

УДК 004

В.Кравченко, магістр гр. КН-24М,*Центральноукраїнський національний технічний університет*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ХМАРНИХ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних. Метою розробки є дослідження та принципи побудови системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних. Об'єктом дослідження є процес інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних. Предметом дослідження є методи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних. Методи дослідження базуються на методах теорії великих даних, теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

інтелектуальна оптимізація, продуктивність, надійність, хмара, мережева система, зберігання даних

Постановка проблеми. Мережевий накопичувач (NAS) – це система жорстких дисків, підключена до вашої локальної мережі, а не до окремого комп'ютера. Це дозволяє будь-кому, хто знаходиться у вашому місці розташування, отримувати доступ до файлів, а деякі конфігурації пропонують можливості віддаленого доступу.

Системи NAS зазвичай поєднують кілька дисків, щоб вони виглядали як один великий пристрій зберігання даних. Залежно від конфігурації, вони можуть створювати системи швидше, ніж диски настільних комп'ютерів, або збільшувати резервування даних, щоб збої дисків не руйнували вашу роботу – деякі роблять і те, і інше.

Хоча традиційно вони будуються на фізичних жорстких дисках, сучасні системи NAS підтримують SSD або комбінації SSD/жорсткий диск. Такий гібридний підхід пришвидшує передачу даних, водночас знижуючи витрати, ніж у конфігураціях, що використовують виключно SSD.

Навіть для окремих користувачів NAS забезпечує величезне сховище та резервування даних, що забезпечує спокій. Багато домашніх NAS-систем включають функції потокової передачі медіа, що дозволяє транслювати телебачення та фільми по всій мережі.

Незалежно від того, чи редагуєте ви відео 8K, архівуєте бібліотеки фотографій, чи потребуєте розширюваного безпечного сховища, NAS – це ідеальний центр для творчих робочих процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та принципи побудови системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережевих систем зберігання даних.

- Дослідження системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережевих систем зберігання даних.

- Програмна реалізація системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережевих систем зберігання даних.

Об'єктом дослідження є процес інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережевих систем зберігання даних.

Предметом дослідження є методи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережевих систем зберігання даних.

Методи дослідження базуються на методах теорії великих даних, теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Розуміння різних типів мережевих сховищ є важливим для ефективного керування даними. У цій статті буде розглянуто різні типи мережевих сховищ, включаючи мережеві сховища (NAS), мережі зберігання даних (SAN), безпосередньо підключені сховища (DAS), хмарні сховища, розподілені файлові системи та об'єктні сховища. У цьому розділі розглядаються ці типи мережевих сховищ, а також надається уявлення про їхні функції, переваги та застосування, щоб допомогти вам приймати обгрунтовані рішення, адаптовані до ваших потреб в управлінні даними.

Типи мережевих сховищ відіграють вирішальну роль у сучасній IT-інфраструктурі, надаючи організаціям масштабовані та ефективні стратегії управління даними. Мережі зберігання даних (SAN), мережеві сховища даних (NAS) та сховища даних з прямим підключенням (DAS) представляють собою різні підходи до зберігання та доступу до даних, кожен з яких має унікальні характеристики, адаптовані до різних операційних потреб.

SAN пропонують високошвидкісне сховище на рівні блоків, яке зазвичай використовується в корпоративних середовищах, що вимагають високої продуктивності та централізованого управління сховищем.

Системи NAS забезпечують сховище на рівні файлів, доступне через мережеві протоколи, що робить їх ідеальними для спільних файлових середовищ та спільних робочих просторів. На відміну від них, DAS підключає пристрої зберігання даних безпосередньо до певного сервера або комп'ютера, пропонуючи простіше та економічніше рішення для потреб меншого обсягу сховища.

Ці технології зберігання відрізняються своєю архітектурою, доступністю, масштабованістю та продуктивністю, що дозволяє IT-фахівцям вибирати найбільш підходяще рішення на основі конкретних вимог організації до зберігання даних, продуктивності та доступності.

Розуміння мережевого сховища (NAS)

Мережеве сховище даних (NAS) – це спеціальний тип сховища, яке підключається до мережі. Воно надає багатьом користувачам і пристроям простий спосіб зберігання, доступу та обміну файлами. Це робить його чудовим варіантом як для домашнього, так і для комерційного використання.

Переваги NAS:

- Легкий доступ: Користувачі можуть отримувати доступ до файлів з будь-якого пристрою, підключеного до мережі.

- Централізоване сховище: усі файли зберігаються в одному місці, що спрощує керування ними.

- Економічно ефективні: NAS-системи, як правило, дешевші за інші рішення для зберігання даних.

