



## Многокритериальный анализ методов оптимизации веб-страниц и их влияние на ранжирование в поисковых системах

С. В. Жуков<sup>а</sup>, аспирант, [orcid.org/0009-0003-8954-8565](https://orcid.org/0009-0003-8954-8565)

О. А. Ковалева<sup>а</sup>, доктор техн. наук, доцент, [orcid.org/0000-0003-0735-6205](https://orcid.org/0000-0003-0735-6205), [solomina-oa@yandex.ru](mailto:solomina-oa@yandex.ru)

С. В. Ковалев<sup>а</sup>, доктор техн. наук, доцент, [orcid.org/0000-0002-5961-7561](https://orcid.org/0000-0002-5961-7561)

<sup>а</sup>Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина, Интернациональная ул., 33, Тамбов, 392000, РФ

**Введение:** скорость загрузки веб-страниц является одним из значимых факторов, влияющих на ранжирование сайтов в поисковых системах. Медленная загрузка веб-страницы негативно сказывается на пользовательском опыте, следовательно, может приводить к потере потенциальных клиентов и снижению конверсий. В условиях растущей конкуренции оптимизация скорости становится необходимым элементом разработки эффективных веб-ресурсов, напрямую влияющим на успех сайта в сети. **Цель:** провести многокритериальный анализ и определить наиболее эффективные методы оптимизации скорости загрузки веб-страницы для определенного сайта. **Результаты:** в ходе исследования разработана иерархическая модель критериев для оценки эффективности различных методов оптимизации, включающая серверные, сетевые и клиентские критерии скорости загрузки веб-страницы. Проведен анализ методов оптимизации веб-страниц на примере конкретного веб-сайта. Его результат показал, что наибольший эффект достигается за счет применения метода отложенной загрузки медиаконтента («ленивой загрузки»). Также было выявлено, что некоторые методы оптимизации не имеют значимого влияния на серверные и сетевые критерии производительности сайта. На основании полученных данных создан второй сайт с применением наиболее эффективных методов оптимизации веб-страницы. В результате сравнительного эксперимента оптимизированный сайт показал значительное улучшение по всем ключевым показателям, таким как количество визитов, продолжительность нахождения на сайте, глубина просмотра страниц, снижение показателя отказов. **Практическая значимость:** полученные результаты и предложенная модель позволяют разработчикам принимать обоснованные решения по выбору наиболее эффективных методов оптимизации скорости загрузки веб-страниц.

**Ключевые слова** – скорость загрузки веб-страниц, оптимизация веб-страниц, многокритериальный анализ, метод парных сравнений, поисковая оптимизация, поведенческие факторы, веб-разработка.

**Для цитирования:** Жуков С. В., Ковалева О. А., Ковалев С. В. Многокритериальный анализ методов оптимизации веб-страниц и их влияние на ранжирование в поисковых системах. *Информационно-управляющие системы*, 2025, № 4, с. 45–57. doi:10.31799/1684-8853-2025-4-45-57, EDN: LPNYCL

**For citation:** Zhukov S. V., Kovaleva O. A., Kovalev S. V. Multi-criteria analysis of web page optimization methods and their impact on search engine rankings. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2025, no. 4, pp. 45–57 (In Russian). doi:10.31799/1684-8853-2025-4-45-57, EDN: LPNYCL

### Введение

Интернет претерпел масштабные изменения за годы своего развития. В статье [1] авторы отмечают, что за это время существенно изменились подходы к организации и представлению информации, разработаны новые технологии и принципы, такие как Web3. Современный Интернет стал не просто средой передачи данных, а многофункциональной платформой, которая оказывает значительное влияние на экономику и рекламную индустрию.

Одной из важнейших задач, стоящих перед разработчиками, остается повышение позиций сайта в результатах поисковой выдачи. В работе [2] отмечается, что грамотная SEO (search engine optimization) способствует не только росту органического трафика, но и улучшению пользова-

тельского опыта и повышению доверия к сайту. Автор выделяет важность таких факторов, как релевантность контента, качество обратных ссылок, скорость загрузки страниц, адаптивность сайта для мобильных устройств. Эти меры позволяют сайту соответствовать требованиям поисковых систем и обеспечивать высокий уровень удовлетворенности пользователей.

Одним из подходов к повышению позиций сайта является оптимизация контента и html-кода сайта, например использование микроразметок. Авторы статьи [3] отмечают, что такие разметки позволяют включать в контент страницы данные внешних ресурсов. Но не менее важную роль в SEO играют и поведенческие факторы, основанные на предпочтениях пользователей. Как показало исследование [4], пользователи, оценивая веб-ресурсы, обращают внимание не только

на контент, такой как отзывы или информация о специалистах, но и на технические характеристики, особенно на скорость загрузки страниц.

Таким образом, обеспечение высокой скорости загрузки становится одним из ключевых аспектов разработки успешного веб-сайта. В условиях растущей конкуренции и повышающихся требований к пользовательскому опыту медленная загрузка веб-сайта представляет серьезную проблему, влияющую на удержание пользователей, конверсию и эффективность взаимодействия с ресурсом. Это подтверждают авторы статьи [5], считая скорость загрузки веб-страниц одним из факторов, влияющих на поисковую оптимизацию.

Целью исследования является проведение многокритериального анализа и выбор оптимальных методов оптимизации скорости загрузки веб-страницы.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- сформулировать методологический подход к оценке влияния методов оптимизации на скорость загрузки веб-страниц;

- разработать иерархическую модель критериев, которая позволит структурировать и приоритизировать факторы, влияющие на скорость загрузки веб-страницы;

- провести анализ методов, влияющих на скорость загрузки веб-страницы, и оценить их эффективность с помощью составленной модели на примере конкретного сайта;

- подтвердить эффективность методов, предложенных иерархической моделью критериев, путем сравнения данных посещаемости двух сайтов – оптимизированного и не оптимизированного.

## Общая постановка задачи

В рамках данной работы рассматривается методологический подход к оценке влияния методов оптимизации на скорость загрузки страниц веб-сайта. Основная цель модели – определить, как конкретный метод оптимизации повлиял на скорость загрузки страницы и насколько сильно изменились показатели производительности.

Для формального описания процесса оценки методов оптимизации веб-страниц определим ключевые компоненты, которые будут использоваться при построении модели анализа эффективности внесенных изменений.

$Q = \{q_a, a = \overline{1, b}\}$  – множество веб-сайтов, анализируемых в рамках исследования.

$U = \{u_o, o = \overline{1, d}\}$  – множество страниц сайтов, для которых оценивается влияние внесенных изменений.

$X = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$  – множество альтернатив – методов оптимизации, которые могут быть применены для улучшения скорости загрузки.

$K = \{K_j, j = \overline{1, m}\}$  – множество количественных и качественных критериев, по которым оцениваются альтернативы.

$K_j = \{k_{jt}, t = \overline{1, s_j}, j = \overline{1, m}\}$  – множество частных критериев (подкритериев), характеризующих каждый из критериев.

$Y$  – диапазон значений для каждого критерия, включая такие параметры, как время загрузки в миллисекундах, количество запросов и размер страницы.

$W = \{w_j, j = \overline{1, m}\}$  – коэффициенты относительной важности критериев.

$w_j = \{w_{jt}, t = \overline{1, s_j}, j = \overline{1, m}\}$  – коэффициенты относительной важности частных критериев.

$C \rightarrow [-100, 100]$  – набор функций и инструментов, позволяющих перевести показатели критериев в нормированную шкалу от –100 до 100.

Таким образом, процесс оценки влияния методов оптимизации на скорость загрузки веб-страницы можно описать в виде модели

$$M_{\text{опт}} = (Q, U, X, Y, W, K, C),$$

где результатом работы модели является измерение изменения скорости загрузки страницы после применения конкретного метода оптимизации.

