

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ФІЛЬТРАЦІЇ КОНТЕНТА

*Князєв О.А.*

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.  
[oleksandr.kniaziev@onat.edu.ua](mailto:oleksandr.kniaziev@onat.edu.ua)*

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ КОНТЕНТА

*Князев А.А.*

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.  
[oleksandr.kniaziev@onat.edu.ua](mailto:oleksandr.kniaziev@onat.edu.ua)*

## SIMULATION MODEL OF ADAPTIVE COMPLEX CONTENT FILTERING SYSTEM

*Kniaziev A.A.*

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,  
1 Kuznechna St., Odessa, 65029, Ukraine.  
[oleksandr.kniaziev@onat.edu.ua](mailto:oleksandr.kniaziev@onat.edu.ua)*

**Анотація.** Розроблено імітаційну модель адаптивної комплексної системи фільтрації контенту (АКСФК), що заснована на використанні апарату мереж Петрі та являє собою двочастковий орієнтований мультиграф, з використанням програмної оболонки CPN Tools. Розглянуто схеми роботи декількох окремих процедур фільтрації контенту, і також загальну імітаційну модель АКСФК. Проведено розрахунки поведінки АКСФК шляхом зміни різних характеристик, що впливають на загальний час затримки всередині АКСФК, а також у рамках окремих систем фільтрації контенту. Побудовано графіки залежностей вихідних показників АКСФК, на основі яких було підсумовано, що використання адаптивної комплексної системи фільтрації контенту покращує її продуктивність на 37% порівняно зі стаціонарною комплексною системою фільтрації контенту з відсутнім механізмом адаптивності.

**Ключові слова:** імітаційна модель, адаптивна комплексна система фільтрації контенту, мережі Петрі, CPN Tools.

**Аннотация.** Разработана имитационная модель адаптивной комплексной системы фильтрации контента (АКСФК), основанная на использовании аппарата сетей Петри, представляющая собой двудольный ориентированный мультиграф с использованием программной оболочки CPN Tools. Рассмотрены схемы работы нескольких отдельных процедур фильтрации контента, а так же общую имитационную модель АКСФК. Проведены расчеты поведения АКСФК путем изменения различных характеристик, влияющих на общее время задержки внутри АКСФК, а так же в рамках отдельных систем фильтрации контента. Построены графики зависимостей выходных показателей АКСФК, на основе которых был подведен итог, что использование адаптивной комплексной системы фильтрации контента улучшает ее производительность на 37% по сравнению со стационарной комплексной системой фильтрации контента с отсутствующим механизмом адаптивности.

**Ключевые слова:** имитационная модель, адаптивная комплексная система фильтрации контента, сети Петри, CPN Tools.

**Abstract.** A simulation model of an adaptive complex system of content filtering (ACSCF), based on the use of the apparatus of Petri nets, is a bipartite directed multigraph, with SPN Tools software shell. The schemes of several separate content filtering procedures, as well as the overall simulation model ACSCF. Calculations ACSCF behavior by changing the various characteristics affecting the overall latency in ACSCF, as well as within the individual content filtering systems. Plotted output indicators ACSCF on which was

summed up, that the use of an adaptive complex system of content filtering improves its productivity by 37% compared with the stationary integrated content filtering system with the absence of mechanisms of adaptability.

**Key words:** a simulation model, an adaptive complex system of content filtering, Petri nets, CPN Tools.

Активний розвиток Інтернет докорінно змінив та продовжує змінювати багато параметрів життя суспільства та привносить суттєві зміни у соціально-економічні параметри життєдіяльності людей та бізнесу. Поряд із позитивними змінами виникають і негативні явища, зокрема, розповсюдження небажаної інформації, шкідливих ресурсів та програмного забезпечення тощо.

Як відомо [1, 2], основним технічним методом протидії таким явищам є використання так званих систем фільтрації контенту (СФК). Питання розробки та удосконалення СФК досліджують вітчизняні та зарубіжні вчені протягом останніх років [1-6]. Проведений на попередніх стадіях дослідження аналіз переваг та недоліків різних систем фільтрації контенту показав, що найбільш перспективною на сьогодні є ідея створення так званих комплексних систем фільтрації контенту (КСФК), тобто систем, що складаються з двох чи більше засобів фільтрації, кожен з яких може використовувати різні види, методи та підходи до фільтрації контенту.

