

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-54-09>

УДК 004.02

Дичка Іван Андрійович¹, д.т.н., професор<https://orcid.org/0000-0002-3446-3076>Радченко Костянтин Олександрович¹, асистент<https://orcid.org/0000-0002-1282-6307>Терейковський Ігор Анатолійович¹, д.т.н., професор<https://orcid.org/0000-0003-4621-9668>Терейковська Людмила Олексіївна², д.т.н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-8830-0790>¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна²Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ, Україна

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ВЕБСЕРВЕР

Дичка І.А., Радченко К.О., Терейковський І.А., Терейковська Л.О. Концептуальна модель процесу прогнозування навантаження на вебсервер. Стаття присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми розробки ефективних засобів прогнозування навантаження на вебсервер. Показано, що відсутність формалізованого та детального опису процесу розробки засобів прогнозування ускладнює можливість застосування в таких засобах сучасних теоретичних рішень, а відповідно і ускладнює можливість підвищення їх ефективності. В результаті проведених досліджень розроблено концептуальну модель процесу прогнозування навантаження на вебсервер, яка за рахунок врахування технічних особливостей вебсервера, типових параметрів вебтрафіку, а також за рахунок обґрунтування переліку параметрів оцінки ефективності дозволяє деталізувати напрями досліджень з проектування відповідних засобів прогнозування з урахуванням можливості застосування моделей та методів теорії вейвлет-перетворень. Визначено, що напрями подальших досліджень пов'язані з розробкою вейвлет-моделі прогнозування навантаження на вебсервер комп'ютерної системи загального призначення.

Ключові слова: шаблон нормальної поведінки, вебсервер, прогнозування навантаження, комп'ютерна мережа, часовий ряд, вебтрафік, засоби вимірювання, програмне забезпечення, обробка сигналу, концептуальна модель.

Dychka I., Radchenko K., Tereikovskiy I. Tereikovska L. Conceptual model of the forecasting process on web server load. The article focuses on addressing the current scientific and applied challenge of creating effective methods for predicting web server loads. It highlights how the absence of a formalized and detailed description of the forecasting tool development process hampers the utilization of modern theoretical solutions, thus hindering their effectiveness. Through our research, we've devised a conceptual model for forecasting web server loads. This model considers the technical specifications of the web server, typical web traffic parameters, and justifies the criteria for evaluating performance. This enables a more precise direction for further research in designing relevant forecasting tools, incorporating models and methods from wavelet transform theories. Our investigation identifies the need for developing a wavelet-based model to predict web server loads in a general-purpose computer system, signaling avenues for future exploration.

Keywords: normal behavior pattern, web server, load forecasting, computer network, time series, web traffic. measurement tools, software, signal processing, conceptual model

Постановка наукової проблеми. Розв'язання проблеми забезпечення ефективності, надійності, контролю, визначення параметрів комп'ютерних систем і мереж неможливе без розробки відповідних методів та засобів забезпечення ефективного функціонування вебсерверу. Однією з найбільш важливих складових цієї проблеми є задача розробки ефективних засобів прогнозування навантаження на вебсервер, недосконалість яких в основному обумовлена недосконалістю методологічного базису. Цим пояснюється актуальність та важливість досліджень в напрямку застосування сучасних теоретичних рішень для прогнозування навантаження на вебсервер.

Аналіз досліджень. Задачі прогнозування навантаження вебсерверу та моделюванню продуктивної роботи вебсерверів під різними типами навантаження присвячено цілий ряд наукових робіт, які досліджують поставлену задачу з різних аспектів, враховуючи ті чи інші особливості функціонування вебсервера.

Так, у роботі [1] висвітлено підхід до прогнозування використання потужностей вебсерверу на основі екстраполяції, але відзначено, що цей підхід не враховує пікові навантаження, що призводить до значної помилки в прогнозуванні. Автор [2] розглядає задачу визначення потреб у ресурсах для веб-орієнтованих систем при встановленому навантаженні з обмеженням терміну відповіді вебсерверу та використанням процесора не більше, ніж на 90%, причому зазначається необхідність проведення додаткових досліджень для визначення максимального навантаження.

У роботі [3] представлено метод розрахунку середнього навантаження на вебсервер у передумові пуасонівського потоку запитів, причому збільшення середнього навантаження на вебсервер може призводити до критичного збільшення часу очікування вхідних запитів. Автор [8] акцентує увагу на прогнозуванні поведінки інформаційної системи в залежності від режимів навантаження вебсервера та підкреслює важливість створення ефективного блоку для прогнозування навантаження вебсервера.

Дослідження [9] використовує математичний апарат теорії часових рядів для прогнозування навантаження на вебсервер, зокрема враховуючи самоподібність вхідного потоку запитів. Робота [13] аналізує вебтрафік інформаційної системи та розробляє модель клієнт-серверного навантаження з виявленою самоподібністю реального трафіку.

Автори [5, 16] пропонують використовувати узагальнено-регресійну неймережу для прогнозування короткострокового навантаження на сервер.

