

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЭС МЕТОДОМ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

С.В.Елизаров

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Одним из перспективных направлений повышения качества радиоэлектронных средств (РЭС) является прогнозирование изменения свойств после изготовления [1]. Среди методов прогнозирования широко распространение получили методы теории распознавания образов. Для случая хорошего разделения классов качества образцов целесообразно использовать метод потенциальных функций [2].

В данной работе рассмотрена методика ИП надежности бортовых РЭС методом потенциальных функций.

1. Метод потенциальных функций (МПФ)

Сущность индивидуального прогнозирования (ИП) в МПФ состоит в таком нелинейном преобразовании пространства признаков, которое усиливает, подчеркивает разделение классов. Кроме того, в самой процедуре обработки результатов обучающего эксперимента предлагается оперировать не со значениями признаков, а с их разностью. Но, так как каждый признак имеет свою физическую природу, а, значит, и размерность, применяется нормирование признаков для того, чтобы получить безразмерные величины. При этом желательно такое нормирование, которое бы содействовало лучшей разделимости классов.

Предлагается осуществлять нормирование следующим образом:

$$x_{in}^{(j)} = \frac{x_i^{(j)}}{D^{*1/2}[x_i]}$$

где $x_{in}^{(j)}$ – нормированное значение i -го признака j -го экземпляра; $x_i^{(j)}$ – измеренное значение i -го признака j -го экземпляра; $D^*[x_i]$ – оценка дисперсии i -го признака по всем n экземплярам.

Такое преобразование повышает роль тех признаков, которые меньше рассеиваются относительно своего математического ожидания.

Для простоты записи будем обозначать далее $x_{in}^{(j)}$ как $x_i^{(j)}$.

Переходя от значений признаков к их разностям, находят $R_i^{(jl)}$ – единичное расстояние между значениями i -го признака для j -го и l -го экземпляров:

$$R_i^{(j,l)} = |x_i^{(j)} - x_i^{(l)}|.$$

Обобщенное расстояние по всем k признакам для j -го и l -го экземпляров определяют выражением:

$$R_i^{(j,l)} = \sqrt{\sum_{i=1}^k [x_i^{(j)} - x_i^{(l)}]^2 \mu_i}.$$

В данной формуле большую роль будут играть те признаки, которые мало рассиваются, так как нормирование привело к увеличению их разброса.

Введем понятие потенциала j -го экземпляра, наводимого на него l -ым экземпляром:

$$\varphi^{(j,l)} = \frac{q_l}{1 + \alpha [R^{(j,l)}]^\beta},$$

где α и β - коэффициенты, определяемые экспериментально (часто берут $\alpha = 4$ и $\beta = 3$);

$q_l = \pm 1$ – коэффициент, учитывающий класс ($K1$ или $K2$), к которому принадлежит j -ый экземпляр.

Условимся далее считать, что, если потенциал наводится от экземпляра, принадлежащего к классу $K1$, то $q_l = +1$, в противном случае $q_l = -1$. Иными словами, будем считать, что экземпляры класса $K1$ наводят на j -ый экземпляр положительный потенциал, а экземпляры класса $K2$ – отрицательный.

Если j -ый и l -ый экземпляры принадлежат к одному классу, то разница между значениями признаков для них будет мала, и тогда будут малы как единичное $R_i^{(j,l)}$, так и обобщенное $R^{(j,l)}$ расстояния, а величина потенциала по модулю $|\varphi^{(j,l)}|$ будет большой («точки близки, и наведенный потенциал велик»).

Если же j -ый и l -ый экземпляры принадлежат к разным классам, величина $|\varphi^{(j,l)}|$ будет мала. Показатель степени β подчеркивает эту разницу между классами.

Однако величина потенциала $|\varphi^{(j,l)}|$ дает представление о взаимном расположении только двух векторов признаков (j -го и l -го экземпляров) в нелинейно преобразованном пространстве. Поэтому переходят к обобщенному суммарному потенциалу каждого экземпляра, для чего используют весь массив исходных данных обучающего эксперимента.

Пусть по результатам обучающего эксперимента оказалось, что число экземпляров, принадлежащих к классу $K1$ равно $n1$, и число экземпляров

класса $K_2 - n_2$; $n_1 + n_2 = n$. Тогда, располагая значениями $|\varphi^{(j)}|$ ($j=1, 2, \dots, n; j \neq l$), можно вычислить суммарный потенциал каждого экземпляра, используемого в обучающем эксперименте.