У подальших дослідженнях авторів [7] було запропоновано метод адаптивної оцінки унікальних ідентифікаторів ресурсів (URI) в КСФК, а також концепцію так званих адаптивних КСФК (АКСФК), тобто КСФК, робота якої адаптується до характеристик зовнішнього (використовуваного) середовища.

Слід однак зазначити, що оцінка ефективності пропонованого підходу можлива лише при розробці відповідних імітаційних та математичних моделей. Зважаючи на це, **метою статті** є розробка імітаційної моделі адаптивної комплексної системи фільтрації контенту.

Імітаційна модель АКСФК базується на використанні апарату мереж Петрі, що являють собою двочастковий орієнтований мультиграф, який складається з вершин двох типів – позицій і переходів, з'єднаних між собою дугами [8]. Програмну реалізацію моделі виконано у середовищі CPN Tools.

На рис. 1 надано фрагмент мережі, який відображає роботу декількох процедур фільтрації. Він складається з наступних елементів:

- Requests – запити від користувачів, як приклад було взято 100 запитів;
- $T_0 - T_3$  – перехід від однієї процедури до іншої, який відображає часову затримку в 5 мілісекунд;
- P1-P4 – процедура фільтрації;
- Counter 1 – Counter 3 – лічильник, що відображає кількість спрацьовувань конкретної процедури і фіксує затримку.

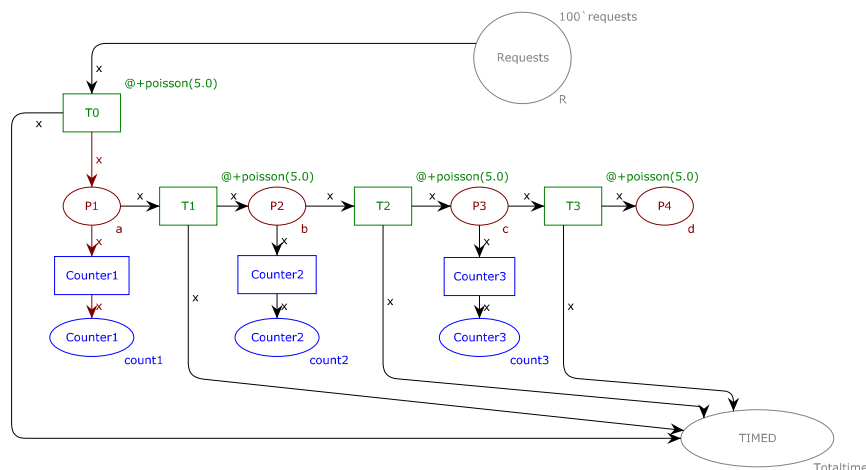


Рисунок 1 – Схема роботи декількох процедур фільтрації з урахуванням наявності контейнера Timed

При надходженні заявки (запиту) на вхід фрагмента елемент  $T_0$  пропускає через себе запити, що надійшли з контейнера Requests. Далі, проходячи через певну кількість процедур фільтрації ( $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ ), запити зберігаються у відповідних лічильниках. У ході роботи лічильники фіксують сумарний час затримки, залежно від пройдених процедур фільтрації.

У момент роботи механізму, всі дані з переходів  $T_0 \dots T_n$ , також фіксуються в загальному контейнері Timed, який виводить загальний час затримки для кожної з процедур, відображаючи при цьому кількість усіх оброблених запитів.

Загальний вигляд моделі адаптивної комплексної системи фільтрації показаний на рис. 2.

