

Т.В. Бибик, Л.В. Бовнегра, Д.А. Пурич,  
О.С. Савельева, канд. техн. наук, Одесса, Украина

## **ОЦЕНКА СЕТЕВОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ СТРУКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Надійійність технічних систем визначається властивостями їх елементів і зв'язків між ними. При наявності декількох елементів у системі важливою проблемою оцінки надійності останньої є врахування значимості кожного елемента і його внеску в надійність системи в цілому. Розглянуті аспекти морфологічного представлення моделей при оцінці надійності мережі в структурному проектуванні складних технічних систем.*

*Надежность технических систем определяется свойствами их элементов и связей между ними. При наличии нескольких элементов в системе важной проблемой оценки надежности последней является учет значимости каждого элемента и его вклада в надежность системы в целом. Рассмотрены аспекты морфологического представления моделей при оценке надежности сети в структурном проектировании сложных технических систем.*

*The reliability of technical systems is defined by properties of their elements and communications between them. In the presence of several elements in system the important problem of an estimation in reliability of last is the account of the each element importance and its contribution to reliability of system as a whole. Aspects of morphological models application at an estimation of network reliability in structural designing of difficult technical systems are considered.*

Многие современные технические системы имеют сетевую структуру, а надежность их функционирования зависит от факторов, моделирование которых невозможно без учета анализа такой структуры и требований, предъявляемых к системе пользователями. Проблема сетевой надежности исследуется достаточно давно. В настоящее время ясно, что точного решения даже для сетей ограниченного размера эта задача не имеет. Но можно уже сегодня, если требуется, произвести оценку надежности сверху и снизу. Следует, впрочем, иметь в виду, что даже это требует достаточно сложных расчетов.

Надежность технических систем определяется свойствами их элементов и связей между ними. При этом при наличии нескольких элементов в системе важной проблемой оценки надежности последней является учет значимости каждого элемента и его вклада в надежность системы в целом [1, 2]. В случае высоких требований, предъявляемых к надежности технических систем, например, при эксплуатации атомных станций, их элементы подвергаются классификации, определяющей как выбор элементов, так и все решения, связанные с их техническим обслуживанием [3].

При рассмотрении сетевой надежности информационных сетей последние обычно описываются графом, где ребра отображают сетевые

каналы, а в качестве узлов выступают рабочие станции, серверы, повторители, переключатели, маршрутизаторы или другие устройства [4].

Выход из строя рабочей станции (терминальный узел) создает проблемы ее пользователю, остальные пользователи, скорее всего, этого не заметят, но отказ сервера скажется на работе всех его клиентов, в том числе и удаленных. Выход же из строя маршрутизатора (если это транзитный узел) может оказать влияние на работу целого региона. Отсюда видно, что отдельные узлы могут по-разному влиять на работу сети в целом.

Таким образом, параметры надежности часто зависят от вектора загрузок (список значений загрузок каналов, влияющих на доступ и качество обслуживания). По этой причине при формулировке задачи оценки надежности определяют, какие из параметров важны: связность, пропускная способность, время восстановления связности или минимизация задержек обслуживания.

Рассмотрим в качестве примера полный граф с четырьмя узлами, размещенными в вершинах квадрата (6 ребер). Расчет связности такой сети будет включать комбинаторный перебор ребер и учет распределения вероятности обрыва каждой из связей и займет относительно немного времени. Если же попытаться проанализировать надежность структурированной локальной сети, содержащей сотни узлов, задача окажется на много порядков сложнее. Обычно множественность в таких задачах равна  $N!$ , где  $N$  – количество узлов в графе связей.

В качестве исходных данных используются значения надежности отдельных узлов и каналов, вычисленные или измеренные с учетом тех факторов, влияние которых необходимо учесть. Во многих случаях бывает необходимо сделать предположение относительно распределения вероятности отказа рассматриваемых сетевых элементов. Кроме того, необходимо решить, какая оценка нужна: для работы сети в среднем или для функционирования в экстремальных условиях.

Ради упрощения проблемы часто делается предположение об идентичности распределений и даже равенстве вероятности отказа для всех узлов. Однако такие предположения делают полученный результат весьма неточным.

На практике, даже используя самые производительные вычислительные системы, можно оценить надежность сети лишь с ограниченным количеством узлов. Из-за продолжительности прямых вычислений сложности алгоритмов многие исследователи ограничиваются лишь оценкой возможных границ надежности [5, 6].

Из-за отсутствия приемлемой модели механизма потерь в сети и сложности расчета сетевой надежности чаще всего используются упрощенные модели с дискретной вероятностью, в которых предполагается, что сетевые компоненты (узлы и ребра) могут принимать лишь два

состояния: работает или не работает. При этом состояние сетевого компонента описывается случайной величиной, не зависящая от состояния других компонентов.