Обмеження NAS:

- Проблеми зі швидкістю: Якщо забагато користувачів одночасно отримують доступ до NAS, це може призвести до уповільнення його роботи.
- Залежність від мережі: якщо мережа виходить з ладу, доступ до файлів втрачається.
- Обмежена продуктивність: Не така швидка, як у сховищ із прямим підключенням (DAS) для важких завдань.

Випадки використання NAS:

- Домашнє використання: Люди використовують NAS для зберігання фотографій, відео та музики.
- Малий бізнес: Це допомагає в обміні документами та резервному копіюванні даних.
- Віддалена робота: команди можуть легко отримувати доступ до файлів з різних місць.

Таким чином, NAS – це гнучкий та ефективний спосіб керування даними для різних потреб, що робить його популярним вибором для багатьох користувачів.

Дослідження мереж зберігання зон (SAN)

Огляд архітектури SAN

Мережа зберігання даних (SAN) – це спеціальний тип мережі, яка з'єднує пристрої зберігання даних із серверами. Така конфігурація дозволяє кільком серверам отримувати доступ до спільного сховища, ніби це локальний диск. SAN призначені для ефективної обробки великих обсягів даних, що робить їх важливими для підприємств, яким потрібен швидкий доступ до інформації.

Переваги SAN:

- Висока продуктивність: мережі SAN забезпечують високу швидкість передачі даних, що є критично важливим для програм, яким потрібен швидкий доступ до великих файлів.
- Масштабованість: компанії можуть легко додавати більше пристроїв зберігання даних до мережі зберігання даних, не порушуючи існуючі операції.
- Централізоване управління: мережі SAN дозволяють легше керувати ресурсами зберігання даних, що спрощує розподіл простору та моніторинг їх використання.

SAN проти NAS

Підсумовуючи, хоча SAN та NAS пропонують рішення для зберігання даних, вони задовольняють різні потреби. SAN ідеально підходять для високопродуктивних середовищ, тоді як NAS більше підходить для загального зберігання та обміну файлами.

Огляд безпосередньо підключених сховищ (DAS)

Пряме підключене сховище (DAS) являє собою традиційну архітектуру сховища, де пристрої зберігання даних безпосередньо підключені до одного комп'ютера або сервера через інтерфейси, такі як SATA, SCSI або SAS. На відміну від мережевих рішень для зберігання даних, DAS фізично підключений до хост-системи, забезпечуючи просте та безпосереднє підключення до сховища.

Основні характеристики:

- Пряме підключення: пристрої зберігання даних фізично підключаються безпосередньо до материнської плати сервера або комп'ютера або до слотів розширення.
- Простота: пропонує підхід «підключи та працюй» з мінімальними вимогами до конфігурації
- Низька затримка: забезпечує швидший доступ до даних завдяки прямому підключенню та зниженим мережевим накладним витратам
- Економічно ефективність: Загалом дешевше порівняно зі складними мережевими рішеннями для зберігання даних.

Переваги:

– Простота налаштування: легко встановити та налаштувати з мінімальними технічними знаннями.

– Нижча початкова вартість: зазвичай дешевше, ніж рішення SAN або NAS

– Висока продуктивність: пряме підключення забезпечує швидшу швидкість читання/запису даних.

– Локальний контроль ресурсів: Повне управління та контроль залишаються за локальною системою.

Недоліки:

– Обмежена масштабованість: складно розширити ємність сховища на кілька систем.

– Проблеми спільного використання ресурсів: сховище не можна легко розподілити між кількома серверами або комп'ютерами.

– Потенційна єдина точка відмови: якщо хост-система виходить з ладу, підключене сховище стає недоступним.

– Обмеження простору та управління: вимагає фізичної близькості та індивідуального управління кожним пристроєм зберігання даних.

Варіанти використання:

– Малий бізнес з обмеженими вимогами до зберігання.

– Індивідуальні робочі станції та персональні обчислювальні середовища.

– Сценарії, що вимагають високошвидкісних, локалізованих рішень для зберігання даних.

– Системи резервного копіювання та архівування з мінімальними потребами в спільному доступі.

Порівняння з мережевим сховищем

Хоча DAS пропонує простоту та безпосередню продуктивність, йому бракує гнучкості та масштабованості мережевих рішень для зберігання даних, таких як SAN та NAS, що робить його більш придатним для конкретних, локалізованих сценаріїв зберігання даних.

Отже, який тип сховища найкраще підходить для моєї мережі?

Тип мережі, який ви оберете, залежатиме, перш за все, від найкращого рішення для зберігання даних для вашого бізнесу. Після того, як ви визначите фактори, які є вирішальними для вашої діяльності, ви зможете вибрати варіант зберігання, який відповідає вашим конкретним потребам.