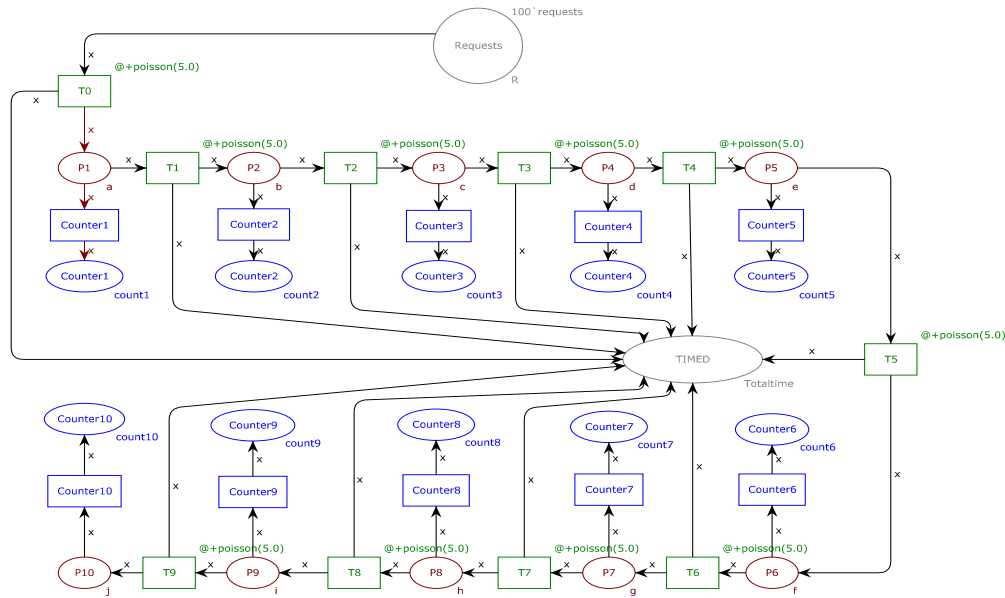


Рисунок 2 – Загальний вигляд моделі адаптивної комплексної системи фільтрації контенту СФК

За допомогою розробленої моделі було проведено низку досліджень.

У ході першого дослідження змінювалися тільки значення ймовірностей СФК 1 та СФК 2, інші параметри, а саме: кількість записів, середній час обробки одного запису, середній час проходження всієї процедури, ймовірність спрацювання процедури, час проходження окремої СФК і загальна затримка на виході СФК залишилися незмінними.

На основі даних (табл. 1), отриманих під час дослідження моделі, можна дійти висновку, що при зміні ймовірностей спрацювання процедур СФК усередині КСФК, змінюється і час проходження всієї КСФК у цілому. Також, як видно з табл. 1 (моделювання 1.1), за максимальної ймовірності спрацювання першої процедури, час проходження всієї КСФК мінімальний. Це пояснюється тим, що СФК 1 впливає менше на загальний час проходження всієї КСФК, ніж СФК 2.

Таким чином, збільшуючи ймовірність спрацювання тієї системи фільтрації контенту, яка більше впливає на затримку часу, збільшується і загальний час проходження всієї комплексної системи фільтрації контенту в цілому, як видно з табл. 1 (моделювання 1.11), де ймовірність спрацювання СФК 2 є максимальною.

Таблиця 1 – Отримані значення часу проходження КСФК з урахуванням зміни ймовірності спрацьовування процедур

Параметри моделювання	Ймовірність спрацьовування СФК 1 усередині КСФК	Ймовірність спрацьовування СФК 2 усередині КСФК	Усереднений час проходження КСФК у цілому (з урахуванням ймовірностей), с
Моделювання 1.1	1	0	0,202
Моделювання 1.2	0,9	0,1	0,2192
Моделювання 1.3	0,8	0,2	0,2364
Моделювання 1.4	0,7	0,3	0,2536
Моделювання 1.5	0,6	0,4	0,2708
Моделювання 1.6	0,5	0,5	0,288
Моделювання 1.7	0,4	0,6	0,3052
Моделювання 1.8	0,3	0,7	0,3224
Моделювання 1.9	0,2	0,8	0,3396
Моделювання 1.10	0,1	0,9	0,3568
Моделювання 1.11	0	1	0,374

На основі даних табл. 1 складено графік залежності загального часу проходження всієї КСФК від ймовірності спрацьовування процедур усередині СФК (рис. 3). Де кожне наступне моделювання являє собою зміну ймовірності спрацьовування СФК 1 та СФК 2.