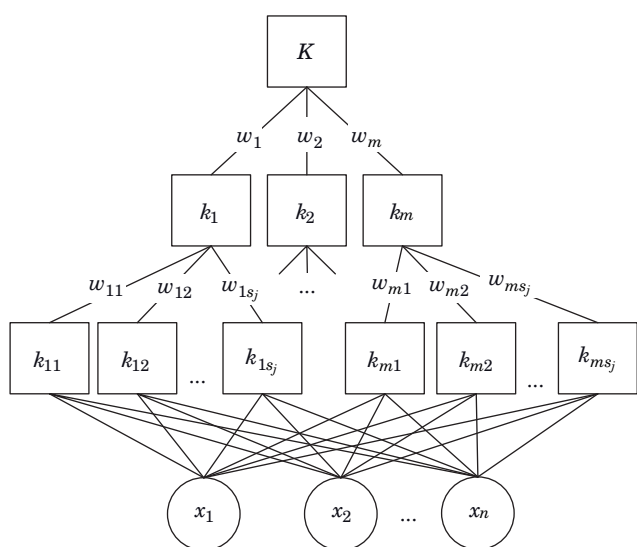
Описание процесса анализа включает несколько последовательных этапов. Сначала производится выбор исследуемого веб-сайта ( $Q$ ) и конкретной страницы ( $U$ ). Измеряем количественные и качественные критерии ( $K$ ) до применения метода оптимизации и после ( $X$ ). Полученные данные ( $Y$ ) подвергаются обработке с применением специальных инструментов ( $C$ ), позволяющих привести их к единой шкале оценки. Далее выполняется учет весов критериев ( $W$ ), что необходимо для получения объективных результатов. Итоговый анализ позволяет определить, насколько каждый метод оптимизации повлиял на скорость загрузки страницы, выявить возможные улучшения или ухудшения, и оценить степень изменений. Иерархия критериев и подкритериев представлена на рис. 1.

Пусть  $f(x)$  – целевая функция, которая обеспечивает выбор наилучших альтернатив:

$$f(x) = \max(f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)),$$

$$f(x) \rightarrow [-100, 100],$$

где  $f(x_i)$  – результирующий вектор оценки альтернативы  $x_i \in X$  ( $x_i$  – конкретный метод опти-



■ **Рис. 1.** Иерархическая модель критериев  
 ■ **Fig. 1.** Hierarchical criteria model

мизации веб-страницы) в соответствии с интегральным критерием  $K$ , т. е.  $f(x_i) \rightarrow K(x_i)$ .

Таким образом, целью модели является определение метода оптимизации  $x_i$ , который максимизирует положительное влияние на скорость загрузки, при этом минимизируя возможное негативное воздействие. Влияние каждого метода оптимизации оценивается на основе нескольких критериев, определяющих производительность на различных уровнях:

$$K(x_i) = (p(x_i), W),$$

где  $K(x_i)$  – интегральная оценка альтернатив (метода оптимизации)  $x_i$ ;  $p(x_i)$  – разница между значением метрики до и после применения метода оптимизации;  $W$  – веса критериев, определяющие их относительную значимость. Таким образом, итоговая оценка  $K(x_i)$  зависит от измеренных данных о скорости загрузки и приоритетности различных критериев.

Ограничения интегральной оценки гарантируют, что модель корректно интерпретирует случаи, когда метод оптимизации негативно влияет на скорость загрузки:

$$f(x_i) \geq -100 \text{ при условии } p(x_i) \geq -100.$$

Так как критерии имеют различное значение для общего результата, каждому из них присваивается вес:

$$w_j \geq 0, j = \overline{1, m}, \sum_{j=1}^m w_j = 1,$$

$$w_{jt} \geq 0, t = \overline{1, s_j}, \sum_{t=1}^{s_j} w_{jt} = 1,$$

где  $w_j$  – вес критерия  $j$ , отражающий его значимость в общей оценке метода оптимизации;  $m$  – общее количество критериев;  $s_j$  – количество подкритериев для критерия  $j$ ;  $w_{jt}$  – вес подкритерия  $t$  внутри критерия  $j$ .

Эти условия обеспечивают то, что каждый вес положителен или равен нулю ( $w_j \geq 0$ ) и сумма всех весов критериев равна 1, т. е. все критерии в совокупности дают 100 % значимости.

Мы выбираем такие методы оптимизации  $x_i$ , которые максимизируют интегральную оценку, т. е. наиболее положительно влияют на скорость загрузки:

$$X^* = \{x_i | K(x_i) \geq F, i = \overline{1, n}\},$$

где  $X^*$  – множество оптимальных методов оптимизации, отобранных на основе их влияния;  $K(x_i)$  – интегральная оценка метода оптимизации;  $F$  – пороговое значение, определяющее те методы оптимизации, которые считаются положительно влияющими на скорость загрузки.

Таким образом, отбираются все методы оптимизации, у которых  $K(x_i)$  превышает заранее заданный порог  $F$ , выбранный пользователем. Например, если  $F = 10$ , то будут выбраны все методы оптимизации, улучшающие скорость загрузки более чем на 10 единиц.

Предложенная модель представляет собой частный случай многокритериального анализа (МКА), используемого для принятия решений в условиях нескольких оцениваемых параметров. В отличие от классического подхода, в котором выбирается единственная оптимальная альтернатива, данный метод позволяет отбирать сразу несколько методов оптимизации, обладающих наибольшим положительным влиянием на скорость загрузки веб-страниц. Это расширяет применимость модели и делает ее полезной в случаях, когда оптимизация требует комбинированного внесения изменений.

### Применение разработанной иерархической модели критериев для выбора методов оптимизации скорости загрузки веб-страниц

Многокритериальный анализ представляет собой методологию принятия решений, ориентированную на учет нескольких критериев, которые могут быть конфликтующими. Этот подход используется для выбора оптимального решения

из множества альтернатив. В настоящем исследовании для реализации МКА применяется метод анализа иерархий Т. Саати, позволяющий структурировать задачу в виде иерархии критериев и альтернатив. В контексте повышения скорости загрузки веб-страниц МКА позволяет оценить эффективность различных методов оптимизации. Например, такие методы, как сжатие изображений или минимизация кода JavaScript и CSS-кода, могут различаться по уровню их влияния на скорость формирования страницы на веб-сервере и скорость отрисовки страницы в браузере клиента.

Воспользуемся критериями и иерархией, предложенной в работе [6]. Модель, описанная в данной работе, позволяет оценивать влияние любых изменений на веб-ресурсе на общую скорость загрузки, включая те, которые на первый взгляд с ней не связаны, — например, внедрение защиты от SQL-инъекций, как показано в работе [7]. На первом уровне иерархической модели находится ключевой критерий — скорость загрузки страницы ( $K$ ). Она определяется тремя сущностями, которые станут критериями второго уровня: серверным уровнем ( $k_1$ ), сетевым уровнем ( $k_2$ ), клиентским уровнем ( $k_3$ ).

Серверный уровень  $k_1$  отвечает за формирование страницы на сервере, включая выполнение скриптов и работу с базой данных. Сетевой уровень  $k_2$  описывает этапы передачи данных между клиентом и сервером такие, как установление соединения, передача запроса и получение ответа. Клиентский уровень  $k_3$  охватывает обработку страницы в браузере, включая отображение контента и взаимодействие пользователя с интерфейсом.

Серверный уровень включает такие метрики, как время генерации страницы, использование кеша, размер сжатой страницы и количество ошибок. Также учитываются количество запросов к базе данных и время их выполнения. Эти метрики не ограничиваются только реляционными базами данных и при необходимости могут быть применены к нереляционным базам данных. Эти показатели помогают оценить эффективность формирования ответа на сервере и выявить возможные узкие места. Количество ошибок и размер кеша не используются в иерархической модели критериев, поскольку они не оказывают прямого влияния на скорость загрузки страницы, а лишь помогают выявлять проблемы при ее формировании.

На сетевом уровне ключевыми метриками являются время поиска доменного имени, время установки защищенного соединения, задержка при установке соединения и скорость передачи данных. Эти показатели характеризуют сетевые взаимодействия между сервером и клиентом, ко-

торые напрямую влияют на общее время загрузки страницы.

