

УДК 004.725.7

DOI: 10.12737/article_5a02fa0a228246.77699663

Ф. Ю. Лозбинец, А.С. Сазонова, А.А. Тищенко, Ю.А. Леонов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Рассмотрены особенности применения метода ретроспективной имитации с самообучением экстраполяционных алгоритмов для прогнозирования показателей живучести (коэффициента оперативной готовности) корпоративной телекоммуни-

кационной сети органов государственного и муниципального управления на территории Брянской области.

Ключевые слова: прогнозирование, экстраполяция, живучесть, нейронечёткий подход.

F.Yu. Lozbinev, A.S. Sazonova, A.A. Tishchenko, Yu.A. Leonov

DURABILITY PREDICTION OF MULTI-SERVICE CORPORATE COMMUNICATIONS NETWORK

In accordance with the requirements to organizational-engineering support of a steady functioning telecommunication network durability is called a capacity to keep an integrity under conditions of external destabilizing effects of a natural and manmade origin.

An option is presented for the procedure of a design assessment of an operational readiness factor of the communication corporate network main. There is carried out a design assessment of the main structural

durability on the basis of logic-probabilistic and neuro-fuzzy approaches at statistically average and occasional likelihoods of lightning effects.

The procedure developed allows carrying out the assessment of communication corporate network durability at lightning effects.

Key words: prediction, extrapolation, durability, operational readiness factor, telecommunication network, neuro-fuzzy approach.

Объектом исследования в данной работе является Западная магистраль мультисервисной корпоративной сети связи органов государственного и муниципального управления на территории Брянской области. В качестве предмета исследования рассматриваются грозовые факторы, воздействующие на сеть, и способы их учёта в процессе расчётной оценки показателей надёжности функционирования исследуемой сети.

Западная магистраль (рис.1) является наиболее сложным компонентом сети и включает 104 объекта: 68 радиоэлектронных средств (РЭС), 36 коммутаторов, 16 оконечных точек и 18 узлов ретрансляции. Расстояние от центра сети до самых удалённых оконечных точек составляет более 230 км.

В работе [1] представлены результаты расчётной оценки живучести исследуемой сети на основе статистических данных

в рамках логико-вероятностного подхода. Представляет интерес рассмотрение указанных показателей в рамках нейронечёткого подхода с использованием систем искусственного интеллекта.

В тех случаях, когда имеется определенный тренд, который, как ожидается, будет продолжаться и в будущем, используются экстраполяционные методы прогнозирования [2]. Поэтому каждый показатель может быть рассчитан с их помощью, особенно если решать данную задачу в рамках специально разработанного программного обеспечения.

Рассмотрим основные этапы исследуемого процесса [3].

1. Постановка задачи и подбор исходной информации. Итак, нам необходимо получить прогнозное значение для показателя «Показатель №1» (необходимо получить прогноз на один шаг вперёд):

Показатель №1	1	2	3	4	5	6	7	8
Значение	11295	11190	11841	18042	26399	32005	39947	48579

Показатель №1

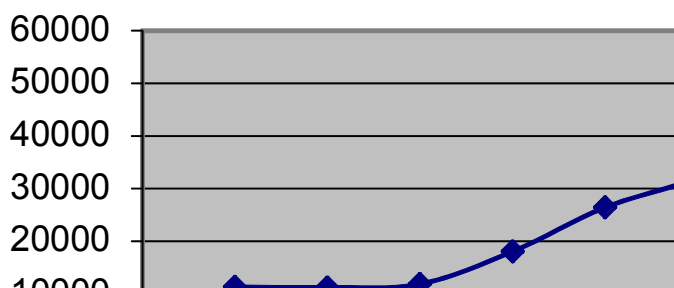


Рис. 2. Восемь уровней исходного временного ряда

Устойчивость - требование, предъявляемое к исходному временному ряду. Свойство устойчивости отражает преобладание закономерности над случайностью в изменении уровней ряда. На графиках устойчивых временных рядов (рис. 2) даже визуально прослеживается закономерность, а на графиках неустойчивых рядов изменения последовательных уровней представляются хаотичными, поэтому поиск закономерностей в формировании значений уровней таких рядов вызывает серьезные затруднения.

3. Формирование набора моделей прогнозирования [4]. Статистические методы исследования исходят из предположения о возможности представления значений временного ряда в виде суммы нескольких компонент, отражающих закономерность и случайность развития, в частности в виде суммы трех компонент:

$$Y(x) = T(x) + S(x) + E(x),$$

где $T(x)$ - тренд (долговременная тенденция) развития; $S(x)$ - сезонная компонента; $E(x)$ - остаточная компонента.

Сезонная компонента характеризует устойчивые внутригодовые колебания уровней. Для наших данных $S(x)=0$.

