

УДК 004.738.5
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2024.4\(497\).25](https://doi.org/10.15589/znp2024.4(497).25)

IMPROVING WEBSITE PERFORMANCE THROUGH IMAGE AND STRUCTURE OPTIMIZATION

ПОКРАЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-САЙТІВ ЧЕРЕЗ ОПТИМІЗАЦІЮ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СТРУКТУРИ

Roman V. Oliynyk
oliynykroma@gmail.com
ORCID: 0009-0008-4967-4926

Р. В. Олійник,
канд. техн. наук, доцент

Lviv University of Trade and Economics, Lviv
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Abstract. In the modern digital environment, the speed of web page loading is critically important for enhancing user experience. **The aim** of this article is to study methods for improving website performance through image and structure optimization using specialized tools, specifically web resource performance metrics. **The measurement methodology** includes the use of Google PageSpeed Insights to analyze key performance indicators such as Largest Contentful Paint (LCP), First Input Delay (FID), and Cumulative Layout Shift (CLS). Utilizing these metrics provides a clear understanding of how quickly content loads, how soon the user can interact with it, and how stable the visual display of the page is. Additionally, tools such as Lighthouse and GTmetrix are used for detailed analysis and identifying bottlenecks in web page performance. **The scientific novelty** of the research lies in the implementation of modern image formats such as AVIF and WebP, which unlike typical JPG and PNG formats, allow for a reduction in file size without loss of quality. The article also discusses the optimization of HTML through the use of semantic tags of the latest HTML5 standard, which improves accessibility and cross-platform compatibility at the browser support level. Methods for optimizing CSS and Javascript code are shown to reduce the number of server requests and minimize the number of nodes, as well as demonstrating the positive impact on code execution speed and performance of web resources designed, particularly, using modern front-end frameworks. **The practical significance** of the work confirms that comprehensive optimization of images and the structure of web pages significantly impacts the performance of web resources. The use of modern image formats and adaptive loading techniques can significantly reduce page load times, improving the ranking of websites in search engines. Optimizing the structure of HTML, CSS, and Javascript code reduces the load 1) and enhances the quality of user interaction.

Key words: Optimization; metrics; Google PageSpeed Insights; format; performance.

Анотація. У сучасному цифровому середовищі швидкість завантаження веб-сторінок є критично важливою для покращення користувацького досвіду. **Мета** цієї статті полягає у дослідженні методів підвищення продуктивності веб-сайтів через оптимізацію зображень та структури з використанням спеціалізованих інструментів, а саме: метрик продуктивності веб-ресурсів. **Методика вимірювань** включає використання Google PageSpeed Insights для аналізу основних показників продуктивності, таких як Largest Contentful Paint (LCP), First Input Delay (FID) і Cumulative Layout Shift (CLS). Використання цих метрик дозволяє отримати чітке уявлення про те, як швидко завантажується контент, як швидко користувач може взаємодіяти з ним і наскільки стабільним є візуальне відображення сторінки. Додатково використовуються інструменти, такі як Lighthouse і GTmetrix, для детального аналізу та визначення вузьких місць у продуктивності веб-сторінок. **Наукова новизна** дослідження полягає у впровадженні сучасних форматів зображень, таких як AVIF і WebP, які, на відміну від типових JPG та PNG, дозволяють зменшити розмір файлів без втрати якості. Також в статті розглядається оптимізація HTML шляхом використання семантичних тегів новітнього стандарту HTML5, що дозволяє покращити доступність та крос-платформність на рівні підтримки браузера. Показано шляхи оптимізації CSS і Javascript коду для зменшення кількості запитів до сервера та мінімізації кількості вузлів, а також показано позитивний вплив на швидкість виконання коду та продуктивність веб-ресурсів спроектованих, зокрема, з використанням сучасних фронт-енд фреймворків. **Практична значимість** роботи підтверджує, що комплексна оптимізація зображень і структури веб-сторінок суттєво впливає на продуктивність веб-ресурсів. Використання сучасних форматів зображень та технік адаптивного завантаження дозволяє значно скоротити час завантаження сторінок, що покращує позиції веб-сайтів у пошукових системах. Оптимізація структури HTML, CSS і Javascript коду зменшує навантаження на серверну інфраструктуру та підвищує якість користувацької взаємодії.

