

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭКСТРАПОЛЯЦИИ

Лавринчик Н.Н., Гринкевич А.В., Иванова А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Тезис посвящён методике прогнозирования показателей радиотехнических средств на основе метода экстраполяции. В условиях быстрого развития радиотехнических технологий и увеличения сложности систем, актуальной задачей становится прогнозирование их показателей для обеспечения надёжности и эффективности работы. Метод экстраполяции, основанный на анализе исторических данных и выявлении тенденций, представляет собой мощный инструмент для предсказания будущих характеристик радиотехнических средств. Данная методика включает несколько ключевых этапов: сбор и обработка данных о предыдущих показателях, выбор подходящей модели экстраполяции (линейной, полиномиальной или экспоненциальной), а также оценка точности прогноза с использованием статистических методов. Применение метода экстраполяции позволяет не только предсказывать значения ключевых параметров, таких как чувствительность, мощность и помехозащищённость, но и выявлять потенциальные проблемы в работе систем на ранних стадиях. Таким образом, методика прогнозирования показателей радиотехнических средств на основе экстраполяции способствует более эффективному управлению процессами разработки и эксплуатации, снижению рисков и затрат, а также повышению общей надёжности радиосистем. Важно отметить, что для достижения максимальной точности прогноза необходимо учитывать влияние внешних факторов и проводить регулярные обновления моделей на основе новых данных.

В настоящее время в Республике Беларусь сохранилась и продолжает активно развиваться производственная база по проектированию и производству сложных радиотехнических систем. Обеспечение выпуска современной и конкурентоспособной продукции – одна из главных задач производства. В ее решении важная роль отводится обоснованию тактико-технических характеристик создаваемого образца техники на этапе разработки тактико-технического задания и возможностей технической реализации его характеристик при производстве. Так, на этапе согласования тактико-технического задания, часто возникает проблема несоответствия требований, предъявляемых к характеристикам разрабатываемой радиотехнической системы, и возможностей их технической реализации. В результате возможны следующие ошибки:

- предъявляются требования к тактико-техническим характеристикам образца, превышающие существующие возможности их технической реализации;
- разрабатывается неконкурентоспособный образец, по своим характеристикам не соответствующий мировым аналогам. Решение указанной проблемы возможно разработкой методического аппарата позволяющего выполнять прогноз реально достижимых значений тактико-технических характеристик (ТТХ) разрабатываемого изделия на установленный период.

Основываясь на международном стандарте, где под перспективным образцом продукции понимается образец, характеризующийся прогнозируемой совокупностью реально достижимых значений показателей качества и соответствующий передовым научно-техническим достижениям на установленный период. Выполним прогнозирование потенциально достижимых уровней ТТХ перспективной радиотехнической системы на основе анализа развития науки и техники и данных о предыстории его аналогов.

Для определения потенциально достижимых уровней ТТХ целесообразно применять статистические методы прогнозирования (экстраполяции, регрессивного и корреляционного анализа). Основой данных методов являются данные о состоянии объекта прогнозирования в прошлом и определение его состояния в будущем при определенных условиях. Для прогнозирования уровней развития основных характеристик образца техники предложен метод экстраполяции, в котором неизвестные параметры аппроксимирующей функции определяются методом средних.

В качестве исходных данных для прогнозирования показателей Wi-Fi маршрутизаторов на основе метода экстраполяции включает сбор и анализ исторических данных о производительности устройств, таких как скорость передачи данных, стандарт Wi-Fi, число антенн, диапазон частот, парты, безопасность с целью выявления тенденций и закономерностей. Выбор подходящей модели экстраполяции (линейной, полиномиальной или экспоненциальной) позволяет предсказать будущие характеристики маршрутизаторов, что способствует оптимизации их разработки и эксплуатации.

Применение данной методики обеспечивает более эффективное управление производственными процессами и повышает качество обслуживания пользователей в условиях растущих требований к беспроводным сетям.

