

Билюк А. С.

студент

Научный руководитель: Прохоренко Е.И.

Белгородский государственный Научно-исследовательский

университет

Россия, Белгород

**АНАЛИЗ ТОПОЛОГИИ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА, РЕАЛИЗОВАННОГО
В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ PYTHON**

Аннотация: В статье рассматривается подход к объективному сравнению сетевых топологий («Звезда», «Шина», «Кольцо», «Дерево») с помощью алгоритма, реализованного на языке Python. Разработанная математическая модель использует взвешенное линейное свёртывание четырёх ключевых критериев: соответствие планировке помещения, стоимость монтажа и оборудования, надёжность и отказоустойчивость, пропускная способность. Предложенный алгоритм позволяет преобразовать качественные требования заказчика в количественные метрики, автоматизировать процесс анализа и выбрать оптимальную топологию с учётом бюджетных ограничений и технических условий. Программная реализация включает интерактивный графический интерфейс с настройкой весовых коэффициентов, радарную диаграмму и таблицу результатов. Инструмент может применяться как для профессионального проектирования ЛВС, так и в учебных целях.

Ключевые слова: топология сети, локальная вычислительная сеть, анализ топологий, Python, алгоритм скоринга.

A. S. Bilyuk

student

Supervisor: E. I. Prokhorenko

Belgorod State Research University

LOCAL NETWORK TOPOLOGY ANALYSIS USING AN ALGORITHM IMPLEMENTED IN THE PYTHON SOFTWARE ENVIRONMENT

Abstract: The article discusses an approach to objective comparison of network topologies (Star, Bus, Ring, Tree) using an algorithm implemented in Python. The developed mathematical model employs weighted linear convolution of four key criteria: compliance with room layout, installation and equipment costs, reliability and fault tolerance, and throughput. The proposed algorithm transforms qualitative customer requirements into quantitative metrics, automates the analysis process, and selects the optimal topology considering budget constraints and technical conditions. The software implementation includes an interactive graphical interface with adjustable weight coefficients, a radar chart, and a results table. The tool can be used both for professional LAN design and for educational purposes.

Keywords: network topology, local area network, topology analysis, Python, scoring algorithm.

Введение

Проектирование компьютерной сети (КС) начинается с фундаментального архитектурного решения – выбора сетевой топологии. От этого выбора напрямую зависят пропускная способность, масштабируемость, стоимость внедрения и устойчивость инфраструктуры к аппаратным сбоям. В условиях многообразия стандартных решений («Звезда», «Шина», «Кольцо», «Дерево») субъективная или интуитивная оценка часто приводит к неоптимальным капитальным затратам или скрытым эксплуатационным рискам. Данная статья рассматривает подход к объективному сравнению топологий с помощью алгоритма, реализованного в среде Python, который преобразует качественные требования заказчика в количественные метрики и позволяет принять обоснованное решение.

Актуальность

В эпоху цифровой трансформации большинства бизнес-процессов корпоративная компьютерная сеть является необходимым условием эффективности любой организации. Ошибка на этапе проектирования КС в выборе топологии может стоить бизнесу не обязательных временных и финансовых потерь. Сравнительный анализ различных конфигураций проектируемой сети необходим для перехода от эмпирических решений к доказательной инженерии. Автоматизация данного процесса позволяет упростить процедуру анализа, избежать ошибок, сэкономить трудозатраты.

В работе предлагается алгоритм, который осуществляет сравнительный анализ топологии проектируемой сети, позволяет учесть противоречивые требования (например, «минимальный бюджет» против «максимальной отказоустойчивости») и найти математически выверенный компромисс, адаптированный под конкретные условия объекта, вместо опоры на устаревшие шаблоны или маркетинговые рекомендации вендоров.

