

**Наукова робота на конкурс за напрямом:
Комп'ютерна інженерія**

на тему:

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО
СТАНУ ОПЕРАТОРІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ І ЗАДАЧА КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ.....	5
1.1 Діяльність людини оператора в автоматизованих технологічних комплексах.....	5
1.2 Задача контролю функціонального стану в системі задач ергономічного проектування АТК.....	6
1.3 Висновки до розділу 1.....	7
2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ.....	8
2.1 Нормативні документи, які описують зміну функціонального стану операторів на протязі робочої зміни.....	8
2.2 Аналіз біометричних методів.....	9
2.3 Висновки до розділу 2.....	16
3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА.....	17
3.1 Постановка задачі.....	17
3.2 Розробка математичної моделі.....	18
3.3 Розробка інформаційної технології для аналізу клавіатурного почерку...24	
3.4 Висновки до розділу 3.....	27
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	29
ДОДАТОК А – Лістинг програми для визначення функціонального стану оператора.....	31
ДОДАТОК Б – Лістинг нейронної мережі.....	40
ДОДАТОК В – Лістинг .exe файлу для запуску нейронної мережі.....	41
ДОДАТОК Г – Інструкція користувача.....	42
ДОДАТОК Д – Експериментальні дослідження.....	53

ВСТУП

Актуальність. Основною вимогою сучасних автоматизованих технологічних комплексів є необхідність виконання ергономічних вимог до робочих місць людей-операторів. Оператори працюють в умовах несприятливого зовнішнього середовища, черги заявок, напруженості діяльності. Функціональний стан оператора суттєво впливає на ефективність діяльності, кількість помилок, аварійність, здоров'я людей. Незважаючи на велику кількість досліджень «людського фактору» задача автоматизованого визначення функціонального стану операторів в інформаційних системах вирішена не до кінця.

Об'єкт дослідження. Діяльність операторів автоматизованих технологічних комплексів.

Предмет дослідження. Автоматизація визначення функціонального стану операторів .

Мета роботи. Розробка інформаційної технології визначення функціонального стану операторів автоматизованих технологічних комплексів.

Наукова новизна полягає в тому, що на відміну від апаратних методів контролю функціонального стану, запропонований метод використовує модель, основу на використанні апарату нейронних мереж, що забезпечує суттєве зростання точності і характеризується невибагливістю до апаратного забезпечення.

Публікації.Опубліковано 4 наукові роботи.

Апробація. Результати роботи доповідались на конференціях:

- Міжнародна науково-технічна конференція «Інформатика, Математика, Автоматика ІМА::2018»(Суми, 05-09 лютий 2018);

- XII Міжнародна науково-практична конференція «Цифрові технології в освіті, науці, суспільстві» (Петрозаводск, 4-6 грудня 2018 года);
- X Міжнародна студентська конференція «Перший крок у науку».

Впровадження. Результати впроваджені в навчальний процес Сумського державного університету.

1. АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ І ЗАДАЧА КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ

1.1 Діяльність людини оператора в автоматизованих технологічних комплексах

Відмінними ознаками сучасних автоматизованих технологічних комплексів (АТК) [1] є:

- здійснення управління технологічним об'єктом управління (ТОУ) в цілому;
- здійснення управління в темпі протікання технологічного процесу (в реальному масштабі часу ТОУ);
- вибір і реалізація рішень, а також управління ТОУ за участю технічних засобів і людини-оператора.

Об'єктом управління в АТК є окремі енергетичні та технологічні засоби або їх взаємопов'язані комплекси технологічні процеси. Роль ергатичного елемента, який в даному випадку називається відповідно людиною-оператором складається з дистанційного спостереження за роботою і з дистанційного виконання ряду власних функцій (пуск, відключення, перемикання на нові режими, введення керуючих впливів, завантаження деталей в склад і т. д.) Можна виділити наступні типи АТК [3]:

- АТК інформаційного типу;
- АТК комбінованого (інформаційного-який дає поради) типу;
- АТК з прямим цифровим керуванням.

Структура АТК інформаційного типу показана на рис. 1.1(а). а реалізовані нею рівні ієрархії функцій управління - на рис. 1.1(б). Як видно з рис. 1.1(а), оператор може керувати ТОУ безпосередньо (вручну) і за

допомогою системи дистанційного керування (за принципом "включено-виключено"). [3,4]

Переваги цієї структури АТК визначимо за допомогою порівняння її з системами ручного і дистанційного керування технологічними процесами.

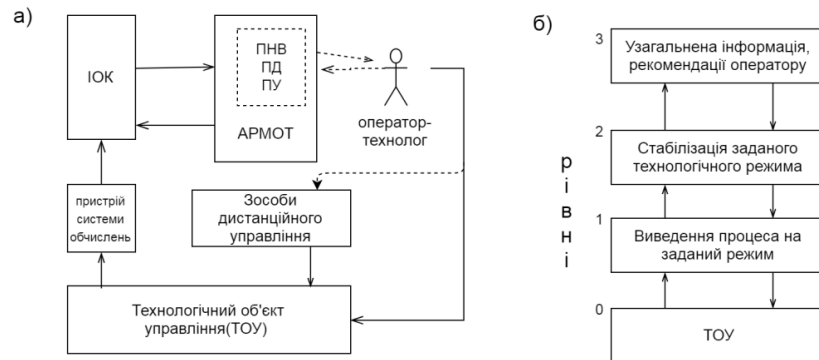


Рисунок 1.1-АТК Інформаційного типу

а) структура АТК; б) рівні ієрархії функцій управління.

До переваг можна віднести можливість: обробки в реальному масштабі часу функціонування ТОУ великого (з урахуванням швидкодії сучасних міні-і мікро-ЕОМ) потоку інформації про хід технологічного процесу і про стан технічних засобів (обладнання) ТОУ; отримання оперативної техніко-економічної інформації про роботу АТК; отримання інформації в концентрованому вигляді на одному пристрої наочного зображення ІОК (у вигляді формуляра, графіка, словесних рекомендацій); документування ходу технологічного процесу і стану обладнання ТОУ в процесі експлуатації; отримання оператором оперативної інформації від ІОК в складних виробничих ситуаціях (в тому числі і аварійних). [3]

1.2 Задача контролю функціонального стану в системі задач ергономічного проектування АТК

Технічна частина АТК є лише засобом праці, хоча і кібернетичним, але допоміжним елементом, що сприяє діяльності суб'єкта праці. В цьому суть антропоцентричного підходу до дослідження автоматизованих систем [1].

До складу основних завдань ергономічного проектування входять:

- 1) вибір чисельності персоналу і розподіл функцій між персоналом системи, тобто розробка загальної організації системи;
- 2) вибір ступеня автоматизації управління і контролю, тобто розподіл функцій між людиною-оператором і автоматичними пристроями машини на кожному індивідуальному робочому місці;
- 3) розробка інформаційної моделі і алгоритмів функціонування АТК;
- 4) проектування індивідуального (колективного) робочого місця;
- 5) проектування умов праці на робочому місці.

Всі перелічені задачі можуть бути ефективно вирішені лише за умови ефективного контролю за функціональним станом людини-оператора.

Незадовільний функціональний стан може бути причиною помилок, аварій, різноманітних збитків, шкоди здоров'ю.

Таким чином, контроль за функціональним станом є першочерговою задачею оперативного управління АТК.

1.3 Висновки до розділу 1

Аналіз сучасних АТК свідчить про підвищення ролі людини-оператора в АТК і необхідність людино-системного підходу до проектування АТК та розробки відповідних методів і засобів на основі ергономічного проектування.

Незадовільний функціональний стан може бути причиною помилок, аварій, стресів.

Однією з задач пошуку ергономічних резервів АТК є задача оперативного контролю функціонального стану людей-операторів.

2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ

2.1 Нормативні документи, які описують зміну функціонального стану операторів на протязі робочої зміни

Питання організації робочого дня людини був поставлений Ф.Тейлором з появою перших «невловимих» чинників, які були вивчені та включені в технологію - в тому і рух. Це сталося на початку двадцятого століття в період «наукової організації праці». Ф. Тейлор довів, що технологічний процес повинен будуватися з урахуванням фізичної втоми людини. Тим самим у технологічний процес був включений принципово новий елемент - людський фактор, тобто людський фактор став елементом технологічного процесу. Тепер сам технологічний процес став будуватися з урахуванням того, що існує в тому людини [3].

