

УДК 004.032.26:621.311
М 241

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *Г.И. Самородов*,
АО «НТЦ ФСК ЕЭС» – СибНИИЭ

канд. техн. наук, профессор *Ю.М. Сидоркин*

Манусов В.З.

М 241 Нейронные сети: прогнозирование электрической нагрузки и потерь мощности в электрических сетях. От романтики к прагматике: монография / В.З. Манусов, С.В. Родыгина. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 303 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3745-2

Рассматриваются основные понятия и определения искусственных нейронных сетей, представлен обзор методов обучения нейронных сетей, где наибольшее внимание уделено многослойному персептрону. Показано применение традиционных и нейросетевых методов для прогнозирования электрической нагрузки и оценки потерь мощности в электрических сетях.

Книга предназначена научным сотрудникам, аспирантам и магистрантам, занимающимся разработкой и исследованием нейросетевого прогнозирования в области электроэнергетики и электротехники.

УДК 004.032.26:621.311

ISBN 978-5-7782-3745-2

© Манусов В.З., Родыгина С.В., 2018
© Новосибирский государственный
технический университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
1. ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	9
1.1. Искусственный нейрон и его функционирование	9
1.2. Архитектура нейронной сети	11
1.3. От биологических сетей к ИНС	12
1.4. Сбор данных для нейронной сети	15
1.5. Обзор методов обучения.....	17
1.6. Модель нейронной сети с обратным распространением ошибки.....	22
1.7. Нейронные сети: обучение без учителя	30
2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА	35
2.1. Введение.....	35
2.2. Вводные замечания	37
2.3. Алгоритм обратного распространения	40
2.4. Эвристические рекомендации по улучшению работы алгоритма обратного распространения	50
2.5. Представление выхода и решающее правило	56
2.6. Экспериментальное построение оптимального многослойного персептрона	60
2.7. Обратное распространение ошибки и дифференцирование.....	69
2.8. Гессиян	72
2.9. Обобщение.....	74
2.10. Аппроксимация функций	78
2.11. Методы упрощения структуры сети.....	83
2.12. Преимущества и ограничения обучения методом обратного распространения.....	92
2.13. Ускорение сходимости процесса обучения методом обратного распространения.....	100



2.14. Обучение с учителем как задача оптимизации.....	101
2.15. Сети свертки	116
2.16. Резюме и обсуждение	120
3. ТРАДИЦИОННЫЕ И НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ	123
3.1. Постановка задачи прогнозирования	123
3.2. Цели использования и особенности реализации методов прогно- зирования	124
3.3. Обзор традиционных методов прогнозирования	132
3.4. Методы обучения нейронных сетей и анализ нейросетевого прогнозирования.....	141
3.5. Выбор нейросетевого алгоритма для решения задачи кратко- срочного прогнозирования электрической нагрузки	153
3.6. Предлагаемая методология прогнозирования электрической нагрузки с помощью интеллектуальных информационных технологий	156
3.7. Практическая реализация нейросетевого алгоритма для задачи прогнозирования электрической нагрузки.....	160
4. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	181
4.1. Планирование мощности в электрических сетях	181
4.2. Применение ИНС в электроэнергетических задачах	185
4.3. Проблема прогнозирования потерь на рынках электроэнергии	189
4.4. Анализ методов расчета, нормирования, прогнозирования потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях.....	192
4.5. Оценка и планирование потерь мощности в нейросетевом базисе.....	196
4.6. Формирование обучающей и тестовой выборки	206
4.7. Анализ архитектуры и функции активации ИНС.....	211
4.8. Алгоритмы обучения ИНС и методика выбора.....	221
5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА «ПроНИНС»	231
5.1. Алгоритм решения задачи прогнозирования с помощью ИНС	231
5.2. Реализация метода Ньютона для обучения ИНС	233
5.3. Интерфейс и возможности программного пакета «ПроНИНС»	237
5.4. Априорное тестирование ИНС.....	244
5.5. Поиск оптимальных ИНС на основе данных априорного тести- рования	251



6. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ И МЕТОДОМ АВТОРЕГРЕССИИ И ПРОИНТЕГРИРОВАННОГО СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО	253
6.1. Модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего для прогнозирования электрической нагрузки	253
6.2. Построение модели авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего при краткосрочном прогнозировании нагрузки	254
6.3. Модель ARIMA для машиностроительного предприятия	258
6.4. Модель ARIMA для газонефтеперерабатывающего завода	265
6.5. Сравнительный анализ алгоритмов обучения многослойных персептронов	268
6.6. Определение минимального периода предыстории	280
6.7. Краткосрочное прогнозирование электрической нагрузки с уче- том изменяющейся топологии электрической сети	282
Список сокращений	285
Глоссарий	286
Библиографический список	294