

Тема диплома:

«Оценка параметров движения при зондировании последовательностью оптических импульсов»

Выполнил студент
2 курса магистратуры
Крутских И.Д.

Цель работы:

1. Анализ потенциальной точности совместных оценок дальности, скорости и ускорения.
2. Рассмотреть оценку дальности и скорости флуктуирующей цели.

Корреляционная матрица совместных

оценок R, V, a .

$$R_{ij} = \int_{t=0}^{t=N-1} s_k(t) s_j(t) dt = \int_{t=0}^{t=N-1} s_k(t) \left[\frac{s_j(t - \lambda) - s_j(t - \lambda - \theta) - s_j(t - \lambda - 2\theta) - \dots - s_j(t - \lambda - (N-1)\theta)}{\theta} \right] dt,$$

где $s_k(t)$ - функция, описывающая интенсивность k -го оптического импульса; λ - время прихода последовательности; θ - период повторения импульсов. Параметр μ определяет точку последовательности, с которой связано ее время прихода. Так, при $\mu = 0$ величина λ представляет собой время прихода первого импульса, при

$$\mu = (N - 1)/2$$

- время прихода середины последовательности, а при $\mu = (N - 1)$ - время прихода последнего импульса последовательности.

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

$$K = B^{-1}$$

где B – информационная матрица Фишера с элементами

$$B_{11} = \frac{2^2 M_2(\mu)}{M_1(\mu)}, \quad M_1(\mu) = \frac{1}{\theta}$$

$$M_2(\mu) = \frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta^2} \ln \frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta^2} \ln \frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta^2} \ln \frac{1}{\theta}$$

- функция неопределенности при обработке пуассоновского процесса.

$$B_{11} = 4F_N/[c^2\tau], \quad B_{12} = B_{21} = 4\theta F_N M_1(\mu)/[c^2\tau], \quad B_{22} = 4\theta^2 F_N M_2(\mu)/[c^2\tau],$$

$$B_{23} = B_{32} = \frac{2\theta^3 F_N M_3(\mu)}{[c^2\tau]}, \quad B_{13} = B_{31} = \frac{2\theta^2 F_N M_2(\mu)}{[c^2\tau]}$$

$$B_{33} = \frac{4\theta^4 F_N M_4(\mu)}{[c^2\tau]}$$

$$\sigma_V^2 = 1/B_{11} = \frac{1}{4F_N}$$

$$\sigma_V^2 = 1/B_{22} = c^2\tau/[4\theta^2 F_N M_2(\mu)].$$

$$\sigma_A^2 = 1/B_{33} = c^2\tau/[\theta^4 F_N M_4(\mu)].$$

$$M_1(\mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\mu^k}{k!} e^{-\mu}; \quad M_2(\mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\mu^k}{k!} k^2 e^{-\mu} = \mu + \mu^2$$

$$M_3(\mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\mu^k}{k!} k^3 e^{-\mu} = 3\mu + 3\mu^2 + \mu^3$$

$$M_4(\mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\mu^k}{k!} k^4 e^{-\mu} = 4\mu + 6\mu^2 + 3\mu^3 + \mu^4$$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \mu_1^2} = \frac{\mu_{22}}{\mu_{11} \mu_{22} - \mu_{13}^2} = \frac{\mu^2 \mu_{22}(\mu)}{4 \mu_{11} \mu_{22} \mu_{33} - \mu_{13}^2(\mu)}$$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \mu_2^2} = \frac{\mu_{33}}{\mu_{11} \mu_{33} - \mu_{13}^2} = \frac{\mu^2 \mu_{33}(\mu)}{4 \mu_{11} \mu_{33} \mu_{44} - \mu_{13}^2(\mu)}$$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \mu_3^2} = \frac{\mu_{11}}{\mu_{11} \mu_{22} - \mu_{12}^2} = \frac{\mu^2 \mu_{11}}{4 \mu_{11}^2 \mu_{22} [\mu_{22} \mu_{33} - \mu_{12}^2(\mu)]}$$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \mu_4^2} = \frac{\mu_{33}}{\mu_{22} \mu_{33} - \mu_{23}^2} = \frac{\mu^2 \mu_{33}(\mu)}{4 \mu_{22} \mu_{33} [\mu_{22} \mu_{44} \mu_{33}(\mu) - \mu_{23}^2(\mu)]}$$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \mu_A^2} = \frac{\mu_{11}}{\mu_{11} \mu_{33} - \mu_{13}^2} = \frac{\mu^2 \mu_{11}}{\mu_{11}^4 \mu_{33} [\mu_{44} \mu_{33} - \mu_{13}^2(\mu)]}$$

$$\frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial \mu_B^2} = \frac{\mu_{22}}{\mu_{22} \mu_{33} - \mu_{23}^2} = \frac{\mu^2 \mu_{22}(\mu)}{\mu_{22}^4 \mu_{33} [\mu_{22} \mu_{44} \mu_{33}(\mu) - \mu_{23}^2(\mu)]}$$

$$\sigma_R^2(V, A) = \frac{B_{22}B_{33} - B_{23}^2}{\det B} = \frac{c^2 \tau [M_2(\mu)M_4(\mu) - M_3^2(\mu)]}{4F_N d}$$

