

УДК 621.396.6

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЖИВУЧЕСТИ СИСТЕМ С ТЕПЛОАГРУЖЕННЫМИ ПРИЕМНИКАМИ

В. И. Мещеряков

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

Контактный тел.: 050-336-32-78

E-mail: gradan@ua.fm

В. П. Зайков

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник сектора

Государственное предприятие «Научно-исследовательский институт «Шторм»

ул. Терешковой, 27, г. Одесса, Украина, 65078

Контактный тел.: (044) 45-49-17

E-mail: aninfo@fromru.com

А. А. Гнатовская

Старший преподаватель*

Контактный тел.: (044) 44-88-53, 067-769-00-87

E-mail: aninfo@fromru.com

*Кафедра информатики

Одесский государственный экологический университет

Запропоновано підхід підвищення життєздатності інформаційних систем з теплонавантаженими матричними приймачами, заснований на врахуванні часових і просторових кореляційних зв'язках вхідного сигналу

Ключові слова: надійність, система, працездатність, матриця

Предложен подход повышения живучести информационных систем с теплонагруженными матричными приемниками, основанный на учете временных и пространственных корреляционных связей входного сигнала

Ключевые слова: надежность, система, работоспособность, матрица

The approach of increase of viability of information systems with warmly loaded matrix receivers, based on the account of time and spatial correlation communications of an entrance signal is offered

Keywords: reliability, system, working capacity, a matrix

1. Введение

Фундаментальный принцип создания надежных систем из ненадежных элементов предполагает необходимость поиска новых путей удовлетворения этого требования при проектировании информационных систем. Базовыми подходами повышения работоспособности являются параметрический метод и структурное резервирование. Для систем с сенсорными элементами, работающими в сложных условиях тепловых нагрузок вероятность выхода из строя сенсорных элементов и, как следствие, всей системы оказывается высокой. Такие условия распространены в системах специального назначения, работе с плазменными источниками, системах управления горением топлив, где надежность функционирования является определяющим фактором. Зачастую при решении задачи важно обеспечить хотя бы состояние жизнеспособности системы, т.е. сохранить основные функции системы при потере надежности составляющих компонентов. Актуальной остается задача поиска путей повышения надежности

информационной системы при условии, что ни параметрические, ни структурные методы повышения надежности теплонагруженных элементов не в состоянии обеспечить работоспособности всех элементов.

2. Основная часть

Рассмотрим информационную систему реального времени с приемной матрицей независимых теплонагруженных чувствительных элементов, по результатам обработки данных которой принимаются решения по формированию ответной реакции исполнительными органами. Достоверность функционирования системы зависит от верности восприятия внешней информации о контролируемом процессе, следовательно, надежности работы элементов приемной матрицы. Выход из строя любого элемента матрицы сенсоров приводит к искажению исходной информации, по которой принимаются последующие решения, следовательно, эффективности выполнения задач, возложенных на

систему. Последствия такой ситуации могут быть катастрофическими.

Решением проблемы является замена вышедшего из строя элемента и восстановление работоспособности системы. Однако данный подход приемлем только для систем с обслуживанием путем прерывания работоспособного состояния системы на время поиска и устранения неисправностей. Для систем без обслуживания или режимов, при которых обслуживание невозможно, необходимы иные принципы сохранения работоспособности системы.

Целью работы является анализ возможности сохранения работоспособности системы информационными методами при выходе из строя некоторых аппаратных средств – теплонагруженных сенсорных компонентов.

Гипотетически можно предположить, что возможно восстановление работоспособности системы, используя свойства входного сигнала, поступающего на приемную матрицу. Для решения этой задачи необходимо обеспечить контроль работоспособности элементов матрицы в реальном времени и формирование функций неисправного канала по характеристикам исправного окружения. Полагая решенной задачу обнаружения и идентификации неисправного канала, рассмотрим задачу восстановления пропущенного значения матрицы.

