

ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ СОСТОЯНИЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ С ЦИКЛИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ РАБОТЫ

© 2009 В. А. Зеленский

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассмотрены вопросы экстраполяции состояний информационно-измерительной и управляющей системы с циклическим алгоритмом работы. Предложена информационная модель, построенная на основе матрицы переходов. Эффективность модели подтверждается оценкой энтропии, которая превосходит результаты, полученные с помощью статистического анализа вероятности состояний.

Экстраполяция, информационно-измерительная и управляющая система, циклический алгоритм, информационная модель, энтропия, матрица переходов.

В современных информационно-измерительных и управляющих системах (ИИУС) часто возникает необходимость предсказать следующее действие или состояние системы. Экстраполяция состояния системы позволяет минимизировать запаздывание отклика на внешнее воздействие, а в некоторых случаях обнаружить и исправить ошибку.

Многие промышленные ИИУС работают в замкнутом цикле [1]. В этом случае ИИУС можно рассматривать как вероятностный автомат с конечным набором состояний, определяемых показаниями датчиков и активацией исполнительных устройств [2].

Циклический алгоритм работы ИИУС можно представить в виде блок-схемы, содержащей только два элемента – функциональный блок, отвечающий за измерение, контроль или формирование управляющей команды, и блок логического условия (ветвления). При этом мы абстрагируемся от необходимости ввода начальных данных и процедуры вывода сообщений оператору или передачи информации внешним устройствам. На рис. 1 в качестве примера показана блок-схема циклического алгоритма работы ИИУС, содержащей функциональные блоки 1 – 5 и два блока ветвления.

С точки зрения вероятностного автомата из блок-схемы следует, что существуют детерминированные переходы системы из одного состояния в другое: 1 - 2, 3 - 1, 5 - 1 и переходы с ветвлением 2 - 3 или 4, 4 - 5 или

1, определяемые конкретными условиями работы системы и, в общем случае, случайные.

Предположим, что с момента начала работы система последовательно изменила 25 своих состояний, что соответствует 25-ти шагам блок-схемы на рис. 1. При этом порядок активации функциональных блоков был следующим: 1, 2, 3, 2, 3, 2, 4, 5, 2, 4, 1, 2, 3, 2, 3, 2, 4, 5, 2, 4, 5, 2, 3, 2, 4. Данный ряд мы будем называть последовательностью состояний, а номера функциональных блоков – состояниями системы.

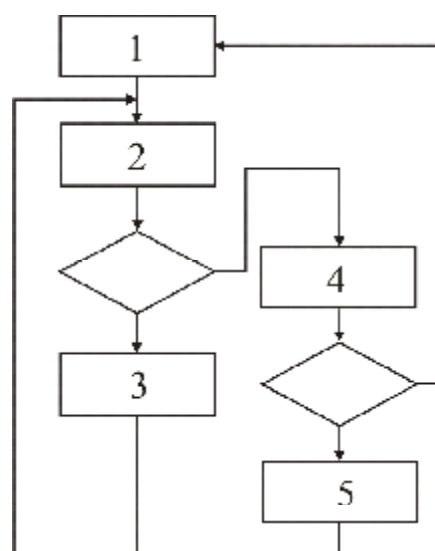


Рис. 1. Блок-схема работы ИИУС с циклическим алгоритмом

С точки зрения статистического подхода [3] вероятность 26-го состояния определяется оценкой относительной частоты ν предыдущих состояний. Частотам состояний соответствуют их вероятности P_s (табл. 1).

Таблица 1

Состояние	V	P_s
1	2	0,08
2	10	0,40
3	5	0,20
4	5	0,20
5	3	0,12

Согласно данному методу, наиболее вероятное состояние системы на 26-ом шаге – 2. Однако, как следует из блок-схемы алгоритма, переход из состояния 4 непосредственно в состояние 2 попросту невозможен. Экстраполяция на основе статистической оценки вероятности в данном случае чревата грубой ошибкой.

Определим энтропию системы как

$$H = -1/\ln n \sum_{i=1}^n p_{s_i} \ln p_{s_i},$$

где p_{s_i} – вероятность i -го состояния, n – число возможных состояний.

Энтропия информационной модели ИИУС, вычисленная на основе статистического подхода по данным табл. 1, равна 0,911, т.е. достаточно близка к единице (максимальному значению), что подтверждает наше заключение о возможной грубой ошибке экстраполяции.

Предлагается альтернативный подход к построению информационной модели системы. Суть его заключается в анализе вероятности переходов ИИУС из предыдущего в последующее состояние, при этом вероятность самих состояний играет второстепенную роль.

Представим изображенную на рис. 1 ИИУС в виде связного орграфа, в котором вершины обозначают состояния системы, а дуги – направления переходов системы из предыдущего состояния в последующее. Данный граф будем называть графом переходов рис. 2.

