

УДК 004.652.4

**Д.А. Кузин, А.В. Запевалов, А.В. Сырчин**

## **РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА**

*Изложены разработанный подход к представлению структуры и параметров многослойного перцептрона в виде реляционной базы данных, способ представления перцептрона при помощи динамических структур данных (двусвязный список) с фрагментами описаний на языке Си. Приведена в виде диаграммы данных разработанная реляционная структура данных для представления перцептрона, состоящая из шести связанных сущностей.*

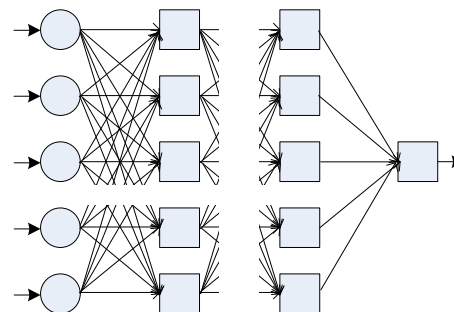
*Ключевые слова:* перцептрон, нейронная сеть, СУБД, реляционная модель, отношение, сущность.

**В** задачах компьютерного моделирования искусственных нейронных сетей возникает необходимость использования специальных наборов данных для представления структуры сети и параметров составляющих ее элементов. Оставляя за рамками настоящей статьи вопросы обучения и использования нейронных сетей, рассмотрим структуру многослойного перцептрона [1] (рис.1). Он состоит из слоя входных элементов (рецепторов), одного или нескольких слоев ассоциативных элементов (нейронов), слоя выходных (реагирующих) элементов. Каждый элемент имеет функцию активации (передаточную функцию), которая в простейшем случае представляет собой алгебраическую сумму всех сигналов, поступающих на вход элемента. Элементы сети связаны между собой послойно. Каждая связь имеет весовой коэффициент, на который умножается сигнал при переходе из одного элемента в другой. Число входов, как и число нейронов в каждом слое, может быть любым. Число слоёв тоже может быть любым, одна-

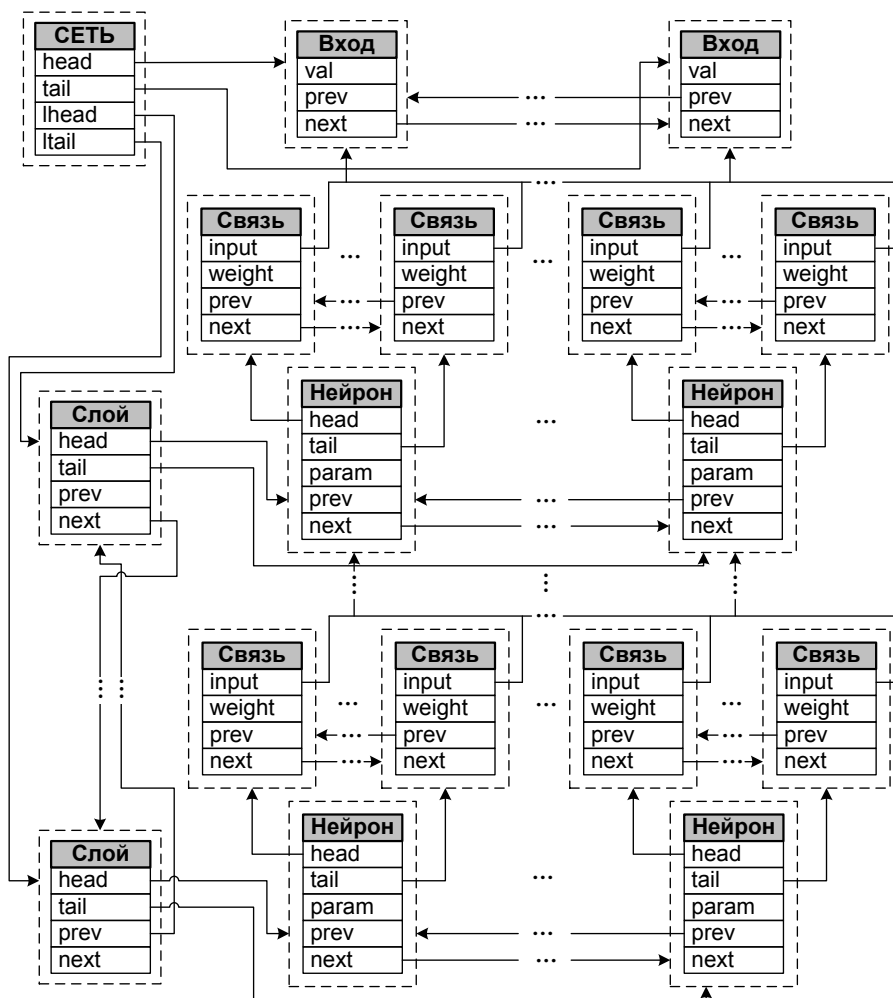
ко пока не доказано наличие преимуществ сети, содержащей более 3-х слоёв.

Для реализации компьютерной модели нейронной сети в памяти компьютера могут быть использованы динамические структуры данных [2] (рис. 2).

Структура «сеть» имеет указатели на «голову» и «хвост» динамического двусвязного списка входов и динамического двусвязного списка слоев. Каждый слой содержит указатели на первый и последний нейрон в слое. Каждый нейрон имеет указатели на «голову» и «хвост» динамического двусвязного



**Рис. 1. Многослойный перцептрон**



**Рис. 2. Представление нейронной сети при помощи динамических структур данных**

списка связей, каждая из которых связывает нейрон с каким-либо нейроном из предыдущего слоя. Пример описания указанных структур данных на языке Си приведен на рис. 3.

