

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті представлено аналіз стану відеоконференцзв'язку в телекомунікаційних системах спеціального призначення, досліджено шляхи підвищення якості відеосервісу. Запропоновано підвищувати швидкість доставки відеоданих шляхом селективного ущільнення найбільш інформативної групи відеокадрів для забезпечення заданої пропускної спроможності закритого відеоканалу з використанням стандартизованої MPEG технології і алгоритмів криптографічного захисту.

Пантась С.О., Цатурян А.Г., Беляков Р.О., Радченко Н.Н. Варианты повышения качества видеоконференцсвязи телекоммуникационных систем специального назначения. В статье представлен анализ состояния видеоконференцсвязи телекоммуникационных систем специального назначения, исследованы пути повышения качества видеосервиса. Предложено повышение скорости доставки видеоданных путём селективного уплотнения наиболее информативной группы видеок кадров для обеспечения заданной пропускной способности закрытого видеоканала с использованием стандартизованной MPEG-технологии и алгоритмов криптографической защиты.

S. Pantas, O. Tsaturyan, R. Bieliakov, N. Radchenko Variants of upgrading videoconferencing of telecommunication systems for the special setting purposes. The article presents an analysis of the state of videoconferencing of telecommunication systems for special purposes. Ways of improving quality of video services were explored. It was proposed to increase the speed of video data delivery by selective compaction of the most informative group of video frames to ensure the given bandwidth of the closed video channel using standardized MPEG-technology and cryptographic protection algorithms.

Ключові слова: відеоконференцзв'язок, пропускна спроможність.

Постановка завдання в загальному вигляді. У збройних силах провідних країн світу визначена основна тенденція удосконалення існуючих і розробки перспективних систем зв'язку в напрямі створення системи передачі інформації у зоні бойових дій, яка є складовою глобальної системи оперативного управління. Відбувся перехід до створення сучасних глобальних систем зв'язку, які використовуються для формування безперервного інформаційного простору для командування, розвідки та засобів вогневого ураження.

Технічною основою інформаційного середовища, яке створюється у спеціальних користувачів є телекомунікаційні системи спеціального призначення, які повинні забезпечувати обмін інформацією різних видів: цифрову передачу графічних рисунків, мови, звуку та інших даних. Підвищений інтерес до відеоконференцзв'язку (ВКЗ) для виконання спеціальних (бойових) завдань пояснюється його прикладною цінністю, а саме можливістю використання в умовах проведення антитерористичної операції (АТО) як засобу:

для контролю виконання „режиму припинення вогню”;

автоматизованого спостереження за контрольованою територією підрозділами Збройними Силами (ЗС) України;

службового відеотелефонного зв'язку.

Різна пропускна спроможність каналів зв'язку, які побудовані за технологією Ethernet, ускладнює процес організації відеотелефонного, відеоконференцзв'язку із заданою швидкістю. Це викликало цілий ряд досліджень в галузі цифрової обробки відео та аудіо сигналів, оцінки їх якості та передачі їх по Ethernet-мережам як в Україні так і у ближньому та дальньому зарубіжжі.

Таким чином, **основними вимогами** є: забезпечення якісного відеосервісу, оперативна доставка відеоінформаційних потоків заданої якості (QoS) із забезпеченням необхідного рівня захисту інформації. У той же час існують **проблемні фактори, які накладають певні обмеження** щодо забезпечення вимог відносно відеоінформаційних сервісів. До них відносяться: використання низькошвидкісних каналів зв'язку в мережах зв'язку ЗС України

із додатковим навантаженням системою технічного захисту інформації, необхідного відеообладнання високої розділової здатності.

Отже підвищення якості відеоінформаційного сервісу для телекомунікаційних мереж в умовах забезпечення заданої захищеності *є актуальним науково-прикладним завданням*.

Питання оброблення, підвищення якості, передавання та захисту відеопотоку в телекомунікаційних системах розглянуто Баранніком В.В., Дудикевич В.Б, Климаш М.М., Корольов А.В., Корченко О.Г., Прудіус І.Н, Толюпа С.В., Юдін О.К. [1 – 7] та ін. Із закордонних дослідників великий внесок зробили Зив Дж., Претт У., Річардсон Я., Шеннон К., Хартлі Р.Л. тощо. Існуючі технології оброблення відеоданих дозволяють розглядати сформульоване завдання, розбиваючи його на два часткові завдання: окремо щодо забезпечення якості та щодо забезпечення захищеності. Такий підхід дозволяє будувати системи забезпечення захисту відеопотоку не враховуючи процеси компресії. Однак, як показав аналіз, це не дозволяє забезпечувати необхідний рівень захищеності при заданій якості відеосервісу в умовах використання наявних каналів зв'язку.