Хмарне сховище – це хмарний сервіс обчислень, який дозволяє користувачам зберігати дані та файли поза межами свого офісу у стороннього постачальника. Це означає, що ви можете отримати доступ до своїх файлів через Інтернет, що полегшує отримання інформації з будь-якого місця. Ось деякі важливі аспекти хмарного сховища:

Види хмарних сховищ:

– Публічна хмара: такі сервіси, як Google Диск і Dropbox, пропонують сховище, до якого може отримати доступ кожен.

– Приватна хмара: вона призначена для однієї організації, що забезпечує більший контроль та безпеку.

– Гібридна хмара: інтегрує публічні та приватні хмари, забезпечуючи гнучкість в управлінні даними.

Безпека хмарного сховища:

– Шифрування: дані кодуються для захисту від несанкціонованого доступу.

– Контроль доступу: Тільки авторизовані користувачі мають доступ до певних файлів.

– Регулярне резервне копіювання: гарантує, що дані не будуть втрачені у разі збою.

Підсумовуючи, хмарні рішення для зберігання даних пропонують зручний спосіб керування даними без потреби у фізичних пристроях зберігання. Вони надають різні опції

для задоволення різних потреб, гарантуючи, що користувачі можуть безпечно та ефективно отримувати доступ до своїх даних.

Розподілені файлові системи

Розподілені файлові системи (DFS) призначені для керування файлами на кількох серверах, що полегшує користувачам доступ до даних з різних місць. Ці системи є важливими для організацій, яким потрібно ефективно обмінюватися великими обсягами даних.

Як працюють розподілені файлові системи

Розподілені файлові системи працюють, розбиваючи файли на менші частини та зберігаючи їх на різних серверах. Це дозволяє:

- Покращена продуктивність: кілька серверів можуть обробляти запити одночасно.
- Масштабованість: можна додавати більше серверів у міру зростання потреб у даних.
- Відмовостійкість: якщо один сервер вийде з ладу, інші все ще можуть забезпечити доступ до даних.

Популярні розподілені файлові системи

Ось деякі відомі розподілені файлові системи:

- Розподілена файлова система Hadoop (HDFS): використовується для програм, що включають великі дані.
- Файлова система Google (GFS): створена для ефективного обробки великих обсягів даних.
- Сепх: Рішення для зберігання даних з відкритим кодом, яке надає можливості для зберігання об'єктів, блоків та файлів.

Проблеми розподілених файлових систем

Хоча розподілені файлові системи пропонують багато переваг, вони також мають свої труднощі:

- Складність: Керування кількома серверами може бути складним.
 - Узгодженість даних: Забезпечити, щоб усі користувачі бачили однакові дані, може бути складно.
 - Залежність від мережі: проблеми з мережею можуть впливати на продуктивність.
- Підсумовуючи, розподілені файлові системи відіграють вирішальну роль у сучасному управлінні даними, дозволяючи організаціям ефективно обробляти великі обсяги даних. Розуміння їхньої роботи та проблем є життєво важливим для ефективного впровадження.

Порівняння зберігання об'єктів з традиційним зберіганням

Об'єктне сховище – це сучасний спосіб зберігання даних, призначений для обробки великих обсягів неструктурованих даних. На відміну від традиційних систем зберігання, воно може керувати всім: від відео до електронних листів та медичних записів. Це робить його чудовим вибором для компаній, яким потрібно зберігати багато різних типів інформації.

Переваги зберігання об'єктів:

- Масштабованість: сховище об'єктів може легко масштабуватися для задоволення зростаючих потреб у даних.
- Економічна ефективність: Зберігання великих обсягів даних часто коштує менше порівняно з традиційними методами.
- Доступність: До даних у сховищі об'єктів можна отримати доступ з будь-якого місця, що робить його ідеальним для віддаленої роботи.

Застосування використання зберігання об'єктів:

- Медіа та розваги: Зберігання великих відеофайлів та зображень.
- Охорона здоров'я: керування записами пацієнтів та даними візуалізації.
- Резервне копіювання та архівування: безпечне зберігання копій важливих даних.

Підсумовуючи, хоча традиційні методи зберігання даних, такі як NAS та SAN, мають своє місце, об'єктне сховище пропонує унікальні переваги, що роблять його придатним для сучасних потреб у даних. Оскільки бізнес продовжує генерувати більше неструктурованих даних, роль об'єктного сховища, ймовірно, зростатиме ще більшою.

