

КАМІНСЬКИЙ Роман

Національний університет "Львівська політехніка"

ORCID ID: [0000-0002-0563-5748](https://orcid.org/0000-0002-0563-5748)e-mail: kaminsky.roman@gmail.com**ШАХОВСЬКА Наталія**

Національний університет "Львівська політехніка"

ORCID ID: [0000-0002-6875-8534](https://orcid.org/0000-0002-6875-8534)e-mail: natalya233@gmail.com**ХУДОБА Богдан**

Національний університет "Львівська політехніка"

ORCID ID: [0000-0001-5983-1042](https://orcid.org/0000-0001-5983-1042)e-mail: bohdan.khudoba@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ГРУПУВАННЯ ОПЕРАТОРСЬКОГО ПЕРСОНАЛУ ПОШУКОВИХ СИСТЕМ В СЕНСІ СТРЕСОСТІЙКОСТІ

Основною метою даного дослідження є розроблення методології організації експериментального відбору операторського персоналу на основі дослідження його поведінки від впливу мікростресів. Розроблено модель людино-машинного інтерфейсу, яка враховує зміну функціонального стану людини-оператора.

Ключові слова: операторська діяльність, часові ряди, стресостійкість.

KAMINSKY Roman, SHAKHOVSKA Nataliya, KHU DOBA Bohdan
Lviv Polytechnic National University

EXPERIMENTAL RESEARCH AND GROUPING OF OPERATING STAFF OF SEARCH SYSTEMS IN THE SENSE OF STRESS RESISTANCE

In modern information and search automated systems, the main role is played by the human-machine interface for decision-making based on the detection of objects of a given class in the information field. The human operator, as an element of such an interface, carefully reviews the provided information on the information field - the monitor screen, analyzing images of scenes, for example, pictures of territories, economic tables, abstract data, etc. Based on the received results of the analysis, the operator forms or chooses from a set of alternatives the appropriate decision, for which he mostly bears some responsibility. Such, let's call them primary solutions, can be both final and the basis for further functions of this search engine. However, among the factors that in one way or another can negatively affect the quality of work of this interface, one of the first places is stress in the form of a collection of micro stresses. The main goal of this study is to develop a methodology for the organization of experimental selection of operator personnel based on the study of their behavior under the influence of micro-stresses. A human-machine interface model has been developed, which takes into account the change in the functional state of the human operator. The presented concept of the difficulty of detecting the object of attention contributed to the development of a special sequence of ordinary test images with stressor images included in it, and presented models of the flow of presenting test images to the recipient. With the help of descriptive statistics, the parameters of individual boxplot diagrams were determined and the recipient group was clustered. Overall, the proposed approach based on the example of the conducted grouping makes it possible to ensure the objectivity and efficiency of the professional selection of applicants for operator specialties. The developed methodology is of practical importance and can be used in systems of training, certification and professional selection of operator personnel.

Keywords: operator activity, time series, stress resistance.

Вступ

У сучасних інформаційно-пошукових автоматизованих системах основну роль відіграє людино-машинний інтерфейс прийняття рішень на основі виявлення на інформаційному полі виявлення об'єктів заданого класу. Людина-оператор як елемент такого інтерфейсу уважно переглядає на інформаційному полі – екрані монітору – надану інформацію, аналізуючи зображення сцен, наприклад, знімки територій, економічні таблиці, реферативні дані тощо. На основі отриманих результатів аналізу оператор формує або вибирає з множини альтернатив відповідне рішення, за яке, переважно несе певну відповідальність. Такі, назвемо їх первинними рішеннями можуть бути як остаточними, так і бути основою для подальших функцій даної пошукової систем. Однак, серед чинників, що в той чи інший спосіб можуть негативно впливати на якість роботи цього інтерфейсу, одне з перших місць займає стрес у вигляді сукупності мікро стресів.

Зміст роботи операторського персоналу такого інтерфейсу, що уособлює собою пару людина-комп'ютер, полягає в тому, що людина-оператор протягом робочого часу переглядає послідовність зображень сцен реальної робочої ситуації, на моніторі та має виявити на них об'єкти уваги заданого класу. Виявлення цих об'єктів та визначення їх координат стосовно зображення є основною його задачею. Послідовність цих зображень є єдиним інформаційним джерелом даних для нього. На основі результату – визначених координат положення виявленого об'єкта – оператор приймає відповідне рішення. В процесі спостереження за розвитком реальної робочої ситуації оператор несе певну відповідальність за виявлення об'єкта, оскільки не виявлення або несвоєчасне його виявлення може призвести до вельми негативних наслідків.

За певної складності наданих зображень та їх великої кількості і різноманітності функціональний стан людини стає нервово напруженим, близьким до стресу і в більшості випадків цей стан і є мікростресом. Мікростреси поодиноці можуть бути невідчутні для людини, але в сукупності їх ефект може бути досить помітним.

Одним з таких джерел мікро стресу в галузі інформаційно-пошукових може бути різка зміна інформаційного потоку, зумовлена відсутністю негайно потрібної додаткової інформації або значного маскування шуканого об'єкта.

Відповідальність людини-оператора щодо опрацювання наданих зображень реальних ситуацій, досить часто організованих у послідовність і прив'язаних до моментів біжучого часу створює небажаний чинник дефіциту часу. Тому, основною вимогою до оператора є – «виявити на цих зображеннях об'єкт заданого класу за мінімальний час і з максимальною вірогідністю». Тому методи відбору та навчання операторського у своїй практичній, тобто експериментальній, частині мають забезпечити визначення здатності оператора в сенсі стресостійкості. Дійсно, створити такі умови експерименту, які б викликали у людини значний стрес є недопустимим, як з біологічної, так і юридичної (кримінальної) точок зору, хоча є описані експерименти, в яких для створення стресу використовували несильний удар електричним струмом. Очевидно, що такі експерименти проводять в спеціалізованих закладах, і вони, швидше за все, є забороненими.

Метою даного експериментального дослідження є розробка методики організації експериментів з відбору претендентів на операторські посади в інформаційно-пошукових та аналогічних системах опрацювання зображень сцен реальних робочих ситуацій.