Однією з професій, що з'явилися в процесі розвитку автоматизації виробництва, є професія оператора.

Характерною особливістю професії оператора є статичний режим роботи: великий обсяг роботи доводиться виконувати в сидячому положенні, тобто в незмінній статичній позі. При цьому більшість груп м'язів знаходиться в постійній нарузі, що призводить до швидкої стомлюваності, сприяє розвитку професійних захворювань [4].

Описаний фактор відноситься до категорії небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що діють на всіх операторів.

Статичні навантаження відносяться до психофізіологічних факторів, крім цього, оператор відчуває безперервні нервово-психічні перевантаження, пов'язані з перенапруженням аналізаторів (зору, слуху) [5]. Слід врахувати, що в разі наявності порушень в організації роботи оператора, крім цих чинників, на нього можуть впливати й інші негативні фактори. Наступні

фактори, не пов'язані безпосередньо з робочим місцем, можуть негативно впливати на оператора: підвищена температура в приміщенні; наявність шкідливих речовин у повітрі; наявність запиленості; підвищена вологість; недостатня освітленість; зміна погоди у метеозалежних людей; нестійкі психологічні стани; прийняття медичних препаратів, що викликають сонливість; прийняття психотропних препаратів, алкоголю.

Ці фактори призводять до швидкої стомлюваності, зниження уваги. У свою чергу, стомлюваність проявляється через гальмування моторних функцій людини. У цьому стані оператор здатний здійснювати помилкові дії, особливо якщо виникне необхідність прийняття швидкого, відповідального рішення.

2.2 Аналіз біометричних методів

Біометричні технології інтенсивно використовуються в багатьох областях життєдіяльності. У європейських країнах біометричні технології застосовуються не тільки в аеропортах, на великих підприємствах, але й у невеликих установах [6].

До переваг біометричних систем відносяться: ідентифікує ознака не може бути втрачений або забутий; складніше підробити ідентифікує ознака; простота технології дозволяє обмежувати доступ до будь-якої кількості цінностей та інформації.

Поняття «біометричні технології» включають в себе безліч різних технологій. Основними характеристиками біометричних систем є - ймовірність виникнення таких помилок: помилкового прийому False Acceptance Rate (FAR) і помилкової відмови False Rejection Rate (FRR).

Біометричні технології (табл. 2.1) діляться по типу досліджуваної ознаки на статичні (засновані на невід'ємних унікальних властивостях) і динамічні (засновані на психофізіологічних особливостях).

Таблиця 2.1 – Джерела біометричних характеристик людини

Графічний образ	Особливості, які використовуються
 <p>Рисунок 2.1 – Зображення обличчя</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Форма обличчя (овал, форма і розмір окремих деталей особи) • Геометричні параметри особи - відстані між його певними точками • Візерунок підшкірних кровоносних судин на термограмі особи
 <p>Рисунок 2.2 – Зображення радужної оболонки ока</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Структура радужної оболонки ока • Візерунок кровоносних судин на сітківці
 <p>Рисунок 2.3 – Форма вуха</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Форма вуха (контур і нахил, козелок і противокозелок, форма і прикріплення мочки і т.д.) • Геометричні параметри вуха - відстані між певними точками на вусі
 <p>Рисунок 2.4 – Зображення геометрії руки</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Геометрія руки - ширина, довжина, висота пальців, відстані між певними точками • Нерівність складок шкіри на згинах пальців тильної сторони кисті руки • Малюнок вен на тильній стороні кисті руки, одержуваний при інфрачервоної підсвічуванні • Візерунок на долоні
 <p>Рисунок 2.5 – Зображення відбитку пальця</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Папілярний візерунок як цілісний образ • Параметри Мінуцій (координати, орієнтація, тип) • Параметри просторово-частотного спектра папілярного узору
 <p>Рисунок 2.6 – Клавіатурний підпис (клавіатурний почерк)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Підпис як двовимірний бінарний образ • Підпис як функція двох координат • Динаміка підпису (сила натиску і координата часу)

Статичні методи біометричних технологій [7], вимагають для свого застосування наявність дорогої апаратури для знімання інформації про користувача, а, отже, мають високу вартість.

Динамічні методи побудовані на психофізіологічній особливості людини, тобто на особливостях підсвідомих рухів при будь-якої діяльності. Вважається, що динамічні методи менш надійні, якщо їх використовувати для ідентифікації або аутентифікації, оскільки залежать від психофізіологічного стану людини. Динамічні методи біометрії, в порядку убудування надійності, розташовані таким чином:

- розпізнавання рукописного почерку (те, як людина пише ручкою на папері);
- розпізнавання клавіатурного почерку (те, як людина друкує на клавіатурі);
- розпізнавання мовних і голосових характеристик.

Використання розпізнавання рукописного почерку не може бути застосоване для визначення в реальному режимі часу стану оператора, так як оператору доведеться вводити всі команди у вигляді рукописних написів або постійно відволікатися для проходження тестування психофізіологічного стану, що неприпустимо.

Використання розпізнавання мови так само не є оптимальним варіантом для визначення психофізичного стану оператора, так як цю технологію найпростіше підробити за допомогою звичайного магнітофона.

Описані вище технології вимагають використання додаткових пристроїв для реалізації і не дозволяють реалізувати достовірний контроль за станом оператора.

З іншого боку, сучасні дослідження показують, що клавіатурний почерк користувача має стабільність [8], що дозволяє ідентифікувати користувача, що працює з клавіатурою з високим ступенем точності.

Клавіатурний почерк має індивідуальністю, також як і інші характеристики людини.

Робота з даними клавіатурного почерку можлива наступними способами [14]:

- по набору ключової фрази;
- по набору довільного тексту.

Біометричні методи встановлюють відповідність конкретних поведінкових характеристик користувача деякому заданому шаблону. Системи ідентифікації і аутентифікації складаються з двох модулів: модуль реєстрації та модуль ідентифікації.

Після введення користувачем ключової фрази виділяється індивідуальна інформація, що відноситься до наступних характеристик користувача: кількість помилок при наборі; інтервали між натисканнями клавіш; час утримання клавіш; число перекриттів між клавішами; ступінь аритмічності при наборі; швидкість набору. Ця ж інформація використовується для визначення якості клавіатурного почерку людини, відповідно до табл. 2.2 [9].

Таблиця 2.2 – Таблиця стабільності клавіатурного почерку користувача

Помилки %	Аритмічність %	Швидкість с./хв.	Характеристика перекриттів	
			число перекриттів, %	число пальців, яке використовується
менше 2	менше 10	більше 200	більше 50	всі (відмінно)
менше 4	менше 15	більше 150	більше 30	більшість (добре)
менше 8	менше 20	більше 100	більше 10	декілька (задов.)
більше 8	менше 20	менше 100	менше 10	по одному (незадов.)

Шаблон або еталон формується як деяка безліч значень, отриманих в результаті контрольованої будь-яким чином процедури збору інформації про

користувача. Далі виробляється адаптація математичної моделі, найчастіше побудованої на основі штучної нейронної мережі.

Порівняння даних, обробка результатів порівняння з шаблоном, проводиться в навченій штучній нейронній мережі [10]. Надійність роботи такої математичної моделі залежить в першу чергу від кількості значущих ознак, а значить від розмірності вектора вхідних значень.

Однак існує ряд обмежень щодо застосування даного способу на практиці для цілей ідентифікації і аутентифікації. Застосування клавіатурного почерку доцільно тільки по відношенню до користувачів з досить тривалим досвідом роботи з комп'ютером і сформованим почерком роботи на клавіатурі, тобто до програмістів, секретарів, професійним операторам і т. д. В іншому випадку ймовірність отримання неправильного результату зростає. Виходячи з теорії машинопису та діловодства, час становлення почерку, роботи з клавіатурою, при якому досягається необхідна ймовірність отримання правильного результату, визначається приблизно в шість місяців [10]. Незважаючи на це, використовувати даний біометричний метод з метою визначення психофізіологічного стану користувача можливо і при відсутності устанавленого почерку. Ця відмінність пов'язана з тим, що при ідентифікації або аутентифікації математична модель визначає невеликі відхилення від представлених еталонів і в разі їх перевищення видає відмову на проведення ідентифікації або аутентифікації. Використовуючи клавіатурний почерк для визначення психофізіологічного стану оператора, визначається, на скільки відхилився клавіатурний почерк і вийшов він за допустимі обмеження. Зазвичай обмеження мають значні значення, що і дозволяє використовувати клавіатурний почерк для людей з неусталеним клавіатурним почерком.

