

DOI 10.26886/2520-7474.6(44)2020.3

UDC: 004.93

**RESEARCH OF THE EFFICIENCY DYNAMIC OBJECTS DETECTING ON
THE VIDEO SEQUENCE FROM VIDEO SURVEILLANCE CAMERAS**

Babaryka A. O.

<https://orcid.org/0000-0001-8534-7764>

e-mail: aob.work@gmail.com

Khoptynskyi R. P., PhD of Technical Sciences

<https://orcid.org/0000-0001-9351-7938>

Tabenskyi S. M.

<https://orcid.org/0000-0001-8771-5671>

Ploshchyk A. S.

<https://orcid.org/0000-0002-7034-1930>

Horodyskyi R. O.

Bohdan Khmelnytskyi National Academy State Border Guard Service of
Ukraine, Khmelnytskyi, Ukraine

In this article, indicator of the effectiveness object detection in video surveillance systems (VSS) was proposed. The results of experimental calculations, have been indicated to increase the efficiency of using VSS with video analytics functions. After modeling the obtained expressions in the software package Mathcad and using the main indicators of the conditional software and hardware, it is obvious that the probability of detection of the object (person) by the video surveillance system operator depends on a number of parameters (geometric dimensions of the observed object), parameters of the video surveillance camera, parameters of the information display device (monitor), features of the visual system of the human operator, the level of his fatigue and level of training, etc.). Areas of further research determine the software

implementation of the proposed criterion, analysis of modern models for determining the probabilities of detecting alarming events by video surveillance system operators.

Keywords: probability of detection, human operator, criterion, criterion for evaluating efficiency, indicator, indicator of task success.

Бабарика А. О.; Хоптинський Р. П., кандидат технічних наук; Табенський С. М.; Площик А. С.; Городиський Р. О., Дослідження ефективності виявлення динамічних об'єктів на відеопослідовностях з камер відеоспостереження / Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна

В роботі запропоновано показник ефективності виявлення об'єктів при оцінці ефективності функціонування систем відеоспостереження. За результатами експериментальних розрахунків доведено підвищення ефективності застосування систем відеоспостереження із застосуванням функцій відеоаналітики. Провівши моделювання отриманих виразів в програмному пакеті Mathcad та використавши основні показники умовного програмно-технічний комплексу, очевидно, що ймовірність виявлення об'єкта (людини) оператором системи відеоспостереження залежить від ряду параметрів (розмірів об'єкта, дальність до об'єкта, параметрів камери відеоспостереження, тощо). Напрямами подальших досліджень визначено програмну реалізацію запропонованого критерію, аналіз сучасних моделей визначення ймовірностей виявлення тривожних подій операторами систем відеоспостереження.

Ключові слова: ймовірність виявлення, людина-оператор, критерій, критерій оцінки ефективності, показник, показник успішності виконання задачі.

Вступ. Системи відеоспостереження є одним із основних компонентів комплексних систем безпеки об'єктів. Основною функцією систем відеоспостереження є ведення спостереження за визначеними об'єктами. Впровадження функцій відеоаналітики в такі системи підвищує ефективність їх застосування. Отже, актуальним завданням є дослідження та розробка математичного апарату для оцінки ефективності функціонування систем відеоспостереження.

Загальна постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Нехай у складі системи відеоспостереження функціонує N камер відеоспостереження, за обстановкою в секторах огляду вказаних камер слідкує K операторів. Тоді, задача оцінки ефективності функціонування системи відеоспостереження за показником ефективності виявлення об'єктів полягає в обчисленні ймовірності виявлення об'єкту інтересу (тривожної події) i -м оператором завдяки власному зоровому апарату людини чи за допомогою програмного алгоритму. Результатом є функція залежності ймовірності виявлення об'єкта від дальності вказаного об'єкта до камери відеоспостереження. При цьому на вказану ймовірність впливають параметри оптичної системи, параметри пристрою відображення інформації (монітору), кількість камер відеоспостереження тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор.

