

УДК 004.75

*Чумак В. С., лаборант*

*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2403-020X>*

*Научный руководитель: Свид И. В., к.т.н., доцент*

*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4635-6542>*

*Харьковский национальный университет радиоелектроники, г. Харьков, Украина*

## ПРИМЕНЕНИЕ FPGA ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Существуют классы проблем, таких как прогнозирование, классификация, управление, принятие решений, распознавание образов, оптимизация или анализ больших объемов данных в самых различных областях. Большинство задач, возникающих в информационных системах, малоформализованные и трудно поддаются прогнозированию, основанному на традиционных математических методах [1, 2].

Искусственные нейронные сети можно создавать как параллельные, так и распределенные структуры с высокой скоростью вычислений и большей эффективностью для реализации задач контроля и обеспечения надежности информационных систем. Как один из вариантов аппаратной реализации можно использовать программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

На данный момент одним из мировых лидеров в разработке и продаже программируемой пользователем вентильной матрицы (FPGA) является Xilinx. Компания Xilinx производит несколько серий FPGA, таких как Spartan, Artix, Kintex, Virtex, которые имеют высокоскоростную полосу пропускания, большое количество логических элементов, низкое энергопотребление и высокую производительность по относительно низкой цене [3–5].

Большую часть элементов типичных искусственных нейронных сетей можно построить из реализуемых в ПЛИС арифметических функций (сложение, вычитание, умножение, деление, вычисление квадратного корня), компараторы. Это, в частности, позволяет построить внутреннюю реализацию достаточно гладких аппроксимаций сигмоидальных нелинейных функций [1]. Кроме того, существует возможность использования современных интерфейсных решений в ПЛИС, связанных с управлением и программированием формы и скорости входных и выходных сигналов.

Большое количество вентилях ПЛИС позволяет реализовать достаточно много физически параллельно работающих нейронов, обмен данными между которыми может быть осуществлен внутри ПЛИС. Каналы связи между логическими элементами и внутренней памятью ПЛИС обладают хорошими

скоростними характеристиками [6–9]. Высокая тактовая частота работы ПЛИС (в современных схемах – до гигагерцевых частот), параллельность функционирования логики с хорошими внутренними и внешними каналами передачи данных способствует высокой скорости вычислений для множества параллельно функционирующих нейронов (а точнее, их реализаций) [1, 2, 8–10].

С учетом особенностей архитектуры ПЛИС, предлагается использовать рекуррентные сети и фильтры Калмана для реализации двухуровневой системы, решающей задачи отслеживания и детектирования опасных состояний и повышения надежности в коммуникационных информационных системах. За счет простоты реализации обратных связей в ПЛИС рекуррентные нейронные сети являются одним из важнейших типов нейронных сетей, которые возможно реализовывать на таких интегральных схемах. Рекуррентные нейронные сети можно использовать для решения задач аппроксимации временных последовательностей, классификации и др. Учитывая возможности сред разработки, для современных ПЛИС (в частности, в них возможна автоматическая реализация умножителей, сумматоров, делителей разных типов, вычисление квадратного корня и других мега-функций), появляется возможность реализации нейронных сетей типа самоорганизующихся карт Кохонена, которые распознают тип поведения системы на глобальных периодических интервалах времени. На нижнем уровне предлагается использование фильтров Калмана для предсказания и оценки поведения системы на небольших интервалах времени.

Для предсказания поведения системы, целесообразно использовать фильтры Калмана, которые характеризуются:

- формулировкой в терминах концепции пространства состояний и эффективным использованием информации, содержащейся во входных данных;
- рекурсивной оценкой состояний, что означает вычисление каждой скорректированной оценки на основе предыдущей оценки и допустимых в текущий момент данных.

В таком случае модель реализации искусственной нейронной сети на базе ПЛИС даст возможность предсказывать сбои в коммуникационных информационных системах в зависимости от изменений работы системы, учитывая временные интервалы.

Представление входных данных с учетом временных интервалов дает возможность учитывать периодические изменения в работе системы, связанные с внешними факторами.

Применение ПЛИС для реализации нейронных сетей позволяет увеличить скорость обработки сигналов, по сравнению с программной реализацией.

#### Список литературы

1. Безрук В. М., Свид І. В., Корсун І. В. Нейронні технології в телекомунікаціях та системах управління : навч. посіб. Харків, СМІТ, 2008. 230 с.

2. Чумак В. С., Свид І. В. Реализация структуры нейронных сетей на FPGA *Наука, технології, інновації: тенденції розвитку в Україні та світі* : матеріали міжнародної студентської наукової конференції, 17 квітня, 2020 рік. Харків, Україна : Молодіжна наукова ліга. Т.2. С. 30–32.
3. Чумак В., Свид І. Створення модуля VHDL-опису при проектуванні цифрових систем на ПЛІС в Xilinx ISE Design Suite. *Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2019)* : тези доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції, 27–29 листопада 2019 р., Дніпро. Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2019. С. 94–95.
4. Iryna Svyd, Oleksandr Vorgul, Valerii Semenets, Oleg Zubkov, Valeriia Chumak, Natalia Boiko. Special Features of the Educational Component. Design of Devices on Microcontrollers and FPGA. II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, Pp. 55–57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017
5. Чумак В. С., Свид І. В. Современные тенденции подготовки технических специалистов. *Сучасна освіта – доступність, якість, визнання* : збірник наукових праць XI Міжнародної науково-методичної конференції, 13–14 листопада 2019 року, м. Краматорськ. Краматорськ : ДДМА, 2019. С. 245–247.
6. Iryna Svyd, Oleksandr Maltsev, Liliia Saikivska, Oleg Zubkov. Review of Seventh Series FPGA Xilinx. *Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs. MC&FPGA-2019: First International Scientific and Practical Conference*, Kharkiv, Ukraine, July 26–27, 2019. Kharkiv: 2019. Pp. 25–26. doi: 10.35598/mcfpga.2019.008.
7. Чумак В. С., Свид І.В. Перспектива использования продукта FPGA в медицинских системах. *Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців* : матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів та аспірантів, 19–22 листопада 2019 року, м. Харків. С. 288–289.
8. Oleg Zubkov, Iryna Svyd, Oleksandr Maltsev, Liliia Saikivska. In-circuit Signal Analysis in the Development of Digital Devices in Vivado 2018. *Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs. MC&FPGA-2019: First International Scientific and Practical Conference*, Kharkiv, Ukraine, July 26–27, 2019. Kharkiv: 2019. Pp. 12–13.
9. Iryna Svyd, Oleksandr Maltsev, Oleg Zubkov, Liliia Saikivska. Matlab Use in Design of Digital Systems on the FPGA in CAD Xilinx VIVADO. *Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs. MC&FPGA-2019: First International Scientific and Practical Conference*, Kharkiv, Ukraine, July 26–27, 2019. Kharkiv: 2019. Pp. 29–30.
10. Oleksandr Vorgul. Approaches Half Band Filter Realization for Means FPGA. *Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs. MC&FPGA-2019* : First International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, Ukraine, July 26–27, 2019. Kharkiv. 2019. Pp. 39–40.