

ІВАНЕЦЬ Ольга

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0000-0002-0897-4219>

e-mail: olchik2104@ukr.net;

ХРАЩЕВСЬКИЙ Рімвідас

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0000-0003-4210-8135>

e-mail: rimvidas.krashchevskiy@npp.nau.edu.ua;

СВЄЖЕНЕЦЬ Вадим

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0009-0003-8707-997X>

e-mail: jokerator95@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ChatGPT ДЛЯ ЗАВДАНЬ ОБРОБКИ БІОМЕДИЧНИХ ДАНИХ

Для розробки методів своєчасної діагностики та прогнозування виникнення стресу в рамках проактивного підходу поряд з існуючими методами необхідно використовувати альтернативні методи, які доповнюють традиційний аналіз оцінювання адаптаційних можливостей оператора технологіями, що дозволяють кількісно визначити рівень стресу. У роботі розроблена автоматизована система для розрахунку рівня стресу операторів, для аналізу їх адаптаційних можливостей при виконанні професійних обов'язків. Особливістю даної автоматизованої системи є використання можливостей ChatGPT для аналізу існуючих підходів в оцінювання психологічної складової рівня стресу. Використання запропонованої автоматизованої системи дозволяє розрахувати поточний рівень стресу та врахувати виснаження регуляторних механізмів організму операторів, що надає змогу ефективно планувати технологічні процеси в яких він бере участь задля недопущення виснаження та зриву адаптаційних можливостей.

Ключові слова: автоматизована система, діагностика, прогноз, ChatGPT, адаптаційний потенціал, безпека людини, варіабельність серцевого ритму.

IVANETS Olga, KHRASHCHEVSKYI Rimvidas, SVIEZHENETS Vadym

State University "Kyiv Aviation Institute"

APPROACH TO CRITERION-BASED ASSESSMENT OF THE DEVIATION DEGREE OF THE OBJECTS FROM THE NORMAL STATE

To develop effective methods for the timely diagnosis and forecasting of stress within a proactive management framework, it is essential to apply not only traditional but also alternative approaches. These alternative methods serve to enhance the classical assessment of an operator's adaptive capabilities by incorporating technologies that enable the quantitative evaluation of stress levels. In the present work, an automated system has been developed specifically for monitoring the stress level of operators involved in high-responsibility processes. A key innovation of this system is the integration of ChatGPT functionality to analyze and synthesize existing methodologies for evaluating the psychological dimensions of stress. The inclusion of AI-driven analysis enables more precise recognition of subtle psychological indicators, contributing to a more holistic understanding of stress dynamics. The proposed automated system calculates the operator's current stress level while also considering the depletion of the body's regulatory mechanisms. This approach enables proactive planning of technological workflows to mitigate operator fatigue and prevent the breakdown of adaptive responses during task performance. Such breakdowns can potentially trigger adverse events, especially in high-stakes domains like aviation. By combining physical and psychological assessment techniques, the system supports the development of a unique, data-driven model for stress evaluation. This model significantly improves the reliability of estimating the adaptive reserves of the human body, thereby contributing to the overall safety and efficiency of human-centered technological systems.

Key words: mathematical model, diagnosis, prediction, ChatGPT, adaptive potential of human safety, heart rate variability.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Активне використання штучного інтелекту для вирішення багатопланових завдань машинного навчання, обробки «природних» мов, робототехніки, експертних систем та інших сфер різних галузей науки та техніки дозволяє зменшити витрат часу на пошук та обробку даних. В той саме час коректна постановка завдання та визначення напрямку його вирішення є важливою складовою досягнення мети, при використанні штучного інтелекту, зокрема. Тому симбіоз використання можливостей штучного інтелекту для структурування великих обсягів даних та вибору оптимальних рішень одночасно з можливостями постановки завдання людським інтелектом, що має професійні навички в певній галузі є більш ефективним підходом з точки зору оптимального використання ресурсів (трудових, інтелектуальних, інформаційних, тощо). При використанні штучного інтелекту, зокрема ChatGPT, важливим етапом є постановка адекватних завдань, їх корекція та уточнюючі дії для вирішення поставленого завдання. В запропонованій роботі штучний інтелект