Условимся далее обозначать $j \in K_1$ или $j \in K_2$, если j -ый экземпляр принадлежит соответственно к классу K_1 или K_2 . Обозначим $\varphi_{j \in K_1, \Sigma}$ суммарный потенциал, наводимый на j -ый экземпляр класса K_1 всеми остальными $(n-1)$ экземплярами, используемыми в обучающем эксперименте. $\varphi_{j \in K_2, \Sigma}$ - суммарный потенциал, наводимый на j -ый экземпляр класса K_2 всеми остальными $(n-1)$ экземплярами. Тогда для любого j -го экземпляра принадлежащего к классу K_1 , этот суммарный потенциал находится по формуле

$$\varphi_{j \in K_1, \Sigma} = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{\substack{l \in K_1 \\ l \neq j}} \varphi^{(l)} + \frac{1}{n_2} \sum_{l \in K_2} \varphi^{(l)}$$

Для того, чтобы результат вычисления суммарного потенциала j -го экземпляра не зависел от случайных чисел n_1 и n_2 , та и другая сумма делаются на число слагаемых в этой сумме. Число слагаемых в первой сумме равно $(n_1 - 1)$, так как j -ый экземпляр, для которого вычисляется суммарный потенциал, также принадлежит классу K_1 . Заметим, что все слагаемые в первой сумме будут положительными, поскольку определяется потенциал, наводимый экземплярами класса K_1 ($l \in K_1$), а все слагаемые во второй сумме - отрицательными ($l \in K_2$).

Если классы хорошо разделяются, то вторая сумма (отрицательная) будет по модулю меньше первой, и суммарный потенциал будет положительным. При плохой разделимости классов величины первой и второй сумм по модулю будут близки, и величина суммарного потенциала будет близка к нулю.

Пусть пороговое значение суммарного потенциала принято равным нулю, $P_g = 0$. Тогда, если $\varphi_{j \in K_1, \Sigma} \geq 0$, принимается решение об отнесении этого j -го экземпляра к классу K_1 , если $\varphi_{j \in K_2, \Sigma} < 0$, принимается решение об отнесении его к классу K_2 . Очевидно, все принимаемые здесь решения об отнесении j -го экземпляра к классу K_2 будут ошибочными, так как по выражению проверяются только экземпляры, фактически принадлежащие к классу K_1 . Обозначим число таких ошибочных решений $n(K_1/peshK_2)$.

Аналогично для каждого j -го экземпляра класса K_2 найдем суммарный потенциал:

$$\varphi_{j \in K_1, \Sigma} = \frac{1}{n_1} \sum_{\substack{l \in K_1 \\ l \neq j}} \varphi^{(l)} + \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{l \in K_2} \varphi^{(l)}.$$

Здесь при хорошей разделимости классов вторая (отрицательная) сумма будет по модулю больше первой (положительной), и суммарный потенциал будет отрицательным. Если $\varphi_{j \in K_1, \Sigma} < 0$, то принимается решение об отнесении его к классу $K1$ и все такие решения будут ошибочными, поскольку по выражению проверяются лишь те экземпляры, которые по данным обучающего эксперимента принадлежат к классу $K2$. Обозначим число таких ошибочных решений $n(K2/reshK1)$.

Проверка пригодности (экзамен) выражений такого вида для прогнозирования класса новых экземпляров, не использовавшихся в обучающем эксперименте, производится сравнением получившихся значений вероятностей ошибочных решений с допустимыми. Вероятности ошибочных решений вычисляются по результатам обучающего эксперимента и обучения.

2. Описание программы

Программа состоит из 3 модулей:

- 1) Unit1 – модуль, отвечающий за запуск приложения, предоставления информации о программном продукте;
- 2) Unit2 – основной модуль программы, реализующий алгоритм математической модели метода потенциальных функций, определяющий основные настройки, формирующий интуитивно понятный интерфейс работы с программой;
- 3) Unit3 – модуль, предназначенный для отображения справочной информации и теоретические сведения по методу потенциальных функций.

3. Руководство пользователя

- 1) Запуск приложения (рис. 1);



Рис. 1. Запуск приложения

2) Настройка осуществляется на вкладке «Настройка программы», где осуществляется выбор между двумя режимами работы: «Тестовый режим» и «Ввод данных»; при выборе «Тестового режима» работы приложения данные не вводятся, в противном случае пользователь вводит параметры: «Количество экземпляров», «Количество признаков», «Количество пороговых значений», затем осуществляется ввод названий признаков и величин пороговых значений (рис. 2).

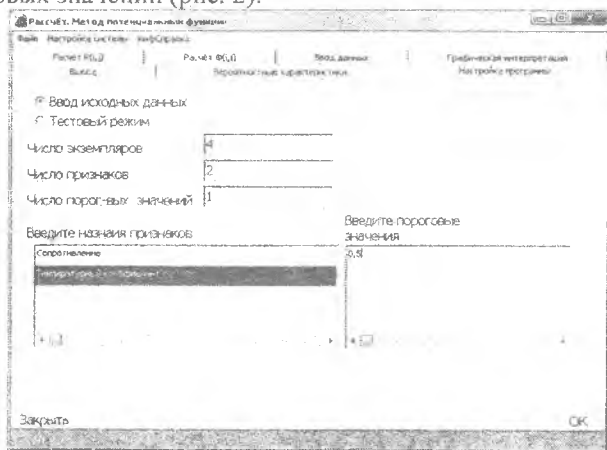


Рис. 2. Настройка программы

Затем осуществляется ввод данных выборок в таблицу (рис. 3), последовательно подвергающихся обработке.