Аналіз літературних джерел

Вплив на реакцію людини-оператора дефіциту або надлишку наданої інформації при прийнятті відповідальних рішень досліджується в [1]. Модель перебування та виходу зі стресу людини оператора розглянуто в роботі [2], а також тут пояснене настання нервово-психічного перенапруження. Теоретичні основи психодіагностики стресу та методики, що стосуються психологічної діагностичної процедури, етики та етапи психологічного та діагностичного обстеження приведені в [3]. Різні аспекти впливу на формування надійності операторської діяльності, включаючи робоче середовище, функціональний стан оператора та напруженість праці приведено в [4]. В статті [5] обговорюються особливості комп'ютерного тренінгу операторів безперервних технологічних процесів у порівнянні з іншими предметними галузями. Можливість автоматизації вимірювання властивостей уваги людини-оператора за допомогою таблиць Шульце підтверджена в [6]. В [7] розглянуто статистичні методи аналізу результатів тестування, а також представлено найпростіші та необхідні процедури статистичної обробки результатів тестування знань і методи оцінки якості тесту. Дослідженням, проведеним в [8], узагальнено структуру стрес-тесту та проаналізовано методи генерації шоккових сценаріїв. Метою статті [9] є дослідження організаційних аспектів проведення стрес-тестування, визначення місця та функцій наглядового органу в процесі проведення стрес-тестування. Методи кількісної та інтегральної оцінки стресу персоналу у процесі перевірки знань під час атестації проаналізовано в [11]. В роботі [12] запропоновано три стратегії розробки систем виявлення, які базуються на принципі збалансованості для цілеспрямованого вдосконалення та проектування систем виявлення. Як показано в [13], автоматизація процесу контролю знань, розробка комп'ютерних систем тестування є актуальними завданнями.

В праці [14] виконано аналіз нових інформаційних та комп'ютерно-тренажерних технологій розробки та використання існуючих інтерактивних навчально-тренувальних комплексів стрілецької зброї. У статті [15] розглянуто проблеми впровадження тестування з використанням засобів інформаційно-комунікаційних технологій. Проведено системний аналіз організаційних проблем розробки і застосування технологій комп'ютерного тестування у вищій школі для контролю знань студентів.

В статті [16] обґрунтовані основні теоретичні засади і практичні аспекти застосування психофізіологічного тестування для визначення рівня професійної придатності операторів поліграфа. Опис отриманих даних у вигляді діаграми розмаху – боксплот подано в [17] і показав, що для стислого опису вибірки даних достатньо лише п'ять чисел, а саме значень: медіани, першого і третього кuartилів та мінімального і максимального значень.

Використання діаграми боксплот, як приведено в [18] дає важливу інформацію за рахунок використання першого, другого і третього кuartилів, а також міжкuartильного діапазону і викидів в наборі даних. Авторами У.Т. Уиллиамсом і Дж.Н. Лансом розроблено і запропоновано теорію і приклад методу ієрархічного кластерного аналізу.

Аналіз літературних джерел стосовно стресу показав практично повну відсутність експериментальних досліджень стресових станів людини в процесі його роботи. В основному дослідження проводились вже після того, як реципієнт завершив роботу. Зіставляючи процес роботи і психофізіологічні показники дослідники роблять висновки щодо існування стресового стану людини та проводять аналіз результатів впливу на неї існуючих подразників – стресорів, вже після завершення нею роботи.

Загальна модель пошукової операторської діяльності

Однією з великої кількості різноманітних задач операторської діяльності в комп'ютеризованих робочих місцях є задача пошуку об'єктів заданого класу на зображеннях наданих на моніторі та прийняття відповідних рішень при їх виявленні. При цьому людина і комп'ютер функціонують як цілісна система в існуючому робочому середовищі. З точки зору загальної математичної теорії систем її описову модель можна подати так.

Нехай $P(t)$ – деякий технологічний процес, яким керує людина-оператор протягом часу $[0, T_0]$ де час $T_0 = \{t_i: t_1 < t_2 < \dots < t_N \quad i \in T\}$, а T – біжучий час. Суть його керування зводиться до функцій

вирішення оператором конкретних задач, наприклад, виявивши деякий об'єкта на пред'явленому зображенні сцени прийняти відповідне рішення. Прикладом таких процесів є: пошук об'єктів уваги заданого класу на зображенні контрольованої території, в послідовності зображень сцен, усунення відхилень в параметрах керованого процесу, пошук потрібних даних в базах документів, редагування текстів і т.п., представлених своїм виглядом на моніторі.

Зміна інформації про процес $P(t)$ відбувається на екрані монітору в моменти $t_j \in T_0$. Оператор шляхом концентрації уваги та візуального аналізу наданої множини зображень $X = \{x_i: x_1, x_2, \dots, x_N; i \in N\}$, використовуючи свої навички, досвід і знання намагається виявити на цих зображеннях потрібний об'єкт уваги. В результаті пошуку і виявлення такого об'єкта він далі вибирає, враховуючи можливі наслідки від прийнятого рішення, приймає відповідне рішення з множини рішень $Y = \{y_j: y_1, y_2, \dots, y_M; j \in M\}$, реалізуючи його з допомогою пульта управління. Зображення ситуацій на моніторі містять усю інформацію про стан спостережуваного за допомогою монітора і очевидно відповідних технічних засобів керованого процесу $P(t)$.

В процесі своєї діяльності оператор може перебувати в різних функціональних станах $C = C(c_i)$, а саме, в психофізіологічних станах від нормального до нервово-перенапруженого. Ці стани можуть бути зумовлені, як впливом зовнішнього середовища, так і наданою інформацією, особливо за складної ситуації, в якій може знаходитися керований процес. Іншими словами, за відсутності впливу з боку робочого середовища, функціональний стан оператора є функцією наданого зображення ситуації, що виникла в процесі $P(t)$, тобто є функцією $C = C(x_i)$.

Саме ця функція відображає в моделі людину оператора і використана для дослідження діяльності оператора в його перебуванні в стані мікро стресу.

В основі даного процесу лежить поняття системи, тобто ланка: «процес \rightarrow монітор \rightarrow оператор \rightarrow комп'ютер \rightarrow рішення», які в цілому, складають разом, систему S . В теоретико-множинних термінах на цьому рівні система S може бути просто і цілком природно, визначена як добуток

$$S \subset X \times Y.$$

В сенсі розвитку моделі цього плану множини X і Y різняться між собою положенням на осі часу, тобто вони є підпорядковані моментам часу їх реалізації. Елементи $x \in X$ є залежними від часу величинами $X = \{x: x_i \equiv x(t_i), t_i \in T, i = \overline{1, N}\}$, проте елементи множини рішень $Y = \{y: y_j \equiv y(t_j), t_j \in T, j = \overline{1, M}\}$ завжди запізнюються на час Δt_i , який відповідає сумарній тривалості пошуку, виявлення, аналізу, вибору та прийняття рішення до моменту його реалізації відповідною командою, тобто $t_j = t_i + \Delta t_i$.