був використаний для обробки великого масиву даних для аналізу існуючих підходів для оцінювання рівня стресу на основі психологічних методів. На сьогодні, з точки зору використання психологічних практик для оцінювання рівня стресу існує багато підходів: шкала сприйнятого стресу (Perceived Stress Scale (PSS)), шкала стресу Холмса та Рахе, тест на визначення рівня стресу за В.Ю.Щербатих, модель подолання стресу «BASIC Ph» (Lahad & Leykin, 2013) та багато інших. Їхньою особливістю є необхідність витрати певної кількості часу для проходження тестів. Також на сьогодні існує великий перелік психологічних тестів для визначення рівня стресу різного типу. Тому використання такого підходу при скринінговому дослідженні є громіздким та неефективним з точки зору час-менеджменту. Водночас використання декількох тестів одночасно зменшує адекватні відповіді та знижує партисипативність при їх використанні. Для визначення найбільш досконалих та сучасних підходів при аналізі рівня стресу були використані можливості систематизації та обробки даних ChatGPT для звуження переліку питань для завдань скринінгового дослідження. Отримані дані стали однією зі складових для розроблення автоматизованої системи розрахунку рівня стресу. Окрім психологічної складової в якості вхідних даних використані фізіологічні параметри, такі як частота серцевих скорочень, діастолічний та систолічний тиск.

Останнім часом використанню ChatGPT для завдань біомедичних рішень присвячено багато публікацій, що пов'язано з його можливостями обробляти великі масиви інформації, медичної зокрема. Так автори [1] оцінюють здатність ChatGPT в клінічній практиці для використання в наукових дослідженнях пов'язаних з інфекційними захворюваннями для аналізу ризиків при вакцинації. Публікація [2] синтезує широкий спектр потенційних застосунків ChatGPT в області медицини для аналізу ролі чат-ботів на основі штучного інтелекту в галузі охорони здоров'я для завдань дослідження рідких та генетичних порушень. Із застосуванням комплексного підходу в публікації [3] були проаналізовані та поділені на вісім основних сегментів 82 статті, що пов'язані з використанням ChatGPT в медичній практиці: G1: лікування та медицина, G2: обладнання, G3: частини людського тіла та області захворювань, G4: пацієнти, G5: громадяни, G6: клітинна візуалізація, радіологія, тиск та медичне зображення, G7: лікарі та медсестри та G8: інструменти, прилади та адміністрування. Головною ідеєю публікацій пов'язаних з використанням ChatGPT для завдань біомедичних рішень є баланс ролі штучного інтелекту з судженнями особи що приймає рішення. Цифрові рішення, що використовуються для вирішення завдань психічного здоров'я досліджуються авторами в [4].

Робота [5] аналізує використання ChatGPT для автоматизації етапів діагностування та лікування, управління медичними даними, підвищення якості медичних послуг з урахуванням ризиків недостатньої прозорості алгоритмів, обмеження розуміння контексту та низки етичних питань та відповідальності при прийнятті біомедичних рішень. Дослідження [6] присвячене ефективності ChatGPT при прийнятті рішень щодо допоміжної терапії гліоми мозку, визначило неможливість заміни штучним інтелектом експертної думки медичних фахівців. Тому, синергія використання можливостей ChatGPT як корисного допоміжного інструменту разом з людським розумінням контексту при постановці завдання є більш ефективним підходом для отримання адекватних рішень в біомедицині.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Прийняття рішення щодо рівня стресу оператора пов'язано з необхідністю врахування фізіологічної та психологічної складової для зменшення інформативної невизначеності при наявності обмеженої кількості даних. Такий підхід дозволяє представити рішення у явному вигляді у кількісних показниках та отримати інформацію щодо поточного стану організму та прогнозувати вихід з цього стану в майбутньому.

При поєднанні аналізу складної динаміки фізіологічних параметрів серцево-судинної системи з паралельним аналізом психологічної складової надає змогу підвищити достовірність прийняття рішення щодо рівня стресу оператора. Використання формули розрахунку як складової автоматизованої системи надає змогу автоматизувати процес розрахунку рівня стресу, що розширює області використання даної системи.

Метою дослідження є розробка автоматизованої системи для оцінювання рівня стресу на основі фізіологічних та психологічних вхідних даних, яку можна використати при скринінговому дослідженні для кількісного розрахунку рівня стресу. Використання можливостей ChatGPT, при побудові даної системи, надало змогу провести аналіз існуючих психологічних підходів для виявлення стресу та окреслити певну кількість питань з існуючих психологічних тестів для зменшення кількості навантаження на суб'єкт дослідження при використанні системи. При цьому водночас, дана система аналізує фізіологічні показники суб'єкту дослідження та має змогу розрахувати рівень стресу спираючись на обидві складові.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Останнім часом аналізу рівня стресу приділяється багато уваги в медицині та психології, особливо коли суб'єктом дослідження виступають оператори, що працюють в умовах постійного впливу факторів дестабілізації. Необхідність забезпечення контролю рівня стресу таких операторів потребує розробки автоматизованих систем скринінгових досліджень, з оптимізацією процесу збору та прийняття рішення щодо їх поточного стану. Причому розв'язання зазначеного актуального завдання потребує об'єктивної оцінки на основі сукупності фізіологічних і психологічних параметрів. Рівень стресу є важливою складовою при аналізі

