

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ И ТОЧНОСТИ
ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ
РАДИОИЗЛУЧАЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ**

Калюжный Н.М.¹, Николаев И.М.², Попов А.М.¹, Колесник В.И.¹

¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Украина, 61166, г. Харьков, пр. Ленина 14, т. (057) 7021 068,

vikolesnik@gmail.com, 3rmorti7@gmail.com

²Харьковский университет воздушных сил

Украина, 61023, г. Харьков, ул. Сумская 77/79, т. (057) 7007 435, knm9@ukr.net

The results of experimental researches of radiating source recognition algorithms are res-ulted. Dependences of correct recognition probability on exactness of signal parameter measur-ing are certain as a result of the conducted researches. The got results allow to choose the most effective recognition algorithms and produce the grounded requirements to exactness of signal parameter measuring.

Введение. Распознавание источников радиоизлучения (ИРИ), в том числе подвиж-ных, а также режимов их работы, является одной из важнейших задач средств радио-контроля систем радиочастотного мониторинга. Эффективность распознавания ИРИ за-висит от информативных признаков и точности измерения параметров принятого сигна-ла. В связи с этим актуальной является задача предъявления обоснованных требований к точности измерения параметров сигналов ИРИ [1, 2].

Основная часть. Исследование влияния информативности и точности измерения параметров сигналов на эффективность распознавания типов и режимов работы ИРИ проводилось методом имитационно-математического моделирования. Эффективность распознавания $\mathcal{E}_{cp}$ ИРИ оценивалась долей правильных решений N_{np} относительно всех попыток N системы распознавания распознать тип и режим работы неизвестного источ-ника излучения по измеренному вектору параметров (сигнальных признаков) принятого сигнала. В процессе моделирования исследовались сигнатуры, содержащие шесть основ-ных параметров вектора измеренных параметров: среднее значение несущей частоты f_0 , среднее значение длительности излучаемых импульсов $\tau_{и}$, среднее значение периода по-вторения импульсов $T_{и}$, среднее значение длительности пачек излучаемых импульсов $\tau_{п}$, среднее значение периода повторения импульсов $T_{п}$ и признак $\Pi_{вм}$ вида модуляции при-нятого сигнала. Для каждого типа и режима работы ИРИ с использованием указанных сигнатур были составлены эталонные описания, которые хранились в базе данных (БД). При этом каждый параметр сигнала v_i , $i=1..6$ в эталонной базе данных был представлен интервалом возможных значений сигнатур сигналов $[v_{i\min}, v_{i\max}]$.

Оценка влияния информативности и точности измерения параметров сигналов на эффективность распознавания типов и режимов работы радиоизлучающих источников проводилась методом статистического моделирования, для чего из интервала $[v_{i\min}, v_{i\max}]$ эталонной базы данных по равномерному закону выбиралась сигнатура сигнала. Каждый параметр сформированной выборки случайным образом «зашумлялся» по нормальному закону со среднеквадратическим отклонением, соответствующим точности измерения данного параметра средством радиоконтроля. Сформированный вектор N раз «прогонял-ся» через математическую модель алгоритма распознавания и подсчитывалось количе-ство правильных решений распознавания данного сигнала среди общего количества всех попыток. В качестве математических моделей при исследовании меры близости сфор-мированного вектора и эталонов сигнатур, хранящихся в базе данных, использовались три алгоритма: статистический, логический и минимума расстояний.

Влияние информативности и точности измерения параметров сигнатур σ_v на эффективность указанных алгоритмов оценивалась функцией $\mathcal{E}_{cp} = \varphi(A, \sigma_v)$, где $\varphi(A, \sigma_v) = \varphi(\alpha_v^{изм}, \sigma_v, \alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max})$, достаточная статистика, характеризующая меру близости v -го параметра измеренного сигнала к соответствующему параметру i -ой эталонной сигнатуры сигнала) при использовании алгоритма А. Решение о принадлежности измеренного вектора признаков к одному из эталонных описаний принималось в соответствии с решающим правилом:

$$R_A = \arg \min_{i=1..N_j} F(\phi_{A,i,v})$$

Достаточные статистики и решающие правила вычислялись по формулам:

а) для статистического алгоритма распознавания:

$$\varphi_{cm\,iv} = \frac{1}{\alpha_{iv}^{\max} - \alpha_{iv}^{\min}} \left[\Phi \left(\frac{\alpha_{iv}^{\max} - \alpha_{iv}^{изм}}{\sigma_v} \right) - \Phi \left(\frac{\alpha_{iv}^{\min} - \alpha_{iv}^{изм}}{\sigma_v} \right) \right], \quad R_{cm} = \arg \max_v \prod_{v=1}^{\Omega} \varphi_{cm\,iv};$$

где $\Phi(\cdot)$ - интеграл вероятности;

б) для логического алгоритма распознавания:

$$\varphi_{лог\,iv} = \begin{cases} 1, & \text{если } \alpha_v^{изм} \in (\alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max}) \\ 0, & \text{если } \alpha_v^{изм} \notin (\alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max}) \end{cases}; \quad R_{лог} = \arg \max_v \sum_{v=1}^{\Omega} \varphi_{лог\,iv};$$

б) для алгоритма распознавания по минимуму расстояния:

$$\varphi_{mp\,iv} = \frac{\left(\alpha_{iv}^{изм} - \frac{\alpha_{iv}^{\max} + \alpha_{iv}^{\min}}{2} \right)^2}{\sigma_v}; \quad R_{mp} = \arg \max_v \sum_{v=1}^{\Omega} \varphi_{mp\,iv}.$$

Критерий эффективности исследуемых алгоритмов распознавания на основе экспертных оценок выбран равным $E_A \geq 0,9$.

Результаты исследования влияния информативности и точности измерения параметров сигналов на эффективность различных алгоритмов распознавания типов и режимов работы радиоизлучающих источников приведены на рис. 1-5, на которых представлены графики функции $\mathcal{E}_{cp} = \varphi(A, \sigma_v)$, полученные по результатам моделирования для разных сочетаний параметров сигналов и разных значений точности их измерения (красным цветом на графиках представлены результаты функционирования статистического алгоритма, синим цветом – результаты логического алгоритма, и зеленым цветом – результаты алгоритма по минимуму расстояния).

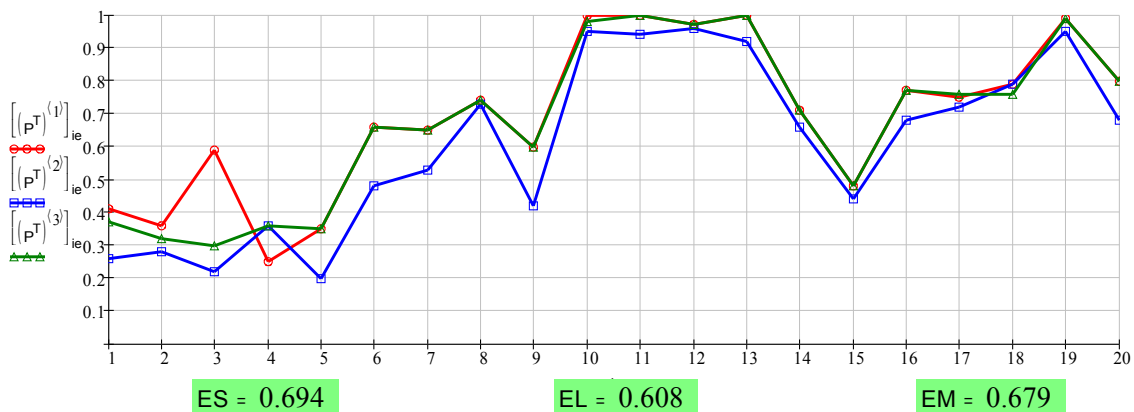


Рис. 1. Вид функции $\mathcal{E}_{cp} = \varphi(A, \sigma_v)$ при использовании в качестве признака частоты принимаемых сигналов