Питанням оцінки ефективності функціонування систем оптико-електронного спостереження як складної технічної системи присвячені праці низки науковців Даник Ю. Г. [1], Vollmerhausen R. H. [2], Колобродов В. Г., Гаврилюк А. І. [3] та ін. Проте в роботах вказаних науковців не враховуються усі параметри системи відеоспостереження

(враховуючи людину-оператора). Тому, актуальною є задача розробки показника ефективності виявлення динамічних об'єктів при оцінці ефективності функціонування систем відеоспостереження.

Формулювання мети статті та завдань досліджень. Метою дослідження є розробка показника ефективності виявлення динамічних об'єктів при оцінці ефективності функціонування систем відеоспостереження.

Виклад основного матеріалу статті. Використаємо поняття показників ефективності виконання цільових завдань операторами системи відеоспостереження. Запропоновані в роботі [1] показники, характеризують ефективність роботи i -го оператора. Ймовірність виявлення тривожної події власне людьми-операторами системи відеоспостереження виразимо як:

$$P_{op}(A) = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_{op}^i), \quad (1)$$

де P_{op}^i – ймовірність виявлення тривожної події i -м оператором системи відеоспостереження.

$$P_{op}^i = K_{op}^i \cdot K_{\Psi}^i \cdot K_{bio}^i, \quad (2)$$

де K_{op}^i – коефіцієнт готовності i -го оператора;

K_{Ψ}^i – коефіцієнт психофізіологічної надійності i -го оператора;

K_{bio}^i – коефіцієнт біологічної надійності, в тому числі функціональної придатності i -го оператора.

$$K_{op}^i = 1 - \frac{T_0 + T_{oth}}{T}, \quad (3)$$

де T_0 – час, протягом якого оператор не знаходився на робочому місці;

T_{oth} – час протягом якого оператор знаходився на робочому місці, але не вів спостереження за обстановкою;

T – загальний час роботи оператора.

Оскільки процес спостереження залежить також від ряду випадкових факторів, застосуємо показник успішності виконання задачі – TTP (Targeting Task Performance). Емпірична формула розрахунку ймовірності виявлення об'єкта має вигляд [2], [4]:

$$P = \frac{\left(\frac{N_{res}}{V_{50}}\right)^E}{1 + \left(\frac{N_{res}}{V_{50}}\right)^E}, \quad (4)$$

$$N_{res} = \frac{\sqrt{A_{obj}} \cdot TTP}{R}, \quad (5)$$

$$E = 1,51 + 0,24 \cdot \frac{V}{V_{50}}, \quad (6)$$

де A_{obj} – площа спостерігаемого об'єкта;

R – відстань до об'єкта;

V – кількість штрихів, що відповідають об'єкту спостереження;

V_{50} – значення критерія Джонсона для 50% ймовірності виявлення об'єкта.

$$TTP = \sqrt{TTPH \cdot TTPV}, \quad (7)$$

$$TTPH = \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} \left[\frac{C_{obj}}{CTFH_{sys}(\xi)} \right]^{1/2} d\xi, \quad (8)$$

$$TTPV = \int_{\eta_{\min}}^{\eta_{\max}} \left[\frac{C_{obj}}{CTFV_{sys}(\eta)} \right]^{1/2} d\eta, \quad (9)$$

де $TTPH$, $TTPV$ – горизонтальна та вертикальна складові показника;

ξ_{\max} , η_{\max} – максимальна горизонтальна та вертикальна просторові частоти при заданому контрасті;

ξ_{\min} , η_{\min} – мінімальна горизонтальна та вертикальна просторові частоти при заданому контрасті;

C_{obj} – контраст цілі відносно фону;

$CTFH_{sys}$, $CTFV_{sys}$ – функція порогового контрасту (CTF – Contrast threshold function) системи для горизонтальної та вертикальної площини відповідно.