Числа над дугами обозначают вероятность данного перехода, определенную на основе последовательности состояний. Вероятность детерминированных переходов, которые имеют место при отсутствии ветвлений, естественно, равна единице.

Граф переходов можно представить квадратной матрицей смежности n -го порядка, которую назовем матрицей переходов:

$$A = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix}.$$

Элементами матрицы A являются вероятности перехода. При этом номеру строки матрицы соответствует предыдущее состояние системы, а номеру столбца – возможное следующее состояние, с указанием его вероятности, вычисленной на основе заданной последовательности. Для нашего случая матрица переходов будет иметь следующий вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0.75 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

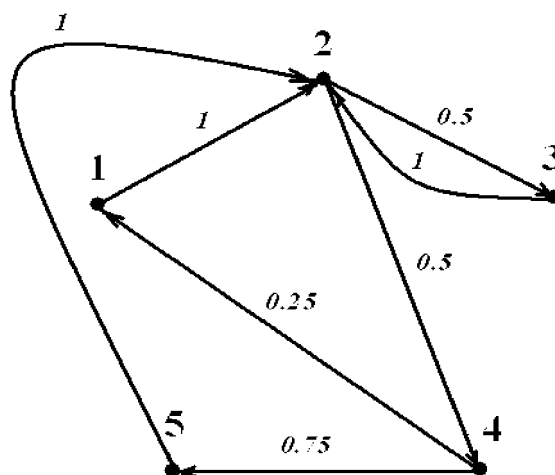


Рис. 2. Граф переходов информационной модели ИИУС

Матрица наглядно иллюстрирует возможный переход системы из текущего состояния в последующее с указанием соответствующих этим переходам вероятностей. В нашем случае (последнее состояние системы 4) переход от функционального блока 4 к функциональному блоку 1 произойдет с вероятностью 0,25, а к функциональному блоку 5 - с вероятностью 0,75.

Энтропия системы относительно последнего четвертого состояния равна

$$H_4 = -1/\ln n \sum_{i=1}^n p_{4i} \ln p_{4i},$$

где p_{4i} – вероятность перехода из состояния 4 в возможные последующие состояния 1 или 5.

Энтропия предлагаемой информационной модели определяется как среднее значение энтропий, вычисленных относительно каждого предыдущего состояния системы:

$$H = -1/n \sum_{i=1}^n H_i.$$

Подстановка численных значений из матрицы переходов A дает результат 0,693. Таким образом, энтропия предложенной модели гораздо ниже энтропии модели, полученной на основе обработки статистического ряда последовательности состояний.

Библиографический список

1. Селиванова З. М. Интеллектуализация информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов. - М.: Машиностроение-1, 2006. - 184 с.

2. Зюбин В. Е. Программирование информационно-управляющих систем на основе конечных автоматов. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2006. - 128 с.

3. Гречкосеев А. К., Крупкина Т. В. Теория вероятностей и математическая статистика. – Красноярск: КрасГУ, 2001. - 140 с.

References

1. Selivanova Z. M. Intellectualization of informative and measuring systems for non-destructive examination of solid material thermophysical feature. M.: Mashinostroenie-1, 2006. 184 p.

2. Zyubin V. E. Soft wiring of information-control system based on terminal automatic. – Novosibirsk: Novosib. State Univ., 2006/ 128 p.

3. Grechkoseev A. K., Krupkina T. V. Probability theory and mathematical statistics. – Krasnoyarsk: KrasGU, 2001. 140 p.

EXTRAPOLATION OF CONDITIONS OF AN INFORMATION MEASURING AND CONTROL SYSTEM WITH THE ITERATIVE ALGORITHM OF OPERATION

© 2009 V. A. Zelensky

Samara State Aerospace University

The paper deals with the problems of extrapolation of conditions of an information measuring and control system with the iterative algorithm of operation. An information model is proposed based on the transition matrix. The model's efficiency is confirmed by the estimation of entropy that surpasses the results obtained by statistical analysis of condition probability.

Extrapolation, information measuring and control system, iterative algorithm, information model, entropy, transition matrix.

Информация об авторе

Зеленский Владимир Анатольевич, доцент, кандидат технических наук, кафедра конструирования и производства радиоэлектронных средств Самарского государственного аэрокосмического университета. Область научных интересов: информационно-измерительные и управляющие системы с мультиплексированными волоконно-оптическими каналами связи. E-mail: vl.z@mail.ru.

Zelensky, Vladimir Anatolyevitch, associate professor, candidate of technical science, department of design and construction of radioelectronic equipment, Samara State Aerospace University. Area of research: information measuring and control systems with multiplexed fiber optical communication channels. E-mail: vl.z@mail.ru.