



О. Ю. Федевич

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АТЕВ-ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ВИСОКОРОЗДІЛЬНОГО ВІДЕОТРАФІКУ

Наведено результати поточного стану зростання відеотрафіку у світі. За допомогою зібраних статистичних даних показано, що цей процес призводить до збільшення завантаження комп'ютерних мереж. Показано, що на сьогодні забезпечення аналізу переваг та недоліків особливостей функціонування сучасних комп'ютерних мереж, а також розвитку методів прогнозування інтенсивності потоків трафіку, методів маршрутизації в комп'ютерних мережах є важливими та невідкладними завданнями. Згідно з прогнозами, обсяг світового трафіку зростає у 4 рази, на приблизно 33 % щороку, а відео з таких платформ, як: YouTube, Netflix, Amazon Prime, Facebook та інших сервісів, становитимуть основну частину майбутнього трафіку. Саме тому необхідно спрогнозувати тренди високороздільного відеотрафіку, що дасть змогу здійснити адаптивне управління мережевими обладнаннями, а також зменшити затримки передавання даних. Подано посилання на процес конструювання прогнозу тренду високороздільного відеотрафіку, що був попередньо розроблений. Комп'ютерне імітаційне моделювання показало, що природа цього трафіку є самоподібною, тому метод можна успішно застосувати для прогнозування пульсації відеотрафіку типів 1080p60, 4k, 1080p, але для 8k метод необхідно доопрацювати. Для оцінювання самоподібності відеотрафіку було використано параметр Херста.

Ключові слова: Ateb-функція; прогнозування збурень; потоки даних; комп'ютерна мережа; методи прогнозування.

Вступ. Розглядаючи сучасні темпи розвитку інформаційного суспільства, можна помітити, що об'єми світового інтернет-трафіку невинно зростають. Постійне зростання кількості корисної інформації на планеті призводить до збільшення завантаження телекомунікаційних та комп'ютерних систем, а комп'ютерних мереж зокрема. Тому невідкладним завданням на сьогодні є забезпечення та проведення аналізу переваг та недоліків особливостей структури, архітектури та функціонування сучасних комп'ютерних мереж, а також різноманітних методів адаптивного управління обладнаннями таких мереж, розвитку методів прогнозування інтенсивності потоків трафіку, методів маршрутизації та перенаправлення потоків даних між вузлами в комп'ютерних мережах.

Згідно зі сучасними прогнозами, у період від 2017 до 2022 рр. (Cisco website, 2018) (рис. 1):

1. Глобально світовий відеотрафік зростає у 4 рази, додаючи приблизно 33 % щороку.
2. Три трильйони хвилин (5 млн років) тільки відеоконтенту буде транспортуватись через Всесвітню мережу щомісяця у 2022 р.
3. На 12,4 % за цей період зростає частка Live Video, що транслюються через мережу Інтернет.
4. Глобально, кількість Live Video трафіку за цей період зростає у 15 разів, приблизно на 72,7 %.

Якщо поглянути на дещо інші статистичні дані, то можна побачити дуже швидке динамічне зростання кількості переглядів потокового відео високої якості на

найбільш популярних користувацьких сервісах та платформах для перегляду таких відео. Згідно з цими статистичними даними, вже на сьогодні 58 % завантажуваних потоків Інтернет-трафіку становлять відео з таких платформ як YouTube, Netflix, HTTP Media Stream, Amazon Prime, Facebook, Raw MPEG-TS та інших сервісів, як зображено на рис. 2 (Sandvine website, 2018a).

Якщо проглянути статистичні дані країни за країною, а саме розглянути одного з найбільших споживачів світового Інтернет-трафіку – Сполучені Штати Америки, то можна точно побачити, як кількість унікальних переглядів потокового відео зростає на найпопулярніших мережних сервісах та платформах, серед яких можна виділити Facebook, Vevo, Comcast та декілька інших сервісів (Statista website, 2018b). На рис. 3 зображено статистичні дані унікальних переглядів за місяць.

