

УДК 621.396

А.П. Преображенский  
**МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН**

*Воронежский институт высоких технологий*

*Рассматриваются методы, которые могут быть использованы при прогнозировании характеристик рассеяния электромагнитных волн. Отмечены их особенности.*

**Ключевые слова:** электромагнитная волна, прогнозирование, метод, алгоритм.

Проблемы рассеяния электромагнитных на различных объектах техники в настоящее время требуют своего решения для многих прикладных случаев [1-3]. На настоящее время создано множество подходов и методик, позволяющих проводить оценку характеристик для широкого класса объектов, может быть сложная форма, могут быть магнито-диэлектрические включения. Тем не менее, представляет интерес с точки зрения практики, исследование возможностей прогнозирования характеристик рассеяния объектов. В ряде случаев такой подход даст возможности уменьшения требуемого машинного времени для моделирования в рамках необходимой точности.

Целью данной работы является проведение анализа методов, которые могут быть использованы при прогнозировании характеристик рассеяния электромагнитных волн.

Методов прогнозирования на настоящий момент существует более сотни, но небольшое число из них активно используют на практике. Отметим среди них следующие :

1. интерполяция и экстраполяция
2. метод экспертных оценок
3. статистический анализ
4. методы искусственного интеллекта
5. методы моделирования

Выбор методов прогнозирования определяется многими факторами.

В методе экстраполяции проводится рассмотрение установившихся закономерностей поведения физических величин в зависимости от времени или других параметров.

Различают формальную и прогнозную экстраполяцию [4]. В формальной экстраполяции исходят из того, что закономерности рассеяния электромагнитных волн останутся такими же как сейчас и в будущем. В прогнозной экстраполяции на процессы распространения электромагнитных волн оказывают влияние разные факторы.

В линейной регрессии определяют связи, которые есть между характеристиками рассеяния и независимыми переменными. В методах скользящего среднего можно сделать прогноз по характеристикам рассеяния в ближайшие моменты времени. В методе взвешенного скользящего среднего проводится вычисление не средней, а средневзвешенной величины.

При осуществлении моделирования производят формирование моделей, основываясь на данных изучения свойств объектов и процессов рассеяния и распространения электромагнитных волн [5-14]. Когда проводится прогнозирование на основе моделей, то можно выделить несколько этапов: разработка модели, проведение экспериментального анализа, проверка соответствия результатов прогноза с экспериментальными данными, проведение корректировки модели. Среди математических методов, используемых для прогнозирования значений характеристик рассеяния можно использовать: корреляционный анализ, распознавание образов, спектральный анализ и другие.

Анализ показывает, что расчет характеристик рассеяния электромагнитных волн в дальней зоне осуществляется значительно проще, чем в ближней зоне.

Проведение экспериментальных исследований по оценке характеристик рассеяния электромагнитных волн не всегда возможно, например, вследствие того, что источников излучения может быть много, а также присутствуют непрогнозируемые помехи. Кроме того, необходимо для эксперимента разрабатывать соответствующие методики, которые связаны с параметрами измерительной аппаратуры, и учитывают ряд дополнительных условий.

Прогноз характеристик может относиться как к отдельным объектам, так и к большому множеству объектов.

При методе экспертных оценок прогноз основывается на мнениях одного или группы специалистов [15]. Осуществление проверки согласованности мнений экспертов, которые даются при помощи ранжировок, проводят на основе коэффициента ранговой конкордации Кендалла и Смита, коэффициентов ранговой корреляции Кендалла и Спирмена [16]. Метод экспертных оценок применяют тогда, когда создание расчетных моделей встречается со значительными трудностями.

При построении строгих решений электродинамических задач стремятся к тому, что они должны быть как можно ближе к моделям

объектов, которые отражают или излучают электромагнитные волны. С точки зрения прогнозирования в электромагнитной экологии [17] требуется привлечение специалистов по антеннам, распространению радиоволн, построению телекоммуникаций и др.

Использование статистических методов подразумевает прогнозирование временных рядов в будущем, то есть рассматривается экстраполяция и интерполирование в будущее. При прогнозировании зависимостей ориентируются на определенный временной ряд, который рассматривают относительно какой-либо вероятностной модели. Многомерную регрессию можно сейчас считать статистическим подходом к прогнозированию.

Если рассматривается прогноза динамики какой-то электродинамической системы, то необходимо иметь подробное изложение входящих в нее параметров, а также механизмы возникновения помех. Анализ в рамках статистических подходов сейчас во многих случаях исследователи проводят, например, с использованием прикладные программ Statgraphics, Stadia и др.

Далее отметим особенности методов искусственного интеллекта. Нейронные сети можно обучать с применением множества примеров, можно назвать это их основным преимуществом [18]. Использовать нейронные сети удобно тогда, когда трудно провести построение точной математической модели по закономерностям рассеяния электромагнитных волн. Но при этом необходимо иметь ввиду, что обучать нейронные сети требуется в течение довольно длительного времени.

