

УДК 004

П.Арсівич, магістр гр. КІ-24М,*Центральноукраїнський національний технічний університет*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ HD-SDI

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI. Метою розробки є дослідження та принципи побудови системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI. Об'єктом дослідження є процес відеонагляду з використанням технології HD-SDI. Предметом дослідження є методи відеонагляду з використанням технології HD-SDI. Методи дослідження базуються на методах теорії інформації та кодування й теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

відеонагляд, HD-SDI

Постановка проблеми. Новим напрямком у системах відеоспостереження й відеомоніторингу стало впровадження технології й стандарту HD-SDI, що добре відомо в HDTV – телебаченні високої чіткості. HD-SDI (на англ. High Definition Serial Digital Interface) – цифровий послідовний інтерфейс із можливістю передачі сигналу з високим дозволом. Даний стандарт підтримує дозволи – 720p, 1080i, 1080p. Ця технологія об'єднала в собі переваги аналогових і цифрових систем. Вона дозволяє, не використовуючи режим стиску (компресії) зображення, передавати високоякісне відео з дозволом 1920 X 1080p і зі швидкістю порядку 1,2 – 1,5 Гбіт/сек по звичайному коаксіальному кабелі типу RG6, RG11 або RG59. Довжина кабелю що дозволяє передавати зображення без втрат становить 120 – 150 метрів. Для передачі відеосигналу на більші відстані варто застосовувати оптоволоконний кабель, а при використанні коаксіала, через кожні 150 – 200 метрів необхідно ставити повторювачі. У цьому випадку довжину лінії можна продовжити до 1 км.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-30] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та принципи побудови системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI.

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

- Огляд існуючих систем відеонагляду з використанням технології HD-SDI.
- Дослідження системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI.
- Програмна реалізація системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI.

Об'єктом дослідження є процес відеонагляду з використанням технології HD-SDI.

Предметом дослідження є методи відеонагляду з використанням технології HD-SDI.

Методи дослідження базуються на методах теорії інформації та кодування й теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Монітори SDI (послідовний цифровий інтерфейс) створені для отримання нестиснених відеосигналів безпосередньо з камер або

відеореєстраторів із підтримкою SDI через коаксіальні кабелі. На відміну від IP-моніторів, вони не потребують налаштування мережі, забезпечують наднизьку затримку та є надзвичайно стабільними.

Основні переваги:

- Нестиснене відео для чіткішої деталізації та точного відтворення.
- Майже нульова затримка – необхідна для моніторингу в реальному часі.
- Налаштування "підключи та працюй" за допомогою роз'ємів BNC.
- Відсутність залежності від локальних мереж або Інтернету – забезпечує надійну роботу в середовищах з обмеженим доступом до мережі

Але не кожен SDI-монітор побудований однаково. Вибір правильного означає розуміння вашого середовища, інфраструктури та технічних вимог.

Ключовий висновок: Для більшості сучасних випадків спостереження ідеально підходять HD-SDI або 3G-SDI. Вони забезпечують чіткість високої чіткості та плавне відтворення в режимі реального часу без додаткової обробки.

Коли варто використовувати HD-SDI-монітор?

Якщо ви переходите з аналогового відеоспостереження або працюєте в критично важливому середовищі, монітори HD-SDI пропонують кілька експлуатаційних переваг.

Використовуйте монітор HD-SDI, коли:

– У вас є існуюча коаксіальна інфраструктура. SDI-монітори можна підключати безпосередньо до застарілих кабелів (RG59/RG6), що дозволяє уникнути необхідності дорогої перепроводки.

– Вам потрібна видимість відео в режимі реального часу. HD-SDI ідеально підходить для постів охорони, диспетчерських та виявлення загроз у реальному часі, пропонує кадрово-точне відтворення без затримки.

– Налаштування мережі не є життєздатним або безпечним. У лікарнях, урядових будівлях або захищених зонах SDI повністю обходить мережу, зменшуючи ризики та необхідність конфігурації IT.

Найкращі програми для HD-SDI-моніторів:

- Віддалені або тимчасові сайти без IP-інфраструктури.
- Банки та урядові будівлі зі суворою сегментацією мережі.
- Лікарні та входи до відділень екстреної допомоги, яким потрібна візуалізація в режимі реального часу.

Які характеристики важливі при порівнянні SDI-моніторів?

