

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НАВИГАЦИИ

С.В. Арепьев

(представил д.т.н. проф. А.И. Погорелов)

Проведена оценка влияния искажений земной поверхности, в виде ложных объектов, на результаты сравнения изображений в корреляционно-экстремальных системах навигации.

В настоящее время для автоматического управления летательными аппаратами различных классов и назначения, используемых как в мирных, так и в военных целях, находят широкое применение корреляционно - экстремальные системы навигации (КЭСН). В данных системах основной навигационной информацией являются результаты сравнения изображений земной поверхности, одни из которых - эталонные изображения (ЭИ) готовятся заблаговременно и хранятся в блоке памяти системы, другие - текущие изображения (ТИ), формируются в процессе полёта объекта навигации путём обзора земной поверхности.

Рассмотрим воздействие искажений поверхности визирования (ПВ), представленных в виде ложных объектов, характеристики которых аналогичны реальным объектам, расположенным в зоне визирования. Пусть рассматриваемые объекты являются точечными.

Совокупность элементов S_{zi} образует область эталонного изображения S_z , а совокупность элементов S_{tj} - область текущего изображения S_t рассматриваемой поверхности. Допустим, для простоты, что в рассматриваемом районе привязки расположен один объект привязки, которому соответствуют элементы изображения с интенсивностью $U_{об}$. Данный объект окружает однородный фон, которому соответствуют элементы изображения с интенсивностью $U_{ф}$. Предположим, что на ПВ появились искажения в виде Ω дополнительных объектов (ДО), расположенных случайным образом, характеристики которых аналогичны объекту, опи-

© С.В. Арепьев, 1998

санному выше. При этом изображение S_T преобразовалось в изображение $S_T^{иск}$.

Проанализируем влияние появления ДО на ПВ на процесс сравнения изображений. Для удобства анализа сделаем допущение, что ДО на ПВ представляют собой пуассоновский поток, обладающий свойствами стационарности, ординарности и отсутствием последействия.

Стационарность потока означает, что вероятность появления ДО в некоторой области ПВ зависит только от величины этой области и не зависит от её положения на ПВ. Ординарность потока ДО означает, что вероятность появления двух или большего числа ДО в достаточно малой области изображения (элементе изображения) исчезающе мала в сравнении с вероятностью появления одного ДО. Отсутствие последействия в потоке ДО означает, что их появление в тех или иных элементах изображения происходит независимо друг от друга, т.е. сгущение ДО в одной области не должно в обязательном порядке сопровождаться их разряжением в других областях.

Таким образом будем полагать, что размеры ДО на ПВ соответствуют размерам единичных элементов изображения. При этом ДО на изображении соответствуют дополнительные элементы (ДЭ) изображения с интенсивностью $U_{об}$ количество ω которых соответствует числу Ω ДО на ПВ.

Основным параметром пуассоновского потока ДЭ является их плотность W [1]. Под величиной W будем понимать среднее число ДЭ, приходящихся на единицу измерения площади изображения $S_T^{иск}$. Если в области $S_T^{иск}$ случайным образом расположено ω дополнительных элементов, то величину W можно определить как

$$W = \frac{\omega}{M \times N}, \quad (1)$$

где M, N - размеры изображения по строкам и столбцам.

Тогда вероятность того, что в область S_T^* , лежащую в пределах области $S_T^{иск}$ т.е. $S_T^{иск} \leq S_T^*$, попадёт x дополнительных объектов можно определить, согласно закону Пуассона, из выражения

$$P(x) = \frac{(WS_T^*)^x}{x!} \times e^{-Wk}, \quad (2)$$

где k - число элементов изображения $S_T^{иск}$ образующих область S_T^* .

