УДК 621.01

Тензорная природа сложного технического объекта, описываемого с позиции социофизического подхода

Т. И. Мустаев

tima.mus.1321@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Современный подход к созданию конкурентоспособной наукоемкой продукции предполагает управление на протяжении жизненного цикла продукта – начиная с проектирования и завершая утилизацией. Большая длительность жизненного цикла наукоемкой продукции, которая может достигать нескольких десятков лет, вызывает большую неопределенность в характеристиках всех элементов системы управления жизненным циклом. В статье рассматривается тензорная природа социофизического описания сложного технического объекта.

Ключевые слова: социофизичекий подход; тензор; накопленный потенциал; социофизическая среда; тензорная природа.

ВВЕДЕНИЕ

Формулируется следующая проблема: необходимо создать систему управления жизненным циклом объекта характеристики которого изменяются неопределенным образом. Решение проблемы может быть связано с реализацией подходов, опирающихся на социофизическое представление об объекте [1].

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В этом случае предполагается что объект находится в одном из состояний. Рассматриваются следующие аспекты состояния объекта: технический, технологический, социально-экономический, информационный; все состояния за исключение технического считаются нефизическими состояниями. Множества состояний определяет пространство состояний. Пространство состояний, образованное из физического пространства путем ортогонального дополнения «нефизическими» подпространствами, определяется как социофизическое пространство состояния. Координатами социофизического пространства являются величины, относящиеся к различным подсистемам, каждая из которых отражает поведение объекта в одном из аспектов. У объекта, анализируемого с социофизической точки зрения формируется инвариантное свойство, определяемое как социофизический потенциал. Численной оценкой социофизического потенциала является множество накопленных потенциалов, вычисляемых для каждого аспекта социофизического объекта. Формула определения накопленного потенциала следующая:

$$S_q(t) = \int_{\tau} q(t-\tau)\,\Psi(\tau)d\tau \tag{1}$$

Здесь, $q(t), 0 \leq t \leq \infty$ − это поток актива; Ψ − это социофизическая функция. Она характеризует социофизический объект как систему. Математические свойства следующие: $\int_{\tau=-\infty}^{\infty} [\Psi(\tau)]^2\, d\tau = 1$, $[\Psi(\infty)] = 0, [\Psi(0)] = 1$.

В статье анализируется тензорная природа социофизического описания сложного технического объекта. Накопленный потенциал является линейным функионалом поскольку он обладает следующими свойствами:

1) Линейности. Накопленный потенциал двух потоков активов, одновременно формирующихся во времени равен сумме накопленных потенциалов активов:

$$X_{q1+q2} = X_{q1} + X_{q2} \tag{2}$$

2) Накопленный потенциал нулевого актива равен нулю:

$$X_{q=0} = 0 \tag{3}$$

Потоку q(t) всегда можно поставить в соответствие противоположенный поток, так что:

$$X_q = -X_{-q} \tag{4}$$

Известно, что для описания линейных свойств объекта может быть использован тензорный аппарат моделирования. Тензор представляет собой инвариант [2]. Иными словами, социофизическому потенциалу может быть поставлен в соответствие тензор нулевого ранга, называемый социофизическим тензором. В теории моделирования социофизических сред определяется понятие вектора напряженности.

Напряженность — это вектор, показывающий с какой силой один элемент социофизичекой среды, действует на другой. Как и сила напряженность является векторной величиной. Направление вектора касательно в точке, лежащей на поверхности отделяющей один деформируемый социофизический элемент от другого.

Вектор социофизическтой напряженности будучи тензором обладает следующими свойствами, некоторые из которых перечесляются ниже:

Если величина $\widetilde{\mathrm{A}}$ определяется в ортогональном базисе $(\vec{e}_1, \vec{e}_2, \dots, \vec{e}_n)$ множеством чисел $\mathrm{A}_1, \mathrm{A}_2, \dots, \mathrm{A}_n$, а в базисе $(\vec{e}_1', \vec{e}_2', \dots, \vec{e}_n')$-числами $\mathrm{A}_1', \mathrm{A}_2', \dots, \mathrm{A}_n'$ и если эти числа преобразуются по закону [3]

$$\mathrm{A}_i' = \sum_k a_{ik} \mathrm{A}_k \tag{5}$$

то в формуле (5) объект $\widetilde{\mathrm{A}}$ называется тензором первого ранга; a_{ik} – элементы матрицы перехода от первого базиса ко второму. Базисом является множество векторов в вектором пространстве, где любой вектор социофизического пространства может быть представлен в виде группы линейных векторов из этого множества. Базис, составленный из попарно ортогональных векторов, является ортогональным. Используются понятие ковариантности и контравариантности векторов. Один и тот же вектор можно записать как в ковариантных, так и в контравариантных компонентах. Обычно какие-то из них являются для рассматриваемого вектора естественными, то есть действующими именно в тех координатах, которые присущи задаче. Координаты геометрического вектора (вектора перемещения) являются контравариантными. Контравариантный вектор обозначается в форме x^i , то есть с индексом наверху. Компоненты ковариантного вектора изменяются как бы противоположно изменению векторов базиса.

