

УДК 621.391.6: 658.62.01

**В.Г. Липовский****Д.В. Чирков,**

кандидат технических наук, доцент

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В АВИАЦИОННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

*В статье рассмотрены различные методы прогнозирования. В основу анализа этих методов положена международная классификация, которая, как показывает анализ литературных источников, является наиболее полной и последовательной.*

**Ключевые слова:** *методы прогнозирования, фактографические методы, методы экспертного анализа, комбинированные методы.*

*У статті розглянуто різні методи прогнозування. За основу аналізу цих методів взято міжнародну класифікацію, котра, як показує аналіз літературних джерел, є найбільш повною і послідовною.*

**Ключові слова:** *методи прогнозування, фотোগрафічні методи, методи експертного аналізу, комбіновані методи.*

*Various methods of prognostication are considered. The international classification which, according to the analysis of references, is the fullest and consecutive, is taken as a principle of the analysis of these methods.*

**Keywords:** *forecasting methods, factual methods, methods of expert analysis, combined methods.*

Задача прогнозирования контроля для авиационных инфокоммуникационных сетей (АИС), как одна из задач обеспечения эксплуатации, решается в условиях, выдвинутых практикой. Часть этих условий позволяют рассматривать современные мультисервисные инфокоммуникационные IP-сети как прообраз NGN. Для рассматриваемого класса сетей и их формальных моделей характерны особенности, обуславливающие проблематику решения задач прогнозирования, а именно:

1. Современные IP-сети построены на базе весьма разнообразного оборудования, отказоустойчивость которого значительно варьируется в зависимости от уровня сети, конкретного провайдера или оператора [1, 2].

2. В логической организации сетей присутствует разнообразное программное обеспечение, в том числе и свободно распространяемое. Например, значительная часть маршрутизаторов, почтовых серверов, биллинговых систем устанавливается на компьютерах со свободно распространяемыми операционными системами типа Linux или Free BSD. Надежность таких программно-аппаратных комплексов вызывает отдельные сомнения [3].

3. В сетях пакетной коммутации различные сервисы и различные функции оказывают друг на друга существенное влияние, модели которого построить весьма затруднительно. Например, лавинообразные процессы типа спам-атак, когда

паразитной информацией забиваются каналы связи, порты, очереди обработки пакетов. При этом, собственно, спам распространяется только по какому-то одному сервису по электронной почте, а сеть приходит в состояние мультисервисного отказа [2].

4. Процессы изменения факторов, влияющих на отказоустойчивость АИС, имеют выраженный нестационарный характер. Даже для существующих телекоммуникационных сетей модели отказов еще мало изучены. Поэтому формализацию процессов по необходимости приходится выполнять в условиях существенной априорной неопределенности не только относительно значений параметров таких моделей, но и неопределенности относительно их структуры [2].

5. Зависимости, описывающие изменение параметров инфокоммуникационных сетей, зачастую имеют нелинейный характер, что приводит к необходимости решения сложных нелинейных задач идентификации свободных параметров таких моделей. Регулярные методы решения таких задач, которые обеспечивали бы единственность и устойчивость решения, для общего случая неизвестны [4].

6. Процессы изменения параметров АИС имеют выбросы. При этом идентификация моделей наиболее удобными методами типа метода наименьших квадратов приводит к тому, что такие выбросы оказывают существенное влияние на результаты идентификации. При этом модель плохо согласуется с экспериментальными данными [5].

Целью настоящей работы является классификация, анализ применимости и синтез таких методов прогнозирования, которые обладали бы рядом свойств.

1. Быть приспособленными к решению т.н. “начальной задачи статистики”, когда априорно неизвестны не только числовые характеристики законов распределения величин или процессов, но также заранее нельзя считать выполненными стандартные статистические гипотезы нормальности, статистической независимости и др.

2. Позволять устанавливать взаимосвязи потоков отказов на разных уровнях модели АИС в многоуровневом операторе прогнозирования по Г. Альтшуллеру (рис. 1).