Ключові слова: Оптимізація; метрики; Google PageSpeed Insights; формат; швидкодія.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Сьогодні доступ до мережі інтернет, а також кількість пропонованих всесвітньою павутиною сервісів продовжують різко зростати. Зокрема, згідно досліджень та прогнозів компанії Google найближчими роками більш ніж мільярд людей отримає доступ до всесвітньої мережі з використанням смартфонів [1].

Відповідно до статистики HTTP запитів більш ніж 82% всіх сторінок використовують графічний контент, оскільки графічна інформація дозволяє краще взаємодіяти з споживачем, що у свою чергу призводить до збільшення передавального трафіку. Так, згідно з статистикою, зріз за період з 1 жовтня 2022 року по 1 жовтня 2024 року показує сукупне зростання навантаження не тільки за об'ємом передавальної веб ресурсами інформації [2], а й за кількістю коду – HTML (до 14%), JavaScript (до 25%), CSS (до 13%). Якщо аналізувати зростання об'єму коду беручи за основу мову розмітки та стилів, то їхнє зростання є майже ідентичним, що може свідчити про збільшення загального об'єму інформаційного наповнення сторінки [2]. Однак в той же час зростання до 25% навантаження javascript у коді сторінки, може свідчити не тільки про зростання кількості та складності інтерактивного компонент ресурсу, а й про все більше використання фронте-енд фреймворків, які компілюються повністю, або частково у браузері клієнта, збільшуючи при цьому навантаження на користувацькі пристрої, що відповідно зменшує швидкість обробки, підвищені витрати ресурсів, збільшення часу появи інтерактивності, зниження залученості та задоволеності користувачів веб ресурсом.

Як видно з статистики відбувається постійне збільшення складності веб ресурсів, що призводить до нераціонального використання ресурсів та зниження конверсії. Таким чином, детальний аналіз сучасних підходів побудови сторінок є необхідним для зменшення кількості трафіку, покращення продуктивності веб-сайтів за допомогою оптимізації зображень та структури коду.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження, присвячені проблемі якості структури, форматів зображень, загальної продуктивності в онлайн-середовищі станом на сьогодні активно досліджуються, зокрема Dornauer B. та Felderer M. у своїй роботі «Web Image Formats: Assessment of Their Real-World-Usage and Performance Across Popular Web Browsers» аналізує вплив новітніх форматів зображень на покращення взаємодії з веб-ресурсом [3]. Б. Ш. М. Мохаммад досліджує моделі і технологій інтегрального оцінювання веб-сайтів [4]. Серед українських вчених дослідження оптимізації веб ресурсів проводяться, як через призму SEO оптимізації [5, 6], так і шляхом загального покращення структури,

кешування, оптимізації коду. У своїй роботі «Оцінювання ефективності оптимізації та просування веб-сайту за трафіковими та конверсійними технологіями» [7] автори Шинкарук О. М, Мірошніченко О. В., та Яшина О. М. досліджують варіативність вибору фреймворків при розробці програмного забезпечення та їх вплив на якість розроблюваного продукту. А. І. Вінокуров, Г. І. Молчанов [8] аналізують переваги та недоліки основних підходів у створенні візуального веб-контенту для користувача, їхнє порівняння з використанням динамічних веб-сторінок та їх переваг над статичними. У своїй роботі «Метод підвищення швидкості завантаження веб-сторінок» автори В. С. Курко, І. С. Колесник, Т. М. Боровська обґрунтовують важливість кешування зниження навантаження на основний сервер [9], та пришвидшення завантаження сторінок для кінцевого користувача. Однак, як показує аналіз, недостатньо уваги приділено комплексному дослідженню методів оптимізації веб-ресурсів, зокрема, з використанням метрик для оцінки швидкодії веб-сайтів.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Невирішеною частиною проблеми є недостатня кількість комплексних досліджень методів оптимізації веб-ресурсів, зокрема, з використанням метрик для оцінки швидкодії веб-сайтів.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Вдосконалення побудови та оптимізації веб-сайтів шляхом використання спеціалізованих інструментів, а саме метрик продуктивності веб-ресурсів.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використовувались методи емпіричні методи дослідження, методи оптимізації, та методи кількісного аналізу даних.