Роботи [4, 6, 7] показують, що одним із важливих напрямків такого забезпечення являється вдосконалення технології виявлення кібератак за рахунок шаблонів нормальної поведінки параметрів захисту, які враховують складний багатоперіодичний характер їх динаміки. В результаті проведеного аналізу літературних джерел визначена перспективність вдосконалення шаблонів нормальної поведінки вебсерверів шляхом впровадження в їх математичне забезпечення сучасних методів частотно-часового аналізу сигналів на базі теорії вейвлет-перетворень [10, 15, 16]. Також визначена недостатня висвітленість у доступній літературі питань, пов'язаних з обґрунтуванням адаптації типу базисного вейвлету до умов створення шаблону нормальної поведінки вебсерверу. Запропоновано виправити [14] вказаний недолік шляхом створення методу визначення ефективного типу базисного вейвлету, що призначений для розробки шаблону нормальної поведінки. Для цього обґрунтовано ряд положень та перелік критеріїв ефективності, які дозволяють забезпечити вибір ефективного типу базисного вейвлету у відповідності до значимих вимог задачі розробки означеного шаблону. Суть методу полягає у визначенні параметрів, що характеризують базисні вейвлети та їх співвіднесенні із значимими умовами формування шаблону нормальної поведінки вебсерверу.

Таким чином в результаті проведеного аналізу науково-практичних робіт в області прогнозування навантаження вебсерверу можливо стверджувати про відсутність формалізованого та детального опису процесу розробки засобів прогнозування, що ускладнює можливість застосування в таких засобах сучасних теоретичних рішень, а відповідно і ускладнює можливість підвищення їх ефективності цих засобів.

Мета роботи. Метою є розробка концептуальної моделі процесу прогнозування навантаження вебсерверу, що забезпечує формалізований та детальний опис задачі розробки відповідних засобів прогнозування.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. У загальному випадку концептуальна модель – це модель предметної області, що складається з переліку взаємопов'язаних понять, які використовуються для опису цієї галузі разом з властивостями та характеристиками, класифікації цих понять за типами, ситуаціями, ознаками в цій галузі, та законами процесів, що протікають у ній [5]. Концептуальна модель є відображенням концепції, під якої розуміють певний спосіб судження, трактування деяких явищ, основну точку зору, керівну ідею для їх систематичного освітлення. Оскільки практичний результат розробки концептуальної моделі передбачає створення програмно-апаратного забезпечення для процесу прогнозування навантаження вебсерверу, то визначення ефективності процесу прогнозування навантаження доцільно використовувати визначення з області комп'ютерної та програмної інженерії [18]. Відповідно до міжнародних стандартів цієї галузі, ефективність – це множина атрибутів, які визначають взаємозв'язок рівнів виконання програмної системи, використання ресурсів (кошти, апаратура, матеріали) та послуг, виконуваних штатним обслуговуючим персоналом тощо. До основних характеристик ефективності програмно-апаратної системи відносять:

- оперативність – атрибут, що вказує на час відгуку, обробки та виконання функцій;
- ресурсоємність – атрибут, який визначає кількість та тривалість використовуваних ресурсів під час виконання функцій програмної системи;
- узгодженість – атрибут, що вказує на його відповідність заданим стандартам, правилам та розпорядженням.

Згідно з наведеними визначеннями, на першому етапі створення концептуальної моделі було проведено гармонізацію термінології, використовуваної в галузі прогнозування навантаження на вебсервер загального застосування. У результаті визначено такі терміни:

– ефективність ресурсів – саме прогнозування навантаження дозволяє оптимально використовувати ресурси вебсервера, уникати перевантажень та забезпечити плавну роботу сервісів враховуючи масштабування ресурсів в залежності від прогнозованого навантаження сприяє ефективній роботі сервера та економії коштів;

– забезпечення доступності – прогнозування дозволяє адміністраторам вчасно підготуватися до можливих пікових навантажень та уникнути збоїв у роботі системи. Забезпечує надійність та стабільність вебсервісів, що є критичним для задоволення потреб користувачів;

– оптимізація досвіду користувача – прогнозування дозволяє забезпечити швидкий та ефективний доступ користувачів до вебресурсів і підвищує їхню задоволеність, запобігаючи затримкам та завантаженням сервера;

– економія ресурсів та енергії – прогнозування дозволяє ефективно використовувати ресурси та зменшує необхідність у постійному утриманні великої кількості серверів. Допомагає знижувати витрати на електроенергію та інфраструктурні витрати;

– захист від атак – прогнозування навантаження дозволяє легше виявляти незвичайні або атакуювальні активності, вчасно реагувати на потенційні загрози та підтримувати стабільність, що може бути важливим для безпеки вебсистеми;

– зростання обсягів даних, якими оперують користувачі – із зростанням доступу до Інтернету та розвитком мобільних технологій кількість користувачів вебсервісів через використання вебзастосунків, мережевих сервісів, соціальних мереж та інших онлайн-платформ постійно зростає;

– необхідність ефективного ресурсного використання – оптимальне використання ресурсів сервера дозволяє забезпечити високу продуктивність та доступність вебсервісу, при цьому економлячи ресурси;

– адаптація до змін – зміни у вебтрафіку, такі як сезонність, пікові навантаження, або зміни в популярності контенту, потребують постійного аналізу та прогнозування навантаження;

– швидкість реагування – важливо мати можливість адаптувати ресурси сервера в реальному часі відповідно до змін у навантаженні, щоб уникнути перевантаження або недостатнього використання ресурсів;

– ефективність витрат – ефективне управління ресурсами сервера дозволяє економити гроші, особливо у випадку використання хмарних сервісів, де вартість ресурсів може залежати від їх використання;

– автоматизація та агільність – прогнозування є ключовим елементом автоматизації управління вебсервером та може бути вбудоване в агільні практики розробки та впровадження, для того, щоб мати можливість швидко адаптувати ресурси до змін потреб і вимог.