Для решения задач анализа и моделирования тенденции изменения $T(x)$ исследуемого показателя используются модели кривых роста [5].

Кривые роста - это математические функции, предназначенные для аналитического выравнивания временного ряда.

Наиболее часто в практической работе используются кривые роста, которые позволяют описывать процессы трех основных типов: без предела роста; с пределом роста без точки перегиба; с пределом

роста и точкой перегиба. Для наших данных мы будем использовать функции для описания процессов без пределов роста (табл. 1).

Процессы развития без пределов роста характерны в основном для абсолютных объемных показателей, но часто им соответствует и развитие некоторых качественных относительных показателей.

4. Численное оценивание параметров моделей. Численное оценивание параметров моделей кривых роста осуществляется на основе метода наименьших квадратов (МНК). Во всех случаях основная идея оценки параметров заключается в максимальном приближении модели к исходным данным. Указанные модели используют лишь один фактор - «время», который условно представляет всю совокупность причинных факторов, влияющих на рассматриваемый показатель. Кривые роста определяются исходя из равноценности всех данных и отражают общую тенденцию развития.

В табл. 2 представлен расчет прогнозного значения по каждой функции для заданного показателя. Далее необходимо определить, какая функция наилучшим образом подходит для получения прогноза.

5. Определение качества моделей и выбор одной лучшей или построение обобщенной модели. Качество модели определяется ее адекватностью исследуемому процессу, который характеризуется выполнением определенных статистических свойств, и точностью, т.е. степенью близости к фактическим данным. Модель считается хорошей со статистической точки зрения, если она адекватна и достаточно точна.

Таблица 1

Функции описания для процессов без пределов роста

Порядковый номер функции	Математический вид	Описание функции
1	$y = ax^2 + bx + c$	Квадратичная функция
2	$y = be^{ax}$	Экспоненциальная зависимость
3	$y = \frac{a}{x} + b$	Обратно пропорциональная зависимость
4	$y = a \ln x + b$	Линейно-логарифмическая зависимость
5	$y = \frac{1}{b + ax}$	Обратно пропорциональная зависимость
6	$y = \frac{x}{b + ax}$	Дробно-рациональная функция
7	$y = \frac{1}{b + ae^{-x}}$	Дробно-иррациональная функция
8	$y = bx^a$	Степенная функция
9	$y = \frac{b}{a + x}$	Обратно пропорциональная зависимость
10	$y = \frac{bx}{a + x}$	Дробно-рациональная функция
11	$y = b \cdot e^{\frac{a}{x}}$	Показательная функция

Модель является адекватной, если ряд остатков обладает свойствами случайности, независимости последовательных уровней, нормальности распределения и равенства нулю средней ошибки.

При выборе лучшей модели следует учитывать не только формальные статисти-

ческие характеристики, но и интерпретируемость их траектории развития с содержательной точки зрения. В случае несовпадения результатов выбора по статистическому и содержательному критериям предпочтение отдается последнему.

Таблица 2

Результаты расчетов прогнозных значений

Показатель №1	1	2	3	4	5	6	7	8
Значение	11295	11190	11841	18042	26399	32005	39947	48579
Прогноз кв. зав.	-	13799	9443	9588	18681	30653	39085	48354
Прогноз EXP	18342	22592	20645	19775	24873	33960	43785	55554
Прогноз 1/x	9296	11542	11927	12261	14241	17455	20717	24408
Прогноз Ln	10424	13133	13384	13671	16422	20989	25570	30785
$y = b \cdot a^x$	18342	22592	20645	19775	24873	33960	43785	55554
$y = 1/(b + ax)$	-22223	-24918	-58664	-293355	-87350	-45213	-34473	-29312
$y = x/(b + ax)$	14194	16758	14724	14168	17625	23321	29638	37281
$y = 1/(b + a \cdot e^x)$	15511	16956	15262	14450	15454	16997	18526	20123
$y = b \cdot x^a$	12863	16159	16100	16167	19193	24120	29384	35468

Таким образом, далее необходимо оценить каждую полученную модель по перечисленным выше критериям [6].

Лучшая из числа рассмотренных либо построенная обобщенная модель выбирается в качестве прогнозной модели.

Однако, как свидетельствуют проведенные численные эксперименты, при

прогнозировании показателей социально-экономического развития региона модель, являющаяся лучшей для одного показателя, для другого показателя может и не оказаться лучшей. Поэтому всегда целесообразно рассматривать несколько моделей в рамках принципа ретроспективной имитации с самообучением алгоритмов.

В работе [1] выполнена расчетная оценка влияния грозových воздействий на показатели целостности и устойчивости функционирования Западной магистрали сети при среднестатистической вероятности грозových воздействий, а также при их

случайном характере.