Об'єкт дослідження: швидкість завантаження веб-сторінок у сучасному цифровому середовищі.

Предмет дослідження: методи підвищення продуктивності веб-сайтів через оптимізацію зображень та структури з використанням спеціалізованих інструментів, таких як метрики продуктивності веб-ресурсів, включаючи Google PageSpeed Insights, а також техніки оптимізації HTML, CSS і Javascript коду.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Проблема оптимізації розміру та якості веб-сервісів разом з розвитком веб-технологій дедалі більше впливає на споживання ресурсів, компанією Google розроблено метрики, які дозволяють оцінити та надати інформацію для покращення швидкості завантаження, користувацького досвіду, а також безпосередньо впливають на видимість веб-сервісу на сторінках пошукових систем. Окрім Google покращенням доступності інтернет займаються й інші

компанії, зокрема надаючи у користування різноманітні CDN сервіси (Amazon, CloudFlare) та інструменти для аналізу швидкодії, які в більшості базуються на результатах вимірювань PageSpeed Insights і Web Vitals від Google (GTMetrix, WebPageTest) [10].

Станом на сьогодні Google впровадив механізм ключових метрик для оцінки швидкодії веб-сайтів, де у своїй системі оцінки PageSpeed Insights, результати такої оцінки безпосередньо впливають на місце у видачі пошукових систем. Як показало проведене дослідження, метрики оцінки швидкодії веб-сайтів можна розділити на групи за функціональним призначенням (рис. 1).

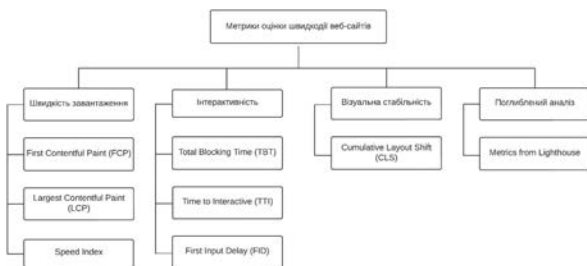


Рис. 1. Поділ метрик оцінки швидкодії веб-сайтів

Група «Швидкість завантаження» включає метрики, що відображають досвід користувача такий, як час завантаження First Contentful Paint (FCP) від моменту, коли користувач переходить на сторінку до моменту, коли будь-яка частина контенту сторінки відображається на екрані. Largest Contentful Paint (LCP) вимірює час завантаження найбільшого елемента контенту на сторінці, що дає уявлення про те, як швидко користувач зможе побачити основний вміст сторінки. Speed Index – метрика, яка вказує на візуальну швидкість сайту, тобто як швидко сторінка заповнюється вмістом у браузері.

Метрики групи інтерактивності дозволяють оцінити, як швидко користувач отримує можливість взаємодії з веб-сервісом. Тут метрика Total Blocking Time (TBT) вимірює, скільки часу JavaScript блокує основні потоки, що впливає на сприйняття швидкодії сайту. Time to Interactive (TTI) визначає час, за який сторінка стає повністю інтерактивною для користувача, що є важливим для зручності використання. First Input Delay (FID) оцінює затримку між першою взаємодією користувача і моментом, коли браузер реагує на цю дію, що є ключовим для першого враження від швидкодії сайту.