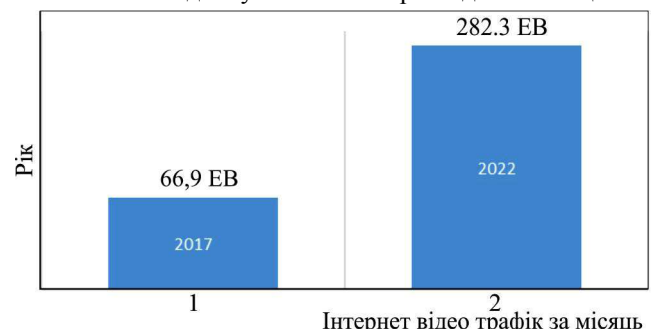


Рис. 1. Статистичні дані орієнтованого щомісячного зростання світового відеотрафіку в період між 2017-2022 рр.

Інформація про авторів:

Федевич Ольга Юрїївна, канд. техн. наук, асистент, кафедра автоматизованих систем управління.

Email: olhafedevych@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8170-3001>

Цитування за ДСТУ: Федевич О. Ю. Застосування методу Ateb-прогнозування для дослідження зразків високороздільного відеотрафіку. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 8. С. 125–129.

Citation APA: Fedevych, O. Yu. (2019). Application of Ateb-forecast method for investigation of high-resolution video traffic. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(8), 125–129. <https://doi.org/10.36930/40290823>

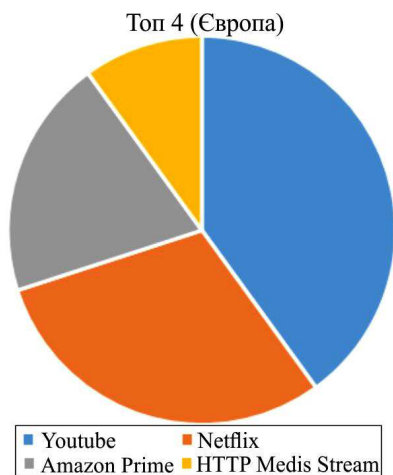


Рис. 2. Статистичні дані проаналізованих потокових відео з найбільш популярних світових сервісів для трансляції в Європі

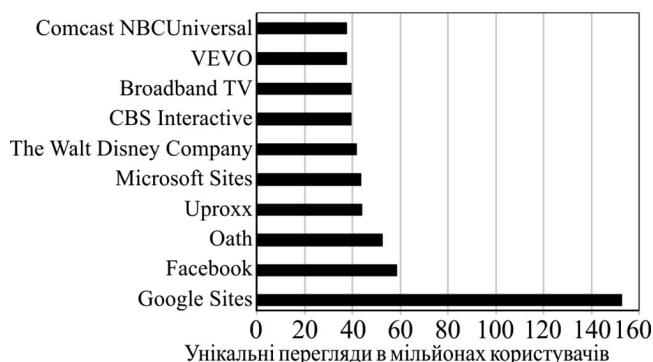


Рис. 3. Найпопулярніші онлайн відеосервіси у Сполучених Штатах Америки на вересень 2018 р., показані за кількістю унікальних переглядів (у млн)

Постановка завдання. Проаналізувавши отриману статистику, можна побачити стабільне зростання завантаженості комп'ютерних мереж та їхніх компонентів. Пульсуючий та самоподібний характер мережевого відеотрафіку є найважливішими причинами виникнення додаткового ризику перевантаження мережевого обладнання, що призведе до зростання кількості помилок під час оброблення даних та втрати корисної інформації.

Тому аналіз та прогнозування збурень під час передавання високороздільного відеотрафіку дає змогу забезпечити адаптивне управління завантаженням мережевого обладнання, "згладити" пульсації високороздільного відеотрафіку, зменшити пульсації затримок такого трафіку, а також зменшити затримки передавання корисної інформації у комп'ютерній мережі.

Якщо розглянути процес передавання відеотрафіку між вузлами у комп'ютерній мережі, то найкращою та найбільш відповідною частиною процесу передачі даних для імплементації розроблених вдосконалень буде та, під час якої дані передаються через певні проміжні вузли комп'ютерної мережі, розташовані між вузлом відправлення та отримання. Саме тому було б доцільно здійснювати прогнозування інтенсивності потоку відеотрафіку на рівні мережевого обладнання. Для зниження імовірності перевантаження та "падіння" мережевого обладнання, необхідно також оцінювати та досліджувати стан мережевого обладнання та рівень його завантаженості в певний конкретний момент часу. Розглядаючи ситуацію, яка відбувається в певний конкретний момент часу в мережевому обладнанні, дуже часто існує загроза виникнення ситуації перевантаження під час процесу передавання даних. Ця ситуація власне і

породжує так зване "вузьке горло" у використанні мережевого обладнання. Отож, враховуючи перераховані причини, сьогодні рекомендовано створювати та застосовувати нові програмні рішення для покращення балансування навантаженням у таких комп'ютерних мережах (Mandelbrot, 1982).