Таким чином, *метою дослідження є* пошук шляхів підвищення якості відеоінформаційного сервісу шляхом збільшення пропускної спроможності закритого відеоканалу для телекомунікаційних систем спеціального призначення в умовах забезпечення заданої захищеності. Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити наступні взаємопов'язані завдання:

1. Дослідити напрямки вдосконалення технології закриття відеопотоку для підвищення якості відеосервісів у телекомунікаційних системах;
2. Розробити рекомендації забезпечення заданої захищеності інформації наявними засобами, та визначити напрямок подальших досліджень.

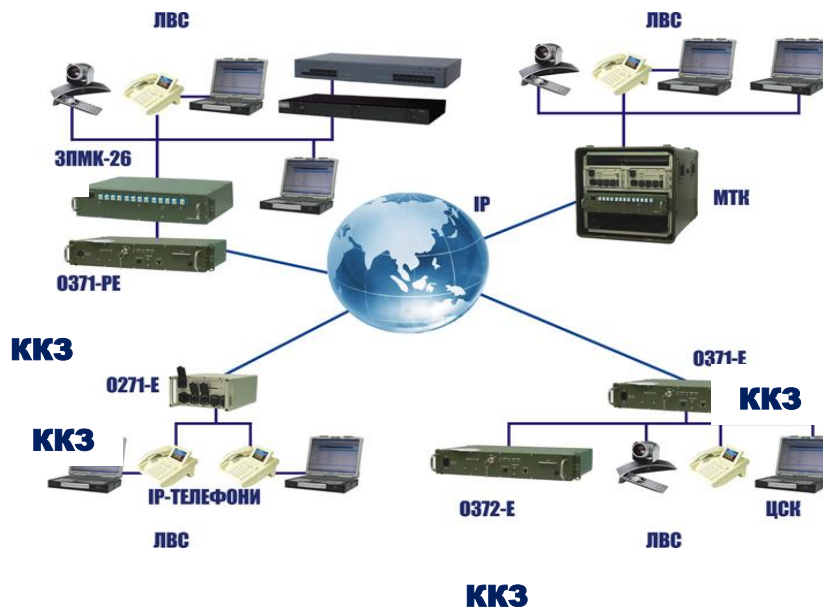


Рис. 1 Структурна схема захищеної мережі обміну інформацією із використанням засобів зв'язку компанії ТРИТЕЛ для маршрутизації та комутації трафіку IP-мереж високого рівня таємності [13] (варіант)

На даному етапі розвитку системи зв'язку ЗС України широкого застосування набули сучасні засоби зв'язку провідних виробників телекомунікаційних засобів. На рисунку 1 зображено у вигляді структурної схеми варіант побудови захищеної мережі обміну інформацією, що включає [13]:

- комплекс криптографічного захисту (ККЗ) – ЛАВИНА-Е, Пристрій генерації ключових даних, Централізована система керування (ЦСК).
- шифратор з інтегрованим модулем комутації – ТРИТОН-Е (Шифратор з інтегрованим модулем комутації Тритон-Е).

- мобільний телекомунікаційний комплект – МТК.
- захищений маршрутизуючий комутатор.

Мобільний телекомунікаційний комплект із засобами криптографічного захисту призначений для забезпечення захищеного обміну інформації високого рівня секретності. МТК в залежності від комплектації включає: мережеве комутаційне обладнання, засоби криптографічного захисту інформацією, систему електроживлення та ін. У якості абонентського обладнання можуть застосовуватись захищені ПЕОМ із терміналами ВКЗ, IP-телефони „Буковель”, аналогові телефони.

Серед переваг використання МТК є мультисервісність, та модульність побудови, крім того для зв'язку між територіально рознесеними МТК можуть використовуватись канали проводового, супутникового, радіорелейного та мобільного та мобільного (3G, 4G) зв'язку.