У групі візуальної стабільності є метрика Cumulative Layout Shift (CLS) – це метрика продуктивності, яка оцінює візуальну стабільність сторінки. Вона вимірює, наскільки часто і наскільки значно елементи на сторінці змінюють своє розташування під час завантаження. Низьке значення CLS свідчить про стабільне та передбачуване відображення

сторінки, що покращує загальний користувацький досвід. Результатом оцінювання кожної метрики є кількість балів від 0–100, що виводиться в інструменті Lighthouse. Загальна ж оцінка формується шляхом підрахунку загальної кількості балів з кожної метрики у сумарну оцінку, яка в подальшому впливає на ранжування сайту в пошуку, а також дозволяє розробникам оцінити загальну якість розробленого продукту і враження від продукту на користувача (рис. 2).

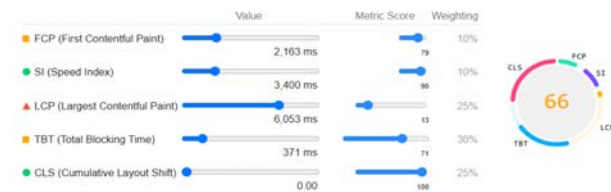


Рис. 2. Оцінка веб-сайту інструментом Lighthouse

Розглянувши ключові метрики продуктивності веб-сайтів, які допомагають вимірювати та покращувати швидкодію та загальний досвід користувача можна виокремити вимоги щодо оптимізації розміру візуального контенту шляхом інтеграції сучасних форматів графічної інформації та оптимізацію розміру візуального контенту, що безпосередньо впливає на FCP, LCP метрики.

Як відомо, сьогодні у веб можливо застосовувати різні формати зображень [11], котрі у свою чергу можуть підтримувати різні алгоритми стиснення та забезпечувати різну якість зображення з втратами або без втрат якості (рис. 3)



Рис. 3. Діаграма форматів зображень у Web

Найбільш простими та часто вживаними сьогодні є JPEG та PNG. Така популярність зумовлена тим, що ці формати мають підтримку повної палітри кольорів, високу якість при малому розмірі (JPEG), прозорість (PNG), та всебічну підтримку практично будь-яких мультимедійних пристроїв.

Станом на сьогодні все більше популярними, найбільш повними, з точки зору підтримуваних технологій, та економними з точки зору обсягу, форматами зображень є AVIF та WEBP (рис. 3). Вони дозволяють

зменшувати розмір файлів, зберігаючи при цьому високу якість зображень, що суттєво знижує час завантаження сторінок та покращує швидкість веб-ресурсів, а також дозволяють використовувати як прозорість фону так і анімаційні ефекти. Станом на сьогодні, відповідно до статистики підтримка формату AVIF є 92,64%, а WEBP на рівні 95,69%. В цілому цей показник, дозволяє повноцінне використання обумовлених форматів зображень, але все ж таки тут можуть бути певні обмеження, зокрема пов'язані з використанням окремих версій операційних систем [14]. Тому, для забезпечення повної зворотної сумісності, оптимізації розміру графіку, а також з метою покращення візуального сприйняття графічної інформації на будь-яких типах пристроїв, доцільно, разом з використанням сучасних форматів зображень оптимізувати структуру коду, відповідно до рекомендацій специфікації HTML5, інтегрувавши тег `<picture>`.

```
<picture>
<source srcset="img-800w.avif 800w, img-1600w.
avif 1600w" type="image/avif">
<source srcset="img-800w.webp 800w, img-1600w.
webp 1600w" type="image/webp">

</picture>
```

Оскільки на відміну від традиційного тегу `<img>` тег `<picture>` є семантично правильним відповідно специфікації HTML5 [12] та дозволяє покращити взаємодію з веб-ресурсом шляхом введення більш повного опису зображення, покращити користувацький досвід для людей з обмеженими можливостями, а також оптимізувати час завантаження, що позитивно впливає на LCP метрику.