функціональних резервів організму для розрахунку адаптаційного потенціалу операторів, що працюють в умовах впливу факторів дестабілізації. Розробка адекватних механізмів для кількісної оцінки рівня стресу надає можливість враховувати його складову при вирішенні завдання розподілу резервів організму для завдань професійної діяльності в умовах підвищеного впливу умов дестабілізації. Саме недостатність кількості функціональних резервів організму при позаштатній ситуації, наприклад в авіації, є тригером настання негативної події, тому що основна кількість негативних подій в авіації стається при позаштатних (неочікуваних) умовах експлуатації. Для розробки автоматизованої системи розрахунку рівня стресу, в якості фізіологічних параметрів використані параметри серцево-судинної системи, що є своєрідним індикатором для аналізу дисбалансу всього організму. Психологічна складова оцінюється за допомогою опитувальника, складеного ChatGPT з використанням існуючих психологічних тестів. Перед ChatGPT було поставлено завдання обрати питання для аналізу рівня стресу на основі існуючих психологічних тестів та розробити опитувальник, який можна використати при скринінговому дослідженні при аналізі рівня стресу. Приклад постановки одного із проміжних завдань, що були поставлені перед ChatGPT, поданий на рис.1.

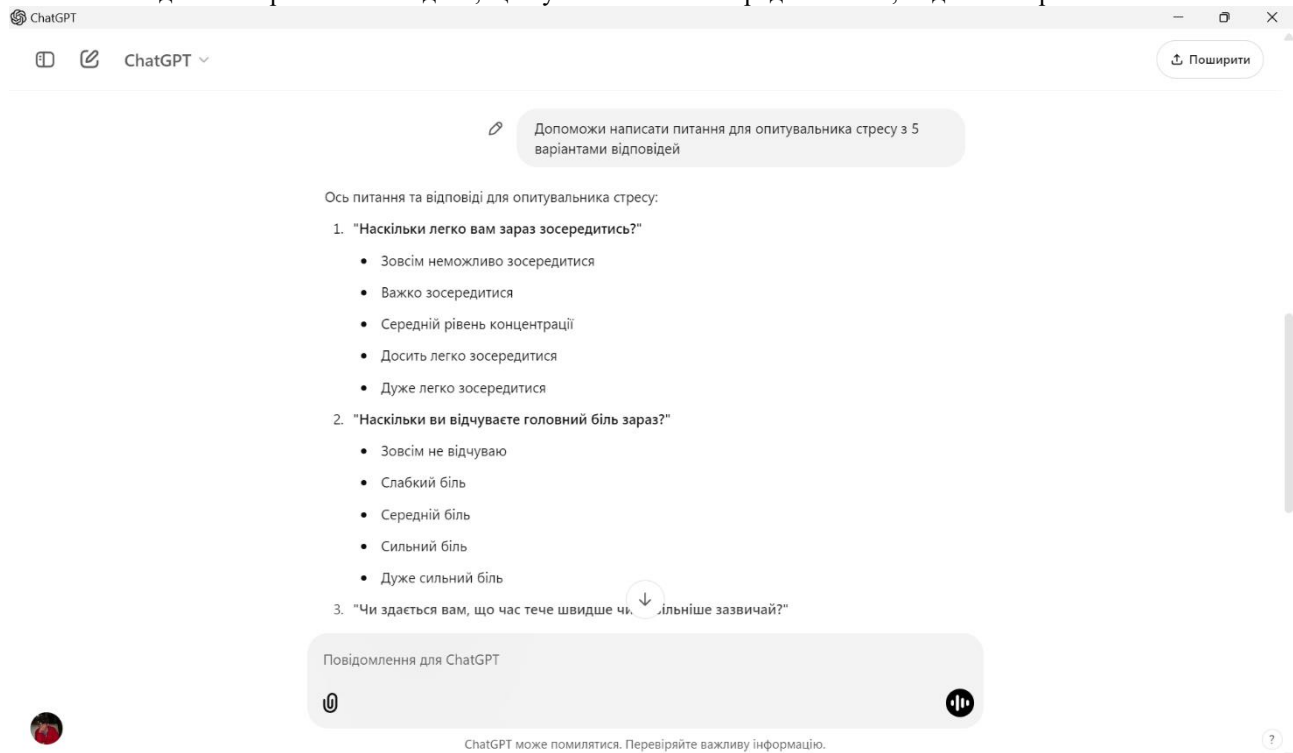


Рис. 1. Приклад вирішення проміжного завдання з використанням ChatGPT

Після проведення корекції питань та перепланування завдань для отримання адекватних відповідей були обрані питання, що стали основою психологічних тестів, що використані в автоматизованій системі. Інтерфейс автоматизованої системи, розробленої на мові програмування Python 3.13 поданий на рис.2. Вплив рівня стресу на значення адаптаційного потенціалу, при виконанні професійних обов'язків різного характеру, дозволяє визначити адаптаційні можливості оператора та визначити оптимальне їх використання для зменшення ризику переходу в стан зриву адаптації. Загальний об'єм адаптаційних резервів організму (c), на виконання кожного i -того процесу професійної діяльності витрачається a_i кількість функціональних резервів організму, а функція $f_i(a)$ описує витрати a_i на кожний i -тий процес за умови максимально ефективного виконання i -того процесу. Тоді, модель розподілу функціональних резервів організму можна записати як:

$$\sum_{i=1}^n f_i(a_i) \rightarrow \max, \\ a_i \geq 0, \quad i = 1, \quad n; \quad \sum_{i=1}^n a_i = c,$$