Результаты расчета коэффициентов оперативной готовности конечных точек магистрали при среднестатистической вероятности грозových воздействий [1] представлены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты оперативной готовности Западной магистрали при среднестатистической вероятности грозových воздействий

Оконечная точка	Процент повреждений от грозových воздействий						
	0	10	15	20	30	50	100
1. Выгоничи	0,99982	0,99949	0,99932	0,99915	0,99882	0,99815	0,99649
2. Жирятино	0,99784	0,99751	0,99734	0,99717	0,99684	0,99617	0,99451
3. Почеп	0,99980	0,99935	0,99913	0,99891	0,99846	0,99757	0,99535
4. Унеча	0,99975	0,99941	0,99925	0,99908	0,99875	0,99808	0,99641
5. Стародуб	0,99972	0,99939	0,99922	0,99905	0,99872	0,99805	0,99639
6. Погар	0,99970	0,99933	0,99915	0,99897	0,99861	0,99789	0,99609
7. Трубчевск	0,99967	0,99934	0,99917	0,99900	0,99867	0,99800	0,99634
8. Суземка	0,99193	0,99160	0,99143	0,99127	0,99094	0,99027	0,98862
9. Мглин	0,99443	0,99413	0,99397	0,99382	0,99352	0,99291	0,99139
10. Сураж	0,99162	0,99126	0,99108	0,99090	0,99054	0,98983	0,98804
11. Клинцы	0,99972	0,99936	0,99918	0,99900	0,99864	0,99791	0,99611
12. Гордеевка	0,99526	0,99484	0,99463	0,99443	0,99401	0,99318	0,99111
13. Красная Гора	0,99256	0,99218	0,99199	0,99179	0,99141	0,99063	0,98870
14. Новозыбков	0,99970	0,99931	0,99911	0,99892	0,99853	0,99775	0,99581
15. Злынка	0,99967	0,99900	0,99867	0,99834	0,99767	0,99634	0,99301
16. Климово	0,99967	0,99886	0,99846	0,99806	0,99725	0,99564	0,99162
Западная магистраль	0,99755	0,99715	0,99694	0,99674	0,99634	0,99553	0,99350

При грозových воздействиях в рассмотренной магистрали сети можно считать, что требование соответствия коэффициента оперативной готовности для существующих сетей связи нормативному (0,997) перестает выполняться при предполагаемых 15...20 процентах повреждений от указанных воздействий.

В табл. 4 приведены результаты расчета оперативной готовности конечных точек Западной магистрали сети в сопоставлении статистического и нейронечёткого подходов при вероятности повреждения 30 % при использовании комбинированной топологической схемы с применением волоконно-оптических линий связи на магистральных участках с сочетанием беспроводного наземного радиодоступа на последней миле сети.

Анализ полученных в ходе исследования результатов позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Разработанная методика позволяет осуществлять оценку живучести корпоративной сети связи при грозových воздействиях.

2. При грозových воздействиях в рассмотренной магистрали сети можно считать, что требования соответствия коэффициента оперативной готовности для существующих сетей связи нормативному (0,997) перестают выполняться при предполагаемых 15...20 % повреждений от указанных воздействий.

3. При предполагаемых 100 % повреждений на магистрали требования соответствия нормативному коэффициенту готовности (0,997) не выполняются нигде.

4. Даже при предполагаемых 10 %

повреждений требования к коэффициенту оперативной готовности для сетей связи

следующего поколения (0,9994) также нигде не выполняются.

Таблица 4

Коэффициенты готовности конечных точек при грозовых воздействиях при вероятности повреждаемости 30% на ВОЛС

Оконечная точка	2015-2016 годы, статистический подход	2017 год, нейронечёткий подход
1. Выгоничи	0,99882	0,99849
2. Жирятино	0,99684	0,99676
3. Почеп	0,99846	0,99863
4. Унеча	0,99875	0,99875
5. Стародуб	0,99872	0,99889
6. Погар	0,99861	0,99861
7. Трубчевск	0,99867	0,99850
8. Суземка	0,99094	0,99077
9. Мглин	0,99352	0,99244
10. Сураж	0,99054	0,99054
11. Клинцы	0,99864	0,99864
12. Гордеевка	0,99401	0,99409
13. Кр. Гора	0,99141	0,99141
14. Новозыбков	0,99853	0,99895
15. Злынка	0,99767	0,99917
16. Климово	0,99725	0,99734
Западная магистраль, К _г	0,99634	0,99637

5. Показатели живучести магистрали телекоммуникационной сети связи не являются стабильной величиной, а динамически изменяются в зависимости от сезонного характера воздействия дестабилизирующих факторов.