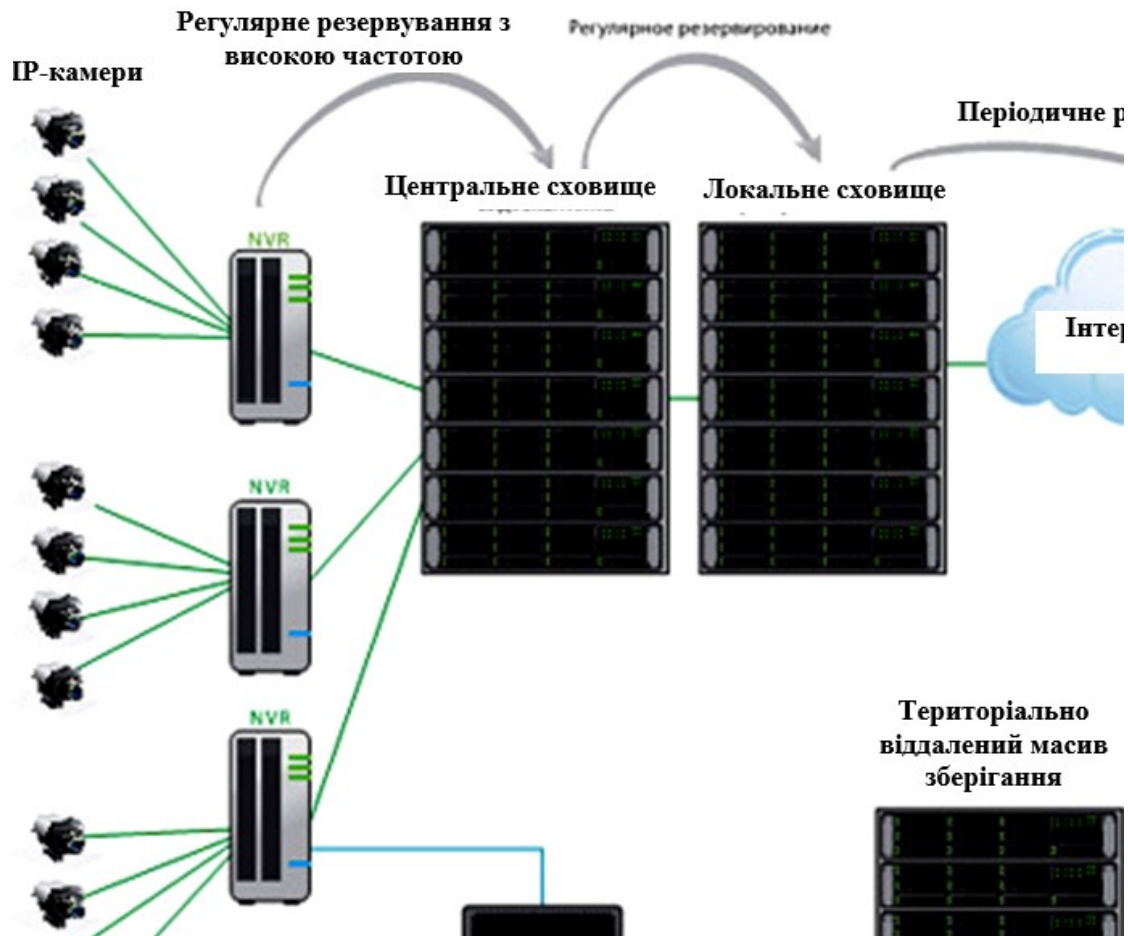


Рисунок 1 – Структурна схема системи

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних.
- Досліджена система інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних.

Розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтелектуальної оптимізації продуктивності та надійності хмарних мережесистем зберігання даних. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of

- Private 5G Network for the Needs of Enterprises». Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2023, 178, pp. 208–223.
2. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
 3. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». CEUR Workshop Proceedings Volume 3156, 2022, Pages 390-399.
 4. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». Проблеми інформатизації та управління, № 2(70). 2022. С. 28-37.
 5. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» Системи управління, навігації та зв'язку, 2022, № 3(69). С. 93-98.
 6. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки», № 2 (307). С. 46-52. 2022.
 7. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» Системи управління, навігації та зв'язку, 2022, № 1(67). С. 84-89.
 8. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». Communications in Computer and Information Science, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.
 9. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
 10. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». Journal of theoretical and applied information technology Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.
 11. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.
 12. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.
 13. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 125-136.
 14. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 366-379.
 15. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 633-645.
 16. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
 17. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
 18. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
 19. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.
 20. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.
 21. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of

- Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.
22. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.
 23. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.
 24. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019, Pages 618-629.
 25. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.
 26. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». Сучасні інформаційні системи. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95
 27. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки. №4. С. 103-110. 2020.
 28. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.
 29. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.
 30. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5g» у Кібербезпека та інформаційні технології: монографія. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.
 31. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 2(33). с. 161-172, 2019.
 32. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.