де n – визначається з огляду на специфіку виконання професійних обов'язків та трудового регламенту.

У зв'язку з тим що вирішення завдання розподілу адаптаційних резервів між τ процесів носить характер інваріантного занурення, замість фіксованого значення n розглядається довільне число τ процесів, а замість кількості c розглядається кількість b , тоді для сімейства задач:

$$\sum_{i=1}^{\tau} f_i(a_i) \rightarrow \max, \\ a_i \geq 0, \quad i = 1, \quad \tau; \quad \sum_{i=1}^{\tau} a_i = b. \quad (1)$$

Рис. 2. Інтерфейс розробленої автоматизованої системи для розрахунку рівня

Якщо ввести функцію Беллмана, то максимальна ефективності, що досягається на виконанні τ -тих професійних процесів при використанні b кількості функціональних резервів організму оператора буде мати вигляд:

$$B(b, \tau) = \max_{\substack{a_i \geq 0, i=1, \tau \\ \sum_{i=1}^{\tau} a_i = b}} \sum_{i=1}^{\tau} f_i(a_i) \quad (2)$$

Для забезпечення принципу оптимальності для процесу описаного сімейства задач (1) з номером τ виділяється кількість функціональних резервів a_{τ} , що надає змогу проаналізувати залишок $b - a_{\tau}$ одиниць адаптаційного потенціалу. В такому випадку отримаємо математичний вираз принципу оптимальності розподілу функціональних резервів організму оператора, який дорівнює:

$$B(b, \tau) = \max_{0 \leq a_{\tau} \leq b} \{f_{\tau}(a_{\tau}) + B(b - a_{\tau}, \tau - 1)\}. \quad (3)$$

У зв'язку з тим, що за змінною a_{τ} береться операція max, тобто, вона має статус «німої» та при спрощенні рівняння може мати вигляд:

$$B(b, \tau) = \max_{0 \leq a \leq b} \{f_{\tau}(a) + B(b - a, \tau - 1)\}. \quad (4)$$

Для рішення даного рівняння необхідно знати крайову умову: при $\tau=1$:

$$B(b, 1) = f_1(b).$$

Тоді можна вирішити первинну задачу (3).

Визначаючи $\tau=2$ в (4) отримаємо:

$$B(b, 2) = \max_{0 \leq a \leq b} \{f_2(a) + B(b - a, 1)\}. \quad (5)$$

Оскільки функція $f_2(a)$ задана, значення функції $B(b - a, 1)$ вже знайдено, то може бути знайдено і $f_2(a) + B(b - a, 1)$. Відповідно, можна знайти $B(b, 2)$. Надалі надаючи змінній τ значення 3, 4, ... через $n-1$ кроків визначається функція $B(b, n)$. Якщо скористатися функцією Беллмана значення $B(c, n)$ дорівняє максимально ефективному використанню адаптаційних резервів оператора з використанням n процесів при загальному об'ємі резервів організму заданого періоду часу.

