

1. Выбор метода множественного доступа (ММД) к среде передачи при проектировании учрежденческой ЛС на основе сравнения статистических групповых характеристик загрузки сети, средних нормированных задержек кадров в сети и в очередях для различных ММД, например, МДПН/ОС и маркерного ММД [2].

2. Анализ характеристик функционирования сети Ethernet при различных режимах работы [2].

3. Исследование эффективности применения обходных путей для полностью симметричной сети с коммутацией каналов при различных значениях внешней нагрузки и выбор метода маршрутизации по критерию минимальной вероятности блокировки в сети.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кораблин М.А., Симонова Е.В. Информационная технология компьютерного исследования коммуникационных сетей. Киев: Электронное моделирование. 1991, №2. -с.25-30.

2. Симонова Е.В. Компьютерная технология обучения проектированию локальных сетей. Тезисы докладов Международной конференции-выставки "Информационные технологии в непрерывном образовании". - Петрозаводск, 1995. -С.54-55.

## ЯЗЫКОВЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ ПОРОЖДЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

С.В.Смирнов, А.В.Колесов

В настоящее время известны многочисленные случаи успешного применения искусственных нейронных сетей (НС) [1,2] в инженерии (проектирование, управление промышленными установками, контроль качества продукции и т.п., например, [3-5]). Потенциал нейросетевой технологии решения задач [6] еще только начинает раскрываться. Вместе с тем, практическое воплощение различных вариантов НС представляет одну из наиболее актуальных задач развития современных средств переработки информации.

Опыт работ в области нейронных сетей свидетельствует, что начинать следует с создания программных инструментальных средств, эмулирующих работу НС на компьютере с традиционной архитектурой и позволяющих выполнять весь технологический цикл создания, обучения и отчуждения обученной НС. Предлагаемые в настоящее время зарубежные коммерческие инструментальные средства разработки НС ориентированы на стандартные обучающие алгоритмы и не предусматривают возможности экспериментирования со структурой НС и методами ее обучения. Поэтому актуальна задача создания интегрированной интерактивной среды для моделирования и отработки программных компонент интеллектуальных систем, основанных на применении НС.

Подобная инструментальная человеко-машинная система должна обеспечить: построение и варьирование топологии сети и класса вычислительных элементов, имитацию работы и обучение НС; моделирование и управление базой данных входных воздействий и реакций; отчуждение обученных и апробированных нейросетевых программных модулей для встраивания в прикладные целевые системы.

В создании такого инструмента одним из ключевых вопросов является разработка языкового процессора, который собственно и реализует основные из перечисленных функций инструментальной системы.

В обширной литературе посвященной изучению работы нейронных сетей четко прослеживаются два подхода.

Во-первых, это построение технических систем, имитирующих работу мозга. Главная цель в этом случае - понять сущность протекающих в мозгу нейрофизиологических процессов и затем использовать полученные результаты для построения технических систем

Второй подход - это синтез вычислительных сетей с использованием нейроподобных элементов в качестве базиса. В этом случае исследователям НС приходится выходить за пределы современных биологических знаний в поисках структур, способных выполнять полезные функции. Это приводит к необходимости отказа от биологического правдоподобия и переносу упора на математические методы синтеза, анализа и обучения нейронных сетей, при сохранении в целом нейросетевой парадигмы.

Для первого взгляда на изучение НС характерен подход именуемый коннекционистским, когда считается, что свойства НС определяются значениями весовых коэффициентов синапсов нейронов. Структура сети, по крайней мере на уровне слоя, имеет простое регулярное строение при котором каждый вход слоя сети соединяется с каждым нейроном слоя, а все нейроны обладают одинаковыми свойствами. Описание сети сводится к заданию матриц весовых передаточных коэффициентов синапсов, а имитация функционирования НС - к выполнению матричных преобразований векторов входных сигналов [7].