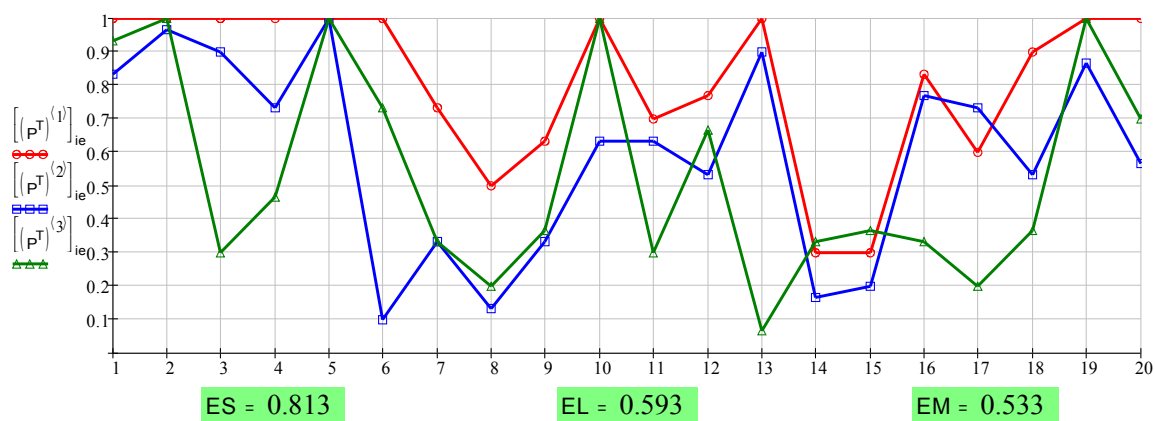


Рис. 2. Вид функции $\mathcal{E}_{cp} = \varphi(A, \sigma_v)$ при использовании в качестве признака длительности и периода следования импульсов в принимаемых сигналах

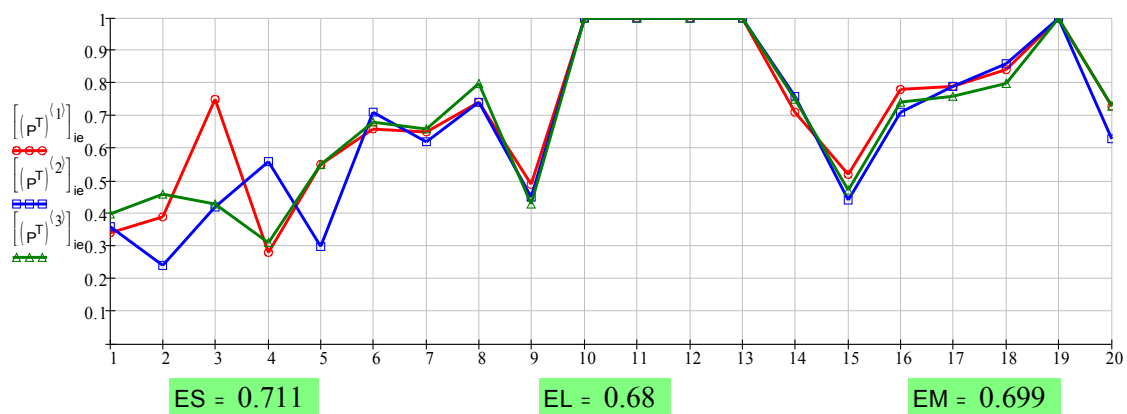


Рис. 3. Вид функции $\mathcal{E}_{cp} = \varphi(A, \sigma_v)$ при использовании в качестве признака частоты, длительности и периода следования импульсов в принимаемых сигналах

