УДК 519.714.2
ББК 78.34

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ДВУХ ПРОТИВОБОРСТВУЮЩИХ КОАЛИЦИЙ

Гусев С.С.[1]

*(Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления РАН, Москва)*

В статье рассматривается теоретико-игровая модель кооперативного взаимодействия двух противоборствующих коалиций, отражающих совместное принятие решений n агентами со стороны одной коалиции и m агентами со стороны второй коалиции. Предполагается, что каждый из объектов двухкоалиционной системы располагает собственным алгоритмом идентификации. Производиться доказательство условия точного определения параметров объекта.

Ключевые слова: идентификация, динамический объект, ошибки измерения.

1. Введение

В докладе рассматривается взаимодействие объектов двухкоалиционной динамической системы с редкими ошибками измерений на выходе. Для задач данного класса исследуется работа специального алгоритма, учитывающего вклад в оценки параметров отдельных строк блока данных. Получены условия возможности определения точных оценок.

[1] *Гусев Сергей Сергеевич, аспирант (gs-serg@mail.ru).*

2. Постановка задачи

Рассмотрим задачу взаимодействия двух противоборствующих объектов двухкоалиционной динамической системы. Цель каждого из объектов состоит в том, чтобы каждый из них стремился преодолеть и тем самым получить приоритет над противодействующим ему объектом.

Система уравнений задается следующим образом:

$$
(1) \quad \begin{cases} y_{(1)}(t) = \sum_{i=1}^{a} h_i x_{i(2)}(t) + \sum_{i=1}^{b} h_{(a+i)} y_{i(1)}(t-i) \\ y_{(2)}(t) = \sum_{i=1}^{c} h_i x_{i(1)}(t) + \sum_{i=1}^{d} h_{(c+i)} y_{i(2)}(t-i) \end{cases},
$$

где $y(t)$ – скалярный выход объекта в момент времени t, $x(t)$ - скалярный вход объекта в момент времени t, h_i - i-ый неизвестный параметр объекта, a, c - глубина памяти по входу, b, d - глубина памяти по выходу.

Системе уравнений (1) соответствует структура взаимодействия сторон на рис. 1.

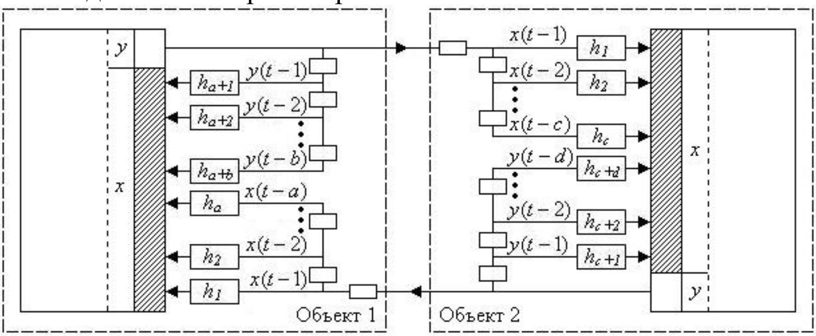

Рис. 1. Структура взаимодействия объектов двухкоалиционной системы

Введем обозначения:

Для объекта 1:

$X_1(t)=\| x(t\text{-}1) \quad x(t\text{-}2) \quad \dots \quad x(t\text{-}a\text{+}1) \quad x(t\text{-}a) \|$ – вектор-строка входных переменных размерности a,

$Y_1(t)=\| y(t\text{-}1) \quad y(t\text{-}2) \quad \dots \quad y(t\text{-}b\text{+}1) \quad y(t\text{-}b) \|$ – вектор-строка входных переменных размерности b,

$H_1=\| h(1) \;\; h(2) \;\; \dots \;\; h(a\text{-}1) \;\; h(a) \;\; h(a\text{+}1) \;\; \dots \;\; h(a\text{+}b\text{-}1) \;\; h(n) \|$ – вектор-строка неизвестных параметров объекта размерности n,

$K_1(t)=\| k(1) \;\; k(2) \;\; \dots \;\; k(a\text{-}1) \;\; k(a) \;\; k(a\text{+}1) \;\; \dots \;\; k(a\text{+}b\text{-}1) \;\; k(n) \|$ – вектор-строка оценок неизвестных параметров объекта размерности n.

Для объекта 2:

$X_2(t)=\| x(t\text{-}1) \quad x(t\text{-}2) \quad \dots \quad x(t\text{-}c\text{+}1) \quad x(t\text{-}c) \|$ – вектор-строка входных переменных размерности c,

$Y_2(t)=\| y(t\text{-}1) \quad y(t\text{-}2) \quad \dots \quad y(t\text{-}d\text{+}1) \quad y(t\text{-}d) \|$ – вектор-строка входных переменных размерности d,

$H_2=\| h(1) \;\; h(2) \;\; \dots \;\; h(c\text{-}1) \;\; h(c) \;\; h(c\text{+}1) \;\; \dots \;\; h(c\text{+}d\text{-}1) \;\; h(m) \|$ – вектор-строка неизвестных параметров объекта размерности m,

$K_2(t)=\| k(1) \;\; k(2) \;\; \dots \;\; k(c\text{-}1) \;\; k(c) \;\; k(c\text{+}1) \;\; \dots \;\; k(c\text{+}d\text{-}1) \;\; k(m) \|$ – вектор-строка оценок неизвестных параметров объекта размерности m.

