

Шаповал В. П.

Черкаський державний технологічний університет

Тарасенко Я. В.

Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВІДЕОКОНТРОЛЮ ПЕРВИННИХ ОЗНАК ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ

У статті розглянуто актуальну на сьогоднішній день задачу розробки інформаційних систем та технологій для попередження витоку інформації на підприємствах шляхами інсайдерських атак. Проаналізовано найбільш перспективні в цьому напрямку існуючі технології діагностики емоційного та психологічного стану для аналізу відхилень функціональних станів співробітників підприємств за результатами дослідження відео. Вперше розроблено метод інтелектуального відеоконтролю первинних ознак психологічного стану працівників, який дозволив підвищити ефективність комп'ютерної психодіагностики за рахунок інтелектуального аналізу відеоряду в режимі реального стану на 31,5 %. За рахунок навчання нейромережі надається можливість визначення відхилень характерних працівнику функціональних психологічних станів. Висока ефективність методу досягається за рахунок обчислення вагових коефіцієнтів шляхом факторного аналізу. Запропонований метод доцільно використовувати як первинний інструмент постійного моніторингу первинних ознак відхилень психологічних функціональних станів працівників комерційних підприємств з метою більш точного подальшого глибинного дослідження. В розробці методу враховано різні класи характеристик, які впливають на коефіцієнт психічного стану. На відміну від існуючих розробок одночасно досліджуються такі класи як вираз обличчя, постава тіла, жести, рухи тіла з метою визначення широкого ряду з 9 функціональних станів. Розглянуто наступні функціональні стани як джерело невербальної інформації: ситуативні стани у трудовій діяльності. Характерною особливістю є дослідження функціональних психологічних станів в режимі реального часу за рахунок визначення щільності функціональних станів за часовий проміжок в процесі відеомоніторингу, що не потребує окремого зупинки відеомоніторингу та окремого дослідження відео. Подальші дослідження передбачають додавання звукової складової для підвищення точності інтелектуального аналізу представленого відеоряду. Удосконалення потребують процедури дослідження ефективності для визначення залежностей, на які впливають ті чи інші фактори відеомоніторингу первинних психологічних ознак.

Ключові слова: відеомоніторинг, функційні психологічні стани, попередження витоку інформації, системи аналізу емоцій, системи психологічного аналізу, автоматизований психоаналіз.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день постає проблема витоку інформації на світових підприємствах, установах та організаціях усіх рівнів. Поточні реалії, спричинені військовими діями на території України ще більше загострюють дану проблему на вітчизняних підприємствах. Відповідно до звіту [1] інсайдерські атаки спричиняють збитки від 100 тисяч до 1 мільйона доларів за одну атаку при частоті 10 атак на рік у 2024 році для 51 % розглянутих у звіті організацій. Співробітники компаній виступають основним джерелом небезпеки за умов належного захисту програмного забезпечення від вторгнень. Подібна ситуація змушує керівників та представників служби безпеки організацій шукати можливості попередження негативним наслідкам від

подібних загроз. З урахуванням того, що 52 % організацій не мають належного інструментарію та програмного забезпечення для протидії таким атакам [1], описана проблема є вкрай актуальною як в Україні так і у світі.

З одного боку, така ситуація може виникнути в результаті злого умислу співробітника, а з іншого по необережності чи під примусом. Кожна з причин може бути попереджена або з максимальною оперативністю виявлена за умов своєчасної та ефективної діагностики психологічного стану співробітників, які готуються чи вже вчинили такий злочин.