Особливо варто зосередити увагу на тому факті, що, враховуючи сучасне різноманіття архітектур, структур та конфігурацій мережевого обладнання, доцільно буде створювати саме інноваційні та ефективні програмні засоби для прогнозування інтенсивності потоків високороздільного відеотрафіку, враховуючи його природу та структуру (Susmit Bagchi, 2017), що і становить *мету цього дослідження*.

Об'єктом дослідження є процес передавання даних у комп'ютерних мережах.

Предметом дослідження є метод прогнозування значень трафіку в комп'ютерних мережах.

Основним *завданням* було дослідити особливості моделювання відеопотоків високої роздільної здатності за допомогою розробленого раніше методу Ateb-прогнозування.

Процедура комп'ютерного імітаційного моделювання. Процес конструювання та тестування отриманого прогнозу інтенсивності високороздільного відеотрафіку розроблено з метою оцінити результати використання розробленого методу Ateb-прогнозування. Комп'ютерне імітаційне моделювання було проведено за допомогою розробленого програмного забезпечення.

Цей процес складається з декількох стадій, а саме:

- обрання та отримання відеофайлу;
- вибір та програвання фрагменту;
- застосування методу Ateb-моделювання;
- побудова кривої передбачення (стадія прогнозування (моделювання));
- стадія тестування (значення високороздільного трафіку в оригінальному фрагменті порівнюються зі значеннями, отриманими внаслідок побудови кривої прогнозування).

Як зображено на рис. 4, для того, щоб отримати експериментальні результати, було застосовано всі п'ять стадій, продемонстровані на цьому рисунку: обрано певний відеофайл як вхідні дані для здійснення прогнозування, обрано також і певний фрагмент відео, побудова Ateb-тренду та операцій стадії прогнозування і, на завершення, порівняння фрагменту оригінального відеотрафіку зі сконструйованими значеннями прогнозу.

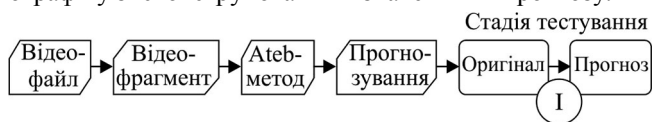


Рис. 4. Схематичне зображення стадій процесу прогнозування кривих відеотрафіку

Передусім необхідно обрати та отримати необхідний файл із високороздільним відеотрафіком, у розробленому програмному забезпеченні для цього було реалізовано дві можливості, а саме: отримання зразка високороздільного відеотрафіку в режимі реального часу (Tanwir & Petros, 2014; Kastrinakis et al., 2017; Liew, Kodikara & Kondoz, 2005), а також можливість отримати такий зразок за допомогою попереднього запису тренду такого відеотрафіку або ж зчитування його з відповідної бази даних.

Потім обраний фрагмент трафіку завантажується для оброблення у розробленому програмному забезпе-

ченні. Після того розпочинається процес конструювання кривої прогнозу за допомогою розробленого методу. Цей процес також охоплює процес підбору та адаптації параметрів Ateb-функції з метою знаходження найбільш відповідних параметрів згідно з проведенням аналізом обраного фрагмента відеотрафіку. Протягом стадії прогнозування сконструйовані значення будуються на основі обраних параметрів прогнозування. Під час останньої стадії відбувається тестування релеван-

тності отриманих кривих прогнозу за допомогою розробленого програмного забезпечення (Fedevych, Dronyuk & Lizanets, 2018; Demydov et al., 2019).

Опис виконаних експериментів. Зразки трафіку в цій роботі визначаються як коротка частина (з тривалістю менше як однієї години реального часу) відеотрафіку в комп'ютерних мережах із визначеними характеристиками. Характеристики зразків наведено в табл. 1.