Щоб зробити правильний вибір, не обмежуйтеся лише характеристиками роздільної здатності. Ось контрольний список того, що слід оцінити, – кожен фактор пояснюється практичними порадами:

1. Підтримувані формати (HD-SDI, 3G-SDI). Оберіть монітор, який підтримує як HD-SDI, так і 3G-SDI. Це гарантує сумісність з новішими камерами, що забезпечують 60 кадрів/с, і дозволяє проводити майбутні оновлення без заміни всієї системи відображення.

2. Вихід відео (BNC-вихід). Монітори з наскрізним SDI-з'єднанням дозволяють підключити одне відеоджерело до кількох дисплеїв або до системи запису. Це надзвичайно важливо для систем з кількома станціями перегляду або для поєднання локального моніторингу з віддаленим архівуванням.

3. Захист від вигорання. Під час відеоспостереження статичні зображення (наприклад, зображення з коридору) можуть залишатися на екрані годинами. Шукайте монітори із вбудованою функцією Anti-Burn-in™ або захистом від залишкового зображення, щоб запобігти появі ореолів та продовжити термін служби екрана.

4. Довговічність життя. Ваш монітор, ймовірно, працюватиме цілодобово в громадському або промисловому середовищі. Надайте перевагу моделям з:

- Металевий корпус для стійкості до ударів.

- Оптичні скляні екрани для захисту від подряпин.
- Посилення внутрішніх компонентів від пилу та вібрації.

Вони забезпечують надійну роботу протягом тривалого часу, навіть у складних умовах.

5. Гнучкість встановлення. Кімнати керування та кіоски відеоспостереження відрізняються за плануванням. Виберіть монітор із:

- Різноманітні варіанти входу (HDMI, SDI, VGA за потреби).
- Сумісність кріплень VESA.
- Широку кути огляду.

Це дозволяє вам налаштувати установки без додаткових кронштейнів або перетворювачів.

Де монітори HD-SDI мають стратегічне значення

Зони спостереження високого ризику

У правоохоронних органах, ювелірних магазинах або казино можливість моніторингу подій у режимі реального часу – без затримки чи буферизації – є критично важливою. Монітори SDI пропонують безпечний перегляд без затримок.

Розширений судово-медичний огляд

Якщо ваша команда використовує записи з камер спостереження для аналізу після події, ключовим є збільшення масштабу без спотворень або артефактів стиснення. Монітори SDI забезпечують природну чіткість зображення для деталей та точності масштабування.

Встановлення на великі відстані

З коаксіальним кабелем RG6 відстані передачі SDI можуть перевищувати 100–300 метрів. Додайте оптоволоконні перетворювачі, і дальність ще більше збільшиться – без шкоди для цілісності сигналу.

Перегляд на кількох моніторах

Використовуючи монітор із наскрізним SDI-виходом, зображення з однієї камери може одночасно відображатися на кількох моніторах або записуючих пристроях. Це важливо для постів охорони або багаторівневих зон спостереження.

Типові помилки, яких слід уникати під час вибору SDI-монітора

Навіть досвідчені монтажники можуть не помітити критичні фактори. Ось деякі поширені помилки та способи їх уникнути:

– Якщо припустити, що всі SDI-монітори підтримують 3G-SDI: Не кожна модель це робить. Завжди перевіряйте вхідні характеристики, особливо якщо використовуються камери з високою частотою кадрів.

– Ігнорування ризику вигорання: відеоспостереження передбачає надмірне використання статичної електрики. Без захисту від вигорання залишкове зображення може з часом пошкодити дисплей.

– Нехтування міцністю корпусу: монітори споживчого класу можуть бути дешевшими, але вони не витримують цілодобового перебування в запиленних, промислових або інтенсивних середовищах.

– Невідповідність роз'ємів або кабелів: SDI вимагає 75-омного BNC-кабелю. Використання неправильної специфікації (наприклад, RG58) може призвести до втрати сигналу або нестабільності.

Вибір правильного SDI-монітора – це не лише питання технічних характеристик, а й забезпечення продуктивності вашої системи спостереження, коли це найбільше потрібно.

Підсумовуючи, зверніть увагу на:

- Гнучкість формату (HD-SDI, 3G-SDI).
- Можливість виходу з ланцюжка.
- Відео в реальному часі без затримки.
- Цілодобова довговічність.

- Захист від вигорання.
- Сумісність з вашою кабельною системою та плануванням об'єкта.

Завдяки правильному SDI-монітору ваша система спостереження може забезпечити високу чіткість зображення з низькою затримкою, що дозволяє швидше приймати рішення та отримувати кращі результати.

HD-SDI

Донедавна дозвіл Full HD (1920x1080) було нерозривно зв'язаний тільки з IP-системами. На сьогоднішній день технології дають можливість передавати по аналоговому кабелю незжаті зображення найвищої якості. При цьому ціна HD-SDI камер істотно нижче IP-аналогів.