Для ефективної та своєчасної психодіагностики неможливо обійтись без залучення відповідних спеціалізованих інформаційних технологій,

які здатні в режимі реального часу виконувати контроль психологічного стану співробітників та сигналізувати про відхилення у їх стабільних функціональних станах для подальшого детального розгляду та вивчення причин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження в області автоматизованої психодіагностики, та їх реалізація у вигляді відповідних інформаційних систем не дозволяють використовувати результати цих досліджень в початковому вигляді для вирішення задачі автоматизованого постійного відеомоніторингу психологічних відхилень функціональних станів. Так, в роботі [2] представлена інформаційно-аналітична система визначення психічного стану людини націлена на проведення тестування та аналіз результатів цього тестування. У такому випадку можна визначити низький рівень автоматизації процедури психодіагностики. Потреба залучення співробітника до опитування та неможливість безперервного контролю не дозволяють використовувати подібні підходи при запобіганню витоку інформації. Основна задача полягає в автоматизованому постійному дослідженні результатів психоаналізу, яку можна виконати залучивши елемент відеоконтролю, де відеореєстр виступає основним джерелом даних як альтернатива опитуванню. У роботі [3] описано технологію відео-комп'ютерного інтелектуального психологічного аналізу, яка застосовується в процесі діагностики психопатій та визначення ефекту від лікування. Основним недоліком в рамках вирішення задач, поставлених в статті виступає вузька спеціалізація визначення психопатологій та відсутність можливості контролю в режимі реального часу.

Для аналізу відхилень поведінки індивіда використовуються системи обробки відео як описується в роботі [4]. Головним недоліком, описаної в зазначеній роботі системи є відсутність врахування емоційних реакцій, характерних для співробітника в умовах допущення ним витоку інформації та можливості всебічного визначення первинних функціональних станів та реакцій. У даному випадку немає необхідності в детальному психологічному аналізі. Психоемоційних маркерів, які виходять за рамки звичайних функціональних станів працівника достатньо для виявлення працівників, які потребують подальшого детального аналізу для встановлення причин відхилень функціональних станів.

На сьогоднішній день є багато розробок щодо визначення емоцій людини за відеореєстром [5–7],

більшість з яких розглядає суто обличчя. По перше, такі роботи не дозволяють визначити психологічний стан особливо з огляду тривалого проміжку часу, а не в конкретний момент. По друге, більшість робіт розглядають лише обличчя як джерело емоцій, в той час як відповідно до роботи [8] емоційну оцінку відношення людини до ситуації можна визначити за оптичними знаками, до яких окрім виразів обличчя відносять жести, позу та рухи тіла.

У роботі [9] описується можливість визначення психологічних ознак за розташуванням частин тіла. Таку систему складно застосувати для вирішення поставлених задач через обмеженість розглянутих емоційних складових та складністю реалізації в результаті глибокого аналізу.

Відеоконтроль психологічного стану для вирішення поточної задачі передбачає моніторинг лише первинних зовнішніх ознак, що дозволить в подальшому економити час та обчислювальні ресурси при дослідженні усіх співробітників.

Представлені у роботі [10] дані доводять можливість глибокого психологічного аналізу та емоційного стану особистості за текстовими повідомленнями. Такі системи доцільно застосовувати для подальшого глибокого аналізу після виявлення первинних зовнішніх відхилень від нормальної поведінки досліджуваного індивіда.

Аналіз показав, що більшість сучасних методів та засобів розпізнавання емоційної складової та психологічного стану особи прямо чи опосередковано пов'язано з використанням технологій штучного інтелекту, який є необхідним інструментом і для вирішення поставленої в роботі задачі, додає інтелектуальну складову та дозволяє проводити навчання, що є ключовим для постійного моніторингу в режимі реального часу.

Постановка завдання. Метою статті є підвищення ефективності комп'ютерної психодіагностики за рахунок відеомоніторингу динаміки первинних ознак функціональних станів співробітників в задачах попередження витоку інформації.

Виклад основного матеріалу. Визначення показників психічних функціональних станів ґрунтується на виокремленні з відеореєстру ключових класів характеристик, множина яких буде позначена як S . Кожен клас впливає на визначення коефіцієнту психічного стану P (рис. 1).