Для отримання інформації про поточний психофізіологічному стані оператора необхідно використовувати дані, засновані на клавіатурному почерку, які відображають розвиток гальмування моторних функцій людини,

а, значить, і його загальний стан. До таких даних відносяться: час утримання клавіш і час між утриманнями клавіш.

Як показано в результатах досліджень, проведених Широчин В.П., Куликом АВ, Марченко В.В. [11] інтервали утримання клавіш та інтервали між натисканнями клавіш повторюють статичну модель розвитку та згасання працездатності протягом робочого дня (рис 2.7, рис 2.8) .

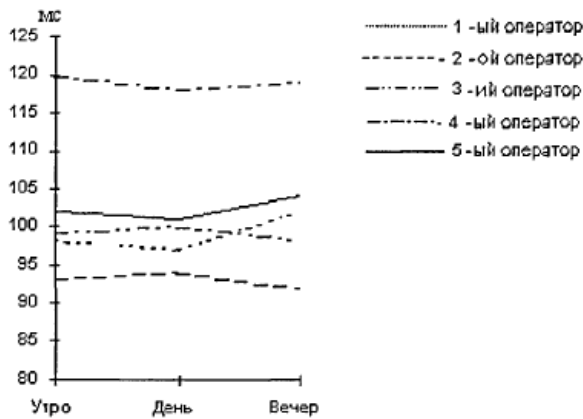


Рисунок 2.7 – Динаміка зміни середнього часу утримання клавіші користувача 1-5 в різний час доби

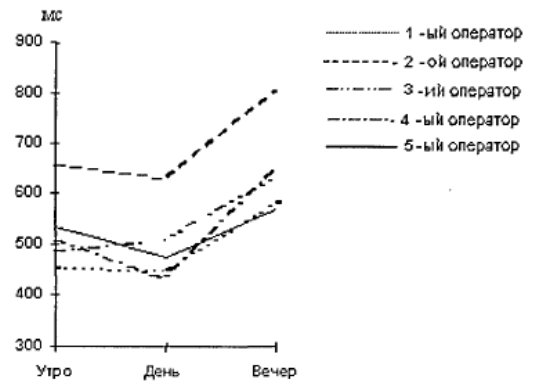


Рисунок 2.8 – Динаміка зміни середніх інтервалів часу між натисканнями клавіш користувачами 1-5 в різний час доби

Як видно з рис. 2.7, протягом дня інтервали утримання змінюються по-різному, однак на підставі цих даних стверджується про можливість визначення стану оператора за допомогою виміру часу утримання клавіш операторами.

Динаміка зміни середніх інтервалів між натисканнями клавіш відображає більш очевидну залежність працездатності від тривалості робочого дня.

Зменшення інтервалів утримання клавіш до закінчення робочої зміни пояснюється тим, що при появі втоми руху оператора стають більш різкими і уривчастими. Час пошуку наступної клавіші і загальний час тривалості натискання послідовності з декількох клавіш все одно збільшується.

Значить, використовуючи даний підхід, можливе вирішення завдання, визначення психофізіологічного стану оператора, вимірюючи інтервали часу між подіями і час утримання клавіш, виробленими оператором в процесі роботи. На підставі цих вимірів визначається поточний стан оператора.

Використання клавіатурного почерку для цілей визначення психофізіологічного стану оператора має такі переваги:

- використання найбільш природного способу введення інформації в комп'ютер для оператора;
- задовільна точність вимірювань [12];
- можливість отримання реалізації у вигляді програмного забезпечення, не використовуючи додаткові апаратні засоби.

Значущі ознаки клавіатурного почерку - час утримання клавіш і час між натисканням. Для підвищення якості оцінки психофізіологічного стану оператора прийнято використовувати послідовності подій з двох або трьох натискань. У разі використання послідовності з двох натискань виходить вхідний вектор розмірності трьох: час утримання першої клавіші, час утримання другої клавіші, час між першим і другим натисканням. Послідовності натискань з трьох клавіш мають п'ять значущих ознак. Поява таких послідовностей є додатковими у часі точками оцінки стану оператора.

Визначення стану оператора у цьому методі проводиться з розвитку гальмування моторних функцій людини. Дана величина описується як зміна часу утримання клавіш і часу між натисканням $\Delta t = t_{c-1} - t_c$, де Δt - зміна часу утримання клавіші або часу між натисканням, t_{c-1} - тривалість попереднього утримання клавіші або час між натисканням, t_c - час останнього утримання клавіші або час між натисканням, тут c - поточне значення. Значення Δt - параметр, за яким оцінюється стан оператора.

Незважаючи на популярність закономірностей розвитку гальмування моторних функцій оператора і застосування цих закономірностей для розробки нормативних документів [13], відсутні алгоритми та математичні

моделі визначення психофізіологічного стану оператора, доступні для використання. Тому необхідно побудувати математичну модель і її програмну реалізацію для експериментального підтвердження адекватності розробленої математичної моделі визначення психофізіологічного стану оператора.

2.3 Висновки до розділу 2

1. Існують наступні методи оцінки функціонального стану людини:
 - відеокомп'ютерна система;
 - аналіз клавіатурного почерку;
 - визначення рівня стресу.
2. Проведений аналіз показує, що найбільш перспективним методом визначення функціонального стану в АТК є метод аналізу клавіатурного почерку.
3. Обробку даних про діяльність оператора доцільно проводити за допомогою апарату нейронних мереж.

3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА

3.1 Постановка задачі

Для підвищення ефективності діяльності оператора за рахунок виконання дій в неефективних станах (перевтомлення) необхідно визначити його функціональний стан. Це являється основною задачею для формування оптимальних алгоритмів діяльності в залежності від особливостей оператора.

Для класифікації стану оператора за допомогою нейронної мережі, необхідні дані, які збираються у процесі роботи оператора.

Постановка задачі: розробка нейронно-мережевої технології для оцінки функціонального стану.

Контрольне слово для визначення функціонального стану – «алгоритм».

Вхідними даними, які подаються до нейронної мережі є час натискання на клавішу (t_{n_1} на рис. 3.1) та час її утримання (t_{u_1} на рис. 3.1).

Класифікація функціонального стану оператора-студента здійснюється за допомогою вихідних даних. На виході нейронної мережі можливі значення 0 або 1. Якщо у процесі роботи студент отримав 0, то це значить, що слід зупинитися працювати і взяти час на відпочинок. Якщо ж працюючи з інтелектуальним агентом студент при перевірці функціонального стану отримав 1, то це значить, що його стан відповідає нормі і роботу можна продовжити (рис. 3.1).