Із результатів досліджень [1, 3, 5, 7], що вказують на ряд проблемних завдань, які необхідно вирішувати в процесі побудови систем відеоінформаційного забезпечення захищених мереж зв'язку спеціального призначення:

1. Побудова швидкісних каналів передачі даних. З установкою новітніх систем відеоспостереження виникає необхідність в створенні швидкісних мереж і каналів передачі даних. Це завдання вирішується заміною старого каналоутворюючого устаткування на сучасне, побудовою швидкісних каналів зв'язку із застосуванням оптоволоконних і безпроводних технологій.

2. Підвищення якості отриманого відеоконтенту. Устаткування відеоспостереження, вживане сьогодні в підрозділах ЗС України у своїй діяльності, у своїй більшості є таким, що має не достатню роздільну здатність. Придбання цифрових камер формату HD (720p) і Full HD (1080p) з відповідними характеристиками вирішує це завдання.

3. Пропускна здатність каналів. Сучасні вимоги, що пред'являються до устаткування ВКЗ і до самого відеоконтенту дуже високі, це спричиняє за собою підвищення інтенсивності передачі відеоданих. Відповідно канали зв'язку, що використовуються, не забезпечують необхідну пропускну спроможність відеопотоку для ефективного і якісного функціонування органів управління ЗС України, тому виникає необхідність ущільнення корисної інформації шляхом використання нових селективних алгоритмів обробки відеоінформації з урахуванням необхідності обміну інформацією із обмеженим доступом.

4. Узгодження протоколів передачі відео між пристроями користувачів різних виробників із різними відео-стандартами. Поширення систем відеоінформаційного обміну в ЗС України сьогодні знаходиться на активній стадії свого розвитку – відбувається розширення існуючих і впровадження нових (сучасніших) систем. Тому виникають складнощі при інтеграції різних за своїми характеристиками систем ВКЗ (див. табл. 1).

Перераховані вище завдання частково вирішуються шляхом застосування мобільних телекомунікаційних комплектів за допомогою яких інформаційний обмін всіма видами інформації здійснюється за допомогою протоколу IP, що забезпечує високі показники гнучкості, масштабованості і простоти взаємодії з іншими вузлами системи зв'язку.

Для забезпечення захисту інформації використовуються технічні та криптографічні засоби, але із урахуванням необхідності обміну інформацією із обмеженим доступом виникає *науково-прикладне завдання підвищення якості відеоінформаційного сервісу шляхом збільшення рівня ущільнення корисної інформації для забезпечення пропускну спроможності телекомунікаційних мереж в умовах забезпечення заданої захищеності.*

Для вирішення задач із **підвищення швидкості обробки і селективності відео інформаційного ресурсу** захищених телекомунікаційних мереж використовуються MPEG-технології обробки відео потоку (із специфікаціями MPEG-1, MPEG-2 і MPEG-4) та технологія Motion JPEG. Технологія *MPEG* дозволяє змінювати в широких межах значення більшості його параметрів, зокрема згаданої вище швидкості обробки і селективності відеокадрів, шляхом використання наступних основних ідей:

– усунення часової надмірності відео, що враховує той факт, що в межах коротких інтервалів часу більшість фрагментів відео виявляються нерухомими або трохи зміщуються в полі зору;

– усунення просторової надмірності зображень фільтрацією дрібних деталей відеосеансу, несуттєвих для візуального сприйняття; – використання нижчої кольорової розмірності;

– підвищення інформаційної щільності результуючого цифрового потоку шляхом вибору оптимального алгоритму обробки для його опису (наприклад, використання коротших кодових слів для найчастіше повторюваних значень).

Таблиця 1

Основні характеристики типового обладнання ВКЗ

| № п/п | Назва системи ВКЗ | Відео-формат | Відео-стандарт | Протокол передачі відео | Швидкість передачі |
|-------|---------------------------|-------------------|---|-------------------------|------------------------|
| 1. | Tandberg 770 MXP | XGA (1024*768) | H.261, H.263, H.263+, H.263++(Natural Video), H.264 | H.320, H.323, SIP | від 128 до 2048 кбіт/с |
| 2. | Polycom QDX 6000 | XGA (1024*768) | H.261, H.263, H.264 | H.323 | від 128 до 4096 кбіт/с |
| 3. | Cisco EX90 | 1080p (1920*1080) | H.261, H.263, H.263+, H.264 | H.323, SIP | від 128 до 6144 кбіт/с |
| 4. | Комплекс ПК + ПО TrueConf | 1080p (1920*1080) | H.261, H.263, H.263+, H.264 | H.323, SIP | від 128 до 6144 кбіт/с |
| 5. | LifeSize HD | 1080p (1920*1080) | H.261, H.263, H.263+, H.264 | H.323, SIP | від 128 до 8172 кбіт/с |

У технології *Motion JPEG* кожен відеокадр зображення стискається окремо із використанням стандарту JPEG. Ніяких інших додаткових алгоритмів при цьому не використовуються. Безумовною перевагою цього методу є можливість редагування відео без втрат якості (кадри незалежні між собою).