Автоматизація вимагає покращення ефективності, зниження помилок, прискорення процесів та забезпечення повторюваності в інформаційних технологіях. У сфері інформаційних технологій вона може включати в себе автоматизацію процесів розробки, тестування, випуску програмного забезпечення, а також управління конфігурацією, моніторингом та іншими аспектами життєвого циклу програмного продукту.

Агільність (Agile) розглядається як філософія та методологія розробки програмного забезпечення, яка покликана полегшити та прискорити процес розробки. Основна ідея полягає в тому, щоб реагувати на зміни, співпрацювати з клієнтами та постійно вдосконалювати продукт у проміжках часу, названих ітераціями. Агільні методології, такі як Scrum або Kanban, визначають ряд принципів, таких як інкрементальна розробка, зміна вимог протягом проєкту, постійна комунікація між розробниками та клієнтами, а також орієнтація на функціональність та цінність для клієнта. Агільні підходи часто використовують автоматизацію для покращення та прискорення процесів розробки, забезпечуючи швидкі та гнучкі ітерації розробки продукту. Автоматизація, у свою чергу, допомагає забезпечити ефективність та консистентність у процесах, які використовують агільні методології.

Загалом, прогнозування навантаження на вебсервер є важливим елементом стратегії управління інфраструктурою для забезпечення стабільної, ефективної та доступної роботи вебсистем, особливо в умовах широкого використання вебсервісів і збільшення складності вебзастосунків. Ефективність прогнозування навантаження на вебсервер визначається не лише точністю моделей, але і їхньою здатністю адаптуватися до динамічних умов та ефективно впроваджувати результати прогнозування для оптимізації ресурсів та покращення продуктивності вебсервера.

Також визначено, що з позиції вирішення проблематики цієї статті концептуальна модель призначена для формалізації причинно-наслідкових зв'язків, властивих процесу прогнозування

навантаження на вебсервер з необхідністю підвищення ефективності управління веб-інфраструктурою у сучасному цифровому середовищі.

Крім того, в концептуальній моделі слід врахувати стратегії та практики, які можна використовувати для досягнення ефективного прогнозування навантаження:

- моніторинг та збір даних – використовуйте інструменти моніторингу для систематичного збору даних про використання ресурсів, трафіку та інших метрик вебсервера. Забезпечте регулярне оновлення даних, включаючи історичні дані, для більш точного прогнозу;
- використання аналітики – використовуйте аналітичні інструменти для виявлення патернів та трендів у поведінці користувачів. Аналізуйте дані про відвідуваність, конверсію та інші метрики для зрозуміння сезонності та інших факторів, що впливають на навантаження;
- використання моделей прогнозування – використовуйте методи прогнозування часових рядів, різного ступеня складності, для передбачення майбутнього навантаження на основі попередньо зібраних даних. Експериментуйте з різними алгоритмами машинного навчання для точного прогнозування, такими як лінійна регресія, нейронні мережі, ансамблеві методи тощо;
- кореляція з зовнішніми факторами – враховуйте зовнішні фактори, такі як рекламні кампанії, події або новини, які можуть впливати на збільшення або зменшення трафіку. Застосовуйте аналіз кореляції для визначення впливу цих факторів на навантаження;
- масштабованість та автоматизація – використовуйте системи автоматичного масштабування для динамічного збільшення або зменшення ресурсів сервера відповідно до прогнозованого навантаження. Автоматизуйте процеси аналізу та прогнозу для ефективного використання ресурсів;
- стратегії балансування навантаження – використовуйте механізми балансування навантаження для розподілу трафіку між різними серверами, розгляньте використання CDN (Content Delivery Network) для оптимізації розподілу контенту та зниження навантаження на основний сервер;
- постійне вдосконалення – періодично переглядайте та оновлюйте моделі прогнозування на основі нових даних та змін у вебпроекті.

Бажано залучати фідбек від розробників, адміністраторів та користувачів для вдосконалення точності прогнозів. Ефективне прогнозування навантаження на вебсервер вимагає комплексного підходу, розуміння контексту та постійного вдосконалення методів.

