной области (5) возможных значений дальности, скорости и ускорения.

Пусть неизвестные дальность R_0 , скорость V_0 и ускорение A_0 распределены равномерно в априорной области W (5) их возможных значений. Тогда, используя [3] для безусловных рассеяний ОМП дальности, скорости и ускорения с учетом аномальных ошибок получаем выражения

$$\begin{aligned} B(\hat{R}) &= \langle (\hat{R} - R_0)^2 \rangle = P_0 \sigma_R^2(V, A) + (1 - P_0)(R_{\max} - R_{\min})^2 / 6, \\ B(\hat{V}) &= \langle (\hat{V} - V_0)^2 \rangle = P_0 \sigma_V^2(R, A) + (1 - P_0)V_{\max}^2 / 6, \\ B(\hat{A}) &= \langle (\hat{A} - A_0)^2 \rangle = P_0 \sigma_A^2(R, V) + (1 - P_0)A_{\max}^2 / 6. \end{aligned} \quad (35)$$

Формула (34) для вероятности надежной оценки довольно громоздка и расчет по ней возможен только численными методами. Поэтому найдем простую верхнюю границу для вероятности аномальных ошибок $P_a = 1 - P_0$. Воспользовавшись неравенством $1 - \exp(-x) \leq x$ при $x > 0$, из (34) имеем, аналогично [3]

$$P_a \leq P_a^* = \frac{\xi[z^2 + (1 + \kappa^2)(2 + \kappa^2)]}{4\pi^2(2 + \kappa^2)^{5/2}} \exp \left[-\frac{z^2}{2(2 + \kappa^2)} \right].$$

Если $P_a^* \leq 0,05 \dots 0,1$, то для приближенного расчета характеристик ОМП дальности, скорости и ускорения (4) можно использовать упрощенный вариант формул (35), а именно

$$\begin{aligned} B(\hat{R}) &= \sigma_R^2(V, A) + P_a^*(R_{\max} - R_{\min})^2 / 6, \\ B(\hat{V}) &= \sigma_V^2(R, A) + P_a^*V_{\max}^2 / 6, \\ B(\hat{A}) &= \sigma_A^2(R, V) + P_a^*A_{\max}^2 / 6. \end{aligned} \quad (36)$$

Сопоставление (35) или (36) с (16)–(18) соответственно, позволяет определить условия, при которых появляются пороговые эффекты [3], т. е. рассеяние ОМП резко возрастает по сравнению с дисперсией совместно-эффективных оценок из-за появления аномальных ошибок.

1. Трифонов А. П., Беспалова М. Б. Пороговые характеристики оценок дальности и скорости при зондировании последовательностью оптических импульсов // Радиоэлектроника.— 1995.— № 4.— С. 45—57. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Трифонов А. П., Беспалова М. Б., Максимов М. В. Оценка дальности, скорости и ускорения при зондировании последовательностью оптических импульсов // Радиотехника.— 2001.— № 4.— С. 99—104.
3. Трифонов А. П., Шинаков Ю. С. Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех.— М.: Радио и связь, 1986.— 264 с.
4. Богдашов И. А., Ракошиц В. С. Прикладная теория случайных потоков.— М.: Сов. радио, 1978.— 248 с.
5. Кендал М., Стьюарт А. Теория распределений.— М.: Наука, 1966.— 588 с.
6. Питербарг В. И. Асимптотические методы в теории гауссовских случайных процессов и полей.— М.: Изд. МГУ, 1988.— 176 с.

Воронежский госуниверситет.

Поступила в редакцию 04.07.2001.

УДК 621.396.96

ОХРИМЕНКО А. Г.

ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ПЕЛЕНГОВ В ПАССИВНЫХ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ УГЛОМЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Предложены два метода отождествления пеленгов в пассивных многопозиционных угломерных системах по критериям: минимума расстояния между линиями положения и минимума дисперсии их разброса. Потенциальные возможности метода отождествления пеленгов по критерию минимума дисперсии разброса позволяют найти робастные оценки дальностей источников сигналов.

При угломерном способе определения координат источников сигналов (ИС) в пассивных многопозиционных системах возникают ложные цели. Увеличение числа ИС в рабочей зоне системы, повышение требований к оперативности выдачи информации, отклонение условий измерений от номинальных существенно снижают эффективность статистических методов отождествления и методов, использующих кинематические, компланарные признаки и инварианты, вынуждая применять более эффективные (например, по скорости вычислений) методы отождествления пеленгов в пассивных угломерных системах.

Рассмотрим многопозиционную угломерную систему, состоящую из L приемных позиций с координатами $V_i^T = [x_i \ y_i \ z_i]$ $i = 1, \dots, L$, в рабочей зоне которой находятся N ИС. Пусть на позициях системы измеряются пеленги