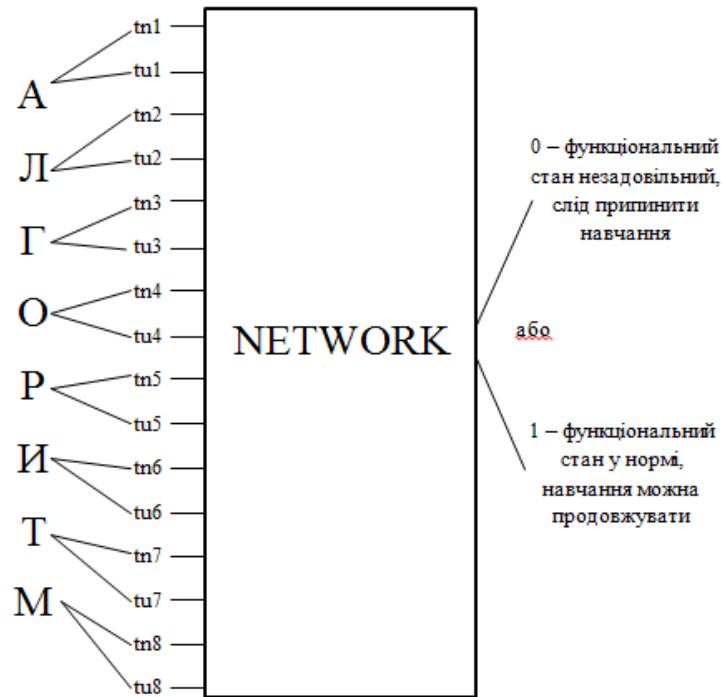


Рисунок 3.1 – Входи та виходи нейронної мережі

3.2 Розробка математичної моделі

Надійність дій людини і людини-оператора зокрема, істотно залежить від його поточного функціонального стану. З точки зору надійності всі стани діляться на дві групи. В одну з них входять ті функціональні стани, які виводять оператора з контуру управління: сон, втрата свідомості, крайня ступінь втоми. При виникненні і розвитку станів другого роду (емоційне напруження, стомлення тощо) людина продовжує брати участь у процесі управління, проте характеристики операторської діяльності змінюються. Якість робочих дій при цьому може погіршитися або покращитися по відношенню до вихідного рівня, а в певних умовах (сильне емоційне напруження, відволікання уваги) досягти критичних значень. Володіючи інформацією про механізми функціональних станів і зрушеннях останніх в процесі діяльності, можна використовувати позитивні впливу на якість роботи.

За результатами досліджень [14] запропоновано наступне визначення психофізіологічного стану: поточний стан організму відображений мозком, що знаходиться в деякому початковому стані, характеристик актуальної потреби і вхідного впливу на тимчасовому інтервалі пристосувального поведінки. Дане визначення у вигляді формули, що відбиває істотні фактори, є функціональною залежністю:

$$S = f(N, I, \dots, S_0, T) \quad (3.1)$$

де, S - поточний функціональний стан людини;

S_0 - початковий стан людини;

N - потреба (суб'єктивна необхідність у поточний момент часу, внутрішній фактор);

I - зовнішнє стосовно даної функціональній системі (підсистемі) вхідний вплив;

T - час.

Кожен з основних факторів X_i входять до попередній вираз, описується в координатах: енергія - ξ речовина - M , інформація - K .

$$X_i = \varphi(\xi, M, K), i = 1, 2, 3 \dots \quad (3.2)$$

Причому в цій формулі може змінюватися в часі будь-який аргумент, а сукупність останніх і визначає властивості функціональної живої системи.

На ПФС людини - оператора сильний вплив роблять емоції. Загальний вигляд формули появи емоції S_e :

$$S_e = f[N, (K_{p0} - K_{p1}), \dots] \quad (3.3)$$

де, $\Delta K = K_{p0} - K_{p1}$ - служить оцінкою ймовірності досягнення мети на основі вродженого онтогенетичного досвіду [15].

У випадках $\Delta K = 0$ і $N = 0$ емоція відсутній, тобто $S_e = 0$. Поява емоції залежить від суб'єктивної оцінки можливості досягнення мети [15].

Для того щоб врахувати всі чинники, що впливають на психофізіологічного стану оператора, досліджується цілісний стан оператора. Під цілісним станом організму розуміється така сукупність його властивостей, яка дозволяє встановити в процесі пристосувального поведінки певну відповідність між стимулом і реакцією при заданому типі перетворення вхідного сигналу у вихідний. Ця залежність визначається загальною формулою:

$$O = \psi(I, S) \quad (3.4)$$

де, O – реакція;

I – стимул;

S - поточний функціональний стан організму.

Під поточним функціональним станом S розуміється сукупність поточних властивостей тих функцій людини, які забезпечують виконання операторської діяльності.

У якості сигналів функціонального стану людини використовують показники електроенцефалограми, електроміограма, шкірно гальванічної реакції, мовної діяльності, а також величини артеріального тиску, тонус судин, діаметр зіниці і т.п. [17].

Найбільш цінними серед інформативних характеристик будуть в даному випадку показники стану тих функцій організму, які несуть найбільше навантаження. Для оператора це пристрої введення інформації, при використанні яких можливе зчитування клавіатурного почерку і обробка отриманих даних біометричними методами.

Вхідною інформацією для математичної моделі визначення ПФС є величина $\Delta t = t_{c-1} - t_c$, де Δt - час утримання клавіші або час між натисканням, t_{c-1} – тривалість попереднього утримання клавіші або час між натисканням, t_c - час останнього утримання клавіші або час між натисканнями, тут c - поточне значення.

Втома оператора проявляється в гальмуванні моторних функцій. Виділяють дві групи операторів за особливостями розвитку втоми [16]. З літератури впливають такі правила розвитку негативних станів людей:

- час між натисканням на клавіші збільшується, у міру розвитку станів, що негативно позначаються на можливості прийняття оптимальних рішень з управління технологічним процесом;
- час утримання клавіш на пристрої введення збільшується або зменшується залежно від типу психіки оператора;
- загальна тривалість послідовності подій з декількох натискань збільшується;
- діапазон часу виконання підсвідомих рухів обмежений однією секундою, тобто кожна подія не може бути тривалішою однієї секунди;
- мінімальний час утримання клавіш і час між натисканням відповідає еталонному значенню, зіставляти з найкращим станом оператора.

Побудова математичної моделі обробки даних клавіатурного почерку, з метою визначення психофізіологічного стану оператора зводиться до підготовки даних для нейронної мережі, вибору архітектури нейронної мережі, обробки біометричних даних, її математичному опису, вирішенню інших завдань. Для оцінки психофізіологічного стану оператора штучна нейронна мережа повинна вирішувати завдання фільтрації, кластеризації та класифікації даних клавіатурного почерку.

Етап отримання вхідних значень для розробленої нейронної мережі представлений на рис. 3.2

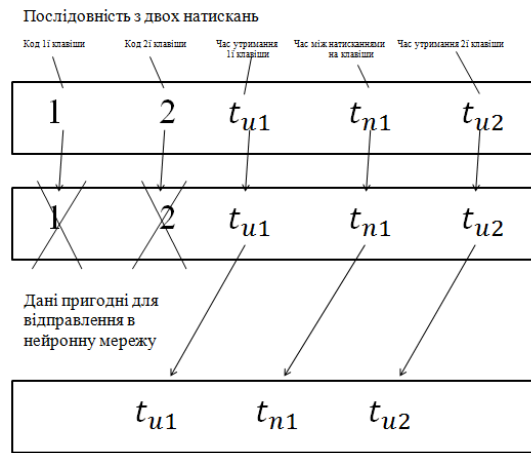


Рисунок 3.2 – Отримання вхідних значень для нейронної мережі

Основним завданням мережі визначення стану оператора є класифікація. Для цієї мети підходить перцептрон Розенблатта з декількома нейронами вихідного шару. Для мереж цього класу відсутні обмеження на кількість нейронів. Нейрони кожного шару перцептрона з'єднуються з нейронами попереднього за принципом «кожен з кожним».

Одношарові мережі Розенблатта вирішують вузьке коло завдань. Розташовані на одному рівні нейрони функціонують незалежно один від одного, тому можливості такої мережі обмежуються властивостями окремих нейронів. На рис. 3.3 представлена архітектура одношарового перцептрона на прикладі перцептрона, що складається з трьох паралельно розташованих нейронів.

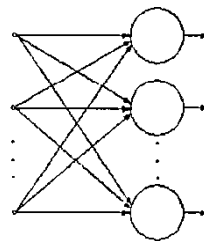


Рисунок 3.3 – Одношаровий перцептрон Розенблатта

Робота нейронів зводиться до функцій: $x_1 = f_1(x_2)$, $x_1 = f_2(x_2)$ та $x_1 = f_3(x_2)$. Робота всієї мережі полягає в спрацьовуванні одного з нейронів у разі попаданні вектора вхідних значень в діапазон значень для яких функція активації приймає значення одиниці. Результат роботи мережі представлені на рис. 3.4.