Наступним чинником, що має безпосередній вплив на візуальне сприйняття та інтерактивність є мінімізація кількості даних переданих мережею. Сюди можна віднести як використання оптимізованих, сучасних форматів зображень, що підтримують стиснення з втратами так і мініфікацію з об'єднанням усіх ресурсів певного типу, що передаються мережею. Мініфікація та об'єднання ресурсів є ключовими техніками для покращення продуктивності веб-сайтів, оскільки, як відомо у сучасних веб-додатках JavaScript та CSS файли можуть бути досить великими, особливо якщо включають бібліотеки чи фреймворки, що впливає на час відгуку сторінки, що може призвести не тільки до зниження оцінок метрик продуктивності, а й до втрати відвідувачів. Відтак, як показав проведений аналіз зменшення розміру та кількості файлів мають безпосередній вплив FCP метрику, яка вимірює час відображення першого змістовного пікселя сторінки (першого видимого блока). Наступним важливим моментом є вплив LCP метрики. Ця метрика відслідковує час відображення першого найбільш змістовного пікселя сторінки, наприклад, головного зображення.

Зменшення розміру файлів здатне прискорити час інтерактивності (TTI), тобто часу, коли користувач може взаємодіяти з сторінкою. Також на час інтерактивності має вплив загальний час блокування TBT, який безпосередньо відноситься до роботи з аналізом javascript. Відтак оптимізувавши, об'єднавши та мініфікувавши усі необхідні в конкретний момент скрипти можна зменшити блокування основного потоку. Окрім того, мініфікація і зменшення часу взаємодії з веб-ресурсом позитивно впливає на швидкість і частоту індексації пошуковими системами (Crawling speed).

На жаль, сьогодні не існує нативної підтримки об'єднання та мініфікацій файлів. Відповідно для цього застосовують спеціалізовані програмні комплекси. Інструменти для мініфікації, такі як UglifyJS для JavaScript та CSSNano для CSS. Це зменшує розмір файлів, зменшуючи час завантаження та прискорюючи відгук сайту. Мініфіковані файли також знижують навантаження на сервер і мережу, що сприяє більш ефективному використанню ресурсів. Об'єднання ж файлів незважаючи на збільшення фінального розміру файлів зменшує кількість HTTP-запитів, необхідних для завантаження сторінки, що прискорює час відгуку. Менша кількість запитів також знижує навантаження на сервер та покращує ефективність використання мережі. Також варто зауважити, що на загальний час інтерактивності, відображення першого та першого значущого контенту впливає сама структура веб-сторінки, а саме місце де здійснюється під'єднання залежностей.

До структурної оптимізації можна віднести якість та кількість коду сторінки. Оскільки, як показав проведений аналіз, кількість вузлів на сторінці також призводить до зростання часу TBT, адже, як відомо, браузер для побудови сторінки спочатку будує Document object model (DOM), потім будує дерево стилів CSS Object Model (CSSOM) і лише після цього, javascript має змогу почати роботу над інтерактивністю сторінки. Щоб мінімізувати TBT, перш за все необхідно інтегрувати сучасні підходи до побудови веб-сторінок. Зокрема використовувати HTML5 стандартні семантично правильні теги. Самі ж елементи з інформаційно значущим контентом для пошукових машин розмістити вгорі сторінки та за допомогою CSS grid здійснити позиціонування. Використання сучасних фронт-енд фреймворків [8] дає змогу інтегрувати «ліниву» загрузку затребуваних ресурсів після завантаження мінімально необхідних компонентів майбутньої веб-сторінки.

Наступним кроком на шляху до збільшення продуктивності та покращення користувацького досвіду можна вважати кешування всіх ресурсів, які передаються мережею [9]. Тут сьогодні використовуються різні підходи, серед яких можна виокремити застосування хмаринних технологій таких як Azure, які дозволяють гнучко в режимі реального часу безпечно кешувати можливість використання HTML сторінки, що значно знижує

навантаження на вихідний сервер. Також поширеною практикою є використання кешування сервера у вигляді готових файлів. Таке кешування є дешевшим, та підходить для веб-сайтів будь-якого розміру.