$$CTFH_{sys}(\xi) = \frac{CTF_{eye}}{MTF_{dys} \cdot MTF_{sys}} \cdot \left(1 + \frac{\alpha^2 \cdot \sigma^2 \cdot QH_{hor} \cdot QV_{hor}}{L^2} \right)^{1/2}, \quad (10)$$

$$CTFV_{sys}(\eta) = \frac{CTF_{eye}}{MTF_{dys} \cdot MTF_{sys}} \cdot \left(1 + \frac{\alpha^2 \cdot \sigma^2 \cdot QH_{ver} \cdot QV_{ver}}{L^2} \right)^{1/2}, \quad (11)$$

де CTF_{eye} – функція порогового контрасту незброєного ока оператора;

MTF_{dys} – модуляційна передаточна функція дисплею;

MTF_{sys} – модуляційна передаточна функція камери відеоспостереження;

$QH_{hor} \cdot QV_{hor}$ – ширина смуги шумів в горизонтальній та вертикальній площині відповідно;

α – середньоквадратичне значення шуму дисплею;

σ – коефіцієнт пропорційності;

L – яскравість дисплею.

Отже, ймовірність виявлення об'єкта залежить не тільки від коефіцієнтів готовності, психофізіологічної та біологічної надійності, але й від такого показника як фізично-можлива ймовірність виявлення тривожної події, яка враховує параметри оптичної системи, параметри зорової системи людини, дальність до об'єкта спостереження, тощо. Тоді ймовірність виявлення тривожної події (об'єкта) i -м оператором системи відеоспостереження набуде вигляду:

$$P_{op}^i = \frac{\left(\frac{N_{res}}{V_{50}}\right)^E}{1 + \left(\frac{N_{res}}{V_{50}}\right)^E} \cdot K_{op}^i \cdot K_{\Psi}^i \cdot K_{bio}^i \quad (12)$$

Вираз (12) буде справедливим для одноканальної системи відеоспостереження. У випадку використання багатоканальної системи відеоспостереження, ймовірність виявлення тривожної події (об'єкта) буде зменшуватися зі збільшенням кількості камер відеоспостереження. Якщо оператор вибирає тактику послідовного перегляду кожного відео каналу, то час спостереження в секундах t по кожному відеоканалу складає близько 2 сек., час фіксації зору на кожному відеоканалі складає близько 0,3 с. Отже, в такому випадку, решта відеоканалів залишаються без уваги оператора. Але фізіологічні особливості людини дозволяють спостерігати об'єкти і за допомогою периферійного зору. Ймовірність виявлення об'єктів при віддаленні від центральної зони зору людини буде зменшуватись. Тоді, для врахування кількості камер відеоспостереження та особливостей периферійного зору людини, введемо у вираз (12) комплексний коефіцієнт K_{periph}^i . Тоді вираз (12) набуде вигляду:

$$P_{op}^i = \frac{\left(\frac{N_{res}}{V_{50}}\right)^E}{1 + \left(\frac{N_{res}}{V_{50}}\right)^E} \cdot K_{op}^i \cdot K_{\Psi}^i \cdot K_{bio}^i \cdot K_{periph}^i \quad (13)$$

Ймовірність виявлення тривожної події чи об'єкту інтересу програмним алгоритмом залежить від самого алгоритму, умов застосування тощо. Позначимо цю ймовірність як P_{alg} . Очевидно, що ймовірність виявлення тривожної події операторами системи відеоспостереження з допомогою програмного алгоритму $P_{op/alg} \leq P_{alg}$, при цьому $P_{op/alg} \rightarrow P_{alg}$.

Отже, критерій ефективності виявлення об'єктів, що виражається у ймовірності виявлення тривожної події прийме наступний вигляд:

$$P_{obj} = P_{op} \cdot P_{op/alg} + P_{op} \cdot (1 - P_{op/alg}) + P_{op/alg} \cdot (1 - P_{op}). \quad (14)$$

Вираз (14) доцільно застосовувати у разі застосування функцій відеоаналітики в системах відеоспостереження.

