

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
<b>1. Анализ предметной ситуации. Постановка исследования .....</b>	<b>10</b>
1.1. Актуальность задачи прогнозирования .....	10
1.2. Основные термины и определения. Постановка задачи прогнозирования эволюции состояния динамической системы .....	13
1.3. Анализ формальных методов прогнозирования ВР, порожденных ДС, описывающихся феноменологическими моделями .....	23
1.3.1. Авторегрессионные модели.....	23
1.3.2. Метод сингулярного спектрального анализа .....	29
1.3.3. Прогнозирование ВР на основе метода группового учета аргументов .....	37
1.3.4. Искусственные нейронные сети .....	39
1.3.5. Метод коррекции прогнозов при использовании формальных методов прогнозирования ВР .....	41
1.3.6. Итоги анализа формальных методов прогнозирования .....	42
1.4. Классический метод коррекции прогноза Data Assimilation, основанный на ассимиляции данных наблюдений .....	43
1.4.1. Фильтр Калмана .....	47
1.4.2. Ансамблевый фильтр Калмана .....	49
1.5. Постановка задач исследования .....	51
<b>2. Разработка методики интеграции формальных методов прогнозирования ВР и метода DA .....</b>	<b>54</b>

2.1. Обоснование возможности интеграции формальных методов прогнозирования ВР и метода DA	54
2.2. Методика интеграции формальных методов прогнозирования ВР и метода DA	63
2.3. Метрики, использованные для оценивания точности прогнозов значений ВР	68
2.4. Анализ точности прогнозирования СДУ Лоренца с помощью классического DA и предложенной методики	70
2.5. Выводы	74
<b>3. Программный комплекс прогнозирования ВР...</b>	<b>76</b>
3.1. Описание программного комплекса	76
3.2. Описание ПБ № 1 «Формальные методы прогнозирования временных рядов»	79
3.3. Описание ПБ № 2 «Прогнозирование временных рядов с помощью нейронной сети LSTM»	84
3.4. Описание ПБ № 3 «Прогнозирование временных рядов на основе интеграции формальных методов и метода ассимиляции данных»	88
3.5. Методы, входящие в состав вспомогательных модулей ПК ПВР	95
3.6. Результат использования программного комплекса ПВР	101
3.7. Выводы	105
<b>4. Примеры использования программного комплекса «Прогнозирование временных рядов»</b>	<b>106</b>
4.1. Анализ точности прогнозирования набора данных пассажиропотока «Air Passengers»	107
4.1.1. Описание набора данных пассажиропотока «Air Passengers»	107
4.1.2. Анализ результатов прогнозирования ВР «Air Passengers»	108
4.2. Анализ точности прогнозирования набора данных солнечной активности	119
4.2.1. Описание набора данных числа солнечных пятен	119
4.2.2. Анализ результатов прогнозирования ВР солнечной активности	121

---

4.3. Анализ точности прогнозирования курса валют доллар/рубль и евро/рубль .....	126
4.3.1. Описание наборов данных курсов валют доллар/рубль и евро/рубль .....	126
4.3.2. Анализ результатов прогнозирования валютных курсов доллар/рубль, евро/рубль .....	126
4.4. Выводы .....	134
Заключение .....	135
Список сокращений .....	137
Литература .....	138
Приложение А. Листинг программного комплекса «Прогнозирование временных рядов» .....	147