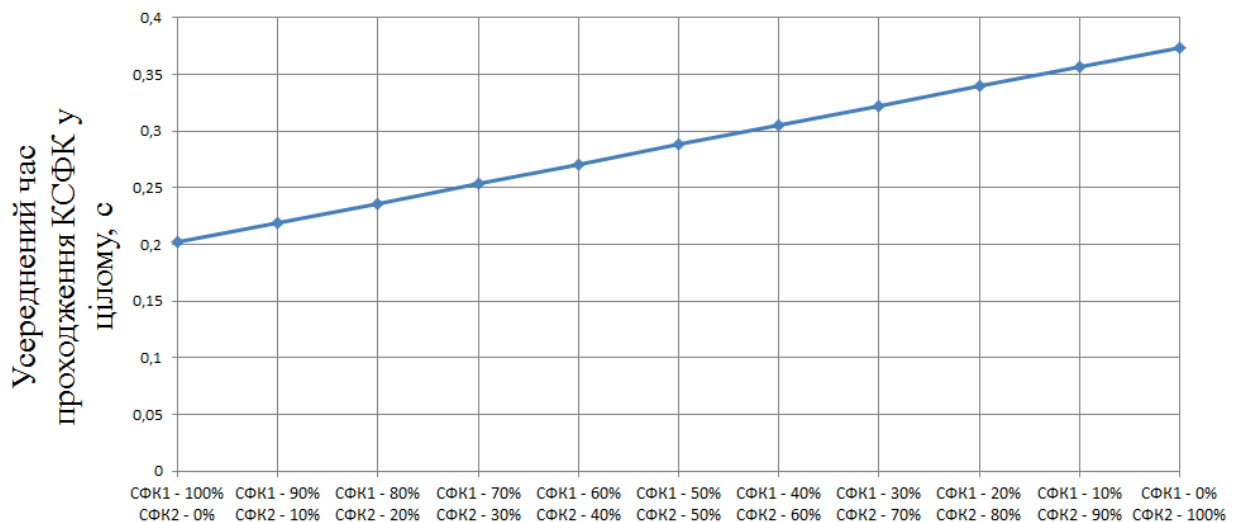


Рисунок 3 – Залежність часу обробки одного запиту в межах КСФК від розподілу ймовірностей спрацьовування СФК у межах КСФК

Далі надамо результати другого дослідження, під час якого було проаналізовано поведінку загального часу затримки СФК 1 та СФК 2. Отримані дані в результаті вимірювань показані в табл. 2. На основі отриманих значень побудовано графік залежності середнього часу затримки від розподілу ймовірностей спрацьовування процедур у межах СФК (рис. 4).

Таблиця 2 – Отримані значення загальною часу затримки на виході СФК

Параметри моделювання	Ймовірність спрацювання процедури усередині СФК										Усереднений час проходження окремої СФК (з урахуванням імовірностей), с		Загальна затримка на виході СФК, с	
	СФК 1					СФК 2					СФК 1	СФК 2	СФК 1	СФК 2
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>				
2.1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2	0,7	0,2	0,9
2.2	0,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,22	0,68	0,22	0,9
2.3	0,6	0,2	0,2	0	0	0	0	0,2	0,2	0,6	0,26	0,64	0,26	0,9
2.4	0,4	0,2	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,23	0,508	0,23	0,738
2.5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,202	0,374	0,202	0,576
2.6	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0	0,174	0,24	0,174	0,414
2.7	0	0	0,2	0,2	0,6	0,6	0,2	0,2	0	0	0,126	0,126	0,126	0,252
2.8	0	0	0	0,2	0,8	0,8	0,2	0	0	0	0,058	0,032	0,058	0,09
2.9	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,06	0,03	0,06	0,09

Як показує графік, зображений на рис. 4, загальна затримка на виході кожної з СФК зменшується, що досягається шляхом перерозподілу ймовірностей кожної процедури усередині своєї системи фільтрації контенту.