Крім того, сучасні методи ущільнення відео - та аудіо даних із використанням передових технологій (*sophisticated motion estimation and compensation, wavelets, fractals* та ін.), дозволяють досягти високого рівня ущільнення при відносно низькій якості. Цей процес відбувається завдяки застосуванню відеокодеків цифрового відео сімейства H.XXX, наприклад H.261, і використовує технології *wavelets* (технологія злиття багатоспектральних зображень високого розширення) [2].

Особливістю відеокодеків сімейства H.XXX являється їх націленість на збільшення потоку цифрового відео без врахування необхідності збереження якості зображення.

Для побудови систем відеоконференцзв'язку застосовується устаткування таких виробників як [6]:

- Cisco (Tandberg);
- Polycom;

– відеотермінали на базі моноблочного персонального комп'ютера з використанням спеціального програмного забезпечення TrueConf і устаткування технічного захисту інформації по каналах зв'язку (міжмережевого екрану Cisco Asa 5505).

У таблиці 1 виділено основні характеристики існуючих систем відеоконференцзв'язку.

З одного боку, характеристики представленого устаткування відповідають технічним вимогам, що пред'являються щодо якості, а з іншої – не все представлене устаткування має параметри відео HD 1920*1080. Перераховане в таблиці 1 устаткування, що входить до

складу систем відеоконференцзв'язку, не забезпечує вирішення завдання збереження швидкості інформаційного обміну, що виникають у захищених мережах ЗС України.

Розглянемо більш детально можливість селективного ущільнення відеопотоку із використанням MPEG – технології.

Увесь відеопотік складається з послідовно сформованих груп відеокадрів [2]. Група може складатися з різної кількості відеокадрів. Кожна група відеокадрів відповідно до MPEG- стандарту складається з трьох типів відеокадрів (рис. 2):

– *I*-кадри (intra) називаються ключовими (keyframes) або „базовими”.

– *P*-кадри (predicted) називаються „різницевиими” і можуть містити як незалежно макроблоки, так і макроблоки з посиланням на інший *I* - або *P*- кадр.

– *B*-кадри (bi – predicted) – „двонаправлені”, „зворотні” кадри можуть містити наступні макроблоки: незалежні, з посиланням на один кадр або з посиланням на 2 кадри. *B* – кадри посилаються на найближчі *I* – *P* або *B* – кадри. Найчастіше, використовуються складні послідовності кадрів, які забезпечують сильнішу компресію відео (через властивості технології MPEG), а, залежно від методу обробки, послідовність відеопотоку може бути різною *IBVPBVPBV* або *IBVPBVPBVPBVPBVPBVP*.

Базовою схемою побудови відеопотоку за технологією MPEG є послідовність груп кадрів що складається із 8-ми або 12-ти кадрів *IBVPBVP* (1 *I*-кадр, 2 *P*-кадри, 5 *B*-кадрів) або *IBVPBVPBVPBV* (1 *I*-кадр, 3 *P*-кадри, 8 *B*-кадрів). До кодування усі кадри в групі кадрів мають однаковий об'єм, оскільки він залежить від глибини кольору, кольору пікселя і розміру зображення. Найбільш значимим є *I* – кадр, оскільки в ньому міститься максимальна кількість інформації, а кадри інших типів утримують до 70 % посилань на нього.

Тому до подальшого розгляду пропонується проводити селективну обробку базового *I*-кадру. За рахунок селективної обробки базового кадру *очікується досягти більшого ступеню ущільнення відеопотоку без втрати корисної інформації*.

Для дослідження процесів відео інформаційного обміну, і захищеності у телекомунікаційних системах необхідно більш детально розкрити ключові поняття та виділити цільову функцію дослідження.