Якщо $b = c - a_n$, $\tau = n-1$ отримаємо:

$$B(c - a_n, n - 1) = \max_{0 \leq a \leq c - a_n} \{f_{n-1}(a) + B(c - a_n - a, n - 2)\}. \quad (6)$$

За аналогією можна упевнитися, що значення $a_n - 1$ на якому досягається максимум дорівнює оптимальній кількості функціональних резервів, що витрачаються на виробничий процес під номером $n-1$. За такою логікою можна для різних часових періодів отримати кількість розподілених функціональних резервів:

$$a_n, a_{n-1}, \dots, a_1 (\sum_{i=1}^n a_i = c), \quad (7)$$

в залежності від часового інтервалу для якого здійснюється процес оптимізації. Фізичний сенс отриманої залежності полягає в оптимальній кількості адаптаційних резервів організму оператора, що виділяється на кожний технологічний процес для отримання максимального ефекту від професійної діяльності. Для забезпечення принципу оптимальності для процесу описаного сімейства задач з номером t виділяється кількість функціональних резервів a_t , що надає змогу проаналізувати залишок $b - a_t$ одиниць адаптаційного потенціалу при врахуванні рівня стресу. Для побудови математичної моделі для розрахунку рівня стресу були використанні вхідні емпіричні данні, що подані в таблиці 1.

Таблиця 1

Таблиця контрольних даних, отриманих в результаті дослідження

	ЧСС	САТ	ДАТ	МТ	Зріст	Вік	ІН	ЕН	HRV	АП	ІС
1	83	144	87	96,6	169,5	28	1	2	59	3,0909	119,52
2	68	136	90	96,6	169,5	28	2	1	76	2,8379	92,48
3	61	150	92	96,6	169,5	28	1	1	64	2,9729	91,5
4	101	152	89	96,6	169,5	28	1	1	75	3,4169	153,52
5	71	138	85	96,6	169,5	28	1	1	72	2,8589	97,98
6	85	151	96	96,6	169,5	28	1	1	82	3,2829	128,35
7	85	140	88	96,6	169,5	28	1	1	73	3,0649	119
8	71	153	101	96,6	169,5	28	2	2	74	3,1969	108,63
9	90	150	103	96,6	169,5	28	2	2	77	3,3799	135
10	80	153	102	96,6	169,5	28	1	2	75	3,3039	122,4
11	73	155	91	96,6	169,5	28	1	1	65	3,1669	113,15
12	90	159	100	96,6	169,5	28	2	2	81	3,4819	143,1
13	75	152	94	96,6	169,5	28	2	3	78	3,1709	114
14	90	151	100	96,6	169,5	28	1	2	78	3,3699	135,9
15	83	136	99	96,6	169,5	28	1	1	78	3,0749	112,88
16	80	153	108	96,6	169,5	28	1	2	64	3,3519	122,4
17	85	146	104	96,6	169,5	28	1	1	76	3,2769	124,1
18	85	137	99	96,6	169,5	28	2	1	69	3,1109	116,45
19	90	153	104	96,6	169,5	28	2	2	76	3,4299	137,7
20	92	163	107	96,6	169,5	28	2	2	77	3,6159	149,96
21	98	129	73	96,6	169,5	28	1	1	79	2,9339	126,42

На основі вимірюваних вхідних даних (стовпчики 1-6 таблиці 1) була сформована система лінійних рівнянь, що описує залежність фізіологічних параметрів (частоти серцевих скорочень, систолічного та діастолічного тиску) та психологічних параметрів (результатів обробки тестових питань, вибраних за допомогою ChatGPT) за якими оцінюється рівень стресу автоматизованою системою, зовнішній вигляд інтерфейсу якої поданий на рис.2. Для перевірки отриманих результатів роботи програми були розраховані значення адаптаційного потенціалу [7,8,9] (стовпчик таблиці 10) та виміряні значення варіабельності серцевого ритму [10] (стовпчик 9 таблиці 1). Для перевірки та валідації створеної моделі вимірювання стресу виміряні та було розраховані значення параметрів для різних часових інтервалів вимірювань, що дозволило отримати репрезентативні дані рівню стресу для різних часових діапазонів. Частковий код програми розробленої та реалізованої на мові програмування Python 3.13, з використанням бібліотек tkinter, random, поданий на рис.3.

```
import tkinter as tk
from tkinter import ttk
import random

def calculate_stress():
    hr = int(entry_hr.get())
    sys_bp = int(entry_sys_bp.get())
```

```
dia_bp = int(entry_dia_bp.get())
q1_value = question_values[combo_q1.get()]
q2_value = question_values[combo_q2.get()]
q3_value = question_values[combo_q3.get()]

stress_score = 0.15 * hr + 0.25 * sys_bp + 0.3 * dia_bp + q1_value + q2_value + q3_value

if stress_score <= 75:
    color = 'blue'
elif 76 <= stress_score <= 85:
    color = 'yellow'
elif 86 <= stress_score <= 95:
    color = 'orange'
else:
    color = 'red'.
```

Рис. 3. Частковий код програми мовою Python 3.13

Результати отриманих даних для верифікації результатів роботи розробленої автоматизованої системи подані на рис.3 та рис.4.