З метою дослідження впливу метрик швидкодії на веб ресурс обрано типовий односторінковий веб-сайт виконаний без використання популярних CMS систем або фреймворків. Такий вибір зумовлено тим, що часто сторонні фреймворки, бібліотеки або CMS можуть додавати зовнішні бібліотеки до вихідного коду, що може вплинути на вимірювання, а також можливість впровадження метрик продуктивності. Використання односторінкового веб сайту дає змогу симулювати використання та оптимізацію типової рекламної веб сторінки. До особливостей обраної сторінки можна віднести велику кількість різнорозмірних зображень, застосування зовнішніх шрифтів та велику кількість анімацій, що передбачають взаємодію як з користувачем на пряму, так і пасивну взаємодію, шляхом використання анімацій при прокручуванні сторінки. HTML код виконано з інтеграцією семантичних тегів. Початковий формат зображень – оптимізований JPG, «ліниве» завантаження медіа не використовується. CSS та Javascript завантажуються в основному потоці та без компресії. Кешування на стороні сервера та в браузері відсутнє. Тестування такої конфігурації показало сумарний результат 66 зі 100 балів ефективності, що можна вважати середнім показником (рис. 2). Як видно з результатів тестування найменший результат показує метрика LCP (Largest Contentful Paint). Ця метрика є комплексною і свідчить, що присутні загальні проблеми з відображенням, зокрема з медіа вмістом та затримкою для відображення найбільшого елемента контенту. Наступним елементом з низькою оцінкою є TBT (Total Blocking Time). Тут необхідно звернути увагу на блокування основного потоку зовнішніми скриптами та стилями, які блокують взаємодію користувача з сайтом. FCP (First Contentful Paint) у свою чергу показує відсутність кешування та оптимізації, оскільки необхідно затратити додатковий час на завантаження зовнішніх ресурсів.

Для оптимізації та покращення середньої оцінки метрик продуктивності, зокрема LCP усі зображення з формату jpeg конвертовано у webP з незмінною якістю. В результаті конвертації зображень з jpeg у webP сумарний об'єм медіа ресурсів зменшився на 28%. Додавання атрибуту «лінивого» завантаження, дозволило на етапі завантаження сайту показувати тільки ті медіа, які зараз є у видимій області браузера. Решта ж елементів буде завантажено по мірі прокручування сторінки.

Відповідно до рекомендацій метрики CLS до усіх зображень додано фізичний розмір, щоб унеможливити зміщення контенту під-час завантаження ресурсів. Оптимізацію TBT, LCP та FCP, також, здійснено шляхом

мініфікації стилів та скриптів, які окрім цього було розділено на критичні, ті які безпосередньо впливають на зміщення сторінки та LCP, FCP і не критичні, які було винесено та підключено вкінці документа так, щоб не блокувати завантаження головного вмісту документа, що дозволило покращити користувацьку взаємодію.

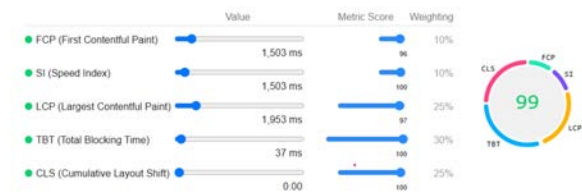


Рис. 4. Впровадження результатів оптимізації

Час завантаження покращено за рахунок використання кешування браузером, оскільки серверне кешування статичних файлів є малоефективним адже тут не має динамічного контенту, а самі ресурси змінюються відносно рідко. Оскільки метрики тестування кожен раз завантажують весь контент, то результатом вимірювань – 1,953 мс до відображення найбільшого елемента, при цьому, якщо здійснити вимірювання за допомогою інструментів веб-браузера, де ввімкнена функція кешування, то результатом буде час менше однієї секунди, що у свою чергу, сьогодні, можна вважати відмінним результатом, оскільки рекомендований час завантаження сайту не повинен перевищувати трьох секунд (рис. 4).

