

УДК 621.391

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ,
ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СИСТЕМУ РАДИОСВЯЗИ

д-р техн. наук, проф. С.В. ДВОРНИКОВ, А.А. КУРНОСЕНКОВ, Я.А. ДОМБРОВСКИЙ
(Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург);
канд. техн. наук Д.С. РЯБЕНКО, С.В. ЛАВРОВ
(Полоцкий государственный университет)

Предложена методика оценки статистических показателей, характеризующих систему радиосвязи. Рассмотрен математический аппарат вероятностных оценок дистанций между корреспондентами при ведении батальоном мобильной обороны. Представлены варианты расчетов при типовом построении его боевых порядков.

Ключевые слова: система радиосвязи, статистическая оценка, интеграл вероятности.

Введение. В современных условиях ведения боевых действий вопросы управления войсками и оружием являются приоритетными в решении поставленной боевой задачи.

В современном бою задачи, возложенные на систему управления, решаются посредством организации подсистемы радиосвязи. Прежде всего, это обусловлено:

- размахом и высокой динамичностью боевых действий;
- необходимостью оперативного доведения информации в движении;
- увеличением количества одновременно управляемых объектов.

Таким образом, можно заключить, что именно от возможности системы радиосвязи зависит устойчивость, непрерывность, оперативность и скрытность управления войсками и оружием. Следовательно, исследования, связанные с анализом статистических показателей, характеризующих систему радиосвязи с позиций ее противостояния деструктивным воздействиям различной природы, являются актуальными и представляющими особый интерес для специалистов, занимающихся вопросами повышения устойчивости системы управления.

Аналитический аппарат методики статистической оценки параметров. Анализ особенностей построения боевых порядков войск позволяет сделать следующее заключение. Их построение определяется требованиями боевых документов, поэтому при одинаковой штатной организации топологию их размещения в некотором смысле можно считать типовой. Как правило, в состав боевых порядков входит строго определенное число пунктов управления и боевых позиций подчиненных подразделений. Следовательно, для их описания можно применить аппарат математической статистики и на его основе рассчитать соответствующие обобщенные характеристики. Учитывая, что подсистема радиосвязи будет довольно полно отражать структуру системы управления, то полученные показатели в равной степени будут характеризовать и ее.

Так, основу подсистемы радиосвязи составляют радиосети и радионаправления [1], следовательно, среднюю дистанцию связи между корреспондентами в радиосети можно рассматривать в качестве основного статистического показателя. Действительно, каждое подразделение имеет свой боевой порядок, размеры которого определяются соответствующими нормативными документами [2].

Тогда среднее значение дистанции радиосвязи будет определяться следующей формулой:

$$R_{\text{cp}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i, \quad (1)$$

где R_i – текущее значение дистанции связи;

N – общее число связей.

Не менее важным является такой статистический показатель, как выборочная дисперсия, представляющая собой квадрат отклонения текущей величины от среднего значения и частость ее проявления, которые можно представить в следующем виде:

$$(R_i - R_{\text{cp}})^2, \quad (2)$$

$$(R_i - R_{cp})^2 p, \quad (3)$$

где p – частота проявления текущего значения дистанции связи; i – количество групп с повторяющимися значениями.

Заметим, что полученные показатели будут довольно точно характеризовать типовые подразделения, нормативные показатели построения боевых порядков, которых определены регламентирующими документами.

Сама методика будет определяться последовательностью проведения расчета по указанным показателям с последующей вероятностной оценкой полученных результатов.

Пример расчета. Допустим, что подсистема радиосвязи состоит из радиосети, включающей 14 радиоприемных, среди которых восемь имеют дистанцию 1500 м, три – 500 м и по одному – соответственно 1000 м, 1200 м и 4000 м.

Тогда, в соответствии с формулой (1) получим

$$R_{cp} = \frac{1500 \times 8 + 500 \times 3 + 400 \times 1 + 1200 \times 1 + 1000 \times 1}{14} = 1400 \text{ м.}$$

Результаты расчетов по формулам (2) и (3) сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения статистических показателей

Дистанция связи, R_i	Частота повторений, p	$(R_i - R_{cp})^2$	$(R_i - R_{cp})^2 \cdot p$
1,5 км	8	0,01	0,08
4 км	1	6,76	6,76
1,2 км	1	0,04	0,04
0,5 км	3	0,81	2,43
1 км	1	0,16	0,16

Для расчетных данных таблицы 1 можно вычислить статистическую оценку с позиций того, что они представляют выборку, полученную из генеральной совокупности в результате N независимых наблюдений.