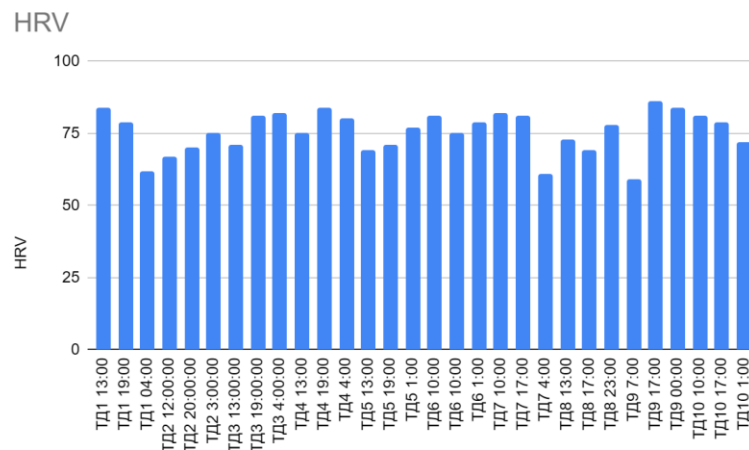


Рис. 4. Графік динаміки варіабельності серцевого ритму

Ранжування показників за якими розраховується рівень стресу:

- варіабельність серцевого ритму: значення від 59 до 86 відповідають середньому рівню стресу, тоді як значення від 80 і вище відповідають високому рівню стресу;
- адаптаційний потенціал, як було зазначено в [1], відповідно
- індекс стресу значення менше 120 вказують на середній рівень стресу, тоді як значення від 121 і вище відповідають високому рівню стресу.

Варіабельність серцевого ритму (HRV) для оцінки функціонального стану організму оператора, що дозволяє визначити адаптаційні можливості регуляторних механізмів організму, за якими проводилась верифікація роботи автоматизованої програми подана на рис.4. Найвище значення варіабельності серцевого ритму відповідає значенню у ТД917:00, що за аналогією розрахованого адаптаційного потенціалу [7] (стовпчик 11) відповідає найвищому значенню адаптаційного потенціалу у ТД917:00 (3,5529), що свідчить про високий рівень стресу.

Варіабельність: АП подана на рис.5. та показує середній рівень стресу у більшості випадків.

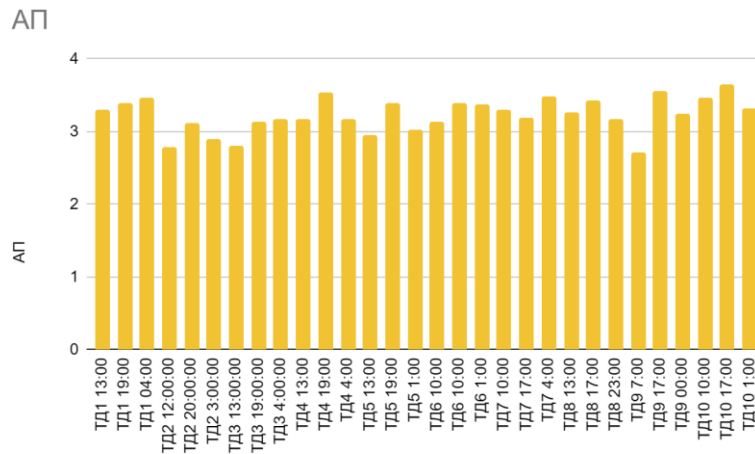


Рис. 5. Графік динаміки адаптаційного потенціалу

Результати розрахунку рівня стресу за контрольними даними подані на рис.6.

