

УДК 550.510.537

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПОИСКА ВЫСЫПАНИЙ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ЗЕМЛИ

Д.К. Супов

Работа проводилась на основе данных с ИСЗ «Метеор 3М» №1 за 2002-2005 года. Представлены топология искусственной нейронной сети (ИНС), метод ее обучения и различные способы задания обучающей выборки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ВНЕШНИЙ РАДИАЦИОННЫЙ ПОЯС, ВЫСЫПАНИЙ ЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ; ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ; МНОГОСЛОЙНЫЙ ПЕРСЕПТРОН; МЕТОД ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБКИ.

ВВЕДЕНИЕ

Искусственные нейронные сети (ИНС) — математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма [1].

Основная проблема создания и обучения ИНС – это создание обучающей выборки, на основании которой ИНС обучится и сможет выполнять предъявляемые ей задачи. При известных алгоритмах обучения необходимо определить, какие входные параметры наиболее полно, но не избыточно и без потерь, будут определять некоторый входной образ, для которого необходимо определить причастность к тому или иному классу.

В настоящий момент известно множество разнообразных алгоритмов для различных классов задач по распознаванию образов. В данной работе используется многослойный перцептрон, который представляет собой обобщение однослойного перцептрона Розенблатта. Данный тип ИНС лучше всего решает задачи распознавания образов [2].

Статья описывает процесс выбора наиболее подходящих параметров обучающей выборки для поиска события высыпаний энергичных электронов с энергией порядка 100 КэВ во внешнем радиационном поясе Земли.

ВЫСЫПАНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

События высыпаний энергичных электронов с энергией порядка 100 КэВ есть эффект взаимодействия холодной плазмы (электронов с энергией меньше 10 КэВ) с электронами радиационных поясов, при этом взаимодействии происходит дестабилизация системы и появляется описываемое явление (высыпающиеся энергичные электроны) [3].

Такие события многочисленны (порядка 1000 в год), поэтому для их эффективного изучения необходимо иметь достаточную базу данных и аппарат для автоматического поиска и анализа данных событий.

На рис. 1 изображено графическое представление данных, полученных с ИСЗ «Метеор 3М». Ось абсцисс – L координата положения спутника, ось ординат – логарифм десятичный от скорости счета высокоэнергичных электронов в данной точке.

На графике красным цветом выделено высыпание, которое представляет собой резкий скачок скорости счета. Именно такой скачок необходимо было выделить из общего множества неоднородностей, возникающих в радиационном поясе.

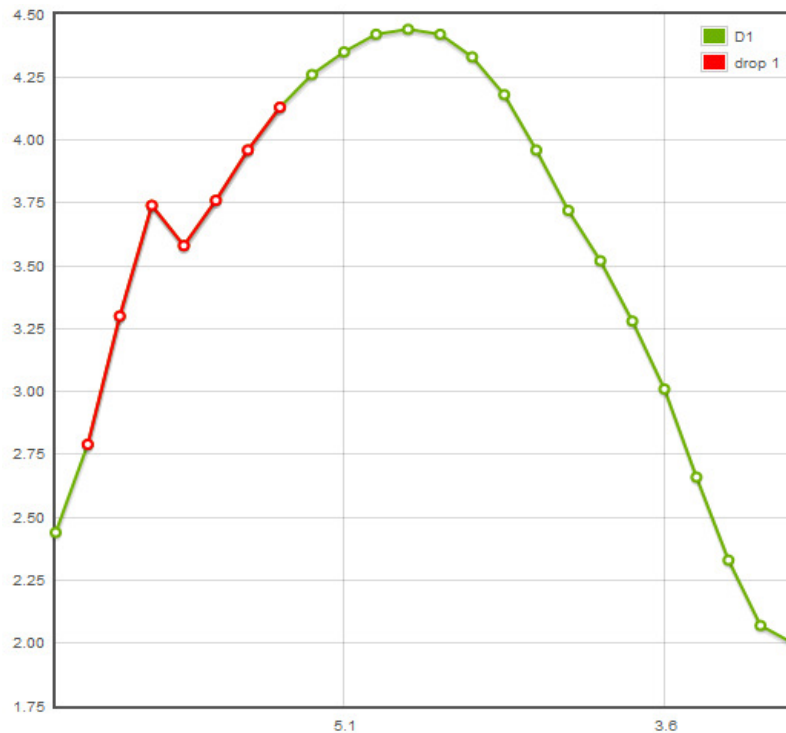


Рис.1. Пример события высыпания электронов.