Таблица 1.Изменение тактико-технических характеристик Wi-Fi маршрутизаторов с 2002 по 2020 гг.

Технические характеристики	ТТХ Wi-Fi маршрутизаторов				
	Linksys WRT54G	Netgear Nighthawk R7000	Asus RT-AC88U	Google Nest Wifi	TP-Link Archer AX6000

Год выпуска	2002	2014	2016	2019	2020
Скорость передачи данных	54 Мбит/с	600 Мбит/с на 2.4 ГГц (802.11n) 1300 Мбит/с на 5 ГГц (802.11ac)	1000 Мбит/с на 2.4 ГГц (802.11n) 2100 Мбит/с на 5 ГГц (802.11ac)	1200 Мбит/с на 2.4 ГГц 2400 Мбит/с на 5 ГГц	4804 Мбит/с на 5 ГГц 1148 Мбит/с на 2.4 ГГц
Стандарт Wi-Fi	802.11b/g	802.11ac	802.11ac	802.11ac	802.11ax (Wi-Fi 6), с поддержкой 802.11a/b/g/n/ac
Число антенн	2	3	4	Встроенные антенны	8 внешних антенн с
Диапазон частот	2.4 ГГц	2.4 ГГц 5.0 ГГц	2.4 ГГц 5.0 ГГц	2.4 ГГц 5.0 ГГц	2.4 ГГц 5.0 ГГц (двух диапазонов)
Порты	4 порта Ethernet (10/100 Мбит/с) 1 порт WAN	4 порта Ethernet (10/100/1000 Мбит/с) 1 порт WAN 1 USB 3.0 1 USB 2.0	8 портов Ethernet (10/100/1000 Мбит/с) 1 порт WAN 1 USB 3.0 1 USB 2.0	Основной маршрутизатор: 1 порт WAN Узлы (точки доступа): 1 порт Ethernet (Gigabit) на каждом узле	8 портов Ethernet (10/100/1000 Мбит/с) для проводного подключения 1 порт WAN 2 порта USB (1 x USB 3.0 и 1 x USB-C)
Безопасность	WEP, WPA и WPA2 шифрования	Поддержка WPA/WPA2 шифрования Поддержка VPN и фаервола SPI	Поддержка WPA/WPA2 шифрования Поддержка VPN и фаервола SPI	Поддержка WPA3 шифрования Встроенные функции безопасности через Google Home	Поддержка WPA3 шифрования Встроенные функции безопасности, включая защиту от DDoS-атак и фаервол.

Для снижения влияния случайной составляющей в числовом ряду исходных данных применим их сглаживание методом скользящей средней по трем точкам с помощью многочленов первой степени:

$$\tilde{y}_0 = \frac{1}{3}(y_{-1} + y_0 + y_{+1}) \quad (1)$$

$$\tilde{y}_{-1} = \frac{1}{6}(5y_{-1} + 2y_0 - y_{+1}) \quad (2)$$

$$\tilde{y}_{+1} = \frac{1}{6}(-y_{-1} + 2y_0 + 5y_{+1}) \quad (3)$$

где y_0 , $\tilde{y}_0$ – значение исходной и сглаженной функции в средней точке; y_{-1} , $\tilde{y}_{-1}$ – значение исходной и сглаженной функции левее средней точки; y_{+1} , $\tilde{y}_{+1}$ – значение исходной и сглаженной функции правее средней точки.

Формулы (2), (3) применяются на краях интервала. При необходимости цикл сглаживания повторяется. Следующим этапом прогнозирования является подбор аппроксимирующей функции, с достаточной точностью описывающей исследуемый процесс развития ТТХ образца техники во времени. При осуществлении выбора аппроксимирующей функции для i -й характеристики определено, что наиболее близкой к искомой функции является кубическая парабола вида:

$$y(t) = a_1 + a_2 t + a_3 t^2 + a_4 t^3, \quad (4)$$

где a_1 , a_2 , a_3 , a_4 – неизвестные параметры функции, подлежащие определению; t – переменная (в нашем случае это время, в течение которого происходит изменение ТТХ). При проведении расчетов переменной t присваивались значения в виде натуральных чисел от 1 до 8 соответственно рассматриваемому году с 1940 по 2010 гг. (табл. 1). Для определения неизвестных параметров аппроксимирующей функции использовался метод средних, основанный на минимизации

