

УДК 621.396.96

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА ПРИ АНАЛИЗЕ И КОНТРОЛЕ

Е.Г. УНИЧЕНКО, И.Э. ТЕР-СААКОВА, В.А. ХОДАКОВСКИЙ

В статье предложена стохастическая модель, позволяющая классифицировать состояние объекта при его анализе и контроле, на основе применения результирующего вектора определяющих параметров анализируемых объектов.

Ключевые слова: классифицируемое состояние, вектор определяющих параметров, качество радиоканала в условиях влияния помех.

В зависимости от конкретного назначения объекта и принятого подхода классификации его свойств соответствовать возможному состоянию достаточно удобно описывать его конечной совокупностью некоторых N определяющих параметров $\beta_i, i = \overline{1, N}$.

С учетом функциональных особенностей объекта и условий его классификации каждый определяющий параметр описывается в виде конкретной, заранее неизвестной реализации, которая может быть натуральным числом, скалярной или векторной величиной, матрицей, реализацией функции, характеристикой технического изделия или свойств и явлений окружающей среды.

В общем случае значение определяющих параметров (ОП) находится в определенной зависимости от времени τ и условий эксплуатации и имеет стохастическую природу, обусловленную воздействием на объект случайных дестабилизирующих факторов. Описание поведения совокупности ОП во времени может быть представлено в виде результирующего вектора случайного процесса (ВСП), который в общем случае может быть нестационарным $\{\vec{B}^N(\tau); \tau \in [0, T]\}$. Наблюдения за этим результирующим вектором обычно производятся в дискретные моменты времени из области его возможных изменений $\tau_k \in [0, T]$. Если время корреляции результирующего вектора случайного процесса значительно больше времени наблюдения за ним, то в каждом конкретном сечении времени τ_k в качестве математической модели ВСП имеем случайную векторную величину - вектор определяющих параметров, компонентами которого являются определяющие параметры:

$$\vec{B}^N(\tau_k) = \beta_i(\tau_k), i = \overline{1, N}; \tau_k \in [0, T], \quad (1)$$

где $\beta_i(\tau_k)$ - значение i -го ОП в сечении τ_k ; i - индекс, характеризующий порядковый номер ОП в последовательности описания свойств объекта; N - общее количество ОП.

Поскольку вектор случайных параметров можно представить как сочетание сечений, то для изучения поведения ВСП на заданном интервале его возможных значений можно принимать многомерную плотность распределения вероятностей $f[\vec{B}^N(\tau_1), \vec{B}^N(\tau_2/\tau_1) \dots \vec{B}^N(\tau_k/\tau_1, \tau_2 \dots \tau_{k-1})]$, где $\tau_k \in [0, T]$ - положение разных сечений $\vec{B}^N(\tau_k)$. Если вектор $\vec{B}^N(\tau_k)$ включает как дискретные, так и непрерывные ОП, то последние легко дискретизируются и далее интерпретируются в каждом сечении как дискретные случайные величины.

Для решения задач классификации удобно воспользоваться термином «класс» или его синонимом «классифицируемое состояние», которым обозначим совокупность возможных состояний объекта. Каждый класс будем определять областью $\Omega(i, \tau_k) \in \Omega(\tau_k), i = \overline{1, N}$ значений вектора определяющих параметров и считать, что объект принадлежит к классу с номером i , если значение этого вектора в сечении τ_k находятся в области $\Omega(i, \tau_k)$, т.е.

$$E(i, \tau_k) = \{ \vec{B}^N(\tau_k) \in \Omega(i, \tau_k); i = \overline{1, M}, \tau \in [0, T] \}, \quad (2)$$

где $E(i, \tau_k)$ - событие, определяющее для сечения τ_k условие принадлежности этого вектора к классу с номером i ; M - общее число классов.

Очевидно, что при классификации множество классов должно быть конечным, а сами классифицируемые состояния непересекающимися, т.е. каждый объект в любой момент времени должен принадлежать только одному классу.

Как видно, процесс классификации объекта представляет собой систему преобразования информации при взаимодействии объекта и классификатора. Этот процесс можно представить в виде последовательного выполнения двух этапов: формирования оценки наблюдаемого вектора определяющих параметров и принятия решения о принадлежности объекта к одному из возможных классов. Под оценкой будем понимать как алгоритм её получения, так и конкретное её значение, выраженное в количественной (точечная оценка) или в качественной (интегральная) форме.

Алгоритм получения оценки - это определенным способом выбранный закон преобразования, устанавливающий соотношение между значением наблюдаемого вектора ОП и его оценкой, т.е. оператор, функционал, функция. Выбор конкретной формы закона преобразования определяется моделью объекта и выбранным алгоритмом, и схемой его реализации, условиями задачи классификации и методами её решения, а операцию формирования этой оценки можно представить в следующем виде:

$$\vec{Y}^{(n)}(\tau_k) = A(\tau_k) [\vec{B}^N(\tau_k)]; \tau_k \in [0, T], \quad (3)$$

где $\vec{Y}^{(n)}(\tau_k)$ - оценка вектора определяющих параметров в сечении τ_k ; $A(\tau_k)$ - выбранный закон преобразования.