В генетических алгоритмах используется понятие направленного случайного поиска. Мы решение задачи ищем в виде хромосомы. Исходя из первоначального поколения хромосом и дальнейшей их селекции можно найти решение, удовлетворяющее необходимым критериям [19, 20].

В некоторых случаях делают комбинацию генетических алгоритмов и нейронных сетей, то есть, происходит гибридизация [21].

При прогнозировании характеристик рассеяния можно использовать нечеткую логику [22, 23]. В ней формулировка задач идет в терминах правил, которые состоят из множества условий и результатов.

На современном этапе исследователи разрабатывают методы прогнозирования, которые основываются на положениях теории хаоса и фракталов.

Таким образом, в работе кратко обозначены методы, которые могут быть полезны при прогнозировании характеристик рассеяния электромагнитных волн различных объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рикетс Л.У., Бриджес Дж.Э. Майлетта Дж. Электромагнитный импульс и методы защиты: Пер. с англ. / Под ред. Н.А. Ухина. – М.: Атомиздат, 1979, 327 с.
2. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн / В.В.Никольский. — М.: Наука, 1978. — 543 с.
3. Ваганов Р.Б., Каценеленбаум Б.З. Основы теории дифракции М.: Наука 1982, 272с
4. Тен Т.Л., Когай Г.Д., ДроздВ.Г., Жолдангарова Г.И. Прогнозирование финансовой устойчивости предприятия в среде «Stata» / International journal of applied and fundamental research, №1, 2014, с.270-275. (<http://www.rae.ru/upfs/pdf/2014/1-2/4669.pdf>)
5. Светов Б.С., Губатенко В.П. Аналитические решения электродинамических задач - М.: Наука, 1988. - 344 с.
6. Башкатов А.В., Чекмарев Р.С. Моделирование процессов рассеяния СШП-сигналов на объектах / Вестник воронежского института высоких технологий, 2013, №11, с.4-7.
7. Головин А.А., Родионова К.Ю. Итерационный метод для решения задач рассеяния электромагнитных волн на прямоугольном параллелепипеде / Вестник воронежского института высоких технологий, 2013, №11, с.30-34.
8. Башкатов А.В., Чекмарев Р.С. Проведение анализа возможностей определения формы объекта на основе информации о восстановленных локальных источниках / Вестник воронежского института высоких технологий, 2013, №11, с.35-39.
9. Верченко Г.И. Вопросы синтеза антенных и дифракционных структур / Вестник воронежского института высоких технологий, 2013, №11, с.100-102.
10. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи / Вестник воронежского института высоких технологий, 2012, №9, с.13-14.

11. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / Вестник воронежского института высоких технологий, 2012, №9, с.60-62.
12. Головинов С.О. Поиск местоположения базовых станций беспроводных систем связи в условиях городской застройки с применением генетического алгоритма / Вестник воронежского института высоких технологий, 2012, №9, с.197-202.
13. Верченко Г.И. Характеристики антенных решеток/ Вестник воронежского института высоких технологий, 2013, №11, с.103-105.
14. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах / Вестник воронежского института высоких технологий, 2013, №10, с.20-26.
15. Мартемьянов, Ю.Ф. , Лазарева. Т.Я. Экспертные методы принятия решений : учеб. пособие / Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 80 с.
16. Лагутин М.Б.Наглядная математическая статистика. 2-е изд., испр. - М.: 2009.- 472 с
17. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. – М.: Радио и связь, 2000. – 240 с.
18. Круг П.Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: Учебное пособие по курсу «Микропроцессоры». – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 176 с.
19. Слюсар В. Синтез антенн на основе генетических алгоритмов / Первая миля, 2008, № 6, с.16-23.
20. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения – Воронеж, 2006, Издательство "Кварта", 415 с.
21. Мищенко В.А., Коробкин А.А. Использование генетических алгоритмов в обучении нейронных сетей (<http://www.science-education.ru/pdf/2011/6/mischenko.pdf>).

22. Ахрем А. А., Ашинянц М. Р., Петров С. А. Нечеткий логический вывод в системе принятия решений Труды ИСА РАН, 2007. Т. 29, с.265-275.
23. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. - М.: Радио и связь, 1982, 232 с.

A.P. Preobrazhensky

**THE METHODS OF PREDICTING THE CHARACTERISTICS OF  
SCATTERING OF ELECTROMAGNETIC WAVES**

*Voronezh institute of high technologies, Voronezh*

*The methods are discussed that can be used in predicting of the characteristics of scattering of electromagnetic waves. Their particularities are marked.*

**Keywords:** electromagnetic wave, predicting, methods, algorithms.