Клиентский уровень включает метрики, оценивающие пользовательский опыт, такие, как FCP (First Contentful Paint — время первой отрисовки веб-страницы), LCP (Largest Contentful Paint — отрисовка крупнейшего элемента), TBT (Total Blocking Time — общий блокирующий интервал), CLS (Cumulative Layout Shift — кумулятивное смещение макета страницы) и SI (Speed Index — скорость отображения видимого контента). Эти параметры показывают, насколько быстро и плавно пользователь может взаимодействовать с загружаемым сайтом.

Иерархическая модель критериев представлена в виде схемы на рис. 2, где наглядно показаны уровни и метрики, обеспечивающие комплексную оценку всех этапов загрузки веб-страницы.

Итоговый балл изменения скорости будет рассчитан как взвешенная сумма критериев всех уровней. Представим модель в виде структуры формул:

$$K = w_1 \cdot k_1 + w_2 \cdot k_2 + w_3 \cdot k_3,$$

$$k_1 = w_{11} \cdot k_{11} + w_{12} \cdot k_{12} + w_{13} \cdot k_{13} + w_{14} \cdot k_{14},$$

$$k_2 = w_{21} \cdot k_{21} + w_{22} \cdot k_{22} + w_{23} \cdot k_{23} + w_{24} \cdot k_{24},$$

$$k_3 = w_{31} \cdot k_{31} + w_{32} \cdot k_{32} + w_{33} \cdot k_{33} + w_{34} \cdot k_{34} + w_{35} \cdot k_{35}.$$

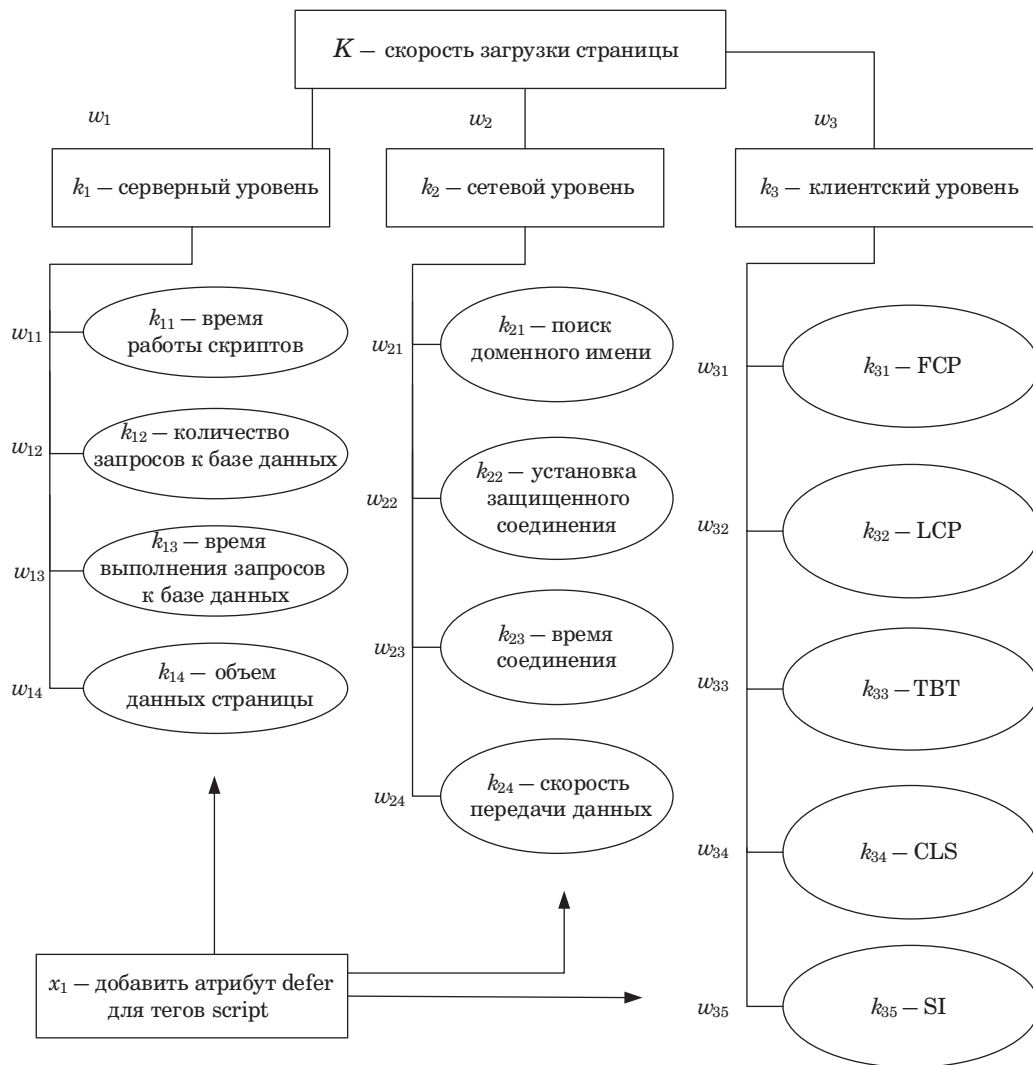
Следующим этапом построения иерархической модели критериев является распределение весов. Для частных критериев, относящихся к клиентскому уровню  $k_3$ , будут применены веса, предложенные в десятой версии инструмента Lighthouse, поскольку модель опирается на его метрики:

$$w_{31} = 0,1, w_{32} = 0,25, w_{33} = 0,3, w_{34} = 0,25, w_{35} = 0,1.$$

Для расчета весов частных критериев серверного и сетевого уровней применим метод парных сравнений. Он используется для оценки относительной важности или предпочтительности элементов. Пусть есть  $n$  элементов, которые нужно сравнить. Мы строим квадратную матрицу парных сравнений  $A$ , где каждая ячейка  $a_{jt}$  показывает, насколько элемент  $j$  важнее элемента  $t$ :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{13} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3n} \\ & & & \ddots & \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}.$$





■ **Рис. 2.** Иерархическая модель критериев  
 ■ **Fig. 2.** Hierarchical criteria model

Будем использовать шкалу от 1 до 9 для значений  $a_{jt}$ , где 1 – одинаковая значимость  $j$  и  $t$ ; 3 – некоторое преобладание значимости  $j$  над  $t$ ; 5 – существенная или сильная значимость  $j$  против  $t$ ; 7 – очень сильная или очевидная значимость  $j$  над  $t$ ; 9 – абсолютная значимость  $j$  против  $t$ ; 2, 4, 6, 8 – промежуточные значения между соседними значениями шкалы. Обратные значения в матрице парных сравнений рассчитываются как величины, обратные соответствующим прямым значениям ( $1/a_{jt}$ ). После составления матрицы ее необходимо проверить на согласованность. Подробнее о согласованности матриц изложено в работах [8, 9]. Так как оценка проводится на основании одной матрицы парных сравнений, составленной авторами статьи, для нахождения весов каждого элемента используется метод, основанный на корне четвертой степени от произведений элементов строки, нормированных на общую сумму.

Применим описанный метод для оценки относительной значимости частных критериев. Так, частный критерий серверного уровня  $k_{21}$  оказался более значимым, чем  $k_{22}$  и  $k_{23}$ , поскольку без корректного выполнения процесса поиска доменного имени дальнейшие шаги невозможны. Если сравнивать  $k_{21}$  с  $k_{24}$ , становится очевидным, что  $k_{24}$  более важен, так как основная масса времени уходит на загрузку данных, тогда как остальные этапы относительно кратковременны.

Критерий  $k_{22}$  превосходит  $k_{23}$  по значимости, так как процесс шифрования и обмена сертификатами требует больше ресурсов, чем простой обмен пакетами на этапе установки соединения. Однако по сравнению с  $k_{24}$  роль  $k_{22}$  менее значительна, так как длительность загрузки данных является основным показателем скорости доставки данных.