Середній час цієї затримки може бути використаний в якості оцінки оперативності конкретного оператора протягом його зміни. Варта зауважити, що коли оператор тривалий час – тижні і місяці виконує подібні завдання така зміна показника оперативності може слугувати додатком до діагностики його функціонального стану на даний момент. Іншими словами, при зростанні цього часу від умовної індивідуальної «норми» можна діагностувати його здоров'я.

Оскільки людино-машинний інтерфейс є динамічною системою, то є сенс розглянути поведінку оператора в залежності від вхідної інформації. В цьому загальному плані мова йде про його реакцію на виявлений об'єкт, точніше оперативність виявлення об'єкта та прийняття рішення. Для встановлення взаємозв'язку між входом і виходом системи, які відносяться до різних моментів часу, в загальній математичній теорії систем вводяться поняття реакції системи на вхідний подразник. Іншими словами, для кожної робочої ситуації, тобто для кожного зображення на екрані для оператора, який перебуває в нормальному функціональному стані, існує два таких відображення:

- прийняття рішення

$$\bar{\rho} = \{ \rho_t : C_t \times X_t \rightarrow Y_t \ \& \ t \in T \}$$

і - переходу в інший стан

$$\bar{\varphi} = \{ \varphi_{tt'} : C_t \times X_{tt'} \rightarrow C_{t'} \ \& \ t, t' \in T \ \& \ t' > t \}.$$

Ці відображення можна пояснити так. Перебуваючи в момент часу $t \in T$ в стані C_t оператор сприймає зображення $x_t \in X$ і виявляє на ньому потрібний об'єкт, аналізує ситуацію і приймає рішення $y_t \in Y$, витрачаючи на це нормально потрібний час, не змінюючи при цьому свій функціональний стан (відсутня будь-яка нервово-психічна напруженість).

Якщо, надане зображення виявляється таким, що відразу знайти шуканий об'єкт не вдається, а на

пошук ліміт часу обмежений, оператор може перейти з нормального стану в нервово-напружений, продовжуючи пошук об'єкта. Якщо припустити, що в момент $t \in T$ оператор не виявив об'єкт і відчуває, що час експозиції закінчується він усвідомлює усю складності ситуації, і в цей момент він може отримати шок. Цей шок можна інтерпретувати як стрес або мікро стрес. Подвійний часовий індекс означає інтервал часу $t' > t$, за який оператор перейшов з нормального у нервово-психічний стан.

В загальному, модель людино-машинного інтерфейсу як такої інформаційно-пошукової системи, можна подати кортежем

$$S = \langle X, Y, C, \rho, \varphi, T \rangle.$$

Використання математичного апарату теорії множин надає можливість оптимізувати організацію досліджень, оскільки в кількісному плані подані множини, відображення яких розглядаються функціонально і всі вони розглядаються в часі. Крім того, виходячи з такої моделі можна створити достатню кількість зображень, які імітують сцени практично будь-якої реальної операторської діяльності.

Відбір зображень-тестів

Нехай дослідженню підлягає група операторів, а метою дослідження є визначення індивідуальної стресостійкості. Підготовку та проведення експерименту здійснено так.

1. Створення базової послідовності зображень тестів. На цьому етапі формують створюють зображення-тести і формують їх у послідовність. Зображення в даній послідовності імітують тло робочої сцени, на яке дослідник в ручну або за допомогою випадкових чисел визначають координати місць, в яких будуть локалізовані об'єкти. Розміщення об'єкта на одних зображеннях має бути досить легким для виявлення, а на інших складним, тобто прихованим, але так щоб його можна було знайти. Важливим моментом тут є те, що усі деталі об'єкта не були закриті, тобто об'єкт має виглядати цілим.

Після розміщення об'єктів, отримані зображення-тести, тепер вони мають такий статус, формують у послідовність сцен, переважно випадковим чином. Цю послідовність демонструють кожному з групи реципієнтів, фіксуючи час опрацювання кожного з зображень кожним реципієнтом. На цьому етапі визначають тривалість експерименту, кількість зображень-тестів в послідовності з чого визначають час експозиції зображень.

Тривалість такого експерименту можна визначити в залежності від контингенту реципієнтів, наприклад для професійних операторів це тривалість зміни або її частини (друга половина), а для молодих людей – тривалість однієї або двох академічних годин. В залежності від складності зображень сцен експозиція зображення-тесту до однієї – двох хвилин.

У проведених авторами експериментах послідовність включала 180 зображень-тестів з експозицією кожного з них 30 сек.

2. Визначення пошукової складності зображень-тестів. Сформовану в такий спосіб послідовність включають в процес профвідбору чи навчання групи реципієнтів. попередньо перед ними поставлена і пояснена задача, за можливості здійснено імітацію реального робочого місця і середовища. За командою «пуск» на екрані монітору з'являються зображення-тести, оператор виявивши заданий об'єкт натискає відповідну клавішу. В момент появи зображення-тесту включається секундомір, а в момент натискання клавіші оператор його зупиняє. В результаті комп'ютер фіксує час опрацювання даного зображення оператором і обнулює секундомір.



Рис. 1. Час пошуку об'єктів в базовій послідовності

Усі претенденти працюють з однією і тією ж послідовністю. В результаті, для кожного зображення-тесту буде отримана вибірка значень часу витрачених на них кожним оператором (реципієнтом). Середнє

значення часу, витраченого ними на опрацювання конкретного тесту, є фактично часовим показником їх пошукової складності. Оскільки ці часові показники є кількісними величинами, для них можна ввести відповідну шкалу пошукової складності для зображень-тестів лише цієї послідовності і даної групи реципієнтів. Таким чином, кожне зображення буде характеризуватися своїм показником. На рис. 1 зображено діаграму часів пошуку об'єкта уваги на деякій підмножині зображень-тестів.

3. Формування послідовності стресових подій. Якщо припустити, що оператор якийсь час опрацює зображення досить малої складності, виявлення об'єкта дається легко і він пристосувався (звик) до такого режиму подання зображень-тестів. Якщо ж раптом з'явиться зображення високої складності і відразу виявити об'єкт не вдалося він буде змушений активізувати і сконцентрувати увагу на пошуку, що в режимі дефіциту часу, наприклад обмеження експозиції в 20 секунд, спричинить (хоча, може, і ні) йому мікро стресову ситуацію. В цьому плані представляє інтерес формування такої послідовності, яка буде складатися з зображень-тестів низької складності і в неї включені кілька зображень високої складності.