За класифікацією психічних станів в даному випадку розглядаються наступні стани: за роллю в структурі особистості – ситуативні як такі, що дозволяють визначити психоемоційну складову в окремій ситуації можливого витоку інформації

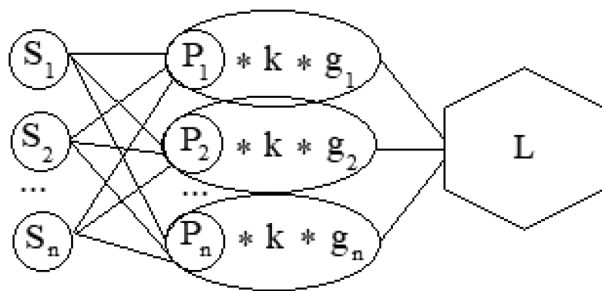


Рис. 1. Концептуальна структурна схема визначення відхилень функціональних психологічних станів співробітників: S_1 – вираз обличчя; S_2 – постава тіла; S_3 – жести; S_4 – рухи тіла; P_1 – стрес; P_2 – страх; P_3 – гнів; P_4 – сором; P_5 – фрустрація; P_6 – агресія; P_7 – радість; P_8 – занепокоєння; P_9 – апатія; k – коефіцієнт відхилення; g – ваговий коефіцієнт; L – працівник

та ставлення індивіда до неї; за родом занять – стани у трудовій діяльності як такі, що характеризує предметну область здійснення відеоконтролю. Тип стану – функціональний, оскільки здійснюється відеоконтроль за невербальною функціональною реакцією працівника. Коефіцієнт відхилення відображає рівень відхилення від звичного функціонального стану працівника. За умови, якщо відхилення виходить за рамки допустимої похибки (значення 0,1), коефіцієнт психічного функціонального стану збільшується. Ваговий коефіцієнт визначається індивідуально для кожного показника в конкретній ситуації.

Запропонований у статті метод складається з 5 етапів. На першому етапі проводиться навчання нейронної мережі.

Формула функції для нейромережі аналізу психологічних станів має такий вигляд:

$$y = \sum_{j=1}^4 \varphi \left(\sum_{i=1}^n S_{ij} \cdot g_i \cdot k + a \right), \quad (1)$$

де φ – сигмоїдна функція активації; a – зміщення; S – вхідні зображення з відеоряду; g – вагові коефіцієнти.

Зміщення визначається за рахунок подальшого навчання нейромережі та слугує для контролю функціонального стану особистості протягом часу. Початкове значення для кожного працівника встановлюється відповідно до результатів первинного психологічного опитування як точка відліку для підвищення точності. На кожен показник психологічного стану впливає одночасно кожен з ключових класів характеристик, що зумовлює основну відмінність від підходу [7], де аналізується лише один клас – вираз обличчя. Використання сигмоїдної функції активації пояснюється відсутністю необхідності аналізу від’ємних зна-

чень, оскільки за умов відсутності на кадрі жодного з функціональних станів, такий кадр відноситься до нейтральних.

Наступний етап передбачає проведення показового аналізу відеопотоку для виявлення щільності функціональних станів за відповідний часовий проміжок. З цією метою можна взяти за основу описаний в [7] підхід до розподілу кадрів за типами емоцій та адаптувати до задачі визначення функціональних станів з використанням легкої нейромережі описаної в [9].

Для покадрової класифікації зображень використовується підхід на основі статистичного розподілу, описаний в [11]. Функція належності зображення до того чи іншого функціонального стану матиме вигляд:

$$\mu(e_v(i)) = \frac{\sum_{j=1}^4 \eta^{S_j}(e_v, i)}{\sum_{i=1}^N \eta^{S_j}(e_v, i)}, \quad (2)$$

де (e_v, i) – елемент із бази еталонних зображень; η – міра подібності; i – номер еталону; N – загальна кількість випадків. Кожне зображення аналізується з урахуванням кожного класу S .

Міра подібності може бути виражена через манхетенську метрику. Зображення порівнюються з базою еталонних зображень та розподіляються за 10 класами психічного стану. Оскільки усього розглянуто в статті 9 класів психічного функціонального стану, то вводиться ще один клас, який відповідає за нейтральний стан зображення. Класи множини ключових характеристик впливають на розподіл кадрів. Один кадр може бути віднесено до різних психічних станів, що зумовлено одночасним аналізом різних ключових класів. На одному кадрі вираз обличчя може вказувати на одну множину функціональних станів, а постава тіла на іншу. Цим фактом пояснюється можливість наявності більшої кількості кадрів після розподілу за функціональними станами, аніж загальна кількість кадрів. Множина кадрів G може бути описана формулою:

$$G = S_1^{P_n} \cup S_2^{P_n} \cup S_3^{P_n} \cup S_4^{P_n}, \quad (3)$$

яка при розподілі кадрів виконує дублювання.