Второй подход предполагает смещения акцента в сторону большей значимости структуры НС, использования базисных элементов с различными функциями преобразования [2,8]. Многие соединения между нейронами могут отсутствовать, и в целом сеть имеет нерегулярное строение даже на уровне слоя. Матричное описание НС становится либо невозможным, либо неэффективным. Необходимы иные средства описания нейронных сетей, обеспечивающие формирование внутреннего представления НС, обеспечивающего возможность анализа свойств сети, построение алгоритмов обучения и генерацию исполняемого кода. Вторым путем с точки зрения инженерных приложений нам представляется более перспективным. При этом, как отмечено выше, одним из ключевых вопросов является создание языкового процессора. Языковой процессор для порождения нейронных сетей - это среда, которая обеспечивает преобразование (трансляцию) текстовой формы описания НС в эквивалентную ей машинную форму представления с выполнением всех видов формального контроля. Эта задача сводится к решению двух подзадач: первая - создание языка описания НС, и вторая - выбор формы внутреннего представления сети, пригодного для последующих прагматичных манипуляций. На наш взгляд, язык описания должен позволять рекурсивное определение топологии НС, при котором каждый элемент сети, называемый слоем, имеет внутреннюю структуру и интерфейс с окружающими его другими элементами-слоями. Внутренняя структура элемента определяется совокупностью включенных в него элементов и связей между ними. Кроме того, должен существовать набор встроенных типов атомарных элементов - нейронов, составляющих нейросетевой базис.

При описании элементов в языке целесообразно использовать принцип типизации (определения классов), свойственный объектно-ориентированным язы-

кам проектирования/программирования [9]. Каждый слой рассматривается как объект определенного типа, который описывается посредством предварительного определения его структуры. Допускается произвольная вложенность описаний с традиционными для "блочных" языков программирования правилами видимости. Такой подход обеспечивает структуризацию нерегулярной в целом топологии сети и одновременно - эффективное внутреннее представление. На основе внутреннего представления НС, которое можно рассматривать как базу знаний о ее структуре, и правил построения алгоритмов обучения возможна автоматическая (по формальным правилам) генерация требуемого обучающего алгоритма для данной конфигурации сети в избранном нейросетевом базисе. Фактически мы приходим к задаче искусственного интеллекта, известной как задача автоматической генерации программ [10].

Очевидно, что первым этапом создания этой гибридной, с точки зрения представления знаний, интеллектуальной системы является задача разработки языка описания НС. Необходимым условием реализации системы является допустимость преобразования внутреннего представления НС в языковую и графическую формы и наоборот. Язык описания НС должен стать основной формой представления ее структуры

Язык описания нейронных сетей. Для искусственных нейронных сетей еще нет опубликованных стандартов и установленных терминов, поэтому необходимо определить основные понятия на основе которых будут строиться описания НС. Основопологающим является понятие вычислительного элемента сети или, просто, элемента нейронной сети. Элемент нейронной сети - это базисная компонента, путем коннекции которых строится нейронная сеть. В качестве элементов нейросети могут использоваться либо нейроны, либо слои. Нейрон - атомарный объект, реализующий некоторую параметризованную функцию. Слой - выделенная совокупность элементов и связей между ними, взаимодействующая со своим окружением через заданные множества входных, выходных и настроечных параметров. Множество идентичных по своим свойствам элементов образует тип элементов. Тип задается посредством описания его интерфейса, множества составляющих слой внутренних компонент и их связей, или внутренних свойств, если элемент является нейроном. Элемент нейронной сети всегда задается посредством спецификации его одним и только одним типом. При этом будем говорить,

что создается экземпляр типа, или элемент нейронной сети данного типа, или нейрон данного типа. Описание каждого слоя может включать в себя описания новых типов. Таким образом, описания типов элементов НС могут быть вложенными друг в друга. Все описания типов локальны по отношению к типу, внутри которого они появляются. Поскольку описания типов могут быть вложены один в другой, то вложенными будут и области действия имен типов. Типы нелокализованные в каком-либо другом описании типов называются глобальными и доступны в любом месте описания нейросети. Очевидно, что элементы обладающие одинаковыми свойствами часто могут быть реализованы по-разному: и как нейрон, и как слой в зависимости от того, рассматривается ли элемент как атомарный или как составной объект, имеющий внутреннюю нейросетевую структуру.

