

МЕТОД СИНТЕЗА РОБАСТНЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

А. В. Заярный, С. В. Черныш, О.А. Гайденко

*Национальный аэрокосмический университет
им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина
alexey.zrn.khai@gmail.com*

В работе рассматривается метод робастного оценивания параметров нейросетевых моделей.

Zaiarniy A. V., Chernysh S. V., Gaidenko O. A. Method of synthesis of robust neural network model systems and processes.

The paper deals with the robust method of estimating the parameters of neural network models.

Ключевые слова: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, СТОХАСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ.

Keywords: MATHEMATICAL MODELING, ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS, STOCHASTIC OPTIMIZATION.

Рассматривается задача аппроксимации векторной функции векторной переменной с целью построения робастной формальной математической модели системы или процесса в форме обучаемой искусственной нейронной сети (ИНС) [1, 2]. Входными данными для аппроксимации данных с помощью ИНС являются: входные параметры и управляющие переменные опытных образцов $\{Y_{ph}^{(0)}\}$; выходные параметры $\{d_{pi}\}$.

Простейшая ИНС с одним скрытым слоем ($K=1$) изображена на рисунке. Здесь $\{Y_{ph}^{(0)}\}$ – множество входных данных, $\{Y_i^{(k)}\}$ – множество выходных данных k -ого слоя; k – номер слоя, $k = 1 \dots (K+1)$, K – число скрытых слоев; $p=1 \dots P$, P –

Информатика и системные науки (ИСН-2017)

число аналогов; $\{w_{ij}^{(k)}\}$ – множество параметров k – ого слоя; i – элемент k – ого слоя; j – элемент $(k - 1)$ – ого слоя.

Введены следующие обозначения: N_0 – количество входов сети; N_1 – количество нейронов скрытого слоя; N_2 – количество выходов сети.

В качестве скалярной свертки функций выбора при поиске решения задачи аппроксимации с помощью ИНС использовалась функция вида [1]:

$$E = \frac{1}{2PI} \sum_{p=1}^P \gamma^{P-p} \sum_{i=1}^I \left\{ f_{fit} \left[4 \left(\frac{\Delta_{f_i,p}}{f_{pi}^*} \right)^2 (1 + \sigma_{f_i,p}^\circ)^{-2} \right] + \beta \cdot f_{fit} \left[\left(\sigma_{f_i,p}^\circ \right)^2 - 1 \right] \right\}, \quad (1)$$

где $\Delta_{f_i} = Y_i^{(K+1)} (\bar{Y}^{(0)}) - f_i^* (\bar{Y}^{(0)})$,

$\sigma_{f_i}^\circ = \left\{ \frac{\sigma_{f_i}}{\sigma_{f_i}^*} \right\}$, $\sigma_{f_i}, \sigma_{f_i}^*$ - средние квадратические отклонения

(индекс * - желаемые значения);

$f_{fit}(d) = 1 - \exp(-C \cdot d)$, $C > 0$, d - аргумент функции приспособленности ($d > 0$);

γ, β – параметры регуляризации.

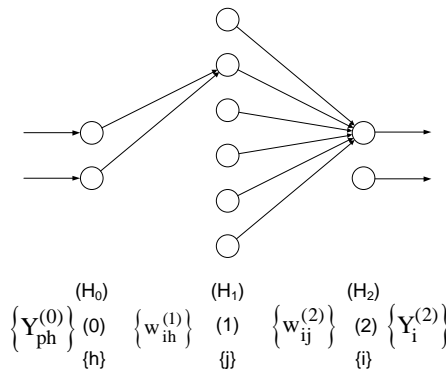


Рисунок. Структура ИНС

Решение – параметры аппроксимирующих функций вида $Y_i^{(K+1)}(\bar{Y}^{(0)})$ – находилось методом стохастической аппроксимации на основе овражного метода сопряженных градиентов [2]:

$$w_{ij}^{(k)}(t+1) = w_{ij}^{(k)}(t) + \mu(t)\{\eta_{ij}^{(k)}(t)r_{ij}^{(k)}(t) + \nu(t)\alpha_{ij}^{(k)}(t)[w_{ij}^{(k)}(t) - w_{ij}^{(k)}(t-1)]\} + \tilde{w}_{ij}^{(k)}(t+1), \quad (2)$$

где $\mu, \eta_{ij}, \nu, \alpha_{ij}$ – коэффициенты обучения;

$$r_{ij}^{(k)}(t) = S_{ij}^{(k)}(t) + \frac{(S_i^{(k)}(t))^T (S_i^{(k)}(t) - S_i^{(k)}(t-1))}{|(r_i^{(k)}(t-1))^T S_i^{(k)}(t-1)|} r_{ij}^{(k)}(t-1) - \text{проекция вектора}$$

сопряженного направления поиска; проекция градиента свертки

функций выбора $-S_{ij}^{(k)}(t) = -\frac{\partial E}{\partial w_{ij}^{(k)}}; \tilde{w}_{ij}^{(k)}$ – «аддитивный шум».

Применение предлагаемых разработок позволяет получать стабильные (робастные) оценки параметров нейросетевых моделей в условиях неопределенности входных данных, что обеспечивает синтез робастных метамоделей.

Литература

1. Chernysh S.V. A method synthesis of selection function scalar convolutions for the multi-objective decision-making problems / S.V. Chernysh, Ie.S.Meniailov, K.M. Ugryumova, M.L. Ugryumov // Bulletin of V. Karazin Kharkiv National University. – 2015. – Series «Mathematical Modelling. Information Technology. Automated Control Systems», Issue 27. – P. 172-180.
2. Системное совершенствование элементов сложных технических систем на основе концепции обратных задач [Текст] : моногр. / В.Е. Стрелец, А.А. Трончук, Е.М. Угрюмова и др.; под общ. ред. М. Л. Угрюмова. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 148 с.