Итак, вектор напряженности социофизической среды может рассматриваться как тензор первого ранга

Выше было показано, что идея системного описания приводит к тензорному представлению социофизического объекта, причем с социофизической точки зрения это означает представление социофизического объекта в виде множества социофизических объектов разных типов. С социофизической точки зрения существуют различные системные описания объекта $d\vec{r}$. Модельное описание объекта может быть проведено в социофизических координатах $\{\vec{e}_i, i = 1,2, \dots, n\}$. Другое модельное описание объекта осуществляется в социофизических координатах $\{\vec{e}_j', j = 1,2, \dots, n\}$. Каждый орт отражает аспектное представление социофизического объекта как системы. В первом представлении объект $d\vec{r}$ моделируется в аспектах, соответствующих ортам $\{\vec{e}_i\}$:

$$d\vec{r} = \sum_i d(r^i)\vec{e}_i \tag{6}$$

Каждая из величин $d(r^i), i = 1,2, \dots, n$, называемая компонентой, отражает $i-$й аспект поведения объекта как социофизической системы. Во втором представлении описание объекта $d\vec{r}$ имеет вид:

$$d\vec{r} = \sum_i d(\tilde{r}^i)\vec{e}_i' \tag{7}$$

Полагая, что в обоих случаях описывается один и тот же объект $d\vec{r}$, можно записать

$$d\vec{r} = \sum_i d(r^i)\vec{e}_i = \sum_i d(\tilde{r}^i)\vec{e}_i' \tag{8}$$

В развернутом виде:

$$d(r^1)\vec{e}_1 + \dots + d(r^n)\vec{e}_n = \\ = d(\tilde{r}^1)\vec{e}_1' + \dots + d(\tilde{r}^n)\vec{e}_n' \quad (9)$$

Для того, чтобы получить компоненты $d(r^i)$ и $d(\tilde{r}^i)$ необходимо каждое из уравнений (9) поочередно скалярно умножить на $\vec{e}_i$ и $\vec{e}_i', i = 1,2,\dots,n$:

$$\begin{cases} d(r^1)(\vec{e}_1,\vec{e}_1) + \dots + d(r^n)(\vec{e}_1,\vec{e}_n) = \\ = d(\tilde{r}^1)(\vec{e}_1,\vec{e}_1') + \dots + d(\tilde{r}^n)(\vec{e}_1,\vec{e}_n'), \\ d(r^1)(\vec{e}_2,\vec{e}_1) + \dots + d(r^n)(\vec{e}_2,\vec{e}_n) = \\ = d(\tilde{r}^1)(\vec{e}_2,\vec{e}_1') + \dots + d(\tilde{r}^n)(\vec{e}_2,\vec{e}_n'), \\ \dots \\ d(r^1)(\vec{e}_n,\vec{e}_1) + \dots + d(r^n)(\vec{e}_n,\vec{e}_n) = \\ = d(\tilde{r}^1)(\vec{e}_n,\vec{e}_1') + \dots + d(\tilde{r}^n)(\vec{e}_n,\vec{e}_n'). \end{cases} \quad (10)$$

и

$$\begin{cases} d(r^1)(\vec{e}_1',\vec{e}_1) + \dots + d(r^n)(\vec{e}_1',\vec{e}_n) = \\ d(\tilde{r}^1)(\vec{e}_1',\vec{e}_1') + \dots + d(\tilde{r}^n)(\vec{e}_1',\vec{e}_n') \\ d(r^1)(\vec{e}_2',\vec{e}_1) + \dots + d(r^n)(\vec{e}_2',\vec{e}_n) = \\ d(\tilde{r}^1)(\vec{e}_2',\vec{e}_1') + \dots + d(\tilde{r}^n)(\vec{e}_2',\vec{e}_n') \\ \dots \\ d(r^1)(\vec{e}_n',\vec{e}_1) + \dots + d(r^n)(\vec{e}_n',\vec{e}_n) = \\ d(\tilde{r}^1)(\vec{e}_n',\vec{e}_1') + \dots + d(\tilde{r}^n)(\vec{e}_n',\vec{e}_n') \end{cases} \quad (11)$$