На відміну від аналогових відеокамер, HD SDI відеокамери дозволяють охоплювати набагато більшу територію. Завдяки цьому стає можливим охопити ту ж територію меншою кількістю камер.

HD SDI відеореєстратори дають можливість одержувати більше деталізовану картинку, що дозволяє без проблем розглянути номер автомобіля або особу людини на відстані більш ніж 200 метрів.

Сучасні технології дозволяють модернізувати звичну аналогову систему й на її основі впровадити нову, набагато могутнішу HD-SDI. Найпривабливішим моментом є можливість використовувати стару систему комутації на базі коаксіальних кабелів. Таким чином, необхідна лише модернізація, щоб одержати повністю нову систему відеоспостереження, без складностей в експлуатації й яка забезпечує високу якість зображення.

Монтаж і подальша робота з HD-SDI системами не вимагають перенавчання. Конструктивна схожість дозволять будь-якому технікові, що хоч раз установлював аналогові камери без проблем упоратися й з новим форматом.

Одна з головних переваг HD-SDI – мінімальна втрата дані картинки, відсутність затримки при перегляді. На таких об'єктах як аеропорти, вокзали, банки це є однією з основних умов при виборі системи відеоспостереження.

Дальність передачі відеосигналу безпосередньо пов'язана з якістю використовуваних коаксіальних проводів. Як показує досвід, передача HD картинки може вестися на 100 м-150м без додаткових пристроїв.

Типи й характеристики HD-SDI камер

Сучасні HD-SDI камери мають максимальний дозвіл 1920x1080, тобто є 2,1 Мп камерами й підтримують передачу по аналоговому кабелі незжатого й не пакетизованого зображення Full HD (1080P). Існують і бюджетні моделі з максимальним дозволом 720р.

Стандартна чутливість 0, 1-0,01 люкса, а так само існують моделі з можливістю працювати аж до 0,000006 люкса із застосуванням ІЧ-фільтра, ІЧ-підсвітлення й сучасних чипів обробки відеосигналу. Модельні лінійки й конструктивне виконання схоже на аналогові лінійки. Отут є й вуличні з ІЧ і без ІЧ-підсвічування, у металевих антивандальних куполах, боксові камери під об'єтив (використовуються такі ж мегапіксельні як і на IP-камерах), внутрішньої й зовнішньої поворотні PTZ-камери, камери з убудованими трансфокаторами з автофокусом.

Відеореєстратори HD-SDI

Тип і зовнішній вигляд реєстраторів HD-SDI багато в чому повторює аналогові DVR. Деякі виробники випускають HD моделі в тих же корпусах, що й стандартні. Функціонал, меню, налаштування – практично ідентичні. Простіше перелічити основні відмінності:

1. Дозвіл запису – аж до 1080р. Залежно від займаної цінової ніші в даному дозволі можлива швидкість запису 5, 15 або 30 к/с на кожний канал. Можливий одночасний запис у різних дозволах.

2. Оперативний перегляд каналів здійснюється в реальному часі з будь-яким дозволом. Для перегляду рекомендується широкоформатний монітор не менш 24" з дозволом FullHD. Сигнал на монітор подається по HDMI кабелі (стандартне оснащення для HD-SDI реєстраторів).

3. Віщання в мережу відеопотоку аж до 1280*720. У багатьох виробників ПЗ сумісно як з аналоговим устаткуванням, так і з HD устаткуванням, що дозволяє створювати гібридні системи або переходити на новий рівень відеобезпеки поступово. Також можна відзначити наявність гібридних моделей, що дозволяють працювати одночасно як із цифровим, так і з аналоговим відеопотоком. Системи відеоаналітики й роботи з архівами повторюють аналогові моделі.

IP і HD-SDI

У порівнянні з IP-системами в технології HD-SDI є як плюси, так і мінуси.

Монтаж системи повністю нагадує створення аналогової системи відеоспостереження. Камера-кабель-реєстратор із з'єднанням розніманнями BNC. При наявності готової системи на базі аналога із установленим якісним кабелем модернізація системи складається тільки в заміні кінцевого встаткування й не вимагає витрат на побудову нової інфраструктури на базі IP. Не потрібне навчання персоналу для монтажу нового обладнання.

Вартість устаткування порівнянна з устаткуванням IP з відповідним дозволом, але при цьому можна заощадити на створенні інфраструктури (не потрібні комутатори, дорогі сервери й комп'ютери для оперативного спостереження), не використовується дороге ПЗ для IP-спостереження. Кожна камера HD-SDI підключена по власному кабелі (каналі), що повністю забирає можливість зниження якості сигналу або швидкості кадрів, які можуть виникнути у зв'язку з навантаженням на комп'ютерну мережу, до якої підключена IP-камера.