Розглядаємо умовний програмно-технічний комплекс розгорнутий у складі 8 камер відеоспостереження. Кількість операторів – один. Спостереження ведеться за допомогою монітору з діагоналлю 21 дюйм (співвідношення сторін 16:9). Роздільна здатність – 1920x1080 рх. Ширина, см – 46.49. Висота, см – 26.15. Відстань від ока оператора до монітору 80 см. Частота кадрів – 25Гц. α – 169,6; σ – 0,02; L – 100.

Нехай, при розміщенні на моніторі із вказаними параметрів інформаційних вікон із восьми відеоканалів, роздільна здатність кожного з них складе 480x272 (WQVGA) (див. рис. 1).

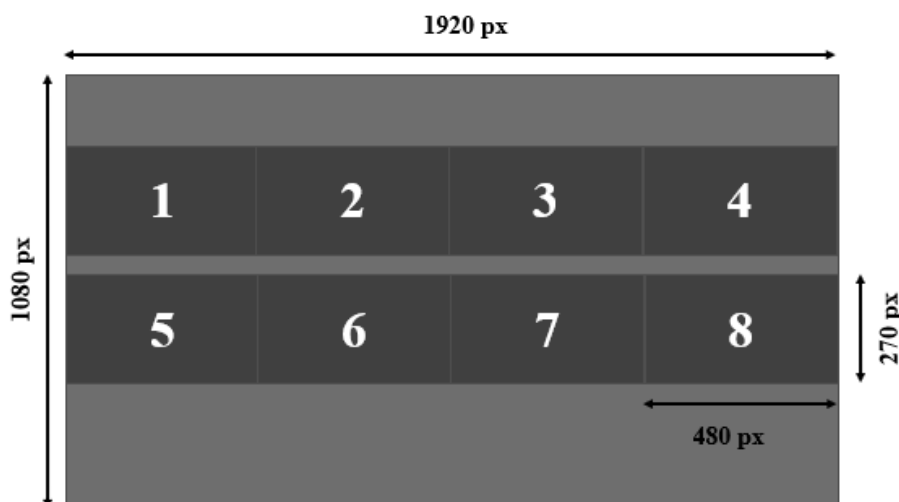


Рис. 1. Приклад розміщення інформаційних вікон із восьми відеоканалів на екрані монітору

Камери відеоспостереження однотипні з основними параметрами: матриця 1/3 (4,92x2,77 мм), фокусна відстань об'єктива – 10 мм. Об'єкт спостереження: людина (1,7x05 м). Зона огляду: горизонтальна площина – 26 м, вертикальна площина – 14 м. Функцію розподілу ймовірностей вірної класифікації динамічних об'єктів програмним алгоритмом отримано емпіричним шляхом в результаті експериментальних досліджень [5] з використанням авторського загального показника ефективності роботи алгоритму виділення динамічних об'єктів [6].

Проведемо розрахунки з оцінки ймовірності виявлення об'єкта оператором системи відеоспостереження з використанням показника успішності виконання задачі ТТР (див. вираз 4). Функцію порогового контрасту незброєного ока оператора розраховано за формулою з [7], модуляційну передаточна функцію дисплею розраховано за формулою з [3], модуляційну передаточна функцію системи відеоспостереження розраховано за формулою з [2]. Спектральний діапазон прийнято 0,5 – 1мкм, контраст цілі відносно фону C_{obj} розраховано за формулою

представленою в [7]. Прийmemo значення коефіцієнтів: $K_{op}=1$, $K_{\psi}=1$, $K_{bio}=1$, $K_{periph}=1$.

Провівши моделювання отриманих результатів за допомогою програмного пакету MathCad, було графічне представлення функції залежності ймовірності виявлення спостерігаємого об'єкта (людини) від дальності спостереження (див. Рис. 2). На рисунку 2: P_{ttp} – ймовірність виявлення об'єкта оператором системи відеоспостереження без використання алгоритмів відеоаналітики, розрахована з використанням показника успішності виконання задачі ТТР. P_{obj} – ймовірність виявлення об'єкта оператором системи відеоспостереження з використанням алгоритмів відеоаналітики, розрахована за допомогою запропонованого показника (див. вираз (14)).