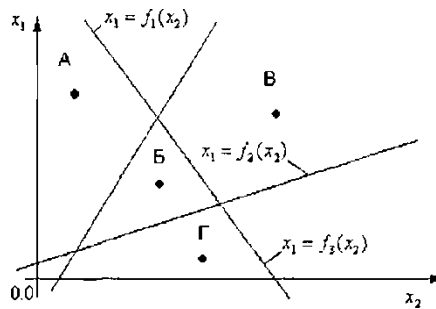


Рисунок 3.4 – Результат роботи одношарового персептрона

Після виконання обчислень в нейронній мережі буде виконаний перехід стану одного з нейронів в 1. Як видно з малюнка, за допомогою представленої мережі існує можливість розбити простір на два підпростори, але неможливо обмежити область, в якій знаходиться точка (Б), за допомогою однієї з прямих. Це обмеження не дозволяє використовувати одношаровий персептрон для вирішення завдання класифікації даних клавіатурного почерку. Однак доповнення одношарового персептрона ще одним шаром, змінює принцип його роботи таким чином, що виділення області простору вхідних значень стає можливим (рис. 3.5).

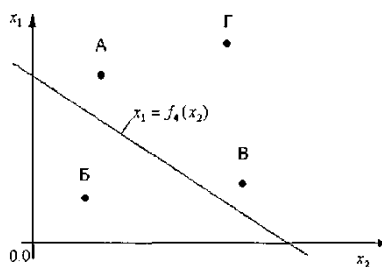


Рисунок 3.5 – Результат роботи багатшарового персептрона

Функцію $x_1 = f_4(x_2)$ виконується нейрон вихідного шару. Як видно з рисунка за допомогою цих обчислень, можна обмежити область, в якій укладена точка (Б). Саме цей ефект і необхідний для визначення стану оператора за допомогою біометричних технологій.

Для вирішення задачі класифікації даних клавіатурного почерку необхідно, щоб всі значення, які потрапляють на вхід нейронної мережі, були в інтервалі $[0;1]$.

3.3 Розробка інформаційної технології для аналізу клавіатурного почерку

Для визначення поточного стану людини-оператора було розроблено модуль для класифікації функціонального стану оператора.

В результаті роботи програми користувач отримує повідомлення про припинення або продовження роботи.

Дані, які збираються в результаті роботи модуля, підлягають аналізу за допомогою нейронної мережі.

Для моделювання був обраний тип нейронної мережі FeedForward BackPropagation (рис. 3.6).

BackPropagation найбільш популярна, ефективна і легка модель навчання для складних, багат шарових мереж. Вона використовується в різних типах додатків і породила великий клас нейронних мереж з різними структурами і методами навчання.

Типова мережа BackPropagation має вхідний шар, вихідний шар і принаймні один прихований шар. Теоретично, обмежень відносно числа прихованих шарів не існує, але практично застосовують один або два.

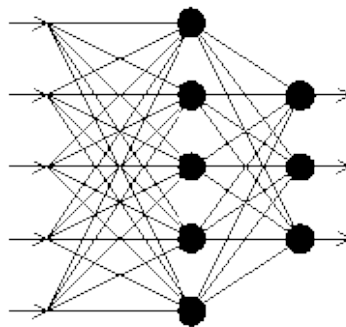


Рисунок 3.6 – Багат шаровий перцептрон

Нейрони організовані в пошарову структуру з прямою передачею сигналу. Кожен нейрон мережі продукує зважену суму своїх входів, пропускає цю величину через передатну функцію і видає вихідне значення.

Мережа може моделювати функцію практично будь-якої складності, причому число прошарків і число нейронів у кожному шарі визначають складність функції. Визначення числа проміжних шарів і числа нейронів в них є важливим при моделюванні мережі. Більшість дослідників та інженерів, застосовуючи архітектуру до визначених проблем використовують загальні правила, зокрема:

Кількість входів і виходів мережі визначаються кількістю вхідних і вихідних параметрів досліджуваного об'єкта, явища, процесу, тощо. На відміну від зовнішніх шарів, число нейронів прихованого шару вибирається емпіричним шляхом. В більшості випадків достатня кількість нейронів становить $n_{ск} \leq n_{вх} + n_{вих}$, де $n_{вх}$, $n_{вих}$ - кількість нейронів у вхідному і, відповідно, у вихідному шарах.

Якщо складність у відношенні між отриманими та бажаними даними на виході збільшується, кількість нейронів прихованого шару повинна також збільшитися.

Якщо моделювання може поділятися на багато етапів, потрібен додатковий прихований шар (шари). Якщо процес не розділяється на етапи, тоді додаткові шари можуть допустити перезапам'ятовування і, відповідно, невірне загальне рішення.

Після того, як визначено число прошарків і число нейронів в кожному з них, потрібно знайти значення для синаптичних ваг і порогів мережі, здатних мінімізувати похибку отриманого результату. Саме для цього існують алгоритми навчання, де відбувається підгонка моделі мережі до наявних навчальних даних. Похибка для конкретної моделі мережі визначається шляхом проходження через мережу всіх навчальних прикладів і порівняння отриманих вихідних значень з бажаними значеннями. Безліч похибок створює функцію похибок, значення якої можна розглядати, як похибку мережі. Як функції похибок найчастіше використовують суму квадратів похибок.

Алгоритм діє ітеративно, його кроки називаються епохами. На кожній епосі на вхід мережі по черзі подаються всі навчальні приклади, вихідні значення мережі порівнюються з бажаними значеннями і обчислюється похибка. Значення похибки, а також градієнту поверхні станів використовують для корекції ваг, і дії повторюються. Процес навчання припиняється або коли пройдено певну кількість епох, або коли похибка досягає певного рівня малості, або коли похибка перестає зменшуватись (користувач переважно сам вибирає потрібний критерій зупинки).

Для збору даних з клавіатури було розроблено програму (рис.3.7) за допомогою середовища VisualStudio.

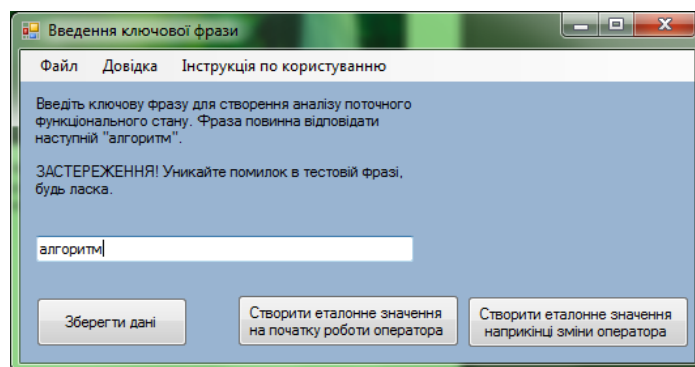


Рисунок 3.7– Головне вікно програми

В результаті роботи програми формується файл (рис.3.8), у якому зберігаються дані про час натискання на клавішу та час утримання для ключової фрази – «алгоритм».

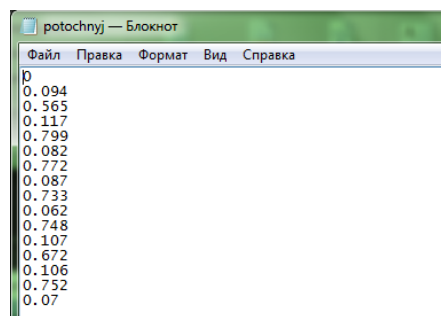


Рисунок 3.8– Вигляд файлу у якому зберігається інформація про останні введені дані користувачем

Після того, як файл з поточними даними оператора буде оброблений за допомогою нейронної мережі, оператор має змогу продивитися результат по

його поточному стану. Якщо стан оператора задовільний, то користувач отримує повідомлення (рис.3.9) про те, що роботу можна продовжити.

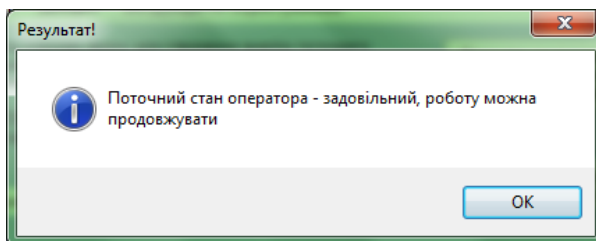


Рисунок 3.9– Вікно повідомлення про задовільний стан оператора

Якщо стан оператора незадовільний, то програма виводить попередження (рис.3.10) про необхідність припинення роботи оператора.