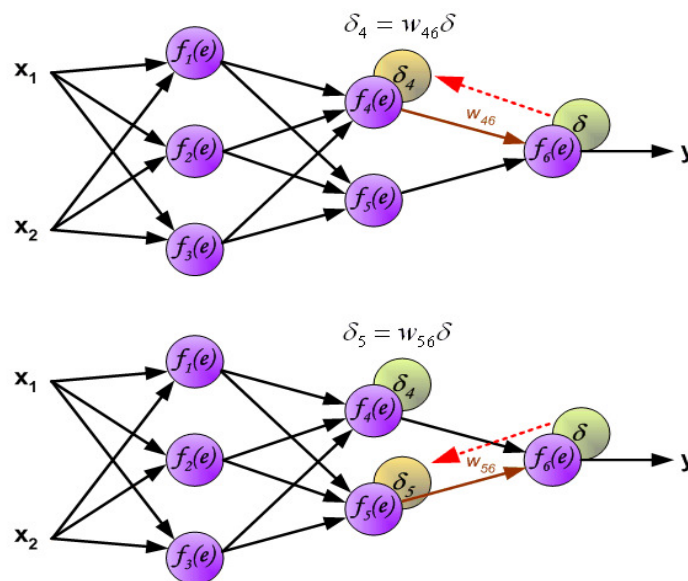


Рис.2. Схема метода обратного распространения ошибок.

СТРУКТУРА ИНС

Выбранная топология сети – перцептрон Розенблатта. Для обучения сети использован метод обратного распространения ошибок. Основная идея этого метода состоит в распространении сигналов ошибки от выходов сети к её входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Для возможности применения метода обратного распространения ошибки передаточная функция нейронов должна быть дифференцируема. Метод является модификацией классического метода градиентного спуска [4].

ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ

Первоначально выборка строилась по следующему принципу. Выделялся участок из 7 показаний спутника, в центре которого находился пик высыпания. Значение (десятичный логарифм) в первой точке принималось за ноль, далее оно вычиталось из остальных точек. В итоге получалось множество вида (приблизительно для данного рисунка) [0, 0.47, 0.73, 0.7, 0.82, 1.25, 1.51].