Необхідною умовою відеоконтролю є визначення щільності функціональних станів за часовий проміжок. Щільність визначається наступною формулою:

$$d_n = \frac{|S_n \mu(e_v(i))|}{\frac{q}{t}}, \quad (4)$$

де q – кількість кадрів у секунду для даного відеоряду; t – повторюваний часовий інтервал; $|S_n \mu(e_v(i))|$ – потужність множини кадрів, які належать до відповідного класу функціональних психологічних станів. Потужність множини визначає кількість подібних кадрів. Необхідність врахування повторюваного часового інтервалу зумовлена потребою аналізу відеоряду не після запису, а в режимі реального часу.

Етап визначення коефіцієнтів психічного стану передбачає використання моделі LSTM, описаної в [7] з урахуванням щільності функціональних станів за часовий проміжок. З урахуванням інтелектуальної складової, коефіцієнти визначаються за формулою:

$$P_n = \sigma(d_n[S_n, \mu(e_v(i))] + a), \quad (5)$$

де сигмоїдна функція σ набуває значень на інтервалі від 0 до 1.

Коефіцієнт відхилення k визначається відношенням:

$$k = \left| \frac{100 - \frac{a(P_n) \cdot 100}{a(y)}}{100} \right|, \quad (6)$$

де допустиме значення відхилення складає 0,1.

Наступним етапом є визначення вагових коефіцієнтів для коефіцієнтів психічного стану. Визначення питомої ваги впливу кожного з 9 коефіцієнтів на рівень загального показника психічного стану в умовах можливого витоку інформації визначається на основі методики факторного аналізу, описаної в роботі [12] за формулою:

$$g_n = \sum_j \frac{q_{nj} \cdot c_{nj}}{\sum_{n=1}^9 q_{nj} \cdot c_{nj}}, \quad (7)$$

де c – вагові коефіцієнти впливу, які розраховуються як відношення кількості показників n -го фактора до загальної кількості показників з урахуванням ключових класів характеристик; q – співвідношення кількості бінарних показників, значення яких дорівнює одиниці до загальної кількості бінарних показників за 9 групами.

Після визначення вагових коефіцієнтів проводиться визначення первинних ознак загального стану кожного досліджуваного працівника за наступною формулою:

$$L = P_n \cdot k \cdot g_n, \quad (8)$$

де L – відповідний досліджуваний працівник.

Структурно-логічна схема запропонованого методу з урахуванням усіх п'яти етапів його

роботи та функційний взаємозв'язків цих етапів представлена на рисунку 2.

Експеримент було проведено із залученням здобувачів вищої освіти. В експерименті прийняло участь 17 здобувачів з різних курсів за спеціальністю «Інформаційні системи та технології». Було проведено навчання нейромережі протягом 5 лекційних та лабораторних занять. Після навчання запропоновано написати зріз знань (без відеомоніторингу) та розпочато відеомоніторинг одразу після виконання робіт. Із 17 осіб списували 6, із них було виявлено первинні психологічні ознаки, які відбивають функційні стани (надмірна радість, сором, залишкові ознаки страху тощо) у 8 осіб, серед яких 5 осіб списували. Аналогічні системи психологічного дослідження виявили також 5 осіб, але відрізнявся час, затрачений на психодіагностику.

Ефективність визначалась з урахуванням часу, необхідного на виявлення цільових осіб за наступною формулою:

$$E = \frac{K_b}{\frac{K_c}{\sin(t^*)}}, \quad (9)$$

де K_b – кількість цільових осіб; K_c – кількість виявлених цільових осіб; t^* – час, затрачений на виявлення. Враховується синус від часу, затраченого на виявлення, оскільки чим більше часу затрачено, тим нижче ефективність.