алгебраической суммы отклонения точек от аппроксимирующей кривой. Критерий оптимальности записывался в виде:

$$\sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i, a_1, a_2, \dots, a_m)] \rightarrow \min \quad (5)$$

где y_i , x_i – ордината и абсцисса i -й точки ряда; $a_1, a_2, \dots, a_m$ – параметры аппроксимирующей кривой. Для определения неизвестных параметров функции, согласно указанному методу, составлена система уравнений (4) для четырех точек ($t_1 = 1, t_2 = 3, t_3 = 6, t_4 = 8$) [5]:

$$\begin{cases} a_1 + a_2 + a_3 + a_4 - 36 = 0, \\ a_1 + 3a_2 + 9a_3 + 27a_4 - 42 = 0, \\ a_1 + 6a_2 + 36a_3 + 216a_4 - 60 = 0, \\ a_1 + 8a_2 + 64a_3 + 512a_4 - 118 = 0. \end{cases} \quad (6)$$

В результате решения системы уравнений (6) получены значения искомых параметров: $a_1 = 25$; $a_2 = 16,03$; $a_3 = -5,114$; $a_4 = 0,571$. Соответственно, аппроксимирующая функция записывается в виде:

$$y_{\text{птт}}(t) = 25 + 16,03t - 5,114t^2 + 0,571t^3 \quad (7)$$

Точность приближения аппроксимирующей функции к реальному процессу можно оценить по величине вариации, вычисляемой согласно выражению:

$$\delta = \frac{(y_i - y_2)}{y_i^2 - y_i^2} \times 100\%, \quad (8)$$

где y_i – значение реальной функции, взятое из табл. 1; y_i – значение аппроксимирующей функции, вычисленной по (7).

Коэффициент вариации δ измеряется в % и показывает расхождение между аппроксимирующей и реальной функциями, описывающими исследуемый процесс. Чем меньше значение δ , тем меньше расхождение между указанными функциями. Коэффициент вариации порядка нескольких процентов говорит о достаточном сходстве между аппроксимирующей и реальной функциями. По результатам расчетов $\delta \approx 2,6$ %, что говорит о приемлемости полученного результата. Для рассматриваемых характеристик значения аппроксимирующей функции в соответствующие интервалы времени, вычисленные в соответствии с (7).

Методика прогнозирования показателей маршрутизаторов Wi-Fi на основе метода экстраполяции демонстрирует свою актуальность и эффективность в условиях быстро меняющегося технологического ландшафта. Использование экстраполяции позволяет не только выявлять тенденции в развитии характеристик маршрутизаторов, но и предсказывать их производительность в будущем, что является важным для разработчиков и пользователей. Данная методика способствует более обоснованному принятию решений при проектировании новых устройств и оптимизации существующих решений. Однако для достижения максимальной точности прогнозов необходимо учитывать множество факторов, включая изменения в стандартах связи, требования пользователей и развитие смежных технологий. В дальнейшем интеграция методов экстраполяции с современными аналитическими инструментами и алгоритмами машинного обучения может значительно улучшить качество прогнозов, что будет способствовать более эффективному развитию рынка маршрутизаторов Wi-Fi и удовлетворению потребностей пользователей.

Список использованных источников:

1. Тумащук В.А., Гринкевич А.В., Гуринович А.Н. // Наука и военная безопасность. 2015. № 1. С. 44–51.
2. Гринкевич А.В., Брызгин Е.Ю., Савенко С.А. // Наука и военная безопасность. 2012. № 3 С. 31–36.
3. Таненбаун Э. // Компьютерные сети. 2023 № 6 С 85-98.