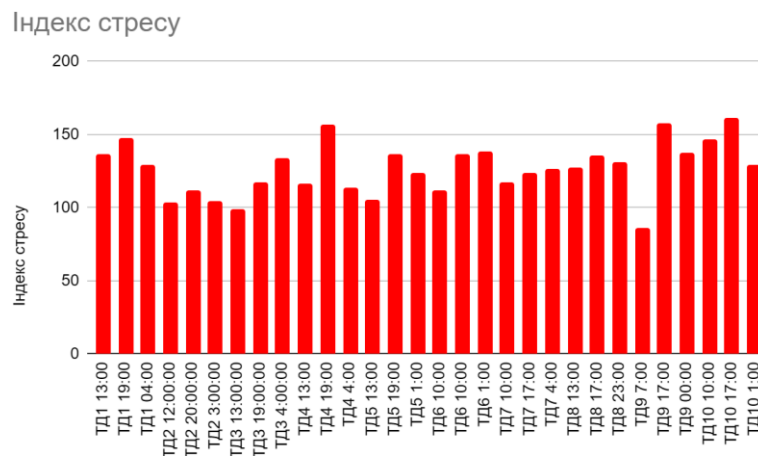


Рис. 6. Динаміка індексу стресу за контрольними даними

Аналіз виміряних та розрахованих даних надав змогу дійти висновку, що існує кореляція між отриманими даними, а відсоток невідповідності одного з показників порівняно з іншими склав наступну залежність: невідповідність значення параметра рівня стресу до загальної кількості виміряних та розрахованих параметрів становить 6,7% від загальної кількості спостережень. Для адаптаційного потенціалу 13,3% від загальної кількості спостережень. Для варіабельності серцевого ритму становить 20% від загальної кількості спостережень, що дозволяє визначити, що врахування як фізіологічної так і психологічної складової при розрахунку рівня стресу надає більш вірогідні результати ніж аналіз за окремим медико-біологічними параметрами.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Використання можливостей штучного інтелекту ChatGPT надало змогу оптимізувати процес вибору складової психологічних тестів, що зайняли відповідне місце при розробці автоматизованої системи розрахунку рівня (індексу) стресу мовою Python 3.13. Складовою комплексного підходу з визначеним рівнем стресу оператора є своєчасна та надійна оцінка його функціонального стану за фізіологічними та психологічними показниками[10]. Особливістю розробленої автоматизованої системи для розрахунку рівня стресу стало є поєднання традиційних методів вимірювання параметрів серцево-судинної системи та обробки результатів психологічних тестів за математичною залежністю з розрахованими відповідними коефіцієнтами.

Результати роботи автоматизованої системи були перевірені на емпіричних даних та за рахунок проведеного порівняльного аналізу результатів варіабельності серцевого ритму та розрахованого адаптаційного потенціалу з отриманими даними рівня стресу була встановлена верифікація результатів розрахунків. Використання запропонованої автоматизованої системи дозволяє розрахувати поточний рівень стресу та врахувати виснаження регуляторних механізмів організму операторів, що надає змогу ефективно

планувати технологічні процеси в яких він бере участь задля недопущення виснаження та зриву адаптаційних можливостей при виконанні своїх професійних обов'язків, що може стати виникненням триггеру авіаційної події зокрема. Значимість інтеграції фізичних та психологічних методів дозволила отримати унікальну модель вимірювання стресу, що дозволяє збільшити достовірність оцінювання адаптаційних резервів організму.

Подальше використання досліджень планується приділити розробці індивідуальних стратегій управління стресостійкими технологіями та використання розробленої автоматизованої системи для розрахунку рівня стресу інструкторів-пілотів центру льотної підготовки та студентів програми льотної експлуатації повітряних суден для визначення адаптаційних резервів організму, що має бути підпорядковане чіткому алгоритму їх оптимізації для уникнення ситуації переходу адаптаційного потенціалу в статус зриву адаптації та визначити не тільки рівень стресу при відпрацюванні програми підготовки, але і оцінити ефективність заходів, спрямованих на його зменшення та в подальшому визначити можливість та час виникнення негативної події, яка викликана різким порушенням стану серцево-судинної системи оператора.