HD-SDI відеоспостереження є цифровим інтерфейсом послідовного типу, що забезпечує високий дозвіл зображення. Дана система являє собою стандарт устаткування цифрового формату для запису й реєстрації зображень у високому дозволі 1920x1080 пікс. або 1280x720 пікс. Передача даних від камер до пристрою, що реєструє, здійснюється в цифровому форматі через звичайний кабель RG-6. HD-SDI дає можливість експлуатації, як як автономна система, так і в складі складних систем безпеки й відеоспостереження. Одна з особливостей всіх камер HD-SDI полягає в тому, що вони мають додатковий аналоговий вихід.

Структурна схема системи зображена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Структурна схема системи

Саме новий стандарт відео HDcctv сполучить у собі надійність і безвідмовність аналогових систем і високоякісного цифрового відео. HDcctv базується на технології, розробленої для використання у високоякісних віщальних ТБ-системах і на відміну від аналогових технологій відеокамери HD-SDI дозволяють охоплювати в 3-4 рази більше контрольованої площі. Використання коаксіальних кабелів і рознімів BNC, однакова ідеологія побудови систем і аналогічний користувальницький інтерфейс в DVR – все це

робить HDcctv досить перспективним напрямком в області безпеки. Ще раз відзначимо, що мова йде про закриті проекти з максимальною захищеністю, найбільшою надійністю й найкращим зображенням, простими в налаштуванні й експлуатації, інтегровальними з іншими компонентами системи безпеки.

Переваги

Що ми маємо у випадку застосування систем безпеки стандарту HDcctv:

1. Камери мегапіксельного дозволу – дозволяють мати відео з високим рівнем деталізації.
2. HD-SDI-камери – більше високий рівень захищеності від знімання й підміни відеосигналу в порівнянні з аналоговими й IP-камерами.
3. Максимальний рівень захисту відеоданих – відео архівується (записується) у власному кодованому форматі, недоступному звичайним медіаплеєрам.
4. Широке й гнучке використання технічних можливостей апаратних DVR – тривожні входи й виходи, інтелектуальні детектори руху й пошук в архіві по обраних зонах.
5. Апаратну обробку й запис відео – свідомо саму надійну з існуючих.
6. Можливість використання комбінованих рішень – аналог + HD-SDI. Гібридні системи дозволяють замінити частина найбільш важливих камер, а другорядні – залишити без зміни або поліпшити в рамках стандарту (700 ТВЛ).
7. Можливість застосування програмних рішень, що поєднують всі блокову й віддалені DVR у єдину мережу моніторингу й адміністрування, – при розширенні системи (особливо важливо для розгалуженої мережі філій).
8. Застосування клієнтського універсального ПЗ – дозволяє додати до внутрібанківських систем банкоматну й автотранспортну мережу, включаючи живе відео й доступ до локальних архівів.
9. Використання клієнтського універсального ПЗ – дозволяє настроїти дублювання (дзеркалювання) відеоданих і журналу подій на віддалені мережні сховища (внутрібанківська закрита мережа).

Дозвіл

Повний розмір кадру становить 1920x1088 пікс. – це дозволяє одержати набагато більше зображення з високою деталізацією в порівнянні з дозволом D1 (720x576). Зовсім очевидно, що для досягнення високодеталізованого зображення в D1 необхідно винятково оптичне збільшення, тобто звуження кута огляду шляхом збільшення фокусної відстані об'єктива. А для мегапіксельної камери така деталізація досяжна на кутах об'єктива майже втричі більше. Вивід – мегапіксельні відеокамери HD і FullHD дозволяють бачити деталізоване зображення на широкому куті захвата сцени.

Саме широкий кут огляду дозволяє контролювати максимальну площу сцени, а у випадку довгофокусного наведення мегапіксельної камери – розглядати дрібні деталі й елементи зображення, наприклад вид, колір і достоїнство грошових знаків, чіткі особи відвідувачів, особливості одягу, кольору волосся і т.д. Як показує кримінальна статистика, саме такі "дріб'язки" є головною ланкою й надійною ідентифікацією в більшості розслідувань.

Захищеність

Одним із самих головних вимог до систем безпеки в банках є захищеність і конфіденційність даних. У цей час найпоширеніший спосіб розмежування (захисту) доступу – однофакторна автентифікація. Найчастіше це парольний захист. Двофакторна автентифікація з використанням додаткового бар'єра, наприклад USB-ключа або Smart-карти з PIN-кодом, набагато надійніше.

