

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АППАРАТУРЫ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Эффективным способом получения надежной аппаратуры ответственных систем телекоммуникаций является использование в составе электронных устройств элементов повышенного уровня надежности. Такие элементы могут быть отобраны из партии однотипных элементов путем использования индивидуального прогнозирования надежности по информативным параметрам (кратко – признакам). При этом модель прогнозирования, выбираемую в качестве прогнозирующего правила, получают заблаговременно, используя экспериментальные исследования определенной выборки интересующего типа элементов в течение определенного времени (ускоренные испытания), эквивалентного с точки зрения надежности заданному времени работы $t_{пр}$ в обычных нормальных условиях. Эти экспериментальные исследования называют обучающим экспериментом. Прогнозирующее правило применяют к тем экземплярам, которые не принимали участия в обучающем эксперименте. Применение прогнозирующего правила для отбора надежных элементов состоит в измерении у конкретного экземпляра в начальный момент времени информативных параметров, подстановке их значений в модель прогнозирования и получении значения решающей функции F , по значению которой принимают решение о классе экземпляра, к которому он будет принадлежать с точки зрения надежности на заданный будущий момент времени $t_{пр}$ [1]. Далее приняты обозначения: K_1 – класс надежных экземпляров; K_2 – класс ненадежных экземпляров; k – число информативных параметров, используемых для прогнозирования; запись « j -й экземпляр» означает конкретный экземпляр.

В работах [2, 3] предложено информативные параметры, измеренные у j -го экземпляра в начальный момент времени, преобразовывать в двоичный сигнал (ноль или единицу), что существенно упростит автоматизацию процедуры прогнозирования. С этим преобразованием можно ознакомиться в [1]. Преобразование признака (обозначим x_i) в двоичный сигнал (обозначим z_i) выполняется так, что значения $z_i = 1$ в основном отвечают экземплярам класса K_1 . Поэтому, если большая часть двоичных сигналов принимает значение, равное единице, то мы полагаем, что скорее всего j -й экземпляр окажется представителем класса K_1 и наоборот – представителем класса K_2 . В общем случае решение о надежности экземпляра принимают по набору нулей и единиц. Возникает вопрос, какая модель прогнозирования обеспечить достоверные результаты. Контроль (измерение) признаков $x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, \dots, x_k^{(j)}$ j -го экземпляра и их дальнейшее преобразование в двоичные $z_1^{(j)}, z_2^{(j)}, \dots, z_k^{(j)}$ сигналы позволяет в определенной степени снять неопределенность класса j -го экземпляра, к которому он будет принадлежать в заданный будущий момент времени $t_{пр}$ с точки зрения надежности. Другими словами, контроль признаков и их дальнейшее преобразование дают информацию о принадлежности j -го экземпляра к тому или иному классу.

В теории информации используется понятие «частная информация о событии», содержащаяся в сообщении о другом событии. Применительно к задаче индивидуального прогнозирования по информативным признакам в качестве такого понятия может рассматриваться частная информация о принадлежности j -го экземпляра к классу K_1 , содержащаяся в сообщении о том, что i -й двоичный сигнал z_i принял конкретное значение $z_i = \xi$ ($\xi = 0, 1$). Обозначим эту информацию как $I(z_i = \xi \rightarrow K_1)$. В соответствии с [4], она может быть определена следующим образом:

$$I(z_i = \xi \rightarrow K_1) = \log \frac{P(K_1 / z_i = \xi)}{P(K_1)}, \quad (1)$$

где $P(K_1 / z_i = \xi)$ – оценка вероятности того, что экземпляр принадлежит к классу K_1 при условии, что в результате контроля и преобразования j -го признака в двоичный сигнал z_i последний принял значение, равное ξ ($\xi = 0, 1$); $P(K_1)$ – априорная вероятность принадлежности экземпляра к классу K_1 .

Оценку вероятностям вида $P(K_1/z_i = \xi)$ и $P(K_1)$ дают, используя результаты обучающего эксперимента. С методикой оценки можно ознакомиться в [1].

Согласно [4], частная информация вида $I(z_i = \xi \rightarrow K_1)$ может быть как положительной, так и отрицательной. В этом можно убедиться на основе анализа значений двоичных сигналов z_i . Как отмечалось, преобразование признака x_i в двоичный сигнал z_i выполняется так, что значения $z_i = 1$ в основном отвечают экземплярам класса K_1 . Поэтому, если для j -го экземпляра в результате преобразования i -го признака получено $z_i = 1$, то мы полагаем, что скорее всего этот экземпляр окажется представителем класса K_1 . Однако, если в результате преобразования следующего ($i + 1$) признака получено $z_{i+1} = 0$, то наша уверенность в том, что j -й экземпляр окажется представителем класса K_1 , в определенной степени снизится. А это равносильно тому, что сообщение о событии $z_{i+1} = 0$ дало отрицательную информацию об интересующем нас другом событии: «экземпляр принадлежит к классу K_1 ».

Предлагаемая модель прогнозирования использует частную информацию о принадлежности j -го экземпляра классу K_1 , содержащуюся в сообщении, что j -й двоичный сигнал принял значение $z_i = \xi$ ($\xi = 0, 1$). Причем для двоичных сигналов $z_i = 1$ эта информация положительна, а для $z_i = 0$ – отрицательна. Указанная частная информация для двоичного сигнала z_i вычисляется по формуле (1). Поскольку для прогнозирования используются k признаков и, следовательно, k двоичных сигналов, то в модели прогнозирования необходимо как-то учесть частную информацию, получаемую от каждого двоичного сигнала z_i ($i = 1, 2, \dots, k$). Учет предлагаем сделать в предположении независимости двоичных сигналов z_i , используя выражение

$$F^{(j)} = \sum_{i=1}^k I(z_i^{(j)} = \xi \rightarrow K_1) = \sum_{i=1}^k \log \frac{P(K_1 / z_i^{(j)} = \xi)}{P(K_1)} \quad (2)$$

Двоичный сигнал z_i может принимать два значения, а именно $z_i = 1$ или $z_i = 0$. Поэтому каждому двоичному сигналу z_i соответствуют два значения вероятности $P(K_1/z_i = \xi)$; $\xi = 1, 0$. При вычислении функции $F^{(j)}$ в формулу (2) необходимо подставлять то значение вероятности $P(K_1/z_i = \xi)$, которое соответствует двоичному сигналу $z_i = \xi$, полученному для j -го экземпляра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники. / С.М. Боровиков. – М. : Новое знание, 2013.– 343 с.
2. Прогнозирование надежности изделий электронной техники методом пороговой логики / С. М. Боровиков [и др.] // Доклады БГУИР : электроника, материалы, технологии, информатика. – 2006. – № 2. – С. 49-56.
3. Метод прогнозирования надежности изделий электронной техники / С.М. Боровиков [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2006. – Т. 50, № 4. – С. 105-109.
4. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учебник для высш. техн. учеб. заведений / Е.С. Вентцель. – 5-е изд., стереотип. – М. : Наука, 1998. – 576 с.