

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА VHDL ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Е. В. Устилко

ВВЕДЕНИЕ

Проблема создания устройств, обладающих подобием человеческого разума, интересовала человека давно. Постепенно на основе выполненных исследований сложилось научное направление – искусственный интеллект, занимающееся построением систем для моделирования видов деятельности, традиционно считающихся интеллектуальными.

Сегодня на основе достижений в области искусственного интеллекта уже создано большое число изделий, которые широко применяются в различных областях жизнедеятельности человека. Иными словами, работы в этой области перешли из разряда теоретических исследований в практическую плоскость. Это делает особо актуальным создание средств, облегчающих выполнение работ в этом направлении.

НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В создании устройств искусственного интеллекта можно выделить два основных направления: прагматическое и бионическое [1].

В первом направлении (кибернетика «черного ящика») не имеет значения, какова конструкция создаваемой системы. Если она на заданные входные воздействия реагирует подобно человеку, ее независимо от способа получения такого результата считают интеллектуальной.

Напротив, бионическое направление (нейрокибернетика) основано на допущении, что, если в искусственной системе воспроизвести структуру и поведение составных частей человеческого мозга, то и результаты решения задач будут подобны результатам, получаемым человеком. К этому направлению в первую очередь относятся работы по созданию искусственных нейронных сетей [2], которые строятся по принципам организации и функционирования их биологических аналогов [3]. В этом направлении и выполнялась описываемая работа.

В соответствии с ранее сказанным искусственная нейронная сеть по аналогии с ее биологическим аналогом представляет собой множество элементов, имитирующих поведение нейронов, работающих параллельно, связанных тем или иным способом и взаимодействующих между собой и окружающей средой, принимая и посылая сигналы.

Такие сети обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными вычислительными системами:

- параллелизм обработки информации;
- способность к обобщению и обучению;
- устойчивость к шумам во входных данных;
- универсальный механизм решения задачи (нейросеть с одной и той же структурой способна решать различные задачи);
- надежность функционирования (выход из строя ограниченного числа нейронов или обрыв некоторых связей не сказываются критическим образом на качестве работы всей сети);
- способность решать трудно формализуемые задачи.

Несмотря на то, что функция отдельного нейрона обычно довольно проста, они (нейроны), будучи соединенными в сеть, способны выполнять сложные задачи. Число нейронов в сети и структура их соединения существенно зависят от сложности решаемой задачи и требуемой точности. В настоящее время нейронные сети применяются при распознавании и классификации образов [4], принятии решений и управлении, кластеризации, прогнозировании, аппроксимации, сжатии данных и т.д.

Как и в природе, поведение нейронной сети в значительной степени определяется связями между элементами и их свойствами. Регулируя значения коэффициентов связей (синаптических весов), можно обучать искусственную нейронную сеть решению конкретной задачи. Таким образом, хотя возможности таких сетей на данный момент еще малы по сравнению с возможностями человеческого мозга, в них удается воспроизвести его важную функцию – способность к обучению и обобщению.

По способу обучения нейросети делятся на сети, использующие обучение с учителем, и сети, использующие обучение без учителя [5]. Обучение с учителем – это форма обучения, при которой сети предъявляются и входные, и ожидаемые выходные сигналы. В процессе такого обучения необходимо так изменить параметры нейросети, чтобы суммарное значение функции ошибок нейронных элементов достигло минимума. При втором подходе обучающее множество состоит лишь из входных векторов. Алгоритм обучения подстраивает веса связей так, чтобы предъявление достаточно близких входных векторов давало одинаковые выходы. Такие сети называются самоорганизующимися.

Существуют два основных варианта практической реализации нейронных сетей: программная, выполняемая на универсальном компьютере, и аппаратная, когда сеть создается в виде аппаратного устройства.

До последнего времени большинство разработок нейронных сетей выполнялось программным путем. При такой их реализации обычно используются языки последовательного типа: C++, Java и др. [6]. Такое

решение в первую очередь обеспечивает гибкую среду для поиска и проверки исследовательских идей. Несмотря на последовательный характер обработки информации в такой нейронной сети для многих практических приложений такое решение также оказывается и вполне адекватным, и достаточно эффективным с точки зрения временных затрат.

