

А.И. Галушкин*, С.Н. Данилин, С.А. Щаников
 *Государственный университет Московский физико-технический институт
 141700, г. Долгопрудный, Московской обл., ул. Институтский пер., 9.
 Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
 602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
 e-mail: dsn-55@mail.ru

Методы определения точности функционирования нейросетевых вычислительных средств на основе мемристоров

В соответствии с действующими государственными и международными стандартами в области обеспечения качества технических средств, точность их функционирования принято характеризовать интервалами предельно допускаемых значений (допусками) изменения различных показателей (абсолютной и относительной погрешности, вероятности ошибки, среднеквадратического отклонения оценки, вероятности принятия решения или распознавания образов, сигналов и т.д.). Общим недостатком применяемых в настоящее время показателей точности функционирования нейросетевых компонентов вычислительных средств (искусственных нейронных сетей – ИНС) является отсутствие в них значений допусков на технические параметры [1].

Авторами предложен общий подход к разработке методов определения показателей качества функционирования ИНС произвольной структуры и назначения, предполагающий:

а) получение информации об изменениях любого из типовых показателей качества функционирования ИНС путем математического моделирования вариаций параметров входной информации и (или) нейронов на $\pm m\%$ ($m \in R$) от номинального значения;

б) расчет значений комплексного показателя качества функционирования ИНС по одному или нескольким нейронам;

в) расчет значений обобщающего комплексного показателя качества функционирования ИНС;

г) визуализацию процесса определения показателей качества функционирования ИНС в процессе их проектирования.

На основе общего подхода, разработаны варианты оценки комплексного показателя качества (точности) работы ИНС по каждому нейрону или элементу, при установленных значениях функциональных допусков [2].

$$K_i = 1 - (X_i - X_{доc}) / (X_{доп} - X_{доc}), \text{ при } X_{доп} > X_{доc}, \quad (1)$$

$$K_i = 1 - (X_{доc} - X_i) / (X_{доc} - X_{доп}), \text{ при } X_{доп} < X_{доc}, \quad (2)$$

где $X_{доп}$ – допускаемое значение (допуск) показателя качества работы ИНС; $X_{доc}$ – значение показателя качества работы ИНС, достигнутое при обучении; X_i – значение показателя качества работы ИНС, при вариации параметра i -го нейрона или элемента от номинального значения.

Для количественной оценки качества работы всей ИНС предложен обобщающий комплексный критерий – средний комплексный показатель качества K_{cp} , определяемый выражением

$$K_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_i \quad (3)$$

где N – число структурных элементов в ИНС.

Мемристоры, искусственные нейроны и нейронные сети на их основе (ИНСМ) предлагается моделировать и исследовать как единые физико-информационные объекты, реализованные аппаратно-программными обучаемыми средствами [3]. В них применяются как аналоговые, так и цифровые информационные технологии. Показатели точности функционирования таких объектов должны отражать степень соответствия их выходной информации и теоретически определённой путём моделирования как физических, так и информационных параметров элементов ИНСМ:

$$I_{вых} = f(I_{вх}, П), \quad (4)$$

где $I_{вх}$ и $I_{вых}$ – параметры входной и выходной информации ИНСМ; $П$ – физические и информационные параметры ИНСМ, вариации которых относительно номинальных значений (из-за внутренних или внешних дестабилизирующих факторов) влияют на $I_{вых}$.

Секция 2. Анализ сигналов и систем

Общий подход к разработке методов определения и обеспечения точности ИНСМ должен заключаться в объединении возможностей:

- математического моделирования ИНСМ;
- математического моделирования дестабилизирующих факторов, влияющих на точность функционирования ИНСМ;
- методов исследования ИНСМ как физических объектов (анализ и синтез допусков на физические составляющие носителей $I_{вх}$ и $П$);
- методов исследования ИНСМ как информационных объектов (определение и обеспечение точности путём выбора уровней составляющих $I_{вх}$ и $П$, внесения недопустимых или ошибочных значений);
- аналитических расчётов показателей точности функционирования ИНСМ.

Исследования авторов показали, что одна и та же ИНСМ обладает различной восприимчивостью (чувствительностью) к вариациям параметров ее элементов при использовании различных показателей (критериев) качества обучения и функционирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-07-08330.

Литература

1. Reyneri L.M. Implementation issues of neuro-fuzzy hardware: going toward HW/SW codesign. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2003, No 1 Vol 14, pp. 176-194.
2. Danilin S.N., Shchanikov S.A., Panteleev, S.V. The design of educable components of infocommunication systems with specified operation accuracy // CriMiCo 2015 - 2015 25th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings. 2015. PP. 305-306.
3. Данилин С.Н., Щаников С.А. Исследование точности функционирования нейросетевых компонентов РТС на основе мемристоров // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2015. №1. С. 39-48.