Табл. 1. Характеристики досліджуваних зразків відеотрафіку

Тип відео	Зразок, хв	Зразок отримано, дата	Джерело зразка	Якість, пікселі	Бітрейт, Mbps	Тривалість зразка, хв	Швидкість перегляду, Mbps
1080p60	30	18:00 CET 22/12/2018	YouTube	1920×1080	12	10	100
1080	30	18:30 CET 22/12/2018	Twitch.tv	1920×1080	3.5	10	100
4K	30	19:00 CET 22/12/2018	YouTube	3480×2160	35	10	100
8K	30	19:30 CET 22/12/2018	YouTube	7680×4320	75	10	100

Табл. 2. Параметри моделювання трендів відеотрафіку, використовуючи розроблений метод Ateb-моделювання

Тип відео	Типи Ateb-функцій	Крок інтервалу, s	Крок зміщення, s	Дельта
1080p60	Sa(1/7,3), Sa(0.01, 0.1), Sa(1, 1/3)	10	5	0.1
1080	Sa(1/7,3), Sa(0.01, 0.1), Sa(1, 1/3)	10	5	0.1
4K	Sa(1/7,3), Sa(0.01, 0.1), Sa(1, 1/3)	10	5	0.1
8K	Sa(1/7,3), Sa(0.01, 0.1), Sa(1, 1/3)	10	5	0.1

Параметри, які було обрано для конструювання значень прогнозу для розробленого програмного забезпечення, наведено в табл. 2. Дані у цій таблиці показують типи зразків відеотрафіку, які було обрано для проведення експериментів, три види Ateb-функцій, що показали найкращі результати прогнозування серед інших функцій, крок інтервалу як період зміни між максимумом та мінімумом, крок зсуву як період зсуву функції прогнозування.

Щоб забезпечити чистоту та надійність зразків, взятих для дослідження, відеотрафік було зібрано за допомогою програмного забезпечення Wireshark. Формули обчислень представлено в роботах (Fedevych, Dronyuk & Lizanets, 2018; Demydov et al., 2019).

Результати моделювання. Беручи до уваги і базуючись на даних розрахунків параметра Херста, можливо застосувати метод Ateb-моделювання до обраних зразків відеотрафіку (Sklar, 2001). Результати експериментів показано в табл. 3.

Табл. 3. Результати проведених експериментів

Дані	Ateb-функція	Кореляція	Херст-трафік	Херст-апроксимація
1080p60	Sa(1/7,3)	0.753815	0.738174	0.777182
	Sa(0.01,0.1)	0.702475	0.738174	0.760986
	Sa(1,1/3)	0.772702	0.738174	0.77381
4K	Sa(1/7,3)	0.94084	0.776768	0.770557
	Sa(0.01,0.1)	0.882845	0.776768	0.756193
	Sa(1,1/3)	0.924781	0.776768	0.767806
1080	Sa(1/7,3)	0.876081	0.758839	0.763977
	Sa(0.01,0.1)	0.834676	0.758839	0.742042
	Sa(1,1/3)	0.85499	0.758839	0.76025
8K	Sa(1/7,3)	0.344267	0.773683	0.890392
	Sa(0.01,0.1)	0.337655	0.773683	0.884663
	Sa(1,1/3)	0.34424	0.773683	0.889599

Результати порівняння здійснених обчислень, а особливо значень кореляції, самоподібності та Херст-апроксимації для 4 різних типів зразків відеотрафіку, зображено на рис. 5-9. Коефіцієнт кореляції обчислювали між реальним та прогнозованим відеотрафіком у табл. 3. У колонці Херст-трафік, параметр Херста розраховували для зразка реального відеотрафіку за допомогою R/S методу (Cajueiro et al., 2005). Колонка Херст-апроксимації містить результати обчислень параметра Херста з використанням R/S методу для прогнозованого відеотрафіку з відповідними параметрами.