Факторы, влияющие на выбор топологии

Выбор сетевой архитектуры не осуществляется в вакууме. На него влияет комплекс технических, экономических и организационных факторов:

- Физическая геометрия объекта: расположение кабинетов, этажность, наличие технических шахт, длина кабельных трасс;
- Ожидаемая сетевая нагрузка: объем трафика, наличие VoIP, видеонаблюдения или систем резервного копирования, требования к задержкам (latency);
- Бюджетные ограничения: соотношение капитальных (CAPEX) и операционных (OPEX) затрат, стоимость активного и пассивного оборудования;
- Требования к доступности (SLA): допустимое время простоя, критичность бизнес-процессов, необходимость резервирования каналов;

– Планы масштабирования: вероятность добавления новых рабочих мест, интеграции IoT-устройств или перехода на облачные сервисы.

Разработанный алгоритм формализует эти факторы через систему взвешенных коэффициентов, позволяя пользователю гибко настраивать приоритеты под конкретный сценарий внедрения.

Основные критерии оценки

В расчетной модели оценка производится по четырем ключевым параметрам, каждый из которых имеет математическое выражение в формуле скоринга:

1. Количество рабочих мест и планировка офиса (f_{NP})

Геометрия пространства диктует оптимальную трассировку кабельной системы. Для компактных помещений или групп из 5–20 ПК классическая «Звезда» с центральным коммутатором минимизирует длину трасс, упрощает маркировку и администрирование. Для распределенных зданий эффективнее иерархическое «Дерево».

В алгоритме этот критерий оценивается по дискретной шкале от 1 до 5 баллов в зависимости от степени соответствия типа помещения выбранной архитектуре (Таблица 1).

Таблица 1 Критерий оценивания параметра «Планировка».

Топология	Круглая комната	Длинный коридор	Распределённое здание
Звезда	5	4	3
Шина	3	4	2
Кольцо	2	3	2
Дерево	3	3	5

Значение f_{NP} подставляется в итоговую формулу без дополнительной нормализации, так как уже находится в целевом диапазоне [1; 5].

2. Стоимость монтажа и оборудования ($norm_C$)

Прямые затраты на активное и пассивное оборудование часто становятся решающим фактором. Традиционная «Шина» исторически дешевле за счет экономии на коммутационных узлах, однако «Звезда» выигрывает в долгосрочной перспективе (ТСО) благодаря модульности, простоте диагностики и возможности замены сегмента без остановки всей сети.

Расчетная стоимость для каждой топологии определяется по формуле:

$$C_{est} = N \times 500 \times C_{factor}$$

Где:

- N – количество рабочих мест;
- 500 – условная базовая стоимость точки доступа (руб.);
- C_{factor} – коэффициент сложности топологии (Звезда: 1.5, Шина: 0.5, Кольцо: 1.0, Дерево: 2.0).

Для приведения стоимости к единой шкале [0; 5] применяется нормализация с «мягким штрафом»:

$$norm_C = 5.0 \times \min(1.0, C_{budget} / C_{est})$$

Где C_{budget} – планируемый бюджет проекта. Если расчетная стоимость превышает бюджет более чем на 20%, параметр получает минимальный балл (0.1), что автоматически понижает рейтинг заведомо нереализуемых вариантов.

3. Надежность и отказоустойчивость (K)

Уязвимость к единой точке отказа – главный недостаток линейных топологий. Обрыв магистрального кабеля в «Шине» или выход из строя соседнего узла в «Кольце» парализует весь сегмент сети. В «Звезде» отказ конечного устройства или патч-корда строго локализован и не влияет на работу остальных узлов.

В расчетной модели надежность учитывается через архитектурный коэффициент готовности K , который отражает вероятность безотказной работы топологии в течение года (Таблица 2).

Таблица 2. Соответствие коэффициента топологии.

Топологи я	Коэффициент К	Обоснование
Звезда	0.995	Отказ узла не влияет на сегмент; централизованное управление
Дерево	0.980	Иерархическое резервирование; отказ корневого узла критичен
Шина	0.950	Обрыв магистрали останавливает весь сегмент
Кольцо	0.900	Зависимость от соседних узлов; сложность диагностики

Для приведения K к шкале $[0; 5]$ применяется линейная нормализация:

$$K_{norm} = 5 \times (K - 0.85) / (1 - 0.85)$$

Где диапазон $[0.85; 1.0]$ выбран как типичный интервал коэффициентов готовности для офисных сетей.