Между тем, согласно [3], если в качестве оценки генеральной дисперсии принять выборочную дисперсию, то эта оценка будет приводить к систематическим ошибкам, давая заниженное значение генеральной дисперсии. Объясняется это тем, что выборочная дисперсия является смещенной оценкой \tilde{D}_R , т.к. математическое ожидание выборочной дисперсии не равно оцениваемой генеральной дисперсии, а равно $M(\tilde{D}_R) = \frac{N-1}{N} \tilde{D}_R$. Следовательно, выборочную дисперсию \tilde{D}_R необходимо помножить на дробь $\frac{N}{N-1}$. В результате получим следующее значение:

$$\sigma_R^2 = \frac{N}{N-1} \tilde{D}_R = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - R_{cp})^2. \quad (4)$$

Тогда, в соответствии с данными таблицы 1, по формуле (4) можно рассчитать значение дисперсии дистанций связи как статистического параметра системы радиосвязи для рассматриваемого случая:

$$\sigma_R^2 = \frac{1}{14-1} (0,08 + 6,76 + 0,04 + 2,43 + 0,16) = 0,728 \text{ км.}$$

Другим важным статистическим показателем является значение среднего квадратического отклонения (ошибки) дистанции связи, равное квадратному корню из исправленной дисперсии, рассчитываемой по формуле (4)

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - R_{cp})^2}. \quad (5)$$

Согласно (5) имеем

$$\sigma_R = \sqrt{0,728} = 0,85 \text{ км.} \quad (6)$$

Далее определим доверительный интервал $\Delta R_{cp} = z \times (\sigma_R / \sqrt{N})$ для полученных значений из условия формулы

$$[R_{cp} \pm z \times (\sigma_R / \sqrt{N})] \geq P_{дов} . \tag{7}$$

Тогда, например, для доверительной вероятности $P_{дов} = 0,9$ определим коэффициент доверия z , который согласно [4] является параметром интеграла вероятности при условии $x = z / 2$.

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp(-t^2 / 2) dt . \tag{8}$$

Значения $x = z / 2$ табулированы (табл. 2).

Таблица 2 – Табулированные значения интеграла вероятности

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Сотые доли x									
0,0	0,0000	0040	0080	0112	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0754
0,2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2258	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2518	2549
0,7	2580	2612	2642	2673	2704	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2996	3023	3051	3079	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3553	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4430	4441
1,6	4452	4463	4474	4485	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4700	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4762	4767
	Десятые доли x									
2,	4773	4821	4861	4893	4918	4938	4953	4965	4974	4981
3,	4987	4990	4993	4995	4997	4998	4998	4999	4999	5000

Для рассматриваемого значения $P_{дов} = 0,9$ по таблице 2 можно определить величину коэффициента доверия $z = 1,65$. Затем, подставив его в формулу (6), рассчитаем доверительный интервал:

$$\Delta R_{cp} = z \times (\sigma_R / \sqrt{N}) = 1,65 \times \frac{0,85}{\sqrt{14}} = 0,37 \text{ км.}$$

Таким образом, средняя дистанция связи для рассматриваемого случая составляет $R_{cp} = 1,4 \pm 0,37$ км с доверительной вероятностью $P_{дов} = 0,9$. Рассмотренный подход к оценке полученных результатов также может быть введен в состав методики.

Заключение. Получен аналитический аппарат, позволяющий рассчитывать статистические оценки, характеризующие систему радиосвязи. В качестве таковых можно рассматривать среднюю дистан-

цию связи при заданной доверительной вероятности, а также дисперсию получаемой оценки и величину среднеквадратической ошибки.

В частности, рассчитанные значения в своей совокупности могут рассматриваться в качестве исходных данных при планировании мероприятий помехозащиты линий радиосвязи и прогнозирования вероятности их радиоподавления, например, для условий, рассмотренных в [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворников, С.В. Проблема поиска сигналов источников информации при радиомониторинге / С.В. Дворников // Мобильные системы. – 2007. – № 4. – С. 33–35.
2. Дворников, С.В. Концептуальная структуризация поиска как способа организации процессов радиомониторинга / А.М. Кудрявцев, С.В. Дворников // Информация и космос. – 2008. – № 2. – С. 32–35.
3. Лейбсон, К.Л. Курс лекций по высшей математике / К.Л. Лейбсон. – Л. : ВАС, 1978. – 324 с.
4. Гурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гурман. – М. : Высшая школа, 1977. – 466 с.
5. Работа линий радиосвязи с ППРЧ в условиях преднамеренных помех / М.А. Вознюк [и др.] // Информационные технологии. – 2012. – № 10. – С. 64–67.

Поступила 02.03.2016

METHOD OF STATISTICAL ESTIMATION OF PARAMETERS CHARACTERIZING RADIO COMMUNICATION SYSTEM

S. DVORNIKOV, A. KURNOSEKOV, Y. DOMBROVSKI, D. RYABENKO, S. LAVROV

The estimation method of the statistics characterizing radio communication system is offered. The mathematical apparatus of probabilistic estimate of distances between correspondents is considered at conducting by a battalion of mobile defense. Variants of calculations are represented at typical construction of its battle order.

Keywords: *radio communication system, statistical estimation, probability integral.*