По способу реализации, времени и средствам определения различаем три типа элементов НС. Во-первых, встроенные или базовые типы, реализуемые системными средствами, набор которых не может быть изменен пользователем. Во-вторых, предопределенные, или библиотечные, типы, которые часто используются при описании различных нейронных сетей, реализуются с помощью средств языка описания НС, и набор которых может корректироваться пользователем. Наконец, определяемые пользователем типы, которые задаются и используются при описании конкретной нейронной сети. Поскольку в целом вся нейронная сеть рассматривается как один элемент определяемого пользователем типа то для того чтобы построить НС необходимо задать описание типа и создать экземпляр элемента данного типа. Нотация и лексика. При описании языка синтаксические конструкции в соответствии с известной нотацией Бэкуса-Наура обозначаются русскими словами, соединенными дефисами и заключенными в угловые скобки < и >. Эти слова соответствуют смыслу конструкции и используются в соответствующих описаниях семантики. Случаи повторения некоторой конструкции нуль или более раз выделяются путем заключения конструкции в метаскобки { и }. Если какая-либо конструкция может отсутствовать, она заключается в квадратные скобки [ и ]. Все служебные слова и специальные символы языка выделяются жирным шрифтом. Когда один из перечисленных металингвистических символов является элементом языка, он также изображается жирным шрифтом. Словарь языка состоит из символов подразделяемых на буквы, цифры и специальные символы. Опуская описания букв и цифр, имеем:

<специальный-символ> ::= +|-( )|[]|{}|,|:|>|<|

define | typedef | network |

layer\_4\_0 | neuron\_4\_0 | host\_4\_0 |

input\_4\_0 | output\_4\_0 | tuny\_4\_0 | int | float

*Имена* - это обычные идентификаторы, которые служат для обозначения констант, типов элементов, их параметров и самих элементов нейронной сети. Каждое имя может обозначать лишь один объект.

*Числа* - это константы целого (int) и вещественного (float) типа, для которых используется обычная десятичная система записи, а с помощью define можно ввести имя как синоним для константы

*Определение типа элемента* НС задает внутренние свойства элемента нейросети и его интерфейс с внешним окружением. Определение типа связывает всю совокупность свойств элемента с некоторым именем; символ network закреплен за типом описываемой сети в целом.

<определение-типа-элемента> ::= typedef <описание-типа> <имя-типа>

<описание-типа> ::= <тип-нейрона> | <тип-слоя> | <имя-предопределенного-типа>

<имя-предопределенного-типа> ::= <имя> <имя-типа> ::= <имя> | network

*Заголовок описания типа* определяет внешний интерфейс, а собственно описание - внутреннюю структуру и свойства элемента.

<тип-нейрона> ::= <заголовок-описания-нейрона> <описание-нейрона>

<заголовок-описания-нейрона> ::= neuron(<список-параметров>)

<тип-слоя> ::= <заголовок-описания-слоя> <описание-слоя>

<заголовок-описания-слоя> ::= layer(<список-параметров>)

<список-параметров> ::= <вид-параметров> <группа-параметров>

{; <вид-параметров> <группа-параметров>}

Устанавливаются три вида параметров (или портов) элемента: входные параметры - это параметры, над которыми выполняются преобразования, текущие значения этой группы параметров не могут быть изменены при выполнении преобразования данным элементом; выходные параметры - это параметры, посредством которых передаются результаты преобразования и значения которых используются в качестве входных другими элементами сети; настроечные параметры используются для управления преобразованием выполняемым элементом,

значения этих параметров не изменяются при выполнении преобразования данным элементом, но корректируются в процессе обучения НС.

Вид параметра входной, выходной либо настроечный задается с помощью ключевых слов `input`, `output`, либо `tunp` соответственно. Если перед группой параметров не указан их вид, то по умолчанию это входные параметры.

*Спецификатор параметров* определяет тип значений (`int`, `float`, а в перспективе и какой-либо другой тип), которые будут подаваться на вход элемента или получаться в результате преобразования.

`<группа-параметров> ::= <спецификатор-параметров> <список-имен-параметров>`

`<спецификатор-параметров> ::= int | float`

`<список-имен-параметров> ::= <имя-параметра> {, <имя-параметра>}`

Параметры элемента нейронной сети могут быть простыми или индексированными. В последнем случае за именем параметра следует необходимое количество индексных выражений.