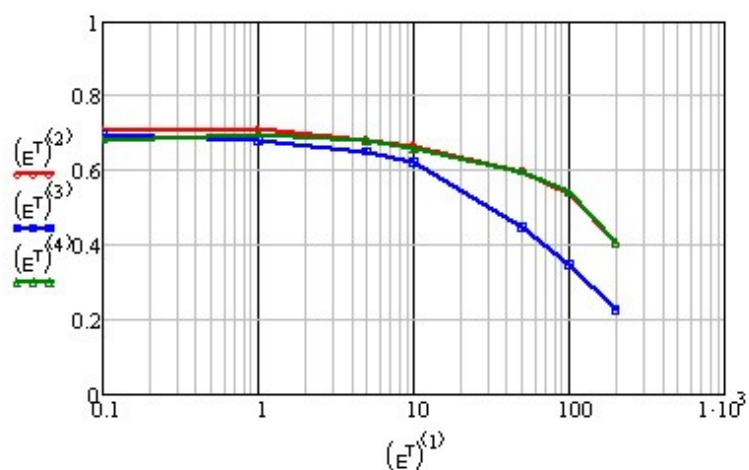


Рис. 4. Зависимость эффективности распознавания от точности измерения несущей частоты

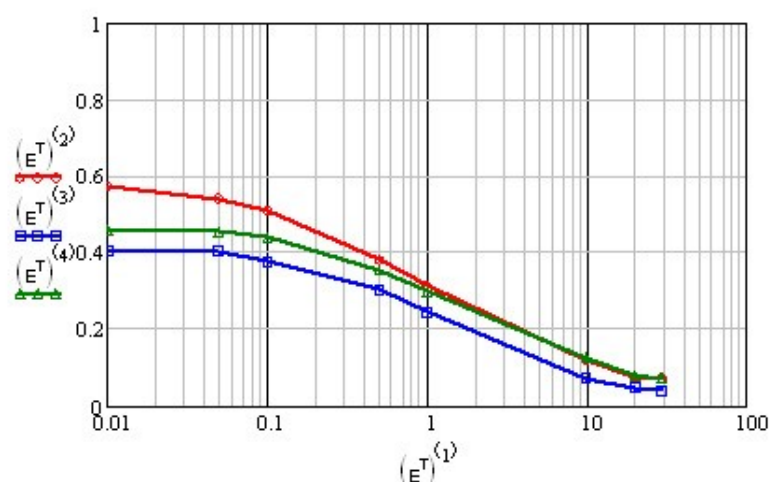


Рис. 5 Зависимость эффективности распознавания от точности измерения временных параметров

Обобщенные результаты исследования влияния информативности и точности измерения параметров сигналов на эффективность различных алгоритмов распознавания типов и режимов работы радиоизлучающих источников представлены в таблице:

Наименование параметра	Точность измерения параметров	Значение весового коэффициента
Частота, МГц	0,5 - 10	0,63 - 0,70
Длительность импульса, мкс	0,05 - 0,5	0,29 - 0,47
Период следования импульсов, мс	0,001 - 0,01	0,19 - 0,31
Длительность пачки импульсов, мс	0,05 - 1	0,17 - 0,25
Период следования пачек импульсов, с	0,100 - 1	0,15 - 0,18

Выводы. Экспериментальные исследования показали, что наибольшей эффективностью обладает статистический алгоритм. Близким к нему по эффективности является логический алгоритм. Разработанная методика позволяет выбрать наиболее эффективный алгоритм распознавания и предъявить обоснованные требования к точности измерения параметров контролируемых РЭС в аппаратуре контроля на этапе проектирования.

Литература.

1. Калюжный Н.М., Николаев И.М., Смилык В.И. Выбор наиболее эффективного алгоритма распознавания источников радиоизлучений для экспертной системы оценки радиоэлектронно-объектовой обстановки // 3-й Международный радиоэлектронный форум "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития" МРФ-2008. Сборник научных трудов. Том II. Международная конференция "Телекоммуникационные системы и технологии". - Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ. 2008. - С. 256-259.
2. Калюжный Н.М., Николаев И.М. Попов А.М. Колесник В.И. Исследование влияния точности измерения параметров радиосигнала на эффективность системы распознавания излучающих источников // 12-я МНПК «Современные информационные и электронные технологии». - Одесса: 2011 г., СИЭТ-2011, т. 1, с. 51.