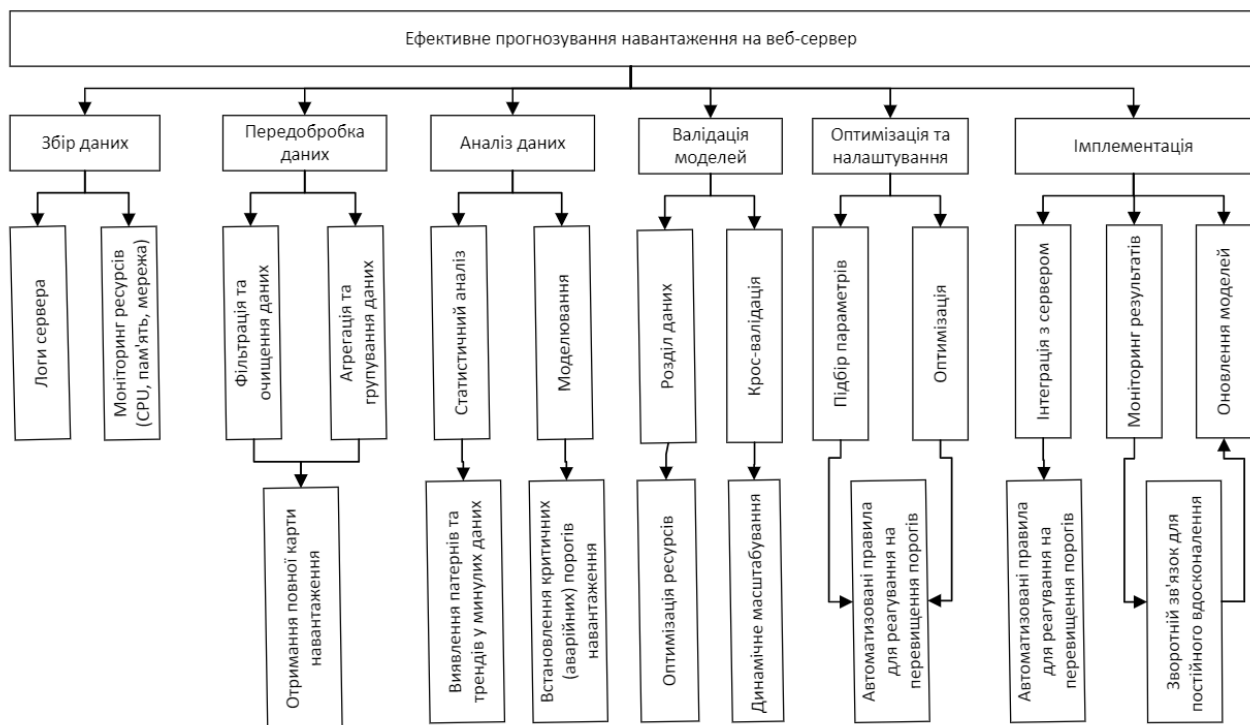


Рис. 1 – Компоненти ефективного прогнозування навантаження на вебсервер

Наступним етапом створення концептуальної моделі стала технологія, показаної на рис. 1 схеми компонентів для точного та ефективного визначення очікуваного навантаження на вебсервер. У схемі враховано особливості реалізації ефективного прогнозування навантаження на вебсервер:

– збір і аналіз даних з використанням логів сервера для отримання інформації про запити, відповіді та час відповіді;

– метрики використання ресурсів для моніторингу використання CPU, пам'яті, мережі та інших ресурсів сервера;

– об'єднання та агрегація даних з різних джерел для отримання повної карти навантаження;

– статистичний аналіз з використанням статистичних методів для виявлення патернів та трендів у минулих даних;

– прогнозування часових рядів з використанням алгоритмів прогнозування для передбачення майбутніх значень навантаження на основі історичних даних;

– використання моделей машинного навчання для аналізу та прогнозу навантаження на основі різноманітних факторів, таких як час доби, день тижня, свята тощо;

– оптимізація ресурсів і динамічне масштабування з використанням автоматизованих механізмів для збільшення або зменшення кількості ресурсів в залежності від прогнозованого навантаження;

– впровадження механізмів розподілу трафіку для балансування навантаження між серверами;

– встановлення порогів навантаження та аварій з визначенням критичних значень, за якими вважатиметься, що сервер перевантажений;

– автоматична реакція через встановлення автоматизованих правил для реагування на перевищення порогів, наприклад, автоматичне масштабування або сповіщення адміністратора;

– зворотній зв'язок для постійного вдосконалення зі збором відгуків і даних після впровадження прогнозів для постійного вдосконалення моделі;

– оптимізація параметрів через регулярне оновлення параметрів та алгоритмів моделей на основі нових даних.

Ця концептуальна модель дозволяє створити ефективний та гнучкий механізм прогнозування та управління навантаженням на вебсервері для оптимального використання ресурсів і забезпечення високої ефективності.

Аналіз представленої схеми на рис. 1 дозволив визначити, що ефективність процесу прогнозування навантаження на вебсервер здебільшого залежить від ефективного аналізу вебтрафіку. Також слід зазначити, що згідно з авторитетними джерелами [11, 12, 17] основним компонентом, який визначає навантаження на вебсервер є саме вебтрафік.

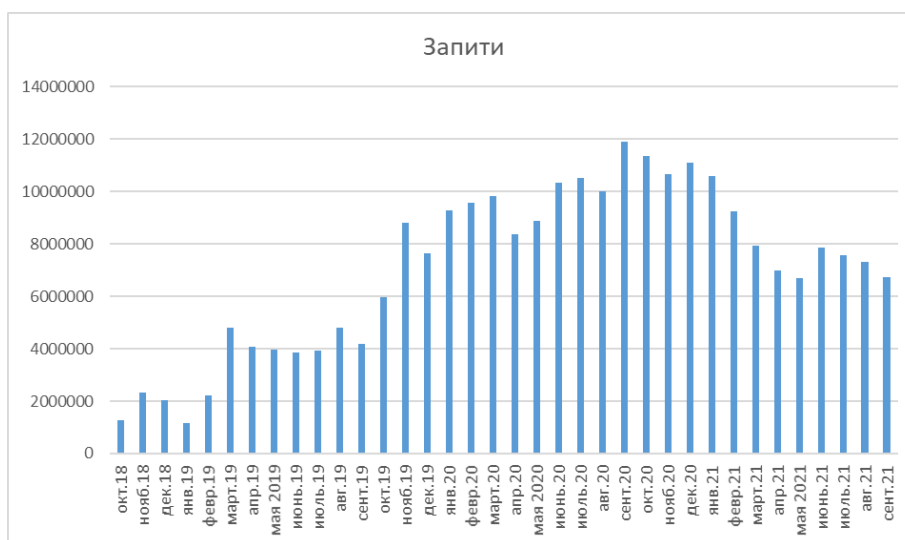


Рис. 2 – Статистика по місяцях кількості запитів користувачів до досліджуваного вебсервера