Однако важнейшей отличительной особенностью биологической нейронной сети является то, что нейроны в ней функционируют параллельно, чем и обеспечивается высокая скорость решения. Поэтому для создания программной модели, описывающей процесс обработки информации в нейронной сети, более правильно использовать языки, ориентированные на описание параллельного выполнения обработки данных. А использование языков (VHDL, Verilog [7]), не устраняя возможности оперативного поиска и проверки исследовательских идей и алгоритмических решений, позволяет на заключительной стадии разработки выполнить автоматический (полуавтоматический) синтез специализированного аппаратного устройства – аппаратной реализации нейронной сети [8].

При необходимости выполнения достаточно сложных задач такое решение может быть единственно возможным для практического использования. Ниже описывается опыт использования языка VHDL.

ОПИСАНИЕ VHDL МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Для подготовки VHDL модели нейронной сети был использован структурный стиль описания, при котором весь процесс обработки предстает в виде совокупности параллельно работающих компонентов (подсистем), объединенных друг с другом сигналами. Компоненты можно вкладывать друг в друга, образуя иерархически организованную сеть.

В качестве минимальной структурной единицы обработки информации (компонента) в разработанной VHDL модели нейронной сети было выбрано описание поведения нейрона. Структурный характер описания позволяет легко заменять модель поведения входящих в сеть нейронов.

Так как функционирование отдельного нейрона осуществляется параллельно с другими нейронами и состоит в формировании нового значения выходного сигнала (выходных сигналов) при изменении хотя бы одного из входных сигналов, для описания его поведения был использован параллельный оператор **process** языка VHDL, список чувствительности которого включает не только входные сигналы, но и их весовые коэффициенты. Тем самым обеспечена возможность настройки поведения нейрона в ходе обучения сети.

Для описания регулярной системы связей между нейронами был использован параллельный оператор языка VHDL **generate**.

С целью опробования различных вариантов нейронных сетей при подготовке VHDL модели был использован параметрический характер описания. Таким образом, при подготовке VHDL текста модели была обеспечена простота изменения как структуры разрабатываемой нейронной сети, так и включения в нее нейронов с разными активационными функциями и разным количеством входных и выходных сигналов.

Описание структуры нейронной сети, оформленное в виде сложного компонента, дополнено в модели компонентом, содержащим описание алгоритма обучения сети в виде оператора **process**.

Декларации сигналов сети, весовых матриц, различных функций активации нейронов и алгоритмов обучения вынесены в пакет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная VHDL модель была опробована и показала высокую эффективность при различных вариантах структуры нейронной сети и обучении путем обратного распространения ошибки. Так как нейронная сеть является одним из вариантов аппаратно-программной системы обработки информации, дальнейшие исследования будут направлены на реализацию полного цикла ее создания [9, 10]: описание поведения на языке C++, его преобразование в описание на языке SystemC [11], переход к использованию языка VHDL, синтез сети и ее зашивка в соответствующую ПЛИС или реализация в заказном исполнении.

Литература

1. Интернет-адрес: <http://www.aiportal.ru/articles/other/direction-researches.html>.
2. Головки В. А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. Кн. 4: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А. И. Галушкина. М., 2001.
3. Интернет-адрес: http://alife.narod.ru/lectures/neural/Neu_ch03.htm.
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание / Пер. с англ. М., 2006.
5. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М., 2002.
6. Интернет-адрес: <http://www.orc.ru/~stasson/neurox.html>.
7. Поляков А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры. М., 2003.
8. Бибило П. Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL. М., 2002.
9. Казённов Г. Г. Основы проектирования интегральных схем и систем. М., 2005.
10. Степанец В. Я., Воцеров А. А. Средства для описания, моделирования и синтеза управляющих и вычислительных систем // Математическое моделирование и дифференциальные уравнения (ММДУ): Тез. докл. II Междунар. конф., Мн., 2009. С. 77–79.
11. Black D. C., Donovan J. SystemC: from the ground up. Boston, 2004.