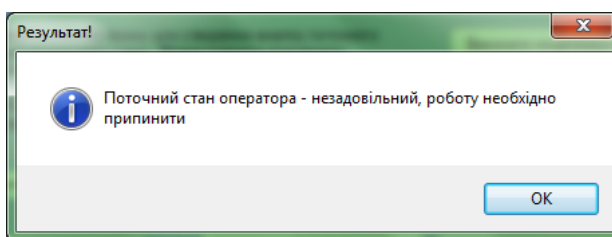


Рисунок 3.10– Вікно повідомлення про незадовільний стан оператора

3.4 Висновки до розділу 3

Розроблено інформаційну підсистему визначення функціонального стану операторів.

Дані, які збираються в результаті роботи модуля, підлягають аналізу за допомогою нейронної мережі.

Для моделювання був обраний тип нейронної мережі FeedForward BackPropagation. BackPropagation найбільш популярна, ефективна і легка модель навчання для складних, багатошарових мереж.

Для розроблення програмного модуля визначення функціонального стану оператора було обрано середовище Visual Studio та для побудови нейронної мережі – середовище MatLAB.

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасного стану проблеми визначення функціонального стану оператора показав, що на сьогоднішній день засоби автоматизованого визначення функціонального стану не отримали широкого розповсюдження в існуючих АТК.

Визначення стану оператора доцільно проводити методом аналізу клавіатурного почерку оператора.

Для вирішення задачі визначення функціонального стану оператора було запропоновано підхід, а також розроблена математична модель та алгоритм визначення психофізіологічного стану оператора, на їх основі побудовано програмне забезпечення для збору та обробки даних, які характеризують стан людини-оператора.

На основі обробки експериментальних даних показано, що використання розробленої математичної моделі в складі запропонованого алгоритму дозволяє вирішувати задачу визначення стану оператора в АТК.

Наукова новизна полягає в тому, що на відміну від апаратних методів контролю функціонального стану, запропонований метод використовує модель, основу на використанні апарату нейронних мереж, що забезпечує суттєве зростання точності і характеризується невибагливістю до апаратного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лавров Е.А., Скиданенко А.С.//Эргономические резервы повышения эффективности АСУТП производства удобрений. Сучасні інформаційні системи і технології: матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції, м.Суми,21-24 травня 2013 р. / редкол.А.С. Довбиш, О.А. Борисенко, О.В. Бондар.-Суми: Сумський державний університет,2013- С.53-54.
2. Haykin S. Neural networks, a comprehensive foundation. – N.Y.: Macmillan College Publishing Company, 2000.
3. Ключарев В.А., Никишина И.С., Лысков Е.Б., Сандстрем М., Хансон Милд К. Влияние слабых электромагнитных полей на стабильность изображения компьютерного монитора: возможные последствия для операторов Текст. / Физиология человека. 2000, т.26, сч.54.
4. Иванов А. И. Нейросетевые технологии биометрической аутентификации пользователей открытых систем Текст. // Автореф. дис. . доктора техн. наук. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002.
5. Компьютерная графология Электронный ресурс. / Режим доступа . – <http://www.geocities.com/werebad/art1999/compgrafo.htm>
6. Иванов А. И. Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений [Текст]. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000.-210 с.
7. В.И.Волчихин, А.И.Иванов Естественное использование искусственных нейронных сетей в биометрии [Текст]. // "Системы безопасности" №3 2002 г. стр. 48-49.
8. Волчихин В. И. Биометрия: быстрое обучение искусственных нейронных сетей [Текст]. / В.И.Волчихин, А.И.Иванов. Пенза: Изд-во Пенз. гос. унта, 2000.- 125 с.

9. Волчихин В. И. Использование тайных биометрических образов человека [Текст]. / В.И. Волчихин, А.И. Иванов // Системы безопасности. 2002. -№2(44). -С. 40-41.
10. Галушкин А. И. Нейронные сети: история развития: Учеб. пособие для вузов [Текст]. / А. И. Галушкин, Я. З. Цыпкин // М.: ИПРЖ, 2001. 214 с.
11. Дорофеева Э.Т. О возможных критериях распознавания эмоциональных состояний [Текст]. // Проблемы моделирования психической деятельности. Вып.2 Новосибирск, 2002. с. 65-68.
12. Практикум по общей экспериментальной и прикладной психологии. Под ред. Крылова А. А, Маничева С. А.— СПб.: Питер, 2003. — 560 с.
13. Юрков Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы: моногр./ Н.К.Юрков – Пенза:Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.
14. Суздальцев А.И., Лобанова В.А., Абашин В.Г. Определение психофизиологического состояния оперативного персонала по клавиатурному почерку на нефтеперерабатывающих мини-заводах//Электронный журнал «Нефтегазовое дело», 2006. /режим доступа.– http://www.ogbus.ru/authors/Suzdaltsev/Suzdaltsev_1.pdf
15. Дитхелм Герд Управление проектами. СПб, Бизнес-процесса, 2003, Том 1 "Основы", 390 с., Том 2 "Особенности", 274 с.
16. Иванов А. И. Нейросетевые технологии биометрической аутентификации пользователей открытых систем [Текст] // Автореф. дис. ... доктора техн. наук. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002.
17. Абашин В.Г. Адаптивная математическая модель мультибиометрической подсистемы определения работоспособности человека-оператора АРМ на основе нечетких множеств. Информационные системы и технологии 2011. - №5(додаток Д).С. 90-96

**ДОДАТОК А – ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА
(обов'язковий)**

```
Imports System.IO
Imports System.Runtime.InteropServices

Public Class Form1
    Dim kd1, kd2, kd3, kd4, kd5, kd6, kd7, kd8 As Date 'событие нажатия на кнопку
    Dim ku1, ku2, ku3, ku4, ku5, ku6, ku7, ku8 As Date 'событие отпуска кнопки
    Dim tn1, tn2, tn3, tn4, tn5, tn6, tn7, tn8 As Single 'время между нажатиями кнопок
    Dim tu1, tu2, tu3, tu4, tu5, tu6, tu7, tu8 As Single 'время удержания кнопок
    Dim reader As StreamReader

    Private Sub TextBox1_KeyDown(sender As System.Object, e As System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles TextBox1.KeyDown
        If e.KeyCode = Keys.F Then
            kd1 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.K Then
            kd2 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.U Then
            kd3 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.J Then
            kd4 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.H Then
            kd5 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.B Then
            kd6 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.N Then
            kd7 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.V Then
            kd8 = Now()
        EndIf
    EndSub

    Private Sub TextBox1_KeyUp(sender As System.Object, e As System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles TextBox1.KeyUp
        If e.KeyCode = Keys.F Then
            ku1 = Now()
        EndIf
        If e.KeyCode = Keys.K Then
            ku2 = Now()
        EndIf
    EndSub
End Class
```

```

EndIf
If e.KeyCode = Keys.U Then
    ku3 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.J Then
    ku4 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.H Then
    ku5 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.B Then
    ku6 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.N Then
    ku7 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.V Then
    ku8 = Now()
EndIf
EndSub

```

```

PrivateSub Button1_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
Button1.Click

```

```

If TextBox1.Text = "алгоритм"Then
    tn1 = 0
    tu1 = (ku1 - kd1).Milliseconds / 1000
    tn2 = (kd2 - ku1).Milliseconds / 1000
    tu2 = (ku2 - kd2).Milliseconds / 1000
    tn3 = (kd3 - ku2).Milliseconds / 1000
    tu3 = (ku3 - kd3).Milliseconds / 1000
    tn4 = (kd4 - ku3).Milliseconds / 1000
    tu4 = (ku4 - kd4).Milliseconds / 1000
    tn5 = (kd5 - ku4).Milliseconds / 1000
    tu5 = (ku5 - kd5).Milliseconds / 1000
    tn6 = (kd6 - ku5).Milliseconds / 1000
    tu6 = (ku6 - kd6).Milliseconds / 1000
    tn7 = (kd7 - ku6).Milliseconds / 1000
    tu7 = (ku7 - kd7).Milliseconds / 1000
    tn8 = (kd8 - ku7).Milliseconds / 1000
    tu8 = (ku8 - kd8).Milliseconds / 1000