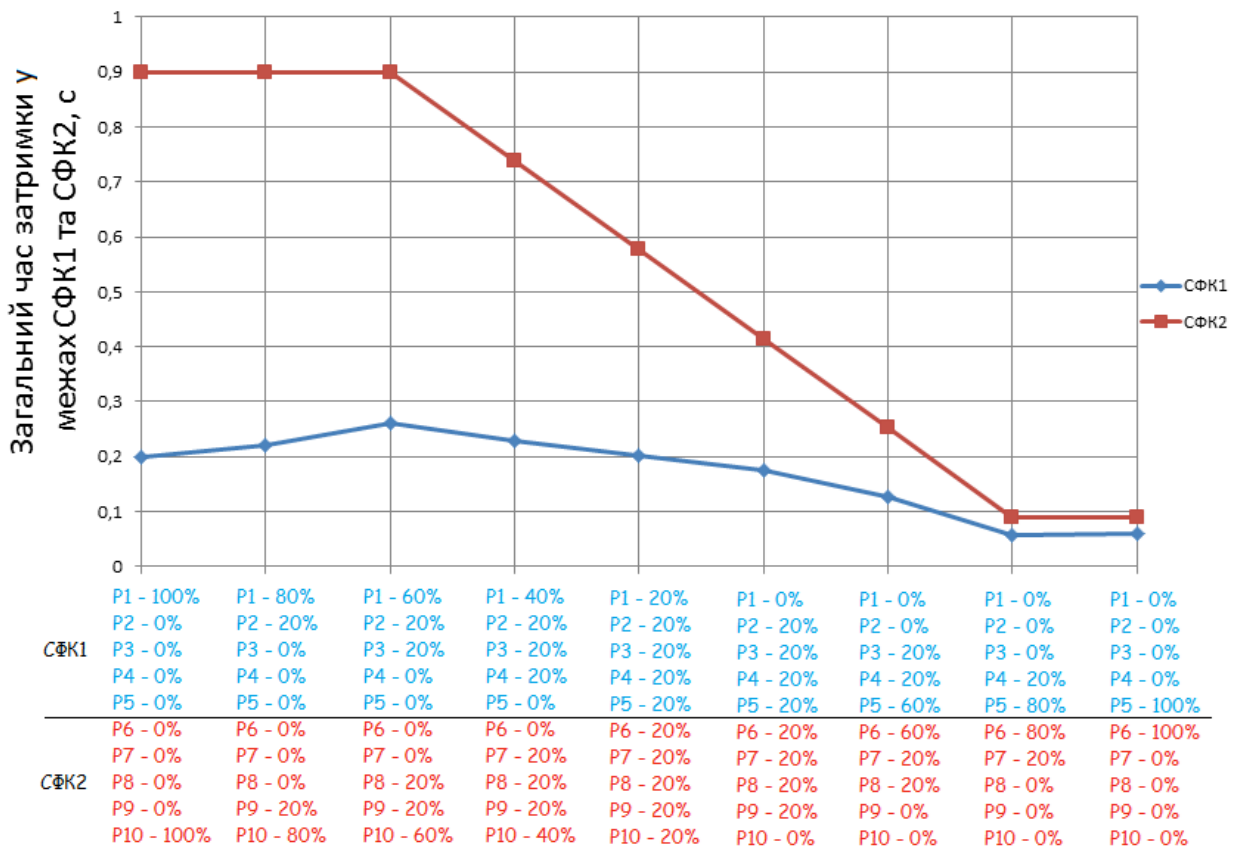


Рисунок 4 – Залежність середнього часу затримки від розподілу ймовірностей спрацювання процедур у межах СФК

В даному випадку зменшення часу в ході виконання моделювання 2.9 досягається шляхом збільшення ймовірності спрацьовування процедури, яка, у свою чергу, мінімально впливає на час затримки в усій СФК, зокрема, в даному прикладі, цим мінімальним впливом є параметр, який відповідає за кількість записів.

Далі розглянемо третє дослідження, в якому була перевірена залежність середнього часу затримки від кількості записів у списках блокування. Результати надані у табл. 3. На основі отриманих значень з табл. 3 побудуємо наступний графік, що зображений на рис. 5.