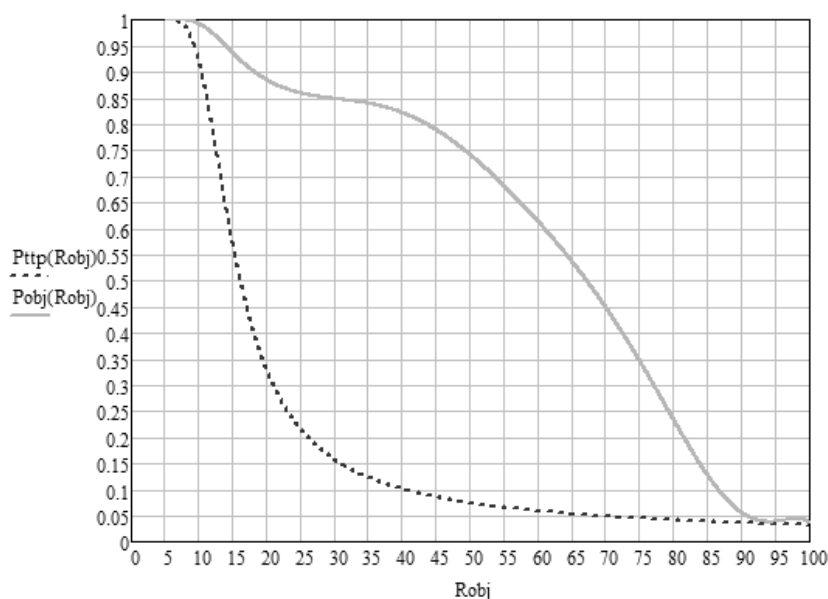


Рис. 2. Ймовірності виявлення об'єкта без використання функцій відеоаналітики (P_{ttp}) та з використанням програмного алгоритму виявлення динамічних об'єктів (P_{obj})

Провівши моделювання отриманих виразів в програмному пакеті Mathcad та використавши основні показники умовного програмно-технічний комплексу, очевидно, що ймовірність виявлення об'єкта

(людини) оператором системи відеоспостереження залежить від ряду параметрів (розмірів спостерігаємого об'єкта, дальність до об'єкта спостереження, параметрів камери відеоспостереження, тощо). Прийняті припущення при експериментальних розрахунках не враховують психоемоційних характеристик людини-оператора, його втоми та рівня підготовки.

Висновки та перспективи подальших розвідок у цьому напрямку. В роботі запропоновано показник оцінки ефективності виявлення об'єктів при оцінці ефективності функціонування систем відеоспостереження. Результати експериментальних розрахунків (див. Рис. 2) вказують на підвищення ефективності застосування систем відеоспостереження із застосуванням функцій відеоаналітики (на прикладі алгоритму виявлення динамічних об'єктів). Напрямок подальших досліджень є програмна реалізація запропонованого показника. Також актуальним напрямком подальших досліджень є аналіз сучасних моделей визначення ймовірностей виявлення тривожних подій операторами систем відеоспостереження.

Література:

1. Даник Ю. Г., Писарчук О. О., Соколов К. О. та Тимчук С. В. (2016). Багатокритерійна математична модель формування надмірної структури системи моніторингу для ситуаційного управління її параметрами. *Проблеми телекомунікацій*, 1, 110-123.
2. Vollmerhausen R., Jacobs E. (2004). *The Targeting Task Performance (TTP) Metric A New Model for Predicting Target Acquisition Performance. The targeting task performance (TTP) metric. A new model for predicting target acquisition performance* (Technical report AMSEL-NV-TR-230).