`<имя-параметра> ::= <простой-параметр> | <индексированный-параметр>`

`<простой-параметр> ::= <имя>`

`<индексированный-параметр> ::= <имя> <индексное-выражение>`

`<индексное-выражение> ::= [ <целое> {, <целое> } ] | { <целое> } { <целое> }`

`<описание-нейрона> ::=`

В первой версии языка не предусмотрено определение новых нейронов пользователем

Описание внутренней структуры и свойств слоя состоит из описания составляющих его элементов и описания направленных связей (соединений) между параметрами (портами) этих элементов, включая параметры описываемого слоя.

`<описание-слоя> ::= { { [ <определение-типа-элемента>;`

`[ <описание-элементов> ;`

`[ <описание-соединений> ; ] }`

*Описание элементов* слоя включает имя типа, за которым следует список имен, обозначающих элементы. Элементы нейронной сети могут быть простыми или индексированными. В последнем случае за именем элемента следует необходимое количество индексных выражений.

`<список-имен-элементов> ::= <имя элемента> {, <имя-элемента>}`

<имя-элемента> ::= <простой-элемент> | <индексированный-элемент>

<простой-элемент> ::= <имя>

<индексированный-элемент> ::= <имя><индексное-выражение>

С помощью *описания соединений* в слое задается топология сети, которая состоит из элементов, объявленных при описании элементов слоя, и параметров (портов) слоя как целого.

<описание-соединений> ::= <имя-параметра-элемента> <- <имя-параметра-элемента> |

<имя-параметра-элемента> -> <имя-параметра-элемента>

<имя-параметра-элемента> ::= <имя-элемента>.<имя-параметра> |

host.<имя-параметра>

Представленные соображения являются начальным шагом в создании программного средства для моделирования и отработки нейросетевых компонентов технических систем. Далее необходимо разработать: синтаксический анализатор, выполняющий разбор предложений языка описания НС (предложенная грамматика гарантировано допускает использование популярных инструментальных программных средств построения компиляторов LEX, YACC); способ внутреннего представления НС; генератор внутреннего представления НС по ее описанию; эмулятор НС; язык описания алгоритмов обучения НС; машину вывода, выполняющую генерацию программы обучения НС в рамках заданного нейросетевого базиса; генератор встраиваемых программ (отчужденных обученных НС); интегрированную систему, объединяющую перечисленные выше компоненты. Разумеется, проведение этих работ должно учитывать как имеющийся задел в области нейротехнологии, так и формирование оригинальных подходов. В этом смысле для нас представляют интерес принципы построения и функционирования прикладных систем на основе гетерогенных НС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. - М.: Мир, 1992 - 240с.
2. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. - М.: СП ПараГраф, 1990. - 159с.

3. Giacomini J. Neural Network Simulation of Automotive Shock Absorber // Engineering Applic. Artif. Intell. 1991. 4, 1, pp.59-64.
4. Dodd N. Artificial Neural Network for Alarm-State Monitoring // Proc. of the Sixth Int. Conf. on the Applic. Artif. Intell. in Engineering (Oxford, UK, July 1991): Co-published by CMP (Southampton, Boston) and Elsevier (London, NY), 1991, pp.623-631
5. Рангвала С., Дорнфельд Д. Интеллектуальная система слежения за состоянием резца, основанная на применении нейронных сетей, объединяющих информацию от датчиков // Современное машиностроение. Серия Б, 1991. 3, с 141-152
6. Галушкин А И., Судариков В А., Шабанов Е.В. Методика решения задач на нейрокомпьютерах // Нейрокомпьютер, 1992, 1, с.24-37.
7. Korn A. G. Interactive simulation of backpropagation and creeping-random-search learning in neural network // Simulation, 1991, 55, 4, pp.214-219.
8. Wang D., Hsu C. SLONN: A Simulation Language for modeling Neural Networks // Simulation, 1990, 55, 2, pp.69-85.
9. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения - М.: Конкорд. 1992.- 519с.
10. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии - М.: Наука, 1988.- 280с.

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ГИПЕРЭРЛАНГОВСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СИСТЕМНОЙ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

С.В. Смирнов

Задачи аппроксимации функций распределения случайных величин по экспериментальным данным составляют важное направление в прикладной теории вероятностей. Получение формального вида распределения необходимо для конструирования и анализа моделей, составной частью которых являются соответствующие случайные величины. При этом вид распределения определяет трудность, а иногда и саму возможность результирующего моделирования.