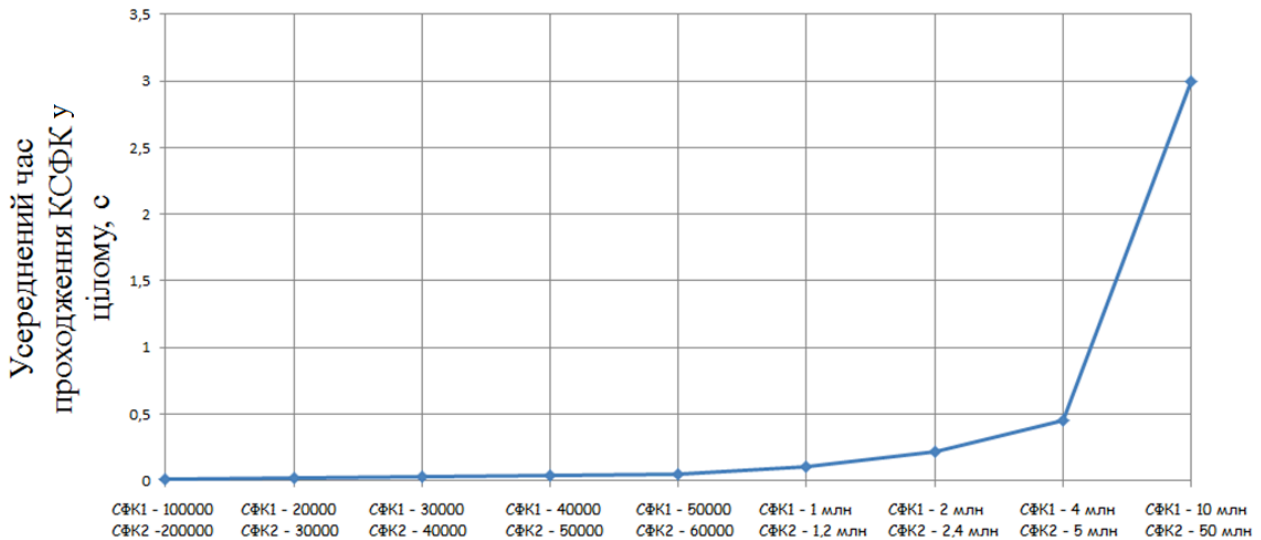


Рисунок 5 – Залежність середнього часу затримки від кількості записів у списках блокування

У даному дослідженні змінено кількість записів у списках відповідних процедур. Параметри ймовірності і часу обробки одного запиту, в даному випадку, є фіксованою величиною. Таким чином, при збільшенні кількості записів у «чорному/білому» списках, при цьому залишаючи ймовірність спрацьовування кожної процедури статичною, загальний час проходження КСФК буде збільшуватися. А якщо врахувати той факт, що бази даних із записами у списках будуть постійно оновлюватися і збільшуватися, то при обробленні великого обсягу інформації, час обробки буде дуже великим, що недоцільно в рамках роботи представленої комплексної системи фільтрації контенту. У даному прикладі досить явно видно, що за відсутності сортування процедур, загальний час проходження всієї КСФК досить великий.

Далі, розглянемо наступне четверте дослідження: залежність середнього часу затримки від часу обробки одного запису (кількість записів у списках блокування фіксована, ймовірність фіксована). Отримані дані показані в табл. 4. У даному дослідженні за змінний параметр був взятий середній час обробки одного запиту. Як видно з таблиці, при незмінних параметрах (кількість записів у списках та ймовірності спрацьовування процедури) загальний час затримки у КСФК збільшується за рахунок значного приросту середнього часу обробки одного запиту.

Зважаючи на отримані результати моделювання можна дійти висновку, що запропонована адаптивна комплексна система фільтрації контенту, зменшує загальний сумарний час затримки у КСФК за рахунок сортування процедур усередині СФК. Враховуючи той факт, що в розрахунках було задіяно дві системи фільтрації контенту, можна дійти висновку, що при збільшенні кількості СФК у системі, загальний сумарний час затримки буде зменшуватися.