Задача получения программно-корректируемого закона управления при взаимодействии двух объектов, описанная в [2], представляет собой итерационную процедуру, на каждой итерации которой выполняются четыре шага:

- формирование конфигурации конфликта;
- целераспределение средств объектов;
- имитация конфликта;
- прогнозирование динамики конфликта.

Далее рассматривается упрощенный вариант последнего шага – прогноза динамики конфликта. В задаче естественным является поиск таких режимов функционирования двухкоалиционной системы, которые были бы конфликтно-оптимальными.

Рассмотрим теоретико-игровую модель кооперативного взаимодействия двух противоборствующих объектов, отражающую совместное принятие решений n агентами со стороны первого объекта и *m* агентами со стороны второго объекта. Предполагая, что каждый из объектов двухкоалиционной системы располагает собственным алгоритмом идентификации, получим следующие варианты возможных конфликтных ситуаций:

– приоритет одного из противоборствующих объектов над другим;

– отсутствие приоритета влияния какой-либо одной из сторон над другой.

Случай приоритета одного из объектов над другим двухкоалиционной системы может быть выражен в изменении соотношения числа ошибок одного объекта к другому. Случай отсутствия приоритета влияния какой-либо одной из сторон двухкритериальной системы при идентичных свойствах оставляет ее в равновесном состоянии.

Представлены исходные экспериментальные данные в виде таблицы 1.

Таблица 1. Исходные данные

t	1	2	…	i	…	s
$x_{(1)}$	$x_{(1)}(1)$	$x_{(1)}(2)$	…	$x_{(1)}(i)$	…	$x_{(1)}(s)$
$y_{(1)}$	$y_{(1)}(1)$	$y_{(1)}(2)$	…	$y_{(1)}(i)$	…	$y_{(1)}(s)$
$x_{(2)}$	$x_{(2)}(1)$	$x_{(2)}(2)$	…	$x_{(2)}(i)$	…	$x_{(2)}(s)$
$y_{(2)}$	$y_{(2)}(1)$	$y_{(2)}(2)$	…	$y_{(2)}(i)$	…	$y_{(2)}(s)$

Известно, что среди всех измерений выходов двух противоборствующих объектов $y_{(1)}(t)$ и $y_{(2)}(t)$ независимо друг от друга присутствует l_1 и l_2 ошибок, но где они располагаются – неизвестно.

По данным, приведенным в таблице 1 и известной структуре объекта (1) получить оценки K_1, K_2 параметров объекта (1). Найти условия, при которых возможно точное определение параметров объекта (1).

3. Алгоритм идентификации

Так как алгоритмы двух объектов идентичны, то реализацию алгоритма идентификации рассмотрим для одного из объектов. Преобразуем данные, приведенные в таблице 1 только для первого объекта к виду, в котором выход $y_{(1)}(t)$ зависел бы только от переменных в этой же строке, как это показано в таблице 2.

Таблица 2. Исходные данные, преобразованные для идентификации

n	x_1	x_2	…	x_a	y_1	y_2	…	y_b	$y_{(1)}(t)$
1	x_{11}	x_{12}	…	x_{1n}	y_{11}	y_{12}	…	y_{1n}	y_1
2	x_{21}	x_{22}	…	x_{2n}	y_{21}	y_{22}	…	y_{2n}	y_2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
i	x_{i1}	x_{i2}	…	x_{in}	y_{i1}	y_{i2}	…	y_{in}	y_i
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
s	x_{s1}	x_{s2}	…	x_{sn}	y_{s1}	y_{s2}	…	y_{sn}	y_s

Таблице 2 соответствует матрица

$$(2) \quad A = \begin{Vmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} & y_1 \\ 2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ i & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{in} & y_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s & x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_{s-n} & y_{s2} & \dots & y_{sn} & y_s \end{Vmatrix}.$$

Алгоритм идентификации, описанный в [1], состоит в следующем. Из матрицы исходных данных (2) выбираются блоки из произвольных n строк (по размерности объекта). Предполагается, что определители всех блоков не равны нулю. Для каждого блока составляется система уравнений. Ниже приведен первый из таких блоков

$k_1x_{11}+k_2x_{12}+\ldots+k_ax_{1n}+k_{a+1}y_{11}+k_{a+2}y_{12}+\ldots+k_ny_{1n}=y_1$
$k_2x_{11}+k_2x_{22}+\ldots+k_ax_{2n}+k_{a+1}y_{21}+k_{a+2}y_{22}+\ldots+k_ny_{2n}=y_2$
…
$k_1x_{i1}+k_2x_{i2}+\ldots+k_ax_{in}+k_{a+1}y_{i1}+k_{a+2}y_{i2}+\ldots+k_ny_{in}=y_i$.
…
$k_1x_{n1}+k_2x_{n2}+\ldots+k_ax_{nn}+k_{a+1}y_{n1}+k_{a+2}y_{n2}+\ldots+k_ny_{nn}=y_n$

По этому блоку данных строится система нормальных уравнений

$$X^T(t)X(t)K_1^T + X^T(t)Y(t-i)K_2^T = X^T(t)Y(t)$$

и вычисляются МНК оценки K_1 параметров объекта (1).