Отже, після того, як визначено пошукову складність зображень базової послідовності, відбирають зображення з найменшою пошуковою складністю, наприклад, зображення-тести, час пошуку яких є найменшим – менше 2 секунд і час для яких є найбільшим – більше 18 секунд. Далі з зображень, що мають мінімальну складність, (їх можна повторювати, але не один за одним) укладають нову базову послідовність. В цю нову послідовність включають, дотримуючись принципу рідкісних подій, зображення-тести, пошукова складність яких перевищує 18 секунд. Очевидно, що усі зображення цієї послідовності мають бути розташовані випадковим чином. Вигляд фрагмента такої послідовності зображено на рис. 2. Значення тривалостей такого мікро стресу можна подати відповідною математичною моделлю загального стресу.

Варіанти подання тестових зображень

В загальному, організацію експериментального досліджень можна подати так.

Нехай людині-оператору на екрані монітору експонується послідовність зображень-тестів з об'єктами уваги заданого класу і, які оператор має виявити та реалізувати відповідне рішення. Моменти часу їхньої експозиції та прийнятих оператором рішень фіксуються, а їхні значення включаються в протокол дослідження.

Основним моментом тут є спосіб експозиції зображень-тестів. Отже, для організації експериментальних досліджень спосіб надання зображень-тестів операторові на моніторі можна вказати такі три варіанти. Кожен з них включає по два потоки прямокутних імпульсів, синхронізованих в часі по фронту імпульсів.

У першому варіанті на рис. 3 верхня послідовність відповідає регулярному потоку зображень-тестів, що позначено світлими прямокутними імпульсами однакової тривалості і амплітуди. Тут експозиція тестів здійснюється через однакові інтервали часу, тобто зображення ситуацій подаються регулярно послідовністю.

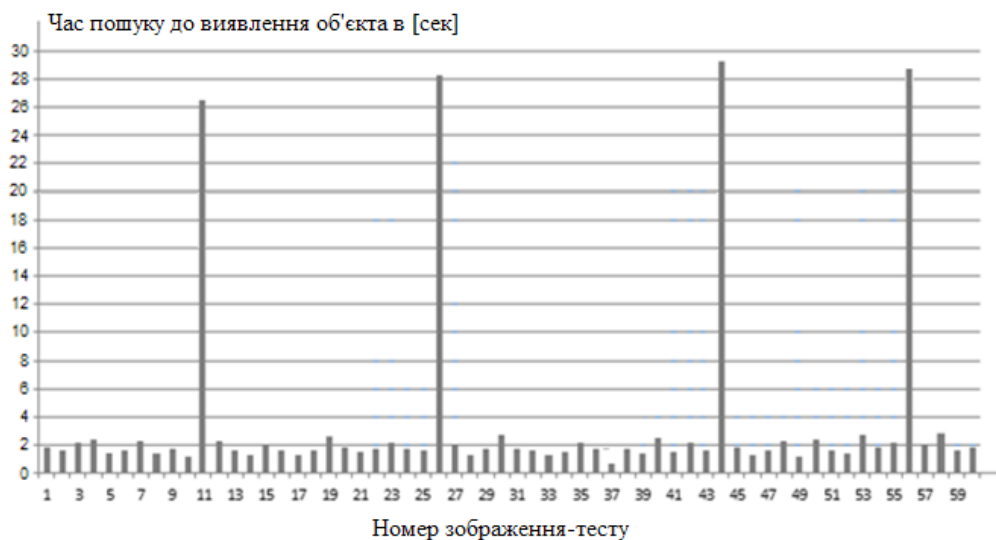


Рис. 2. Вигляд експериментальної послідовності

Нижня послідовність темних імпульсів відповідає тривалості пошуку об'єкта уваги, його виявлення як саме шуканого об'єкта та прийняття рішення. Іншими словами, ця послідовність відображає результати діяльності людини-оператора, тобто кожному зрізу імпульсу цього потоку відповідає реакція-результат як момент прийняття рішення оператором. Якщо оператор не знайшов на зображенні шуканий об'єкт, то в нижній послідовності темний імпульс буде відсутній. В такому графічному поданні верхні і нижні імпульси синхронізовані по фронту, тобто в момент появи зображення-тесту включається секундомір, який автоматично виключається в момент прийняття рішення оператором.

У другому варіанті, зображеному на рис. 4 експозиція зображень-тестів є нерегулярною і має різну тривалість, проте фронти імпульсів верхньої і нижньої послідовностей також синхронізовані. В загальному

випадку при використанні нерегулярного потоку тривалість паузи між верхніми імпульсами може бути різною. Крім того можливий варіант, коли тривалість імпульсів верхньої і нижньої послідовностей є однакові, а тривалості пауз можуть бути різними. Це означає те, що після прийняття оператором рішення зображення-тест зникає, і в наступний момент часу появляється наступне.

У третьому варіанті, зображеному на рис. 5, експозиція зображення триває до моменту прийняття рішення, після чого на екран подається наступне зображення. Останній варіант сильно скорочує тривалість дослідження за обмеженої бази зображень, оскільки тривалість експозиції рівна тривалості пошуку. В певному сенсі, цей варіант має позитивне значення, особливо для лабораторного дослідження, оскільки за один і той самий термін експерименту дозволяє опрацювати більше зображень-тестів.