4. Соответствие требованиям по скорости (V_{match})

Каждая топология имеет техническое ограничение на максимальную пропускную способность V_{max} (Таблица 3). В алгоритме используется плавная функция соответствия, которая избегает резкого «обнуления» балла при незначительном превышении требования:

$$\begin{cases} 5, \text{если } V_{max} \geq V_{req} \\ \max\left(0, 5 - (V_{req} - V_{max})/15\right), \text{если } V_{max} < V_{req} \end{cases}$$

Где V_{req} – требуемая скорость сети (Мбит/с). Данная функция обеспечивает плавный штраф: за каждые 15 Мбит/с превышения требования балл снижается на 1.0, но не опускается ниже 0.0.

Таблица 3. Ограничение скорости передачи топологии.

Топология	V_{max} (Мбит/с)	Обоснование
Звезда	1000	Гигабитный Ethernet на каждом сегменте
Дерево	1000	Магистралы 1 Гбит/с, доступ 100 Мбит/с
Шина	100	Общая среда передачи, коллизии
Кольцо	100	Последовательная передача, задержки

Математическая модель алгоритма

Итоговый балл для каждой топологии рассчитывается по формуле взвешенного линейного свертывания:

$$S = \sum_{i=1}^4 W_i \times P_{i_{norm}}$$

Где:

- S – итоговый скоринговый балл (чем выше, тем предпочтительнее топология);
- w_i – весовой коэффициент i -го параметра ($\sum w_i = 1.0$);
- $P_{i_{norm}}$ – нормализованное значение i -го параметра в шкале $[0; 5]$.

В развернутом виде формула принимает вид:

$$S = w_1 \times f_{NP} + w_2 \times V_{score} + w_3 \times norm_C + w_4 \times K_{norm}$$

Порядок расчета:

1. Сбор входных данных: N , $layout$, V_{req} , C_{budget} , $weights$.

2. Расчет сырых параметров для каждой из 4 топологий:
 - f_{NP} – из таблицы соответствия планировке;
 - V_{score} – по плавной функции скорости;
 - $C_{est} \rightarrow norm_C$ – через бюджетную нормализацию;
 - $K \rightarrow K_{norm}$ – линейная нормализация коэффициента готовности.
3. Приведение всех параметров к шкале $[0; 5]$ для обеспечения математической согласованности весов.
4. Взвешенное суммирование по формуле скоринга.
5. Сортировка результатов по убыванию S и формирование рекомендации.

Реализован алгоритм в среде Python, на рисунке 1 представлен интерфейс программы.