Під пропускну спроможністю H закритого відеоканалу для відомчої системи відео інформаційного обміну мається на увазі сумарна інтенсивність V закритого відеопотоку який обробляється і передається за необхідний час T_0 при виконанні умов по захищеності, і достовірності. Іншими словами, під пропускну спроможністю H закритого відеоканалу розуміється кількість N_K відеокадрів ($V_K = V_I + V_B + V_P$), (рис. 2), отриманих за стандартним алгоритмом ущільнення MPEG – технології (далі – кодування), для яких система забезпечує засекречування і доставку (обробку $T_{обр}$ і передачу $T_{прд}$) за необхідний час T_0 з необхідною достовірністю PSNR (peak signal-to-noise ratio).

З позиції технології обробки (кодування, шифрування) і передачі пропускну спроможність закритого відеоканалу залежить від:

1) загального часу обробки $T_{обр} = T_{код} + T_{ш}$ (кодування і шифрування) і передачі $T_{прд}$ відеопотоку. Чим менше час передачі кодованого потоку тим більше кількості N_K кадрів, які будуть оброблені і закриті за необхідний час T_0 .

2) достовірності кодованих відеокадрів за стандартним алгоритмом кодування каналу $PSNR_0$. Чим менше значення пікового відношення сигнал/шум $PSNR_0$, тим менше інтенсивність V_K відеопотоку і менше час доставки ($T_{дост} = T_{обр} + T_{прд}$). Але при цьому порушується вимога, по забезпеченню необхідного рівня достовірності;

3) рівня $PSNR_S$ при заданому алгоритмі закриття відеокадрів (захисту від несанкціонованого доступу). Чим більше ступінь засекречування, тим більше руйнуються закономірності при стандартному алгоритмі кодування відеопотоку і тому менше надмірності усувається, відповідно відбувається зниження швидкості відеоінформаційного обміну закритого відеоканалу.

4) рівня насиченості відеокадрів (динаміка відеосцени). Чим вищий рівень насиченості, тим більше кількості структурних одиниць які закриваються і менше кількість структурних

одиниць, які кодується по стандартному алгоритму. Це призводить до підвищення сумарної інтенсивності V_K прихованих відеоданих, а отже, до зниження пропускної спроможності закритого відеоканалу. Звідси визначено, що для виконання вимог щодо заданої пропускної спроможності $H_{\text{зад}}$ закритого відеоканалу необхідно понизити інтенсивність $N_K \cdot V_K$ відеоданих в контексті зниження часу обробки і доставки, тобто забезпечити їх засекречування і доставку за необхідний час $T_{\text{дост}} \leq T_0$, при необхідних умовах по достовірності і захищеності $\text{PSNR}_S \geq \text{PSNR}_0$.

Отже, формулу для оцінки пропускної спроможності закритого відеоканалу в потік запишемо таким чином:

$$H = N_K \cdot V_K \leq H_{\text{зад}}, \quad (2)$$

$$\begin{cases} T_{\text{дост}} \leq T_0, \\ \text{PSNR}_0 \geq \text{PSNR}_{\text{зад}}, \\ \text{PSNR}_S \geq \text{PSNR}_0, \\ H_{ab} = \min_{s, j \in M_{ab}} \{H_{ij}\} \\ H_{ij} \leq H_{\text{зад}}. \end{cases}$$

де H_{ab} – пропускна спроможність маршруту M_{ab} (a – відправник, b – адресат) з урахуванням керування інтенсивністю I – кадрів;

$V_K = V_I + V_B + V_P$ – інтенсивність кодованих відеокадрів;

N_K – кількість відеокадрів, які передаються при заданих умовах по оперативності, достовірності і захищеності;

T_0 – необхідний час доставки, що доводиться на групу кадрів;

$T_{\text{дост}}$ – реальний час доставки груп кадрів, який включає час на кодування, приховання і передачу відеоданих згідно встановленого QoS;

PSNR_S – при заданому алгоритмі закриття відеокадрів;

PSNR_0 – значення пікового відношення сигнал/шум за стандартним алгоритмом кодування,