Аналогічні засоби передбачали дослідження усіх працівників, на відміну від запропонованого методу виявлення первинних ознак, який дозволяв проводити глибинний аналіз лише виявлених осіб. Незважаючи на виявлення хибних цільових осіб, значно скорочується загальний час та зростає ефективність. В даному експерименті ефективність психодіагностики із застосованою системою інтелектуального відеомоніторингу складала 69,2 % на відміну від аналогічних систем, ефективність яких складала 37,7 %.

Висновки. Таким чином, у статті підвищено ефективність комп'ютерної психодіагностики за рахунок постійного інтелектуального моніторингу динаміки первинних ознак функціональних станів співробітників в задачах попередження витоку інформації. Експериментальні дослідження доводять підвищення ефективності на 31,5 %.

У роботі розроблено метод інтелектуального відеоконтролю первинних ознак психологічного стану на основі штучних нейронних мереж, які шляхом перманентного аналізу відеоряду дозво-

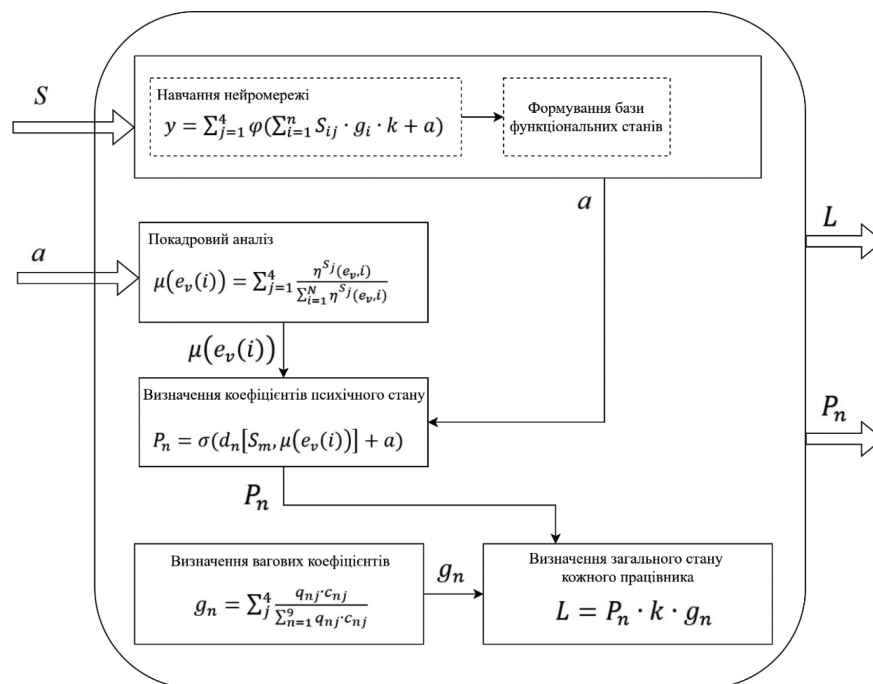


Рис. 2. Структурно-логічна схема методу інтелектуального відеоконтролю первинних ознак психологічного стану

ляють відстежувати динаміку функціональних психологічних станів співробітників за рахунок визначення їх щільності за часовий проміжок.

Вагові коефіцієнти, визначені за рахунок факторного аналізу дозволяють забезпечити високу ефективність запропонованого методу.

Сфера практичного застосування запропонованого методу полягає у його використанні служ-

бами безпеки підприємств для контролю психологічного стану співробітників і оперативного усунення наслідків можливого витоку комерційної інформації.

Подальшого розгляду потребують питання відеоакустичного моніторингу первинних ознак функціональних станів для підвищення точності роботи системи.