```

```

Dim writer AsNewStreamWriter("C:\klaviatura\potochnyj.txt", False,
System.Text.Encoding.GetEncoding(1251))
writer.WriteLine(tn1)
writer.WriteLine(tu1)
writer.WriteLine(tn2)
writer.WriteLine(tu2)
writer.WriteLine(tn3)
writer.WriteLine(tu3)
writer.WriteLine(tn4)
writer.WriteLine(tu4)

```



```

writer.WriteLine(tn5)
writer.WriteLine(tu5)
writer.WriteLine(tn6)
writer.WriteLine(tu6)
writer.WriteLine(tn7)
writer.WriteLine(tu7)
writer.WriteLine(tn8)
writer.WriteLine(tu8)
writer.Close()
Dim Txt As String = IO.File.ReadAllText("C:\klaviatura\potochnyj.txt",
System.Text.Encoding.Default)
Txt = Txt.Replace(", ".")
IO.File.WriteAllText("C:\klaviatura\potochnyj.txt", Txt, System.Text.Encoding.Default)
Button4.Visible = True
Else : MessageBox.Show("Будь ласка, перевірте правильність введення фрази для
занесення еталонного значення", "Помилка!", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Asterisk)
EndIf
EndSub

PrivateSub Button2_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
Button2.Click
Form2.Visible = True
Me.Visible = False
EndSub

PrivateSub Button3_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
Button3.Click
Form3.Visible = True
Me.Visible = False
EndSub

PrivateSub Button4_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
Button4.Click
Process.Start("C:\klaviatura\Untitled1.exe")
Button5.Visible = True
EndSub

PrivateSub ІнструкціяПоКористуваннюToolStripMenuItem_Click(sender As System.Object, e
As System.EventArgs) Handles ІнструкціяПоКористуваннюToolStripMenuItem.Click
Dim wApp As Microsoft.Office.Interop.Word.Application
Dim wDoc As Microsoft.Office.Interop.Word.Document
wApp = New Microsoft.Office.Interop.Word.Application
wApp.Visible = True
wDoc = wApp.Documents.Open("C:\klaviatura\інструкція.docx")
EndSub

PrivateSub ВихідToolStripMenuItem_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs)
Handles ВихідToolStripMenuItem.Click
Me.Close()
EndSub

```

```
PrivateSub ДовідкаПроПрограмуToolStripMenuItem_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles ДовідкаПроПрограмуToolStripMenuItem.Click
Form5.Show()
EndSub
```

```
PrivateSub ДовідкаПроРозробниківToolStripMenuItem_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles ДовідкаПроРозробниківToolStripMenuItem.Click
Form4.Show()
EndSub
```

```
PrivateSub ВідкритиОстанніВведеніДаніToolStripMenuItem_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles ВідкритиОстанніВведеніДаніToolStripMenuItem.Click
Process.Start("C:\klaviatura\potochnyj.txt")
EndSub
```

```
PrivateSub Button5_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles Button5.Click
Dim Txt AsString = IO.File.ReadAllText("C:\klaviatura\result.txt", System.Text.Encoding.Default)
If Txt = 1 Then
MessageBox.Show("Поточний стан оператора - задовільний, роботу можна продовжувати", "Результат!", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Asterisk)
ElseIf Txt = 0 Then
MessageBox.Show("Поточний стан оператора - незадовільний, роботу необхідно припинити", "Результат!", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Asterisk)
EndIf
Button4.Visible = False
Button5.Visible = False
EndSub
EndClass
```

```
Imports System.IO
Imports System.Runtime.InteropServices
```

```
PublicClassForm2
Dim reader AsStreamReader
Dim kd1, kd2, kd3, kd4, kd5, kd6, kd7, kd8 AsDate'событие нажатия на кнопку
Dim ku1, ku2, ku3, ku4, ku5, ku6, ku7, ku8 AsDate'событие отпуска кнопки
Dim tn1, tn2, tn3, tn4, tn5, tn6, tn7, tn8 AsSingle'время между нажатиями кнопок
Dim tu1, tu2, tu3, tu4, tu5, tu6, tu7, tu8 AsSingle'время удержания кнопок
Dim path AsString
```

```
PrivateSub Form2_FormClosed(sender As System.Object, e As System.Windows.Forms.FormClosedEventArgs) Handles MyBase.FormClosed
Me.Visible = False
Form1.Visible = True
EndSub
```

```

PrivateSub TextBox1_KeyDown(sender As System.Object, e As
System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles TextBox1.KeyDown
If e.KeyCode = Keys.F Then
    kd1 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.K Then
    kd2 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.U Then
    kd3 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.J Then
    kd4 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.H Then
    kd5 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.B Then
    kd6 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.N Then
    kd7 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.V Then
    kd8 = Now()
EndIf
EndSub

```

```

PrivateSub TextBox1_KeyUp(sender As System.Object, e As
System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles TextBox1.KeyUp
If e.KeyCode = Keys.F Then
    ku1 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.K Then
    ku2 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.U Then
    ku3 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.J Then
    ku4 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.H Then
    ku5 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.B Then
    ku6 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.N Then
    ku7 = Now()
EndIf

```

```

If e.KeyCode = Keys.V Then
    ku8 = Now()
EndIf
EndSub

```

```

PrivateSub Button1_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
Button1.Click

```

```

If TextBox1.Text = "алгоритм"Then
    tn1 = 0
    tu1 = (ku1 - kd1).Milliseconds / 1000
    tn2 = (kd2 - ku1).Milliseconds / 1000
    tu2 = (ku2 - kd2).Milliseconds / 1000
    tn3 = (kd3 - ku2).Milliseconds / 1000
    tu3 = (ku3 - kd3).Milliseconds / 1000
    tn4 = (kd4 - ku3).Milliseconds / 1000
    tu4 = (ku4 - kd4).Milliseconds / 1000
    tn5 = (kd5 - ku4).Milliseconds / 1000
    tu5 = (ku5 - kd5).Milliseconds / 1000
    tn6 = (kd6 - ku5).Milliseconds / 1000
    tu6 = (ku6 - kd6).Milliseconds / 1000
    tn7 = (kd7 - ku6).Milliseconds / 1000
    tu7 = (ku7 - kd7).Milliseconds / 1000
    tn8 = (kd8 - ku7).Milliseconds / 1000
    tu8 = (ku8 - kd8).Milliseconds / 1000

```

```

Dim writer AsNewStreamWriter("C:\klaviatura\etalon.txt", False,
System.Text.Encoding.GetEncoding(1251))

```

```

writer.WriteLine(tn1)
writer.WriteLine(tu1)
writer.WriteLine(tn2)
writer.WriteLine(tu2)
writer.WriteLine(tn3)
writer.WriteLine(tu3)
writer.WriteLine(tn4)
writer.WriteLine(tu4)
writer.WriteLine(tn5)
writer.WriteLine(tu5)
writer.WriteLine(tn6)
writer.WriteLine(tu6)
writer.WriteLine(tn7)
writer.WriteLine(tu7)
writer.WriteLine(tn8)
writer.WriteLine(tu8)
writer.Close()

```

```

Dim Txt AsString = IO.File.ReadAllText("C:\klaviatura\etalon.txt",
System.Text.Encoding.Default)

```

```

Txt = Txt.Replace(",", ".")

