СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА МЕТОДОМ САМООРГАНИЗАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Артеменко М. В.

Курский государственный технический университет

Г.Курск, Россия

В процессе анализа динамических свойств объекта (процесса) часто возникает задача структурно-параметрической идентификации решения уравнения динамики, общий вид которого представлен формулой (1) для управляющего и управляемого воздействия.

$$X(t)=F1(t) \qquad Y(t)=F2(t) \qquad X(Y)=F3(Y), \tag{1}$$

где F1,F2,F3 – функционалы, X(t) – выходной сигнал, Y(t) – входной сигнал, t – время.

Рассмотрим указанные функционалы в виде (например, для X(t)):

$$X(t) = B_0 + B_1{*}Ex(t) + B_2{*}G(t) + B_3{*}F(t) + B_4{*}\,\varepsilon(t)\,, \tag{2}$$

где B_i – параметры уравнения, Ex(t), G(t), F(t), ε(t) – соответственно: экспоненциальная, гармоническая (колебательная), алгебраическая и случайная составляющие (термы).

В условиях маломощности экспериментального материала (несколько десятков регистраций) для идентификации (2) предлагается следующий метод, основанный на синтезе статистического и самоорганизационного подходов.

1. Регистрируется вектор значений $\{X_t \ /t=1,\ldots n\}$ и приводится к единичному диапазону $\{X^*_t\}$.
2. Увеличивается мощность $\{X^*_t\}$, путем уменьшения кванта времени, применяя интерполяционный многочлен, до нескольких сотен дискрет. (Применять в данном случае «раскачку Шеннона» не рекомендуется, поскольку появляется реально не существующая случайная составляющая).
3. Формируются обучающая $\{X^*_t\}_о$ и экзаменационная $\{X^*_t\}_э$ выборки по следующей методике с обязательным включением в той же пропорции реальных (не интерполированных) значений $\{X^*_t\}$. Для достижения условия подчинения указанных выборок одному закону распределения предлагается поступать следующим образом. Характеризующий объект вектор зарегистрированных показателей сворачивается в одно значение, например, нормируя по дисперсии, как предлагает академик Ивахненко А.Г. : $SV_i = \dfrac{X_i^* - \overline{X}}{s}$, где SV_i – свертка

характеристик объекта, $\overline{X}$, s - соответственно средняя величина и СКО. По датчику случайных чисел равномерного закона распределения формируется обучающая выборка из упорядоченных соответственно значениям номеров измерений требуемой мощности. Оставшиеся объекты формируют экзаменационную выборку. Соотношения объемов обучающей и экзаменационной выборок рекомендуется придерживаться принципа «золотого сечения» - 0,62:0,38.

4. Идентифицируются на обучающей выборке методом наименьших квадратов параметры формулы (2), рассчитывая для каждого из вариантов (см. Таблицу 1) СКО отличий аппроксимантов от значений X^* на экзаменационной выборке.
5. В качестве итоговой математической модели (2) выбираются l лучших вариантов полученных в п.5 и осуществляется переход к реальным значениям X и масштабу времени с учетом выполненных операций в пп.2 и 3. Свобода выбора решений l определяется исследователем или, в общем смысле, системой управления.

Таким образом, исследователь имеет l наиболее адекватных в статистическом смысле решений уравнений динамики.

Варианты структур формулы (2) Таблица 1

№ варианта	Порядок включения составляющих термов в процессе идентификации (2)				Характеристики модели				
	Ex(t)	G(t)	F(t)	ε(t)	B_0	B_1	B_2	B_3	СКО
1	1	2	3	4					
2	1	3	2	4					
3	1	3	4	2					
4	1	4	3	2					
5	1	0	2	3					
6	1	0	3	2					
7	1	2	3	0					
8	1	3	2	0					
9	1	2	0	3					
10	1	3	0	2					
11	1	2	0	0					
12	1	0	2	0					
13	1	0	0	2					
14	1	0	0	0					
15	2	1	3	4					
16	3	1	2	4					
17	3	1	4	2					
….	…	…	…	…					
56	0	0	0	1					

При расчете параметров B рекомендуется применять процедуру «выметания» статистически незначимых термов, например, по критерию Стьюдента.

Составляющие формулы (2) предлагается идентифицировать следующими способами:

1) Для Ex(t) – из набора: A_0*EXP(A_1 t), EXP(A_0+A_1*t), A_0+A_1*CH(t), A_0+A_1*SH(t), A_0+A_1*TH(t), A_0+A_1*ACH(t), A_0+A_1*ASH(t), A_0+A_1*ATH(t);
2) Для G(t) - применяется аппарат метода группового учета аргументов синтеза математических моделей по некратным гармоникам (или применить Фурье-анализ с последующим отбросом незначимых термов);
3) Для F(t) – из набора: A_0 + A_1*t, A_0 + A_1*Ln(t), 1/(A_0 + A_1*t), A_0/(A_1+t), A_0*t/(A_0+A_1*t), t /(A_0+A_1*t), A_0*A_1^t, A_0*A_1^{-t}, A_0+A_1/t , A_0+A_1*t+A_2*t^2;
4) Для ε(t) – по методике, предложенной И.Г.Уразбахтиным.

Таким образом, селекция лучших математических структур (2) на рядах самоорганизационного моделирования позволяет получить наиболее адекватное решение поставленной задачи.