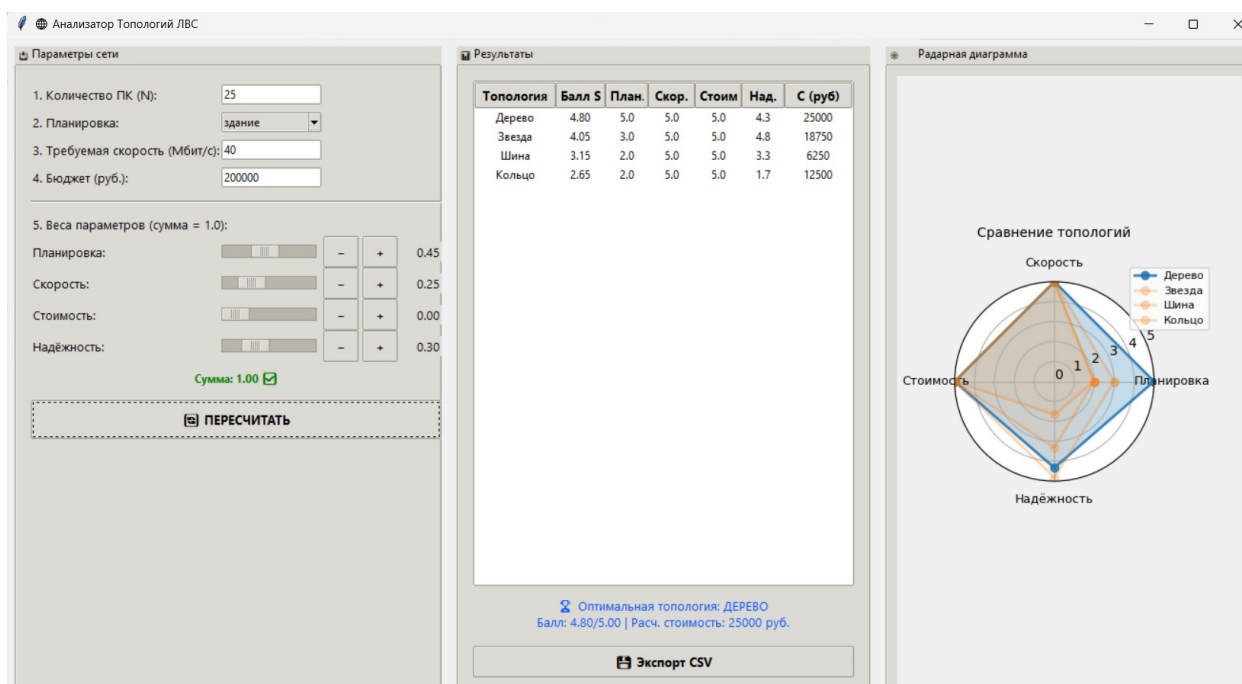


Рисунок 1. Пользовательский интерфейс.

Интерактивные элементы:

- Слайдеры весов с шагом 0.05 и кнопками $\pm$ для точной подгонки.

- Индикатор суммы весов с цветовой индикацией: зеленый (≈ 1.0), оранжевый (< 1.0), красный (> 1.0).
- Радарная диаграмма (Matplotlib) для визуального сравнения топологий по 4 осям.
- Таблица результатов (Treeview) с сортировкой и экспортом в CSV.

Заключение

Автоматизация анализа сетевых топологий переводит проектирование ЛВС из разряда эмпирических задач в область точных инженерных расчетов. Представленная математическая модель с нормализацией параметров, плавными функциями соответствия и взвешенным скорингом обеспечивает объективное ранжирование вариантов даже при противоречивых требованиях.

Python-приложение, реализующее данный алгоритм, сочетает в себе вычислительную точность, интерактивность и наглядность визуализации, делая инструмент удобным как для быстрого прототипирования сетевых решений, так и для учебного моделирования в рамках дисциплин по проектированию телекоммуникационных систем. Внедрение подобных алгоритмических инструментов в практику проектирования способствует повышению качества сетевой инфраструктуры, сокращению времени на предпроектное обследование и соответствует современным стандартам ИТ-инжиниринга и цифровой трансформации предприятий.

Использованные источники:

1. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование систем: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Д. Боев. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 253 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10710-4. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/431331>

2. Замятина, О. М. Инфокоммуникационные системы и сети. Основы моделирования: учебное пособие для среднего профессионального образования / О. М. Замятина. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 167 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-17558-5. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/431174>
3. Компьютерные сети: учебник и практикум для среднего профессионального образования / под научной редакцией А. М. Нечаева, А. Е. Трубина, А. Ю. Анисимова. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 515 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-21453-6. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/572240>
4. Ларионова, К. О. Архитектура зданий и строительные конструкции: учебник для среднего профессионального образования / К. О. Ларионова [и др.]; под общей редакцией А. К. Соловьева. – Москва: Юрайт, 2023. – 490 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10318-2. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/456537>
5. Москалев, А. А. Основы проектирования и документирования вычислительной сети: учебное пособие для СПО / А. А. Москалев. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 120 с. – ISBN 978-5-507-49624-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/424580>