Считаем, что матрица приемных теплонагруженных элементов с термоэлектрическими охлаждающими устройствами конструктивно выполнена с учетом теоремы Котельникова для двумерного случая. Т.е. спектр Фурье $\alpha(f_1, f_2)$ двумерного сигнала $a(t_1, t_2)$ за пределами интервала частот равен нулю, а входной сигнал может быть восстановлен путем интерполяции по своим отсчетам, взятым с шагом $\Delta t_1 = \frac{1}{F_1}$, $\Delta t_2 = \frac{1}{F_2}$, при $F_1 \geq f_1, F_2 \geq f_2$. Для восстановления достаточно пропустить сигнал с периодически продолженным спектром [1]:

$$\bar{\alpha}(f_1, f_2) = \sum_{l_1}^{\infty} \sum_{l_2}^{\infty} \alpha(f_1 + l_1 F_1, f_2 + l_2 F_2)$$

через двумерный фильтр с частотной характеристикой

$$H(f_1, f_2) = \prod_{F_1}(f_1) \prod_{F_2}(f_2),$$

где $\prod_F(f) = \text{rect} \frac{f + F/2}{F}$, т.е. фильтр, пропускающий только те частотные компоненты пространственного спектра, которые находятся внутри прямоугольника $F_1 F_2$. Как следует из свойств двумерного преобразования Фурье двумерному спектру соответствует дискретный сигнал

$$\bar{\alpha}(t_1, t_2) = \frac{1}{F_1 F_2} \sum_{k_1=-\infty}^{\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{\infty} \alpha\left(\frac{k_1}{F_1}, \frac{k_2}{F_2}\right) \delta\left(t_1 - \frac{k_1}{F_1}\right) \delta\left(t_2 - \frac{k_2}{F_2}\right),$$

состоящий из отсчетов $\alpha\left(\frac{k_1}{F_1}, \frac{k_2}{F_2}\right)$ исходного сигнала, расположенных в прямоугольном растре с шагом $\frac{1}{F_1}$ и $\frac{1}{F_2}$ по координатам t_1, t_2 .

Шаг выборки в теореме Котельникова учитывает только частотные свойства обрабатываемого сигнала. Если между выборками существует корреляционная связь, то появляется потенциальная возможность при потере выборки восстановить сигнал. Ключевым принципом подхода является утверждение: используя избыточность системы, связывающую свойства входного сигнала и шаг упаковки приемников возможно с определенной достоверностью восстановить пропущенную выборку, т.е. информационным способом осуществить замену вышедшего из строя чувствительного элемента и сохранить жизнеспособность системы.

Рассмотрим пути реализации этого подхода.

Интерполяция, являющаяся математическим аппаратом определения значений внутри зависимостей, может быть естественным образом использована для восстановления сигнала вышедшего из строя элемента матрицы теплонагруженных сенсоров по откликам элементов области окружения. Поскольку корреляционная зависимость снижается по мере удаления от анализируемого объекта, можно использовать полиномы более низкого порядка, чем исходная функция входного сигнала.

Предположим, что данные полученные от исправных элементов матрицы сенсоров получаются с высокой точностью, тогда пренебрегая погрешностью преобразования можно воспользоваться интерполяцией точной в узлах. Простейшим способом замены данных x_{ij} от вышедшего из строя элемента матрицы является кусочно-линейная интерполяция по ближайшему окружению этого элемента, т.е. по горизонтальному направлению $x_{i,j} = \frac{1}{2}(x_{i-1,j} + x_{i+1,j})$, по вертикальному направлению $x_{i,j} = \frac{1}{2}(x_{i,j-1} + x_{i,j+1})$, по диагональным направлениям $x_{i,j} = \frac{1}{2}(x_{i-1,j-1} + x_{i+1,j+1})$ и $x_{i,j} = \frac{1}{2}(x_{i+1,j-1} + x_{i-1,j+1})$. Учитывая, что каждое полученное значение представляет интерполяционное значение по направлению, можно получить усредненное по четырем направлениям:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1}{8}(x_{i-1,j-1} + x_{i-1,j} + x_{i-1,j+1} + x_{i,j-1} + x_{i,j+1} + x_{i+1,j-1} + x_{i+1,j} + x_{i+1,j+1})$$

представляющее собой результат низкочастотной фильтрации с апертурой 3×3 , часто используемый для предварительной обработки изображений [2]. Достоинством этого простого преобразования является статистическая обработка данных, что позволяет обрабатывать и сигналы с шумом.

При расширении области окружения, если это позволяют частотные свойства входного двумерного сигнала и отсутствие краевых эффектов, возможно использование и более сложных алгоритмов обработки. Увеличение числа выборок позволяет повысить степень многочлена до $(n-1)$, где n – число узлов, повысив тем самым возможности интерполяции. Анализ формул Лагранжа, Ньютона, Гаусса, Бесселя, Стирлинга показывает, что по признаку переменного шага изменения аргумента наиболее приемлемой оказывается формула Лагранжа:

$$y_n(x) = y_0 \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_n)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)\dots(x_0-x_n)} + \dots + y_n \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_0)(x_n-x_1)\dots(x_n-x_{n-1})}$$

где x_0, \dots, x_n – узлы интерполяции, y_0, \dots, y_n – значения функции в узлах [3].