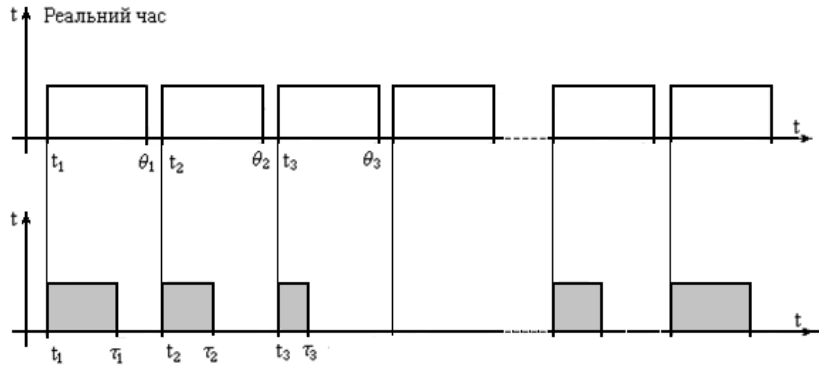


Рис. 3. Регулярний потік зображень тестів. Тут t_1, t_2, \dots – момент початку, а $\theta_1, \theta_2, \dots$ – моменти припинення експозиції; τ_1, τ_2, \dots – моменти прийняття рішення оператором

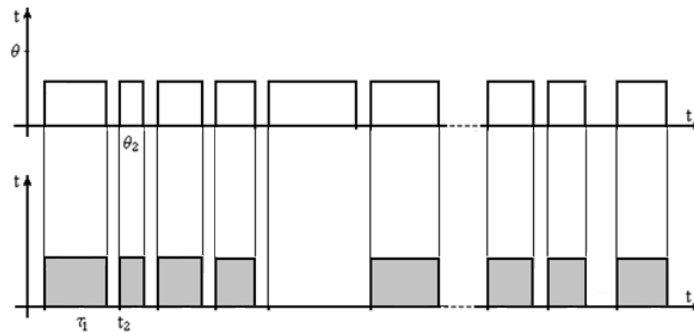


Рис. 4. Нерегулярний потік зображень тестів

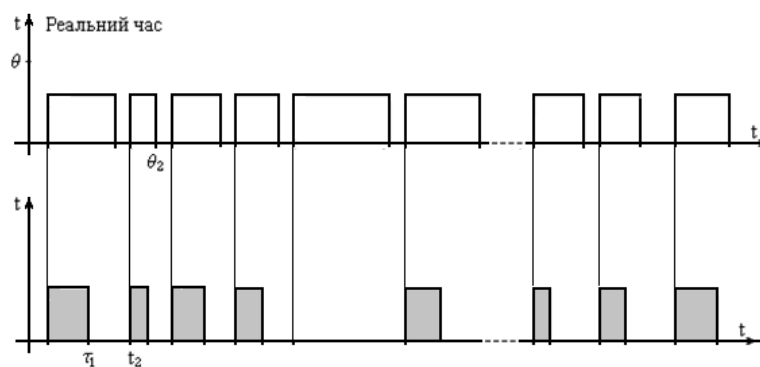


Рис. 5. Нерегулярний потік зображень-тестів, керованих прийняттям рішень

Розглянуті варіанти надання зображень-тестів і фіксації рішень з психологічної точки зору не є еквівалентними. Справа в тому, що за регулярної експозиції, коли оператор дуже швидко виявив об'єкт і прийняв рішення, в нього залишається деякий час до завершення експозиції цього зображення. Це спричинює певне розслаблення і в момент появи нового зображення оператор різко мобілізує увагу і переходить в напружений стан. Така нерегулярна зміна концентрації уваги і розслаблення є негативним елементом в операторській діяльності. З іншої сторони, коли після прийняття рішення зразу подається наступне зображення, для оператора створюється постійне нервове напруження через необхідність весь час підтримувати концентрацію уваги, що також є негативним. Отже, вибір того чи іншого режиму надання зображень-тестів на екран монітору має не тривіальне значення, особливо для тривалих експериментів.

Відображення експериментального дослідження за допомогою імпульсних потоків забезпечує

математичну постановку експериментів та подання результатів математичними моделями часових рядів, зокрема експозиції зображень-тестів та виявлення об'єкта і прийняття рішення.

Експериментальне дослідження.

В експериментальних дослідженнях брали участь дев'ять реципієнтів – операторів з числа студентів. Експеримент проведено в два етапи: на першому етапі було визначено пошукову складність наданого набору зображень-тестів, а на другому – було побудовано нову послідовність. Початковий обсяг послідовності становив 180 зображень-тестів, які експонувались на екрані монітору з максимальною тривалістю 30 секунд за таким правилом. Якщо оператор виявив на зображенні-тесті заданий об'єкт менш як за 30 секунд дане зображення-тест відразу замінювалося наступним. У випадку, коли об'єкт протягом 30 секунд не був виявлений на даному зображенні-тесті, тоді його змінювало наступне з цієї послідовності.

В сенсі стресостійкості зроблено припущення – якщо час виявлення перевищує $2/3$ від часу експозиції або якщо протягом часу експозиції зображення-тесту оператор не виявив об'єкт, то можна припустити, що він перебував в стані мікро стресу. Хоча така категоричність може бути хибною, проте, в даному випадку, автори вважають її допустимою.

В якості оцінки пошукової діяльності оператора використано значення часу з моменту появи зображення-тесту до моменту прийняття рішення. Крім того, для розуміння стресового стану, час експозиції зображень-тестів є поділений на дві частини: перша 1 – 20 секунд і друга – 20 – 30 секунд. Реєстрація часу пошуку здійснювалась в мілісекундах. Процедура надання зображень відповідала третьому варіанту моделі імпульсного потоку, тобто, як тільки оператор прийняв рішення про виявлений об'єкт, зразу було експоноване наступне з даної послідовності. Обсяг наданої послідовності становив 180 зображень-тестів.

Індивідуальні результати експериментального дослідження наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри	Оператори								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>a</i>	10	16	11	18	10	15	11	8	15
<i>b</i>	17	10	14	13	11	9	7	13	77
<i>x</i>	24.8	24.1	23.2	23.9	24.2	24.5	24.0	24.4	24.8
<i>min</i>	20.9	20.3	20.2	20.5	20.2	20.2	20.6	20.9	20.1
<i>q1</i>	23.2	21.6	20.6	22.4	23.2	21.9	21.6	21.8	23.8
<i>mode</i>	24.5	24.3	22.6	23.0	24.2	25.2	24.7	23.5	25.0
<i>q3</i>	26.2	26.1	24.7	25.6	25.9	26.4	26.0	27.8	26.5
<i>max</i>	29.1	29.3	29.6	29.8	27.7	29.4	26.9	28.4	28.3

В якості параметрів тут використано такі: *a* – кількість виявлених об'єктів в межах стресового часу; *b* – кількість пропущених об'єктів; *x* – середнє значення стресового часу. Показники: *min*, *q1*, *mode*, *q2*, *max* є параметрами діаграми *boxplot* стресового інтервалу часу, а саме екстремуми, квартилі, мода.

За допомогою параметрів описової статистики результатів експериментів для кожного з реципієнтів на рис. 6 зображено побудовані боксплот-діаграми для досліджуваної групи реципієнтів, в результаті чого визначено загальну структуру розподілу індивідуальних даних.