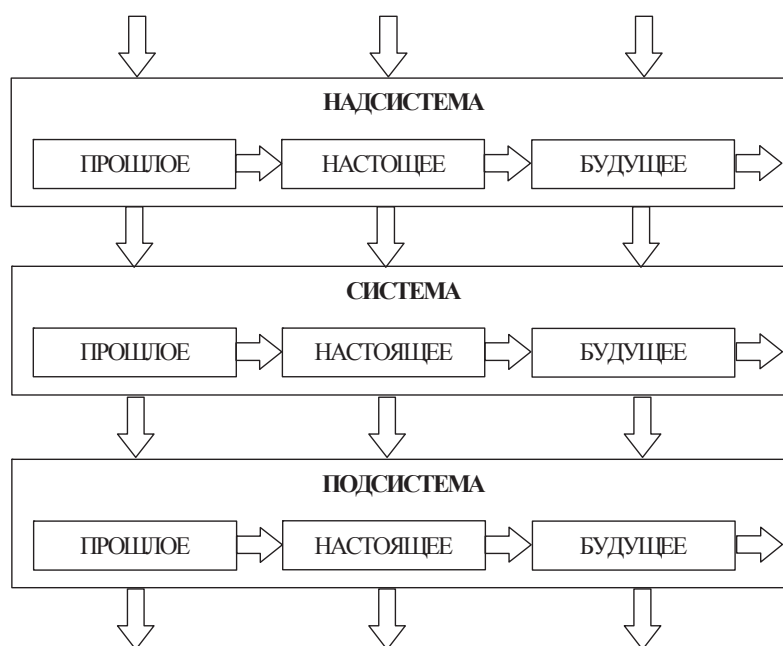


Рис. 1. Системный оператор по Г. Альтшуллеру

3. Быть способными решать задачу структурной идентификации, когда модели изменения факторов имеют не только свободные параметры, но и неопределенную структуру.

4. Быть устойчивыми к отдельным значительным выбросам значений факторов. В существующей терминологии это означает требование робастности.

Рассмотрим общие сведения о методах прогнозирования.

В литературе имеется значительное количество попыток упорядочить по некоторым классификационным признакам методы прогнозирования состояния технических систем [2, 6]. Имеются даже специальные сайты в Интернете, посвященные прогнозированию [3]. В более широком методологическом плане методы прогнозирования и соответствующие основания рассматриваются применительно к прогнозированию и планированию научно-технических процессов и разработок [6, 7], экономическому и социальному прогнозированию [7]. В настоящее время сформировалась отдельная научная дисциплина, получившая название “Прогностика” [7].

Вместе с тем, практически в каждом источнике можно найти свой вариант классификации методов прогнозирования.

Представленная в работе классификация методов прогнозирования является классификацией последовательного типа, имеющей наглядное представление в виде иерархического дерева совокупности методов современного прогнозирования как некоторой системы. Три верхних уровня этой классификации показаны на рис. 2.



Рис. 2. Верхние уровни классификации методов прогнозирования

Каждый уровень классификации характеризуется своим классификационным признаком. Элементы каждого уровня представляют собой наименования принадлежащих им подмножеств элементов ближайшего нижнего уровня, причем подмножеств непересекающихся.

Элементы нижнего уровня представляют собой наименование узких групп конкретных методов прогнозирования, которые являются модификациями или разновидностями какого-либо одного, наиболее общего из них.

В целом классификация является открытой, так как предоставляет возможность увеличивать число элементов на уровнях и наращивать число уровней за счет дальнейшего дробления и уточнения элементов последнего уровня.

На первом (верхнем) уровне все методы делятся на три класса по признаку “информационное основание метода”.

*Фактографические* методы базируются на фактически имеющемся информационном материале об объекте прогнозирования и его прошлом развитии. К такому материалу относятся результаты измерений, построенные ранее математические модели с идентифицированными значениями числовых параметров и др.

*Экспертные* методы базируются на информации, которую поставляют специалисты-эксперты в процессе систематизированных процедур выявления и обобщения этого мнения. На наш взгляд, узловая проблематика применимости таких методов сводится не столько к обоснованию корректности процедур “выявления и обобщения” мнений, сколько к удачному выбору состава экспертной группы. Большинство специальных задач методом голосования не решается. Задачей экспертов в области исследования АИС является построение и формализация моделей функционирования таких систем хотя бы в виде пригодном для решения задач структурной идентификации.

*Комбинированные* методы выделены в отдельный класс, чтобы можно было относить к нему методы со смешанной информационной основой, в которых в качестве первичной информации используются фактографическая и экспертная. Например, при проведении экспертного опроса участникам представляют цифровую информацию об объекте или фактографические прогнозы, либо, наоборот, при экстраполяции тенденции наряду с фактическими данными используют экспертные оценки.

Не следует относить к комбинированным методам те методы прогнозирования, которые к экспертной исходной информации применяют математические методы обработки или исходную фактографическую информацию оценивают экспертным путем. В большинстве случаев они достаточно хорошо укладываются в первый или второй из перечисленных выше классов.