Саме аналіз вебтрафіку дозволяє розуміти, як користувачі взаємодіють з вебсайтом або застосунком, і є ключовим елементом у прогнозуванні, моніторингу та оптимізації роботи вебсервера. Виділимо основні характеристики вебтрафіку, які слід аналізувати, зокрема:

– кількість запитів (Requests per Second – RPS) – кількість HTTP-запитів, які сервер отримує в секунду. Високі значення RPS можуть свідчити про інтенсивний трафік, а низькі – про низьку активність користувачів (Рис. 2);

– обсяг трафіку (Traffic Volume) – кількість переданих даних в гігабайтах або терабайтах. Великі обсяги трафіку можуть вказувати на значні завантаження сервера та впливати на швидкість доставки контенту;

– типи запитів (Request Types) – розподіл між різними типами запитів, такими як GET (отримання ресурсу), POST (відправка даних на сервер), інші HTTP-методи. Допомагає розуміти природу взаємодії користувачів і ресурсоемкість конкретних операцій;

– час відповіді (Response Time) – час, який сервер витрачає на обробку запиту та відправку відповіді. Короткий час відповіді важливий для забезпечення швидкості завантаження сторінок та поліпшення користувацького досвіду;

– потік користувачів (User Sessions) – кількість активних сесій користувачів. Відстеження потоку користувачів допомагає розуміти пікові навантаження та популярність сайту в різні періоди;

– сценарії взаємодії (User Journeys) – шляхи, якими користувачі пересуваються по сайту чи додатку. Розуміння популярних сценаріїв допомагає визначити ключові точки навантаження та оптимізації ресурсів;

– помилки та відмови (Errors and Failures) – кількість помилок та відмов, які виникають під час обробки запитів. Допомагає виявляти проблеми в роботі сервера та покращувати стійкість системи;

– користувацькі агенти та пристрої (User Agents and Devices) – інформація про типи браузерів, операційних систем та пристроїв, які використовують користувачі. Допомагає адаптувати вебсайт для різних платформ та забезпечити підтримку популярних конфігурацій.

Аналіз вебтрафіку є необхідною частиною стратегії управління навантаженням на вебсервер, дозволяючи підтримувати високу ефективність та доступність вебсайту або застосунку.

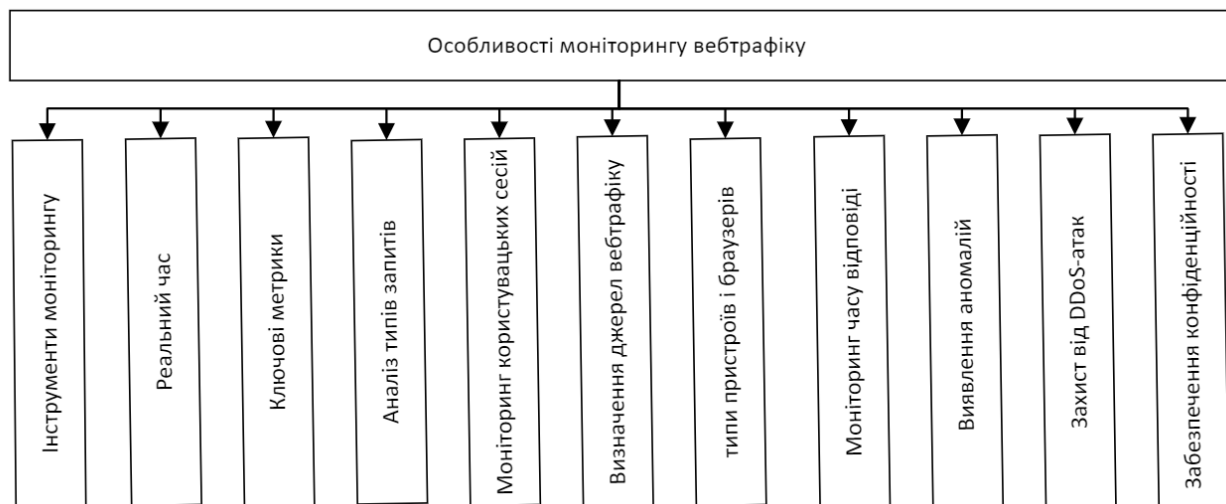


Рис. 3 – Особливості моніторингу досліджуваного вебтрафіку

Отже, важливою складовою управління вебсервером та забезпечення його ефективності та доступності є моніторинг вебтрафіку. Моніторинг вебтрафіку дозволяє підтримувати високу продуктивність та надійність вебсервера, а також реагувати на зміни у попиті та поведінці користувачів. Особливості моніторингу вебтрафіку включають в себе ряд аспектів (Рис. 3):

– інструменти моніторингу. Використовуйте спеціалізовані інструменти моніторингу, такі як Google Analytics, New Relic, або open-source рішення, щоб здійснювати збір та аналіз даних вебтрафіку;

– реальний час. Моніторинг вебтрафіку повинен бути в реальному часі, дозволяючи оперативно реагувати на зміни та аномалії у трафіку;