С динамическими структурами данных удобно работать в памяти компьютера, однако при сохранении созданной и обученной сети на диск необходимы, очевидно, дополнительные средства. Использование для этих целей типизированных файлов не обеспечивает достаточной скорости

чтения, прямого доступа и целостности данных. Традиционно для хранения больших объемов данных используются реляционные СУБД [3]. Данные, описывающие структуру многослойного персептрона, достаточно хорошо структурированы, однако напрямую не могут быть представлены в реляционном виде (для этих целей хорошо подошли бы сетевые или иерархические СУБД, но такие программные средства практически не используются). Для описания структу-

```

// Связь
typedef struct {
    void      *input;
    float     weight;
    void      *prev;
    void      *next;
} connect;
// Нейрон
typedef struct {
    connect   *thead;
    connect   *ctail;
    void      *prev;
    void      *next;
    float     param;
} neuron;

// Вход
typedef struct {
    void      *prev;
    void      *next;
    float     val;
} input;
// Слой
typedef struct {
    neuron    *thead;
    neuron    *ctail;
    void      *prev;
    void      *next;
} layer;
// Сеть
typedef struct
{
    layer     *thead;
    layer     *ctail;
    input     *ihead;
    input     *itail;
} net;

```

**Рис. 3. Пример описания структур данных на языке Си**

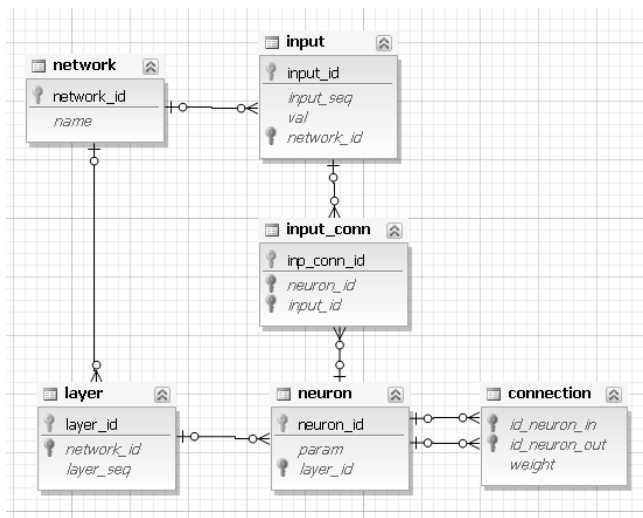
ры персептрона в терминах реляционной модели требуется ее нормализация.

Нормализованная реляционная модель данных, описывающая структуру многослойного персептрона, приведена на рис. 4. Логическая связь между сущностями «слой-нейрон», «нейрон-связь», «сеть-слой», «нейрон-входная связь», «вход-входная связь», а также «сеть-вход» являются связями типа «один-ко-многим» и реализуются в БД при помощи ограниченной целостности внешних ключей.

Известно, что совокупность экземпляров сущностей в реляционной БД представляет собой множество, то есть на уровне БД не может быть определен порядок следования, размещения этих экземпляров. Для нейронов и связей это не является критичным, т.к. результат работы сети будет

определяться лишь структурой самой сети. Для входов же сети (input), порядок их следования, размещения является важным, т.к. он определяет способ взаимодействия рецепторов сети с внешней системой. Для этого в сущности «input» определен атрибут «input\_seq», при помощи которого будет задаваться «порядковый номер» входа при подаче на него внешнего воздействия.

Порядок следования слоев нейронов может быть определен неявно, как порядок следования входящих в слой нейронов, задаваемый направленными связями. Более того, сама сущность «слой» в некотором смысле является избыточной, т.к. определив при помощи связей порядок следования нейронов, можно сделать вывод о количестве слоев и о распределении нейронов по этим слоям. Тем не ме-



**Рис. 4. Реляционная модель представления многослойного перцептрона**

нее, присутствие сущности «слой» (layer) с атрибутом, определяющим порядковый номер слоя (layer\_seq), в модели желательно, т.к. далеко не все

реляционные СУБД поддерживают рекурсивные SQL-запросы, а в отсутствии такого вида запросов нахождение в БД «цепочек» нейронов возможно только алгоритмическим (нереляционным) способом, что, очевидно, сильно снижает преимущества использования реляционного представления данных.

Развитием предложенной модели является реализация дополнительных ограничений целостности, таких как, например, исключение дублирования связей, исключение связей «через слой», обратных связей. Такие ограничения реализуются при помощи триггеров, которые поддерживаются большинством современных СУБД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга (Principles of Neurodynamic: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms). — М.: Мир, 1965. — 480 с.
2. Роберт Седжвик. Алгоритмы на C++. Фундаментальные алгоритмы и структуры данных. — М.: «Вильямс», 2011. — 1056 с.
3. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных (Introduction to Database Systems). — 8-е изд. — М.: «Вильямс», 2006. — 1328 с. **ПЛАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кузин Дмитрий Александрович — кандидат технических наук, 2repby@gmail.com,  
 Запевалов Андрей Валентинович — кандидат технических наук, доцент, zapev@mail.ru,  
 Сырчин Андрей Васильевич — студент, cristall-512@rambler.ru,  
 Сургутский государственный университет ХМАО-Югры.