Экспертные методы разделяются на два подкласса. Прямые экспертные оценки строятся по принципу получения и обработки независимого обобщенного мнения коллектива экспертов (или одного из них) при отсутствии воздействий на мнение каждого эксперта мнения другого эксперта и мнения коллектива. Экспертные оценки с обратной связью в том или ином виде воплощают принцип обратной связи путем воздействия на оценку экспертной группы (одного эксперта) мнением, полученным ранее от этой группы или от одного из ее экспертов.

Третий уровень классификации разделяет методы прогнозирования на виды по классификационному признаку “аппарат методов”. Каждый вид объединяет в своем составе методы, имеющие в качестве основы одинаковый аппарат их реализации. Так, статистические методы по видам делятся на методы экстраполяции

и интерполяции; методы, использующие аппарат регрессионного и корреляционного анализа; методы, использующие факторный анализ.

Класс методов аналогий подразделяется на методы математических и исторических аналогий. Первые в качестве аналога для объекта прогнозирования используют объекты другой физической природы, другой области науки, отрасли техники, однако имеющие математическое описание процесса развития, совпадающее с объектом/прогнозирования. Вторые в качестве аналога используют процессы одинаковой физической природы, опережающие во времени развитие объекта прогнозирования.

Опережающие методы прогнозирования можно разделить на методы исследования динамики научно-технической информации; методы исследования и оценки уровня техники. В первом случае в основном используется построение количественно-качественных динамических рядов на базе различных видов научно-технической информации (НТИ) и анализа и прогнозирования на их основе соответствующего объекта. Второй вид методов использует специальный аппарат анализа количественной и качественной информации, содержащейся в НТИ, для определения характеристик уровня качества существующей и проектируемой техники.

Прямые экспертные оценки по признаку аппарата реализации делятся на виды экспертного опроса и экспертного анализа.

В первом случае используются специальные процедуры формирования вопросов, организации получения на них ответов, обработки полученных ответов и формирования окончательного результата.

Во втором – основным аппаратом исследования является целенаправленный анализ объекта прогнозирования со стороны эксперта или коллектива экспертов, которые сами ставят и решают вопросы, ведущие к поставленной цели.

Экспертные оценки с обратной связью в своем аппарате имеют три вида методов:

- 1) экспертный опрос;
- 2) генерацию идей;
- 3) игровое моделирование.

Первый вид характеризуется процедурами регламентированного неконтактного опроса экспертов перемежающимися обратными связями в рассмотренном выше смысле. Второй – построен на процедурах непосредственного общения экспертов в процессе обмена мнениями по поставленной проблеме. Он характеризуется отсутствием вопросов и ответов и направлен на взаимное стимулирование творческой деятельности экспертов. Третий вид использует аппарат теории игр и ее прикладных разделов. Как правило, реализуется в сочетании динамического взаимодействия коллективов экспертов и вычислительной машины, имитирующих объект прогнозирования в возможных будущих ситуациях.

Наконец, последний, четвертый уровень классификации подразделяет виды методов третьего уровня на отдельные методы и группы методов по некоторым локальным для каждого вида совокупностей классификационных признаков, из которых указать один общий для всего уровня в целом невозможно.

**Выводы.** Рассмотрены различные методы прогнозирования. В основу анализа этих методов положена международная классификация, которая, как показывает анализ литературных источников, является наиболее полной и последовательной.

Основные группы методов составляют фактографические методы, методы экспертного анализа и комбинированные методы.

За основу в этой работе принимаются комбинированные методы, где роль экспертов сводится к неформальному анализу протекающих в NGN процессов и выбору классов моделей этих процессов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Величко В.В.* Телекоммуникационные системы и сети : Том 1. Современные технологии / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 647 с.
2. *Величко В.В.* Телекоммуникационные системы и сети : Том 3. Мультисервисные сети / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2005. – 592 с.
3. *Крылов В.В.* Теория телетрафика и ее приложения / В.В. Крылов, С.С. Самохвалова. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
4. *Хемминг Р.В.* Численные методы / Р.В. Хемминг. – М. : Наука, 1968. – 400 с.
5. *Лемешко Б.Ю.* Сравнительный анализ критериев проверки отклонения распределения от нормального закона / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко. // Метрология. – 2005. – № 2. – С. 3–24.
6. *Бешелев С.Г.* Экспертные оценки / С.Г. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 284 с.
7. *Сифоров В.И.* Прогностика / В.И. Сифоров. – М. : Наука, 1990. – 274 с.

Отримано 13.09.2013