– ключові метрики. Спрямуйте увагу на ключові метрики, такі як кількість запитів, обсяг трафіку, час відповіді, а також статуси помилок та відмов;

– аналіз типів запитів. Аналізуйте розподіл типів запитів (GET, POST, ін.) для визначення найбільш використовуваних операцій та ресурсоемкості кожної з них;

– моніторинг користувацьких сесій. Слідкуйте за активними користувацькими сесіями, визначайте популярні шляхи користувачів та виявляйте можливості для оптимізації досвіду користувача;

– визначення джерел трафіку. Вивчайте джерела трафіку (пошукові системи, прямий захід, реферали) для розуміння, звідки приходять користувачі, та підтримки ефективних маркетингових стратегій;

– аналіз пристроїв та браузерів. Враховуйте інформацію про типи пристроїв і браузерів, щоб визначити необхідність адаптації для різних платформ;

– моніторинг часу відповіді. Спостерігайте за часом відповіді сервера, виявляйте можливості для оптимізації продуктивності та зменшення часу завантаження;

– виявлення аномалій та проблем. Встановлюйте системи алертів для автоматичного виявлення аномалій у трафіку, помилок чи перевантажень;

– захист від DDoS-атак. Враховуйте можливість використання моніторингу для виявлення та протидії DDoS-атакам на вебсервер;

– забезпечення конфіденційності та відповідності. Забезпечте такі умови, щоб ваші системи моніторингу відповідали стандартам щодо конфіденційності даних та відповідності законодавчим вимогам.

У результаті встановлено, що у аналітичному вигляді концептуальну модель забезпечення ефективності прогнозування навантаження на вебсервер можна записати за допомогою виразу:

$$E_S = f(E_A, E_B, E_C),$$

де E_S – інтегральна ефективність процесу прогнозування навантаження на вебсервер; E_A , E_B – ефективність розробки та використання моделі прогнозування; E_C – ефективність динамічної реєстрації вебтрафіку.

При подальшій деталізації складових змінних моделі були отримані такі вирази:

$$E_A = f(e_1, e_2); E_B = f(e_3, e_4); E_C = f(e_5, e_6, e_7),$$

де e_1 – визначення виду моделі; e_2 – визначення параметрів моделі; e_3 – формування параметрів навчальних прикладів; e_4 – формування навчальної вибірки; e_5 – визначення множини реєстрованих запитів; e_6 – фільтрація зареєстрованих запитів; e_7 – нейромережевий аналіз запитів з метою визначення прогнозованої поведінки вебсервера. Компоненти запропонованих виразів відповідають процедурам, реалізація яких впливає на ефективність прогнозування навантаження на вебсервер.

Крім того, можна стверджувати, що ефективність процесу прогнозування навантаження на вебсервер включає ряд кроків та етапів для створення ефективної та надійної моделі. Для того, щоб розробити таку модель варто передбачити такі основні необхідні стадії:

– визначення мети та вимог – визначте основні цілі системи прогнозування, такі як забезпечення стабільності, оптимізація ресурсів, адаптація до змін у трафіку тощо. Визначте вимоги до точності прогнозування, часу відповіді та інших параметрів;

– збір та обробка даних – встановіть механізми для збору даних про вебтрафік, використовуючи інструменти моніторингу та журнали сервера. Обробляйте та агрегуйте дані, щоб підготувати їх для подальшого аналізу;

– вибір методів прогнозування – вивчіть різні методи прогнозування, такі як часові ряди, машинне навчання, статистичні моделі, вейвлет-перетворення тощо. Виберіть методи, які відповідають характеристикам вашого вебсервера та специфікаціям проекту;

– розробка моделей – розробіть та налаштуйте прогнозуючі моделі на основі вибраних методів. Використовуйте зібрані дані для навчання та валідації моделей;

– інтеграція з системою моніторингу – інтегруйте систему прогнозування з інструментами моніторингу для автоматичного збору та оновлення даних. Забезпечте можливість автоматичного коригування моделей в реальному часі;

– реалізація автоматизованого процесу – реалізуйте автоматизований процес прогнозування, який регулярно оновлює моделі та генерує прогнози. Врахуйте можливість автоматичного масштабування ресурсів сервера в залежності від прогнозованого навантаження;

– аналіз та валідація – систематично аналізуйте результати прогнозування та порівнюйте їх з реальним трафіком. Використовуйте метрики точності для оцінки ефективності моделей та вносьте корективи у випадку необхідності;

– створення механізмів оптимізації – розробіть механізми оптимізації, які дозволяють адаптувати моделі до змін у вебтрафіку та ресурсах сервера. Запроваджуйте автоматичне коригування параметрів для підтримки високої точності.

– забезпечення безпеки – забезпечте захист системи прогнозування від несанкціонованого доступу та зловживань. Враховуйте можливі ризики в області конфіденційності та інші аспекти безпеки;

– постійне вдосконалення – періодично оновлюйте моделі та алгоритми прогнозування відповідно до змін в середовищі, технологіях та вебтрафіку. Процес прогнозування навантаження на вебсервер вимагає систематичного та виваженого підходу, а також постійного моніторингу та оптимізації.

Слід зазначити, що при використанні цієї концептуальної моделі для створення ефективного прогнозування навантаження на вебсервер необхідно враховувати тривалість, ресурсоємність та точність зазначених процесів, а також матеріальні ресурси, що виділяються на розробку та впровадження таких моделей.