Література

1. Cheng K, Li Z, He Y, Guo Q, Lu Y, Gu S, Wu H. Potential Use of Artificial Intelligence in Infectious Disease: Take ChatGPT as an Example. *Ann Biomed Eng.* 2023 Jun;51(6):1130-1135. doi: 10.1007/s10439-023-03203-3. Epub 2023 Apr 19. PMID: 37074486; PMCID: PMC10116900.
2. Zampatti S, Peconi C, Megalizzi D, Calvino G, Trastulli G, Cascella R, Strafella C, Caltagirone C, Giardina E. Innovations in Medicine: Exploring ChatGPT's Impact on Rare Disorder Management. *Genes (Basel).* 2024 Mar 28;15(4):421. doi: 10.3390/genes15040421. PMID: 38674356; PMCID: PMC11050022.
3. Younis HA, Eisa TAE, Nasser M, Sahib TM, Noor AA, Alyasiri OM, Salisu S, Hayder IM, Younis HA. A Systematic Review and Meta-Analysis of Artificial Intelligence Tools in Medicine and Healthcare: Applications, Considerations, Limitations, Motivation and Challenges. *Diagnostics (Basel).* 2024 Jan 4;14(1):109. doi: 10.3390/diagnostics14010109. PMID: 38201418; PMCID: PMC10802884.
4. Artificially intelligent chatbots in digital mental health interventions: a review / E. M. Boucher та ін. *Expert Review of Medical Devices.* 2021. Т. 18, sup1. С. 37–49. URL: <https://doi.org/10.1080/17434440.2021.2013200>.
5. Масюк І.В., Богомолов І.Ф. Синергія біомедицини та штучного інтелекту: роль чат-ботів у трансформації медичної діагностики та догляду за пацієнтами. *Biomedical Engineering and Technology Issue* 13(1) 2024
6. ChatGPT in glioma adjuvant therapy decision making: ready to assume the role of a doctor in the tumour board? / J. Haemmerli та ін. *BMJ health & care informatics online.* 2023. Т. 30, № 1. С. e100775. URL: <https://doi.org/10.1136/bmjhci2023-100775>.
7. Іванець ОБ, Гнатюк ГВ, Архирей МВ. Метод оцінювання адаптаційних можливостей антарктичних зимівників. *Вісник інженерної академії України.* 2018;1:135-139.
8. Іванець ОБ, Мельников ОВ, Архирей МВ, Якимець ІВ. Модель прийняття рішень щодо функціонального стану складних об'єктів. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.* 2020;2(66):21-28
9. Леонтьєва З. Розрахунок адаптаційного потенціалу, оцінка адаптаційних можливостей організму і рівнів здоров'я студентів львівського національного медичного університету імені Данила Галицького. *Праці НТШ Медичні науки* 2017. Т XLVII. С.64-70.
10. Shchapov P.F. Ivanets O.B., Sevryukova O.S. (2020). Dynamic properties of the time series of results of biomedical measurements Science-intensive technologies. 46, № 2. p. 236 - 244. DOI: 10.18372 / 2310-5461.46.14811.

References

1. Cheng K, Li Z, He Y, Guo Q, Lu Y, Gu S, Wu H. Potential Use of Artificial Intelligence in Infectious Disease: Take ChatGPT as an Example. *Ann Biomed Eng.* 2023 Jun;51(6):1130-1135. doi: 10.1007/s10439-023-03203-3.
2. Zampatti S, Peconi C, Megalizzi D, Calvino G, Trastulli G, Cascella R, Strafella C, Caltagirone C, Giardina E. Innovations in Medicine: Exploring ChatGPT's Impact on Rare Disorder Management. *Genes (Basel).* 2024 Mar 28;15(4):421. doi: 10.3390/genes15040421. PMID: 38674356; PMCID: PMC11050022.
3. Younis HA, Eisa TAE, Nasser M, Sahib TM, Noor AA, Alyasiri OM, Salisu S, Hayder IM, Younis HA. A Systematic Review and Meta-Analysis of Artificial Intelligence Tools in Medicine and Healthcare: Applications, Considerations, Limitations, Motivation and Challenges. *Diagnostics (Basel).* 2024 Jan 4;14(1):109. doi: 10.3390/diagnostics14010109.
4. Artificially intelligent chatbots in digital mental health interventions: a review / E. M. Boucher та ін. *Expert Review of Medical Devices.* 2021. Т. 18, sup1. С. 37–49. <https://doi.org/10.1080/17434440.2021.2013200>.
5. Masyuk I.V., Bogomolov I.F. Synergy of biomedicine and artificial intelligence: the role of chatbots in the transformation of medical diagnostics and patient care. *Biomedical Engineering and Technology Issue* 13(1) 2024
6. ChatGPT in glioma adjuvant therapy decision making: ready to assume the role of a doctor in the tumour board? / J. Haemmerli та ін. *BMJ health & care informatics online.* 2023. Т. 30, № 1. С. e100775. URL: <https://doi.org/10.1136/bmjhci2023-100775>.
7. Ivanets O.B., Hnatiuk G.V., Archirei M.V. (2018). A method of assessing the adaptation capabilities of Antarctic winterers. *Bulletin of the Academy of Engineering of Ukraine.* No. 1. p. 135-139.
8. Ivanets OB, Melnikov OV, Arkhyrey MV, Yakymets IV. Model of decision-making regarding the functional state of complex objects. *Measuring and computing technology in technological processes.* 2020;2(66):21-28
9. Leontiev Z. Calculation of adaptive potential, assessment of adaptive capabilities of the organism and health levels of students of the Lviv National Medical University named after Danylo Halyskyi. *Proceedings of the National Medical School Medical Sciences* 2017. Vol. XLVII. P.64-70.
10. Shchapov P.F. Ivanets O.B., Sevryukova O.S. Dynamic properties of the time series of results of biomedical measurements Science-intensive technologies. 2020 (46), № 2. p. 236 - 244.