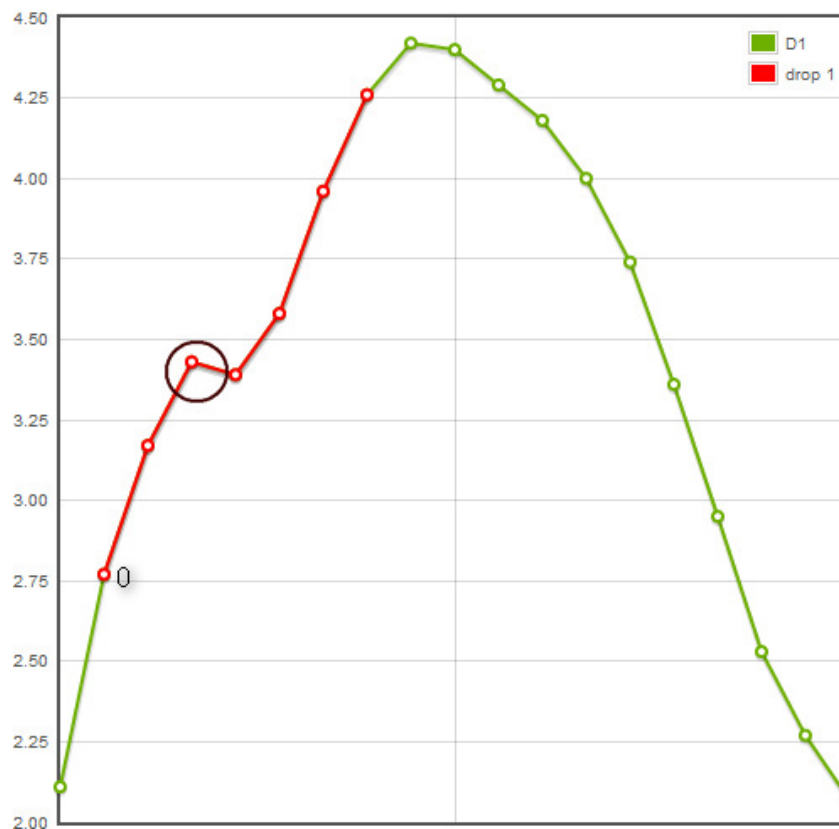


Рис.3. Пример события высыпания электронов.

Выходные значения равнялись [1,0], т.е. отделялись чистые высыпания от всего остального.

Подобные множества подавались на вход нейронной сети. Всего в обучающей выборке было порядка 150 эталонных высыпаний. Обучение происходило за ~1000 эпох. Результаты оказались неудовлетворительными. Обученная ИНС показывала хорошие результаты в определении высыпаний, однако крайне плохо фильтровала другие неоднородности радиационного пояса. На рис. 4 изображено ложное высыпание, однако ИНС, обученная указанным выше способом, с вероятностью 89 процентов (значение выходных нейронов ~0,89 и ~0,11 соответственно) указывала на то, что это есть истинное высыпание, что не соответствовало действительности.

Было выбрано 6 основных параметров.

Высота пика, высота пояса, ширина пика, количество пиков, место пика (относительно максимума пояса), разница между пиком и усредненным значением, которое должно было быть у точки, если бы не было высыпания.

В выборку попадали как истинные высыпания, так и прочие неоднородности, которые высыпаниями не являлись.

В итоге результаты обучения ИНС оказались положительными. ИНС в 99 % случаев верно распознавала высыпания. Ошибочные ответы сеть выдавала только в случаях, когда были неверно заданы сами входные данные, что связано с неверным расчетом программы, используемой для автоматического подсчета параметров высыпаний.

Предполагалось, что ИНС будет выделять единичные пики, однако этого не происходило. В первую очередь это связано с чисто математическим подбором параметров для выборки, никак не привязанным к реальным данным. Поэтому следующим этапом стало определение таких параметров, с помощью которых человек сам выделяет высыпания.

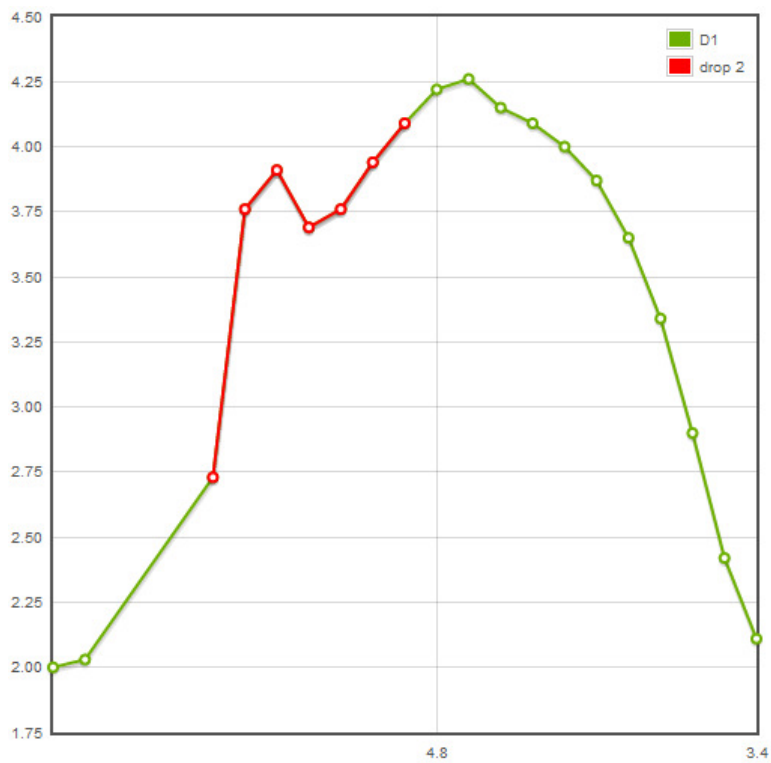


Рис.4. «Ложное» высыпание электронов.