Архітектура такої моделі безпосередньо залежить від множини тих параметрів, які власне і визначають навантаження на вебсервер. Виходячи з типових задач, які виконуються конкретним вебсервером комп'ютерної мережі загального застосування, а також використовуваних мережевих комунікаційних протоколів, визначені три групи параметрів: апаратні ресурси комп'ютера-сервера; ресурси операційної системи; мережеві ресурси.

Розробку практичної реалізації запропонованої концептуальної моделі пропонується визначити в рамках подальших досліджень як вейвлет-модель прогнозування навантаження на вебсервер комп'ютерної системи загального призначення. Оскільки, використання вейвлет-перетворень дозволяє проводити локалізований аналіз сигналів у часовому та частотному просторі, що сприяє точнішому виявленню локальних змін у навантаженні та дозволяє оптимально враховувати зміни у вебтрафіку та динаміку роботи вебсервера. Вейвлет-перетворення є ефективним інструментом для виявлення різних структур і змін у сигналі, включаючи періодичність, тренди та аномалії, що допомагає в ефективному прогнозуванні навантаження на вебсервер. Також вейвлет-аналіз дозволяє ефективно працювати з нестационарними сигналами, що особливо важливо для прогнозування навантаження на вебсервер, яке може змінюватися з часом. Забезпечення балансу між точністю прогнозування та обчислювальною ефективністю дозволяє використовувати вейвлет-перетворення в реальному часі або для обробки великих обсягів даних. Таким чином, вейвлет-перетворення є потужним інструментом для прогнозування навантаження на вебсервер, забезпечуючи гнучкість та ефективність в аналізі динамічних характеристик вебтрафіку.

Висновки. В результаті проведених досліджень розроблено концептуальну модель процесу прогнозування навантаження на вебсервер загального застосування, яка за рахунок конкретизації операцій, що впливають на навантаження на вебсервер, а також за рахунок обґрунтування переліку параметрів оцінки ефективності, дозволяє деталізувати напрями досліджень щодо проектування відповідних засобів розпізнавання. Цей підхід може бути особливо корисним в умовах змінного середовища та різноманіття вимог до вебсервера комп'ютерної мережі загального застосування. Визначено, що напрями подальших досліджень пов'язані із удосконаленням методологічної бази розробки та використанням ефективного аналізу вебтрафіку.

Список бібліографічного опису

1. Hariharan R. Web Server Performance Modeling / R. Hariharan, Van der Mei, P. K. Reeser. // *Telecommunication Systems*. – 2001. – vol. 16. – P. 361–378.
2. Harmantzia F. C., Hatzinakos D. Heavy Network Traffic Modeling and Simulation using Stable FARIMA Processes // *IEEE Trans. Signal Proc. Lett.* – 2000. – Vol. 5. – P. 48–50.
3. Heyman D. P., Sobel M. J. *Stochastic Models in Operations Research: Stochastic optimization*. Dover Books on Computer 155 Science Series. – Dover Publications, 2003.
4. Hu, Z., Tereikovskiy, I., Tereikovska, L., Tsiutsiura, M., Radchenko, K. (2020). Applying Wavelet Transforms for Web Server Load Forecasting. In: Hu, Z., Petoukhov, S., Dychka, I., He, M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education II*. ICCSEEA 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 938. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2_2
5. Mihaylenko, Victor, Tereikovska, Liudmyla. (2019). Conceptual model of neural network recognition of emotional condition of listeners of the distance learning system. *Management of Development of Complex Systems*, 38, 193 – 199. [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788720](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788720).
6. Server Load Prediction Based on Wavelet Packet and Support Vector Regression / Shuping Yao; Changzhen Hu; Wu Peng // 2006 International Conference on Computational Intelligence and Security, 2006, Volume: 2. Pp. 1016 – 1019.

7. Short-term power load forecasting with least squares support vector machines and wavelet transform / Qi-Song Chen; Xin Zhang; Shi-Huan Xiong; Xiao-Wei Chen // 2008 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. 2008, Volume 3. Pp. 1425 – 1429.
8. Бессараб В. І., Ігнатенко Е. Г., Червінський В. В. Генератор самоподібного трафіку для моделей інформаційних мереж // Наукові праці Донецького нац. техн. ун-ту. – Vol. 15(130) of Обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк, 2008. – P. 23–29.
9. Бельков Д. В. Дослідження мережевого трафіку // Наукові праці Донецького нац. техн. ун-ту. – Vol. 10(153) of Обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк, 2009. – P. 212–215.
10. Дичка І., Терейковський І., Терейковська Л., Радченко К. Метод визначення ефективного типу базисного вейвлету для застосування в шаблонах нормальної поведінки веб-сервера. Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. 2018. № 2 (36). С. 46 – 55.
11. Довлад О. А. Дослідження та розробка моделі процесу атаки та трафіку локальної мережі / О. А. Довлад // Захист інформації. – 2009. – № 1 – P. 83 – 86.
12. Дронюк І.М. Прогнозування трафіку комп'ютерних мереж для підвищення ефективності використання мережевого обладнання / Дронюк І.М., Федевич О.Ю. // Наук. вісн. НЛТУ України. – 2015. – Вип.25.5. – С.301-307.
13. Платов В. В., Петров В. В. Дослідження самоподібної структури телетрафіку бездротової мережі // Електротехнічні та інформаційні комплекси і системи. – Vol. 3. – 2004. – P. 38–49.
14. Радченко К.О. Застосування дискретних вейвлет-перетворень для прогнозування рівня навантаження на вебсервер комп'ютерних мереж загального призначення / К.О. Радченко // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2021. № 45. С. 90 – 96. <https://doi.org/10.3691/0/6775-2524-0560-2021-45-13>
15. Радченко К.О. Концептуальна модель забезпечення ефективності прогнозування навантаження на вебсервер / К.О. Радченко // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2020. Том 31 (70), № 6. С. 135 – 141. <https://doi.org/10.3283/8/TNU-2663-5941/2020.6-1/23>
16. Радченко К.О. Особливості прогнозування рівня вебтрафіку у комп'ютерних мережах загального призначення / К.О. Радченко // Проблеми інформатизації та управління. 2022. № 3(71). С. 41 – 50. <https://doi.org/10.1837/2/2073-4751.71.17002>
17. Струбицький Р. П. Самоподібна модель завантаженості хмаркових сховищ даних // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2015. – №814. – С. 147–156.
18. Федевич О.Ю. Інформаційна технологія аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології» (122 – Комп'ютерні науки). – Національний університет «Львівська Політехніка» МОН України, Львів, 2018. 214 с. <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1651/disfedevychoyu.pdf>