Во многих приложениях могут отказывать как дуги, так и узлы. Следовательно, приходится изучать модели, способные реагировать и на отказы узлов, и на обрывы дуг [7]. Для случая ориентированных сетей с помощью топологического преобразования задачу с ненадежными ребрами и узлами можно свести к задаче с абсолютно надежными узлами и ненадежными ребрами. В каждом случае дуга, которая замещает узлы, наследует характеристики соответствующих узлов.

Таким образом, многие практические приложения требуют использования моделей, как с разной надежностью компонентов, так и с разным вкладом этих компонентов в надежность системы в целом.

*Моделирование надежности компонентов сети.* Жизненный цикл объектов – сложных технических систем (например, компьютерных сетей, транспортных средств, и т.п.) определяется значительным количеством внешних эксплуатационных факторов, часть из которых носит детерминированный, а часть – стохастический характер. К этим факторам относятся различные условия внешней среды, эксплуатационная нагрузка, сменность работы, подготовленность обслуживающего персонала, общая культура производства и т.п.

В результате, формируется текущее состояние жизненного цикла каждой системы, определяемое множеством внутренних факторов – исправностью или повреждением тех или иных связей или узлов, усталостью элементов конструкции и т.п. Особенностью как внешних, так и внутренних факторов является то, что их значения могут существенно отличаться у каждого элемента множества объектов, составляющих систему. Это связано как с объективными (например, климатом региона, где эксплуатируется система), так и с субъективными обстоятельствами.

Моделирование жизненного цикла множества сложных технических систем осуществляли с помощью модели гетероассоциативной памяти, построенной на многослойной нейронной сети. Нейронная сеть в процессе обучения приобретает способность строить ассоциации между входной и выходной информацией, т.е. прогнозировать развитие объекта. В качестве входной информации используются временные ряды, представляющие значения учитываемых факторов на заданном интервале времени. Количество входов у нейронов первого слоя определяется количеством учитываемых внешних факторов, а количество нейронов последнего слоя – количеством учитываемых мест повреждений системы. Поэтому, при построении архитектуры нейронной сети на первом этапе осуществляли отбор внешних учитываемых факторов и выделение внутренних факторов с помощью статистической обработки результатов стендовых и полигонных испытаний

одного из объектов – типичного представителя множества сложных технических систем.

Накапливающаяся при этом информация используется также и для обучения сети. В качестве элемента обучающей выборки (<текущий вход>, <желаемый выход>) используется пара (<условия полигона>, <реальное состояние объекта после полигонных испытаний>).

После настройки синаптических весов и смещений нейронов сеть может быть использована для кластеризации реальных текущих условий эксплуатации любого элемента множества технических систем по классам, отличающимся состоянием множества возможных мест повреждения (исправно, повреждено частично, повреждено полностью), т.е. для прогнозирования технического состояния системы на том или ином протяжении ее жизненного цикла.

В процессе эксплуатации на техническое состояние объектов подобного типа оказывает существенное влияние стохастическая составляющая внешних воздействий. Для ее учета на входе каждого нейрона первого слоя предусмотрен дополнительный синапс, сигнал на который поступает от генератора случайных чисел, а обучение сети продолжается на всем протяжении моделирования после поступления каждой новой обучающей выборки – информации о состоянии объектов в реальной эксплуатации.

*Моделирование надежности сетей.* В работе предложены также морфологические модели надежности сетевых структур, использующие нетривиальное применение нейронных сетей.

Модели позволяют с высокой точностью прогнозировать как надежность отдельных компонентов сетевых структур, так надежность сетей в целом. Результаты моделирования могут использоваться как для выбора условий эксплуатации сложных технических систем, так и для корректировки их конструкции на этапе проектирования, обеспечивающей исключение прогнозируемых повреждений или снижение убытков от их возникновения.

**Список использованных источников:** 1. *Оборский Г.А.* Построение эффективных систем управления надежностью сложных технических систем // Труды Одесского политехнического университета. – 2000. – Вып. 1. – С. 17 – 19. 2. *Рябинин Н.А.* Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем / *Н.А. Рябинин, Г.Н. Черкесов.* – М.: Радио и связь, 1981. – 282 с. 3. *Ястребенецкий М.А.* Безопасность атомных станций: Информационные и управляющие системы / *М.А. Ястребенецкий, В.Н. Васильченко, С.В. Виноградская* и др. – К.: Техніка, 2004. – 472 с. 4. Сетевая надежность [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/network/algoprotnet/17/3.html>. 5. *Aho A.V.* Foundation of Computer Science / *A.V. Aho, J.D. Ullman.* – Computer Science Press, 1992. 6. *Leeuwen V.V.* Algorithms and Complexity. – The MIT Cambridge, Massachusetts: Elsevier Science Publishers, 1990. 7. *Становский А.Л.* Моделирование отказоустойчивости в САПР сложных технических систем / *А.Л. Становский В.М. Тонконогий, О.С. Савельева* и др. // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 2007. – Вып. 73. – С. 133 – 138.

*Поступила в редколлегию 07.06.2010*