Из матрицы (2) можно получить C_s^n таких n-мерных блоков, для каждого из которых строится свой вектор оценок параметров объекта (1).

Таблица 3. Результаты идентификации по всем возможным n-мерным блокам

N	Набор из любых n строк				Оценки параметров						
	n_1	n_2	…	n_n	k_1	k_2	…	k_a	k_{a+1}	…	k_n
1	a_{11}	a_{12}	…	a_{1n}	k_{11}	k_{12}	…	k_{1a}	$k_{1(a+1)}$	…	k_{1n}
2	a_{21}	a_{22}	…	a_{2n}	k_{21}	k_{22}	…	k_{2a}	$k_{2(a+1)}$	…	k_{2n}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
i	a_{i1}	a_{i2}	…	a_{in}	k_{i1}	k_{i2}	…	k_{ia}	$k_{i(a+1)}$	…	k_{in}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
L	a_{L1}	a_{L2}	…	a_{Ln}	k_{L1}	k_{L2}	…	k_{La}	$k_{L(a+1)}$	…	k_{Ln}

Таблице 3 соответствует матрица B, содержащая C_s^n строк и $2n$ столбцов

$$B = \begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} & k_{11} & k_{12} & \ldots & k_{1a} & k_{1(a+1)} & k_{1(a+2)} & \ldots & k_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} & k_{21} & k_{22} & \ldots & k_{2a} & k_{2(a+1)} & k_{2(a+2)} & \ldots & k_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{L1} & a_{L2} & \ldots & a_{Ln} & k_{L1} & k_{L2} & \ldots & k_{La} & k_{L(a+1)} & k_{L(a+2)} & \ldots & k_{Ln} \end{Vmatrix}, \tag{3}$$

где $L = C_s^n$.

В каждой строке матрицы B в первых n позициях перечислены номера строк a_{ij} матрицы A (i – номер строки матрицы B, j – номер строки матрицы A), использованные для вычисления n оценок k_{ij} таблицы 2, вычисленных по этим строкам и расположенных в (3) на последних n позициях.

4. Условие точного определения параметров объекта

Строки матрицы исходных данных независимы в том смысле, что все C_s^n определителей линейно-независимых блоков $n \times n$ не равны нулю.

Рассмотренный алгоритм идентификации при соблюдении некоторых условий дает возможность по экспериментальным данным (2) точно определить неизвестные параметры h объекта (1).

Имеет место следующая теорема.

Теорема. Если в блоке исходных данных, содержащем s строк, только l_1 выходных переменных измеряются с ошибками, то параметры объекта (1) можно определить точно, если выполняется неравенство

$$s-n-l_1 b>1.$$

Доказательство. В наихудшем случае все l_1 ошибок будут распределены по разным строкам матрицы исходных данных (2) и будут занимать $l_1 b$ строк. Оставшиеся, по крайней мере, (n+1) строк не будут содержать ошибок. Следовательно, построенные по этим строкам оценки будут точными. В каких именно строках не было ошибок заранее не известно. Но матрица (3) будет содержать

$$r = C_{n+1}^n$$

строк, в которых вектора оценок k будут совпадать. Совпадающие оценки и будут точными параметрами объекта.

5. Заключение

Рассмотрен алгоритм идентификации динамического объекта с редкими ошибками измерения. Показано, что при использовании рассмотренного алгоритма возможно точное определение неизвестных параметров динамического объекта при условиях, которые найдены в докладе. В целях практического применения разработанный алгоритм подходит для решения социально-экономических, аналитических задач.

Литература

1. ЧАДЕЕВ В.М., ИЛЮШИН В.Б. *Метод идентификации, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта* // Труды V Международной конференции "Идентификация систем и задачи управления". М.: ИПУ РАН, 2006. С. 1091-1105.

2. *Методы классической и современной теории автоматического управления*: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.4: Теория оптимизации систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 744 с.; ил.

ARTICLE TITLE (THE ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF CONFLICT SITUATIONS OF TWO CONTRADICTORY COALITIONS)

Sergey Gusev, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, post-graduated (gs-serg@mail.ru).

Abstract. In article the theoretic-game model cooperative interactions of two confronting coalitions, reflecting joint decision-making n agents from outside one coalition and m agents from outside the second coalition is considered. It is supposed, that each of objects double coalitions systems has own algorithm of identification. To be *made the proof of a condition of exact definition of parameters of object.*

Keywords: identification, dynamic object, measurements errors.