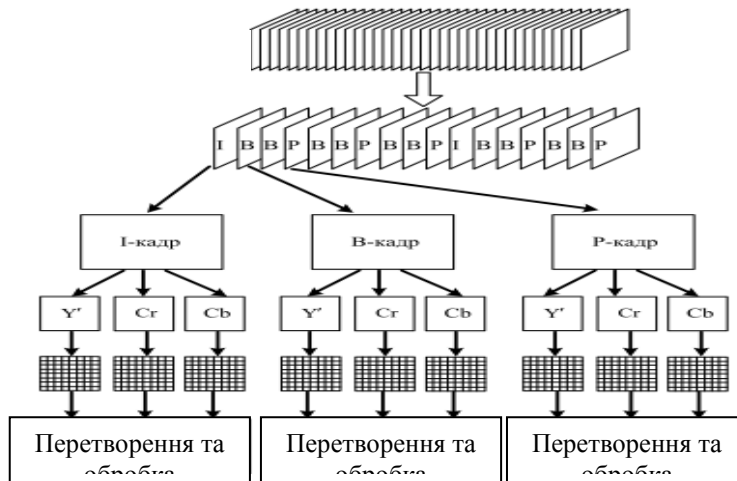


Рис. 2 Структурна схема відеопотоку MPEG

Таким чином, у результаті дослідження визначено цільову функцію (2), і встановлено, що для виконання вимог щодо швидкості інформаційного обміну, і захищеності у телекомунікаційних системах спеціального призначення необхідно розробити метод підвищення якості відеосервісу шляхом селективного ущільнення найбільш інформативної групи кадрів відеосцени (I -кадрів) для забезпечення заданої пропускної спроможності закритого відеоканалу в умовах забезпечення захищеності з використанням стандартизованої MPEG технології і алгоритмів криптографічного захисту.

Висновки. Виконання вимог до систем відеоконференцзв'язку по швидкості доставки закритого відеопотоку забезпечується тільки у разі передачі закритих відеоданих з низькою якістю (роздільною здатністю). Для виконання вимог щодо швидкості інформаційного обміну для систем ВКЗ із використанням *MPEG* та *Motion JPEG* – технологій можливе за рахунок зниження розділової здатності відеопотоку. Використання сучасного устаткування відеоконференцзв'язку (Polycom, CISCO та ін.) і застосування засобів криптографічного захисту сумарна інтенсивність кадрів відеопотоку суттєво зростає, що призводить до істотного збільшення часу обробки відеопотоку високої розділової здатності.

Таким чином, існує протиріччя, обумовлене наявністю дисбалансу між вимогами до відомчих сервісів відеоінформаційного обміну і пропускнуою здатністю каналу.

Для забезпечення відео інформаційного обміну закритими мережами (каналами) зв'язку із заданою пропускнуою спроможністю пропонується шляхом селективної обробки базового І-кадру для досягнення більшого ступеню ущільнення відеопотоку без втрати корисної інформації. Отже, напрямком подальших досліджень є розробка нових та інтеграція існуючих методів підвищення якості відеосервісу шляхом селективного ущільнення найбільш інформативної групи кадрів відеосцени (І-кадрів) для забезпечення заданої пропускнуої спроможності закритого відеоканалу з використанням стандартизованої *MPEG* технології і алгоритмів криптографічного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранник В.В. Методология селективной защиты видеопотока по базовым кадрам / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, Д.И. Комолов // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2014. – № 6. – С. 69 – 57.
2. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, – 1989. – 448 с.
3. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. – Х.: Конус, 2001. – 398с.
4. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1073 с.
5. Гуржий П.Н. Декодирование сжатых видеоданных в инфокоммуникационных системах объективного контроля // Сучасна спеціальна техніка. – 2014. – 1. – С. 22 – 30.
6. Комолов Д.И. Анализ состояния видеoinформационного обеспечения органов и подразделений Министерства внутренних дел Украины / Д.И. Комолов, С.А. Сидченко // Сучасна спеціальна техніка. – 2014. – № 2. – С. 36 – 44.
7. Комолов Д.И. Технология формирования кодовой конструкции для селективного метода обработки видеоданных // Радиоэлектроника и информатика. – 2015. – № 4.
8. Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. – М.: Вузовская книга, 2011. – 320 с.
9. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред, Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 2000. – 800 с.
10. Рябуха Ю.Н. Анализ эффективности технологий шифрования в процессе формирования видеопотока / Ю.Н. Рябуха, Д.И. Комолов, Р.В. Тарнополов // The 4th International Scientific Conference ITSEC (Київ, 20 – 23 травня 2014 р.) / Національний авіаційний університет, Київ, 2014. – С. 60.
11. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений / Г.Ю. Шлихт // М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.
12. Barinova O. On detection of multiple object instances using hough transforms / O. Barinova, V. Lempitsky, P. Kholi // Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions. 2012. – P. 177 – 184.
13. [<http://www.tritel.ua/index.php/uk/produksiya/sposobi-kzi>] – переглянуто 04.09.2017 року.