Аналогично низкочастотной фильтрации возможно определение значения выборки по направлениям с получением усредненного результирующего, если достаточно времени для выполнения расчетов.

Для учета спада корреляционной зависимости от выборки к периферии возможна аппроксимация анализируемого поля симметричным гауссовым ядром в двумерном пространстве [4]:

$$G_\sigma(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right\},$$

где σ – среднеквадратичное отклонение гауссиана, измеряемое между пикселями. По условию нормировки интеграл по анализируемой области от постоянного члена равен единице. Это ядро образует такое взвешенное среднее, для которого в центре ядра весовые коэффициенты пикселей всегда больше, чем на его границах. Изменяя весовые коэффициенты для удаленных пикселей можно учитывать значения корреляционных связей центральной и периферийного пикселей, что позволяет адаптироваться к обрабатываемому сигналу. Если среднеквадратичное отклонение мало, т.е. связь между откликом центральной выборки и ее окружением незначительна, эффективность информационного метода замены дефектного элемента мала. Для большего среднеквадратичного отклонения связь между соседними пикселями больше и полученное значение будет стремиться к согласованию с соседями, а достоверность замены исключенной выборки возрастает, и при согласовании частотных свойств обрабатываемого изображения с фильтром она становится максимальной. При ядре с большим среднеквадратичным отклонением эффективность преобразования приближается к низкочастотной фильтрации с равномерным распределением коэффициентов по окну.

Для следящих систем наряду с учетом пространственной корреляции возможно использование и временной корреляции, т.е. учет зависимости между последовательными кадрами.

Теория рекуррентной каузальной фильтрации глубоко проработана и наиболее удачной ее реализацией является калмановская фильтрация. Для случая одноканального выхода из строя элемента матрицы при слежении за объектом можно полагать однородной и стационарной гауссову последовательность анализируемого элемента с корреляционной функцией вида [5]:

$$B_x(r) = D_x \exp(-\alpha|r|) = D_x F^{|r|}, \quad F = \exp(-\alpha), \quad \alpha > 0,$$

где D_x – дисперсия последовательности, F – коэффициент ее одношаговой корреляции, определяемый параметром α , имеющим смысл ширины спектра последовательности. На фоне белого шума оптимальный каузальный фильтр реализуется рекуррентным алгоритмом, который в стационарном режиме имеет вид:

$$x_i^* = Fx_{i-1}^* + A(y_i - Fx_{i-1}^*)$$

с импульсной характеристикой $\alpha_i = A[(1-A)F]^i$, $i=0,1,2,\dots$, в которой параметр A , называемый коэффициентом усиления фильтра Калмана, находится в диапазоне от 0 до 1. Первое слагаемое определяет вклад в оценку отклика элемента матрицы на текущем i -том шаге фильтрации, вносимого оценкой предыдущего шага и являющегося одношаговым прогнозом, который принципиально можно использовать для замены отклика вышедшего из строя чувствительного элемента. Второе учитывает влияние текущего значения y_i и является новой информацией, при этом коэффициент A определяет чувствительность фильтра к новой информации.

При обнаружении дефектного элемента коэффициент A можно приравнять к нулю и сформировать сообщение о том, что дальнейшая временная экстраполяция по этому элементу не должна производиться, поскольку все последующие отклики от дефектного элемента будут некорректными. Из этого также вытекает, что временная корреляция может служить лишь вспомогательным информационным средством замены вышедшей из строя аппаратной теплонагруженной части матрицы, а основная нагрузка приходится на пространственную фильтрацию.

Для проверки адекватности предложенного информационного подхода проведены модульные эксперименты в среде Labview. В качестве теплонагруженных элементов матрицы чувствительных приемников использовались ранее разработанные и испытанные в модельных, стендовых и полигонных условиях пироэлектрические приемники интенсивного лазерного излучения [6]. Предполагался выход из строя одного из центральных элементов матрицы, расположенного на различном расстоянии от центра воздействия. Входной сигнал моделировался двумерным гауссовым распределением с вариацией среднеквадратичного отклонения, определяющего степень корреляционной связи окружения дефектного элемента. Использовалась пространственная низкочастотная и временная калмановская фильтрация по приведенным алгоритмам.