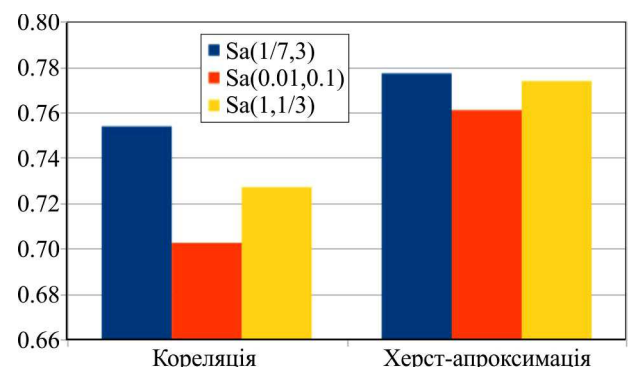


Рис. 5. Результати обчислень для зразка трафіку 1080p60

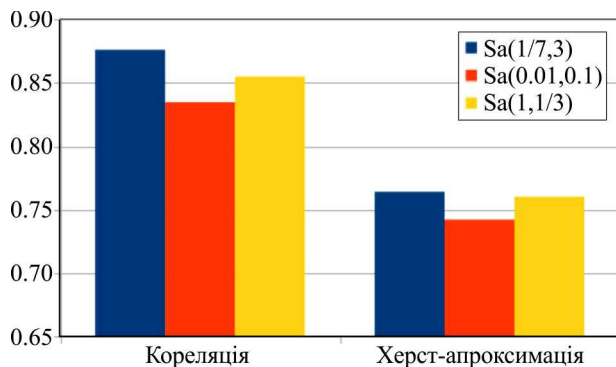


Рис. 6. Результати обчислень для зразка трафіку 1080

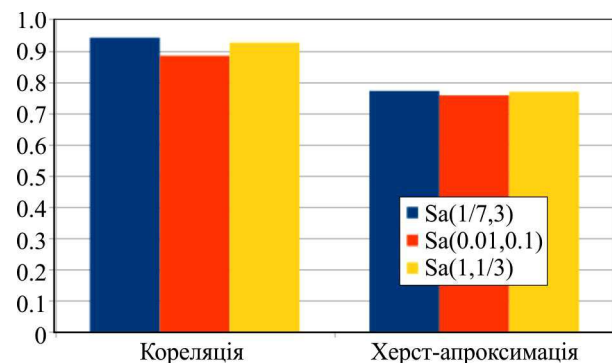


Рис. 7. Результати обчислень для зразка трафіку 4k

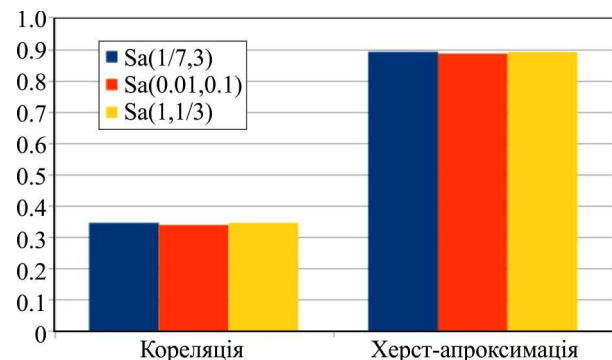


Рис. 8. Результати обчислень для зразка трафіку 8k

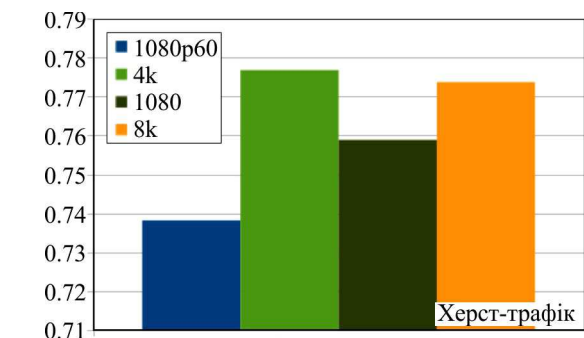


Рис. 9. Результати обчислення параметра Херста для 4 зразків відео трафіку

Висновки. З'ясовано, що трафік у телекомунікаційних мережах поділяється на різні типи. Одним із найважливіших і найчисленніших за об'ємами типом трафіку є відео трафік. Комп'ютерне імітаційне моделювання значень обраних зразків відео трафіку показало, що природа цього трафіку є самоподібною, тому попередньо розроблений метод можна успішно застосувати для прогнозування трендів відео трафіку типів 1080p60, 4k, 1080p, але для типу 8k метод потрібно вдосконалити. Проведені дослідження показали, що поведінка компонентів (трендів) відео трафіку загалом визначає його поведінку, незалежно від конкретного типу відео трафіку. У наступних дослідженнях плануємо продовжити дослідження зразків 8k відео трафіку з метою встановлення його характеристик та властивостей для здійснення прогнозування його збурень.