	R	T	Класс	Rn	Tn	Пороговые	0,5	0,3	0,2	0,1
10	13,3	150	2	9,59949334	2,231469868					
11	14,2	200	1	10,24956899	3,108623262					
12	11,4	20	1	8,22852714	0,310862528					
13	16,4	3	1	11,83753270	0,046629375					
14	17,7	2	2	9,16687956	0,046629375					
15	13	200	2	9,363408146	3,108623262					
16	13,6	30	1	9,816488522	0,310862528					
17	15,7	10	2	11,3328985	0,15543128					
18	14,6	0,6	1	10,5302891	0,009325871					
19	11	40	1	7,939606899	0,621725056					
20	12,3	20	1	9,23904802	0,310862528					
M(4)	13,76	55,23								
E(0)	1,385424122	64,3371207								

Рис. 3. Ввод данных и их обработка

В процессе обработки данных рассчитываются: математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратическое отклонение исследуемых выборок, расчет обобщенного расстояния между признаками, суммарный потенциал, определение классификации экземпляра по расчетному значению суммарного потенциала относительно величины порога, расчет вероятностных показателей, графическая интерпретация результатов прогнозирования (рис. 4,5). Алгоритм приведен на рис. 6.

Расчет. Метод потенциальных функций

Файл | Настройка системы | ИнфоСправка

	Расчет $\Phi(x_i)$					Ввод данных	Графическая интерпретация			
	Вероятностные характеристики						Настройка программы			
Выход	-0,5	-0,3	-0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	
n1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
n2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
K1K1	12	12	12	12	12	12	8	7	5	
K1K2	6	5	4	1	0	0	0	0	0	
K2K1	0	0	0	0	0	0	4	5	7	
K2K2	2	3	4	7	8	8	8	8	8	
Риск Пот.	0,333333330,2941176470,25					0,076923076				
Риск Ин.	0					0,333333320,2644153840,46666666				
Риск K1/K2	0,75					0,625				
Риск K2/K1	0					0,125				
Риск K2/K2	0					0				
Риск K1/K1	0					0,333333330,416666660,58333333				