У системах відеоспостереження, побудованих на IP-технологіях (IP-камери, комутатори, серверне встаткування), застосовуються новітні методи 128-бітного шифрування самого мережного трафіку з використанням протоколу IPv6 (IPSec). Але проте захист доступу до контенту через безпосередній вхід на сервер або клієнтську програму за рідкісним винятком залишається однофакторним. Рівно так само, як здійснюється доступ до

адміністрування й архіву в аналоговій та HDcctv-системах. Тому говорити про перевагу IP-системи в плані захищеності в порівнянні з іншими не доводиться. І якщо пряме перехоплення й підміна відеопотоку в аналогових системах – справа технічно не дуже складне (прикладів тому багато, включаючи голлівудські посібники для зломщиків), то підмінити або навіть продублювати для несанкціонованого запису відеопотік із цифровим сигналом HD-SDI набагато складніше.

Зрозуміло, для віддаленого й розподіленого адміністрування будь-яких систем не обійтися без мережних технологій – закриті або відкриті локальні мережі на сьогодні найшвидший і максимально функціональний спосіб одержати доступ до необхідних даних – будь тої бази даних різного роду, платіжні операції, документообіг або відео/аудіоархів. Напевно, не потрібно зайвий раз говорити про те, що різнонаправлені за призначенням локальні мережі обов'язково повинні бути фізично незалежними. Така побудова продиктована в першу чергу вимогами до безпеки, а також міркуваннями технічного плану. Трафік з відеоданими в тисячі й сотні тисяч разів перевищує максимальні мережні навантаження будь-якої установи, отже, і умови (середовище) обслуговування таких різних завантажень повинна бути різним.

Очевидно, що стосовно до стаціонарних HDcctv-відеореєстраторам мережний захист стане актуальною у випадку створення власної локальної мережі, яка організується винятково для швидкого віддаленого моніторингу, адміністрування або резервного копіювання відеоданих. Проектуючи подібні структури, замовникові (властиво, службі безпеки установи) необхідно мати чітке подання про те, які конкретні завдання покликане вирішувати створювана ЛОМ, можливості мережних сервісів і програмних додатків. Захист мережі вирішується також, як і у випадку з IP-системами – шифруванням IPv6. У цьому випадку будуть потрібні комутатори з підтримкою цього типу шифрування з відповідним включенням даного протоколу на всіх дозволених віддалених клієнтах (ПК).

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів відеонагляду з використанням технології HD-SDI. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем відеонагляду з використанням технології HD-SDI.
- Досліджена система відеонагляду з використанням технології HD-SDI.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи відеонагляду з використанням технології HD-SDI. Розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання відеонагляду з використанням технології HD-SDI.

Список літератури

1. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security Analysis». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 379–402.
2. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Smirnov, O., Imoize, G.L. «Computational Modeling of Enhanced Spread Spectrum Codes for Asynchronous Wireless Communication». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 403–447
3. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.
4. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.
5. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.
6. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530*, 2023, pp. 256-265.
7. 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.
8. 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.
9. Smirnov, O., Neskorodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022,
 10. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheraz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». Sensors (Basel, Switzerland) Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.
 11. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w>
 12. Smirnov O., Kuznetsov A., Zhora V., Onikiychuk A., Pieshkova O. «Hiding Messages in Audio Files Using Direct Spread Spectrum». 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, Cracow, Poland, 22-25 September 2021. P. 414-418.
 13. Smirnov O., Kuznetsov A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S., Lebid O. «Using Orthogonal Signals to Hide Information in Images». 4 IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) - 2021, Lviv, Ukraine, September 21-25, 2021. P. 255-260.
 14. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.
 15. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
 16. 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.
 17. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New technique for data hiding in cover images using adaptively generated pseudorandom sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2654, 2020, Pages 1-14.
 18. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudorandom sequence generation for spread spectrum image steganography». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 161-165.
 19. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian 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.
 20. 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.
 21. 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.
 22. 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.
 23. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Gorbacheva, L., Babenko, V., «Hiding data in images using a pseudo-random sequence», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 646-660.
 24. Zhurakovskiy, B., Tsopa, N., Batrak, Y., Odarchenko, R., Smirnova, T «Comparative analysis of modern formats of lossy audio compression». Workshop Proceedings, 2020, 2654, стр. 315-327.
 25. 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.
 26. 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.
 27. 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.
 28. 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.
 29. 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.
 30. 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.
 31. 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.