Критерий  $k_{23}$  в свою очередь уступает всем остальным. Этот этап достаточно быстрый и не

создает узких мест в процессе доставки данных. В сравнении с  $k_{24}$  критерий  $k_{23}$  демонстрирует наименьшую значимость, так как передача данных, особенно при больших объемах, влияет на общее время гораздо сильнее.

Итоговая матрица парных сравнений (табл. 1) рассчитана на основе вышеизложенных рассуждений.

Наибольший вес был у скорости передачи данных, за ним следуют DNS, TLS и время соединения. Округлим веса до сотых, получим

$$w_{21} = 0,19, w_{22} = 0,1, w_{23} = 0,05, w_{24} = 0,66.$$

Для анализа частных критериев  $k_1$  также проведем попарное сравнение. Уменьшение времени работы скриптов оказывает прямое и комплексное влияние на производительность, так как охватывает обработку данных, рендеринг и скорость взаимодействия. Уменьшение количества запросов к базе данных снижает нагрузку на нее, но эффективность скриптов имеет больший приоритет, поскольку медленные скрипты могут нивелировать выгоду от оптимизации запросов. Быстродействие скриптов важнее оптимизации времени выполнения запросов, так как общее время работы скриптов охватывает больший спектр операций. Снижение объема данных страницы ускоряет передачу по сети, но это дает небольшой эффект, если основное время загрузки уходит на выполнение скриптов.

Уменьшение времени выполнения запросов к базе данных имеет более прямое влияние на производительность, так как медленные запросы могут вызвать значительные задержки даже при их небольшом количестве. Снижение количества запросов к базе данных важно для уменьшения нагрузки на сервер, особенно в системах с высокой активностью. Уменьшение объема данных страницы улучшает скорость передачи данных между сервером и клиентом, но избыточные запросы к базе данных оказывают большее влияние на общую производительность.

Уменьшение времени выполнения запросов к базе данных ускоряет обработку данных на сервере, минимизируя задержки в формирова-

нии страницы, что важно для работы с большими базами данных. Уменьшение объема данных страницы улучшает передачу данных по сети, но не компенсирует медленное выполнение запросов. Эти рассуждения легли в основу матрицы парных сравнений (табл. 2).

Наибольший вес был присвоен времени работы скриптов и времени выполнения запросов к базе данных — оба критерия оказывают прямое влияние на скорость формирования страницы. За ним следует количество запросов к базе данных — избыточное количество запросов может существенно замедлить работу системы. Наименьший вес получил объем созданной страницы. Округлив веса до сотых, получим

$$w_{11} = 0,39, w_{12} = 0,15, w_{13} = 0,39, w_{14} = 0,07.$$

Для критериев второго уровня иерархической модели также была составлена матрица парных сравнений. В ней критерий  $k_3$  оценен как более значимый по сравнению с  $k_2$ . Это объясняется тем, что методы оптимизации веб-страницы, такие как отложенная загрузка изображений или применение фасадов, способны оптимизировать загрузку страницы, уменьшая объем передаваемых данных. Такой подход снижает зависимость от характеристик передачи данных и компенсирует возможные задержки, делая влияние критерия  $k_3$  более значимым. Влияние остальных критериев было оценено как равнозначное, так как по отношению к общей производительности системы оно носит взаимосвязанный и сбалансированный характер. Такое распределение весов отражает сравнительную важность каждого критерия в контексте формирования страницы. Получившаяся матрица парных сравнений приведена в табл. 3.

Наибольший вес получил клиентский уровень, так как его оптимизация позволяет уменьшить объем передаваемых данных и компенсировать сетевые задержки. Серверный уровень уступает ему по значимости, но превосходит сетевой уровень, влияние которого оказалось наименьшим:

$$w_1 = 0,33, w_2 = 0,26, w_3 = 0,41.$$

■ **Таблица 1.** Парные сравнения частных критериев  $k_2$   
 ■ **Table 1.** Pairwise comparisons of partial criteria  $k_2$

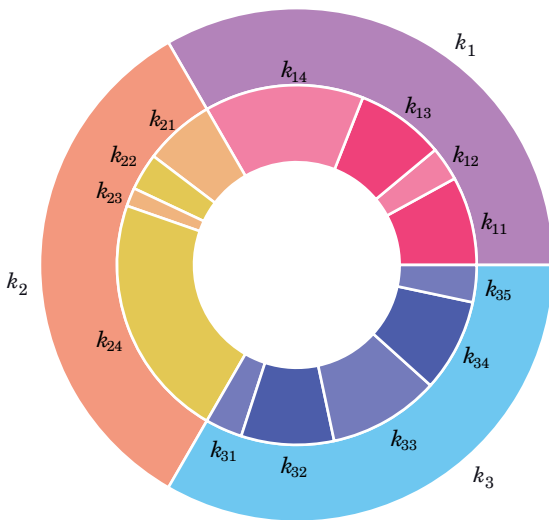
	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$	$k_{24}$
$k_{21}$	1	2	4	1/4
$k_{22}$	1/2	1	2	1/8
$k_{23}$	1/4	1/2	1	1/9
$k_{24}$	4	8	9	1

■ **Таблица 2.** Парные сравнения частных критериев  $k_1$   
 ■ **Table 2.** Pairwise comparisons of partial criteria  $k_1$

	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$
$k_{11}$	1	3,00	1,00	5,00
$k_{12}$	0,33	1	0,33	3,00
$k_{13}$	1,00	3,00	1	5,00
$k_{14}$	0,20	0,33	0,20	1

■ **Таблица 3.** Парные сравнения критериев  
 ■ **Table 3.** Pairwise comparisons of criteria

	$k_1$	$k_2$	$k_3$
$k_1$	1	1,00	1,00
$k_2$	1,00	1	0,50
$k_3$	1,00	2,00	1



■ **Рис. 3.** Распределение весов критериев иерархической модели для уровней 2 и 3  
 ■ **Fig. 3.** Distribution of criteria weights of the hierarchical model for levels 2 and 3

Распределение весов критериев иерархической модели визуализировано на рис. 3. Подставив числовые коэффициенты, получим математическую формулу, описывающую иерархическую модель критериев:

$$K = 0,33 \cdot (0,39 \cdot k_{11} + 0,15 \cdot k_{12} + 0,39 \cdot k_{13} + 0,07 \cdot k_{14}) + 0,26 \cdot (0,19 \cdot k_{21} + 0,1 \cdot k_{22} + 0,05 \cdot k_{23} + 0,66 \cdot k_{24}) + 0,41 \cdot (0,1 \cdot k_{31} + 0,25 \cdot k_{32} + 0,3 \cdot k_{33} + 0,25 \cdot k_{34} + 0,1 \cdot k_{35}),$$

где значение каждого частного критерия  $k_{jt}$  рассчитывается как разность между значениями метрики до ( $b_{jt}$ ) и после ( $z_{jt}$ ) применения метода оптимизации. Если уменьшение численного значения метрики положительно влияет на скорость загрузки страницы (например, уменьшилось число запросов к базе данных),  $k_{jt} = b_{jt} - z_{jt}$ . Если положительный эффект достигается при увеличении метрики (например, возросла скорость передачи данных), то  $k_{jt} = z_{jt} - b_{jt}$ . Результат выражается в баллах от -100 до 100.

### Оценка методов по иерархической модели критериев

Рассмотрим применение иерархической модели критериев для поиска оптимальных методов оптимизации скорости загрузки веб-страницы на примере сайта chef2you.ru, разработанного авторами статьи для проведения эксперимента. Для оптимизации возьмем типовую страницу <https://chef2you.ru/retsept/lenivaia-pasta-s-miasom-i-ovoshhami>.