По свойству скалярного произведения справедливы соотношения $(\vec{e}_i,\vec{e}_j) = \delta_j^i$ и $(\vec{e}_i',\vec{e}_j') = \delta_j^i$. Поэтому уравнения (10), (11) упрощаются:

$$\begin{cases} d(\tilde{r}^1) = d(r^1)(\vec{e}_1',\vec{e}_1) + \dots + \\ \quad +d(r^n)(\vec{e}_1',\vec{e}_n), \\ d(\tilde{r}^2) = d(r^1)(\vec{e}_2',\vec{e}_1) + \dots + \\ \quad +d(r^n)(\vec{e}_2',\vec{e}_n), \\ \dots \\ d(\tilde{r}^n) = d(r^1)(\vec{e}_n',\vec{e}_1) + \dots + \\ \quad +d(r^n)(\vec{e}_n',\vec{e}_n). \end{cases} \quad (12)$$

и

$$\begin{cases} d(\tilde{r}^1) = d(r^1)(\vec{e}_1',\vec{e}_1) + \dots \\ \quad +d(r^n)(\vec{e}_1',\vec{e}_n) \\ d(\tilde{r}^2) = d(r^1)(\vec{e}_2',\vec{e}_1) + \dots \\ \quad +d(r^n)(\vec{e}_2',\vec{e}_n) \\ \dots \\ d(\tilde{r}^n) = d(r^1)(\vec{e}_n',\vec{e}_1) + \dots \\ \quad +d(r^n)(\vec{e}_n',\vec{e}_n) \end{cases} \quad (13)$$

или в компактной записи

$$d(r^i) = d(\tilde{r}^j)(\vec{e}_i,\vec{e}_j') \\ d(\tilde{r}^i) = d(r^j)(\vec{e}_j,\vec{e}_i') \quad (14)$$

Из уравнений (8) или (9) могут быть получены также выражения для объектов $\vec{e}_i, \vec{e}_i'$:

$$\vec{e}_i = \frac{\partial\vec{r}}{\partial r^i} = \sum\nolimits_j \frac{\partial(\tilde{r}^j)}{\partial r^i}\vec{e}_j' = \alpha_i^j\vec{e}_j' \\ \vec{e}_j' = \frac{\partial\vec{r}}{\partial\tilde{r}^j} = \sum\nolimits_j \frac{\partial(r^i)}{\partial\tilde{r}^j}\vec{e}_i = \beta_i^j\vec{e}_j \quad (15)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье анализируется тензорная природа социофизического описания сложного технического объекта. Сформулирована следующая проблема о необходимости создать систему управления жизненным циклом объекта характеристики которого изменяются неопределенным образом. Так же предлагается решение проблемы, которое может быть связано с реализацией подходов, опирающихся на социофизическое представление об объекте. Проведен анализ данного метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мустаев И.З.** Экономические модели инноватики: Монография. Уфа: РИК УГАТУ, 2013.-202с[I.Z. Mustaev Economic Models of Innovation (in Russian): Monograph. Ufa: RIK UGATU, 2013.-202s]

2. **Мустаев И.З.** Социофизические модели инноватики: Монография. Уфа: РИК УГАТУ, 2017.-174с.[I.Z. Mustaev Sociophysical Models of Innovation (in Russian): Monograph. Ufa: RIK UGATU, 2017.-174s.]

3. **Пальмов В.А.** Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа: Учебное пособие. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 109 с[V.A. Palmov Elements of tensor algebra and tensor analysis (in Russian): Textbook. - St. Petersburg: Publishing House Polytechnic. University, 2008 .-- 109 p.].

ОБ АВТОРЕ

МУСТАЕВ Тимур Ирекович, магистр 1-го курса института экономики и управления, кафедры управления инновациями.

METADATA

Title: Tensor nature of a complex technical object described from the position of a so-phyophysical approach

Author: T. I. Mustaev

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: tima.mus.1321@gmail.com

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (23), pp. 84-87, 2020. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The modern approach to creating competitive high-tech products involves management throughout the product life cycle - from design to disposal. The long life cycle of high technology products, which can reach several tens of years, causes great uncertainty in the characteristics of all elements of the life cycle management system. The article considers the tensor nature of the sociophysical description of a complex technical object..

Key words: sociophysical approach, tensor, accumulated potential, sociophysical environment, tensor nature.

About author:

MUSTAEV, Timur Irekovich, 1st year master of the Institute of Economics and Management, Department of Innovation Management.