0.12.0

Рис. 4. Вероятностные показатели исследуемой выборки

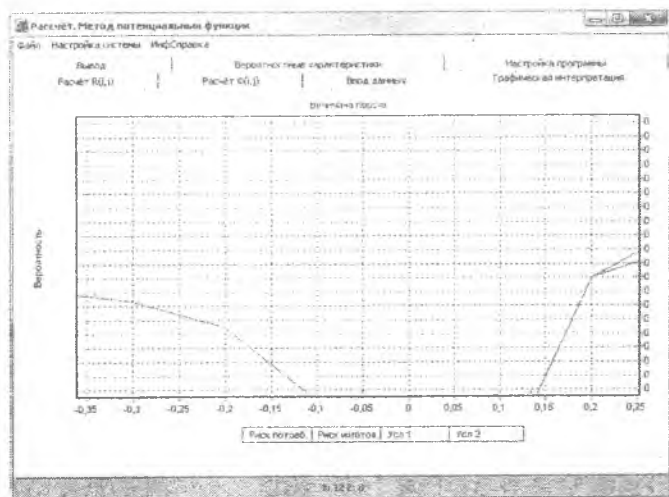


Рис. 5. Графическая интерпретация

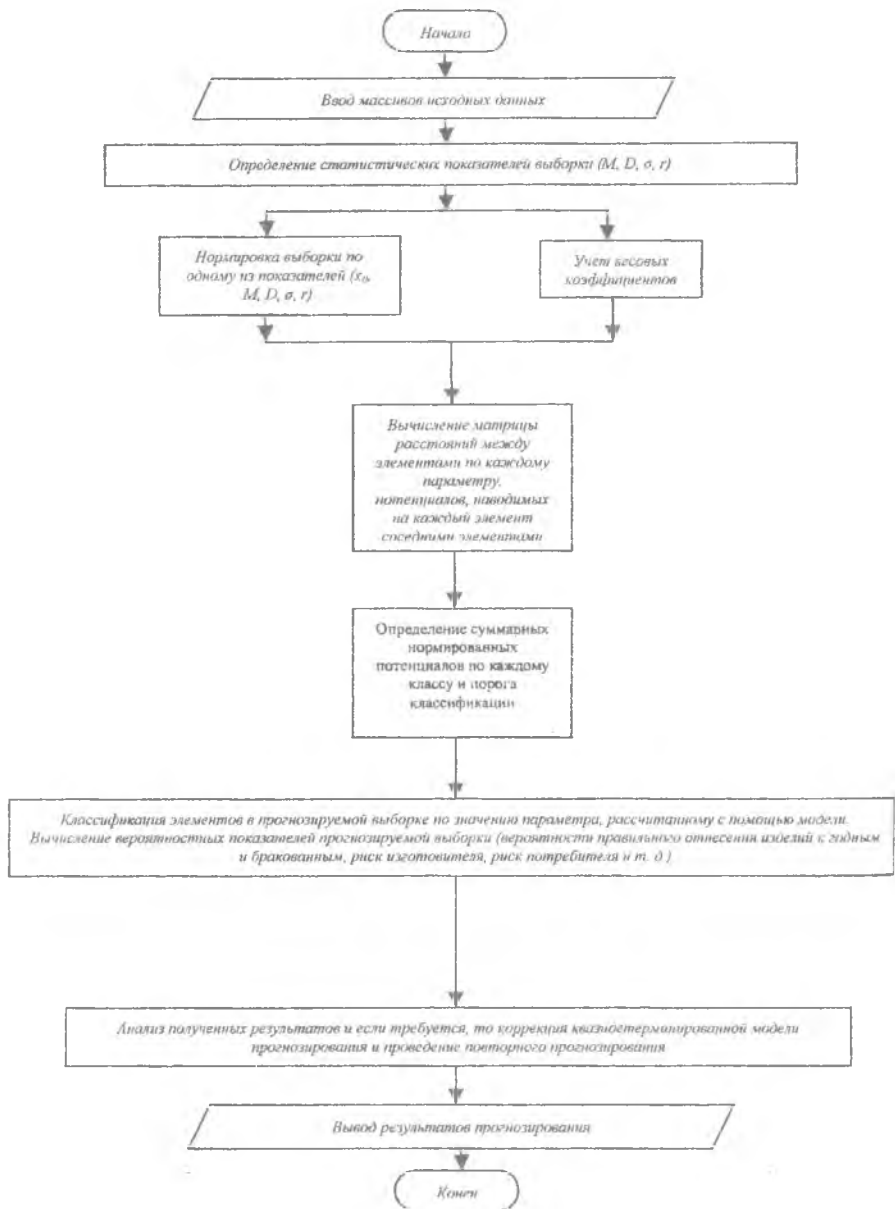


Рис.6

Список использованной литературы

1. Пиганов М.Н. Индивидуальное прогнозирование показателей качества элементов и компонентов микросборок. – М.: Новые технологии, 2002. – 267 с.
2. Карпов О.В. Программная реализация алгоритмов прогнозирования // Труды конференции «Королевские чтения».- СГАУ, 2001. – С. 233-235.
3. Карпов О.В. Совместная программная реализация алгоритмов прогнозирования методами экстраполяции, дискриминантных и потенциальных функций // Актуальные проблемы радиоэлектроники. Материалы Всероссийской науч.-техн. конф. – Самара: Изд-во «НТЦ», 2003. – С. 59-61.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПАЙКИ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ НА УСТАНОВКАХ КОНДЕНСАЦИОННОГО ТИПА

А.С.Севрюков, Е.В.Каштанов, В.П.Глухов
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Неравномерность прогрева печатного узла (ПУ) в процессе оплавления припойных паст при пайке чип-компонентов и микросхем в BGA-корпусах приводит к дефектам паяного соединения [1-3].

Целью данной работы является анализ неравномерности прогрева печатного узла в установках конденсационной пайки вертикального типа и разработка рекомендаций по его уменьшению и повышению качества пайки.

Для проведения анализа использовали результаты экспериментов по отработке температурных профилей оплавления припойных паст типа 7010 и 7070, проведенных нами на установке пайки в парогазовой фазе VP-400 компании ATF (Германия), с использованием рабочей жидкости Galden (температура кипения 240 °С). Данная установка относится к печам вертикального типа (рис. 1). Рабочая жидкость нагревается электроннагревательными элементами до температуры кипения и поддерживается в таком состоянии в течение всей рабочей смены. Печатный узел загружается в специальную загрузочную камеру, которая отделена от рабочей герметичными створками. После загрузки механизм установки выводит лоток с изделием в рабочую камеру и отрабатывает погружение в насыщенный пар согласно заданному термопрофилю. Так как верхние слои пара имеют относительно низкую температуру (около 80 °С на уровне загрузочной камеры), то предварительный нагрев печатного узла не требуется, он является частью термопрофиля пайки. Температура и скорость нагрева изделия в установке ATF VP-400 напрямую зависят от того, какое количество жидкости конденсируется на его поверхности в единицу времени.