Перелік використаних джерел

- Cajueiro, Daniel, & Tabak, Benjamin. (2005). The rescaled variance statistic and the determination of the Hurst exponent. *Mathematics and Computers in Simulation*, 70, 172–179.
- Cisco website. (2018). Index, Cisco Visual Networking. "Forecast and methodology, 2015–2020 white paper." Retrieved 1st June (2017). Accessed 20 Dec 2018.
- Demydov, I., Dronyuk, I., Fedevych, O., & Romanchuk, V. (2019). Traffic Fluctuations Optimization for Telecommunication SDP Segment Based on Forecasting Using Ateb-Function. *Data-Centric Business and Applications, Evolutions in Business Information Processing and Management*, 20, 71–88. Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94117-2_4
- Fedevych, O., Dronyuk, I., & Lizanets, D. (2018). Researching Measured and Modeled Traffic with Self-Similar Properties for Ateb-Modeling Method Improvement. In P. Gaj, M. Sawicki, G. Suchacka, A. Kwiecień (Eds), *Computer Networks. CN 2018. Communications in Computer and Information Science*, 860. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92459-5_2
- Kastrinakis, Marios, Badawy, Ghada, Smadi, Mohammed N. & Koutsakis, Polychronis. (2017). Video frame size modeling for user-generated traffic in an enterprise-like environment. *Computer Communications*, 109, 24–37.
- Liew, C. H, Kodikara, C., & Kondoz, A. M. (2005). *Video Traffic Model for MPEG4 Encoded Video* 62nd IEEE VTS Vehicle Technology Conference, 3, 1854–1858.
- Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman, New York, 550 p. <https://doi.org/10.1119/1.13295>
- Sandvine website. (2018a). Downstream traffic statistic. <https://www.sandvine.com/>. Accessed 18 Oct 2018.
- Sklar, B. (2001). *Digital Communications: Fundamentals and Applications*. (2nd ed.). Prentice Hall P T R, New Jersey.
- Statista website. (2018b). Most popular online video properties in the United States. <https://www.statista.com/>. Accessed 15 Sep 2018.
- Susmit Bagchi. (2017). Computational Analysis of Network ODE Systems in Metric Spaces. An Approach. *Journal of Computer Science, Science Publications*, 13(1), 1–10.
- Tanwir, Savera, & Perros, Harry G. (2014). *VBR Video Traffic Models*. Wiley, 148 p.

O. Yu. Fedevych

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

APPLICATION OF ATEB-FORECAST METHOD FOR INVESTIGATION OF HIGH-RESOLUTION VIDEO TRAFFIC

This paper analyzes the current state of growth of useful information on the planet. It is shown that this process led to the load on telecommunications and computer systems and, in particular, on computer networks. The primary modern tasks are found to provide and analyze the advantages and disadvantages of the features of the structure, architecture and functioning of modern computer networks, as well as various methods of adaptive management of equipment of such networks, the development of methods for predicting traffic flow intensity, data routing and redirection methods between nodes in computer networks. The global traffic amount is es-

estimated to have quadrupled between 2017 and 2022, adding about 33 % annually, as well as that 58 % of downloaded internet traffic flows are videos from platforms such as YouTube, Netflix, HTTP Media Stream, Amazon Prime, Facebook, Raw MPEG-TS and other services. Therefore, it is expedient to analyze and predict perturbations in the transmission of high-resolution video traffic, which will provide the ability to adaptively control the load of network equipment, "smooth" the ripple of high-definition video traffic, reduce the ripple delays of such traffic, and reduce delays in transmitting useful information in computer network. The paper also demonstrates the process of constructing and testing the obtained high-resolution video traffic forecast, which was previously developed to evaluate the results of the use of the developed Ateb-forecasting method. Computer simulation was performed using the developed software, which showed that the nature of this high-resolution video traffic was self-similar, so the previously developed method can be successfully applied to forecast trends of video traffic of types 1080p60, 4 k, 1080 p, but for the type 8 k the method needs to be improved. The Hurst parameter was used to evaluate the self-similarity of the video traffic samples. Conducted studies have shown that the behaviour of video traffic components (trends) generally determines its behaviour, regardless of the specific type of video traffic.

Keywords: Ateb-function; disturbance forecasting; data streams; computer network; forecasting methods.