На основании рассмотренных работ [10–19] мы выделили 14 методов по улучшению скорости загрузки сайтов, применимых к нашему сайту: отложенная загрузка JavaScript-файлов, подключение JavaScript-файлов в конце HTML-кода; асинхронная загрузка JavaScript-файлов; минифицированный CSS- и JavaScript-код; сжатие медиафайлов (изображений, видео, аудио); критические CSS в начале страницы; не критические стили после блоков, для которых они написаны; разные по размеру изображения для разных размеров экрана; декларация размеров изображений через width и height; удаление устаревших или неиспользуемых html-тегов; отложенная загрузка медиаконтента («ленивая загрузка», фасады); локализация внешних ресурсов или предварительное подключение к внешним ресурсам; перемещение внешних файлов CSS и JavaScript размером до 1 КБ внутрь HTML; оптимизация шрифтов (формат, способ подключения). В рассмотренных материалах было предложено большее количество методов, но мы выбрали только те из них, которые могут быть применены к экспериментальному сайту chef2you.ru. Так, например, метод оптимизации, заключающийся в объединении нескольких маленьких изображений в одно большое, неприменим, так как на сайте chef2you.ru нет таких изображений.

Для измерения частных критериев  $k_1$  используется Middleware, измеряющий количество запросов к базе данных, их длительность и время генерации страницы (данные добавляются в html-код страницы). Вес страницы оценивается через консоль браузера. Для измерения частных критериев  $k_2$  используется служебная программа curl. Для измерения  $k_3$  используется Lighthouse.

При измерении частных критериев  $k_2$  следует учитывать, что скорость может отличаться в зависимости от состояния сети, к которой подключено устройство, проводившее проверку. Это показывают авторы статьи [20]. Ни один из 14 перечисленных методов оптимизации не влияет на критерий  $k_2$  и его частные критерии, поэтому в расчетах изменение состояния  $k_2$  всегда будет равно нулю.

Частный критерий  $k_{12}$  всегда равен нулю, так как количество запросов к базе данных не менялось при применении методов оптимизации

(всегда 34 запроса). Критерии  $k_{13}$  и  $k_{11}$  равны нулю, так как изменения в их метриках являются статистически незначимыми. Это было доказано путем проведения дисперсионного анализа (ANOVA) [21].

Для измерения изменения метрики объема данных страницы воспользуемся формулой арктангенсной нормализации с учетом значимого изменения, выведенной авторами статьи:

$$k_{14} = \frac{\arctan((b_{14} - z_{14}) \cdot d)}{\pi / 2} \cdot 100.$$

Формула основана на способе нормализации функции через арктангенс, описанном в статье [22]. Положительным влиянием на скорость загрузки страницы считается уменьшение размера страницы. Чтобы отразить это в формуле, из размера страницы до применения метода оптимизации вычитается вес страницы после применения метода оптимизации ( $b_{14} - z_{14}$ ) в килобайтах. Функция позволяет управлять степенью значимости изменения метрики ( $b_{14} - z_{14}$ ) с помощью параметра  $d$ , сохраняя при этом свойства монотонности и ограниченности функции. Для приведения диапазона значений функции  $[-\pi/2; +\pi/2]$  к диапазону  $[-1; +1]$  результат  $\arctan((b_{14} - z_{14}) \cdot d)$  делится на  $\pi/2$ . Так как все критерии в рассматриваемой модели лежат в диапазоне  $[-100; +100]$ , применяется масштабирование, результат умножается на 100.

Таким образом, в нашей формуле  $d$  является коэффициентом значимости, равным 0,000617, при котором изменение веса страницы на 10 МБ даст оценку влияния 90 баллов из 100. Такая формула позволит измерить изменение веса страницы в диапазоне от 0 до 100. Например, исходный размер оптимизируемой страницы равен 13,60 КБ, после внедрения первого метода оптимизации размер страницы стал 14,80 КБ. Изменение размера составило 1,20 КБ, что дает -0,05 балла для МКА.

Рассмотрим влияние методов оптимизации веб-страницы на скорость ее загрузки. Первый метод заключается в отложенной загрузке скриптов. Для этого на страницу добавляется код, организующий очередь из задач загрузки js скриптов и выполнения js функций, которые начинают исполняться после определенного момента (в данном случае после полной загрузки страницы без скриптов). Эффективность описанного метода заметна при разделении массива кода с высоким временем исполнения. Однако тестовый сайт не имел таких проблем изначально, поэтому по данным Lighthouse скорость загрузки страницы увеличилась незначительно, с 47,67 (табл. 4) до 48,67 (табл. 5).

Подставим данные измерения в иерархическую модель критериев. Как было упомяну-

■ **Таблица 4.** Метрики для параметра  $k_3$  и его частных параметров до применения первого метода оптимизации на настольных устройствах

■ **Table 4.** Metrics for parameter  $k_3$  and its private parameters before applying the first optimization method on desktop devices

Значение	Номер теста			Среднее
	1	2	3	
$b_{31}$ для $k_{31}$ (FCP)	98	96	96	96,67
$b_{32}$ для $k_{32}$ (LCP)	6	3	6	5
$b_{33}$ для $k_{33}$ (TBT)	7	15	7	9,67
$b_{34}$ для $k_{34}$ (CLS)	99	99	100	99,33
$b_{35}$ для $k_{35}$ (SI)	87	81	96	88
Оценка Lighthouse	47	48	48	47,67

■ **Таблица 5.** Метрики для параметра  $k_3$  и его частных параметров после применения первого метода оптимизации на настольных устройствах

■ **Table 5.** Metrics for parameter  $k_3$  and its private parameters after applying the first optimization method on desktop devices

Значение	Номер теста			Среднее
	1	2	3	
$z_{31}$ для $k_{31}$ (FCP)	97	90	98	95
$z_{32}$ для $k_{32}$ (LCP)	4	4	4	4
$z_{33}$ для $k_{33}$ (TBT)	7	15	21	14,33
$z_{34}$ для $k_{34}$ (CLS)	99	99	99	99
$z_{35}$ для $k_{35}$ (SI)	97	91	95	94,33
Оценка Lighthouse	47	48	51	48,67

то ранее,  $k_2 = 0$ , так как все частные критерии  $k_{21} - k_{24}$  равны нулю. Критерий  $k_{14}$  был вычислен с помощью формулы арктангенсной нормализации с учетом значимого изменения (нужно было выразить изменение размера файла в килобайтах баллами от -100 до 100). Найти частные критерии  $k_{31} - k_{35}$  можно путем вычитания из значеный метрик после применения метода оптимизации ( $z_{jt}$ ) значений метрик до применения метода оптимизации ( $b_{jt}$ ). Lighthouse предоставляет значения метрик, выраженные в баллах от 0 до 100, поэтому приводить его оценку к 100-балльной шкале не требуется. Позитивным влиянием считается увеличение значений метрик по Lighthouse после применения метода оптимизации:

$$k_{3t} = z_{3t} - b_{3t};$$

$$k_{31} = 95 - 96,67 = -1,67;$$

$$k_{32} = 4 - 5 = -1;$$



$$k_{33} = 14,33 - 9,67 = 4,66;$$

$$k_{34} = 99 - 99,33 = -0,33;$$

$$k_{35} = 94,33 - 88 = 6,33;$$

$$k_1 = 0,39 \cdot 0 + 0,15 \cdot 0 + 0,39 \cdot 0 + 0,07 \cdot (-0,05) = -0,04;$$

$$k_3 = 0,1 \cdot (-1,67) + 0,25 \cdot (-1) + 0,3 \cdot 4,66 + 0,25 \cdot (-0,33) + 0,1 \cdot 6,33 = 1,53;$$

$$K = 0,33 \cdot (-0,04) + 0,26 \cdot 0 + 0,41 \cdot 1,53 = 0,6.$$

По аналогии были оценены остальные методы оптимизации для мобильных и настольных устройств (рис. 4).

Метод отложенной загрузки медиаконтента («ленивая загрузка», фасады) показал наибольшую эффективность по сравнению с другими методами оптимизации. После его внесения можно повторно рассчитать оценку для оставшихся методов оптимизации. Метод, показывающий наибольшую эффективность, можно применять для оптимизации скорости загрузки страницы.