ВИСНОВКИ

Як показує проведений аналіз застосування метрик продуктивності для веб-ресурсів, оптимізація зображень шляхом використання форматів webP та AVIF позитивно впливає на FCP, LCP, а використання для медіа сучасних семантичних тегів дозволяє покращити CLS. Оптимізація коду, а саме, мінімізація, «ліниве» завантаження Javascript і CSS мають вплив на метрики FCP, LCP, TBT. Варто зауважити, що сьогодні немає спеціалізованої метрики для вимірювання рівня кешування, проте, оскільки час на доставку кешованих ресурсів з сервера є набагато менший, а частина необхідних для коректної роботи веб-сайту даних може бути кешована на стороні клієнта засобами браузера, то можна зробити висновок, що кешування на всіх рівнях позитивно впливатиме на TBT, FCP, LCP та CLS, оскільки необхідні дані з сервера кешовано, що дозволяє в паралельному режимі будувати сторінку. Відтак комплексний підхід до оптимізації здатний не тільки покращити користувацький досвід більш швидким завантаженням затребуваного контенту, а й підвищити SEO та дозволити оптимізувати серверне навантаження.

REFERENCES

- [1] Ranjan, P. (2022, March 15). An anthology of insights, for a more inclusive internet. Google. Retrieved from <https://blog.google/technology/next-billion-users/anthology-insights-more-inclusive-internet/>