Список літератури:

1. Insider Threat Report. Gurukul, 2024. 20 p.
2. Григоришен О. О., Колесник І. С., Савицька Л. А. Інформаційно-аналітична система визначення психологічного стану людини. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2021. № 3. С. 4–9.
3. Шелехов І. В., Востоцький В. О., Мажаровська А. І. Система комп'ютерної психодіагностики в рамках інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології. *Інформатика, математика, механіка: Матеріали IV міжвузівської науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів (м. Суми, 19–23 квітня 2010 р.)*. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. С. 278–283. С. 137–138.
4. A novel framework for intelligent surveillance system based on abnormal human activity detection in academic environments / M. Al-Nawashi et al. *Neural Comput & Applic.* 2017. Vol. 28. P. S565–S572.
5. Detection of (Hidden) Emotions from Videos Using Muscles Movements and Face Manifold Embedding / J. Kim et al. *arXiv*. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2211.00233> (дата звернення: 05.03.2025)
6. Vaiani L., Cagliero L., Garza P. Emotion Recognition from Videos Using Multimodal Large Language Models. *Future Internet*. 2024. Vol. 16, № 7. P. 247–264.
7. Li Y. Deep Learning of Human Emotion Recognition in Videos. Uppsala University, 2017. URL: <https://surl.li/mbtdqh> (дата звернення: 03.03.2025).
8. Мельничук О. Д. Невербальна комунікація: від семіотики до міждисциплінарних теорій. *Сучасні філологічні дослідження та навчання іноземної мови в контексті міжкультурної комунікації: Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих науковців за міжнародної участі (м. Житомир, 23 листопада 2018 р.)*. Житомир: Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка, 2018. С. 278–283.
9. Determining the psycho-emotional state of the observed based on the analysis of video observations / Ye. Amirgaliyev et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 1(2(127)). P. 45–53.

10. Гасько Р.В., Висоцька В.А., Чирун Л.Б. Інформаційна система аналізу психологічного стану особистості. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: інформаційні системи та мережі.* 2015. Вип. 829. С. 102–128.

11. Дослідження результативності класифікаторів зображень за статистичними розподілами для компонентів структурного опису / В.О.Гороховатський та ін. *Сучасні інформаційні системи.* 2021. Т. 5, № 1. С. 5–11.

12. Меренкова О.В., Медвідь Т.А., Бойко А.О. Факторний аналіз імовірнісної оцінки ризику використання послуг банків для легалізації кримінальних доходів або фінансування тероризму. *Вісник Національного банку України.* 2010. № 11. С. 124–130.

Shapoval V.P., Tarasenko Ya.V. METHOD OF INTELLIGENT VIDEO MONITORING OF PRIMARY SIGNS OF PSYCHOLOGICAL STATE

The article considers the currently relevant task of developing information systems and technologies for preventing information leakage at enterprises by means of insider attacks. The most promising in this direction existing technologies for diagnosing emotional and psychological state in analysis of enterprise employees' functional state deviations based on the results of video control were analyzed. For the first time a method of intelligent video control of the primary signs of the employees' psychological state was developed which allowed to increase the effectiveness of computer psychodiagnostics due to the video stream intelligent analysis in real time by 31,5 %. Due to the neural network training, it is possible to determine the deviations of employee's functional states. The high efficiency of the method is achieved due to the calculation of weighting factors by means of factor analysis. It is advisable to use the proposed method as a primary tool for constant monitoring of primary signs of psychological functional states deviations of employees at the commercial enterprises for the purpose of more accurate further in-depth research. The method development takes into account different classes of characteristics that affect the mental state coefficients. In contrast to existing developments, such classes as facial expression, body posture, gestures, body movements are simultaneously investigated in order to determine a wide range of 9 functional states. The following functional states are considered as a source of non-verbal information: situational states in labor activity. A characteristic feature is the study of functional psychological states in real time by determining the density of functional states over a period of time during video monitoring, which does not require a separate stop of video monitoring and its separate analysis. Further research involves the addition of a sound component to increase the accuracy of the presented video sequence intelligent analysis. Improvements are needed in the effectiveness research procedure to determine the dependencies that are influenced by certain factors of primary psychological signs video analysis.

Key words: video monitoring, functional psychological states, information leakage prevention, emotion analysis systems, psychological analysis systems, automated psychoanalysis.