Необходимо отметить, что величина \mathbf{W} имеет смысл вероятности \mathbf{p}_0 появления ДЭ с интенсивностью $U_{об}$ в единичном элементе изображения $\mathbf{S}_T^{иск}$. Тогда математическое ожидание числа ДЭ в области \mathbf{S}_T^* можно записать как

$$\mu_{дэ} = \mathbf{W}\mathbf{k} = \mathbf{p}_0\mathbf{k}, \quad (3)$$

Соответственно выражение (2) можно переписать как

$$P(\mathbf{x}) = \frac{\mu_{дэ}^*}{\mathbf{x}!} \times \exp[-\mu_{дэ}]. \quad (4)$$

Сигнал сравнения, ТИ и ЭИ в присутствии описанных выше искажений, полагая, что в качестве ЭИ используется изображение \mathbf{S}_T , как было показано выше, описывается выражением

$$\mathbf{S}_{эТ} = \sum_{i=1}^n \mathbf{S}_{Т_i} \mathbf{S}_{Т_i}^{иск}. \quad (5)$$

При этом момент точного совмещения \mathbf{S}_T и $\mathbf{S}_T^{иск}$ может с определённой достоверностью фиксироваться по максимальному значению сигнала сравнения $\mathbf{S}_{эТ}^{max}$. Очевидно, что значение $\mathbf{S}_{эТ}^{max}$ находится в обратнопропорциональной зависимости от количества ω дополнительных элементов с интенсивностью $U_{об}$ и в прямопропорциональной зависимости от степени идентичности \mathbf{S}_T и $\mathbf{S}_T^{иск}$, которую можно определить как

$$\gamma_{и} = \frac{\rho}{\rho + \omega}, \quad (6)$$

где ρ - количество элементов на изображении, принадлежащие реальному объекту. Величину $\gamma_{и}$ назовём коэффициентом идентичности.

На рис.1 показаны рассчитанные зависимости $\mathbf{S}_{эТ}^{max}$ от $\gamma_{и}$ для четырёх изображений с различными характеристиками.

При этом в качестве алгоритма сравнения изображений использовалась нормированная взаимная корреляционная функция. Кривые 1, 2, 3, 4 были рассчитаны для изображений с параметрами $\rho_1 = 3, \mathbf{M}_1 = 9, \mathbf{N}_1 = 9$; $\rho_2 = 5, \mathbf{M}_2 = 18, \mathbf{N}_3 = 18$; $\rho_3 = 8, \mathbf{M}_3 = 15, \mathbf{N}_3 = 15$; $\rho_4 = 14, \mathbf{M}_4 = 9, \mathbf{N}_4 = 9$ соответственно. Анализ данных кривых показывает, что среднее значение $\overline{\mathbf{S}_{эТ}^{max}}$ практически не зависит от размеров изображе-

ний. Отсюда следует вывод, что, зная коэффициент идентичности изображений, можно с достаточной достоверностью предсказать значение $\overline{S_{эт}^{max}}$ при заданных искажениях. В табл. 1. показаны значения $\overline{S_{эт}^{max}}$ при заданных значениях $\gamma_{и}$.

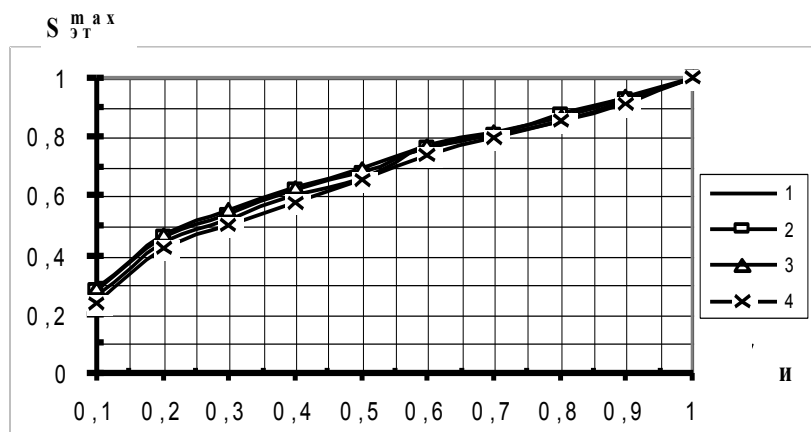


Рисунок 1 - Зависимость максимального значения сигнала сравнения от коэффициента идентичности

Таблица 1 - Среднее значение сигнала сравнения при заданном коэффициенте идентичности

$\gamma_{и}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\overline{S_{эт}^{max}}$	0,26	0,44	0,52	0,60	0,66	0,76	0,80	0,85	0,92	1,00

Следует отметить, что появление ложных объектов на ТИ приводит к повышению уровня боковых лепестков функции корреляции. В то же время дисперсия главного лепестка по уровню 0,5 остается практически постоянной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. - М.: Гос. изд - во физ. - мат. литературы, 1962. - 565 с.