Як показують отримані діаграми, за винятком реципієнта 3-го і майже 9-го, в межах міжквартильного розмаху є симетричними, причому реципієнти 1, 4, 5 і 8, а реципієнти 2, 6 і 7 мають лівосторонню і правосторонню асиметрії відповідно. Це означає те, що більша частина прямокутника має більшу дисперсію, тобто можна припустити, що інтуїтивно відчуваючи завершення експозиції зображення-тесту зростає хвилювання і певне, переважно суттєве, нервово напруження. Автори припускають стосовно асиметрії розподілів таке. Для лівостороннього розподілу верхня частина прямокутника є більшою і їй відповідають значення більші за значення моди, їх розкид між модою і третім квартилем є більший, а тому можна припустити що для цих реципієнтів характерна запізнілість реакції. Для правосторонньої асиметрії навпаки, нижня частина прямокутника відповідає значенням часу пошуку, що є меншими за значення моди, для них характерною є поквалпівість реакції.

Отримані боксплот діаграми є індивідуальними статистичними відображеннями характеристик операторів в межах інтервалу стресового часу. Ці індивідуальні характеристики згідно з приведеною таблицею з одного боку показують якість пошукової діяльності операторів, а саме кількість пропущених та виявлених в стресовій часовій зоні заданих об'єктів.

При побудові боксплот діаграми розрахунок викидів не проводився оскільки інтервал значень тут обмежений умовою від 20 до 30 секунд. З рис. 6 можна вказати на таке, якщо розмістити індивідуальні боксплоти відносно моди в зростаючому порядку, отримуємо їх рейтинг.

При лабораторному дослідженні сформованої групи операторів виникає задача поділу їх на підгрупи за близькими індивідуальними показниками. Враховуючи невелику кількість класифікаційних ознак та кількість реципієнтів для визначення підгруп застосовано ієрархічний агломеративний кластерний аналіз. За ознаки були взяті такі індивідуальні значення реципієнтів: кількість виявлених об'єктів в межах стресового часу; кількість пропущених об'єктів; середнє значення стресового часу, а також найменше та найбільше значення часу в стресовому часовому інтервалі, значення першого і третього квартилів та

значення моди. Отже, за значення класифікаційних ознак взято параметри діаграми boxplot стресового інтервалу часу.

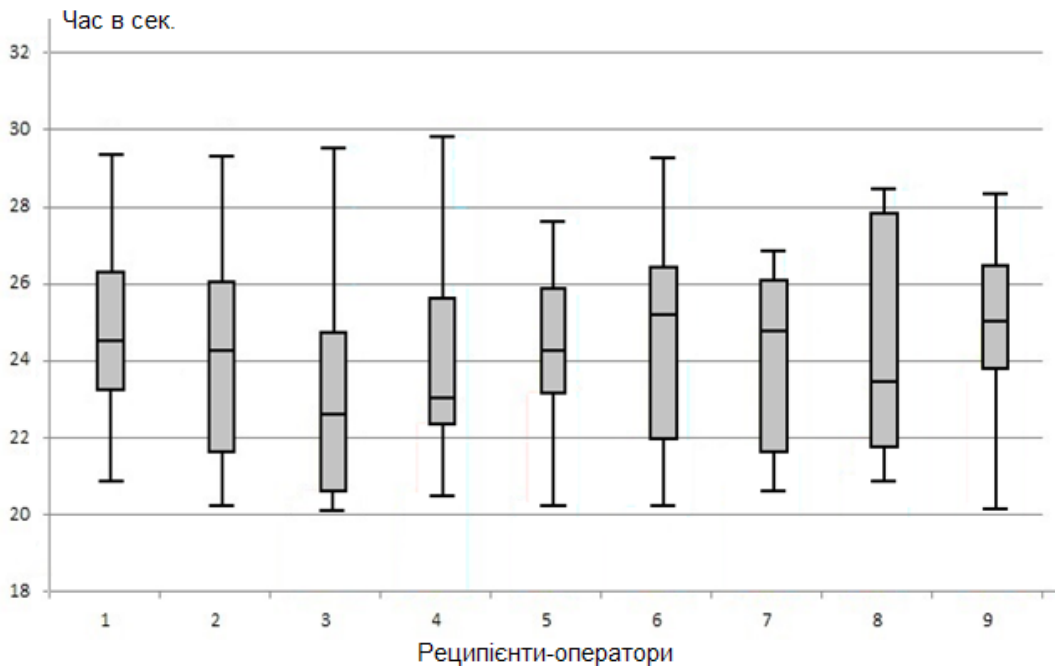


Рис. 6. Зображення індивідуальних діаграм boxplot

Для процедури кластеризації значення класифікаційних ознак були приведені до інтервалу $[0, 1]$ та вибрана гнучка стратегія, а для побудови матриці близькості використано метрику Евкліда.

Результат кластерного аналізу, у вигляді параметрів дендрограми приведені в таблиці на рис. 7 зліва, у якій подані результати об'єднань об'єктів та відстані, за якими проведено об'єднання, а сама дендрограма кластерного аналізу приведена на цьому рисунку справа.

Візуальний аналіз дендрограми дає такий результат.

1. На рівні 1.5 візуально можна виділити три кластери, які включають таких реципієнтів:

- кластер 1; в нього входять реципієнти 2, 6, 4, 3;

- кластер 2; включає реципієнтів 5, 7, 1, 8;

- кластер 3; утворений лише одним реципієнтом 9.

Причому, перший і другий кластери за однорідністю реципієнтів подібні між собою, про що свідчить відстань об'єднань між об'єктами в них, яка лежить в межах 0,6 – 1,4.

Параметри дендрограми		
Об'єднання об'єктів	Номер об'єднання	Відстань між об'єктами
2 + 6	10	0,494
5 + 7	11	0,746
1 + 8	12	0,883
10 + 4	13	1,000
12 + 11	14	1,158
13 + 3	15	1,384
14 + 9	16	1,822
5 + 16	17	1,974

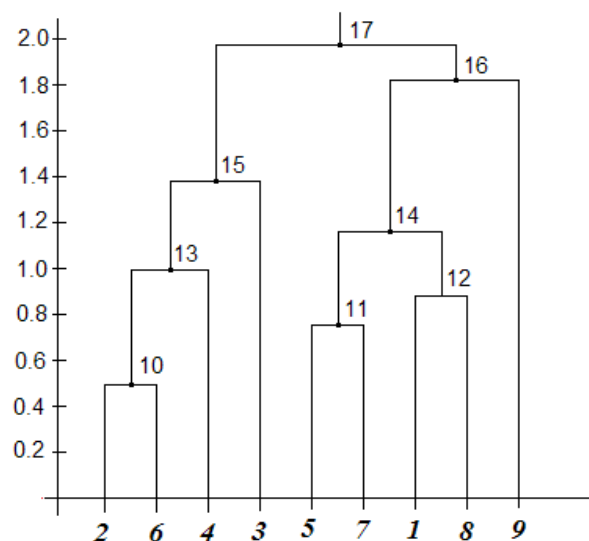


Рис. 7. Результати кластерного аналізу групи реципієнтів-операторів

2. Реципієнти досить сильно різняться за своїми індивідуальними характеристиками.