References

1. Hariharan R. Web Server Performance Modeling / R. Hariharan, Van der Mei, P. K. Reeser. // Telecommunication Systems. – 2001. – vol. 16. – P. 361–378.
2. Harmantzia F. C., Hatzinakos D. Heavy Network Traffic Modeling and Simulation using Stable FARIMA Processes // IEEE Trans. Signal Proc. Lett. – 2000. – Vol. 5. – P. 48–50.
3. Heyman D. P., Sobel M. J. Stochastic Models in Operations Research: Stochastic optimization. Dover Books on Computer 155 Science Series. – Dover Publications, 2003.
4. Hu, Z., Tereikovskiy, I., Tereikovska, L., Tsiutsiura, M., Radchenko, K. (2020). Applying Wavelet Transforms for Web Server Load Forecasting. In: Hu, Z., Petoukhov, S., Dychka, I., He, M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEEA 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 938. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2_2
5. Mihaylenko, Victor, Tereikovska, Liudmyla. (2019). Conceptual model of neural network recognition of emotional condition of listeners of the distance learning system. Management of Development of Complex Systems, 38, 193 – 199, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788720](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788720).
6. Server Load Prediction Based on Wavelet Packet and Support Vector Regression / Shuping Yao; Changzhen Hu; Wu Peng // 2006 International Conference on Computational Intelligence and Security, 2006, Volume: 2. Pp. 1016 – 1019.
7. Short-term power load forecasting with least squares support vector machines and wavelet transform / Qi-Song Chen; Xin Zhang; Shi-Huan Xiong; Xiao-Wei Chen // 2008 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. 2008, Volume 3. Pp. 1425 – 1429.
8. Bessarab V. I., Ignatenko E. G., Chervinskyi V. V. Generator of self-similar traffic for models of information networks // Scientific works of the Donetsk National University. technical university – Vol. 15(130) of Computing and automation. – Donetsk, 2008. – P. 23–29.
9. Bielkov D. V. Research of network traffic // Scientific works of the Donetsk national. technical university – Vol. 10(153) of Computing and automation. – Donetsk, 2009. – P. 212–215.
10. Dychka I., Tereikovskiy I., Tereikovska L., Radchenko K. A method for determining the effective type of basic wavelet for use in web server normal behavior patterns. Legal, normative and metrological support of the information protection system in Ukraine. 2018. No. 2 (36). С. 46-55.
11. Dovlad O. A. Research and development of a model of the attack process and local network traffic / O. A. Dovlad // Protection of information. – 2009. – No. 1 – P. 83 – 86.
12. Droniuk I.M. Forecasting the traffic of computer networks to increase the efficiency of the use of network equipment / Droniuk I.M., Fedevich O.Yu. // Sciences. release NLTU of Ukraine. – 2015. – Issue 25.5. - P.301-307.
13. Plavov V.V., Petrov V.V. Study of the self-similar structure of wireless network teletraffic // Electrotechnical and informational complexes and systems. – Vol. 3. – 2004. – P. 38–49.

14. Radchenko K.O. Application of discrete wavelet transformations for forecasting the level of load on the web server of general purpose computer networks / K.O. Radchenko // Computer-integrated technologies: education, science, production. 2021. No. 45. С. 90 – 96. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-45-13>
15. Radchenko K.O. Conceptual model for ensuring the effectiveness of web server load forecasting / K.O. Radchenko // Scientific notes of V.I. Tavri National University. Vernadskyi. Series: Technical sciences. 2020. Volume 31 (70), No. 6. С. 135 – 141. <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-1/23>
16. Radchenko K.O. Peculiarities of predicting the level of web traffic in general purpose computer networks / K.O. Radchenko // Problems of informatization and management. 2022. No. 3(71). С. 41 – 50. <https://doi.org/10.18372/2073-4751.71.17002>.
17. Strubytskyi R.P. Self-similar model of the load of cloud data storage // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". – 2015. – No. 814. - pp. 147–156.
18. Fedevich O.Yu. Information technology for traffic analysis and forecasting in computer networks. - Dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in the specialty 05.13.06 "Information Technologies" (122 - Computer Sciences). - Lviv Polytechnic National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2018. 214 p. <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1651/disfedevychoyu.pdf>