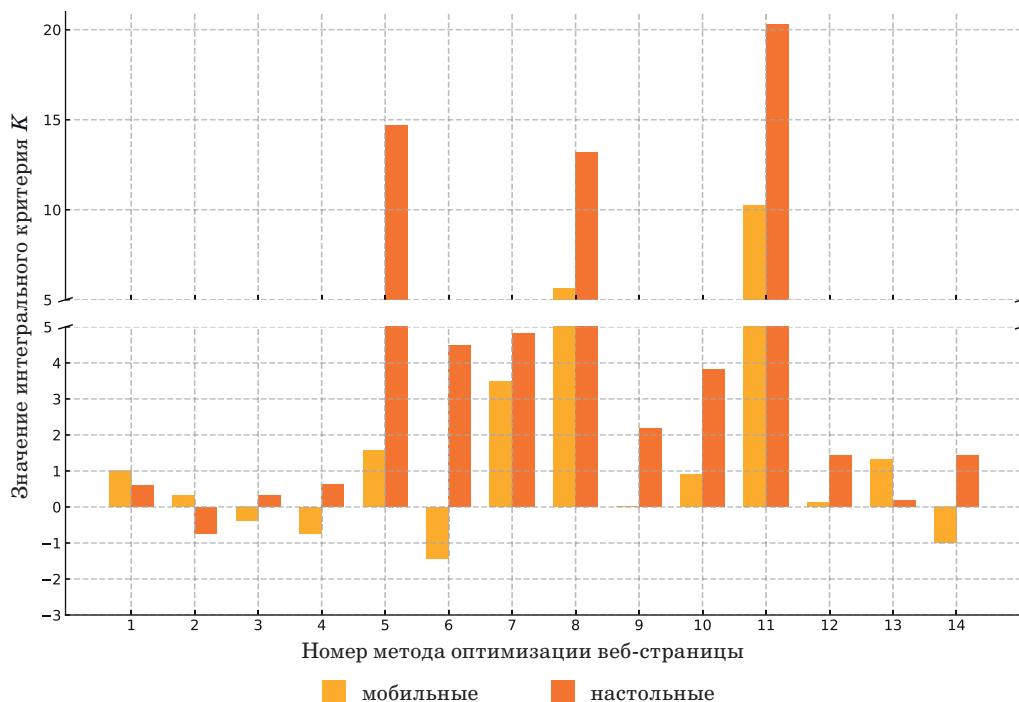
### Влияние методов на поведение пользователей

Для проверки влияния предложенных методов оптимизации загрузки веб-страниц был разработан единый веб-ресурс на базе Laravel,

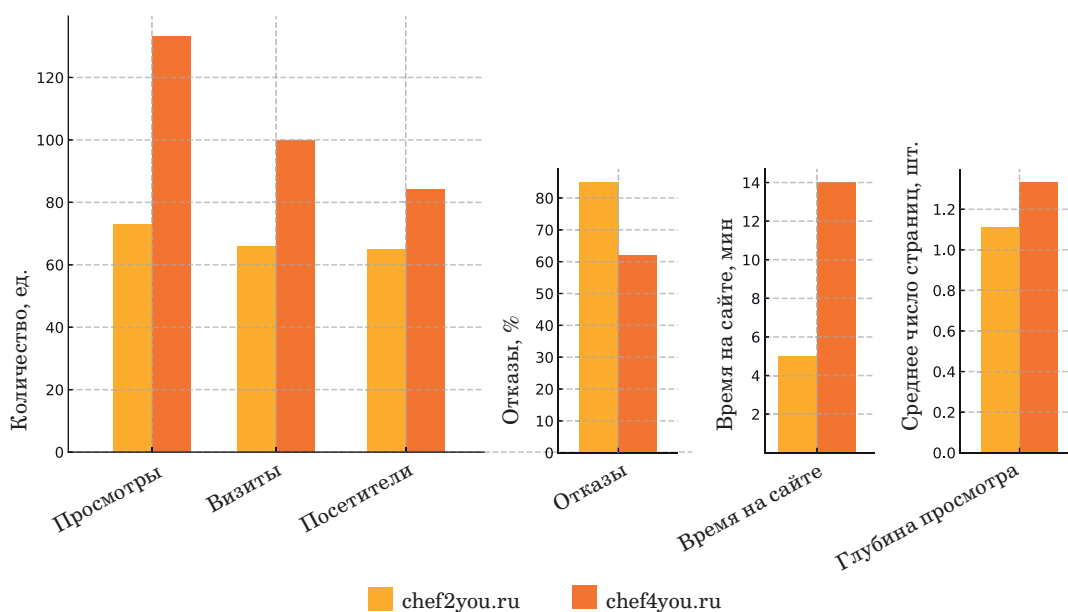
включающий два отдельных шаблона. Каждый шаблон подключен к своему набору данных (текста и изображений, чтобы избежать дублирования контента в глазах поисковых систем) и размещен на отдельном домене. Таким образом, с точки зрения пользователей и поисковых систем это два независимых сайта. Оба шаблона визуально идентичны и содержат одинаковую по смыслу информацию – страницы с рецептами блюд.

Первый шаблон реализован без учета методов оптимизации веб-страниц и подключен к домену chef2you.ru (на его странице в предыдущем разделе были произведены замеры эффективности методов оптимизации). Второй шаблон был сделан позже и подключен к домену chef4you.ru. Он реализует методы оптимизации, набравшие больше 10 баллов положительного влияния на скорость загрузки страницы (отложенная загрузка медиаконтента, сжатие медиафайлов, разные по размеру изображения для разных размеров экрана) на основании анализа страницы сайта chef2you.ru.

В процессе разработки сайты были закрыты от индексации для поисковых систем через правила в файле robots.txt. После окончания разработки сайты были одновременно открыты для индексации, добавлены в Google Search Console и Яндекс Вебмастер. На сайты были установлены скрипты Яндекс Метрики – это инструмент



■ **Рис. 4.** Результаты оценки влияния методов оптимизации на скорость загрузки веб-страницы  
 ■ **Fig. 4.** Results of the evaluation of the impact of optimization methods on the loading speed of a web page



■ **Рис. 5.** Статистика посещаемости сайтов  
 ■ **Fig. 5.** Website traffic statistics

веб-аналитики, позволяющий отслеживать множество показателей сайта, среди которых статистика визитов. По итогу наблюдений за сайтами в течение трех месяцев (четвертый квартал 2024 года) были получены данные, представленные на рис. 5.

По статистике видно, что сайт chef4you.ru превосходит сайт chef2you.ru по всем основным показателям. Это доказывает влияние скорости загрузки веб-страницы на поведение ботов и пользователей. Исходя из того, что сайты отличаются только технической реализацией, можно сделать вывод, что пользователи и боты предпочитают выбирать сайты, соблюдающие советы по оптимизации скорости загрузки.

### Заключение

Разработанная иерархическая модель критериев может быть полезна как для оптимизации существующих веб-ресурсов, так и для планирования новых проектов. Благодаря такой модели

разработчики, аналитики и владельцы сайтов могут принимать более обоснованные решения, направленные на повышение скорости загрузки страниц, улучшение пользовательского опыта и, как следствие, достижение лучших результатов в удержании посетителей на целевом ресурсе.

Следует отметить, что не все методы оптимизации применимы к различным типам сайтов. Например, сайты, созданные с помощью визуальных конструкторов, ограничены в возможностях прямой настройки серверной части и в изменении кода, генерирующего страницу. Однако модель сохраняет свою актуальность и в этих случаях. Она позволяет использовать и оценивать эффективность тех методов, которые доступны на выбранной платформе. В случае недоступности некоторых метрик (например, времени запросов) можно воспользоваться приближенными оценками или принять нулевые значения, сохранив возможность корректного сравнения различных методов. Это делает модель универсальным инструментом анализа в широком спектре веб-разработки.