$\Gamma_{\Delta e}$

$$\det B = B_{11}B_{22}B_{33} - B_{11}^2 B_{33} - B_{22}^3 + B_{33}^2 B_{11} - 2B_{11}B_{22}B_{33}$$

$$\frac{B_{22}^2 B_{33}}{B_{11}B_{22}B_{33}} = \frac{B_{11}B_{33} - B_{13}^2}{B_{11}B_{22}B_{33}} = \frac{B_{11}^2 [B_{44} - B_{22}^2]}{4B_{11}^2 B_{22}B_{33}}$$

$$\frac{B_{11}^2 B_{22}}{B_{11}B_{22}B_{33}} = \frac{B_{11}B_{22} - B_{12}^2}{B_{11}B_{22}B_{33}} = \frac{B_{11}^2 [B_{22} - B_{12}^2]}{4B_{11}^2 B_{22}B_{33}}$$

$$\frac{\sigma_R^2(V, A)}{\sigma_R^2} = \frac{\sigma_A^2(R, V)}{\sigma_A^2} = \frac{3(3N^2 - 7)}{4(N^2 - 4)} ; \quad \frac{\sigma_V^2(R, A)}{\sigma_V^2} = 1.$$

Оценка дальности и скорости

флуктуирующей цели.

$$s(t, V_0, a_{0k}) = \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} I \left\{ \left[t - k\theta \left(1 + \frac{2V_0}{c} \right) \right] / \tau \right\}.$$

$$s(t, R_0, a_{0k}) = \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} I \left[\left(t - \frac{2R_0}{c} - k\theta \right) / \tau \right].$$

$$s(t, V_0, a_{0k}) = \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \ln \left(1 + \frac{a_{0k}}{V_0} \right) \left(\frac{t - k\theta}{\tau} \right) - \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \frac{t - k\theta}{\tau}$$

$$s(t, R_0, a_{0k}) = \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \ln \left(1 + \frac{a_{0k}}{R_0} \right) \left(\frac{t - k\theta}{\tau} \right) - \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \frac{t - k\theta}{\tau}$$

$$\begin{aligned} s_0(t, V_0) &= \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 - \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 = \\ &= \frac{13 \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2}{2 \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2} \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 + \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \ln \left(1 + \frac{a_{0k}}{V_0} \right) \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 - \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \ln \left(1 + \frac{a_{0k}}{V_0} \right) \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_0(t, R_0) &= \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 - \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 = \\ &= \frac{13 \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2}{2 \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2} \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 + \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \ln \left(1 + \frac{a_{0k}}{R_0} \right) \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 - \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k} \ln \left(1 + \frac{a_{0k}}{R_0} \right) \sum_{k=0}^{N-1} a_{0k}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \ln L}{\partial \mu} &= \sum_{k=1}^n \frac{1}{\mu} \left(\frac{1}{\mu} - 1 \right) + \sum_{k=1}^n \frac{1}{\mu} \ln \left(\frac{1}{\mu} \right) \\
 &= \frac{n}{\mu} \left(\frac{1}{\mu} - 1 \right) + \frac{n}{\mu} \ln \left(\frac{1}{\mu} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \ln L}{\partial \sigma} &= \sum_{k=1}^n \frac{1}{\sigma} \left(\frac{1}{\sigma} - 1 \right) + \sum_{k=1}^n \frac{1}{\sigma} \ln \left(\frac{1}{\sigma} \right) \\
 &= \frac{n}{\sigma} \left(\frac{1}{\sigma} - 1 \right) + \frac{n}{\sigma} \ln \left(\frac{1}{\sigma} \right)
 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \mu} = \frac{n}{\mu} \left(\frac{1}{\mu} - 1 \right) + \frac{n}{\mu} \ln \left(\frac{1}{\mu} \right)$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \sigma} = \frac{n}{\sigma} \left(\frac{1}{\sigma} - 1 \right) + \frac{n}{\sigma} \ln \left(\frac{1}{\sigma} \right)$$

Выводы:

1. Найдены дисперсии отдельных и совместных эффективных оценок R , V , α .
2. Исследовано влияние априорной информации на точность оценок.
3. Выявлено, что незнание V и α влияет на точность оценки R , а незнание R и V – на точность оценки α .
4. Показано, что при минимально возможном числе импульсов зондирующей последовательности ($N=3$) априорное незнание V и α (R и V) приводит к увеличению дисперсии эффективной оценки R (α) в 3 раза. С ростом числа импульсов в зондирующей последовательности этот проигрыш в точности оценки несколько уменьшается при $N \rightarrow \infty$ достигает значения $9/4$.
5. Методом локально-марковской аппроксимации были получены оценки R и V флуктуирующей цели при зондировании последовательностью прямоугольных оптических импульсов.
6. Показано, что априорное незнание интенсивности приводит к заметному усложнению структуры алгоритма ОМП.
7. В условиях высокой апостериорной точности наличие флуктуаций цели не влияет на потенциальную точность оценки R или V .
8. Для случая малой интенсивности отраженного импульса предложены более простые способы реализации алгоритма ОМП.

Спасибо за внимание!