Результаты модельного эксперимента подтвердили корректность гипотезы о возможности информационного восстановления зависимостей отклика матрицы при исключении одного из его элементов (аппаратном выходе из строя теплонагруженного чувствительного приемника) за счет учета корреляционных связей в окрестности дефектного элемента. Определены погрешности восстановления отклика дефектного элемента при различных значениях среднеквадратичного отклонения входного воздействия, определяющие диапазон применимости предложенного принципа повышения надежности и направления дальнейшей работы, связанные с учетом краевых эффектов, влиянием шума, возможности восстановления при нескольких дефектных элементах.

3. Заключение

1. Предложен информационный принцип повышения жизнеспособности системы с критичными по надежности матричными приемниками.

2. Показаны пути решения задачи во временной и пространственной фильтрации области окружения ненадежного элемента.

3. Модельные исследования подтвердили корректность предложенной гипотезы о возможности информационного восстановления функционирования системы при выходе из строя элементов аппаратной приемной части.

Литература

1. Ярославский, Л. П. Введение в цифровую обработку изображений [Текст] / Л. П. Ярославский. – М.: Сов. Радио, 1979. - 312 с.
2. Методы компьютерной обработки изображений [Текст] : / под ред. В. А. Сойфера. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с. - (Techbook). - ISBN: 5-9221-0270-2.

3. Половко, А. М. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации [Текст] / А. М. Половко, П. Н. Бутусов, - СПб. : БХВ–Петербург, 2004. - 320 с. - ISBN 5-94157-493-2.
4. Форсайт, Д. А. Компьютерное зрение. Современный подход [Текст] : [пер. с англ.] / Дэвид А. Форсайт, Ж. Понс. - М. [и др.] : Вильямс, 2004. - 928 с.
5. Айфичер, Э.С. Цифровая обработка сигналов. Практический подход [Текст] : пер. с англ. / Э.С. Айфичер, Б.У. Джервис. - М. : СПб. : Киев, 2004. - 462с.
6. Мещеряков, В. И. Взаимодействие интенсивного импульсного излучения с пироэлектрическими приемниками [Текст] / В. И. Мещеряков, Н. П. Худенко // Вісник Одеського держ. ун-ту. - 2003. - Т. 8, №2. - С. 248–255.

Розглядається постановка задачі раціонального розкрою електротехнічного матеріалу у виробництві конденсаторів. Запропоновано математичну модель задачі, обговорюються питання її алгоритмізації та автоматизації процесу розкрою матеріалу

Ключові слова: модель, автоматизація, розкрій, конденсатор

Рассмотрена постановка задачи рационального раскроя электротехнического материала при производстве конденсаторов. Предложена математическая модель задачи, обсуждаются вопросы её алгоритмизации и автоматизации процесса раскроя материала

Ключевые слова: модель, автоматизация, раскрой, конденсатор

The formulation of the problem of rational cutting of electrical material for the manufacture of capacitors is considered. A mathematical model of the problem is proposed, its algorithmization and automation of the process of cutting the material are discussed

Keywords: model, automation, cutting, capacitor

УДК 004.942

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСКРОЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

В. П. Пуятин

Доктор технических наук, профессор
Кафедра кибернетики

Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П. Василенка
ул. Артёма, 44, г. Харьков, Украина, 61002
Контактный тел.: (057) 775-44-39, 097-083-76-63
E-mail: agroc cybernetic@gmail.com

П. В. Пуятин

Международный Соломонов университет
Востокукринский филиал
ул. Гражданская, 22/26, г. Харьков, Украина, 61003
Контактный тел.: (057) 775-44-39, 093-488-11-59
E-mail: agroc cybernetic@gmail.com

1. Введение

При проектировании технических систем, приборов и устройств изначально задаются их качественные и количественные характеристики и основные существенные параметры, определяющие эффективность функционирования технических изделий. В свою очередь эти характеристики диктуют определенные требования к соответствующим элементам конструкций,

которые необходимо обеспечить при их изготовлении. Так, например, прежде чем сформулировать промежуточную задачу раскроя материала для изготовления технической системы необходимо решить задачу проектирования геометрической формы и метрических характеристик заготовок (сформировать вектор метрической информации) [1], исходя из соответствующих требований к ним. К таким требованиям могут относиться, например, требования: к ёмкости раскра-