Таким чином, запропонований механізм поліпшить продуктивність стаціонарної комплексної системи фільтрації контенту. Також, застосовуючи запропоновану адаптивну комплексну систему фільтрації контенту на обчислювальній техніці нового покоління, де час обробки одного запиту достатньо малий, сумарний виграш, при обробленні значної кількості вступників запитів, буде постійно зростати, що буде сприятливо позначатися на загальному часу обробки всіх вхідних запитів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Воробієнко П.П. Єдина система обмеження доступу до нецільових ресурсів мережі Інтернет в освітніх закладах України / П.П. Воробієнко, В.А. Каптур, В.А. Коляденко, В.О. Самодід // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2009. – № 8. – С. 30-34.
2. Каптур В.А. Комплексні системи фільтрації контенту в мережі Інтернет / В.А. Каптур // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2013. – № 1. – С. 16-21.
3. Актаева А.У. Инновационные технологии: защита информации / А.У. Актаева, О.А. Баймуратов, Н.Г. Галиева // Матеріали науково-технічної конф. [“Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології”], (Київ, 17-20 листопада 2015 р.). – У 5 томах. – Т. IV. Сучасні технології інформаційної безпеки. – К.: ДУТ, 2015. – С. 34-38.
4. Грищук Р.В. Анализ современных методов выявления кибератак на ресурсы коммуникационных систем / Р.В. Грищук, С.П. Евсеев, О.Г. Король // Матеріали науково-технічної конф. [“Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології”], (Київ, 17-20 листопада 2015 р.). – У 5 томах. – Т. IV. Сучасні технології інформаційної безпеки. – К.: ДУТ, 2015. – С. 69-71.
5. Бурячок В.Л. Влияние кибернетической безопасности на состояние экономического развития ведущих стран мира и Украины // Матеріали науково-технічної конф. [“Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології”], (Київ, 17-20 листопада 2015 р.). – У 5 томах. – Т. IV. Сучасні технології інформаційної безпеки. – К.: ДУТ, 2015. – С. 52-67.
6. Наконечный В.С. Состояние развития управления информационной безопасностью в мировой практике и его влияние на экономическое развитие Украины / В.С. Наконечный, А.В. Дубиченко, С.В. Толюпа // Матеріали науково-технічної конф. [“Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології”]: (Київ, 17-20 листопада 2015 р.). – У 5 томах. – Т. IV. Сучасні технології інформаційної безпеки. – К.: ДУТ, 2015. – С. 85-87.
7. Каптур В.А. Метод адаптивної оцінки URL в комплексних системах фільтрації контенту / В.А. Каптур, О.А. Князев // Наукові праці ОНАЗ. – 2016. – № 1. – С. 35-45.
8. Інтернет-бібліотека. Сети Петри. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сети\\_Петри](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сети_Петри).

REFERENCES:

1. Vorobiyenko P., Kaptur V., Kolyadenko V., and Samodid V. "Unified Limit Access to Inappropriate Internet in Educational Institutions of Ukraine." *The Computer in the School and the Family* 8th ser. (2009): 30-34. Web.
2. Kaptur V. "Integrated Content Filtering Systems on the Internet." *Proceedings of the O.S. Popov ONAT 1* (2013): 16-21. Web.
3. Aktaeva A., Baimuratov O., and Galieva N. "Innovative Technology: Data Protection." *Modern Information and Telecommunication Technologies: Materials Science Conference (Kyiv, 17-20 November 2015)* 5.4 (2015): 34-38. Web.
4. Grischuk R., Evseev S., and Korol O. "Analysis of Modern Methods for the Detection of Cyber Attacks on the Resources of Communication Systems." *Modern Information and Telecommunication Technologies: Materials Science Conference (Kyiv, 17-20 November 2015)* 5.4 (2015): 69-71. Web.
5. Burachok V. "The Impact of Cyber Security on the State of Economic Development of the Leading Countries of the World and Ukraine." *Modern Information and Telecommunication Technologies: Materials Science Conference (Kyiv, 17-20 November 2015)* 5.4 (2015): 52-67. Web.
6. Nakonechny V., Dubichenko A., and Tolyupa S. "State Management of Information Security in the World and Its Impact on the Economic Development of Ukraine." *Modern Information and Telecommunication Technologies: Materials Science Conference (Kyiv, 17-20 November 2015)* 5.4 (2015): 85-87. Web.
7. Kaptur V., and Kniaziev A. "Method of adaptive estimation URL in complex systems of the filtration of the content." *Proceedings of the O.S. Popov ONAT 1* (2016): 35-45. Web.
8. Petri net – Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Petri\\_net](https://en.wikipedia.org/wiki/Petri_net).