6. В качестве перспективных задач дальнейшего исследования живучести рассмотренной магистрали сети следует обозначить следующие: вероятность повреждаемости оборудования (вопросы объектной живучести) следует рассмотреть как функцию, зависящую от высоты подвеса оборудования над землёй и от частоты грозовых воздействий на промежуточные опорные точки сети с учетом их реальной статистики в этих промежуточных точках; помимо грозовых воздействий необходимо также рассмотреть влияние на сеть температурных, техногенных и человеческих ДФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лозбинец, Ф.Ю. Методика оценки готовности телекоммуникационных сетей органов власти на примере территории Брянской области / Ф.Ю.Лозбинец, А.П. Кобышев //Вестник Брянского государственного технического университета. —2015.- №2. – С. 110-115.
2. Лозбинец, Ф.Ю. Совершенствование методов оценки надёжности мультисервисной корпоративной сети связи на основе логико-вероятностного подхода / Ф.Ю.Лозбинец, Е.В.Колесник, А.А.Гамов //Научно-технический вестник Брянского государственного универси-

- тета. –2015.- № 2.–С.52-66. – URL: <http://ntv-brgu.ru/index.php/2-2015>.
- Лозбинец, Ф.Ю. Расчетная оценка элементной и структурной надёжности корпоративной телекоммуникационной сети на территории Брянской области / Ф.Ю.Лозбинец, А.А.Гамов, Е.В.Колесник //Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2016.- № 1 . –С.66-73. URL: <http://ntv-brgu.ru/index.php/1-2016>.

- Lozbinev, F.Yu. Procedure for readiness assessment of authority telecommunication networks by example of Bryansk region / F.Yu. Lozbinev, A.P. Kobyshev // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2015. – No.2. – pp. 110-115.
- Lozbinev, F.Yu. Reliability assessment method updating for multi-service corporate communication network based on logic-probabilistic approach / F.Yu. Lozbinev, E.V. Kolesnik, A.A. Gamov // *Scientific-Technical Bulletin of Bryansk State University*. – 2015. – No.2. – pp. 52-66. - URL: <http://ntv-brgu.ru/index.php/2-2015/>.
- Lozbindev, F.Yu. Design assessment of elemental and structural reliability of corporate telecommunication network in Bryansk region / F.Yu. Lozbinev, A.A. Gamov, E.V. Kolesnik // *Scientific-Technical Bulletin of Bryansk State University*. – 2016. – No.1. – pp. 66-73. - URL: <http://ntv-brgu.ru/index.php/1-2016/>.

А.Н.Назаров, К.И.Сычев. —Красноярск: Поликом, 2010. —389 с.

- Тарасова, Ж.В. Анализ качества моделей при прогнозировании показателей социально-экономического развития региона. / Ж.В.Тарасова, Ф.Ю. Лозбинец // сб. тр. II межрегион. науч.-практ. конф. Инфокоммуникационные технологии в региональном развитии: — Смоленск, 2009. —С. 264-268.
- Химич, П. Принципы комплексной грозозащиты электронного оборудования / П.Химич // *Электрик. Международный электротехнический журнал*. –2011. –№ 7/8. –С. 52-60.

- Nazarov, A.N. *Models and Methods for Quality Index Computation of Unit Equipment Functioning and Structural-network Parameters of Communication Networks of Next Generation* / A.N. Nazarov, K.I. Sychev. - Krasnoyarsk: Polycom. 2010. – pp. 389.
- Tarasova, Zh.V. Model quality analysis at index prediction of region social-economic development / Zh.V. Tarasov, F.Yu. Lozbinev // *Info-communication Technologies in Regional Development: Proceedings of the II-d Inter-regional Scientific-Pract. Conf.* – Smolensk, 2009. – pp. 264-268.
- Khimich, P. Lightning complex guard principles of electronic equipment / P. Khomich // *Electric. International Electro-technical Journal*. – 2011. – No.7/8. – pp. 52-60.

Статья поступила в редколлегию 26.06.17.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
Аверченков А.В.

Сведения об авторах:

Лозбинец Фёдор Юрьевич, д.т.н., профессор кафедры «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета, e-mail: flozbinev@yandex.ru.

Сазонова Анна Сергеевна, к.т.н., доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета, e-mail: asazonova@list.ru.

Lozbinev Fyodor Yurievich, D. Eng., Prof. of the Dep. “Computer Technologies and Systems”, Bryansk State Technical University, e-mail: flozbinev@yandex.ru.

Sazonova Anna Sergeevna, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Computer Technologies and Systems”, Bryansk State Technical University, e-mail: flozbinev@yandex.ru.

Тищенко Анастасия Анатольевна, к.т.н., доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета, e-mail: karkuc@yandex.ru.

Леонов Юрий Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета, e-mail: yorleon@yandex.ru.

Tishchenko Anastasia Anatolievna, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Computer Technologies and Systems”, Bryansk State Technical University, e-mail: karkuc@yandex.ru.

Leonov Yury Alexeyevich, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Computer Technologies and Systems”, Bryansk State Technical University, e-mail: yorleon@yandex.ru.