### Литература

1. Долгова Н. Э., Долгов И. М. Эволюция Web3 и интернет-реклама: от зарождения Интернета до современных трендов и экономических последствий. *Экономика и управление: проблемы, решения*, 2024, т. 1, № 9(150), с. 149–157. doi:10.36871/ek.чр.p.r.2024.09.01.015, EDN: CWGKUV

2. Драч В. Е., Ильичев В. Ю. Эффективные способы повышения рейтинга сайта в Google. *Системный администратор*, 2021, № 10(227), с. 84–88. EDN: FYPPKO

3. Китаев Е. Л., Скорнякова Р. Ю. Использование микроразметок для добавления в контент веб-страницы данных внешних ресурсов. *Электронные библиотеки*, 2020, т. 23, № 3, с. 494–513. <https://>

- elbib.ru/article/view/597 (дата обращения: 26.03.2025). doi:10.26907/1562-5419-2020-23-3-494-513, EDN: ORWZXC
4. **Полухин Н. В., Эккерт Н. В., Козлов В. В.** Информационные предпочтения пациентов в контексте коммуникации на веб-сайтах медицинских организаций. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, т. 13, № 5, с. 226–246. doi:10.12731/2658-6649-2021-13-5-226-246, EDN: SIDPPS
  5. **Özkan B., Özceylan E., Kabak M., Dağdeviren M.** Evaluating the websites of academic departments through SEO criteria: A hesitant fuzzy linguistic MCDM approach. *Artificial Intelligence Review*, 2020, vol. 53, no. 2, pp. 875–905. doi:10.1007/s10462-019-09681-z
  6. **Жуков С. В., Ковалева О. А., Ковалев С. В.** Концептуальная модель загрузки веб-страницы. *Информационные технологии и вычислительные системы*, 2024, № 2, с. 26–36. doi:10.14357/20718632240203, EDN: LWCJNC
  7. **Баранова Е. М., Баранов А. Н., Борзенкова С. Ю., Васин К. И., Переязбов В. С.** Современные тенденции защиты баз данных веб-приложений от SQL инъекций. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*, 2023, № 12, с. 492–495. doi:10.24412/2071-6168-2023-12-492-493, EDN: GLVPBS
  8. **Лубенцова Е. В., Ожогова Е. В., Лубенцов В. Ф., Шахрай Е. А., Масютина Г. В.** Метод согласованности матриц парных сравнений на основе компонент их максимальных собственных чисел. *Современные наукоемкие технологии*, 2020, № 7, с. 78–83. doi:10.17513/snt.38138, EDN: DJHVKM
  9. **Рычаго М. Е., Хорошева А. В.** Некоторые особенности применения метода парных сравнений при динамическом изменении количества альтернатив в иерархической структуре данных. *Перспективы науки*, 2022, № 1(148), с. 14–18. EDN: YDEDZY
  10. **Жуков С. В., Ковалева О. А., Ковалев С. В.** Анализ и разработка алгоритмов, оптимизирующих компоновку html документа для браузеров. *Информационные технологии и вычислительные системы*, 2023, № 3, с. 114–126. doi:10.14357/20718632230312, EDN: VITVWW
  11. **Максимов Я. А., Мартышкин А. И.** Возможности оптимизации производительности веб-приложений. *Современные информационные технологии*, 2024, № 39(39), с. 189–192. EDN: INPFTW
  12. **Галимуллин Н. Р., Гузуева Э. Р.** Разработка интерактивных веб-приложений с использованием современных javascript фреймворков. *Экономика и управление: проблемы, решения*, 2024, т. 7, № 11(152) с. 167–178. doi:10.36871/ek.up.p.r.2024.11.07.017, EDN: BQEUGL
  13. **Ильин А. Ю., Плотников С. Б.** Использование предиктивного анализа пользовательского поведения для повышения скорости реактивной загрузки клиентской части веб-приложения. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2025, № 1-3(100), с. 140–143. doi:10.24412/2500-1000-2025-1-3-140-143, EDN: OUIRVA
  14. **Гридин В. Н., Анисимов В. И., Васильев С. А.** Методы повышения производительности современных веб-приложений. *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2020, № 2(212), с. 193–200. doi:10.18522/2311-3103-2020-2-193-200, EDN: BGUPQL
  15. **Чимидов Д. Б., Эляев О. А., Эренженова Э. Э., Лиджиева З. А., Цебеков С. И., Кирсанова В. Л., Баркуева Е. В.** Анализ и оптимизация производительности веб-приложений. *Экономика и предпринимательство*, 2024, № 8(169), с. 1139–1142. doi:10.34925/EIP.2024.169.8.213, EDN: EGFSLL
  16. **Маскинскова У. В., Ямашкин С. А., Медянкин И. В., Сидорин А. В., Ермолаев М. Е.** Разработка и оптимизация веб-ресурса с функциями социальной сети. Описание ролей с анализом данных и учетом показаний мониторинга автоматизированной системы. *Научно-технический вестник Поволжья*, 2024, № 1, с. 96–98. EDN: NGPCVH
  17. **Присяжный А. О.** Оптимизация кроссбраузерной эффективности высокопосещаемых веб-приложений. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*, 2024, № 7-2, с. 163–167. doi:10.37882/2223-2966.2024.7-2.29, EDN: PBUWCS
  18. **Торопкин Р. А., Зиновьев Я. В., Рассказов Н. С., Митрохин М. А.** Технологии оптимизации работы сайта на примере аналитической системы публикационной активности Пензенского государственного университета. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 2020, № 4(36), с. 71–78. doi:10.21685/2227-8486-2020-4-7, EDN: WMRUQA
  19. **Горячкин Б. С., Ханмурзин Т. И.** Повышение эффективности работы с веб-ресурсом за счет инструментария системного программиста. *Динамика сложных систем – XXI век*, 2022, т. 16, № 3, с. 26–39. doi:10.18127/j19997493-202203-03, EDN: OVVCQU
  20. **Хорошко М. Б., Джавад Х. А.** Изменение скорости подключения к интернету в зависимости от количества сетей на одном WI-FI канале. *Инженерный вестник Дона*, 2020, № 8(68), с. 290–298. EDN: GJRTDM
  21. **Дисперсионный анализ (ANOVA).** <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/734258/> (дата обращения: 08.03.2025).
  22. **Старовойтов В. В., Голуб Ю. И.** Нормализация данных в машинном обучении. *Информатика*, 2021, т. 18, № 3, с. 83–96. doi:10.37661/1816-0301-2021-18-3-83-96, EDN: JКАНKM

UDC 004.052.42

doi:10.31799/1684-8853-2025-4-45-57

EDN: LPNYCL

### Multi-criteria analysis of web page optimization methods and their impact on search engine rankings

S. V. Zhukov<sup>a</sup>, Post-Graduate Student, orcid.org/0009-0003-8954-8565

O. A. Kovaleva<sup>a</sup>, Dr. Sc., Tech., Associate Professor, orcid.org/0000-0003-0735-6205, solomina-oa@yandex.ru

S. V. Kovalev<sup>a</sup>, Dr. Sc., Tech., Associate Professor, orcid.org/0000-0002-5961-7561

<sup>a</sup>Derzhavin Tambov State University, 33, Internatsionalnaya St., 392000, Tambov, Russian Federation

**Introduction:** Web page loading speed is one of the critical factors influencing website rankings in search engines. Slow loading negatively impacts user experience; consequently, it may lead to losing potential customers and decreasing conversions. Moreover, in an increasingly competitive environment, speed optimization becomes an essential part of effective website development, directly affecting a site's success online. **Purpose:** To perform a multi-criteria analysis for identifying the most effective web page speed optimization methods for a specific website. **Results:** We develop a hierarchical model of criteria to evaluate the effectiveness of various optimization methods, incorporating server-side, network, and client-side indicators for webpage loading speed. In addition, we analyze webpage optimization methods using a specific website as an example. The results demonstrate that implementing deferred media content loading (lazy loading) provides the most significant improvement. Certain optimization methods show no meaningful impact on the server-side and network performance criteria. Based on these findings, we have created a second website employing the most effective webpage optimization techniques. As a result of a comparative experiment, the optimized website demonstrates substantial improvements across all key metrics, such as the number of visits, duration of visits, page views per session, and a decrease in bounce rate. **Practical relevance:** The benefits of this study and the proposed model enable developers to make informed decisions when selecting the most effective methods to optimize web page loading speed.