Наприклад, найменша відстань між операторами 2 і 6, яка рівна 0,5 за шкалою дендрограми і становить 25% відсотків від загальної шкали. Пари 5 і 7 та 1 і 8 ще більше різняться між собою та від пари 2 і 6. Реципієнти 4 і 3 дуже сильно відрізняються від пари 2 і 6, хоча усі вони входять в один кластер.

3. Кластер 3 знаходиться окремо і максимально далеко від перших двох, що досить зрозумілим є з аналізу показників його роботи.

4. Відстань між цими кластерами практично однакова і знаходиться в межах 1,822 – 1,974, тобто можна стверджувати, що підгрупи суттєво різняться між собою.

5. Якщо поділ на кластери провести на рівні 0,9 – 0,95 можна виділити три кластери по два оператори і три кластери по одному оператору, хоча і в цих парах оператори різняться між собою досить помітно.

Таким чином поділ групи операторів на професійно однорідні групи за допомогою комп'ютерного тренажера, розробка зображень-тестів, сценаріїв забезпечує достатньо об'єктивну оцінку результатів професійного відбору, проведення відповідних навчань. Крім того, в такий самий спосіб може бути проведена атестація персоналу з використанням контрольних матеріалів.

Висновки

Проведення експериментальних досліджень, особливо з метою вивчення властивостей людини є вельми складною процедурою, яка вимагає суттєвої підготовки та організації, включаючи розробку завдань і постановку задач. Це, в свою чергу, потребує глибоких знань про дану реальну операторську діяльність, зведення до мінімуму різниці між реальною операторською діяльністю і відтворенням її на тренажері. Крім того, важливим моментом є повнота отриманої інформації (даних) та їх докладна інтерпретація.

Приведена математична модель операторської діяльності в інформаційно пошукових системах формально описує роботу оператора, зокрема функцією переходу в інший функціональний стан, оскільки оператор знаходиться з тим самим зображенням, яке призвело до його стресу.

Проведене експериментальне дослідження з дев'ятьма реципієнтами-операторами, за сценарієм у формі послідовності зображень-тестів, наданих на екрані монітору забезпечила отримання результату у вигляді реакцій на мікро стреси. За допомогою математичної обробки методами: описової статистики, визначення квантилів, побудови діаграм боксплот та ієрархічного агломеративного кластерного аналізу, отримано об'єктивне групування даної групи реципієнтів. В даному дослідженні кожен оператор представлений індивідуальною діаграмою боксплот, а група операторів за індивідуальними показниками тестування поділена на підгрупи. Це дало можливість здійснити об'єктивний професійний відбір для формування операторського персоналу.

Отже, в результаті проведеного дослідження розроблена і експериментально перевірена методика організації та проведення експериментів з вивчення впливу потоку мікро стресорів на практичну операторську діяльність, отримати кількісні та якісні оцінки цього явища та теоретичного підкріплення отриманих результатів розробленими математичними моделями.

Література

1. Пріснякова Л. До моделювання поведінки людини / Людмила Пріснякова, Володимир Прісняков // Психологія і суспільство. – 2004. – № 3. – С. 91–98.

2. Мочурад Л.І. Моделювання стресової ситуації людини в автоматизованих системах управління технологічними процесами / Л.І. Мочурад, Н.І. Бойко, М.В. Яцків // Науковий вісник НЛТУ України. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 152–157.

3. Mathematical modeling of learning. Peter F. W. PREECE The School of Education, University of Exeter, St. Luke 3, Exeter, EX 1 2L U, England. JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING VOL. 21, NO. 9, PP. 953-955 (1984).

4. Learning Rate Sensitivity Model Nichols F. Brown System of Systems Engineering Office Systems Engineering Division Timothy P. Anderson Integrated Cost and Schedule Analysis Department Systems Engineering Division. Presented at the 2018 ICEAA Professional Development & Training Workshop. www.iceaaonline.com

5. Josiah Dykstra, Celeste Lyn Pau. Cyber Operations Stress Survey (COSS): Studying fatigue, frustration, and cognitive workload in cybersecurity operations. CSET'18: Proceedings of the 11th USENIX Conference on Cyber Security Experimentation and TestAugust 2018 Pages 1. <https://www.usenix.org/conference/cset18/presentation/dykstra>

6. Yurii Kryvenchuk, Ihor Helzynskyy, Tetiana Helzhynska, Nataliya Boyko, Roman Danel. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2488/paper26.pdf>.

7. Workplace Stress: A collective challenge – Report, 04 April 2016, 978-92-2-130642-9[ISBN]. URL: https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_466547/lang--en/index.htm

8. Ліндер Є. Стрес-тестування як інструмент аналізу фінансової стійкості банківських установ / Аналітичне забезпечення діяльності бізнесу / Є. Ліндер // Міжнар. наук. журнал. – 2016. – Вип. 4. – С. 73–79.

9. Данілова Л. І. Стрес-тестування в системі ризик-менеджменту банку / Л. І. Данілова, В. В. Савочка // Економічний аналіз. – 2014. – Т. 15, № 1. – С. 244–252. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecan_2014_15\(1\)_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecan_2014_15(1)_27).

10. Кошельок Г.В. Методика проведення стрес-тестування ризиків грошових потоків підприємства / Г.В. Кошельок // Приазовський економічний вісник. – 2017. – Випуск 5(05).