3. Гаврилюк А. І., Колобродов В. Г. (2004). Вплив типу та параметрів дисплея на ймовірність розпізнавання в оглядовій телевізійній системі. *Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування: збірник наукових праць*, 27, 37–44.
4. Рибалко М. С., Микитенко В. І., Мамута О. Д. (2011). Узгодження діаметрів вхідних зіниць дзеркально-лінзового об'єктиву двоканальної оптико-електронної системи спостереження. *Вісник національного технічного університету України «КПІ», Приладобудування*, 42, 54–61.
5. Катеринчук І.С., Бабарика А.О. (2020). Удосконалення алгоритму виявлення динамічних об'єктів на відеопослідовностях. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*, 3, 88–98.
6. Бабарика А.О. (2019). Обґрунтування показника вибору оптимального алгоритму виділення фону у відеопослідовностях з камер відеоспостереження відомчих систем відеоспостереження. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 3 (36), 97-102.
7. Barten, P. G. J. (1999). Contrast sensitivity of the human eye and its effects on image quality. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven. <https://doi.org/10.6100/IR523072>

References:

1. Danyk Yu. H., Pysarchuk O. O., Sokolov K. O. та Tymchuk S. V. (2016). Bahatokryteriina matematychna model formuvannia nadmirnoi struktury systemy monitorynhu dlia sytuatsiinoho upravlinnia yii parametry [Multicriteria mathematical model of generating of redundant structure of monitoring system for situational control of its parameters]. *Problemy telekomunikatsii [Telecommunication problems]*, 1, 110-123. [in Ukrainian].

2. Vollmerhausen R., Jacobs E. (2004). *The Targeting Task Performance (TTP) Metric A New Model for Predicting Target Acquisition Performance. The targeting task performance (TTP) metric. A new model for predicting target acquisition performance* (Technical report AMSEL-NV-TR-230). [in English].
3. Gavrylyuk A. I., Kolobrodov V. G. (2004). Vplyv typu ta parametriv dyspleia na ymovirnist rozpiznavannia v ohliadovii televiziinii systemi [Influence type and parameters of the display on probability of recognition of the image of object in television system of supervision]. *Visnyk NTUU «KPI». Pryladobuduvannia: zbirnyk naukovykh prats [Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series instrument making]*, 27, 37–44. [in Ukrainian].
4. Rybalko M. S., Mykytenko V. I., Mamuta O. D. (2011). Uzghodzhennia diametriv vkhidnykh zinyts dzerkalno-linzovoho obiektyvu dvokanalnoi optyko-elektronnoi systemy sposterezhennia [Aperture diameters adjustment of catadioptric lens in dual-channel optoelectronic observation system]. *Visnyk NTUU «KPI». Pryladobuduvannia: zbirnyk naukovykh prats [Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series instrument making]*, 42, 54–61. [in Ukrainian].
5. Katerynchuk I.S., Babaryka A.O. (2020). Udoskonalennia alhorytmu vyavlennia dynamichnykh ob'ektiv na videoposlidovnostiakh [An improved moving objects detection algorithm in video sequences]. *Radioelektronika, informatyka, upravlinnia [Radio Electronics, Computer Science, Control]*, 3, 88–98. [in Ukrainian].
6. Babaryka A.O. (2019). Obgruntuvannia pokaznyka vyboru optymalnoho alhorytmu vydilennia fonu u videoposlidovnostiakh z kamer videosposterezhennia vidomchykh system videosposterezhennia [The justification of optimal algorithms index choice for the background subtraction in video sequences derived from stationary cameras of video surveillance systems]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta*

oborony [Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence], 3 (36), 97-102. [in Ukrainian].

7. Barten, P. G. J. (1999). Contrast sensitivity of the human eye and its effects on image quality. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven. <https://doi.org/10.6100/IR523072>. [in English].

Citation: Babaryka A.O., Khoptynskyi R.P., Tabenskyi S.M., Ploshchych A.S., Horodyskyi R.O. (2020). RESEARCH OF THE EFFICIENCY DYNAMIC OBJECTS DETECTING ON THE VIDEO SEQUENCE FROM VIDEO SURVEILLANCE CAMERAS. Frankfurt. TK Meganom LLC. Paradigm of knowledge. 6(44). doi: 10.26886/2520-7474.6(44)2020.3

Copyright: Babaryka A.O., Khoptynskyi R.P., Tabenskyi S.M., Ploshchych A.S., Horodyskyi R.O. ©. 2020. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.