- [2] HTTP Archive. (2024, November 5). Page weight. Retrieved from https://httparchive.org/reports/page-weight?start=2022_10_01&end=2024_10_01&view=list
- [3] Dornauer, B., & Felderer, M. (2024). Web image formats: Assessment of their real-world-usage and performance across popular web browsers. In R. Kadgien, A. Jedlitschka, A. Janes, V. Lenarduzzi, & X. Li (Eds.), *Product-focused software process improvement. PROFES 2023*. Lecture Notes in Computer Science (Vol. 14483). Springer, Cham. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-031-49266-2_9
- [4] Mukhammad, B. Sh. M. (2021). Doslidzhennia modelei i tekhnologii otsiniuvannia yakosti veb-saitiv [Research of Models and Technologies for Website Quality Assessment]. Kharkiv National University of Radio Electronics. Retrieved from https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/19055/2/Dodatok_Barham_ShM.pdf [in Ukrainian]
- [5] Illiashenko, N., & Savchenko, O. (2012). SEO-optymizatsiia yak suchasnyi instrument internet-marketynhu [SEO-Optimization as a Modern Tool of Internet Marketing]. Marketynh i menedzhment innovatsii, (3), 63-74. [in Ukrainian]
- [6] Hnyliakivych-Protts, I., & Zinkova, S. (2022). Otsiniuvannia efektyvnosti optymizatsii ta prosuvannia veb-saitu za trafikovo-konversijnymy tekhnologhiamy [Evaluating the Efficiency of Website Optimization and Promotion via Traffic and Conversion Technologies]. Pidpriemnytstvo ta innovatsii, (24), 77-82. Retrieved from <https://doi.org/10.32782/2415-3583/24.12> [in Ukrainian]
- [7] Shynkaruk, O., Yashyna, O., & Onyshko, O. (2020). Upravlinnia yakisti proqramnykh veb-system zasobamy rozrobky [Quality Management of Software Web Systems via Development Tools]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. Tekhnichni nauky, (6), 39-44. [in Ukrainian]
- [8] Kurko, V., Kolesnyk, I., & Borovska, T. (2021). Metod pidvyshchennia shvydkosti zavantazhennia veb-storinok [Method to Improve Web Page Loading Speed]. Optoelektronni informatsiino-enerhetychni tekhnologii, 41(1), 13-19. Retrieved from <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2021-41-1-13-19> [in Ukrainian]
- [9] Vinokurov, A., & Molchanov, H. (2021). Perevahy dynamichnykh veb-storinok nad statychno-henerovanyymi [Advantages of Dynamic Web Pages over Static-Generated Ones]. Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Zbirnyk naukovykh prats, 2(64), 63-66. Retrieved from <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2021.2.063> [in Ukrainian]
- [10] Xilogianni, C., Doukas, F.-R., Drivas, I. C., & Kouis, D. (2022). Speed matters: What to prioritize in optimization for faster websites. Analytics, 1(2), 175-192. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/analytics1020012>
- [11] MozDevNet. (n.d.). Image file type and format guide – web media technologies: MDN. MDN Web Docs. Retrieved from https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Media/Formats/Image_types
- [12] MozDevNet. (n.d.-a). <picture>: The picture element – HTML: Hypertext markup language: MDN. MDN Web Docs. Retrieved from <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/picture>
- [13] Can I use... support tables for HTML5, CSS3, etc. (n.d.). Can I use... Support tables for HTML5, CSS3, etc. Retrieved from <https://caniuse.com/?search=webp%2C+avi>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ranjan, P. (2022, March 15). An anthology of insights, for a more inclusive internet. Google. URL: <https://blog.google/technology/next-billion-users/anthology-insights-more-inclusive-internet/>
- [2] HTTP Archive. (2024, November 5). Page weight. URL: https://httparchive.org/reports/page-weight?start=2022_10_01&end=2024_10_01&view=list
- [3] Dornauer, B., & Felderer, M. (2024). Web image formats: Assessment of their real-world-usage and performance across popular web browsers. In R. Kadgien, A. Jedlitschka, A. Janes, V. Lenarduzzi, & X. Li (Eds.), *Product-focused software process improvement. PROFES 2023*. Lecture Notes in Computer Science (Vol. 14483). Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49266-2_9
- [4] Мохаммад, Б.Ш.М. (2021). Дослідження моделей і технологій оцінювання якості веб-сайтів. Інформаційні управляючі системи та технології: кваліфікаційна робота. Харківський національний університет радіоелектроніки. 77. URL: https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/19055/2/Dodatok_Barham_ShM.pdf
- [5] Ілляшенко Н., & Савченко О. (2012). SEO-оптимізація як сучасний інструмент інтернет-маркетингу. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, (3), 63-74.
- [6] Гнилякевич-Проць, І., & Зінькова, С. (2022). Оцінювання ефективності оптимізації та просування веб-сайту за трафіковими та конверсійними технологіями. *Підприємництво та інновації*, (24), 77-82. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/24.12>
- [7] Шинкарук О., & Яшина О., & Онишко О. (2020) Управління якістю програмних веб-систем засобами розробки. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. (6), 39-44.
- [8] Курко, В., Колесник, І., & Боровська, Т. (2021). Метод підвищення швидкості завантаження веб-сторінок. *Оп्टико-електронні інформаційно-енергетичні технології*, 41(1), 13–19. URL: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2021-41-1-13-19>
- [9] Vinokurov, A., & Molchanov, H. (2021). Переваги динамічних веб-сторінок над статично-генерованими. Системи управління, навігації та зв'язку. *Збірник наукових праць*, 2(64), 63-66. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.26906/SUNZ.2021.2.063>
- [10] Xilogianni C, Doukas F-R, Drivas IC, Kouis D. (2022) Speed Matters: What to Prioritize in Optimization for Faster Websites. *Analytics*. 1(2), 175-192. URL: <https://doi.org/10.3390/analytics1020012>
- [11] MozDevNet. (n.d.). Image file type and format guide – web media technologies: MDN. MDN Web Docs. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Media/Formats/Image_types “webp, avi”
- [12] MozDevNet. (n.d.-a). <picture>: The picture element – HTML: Hypertext markup language: MDN</picture>. MDN Web Docs. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/picture>
- [13] Can I use... support tables for HTML5, CSS3, etc. “webp, avi” | Can I use... Support tables for HTML5, CSS3, etc. (n.d.). URL: <https://caniuse.com/?search=webp%2C+avi>

© Олійник Р. В.

Дата надходження статті до редакції: 24.11.2024

Дата затвердження статті до друку: 05.12.2024