11. Мінцер О. П. Інформаційні технології оцінювання впливу стресу на результати тестового контролю знань лікарів. аналітичний огляд. Перше повідомлення / О. П. Мінцер, С. П. Кошова // Медична інформатика та інженерія. – 2017. – № 4. – С. 36–43.
12. Nancy J.M. Allen and Ronald T. Essel. The Roles of Human Operator and Machine in Decision Aid Strategies for Target Detection. URL: https://www.researchgate.net/publication/235023362_The_Roles_of_Human_Operator_and_Machine_in_Decision_Aid_Strategies_for_Target_Detection
13. Фетісов В.С. Комп'ютерні технології в тестуванні / Фетісов В.С. – Ніжин : Видавець ПП Лисенко М.М., 2011. – 140 с.
14. Жуйков Д.Б., Аналіз нових інформаційних та комп'ютерно-тренажерних технологій розробки та використання існуючих інтерактивних навчально-тренувальних комплексів / Д.Б. Жуйков, В.І. Семенюк, О.В. Висоцький, О.Г. Двухіменний, Д.С. Житник, Д.А. Степченко // THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE: KEY ASPECTS: SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF». – № 58. – С. 338–357.
15. Chuanqi Tao, Dongyu Cao, Hongjing Guo, Jerry Gao. A Case Study of Testing an Image Recognition Application. DOI: 10.18293/SEKE2021-194. URL https://www.researchgate.net/publication/353609357_A_Case_Study_of_Testing_an_Image_Recognition_Application/link/6105b858169a1a0103cc8eae/download
16. Бутусевич А. Підбираємо персонал: методи і типові помилки // Режим доступу: <https://kadrhelp.com.ua/pidbyrayemo-personal-metody-i-typovi-pomylky>
17. Підпала Т.В. Сертифікація персоналу : курс лекцій / Т. В. Підпала, І. В. Назаренко. – Миколаїв : МНАУ, 2016.–57 с.
18. Статистические методы для ЭВМ. – М. : Наука, 1986. – 464 с.

References

1. Prisniakova L. Do modelivannia povedinky liudyny / Liudmyla Prisniakova, Volodymyr Prisniakov // Psykholohiia i suspilstvo. – 2004. – № 3. – С. 91–98.
2. Mochurad L.I. Modelivannia stresovoi situatsii liudyny v avtomatyzovanykh systemakh upravlinnia tekhnolohichnymy protsesamy / L.I. Mochurad, N.I. Boiko, M.V. Yatskiv // Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 152–157.
3. Mathematical modeling of learning. Peter F. W. PREECE The School of Education, University of Exeter, St. Luke 3, Exeter, EX 1 2L U, England. JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING VOL. 21, NO. 9, PP. 953-955 (1984).
4. Learning Rate Sensitivity Model Nichols F. Brown System of Systems Engineering Office Systems Engineering Division Timothy P. Anderson Integrated Cost and Schedule Analysis Department Systems Engineering Division. Presented at the 2018 ICEAA Professional Development & Training Workshop. www.iceaaonline.com
5. Josiah Dykstra, Celeste Lyn Pau. Cyber Operations Stress Survey (COSS): Studying fatigue, frustration, and cognitive workload in cybersecurity operations. CSET18: Proceedings of the 11th USENIX Conference on Cyber Security Experimentation and Test August 2018 Pages 1. <https://www.usenix.org/conference/cset18/presentation/dykstra>
6. Yurii Kryvenchuk, Ihor Helzynskyy, Tetiana Helzhynska, Nataliya Boyko, Roman Danel. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2488/paper26.pdf>.
7. Workplace Stress: A collective challenge – Report, 04 April 2016, 978-92-2-130642-9[ISBN]. URL: https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_466547/lang--en/index.htm
8. Linder Ye. Stres-testuvannia yak instrumentu analizu finansovoi stikosti bankivskykh ustanov / Analitichne zabezpechennia diialnosti biznesu / Ye. Linder // Mizhnar. nauk. zhurnal. – 2016. – Vyp. 4. – С. 73–79.
9. Danilova L. I. Stres-testuvannia v systemi ryzyk-menedzhmentu banku / L. I. Danilova, V. V. Savochka // Ekonomichniy analiz. – 2014. – Т. 15, № 1. – С. 244–252. – Rezhym dostupu : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecan_2014_15\(1\)_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecan_2014_15(1)_27).
10. Koshelok H.V. Metodyka provedennia stres-testuvannia ryzkyv hroshovykh potokiv pidpriemstva / H.V. Koshelok // Pryazovskiy ekonomichnyi visnyk. – 2017. – Vypusk 5(05).
11. Mintser O. P. Informatsiini tekhnolohii otsiniuvannia vplyvu stresu na rezultaty testovoho kontroliu znan likariv. analitichnyi ohliad. Pershe povidomlennia / O. P. Mintser, S. P. Koshova // Medychna informatyka ta inzheneriia. – 2017. – № 4. – С. 36–43.
12. Nancy J.M. Allen and Ronald T. Essel. The Roles of Human Operator and Machine in Decision Aid Strategies for Target Detection. URL: https://www.researchgate.net/publication/235023362_The_Roles_of_Human_Operator_and_Machine_in_Decision_Aid_Strategies_for_Target_Detection
13. Fetisov V.S. Kompiuterni tekhnolohii v testuvanni / Fetisov V.S. – Nizhyn : Vydavets PP Lysenko M.M., 2011. – 140 s.
14. Zhuikov D.B., Analiz novykh informatsiinykh ta kompiuterno-trenazhernykh tekhnolohii rozrobky ta vykorystannia snuiuchykh interaktyvnykh navchalno-trenuvannykh kompleksiv / D.B. Zhuikov, V.I. Semeniuk, O.V. Vysotskyi, O.H. Dvukhimennyi, D.S. Zhytnyk, D.A. Stepchenko // THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE: KEY ASPECTS: SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF». – № 58. – С. 338–357.
15. Chuanqi Tao, Dongyu Cao, Hongjing Guo, Jerry Gao. A Case Study of Testing an Image Recognition Application. DOI: 10.18293/SEKE2021-194. URL https://www.researchgate.net/publication/353609357_A_Case_Study_of_Testing_an_Image_Recognition_Application/link/6105b858169a1a0103cc8eae/download
16. Butusevych A. Pidbyraiemo personal: metody i typovi pomylky // Rezhym dostupu: <https://kadrhelp.com.ua/pidbyrayemo-personal-metody-i-typovi-pomylky>
17. Pidpala T.V. Sertyfikatsiia personalu : kurs lektsii / T. V. Pidpala, I. V. Nazarenko. – Mykolaiv : MNAU, 2016.–57 s.
18. Statisticheskie metody dlia EVM. – М. : Nauka, 1986. – 464 s.