**Keywords** – web page loading speed, web page optimization, multi-criteria analysis, paired comparison method, search engine optimization, behavioral factors, web development.

**For citation:** Zhukov S. V., Kovaleva O. A., Kovalev S. V. Multi-criteria analysis of web page optimization methods and their impact on search engine rankings. *Informatsionno-upravliayushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2025, no. 4, pp. 45–57 (In Russian). doi:10.31799/1684-8853-2025-4-45-57, EDN: LPNYCL

#### References

- Dolgova N. E., Dolgov I. M. The evolution of Web3 and internet advertising: From the birth of the Internet to modern trends and economic impacts. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2024, vol. 1, no. 9(150), pp. 149–157 (In Russian). doi:10.36871/ek.up.p.r.2024.09.01.015, EDN: CWGKUV
- Drach V. E., Ilichev V. Y. Development of software tools to enlarge images using their fractal properties. *Sistemnyy administrator*, 2021, no. 10(227), pp. 84–88 (In Russian). EDN: FYPPKO
- Kitaev E. L., Skorniyakova R. Yu. Leveraging semantic markups for incorporating external resources data to the content of a web page. *Russian Digital Libraries Journal*, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 494–513. Available at: <https://elbib.ru/article/view/597> (accessed 26 March 2025) (In Russian). doi:10.26907/1562-5419-2020-23-3-494-513, EDN: ORWZXC
- Polukhin N. V., Ekkert N. V., Kozlov V. V. Patient perspective on healthcare facilities websites communication elements. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 226–246 (In Russian). doi:10.12731/2658-6649-2021-13-5-226-246, EDN: SIDPPS
- Ozkan B., Özceylan E., Kabak M., Dağdeviren M. Evaluating the websites of academic departments through SEO criteria: A hesitant fuzzy linguistic MCDM approach. *Artificial Intelligence Review*, 2020, vol. 53, no. 2, pp. 875–905. doi:10.1007/s10462-019-09681-z
- Zhukov S. V., Kovaleva O. A., Kovalev S. V. Conceptual model of web page loading. *Journal of Information Technologies and Computing Systems*, 2024, no. 2, pp. 26–36 (In Russian). doi:10.14357/20718632240203, EDN: LWCJNC
- Baranova E. M., Baranov A. N., Borzenkova S. Yu., Vasin K. I., Perezyabov V. S. Current trends in database protection web applications from SQL injection. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki*, 2023, no. 12, pp. 492–495 (In Russian). doi:10.24412/2071-6168-2023-12-492-493, EDN: GLVPBS
- Lubentsova E. V., Ozhogova E. V., Lubentsov V. F., Shakhray E. A., Masyutina G. V. Method of matching paired comparison matrices based on components of their maximum eigenfrequency numbers. *Sovremennyye naukoemykiye tekhnologii*, 2020, no. 7, pp. 78–83 (In Russian). doi:10.17513/snt.38138, EDN: DJHVKM
- Rychago M. E., Khorosheva A. V. Some aspects of the application of the method of paired comparisons with a dynamic change in the number of alternatives in the hierarchical data structure. *Science Prospects*, 2022, no. 1(148), pp. 14–18 (In Russian). EDN: YDEDZY
- Zhukov S. V., Kovaleva O. A., Kovalev S. V. Analysis and development of algorithms that optimize the layout of the html document for browsers. *Journal of Information Technologies and Computing*, 2023, no. 3, pp. 114–126 (In Russian). doi:10.14357/20718632230312, EDN: VITVWW
- Maximov YA. A., Martyshekin A. I. Possibilities of web applications performance optimisation. *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii*, 2024, no. 39(39), pp. 189–192 (In Russian). EDN: INPFTW
- Galimullin N. R., Guzueva E. R. Developing interactive web applications using modern javascript frameworks. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2024, vol. 7, no. 11, pp. 167–178 (In Russian). doi:10.36871/ek.up.p.r.2024.11.07.017, EDN: BQEUGL
- Ilyin A. Y., Plotnikov S. B. Using predictive analysis of user behavior to increase the speed of reactive loading of the client part of the web application. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2025, no. 1-3(100), pp. 140–143 (In Russian). doi:10.24412/2500-1000-2025-1-3-140-143, EDN: OUIRVA
- Gridin V. N., Anisimov V. I., Vasilev S. A. Methods of improving performance of modern web-applications. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 2020, no. 2(212), pp. 193–200 (In Russian). doi:10.18522/2311-3103-2020-2-193-200, EDN: BGUPQL
- Chimidov D. B., Elyayev O. A., Erenzhenova E. E., Lidzheva Z. A., Tsebekov S. I., Kirsanova V. L., Barkueva E. V. Analysis and optimization of web application performance. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 2024, no. 8(169), pp. 1139–1142 (In Russian). doi:10.34925/EIP.2024.169.8.213, EDN: EGFSL
- Maskinskova U. V., Yamashkin S. A., Medyankin I. V., Sidorin A. V., Ermolaev M. E. Development and optimization of a web resource with social network functions. Description of roles with data analysis and taken into account of automated system monitoring indications. *Scientific and Technical Volga region Bulletin*, 2024, no. 1, pp. 96–98 (In Russian). EDN: NGPCVH
- Prisyazhnyy A. O. Optimization of cross-browser efficiency of highly visited web applications. *Sovremennaya nauka: aktualnyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki*, 2024, no. 7-2, pp. 163–167 (In Russian). doi:10.37882/2223-2966.2024.7-2.29, EDN: PBUWCS
- Toropkin R. A., Zinov'yev YA. V., Rasskazov N. S., Mitrokhin M. A. Site optimization technologies on the example of the analytical system of publishing activity of Penza State Uni-



- versity. *Models, Systems, Networks in Economics, Engineering, Nature and Society*, 2020, no. 4(36), pp. 71–78 (In Russian). doi:10.21685/2227-8486-2020-4-7, EDN: WMRUQA
19. Goryachkin B. S., Khanmurzin T. I. Improving the efficiency of working with a web resource due to the tools of a system programmer. *Dynamics of Complex Systems – XXI Century*, 2022, vol. 16, no. 3, pp. 26–39 (In Russian). doi:10.18127/j19997493-202203-03, EDN: OVVCQU
20. Horohko M. B., Djavad H. A. Changing the internet connection speed depending on the number of networks on a single WI-FI channel. *Engineering Journal of Don*, 2020, no. 8(68), pp. 290–298 (In Russian). EDN: GJRTDM
21. *Dispersionnyy analiz (ANOVA)* [Analysis of Variance (ANOVA)] Available at: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/734258/> (accessed 8 March 2025).
22. Starovoitov V. V., Golub YU. I. Data normalization in machine learning. *Informatics*, 2021, vol. 18, no. 3, pp. 83–96 (In Russian). doi:10.37661/1816-0301-2021-18-3-83-96, EDN: JKAHKM
- 

---

### ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

*Поступающие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование.*

При наличии положительной рецензии статья рассматривается редакционной коллегией. Принятая в печать статья направляется автору для согласования редакторских правок. После согласования автор представляет в редакцию окончательный вариант текста статьи.

Процедуры согласования текста статьи могут осуществляться как непосредственно в редакции, так и по e-mail ([ius.spb@gmail.com](mailto:ius.spb@gmail.com)).

При отклонении статьи редакция представляет автору мотивированное заключение и рецензию, при необходимости доработать статью — рецензию.

*Редакция журнала напоминает, что ответственность за достоверность и точность рекламных материалов несут рекламодатели.*

---