Полученные оценки неизбежно сопровождаются погрешностью, которая имеет стохастическую природу $\vec{H}^{(n)}(\tau)$. В связи с тем что каждому ОП соответствует свой канал преобразования (измерения), то погрешность оценки вектора ОП можно описать векторным случайным процессом $\{ \vec{H}^{(n)}(\tau); \tau \in [0, T] \}$. Учитывая, что измерения этого вектора проводятся в определенных сечениях τ_k , то, как и в случае объекта, все погрешности его оценки могут быть описаны случайным вектором погрешностей, компонентами которого являются погрешности преобразования определяющих параметров, т.е. оценке будет подлежать случайный вектор реализации параметров, компонентами которого являются оценки ОП:

$$\vec{Y}^{(n)}(\tau_k) = A(\tau_k) [\vec{B}^N(\tau_k); \vec{H}^{(n)}(\tau)]; \tau_k \in [0, T]. \quad (4)$$

Формальное описание правила принятия решения о принадлежности объекта к определенному классу состоит в том, что значение этого вектора поступает на вход решающего устройства, которое в соответствии с принятыми в данной системе классификации решающим правилом δ осуществляет отождествление предъявляемого вектора с нормами возможных классифицируемых состояний. При соответствии нормам определенного класса принимается решение о принадлежности объекта к данному классу, т.е.:

$$F(i, \tau_k) = \delta [\vec{Y}^{(n)}(\tau_k)]; \tau_k \in [0, T]; i = \overline{1, M}, \quad (5)$$

где $F(i, \tau_k)$ - событие, определяющее условия принятия решения о принадлежности объекта к i -му классу.

Следовательно, принятое решение - есть номер класса, к которому принадлежит классифицируемый объект.

При классификации радиотехнических систем без учета взаимных помех при электромагнитной несовместимости радиосредств подход на основе определяющих параметров аналогичен описанному выше. Качество работоспособности радиоканала без учета непреднамеренных помех определяется отношением полезного сигнала к шуму q на выходе радиоканала $q = P_c/P_{ш}$. В системах радиосвязи это соотношение определяет разборчивость речи и, следовательно, достоверность приёма и информационного обеспечения. В системах

радионавигации и радиолокации это соотношение определяет ошибки в точности самолетовождения и других задач, которые решают радионавигационные и радиолокационные системы. Отношение q фактически определяет энергетический потенциал радиоканала, где P_c определяет мощность передатчика и коэффициент затухания радиолинии, а $P_{ш}$ определяет чувствительность приёмника. При наличии непреднамеренных помех соотношение, определяющее качество работы соответствующего канала, будет представлять собой отношение [1] $q_n = \frac{P_c}{P_{ш} + \sum_{i=1}^n P_{ni}}$, где $\sum_{i=1}^n P_{ni}$ - мощность совокупности непреднамеренных помех.

В зависимости от одновременной работы мешающих радиостанций эта сумма будет меняться, представляя собой в каждый момент случайную величину, меняющуюся во времени. Обозначим её $P_n(t) = \sum_{i=1}^n P_{ni}$. Тогда соотношение q_n запишем

$$q_n = \frac{P_c}{P_{ш} + P_n(t)}. \quad (6)$$

Выражение (6) представляет один из важнейших определяющих параметров, характеризующих качество работы соответствующего радиоканала. Поддержание необходимого качества требует соответствующего прогноза электромагнитной обстановки и контроля за всеми показателями уравнения (6).

Разница Δq между q и q_n составит $\Delta q = \frac{P_c}{P_{ш}} - \frac{P_c}{P_{ш} + P_n(t)} = \frac{q \cdot \frac{P_n(t)}{P_{ш}}}{\left(1 + \frac{P_n(t)}{P_{ш}}\right)}$, и относительная потеря качества радиоканала будет

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{P_n(t)}{P_{ш} + P_n(t)}. \quad (7)$$

Выражения (6) и (7) позволяют в реальных условиях проводить стратегию эксплуатации радиоканалов таким образом, чтобы обеспечить требуемое качество функционирования в каждом отдельном случае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уайт Д.Р.Ж. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Вып. 1. Общие вопросы ЭМС. Межсистемные помехи. - М.: Сов. радио, 1977.

STOCHASTIC MODEL CLASSIFICATION STATE THE OBJECT IN ANALYSIS AND CONTROL

Unichenko E.G., Ter-Saakova I.E., Hodakovskiy V.A.

This article suggests stochastic model, which allows to classify the state of the object during its analysis and monitoring, based on the application of the resulting vector defining parameters of the analyzed objects.

Keywords: the classified state, vector defining parameters, the quality of the radio channel under the influence of interference.

Сведения об авторах

Униченко Егор Григорьевич, 1982 г.р., окончил МГТУ ГА (2004), кандидат технических наук, начальник сектора анализа безопасности полетов ФАУ «Государственный центр «Безопасность полетов на воздушном транспорте», автор 15 научных работ, область научных интересов – управление составляющими безопасности полетов.

Тер-Саакова Илана Эдуардовна, окончила Рижский институт менеджмента и информационных систем (2012), автор 4 научных работ, область научных интересов – моделирование сложных систем.

Ходаковский Владимир Анатольевич, 1940 г.р., окончил РКИИГА (1962), профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки ЛССР, профессор РИМИС, автор более 300 научных работ, область научных интересов – радиосвязь, радиотехника, организация и управление высшей школой и социально-экономическими системами.