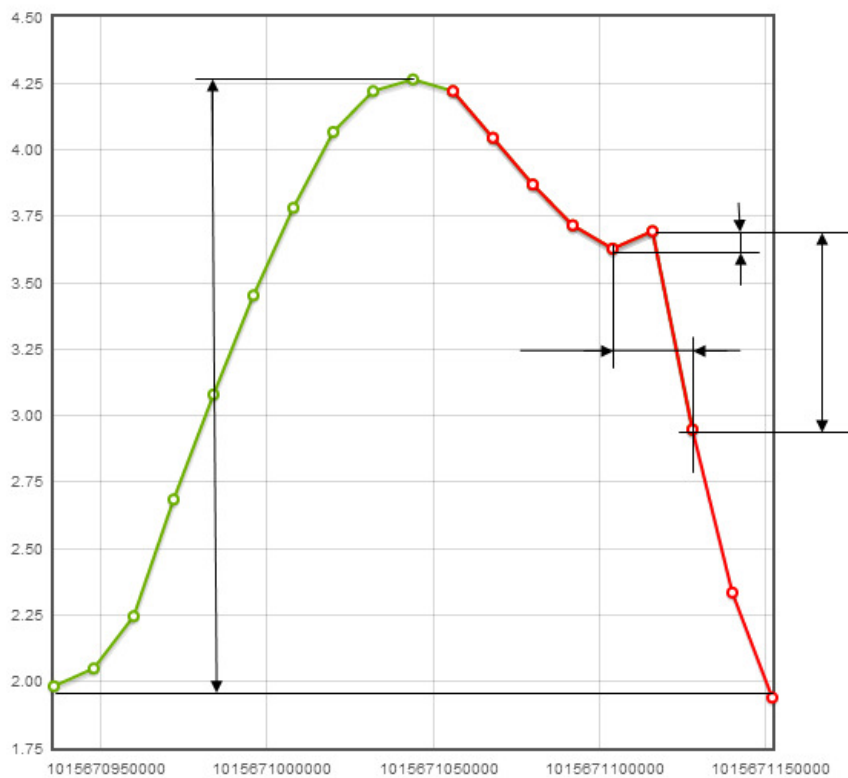


Рис.5. Параметры высыпания электронов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показала работа по обучению ИНС для распознавания высыпаний высокоэнергичных электронов из радиационного пояса, удалось найти набор формальных параметров события высыпания, на основании анализа которых ИНС в 99% случаев верно распознаёт высыпания.

THE SELECTION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TRAINING SET OPTIMAL PARAMETERS FOR THE SEARCH OF TERRESTRIAL RADIATION BELT ELECTRON PRECIPITATIONS.

Supov D.K.

The study is based on the “Meteor-3M” satellite №1 data for 2002-2005. Presented are the artificial neural network (ANN) topology and the ANN training set specification.

KEYWORDS: OUTER RADIATION BELT; ENERGETIC ELECTRON PRECIPITATION; ARTIFICIAL NEURAL NETWORK; MULTILAYER PERCEPTRON; ERROR INVERSE PROPAGATION METHOD.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.И. Галушкин, Нейронные сети. Основы теории. -М.: Горячая Линия – Телеком, 2012
2. Р. Тадеусевич, Б. Боровик, Т. Гончаж, Б. Леппер, Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ, -М.: Горячая Линия – Телеком, 2011
3. Ковтюх А.С., Панасюк М.И., Радиационные пояса Земли. В кн. Плазменная гелиофизика, в 2 т. (Под ред. Л.М. Зеленого, И.С. Веселовского). -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. т. I.
4. Б.В. Соболев, Б.Ч. Месхи, Г.И. Каньгин, Методы оптимизации. Практикум. –М.: Феникс, 2009