```

```

IO.File.WriteAllText("C:\klaviatura\etalon.txt", Txt, System.Text.Encoding.Default)

```

```

Dim writer1 AsNewStreamWriter("C:\klaviatura\e_result.txt", False,
System.Text.Encoding.GetEncoding(1251)) ' Открываем файл "D:Test1.txt",
writer1.Write("[")

```

```

        writer1.Write("1")
        writer1.Write("]")
        writer1.Close()
Else : MessageBox.Show("Будь ласка, перевірте правильність введення фрази для
занесення еталонного значення", "Помилка!", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Asterisk)
EndIf
EndSub
EndClass
Imports System.IO
Imports System.Runtime.InteropServices

PublicClass Form3
Dim reader AsStreamReader
Dim kd1, kd2, kd3, kd4, kd5, kd6, kd7, kd8 AsDate'событие нажатия на кнопку
Dim ku1, ku2, ku3, ku4, ku5, ku6, ku7, ku8 AsDate'событие отпуска кнопки
Dim tn1, tn2, tn3, tn4, tn5, tn6, tn7, tn8 AsSingle'время между нажатиями кнопок
Dim tu1, tu2, tu3, tu4, tu5, tu6, tu7, tu8 AsSingle'время удержания кнопок
Dim path AsString

PrivateSub Form3_FormClosed(sender As System.Object, e As
System.Windows.Forms.FormClosedEventArgs) Handles MyBase.FormClosed
Me.Visible = False
Form1.Visible = True
EndSub

PrivateSub TextBox1_KeyDown(sender As System.Object, e As
System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles TextBox1.KeyDown
If e.KeyCode = Keys.F Then
    kd1 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.K Then
    kd2 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.U Then
    kd3 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.J Then
    kd4 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.H Then
    kd5 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.B Then
    kd6 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.N Then
    kd7 = Now()
EndIf
If e.KeyCode = Keys.V Then
    kd8 = Now()

```

```
EndIf  
EndSub
```

```
PrivateSub TextBox1_KeyUp(sender As System.Object, e As  
System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles TextBox1.KeyUp  
If e.KeyCode = Keys.F Then  
    ku1 = Now()  
EndIf  
If e.KeyCode = Keys.K Then  
    ku2 = Now()  
EndIf  
If e.KeyCode = Keys.U Then  
    ku3 = Now()  
EndIf  
If e.KeyCode = Keys.J Then  
    ku4 = Now()  
EndIf  
If e.KeyCode = Keys.H Then  
    ku5 = Now()  
EndIf  
If e.KeyCode = Keys.B Then  
    ku6 = Now()  
EndIf  
If e.KeyCode = Keys.N Then  
    ku7 = Now()  
EndIf  
If e.KeyCode = Keys.V Then  
    ku8 = Now()  
EndIf  
EndSub
```

```
PrivateSub Button1_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles  
Button1.Click  
If TextBox1.Text = "алгоритм"Then  
    tn1 = 0  
    tu1 = (ku1 - kd1).Milliseconds / 1000  
    tn2 = (kd2 - ku1).Milliseconds / 1000  
    tu2 = (ku2 - kd2).Milliseconds / 1000  
    tn3 = (kd3 - ku2).Milliseconds / 1000  
    tu3 = (ku3 - kd3).Milliseconds / 1000  
    tn4 = (kd4 - ku3).Milliseconds / 1000  
    tu4 = (ku4 - kd4).Milliseconds / 1000  
    tn5 = (kd5 - ku4).Milliseconds / 1000  
    tu5 = (ku5 - kd5).Milliseconds / 1000  
    tn6 = (kd6 - ku5).Milliseconds / 1000  
    tu6 = (ku6 - kd6).Milliseconds / 1000  
    tn7 = (kd7 - ku6).Milliseconds / 1000  
    tu7 = (ku7 - kd7).Milliseconds / 1000  
    tn8 = (kd8 - ku7).Milliseconds / 1000  
    tu8 = (ku8 - kd8).Milliseconds / 1000
```

```

Dim writer AsNewStreamWriter("C:\klaviatura\etalon1.txt", False,
System.Text.Encoding.GetEncoding(1251))
writer.WriteLine(tn1)
writer.WriteLine(tu1)
writer.WriteLine(tn2)
writer.WriteLine(tu2)
writer.WriteLine(tn3)
writer.WriteLine(tu3)
writer.WriteLine(tn4)
writer.WriteLine(tu4)
writer.WriteLine(tn5)
writer.WriteLine(tu5)
writer.WriteLine(tn6)
writer.WriteLine(tu6)
writer.WriteLine(tn7)
writer.WriteLine(tu7)
writer.WriteLine(tn8)
writer.WriteLine(tu8)
writer.Close()
Dim Txt AsString = IO.File.ReadAllText("C:\klaviatura\etalon1.txt",
System.Text.Encoding.Default)
Txt = Txt.Replace(", ".")
IO.File.WriteAllText("C:\klaviatura\etalon1.txt", Txt, System.Text.Encoding.Default)
Dim writer1 AsNewStreamWriter("C:\klaviatura\e_result1.txt", False,
System.Text.Encoding.GetEncoding(1251)) ' Открываем файл "D:Test1.txt",
writer1.Write("[")
writer1.Write("0")
writer1.Write("]")
writer1.Close()
Else : MessageBox.Show("Будь ласка, перевірте правильність введення фрази для
занесення еталонного значення", "Помилка!", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Asterisk)
EndIf
EndSub
EndClass

```

ДОДАТОК Б – ЛІСТИНГ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

(обов'язковий)

```
val =  
Neural Network object:  
architecture:  
  numInputs: 1  
  numLayers: 1  
  biasConnect: [1]  
  inputConnect: [1]  
  layerConnect: [0]  
  outputConnect: [1]  
  numOutputs: 1 (read-only)  
  numInputDelays: 0 (read-only)  
  numLayerDelays: 0 (read-only)  
subobject structures:  
  inputs: {1x1 cell} of inputs  
  layers: {1x1 cell} of layers  
  outputs: {1x1 cell} containing 1 output  
  biases: {1x1 cell} containing 1 bias  
  inputWeights: {1x1 cell} containing 1 input weight  
  layerWeights: {1x1 cell} containing no layer weights  
functions:  
  adaptFcn: 'trains'  
  divideFcn: (none)  
  gradientFcn: 'calcgrad'  
  initFcn: 'initlay'  
  performFcn: 'mae'  
  plotFcns: {'plotperform','plottrainstate'}  
  trainFcn: 'trainc'  
parameters:  
  adaptParam: .passes  
  divideParam: (none)  
  gradientParam: (none)  
  initParam: (none)  
  performParam: (none)  
  trainParam: .show, .showWindow, .showCommandLine, .epochs,  
    .goal, .time  
weight and bias values:  
  IW: {1x1 cell} containing 1 input weight matrix  
  LW: {1x1 cell} containing no layer weight matrices  
  b: {1x1 cell} containing 1 bias vector  
other:  
  name: "  
  userdata: (user information)
```


ДОДАТОК В – ЛІСТИНГ .EXE ФАЙЛУ ДЛЯ ЗАПУСКУ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

(обов'язковий)

```
%#function network  
load 'C:\klaviatura\network1.mat';  
a = load('C:\klaviatura\potochnyj.txt');  
p = sim(network1,a);  
dlmwrite('C:\klaviatura\result.txt', p)
```

ДОДАТОК Г – ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

(довідковий)

Для користування програмою необхідно встановити всі необхідні файли на локальний комп'ютер користувача.

Перш за все треба скопіювати папку “klaviatura” з архіву програми install.rar на диск C.

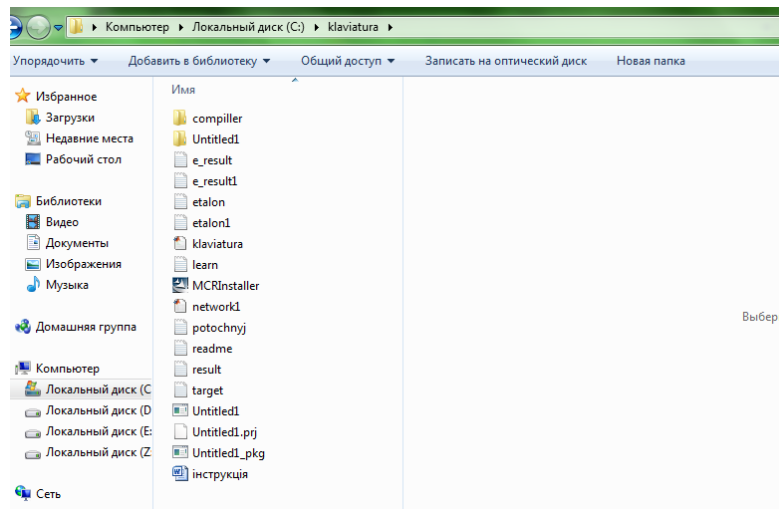


Рисунок Г.1 – Вміст папки klaviatura на диску C

Після того, як папка буде розміщена на диску необхідно запусити Untitled1_pkg.exe файл з директорії \instal\matlab для встановлення компоненти матлабу на комп'ютер.

Після запуску файлу відкривається DOS вікно у якому можна побачити які файли було розпаковано.

Продовження додатку Г

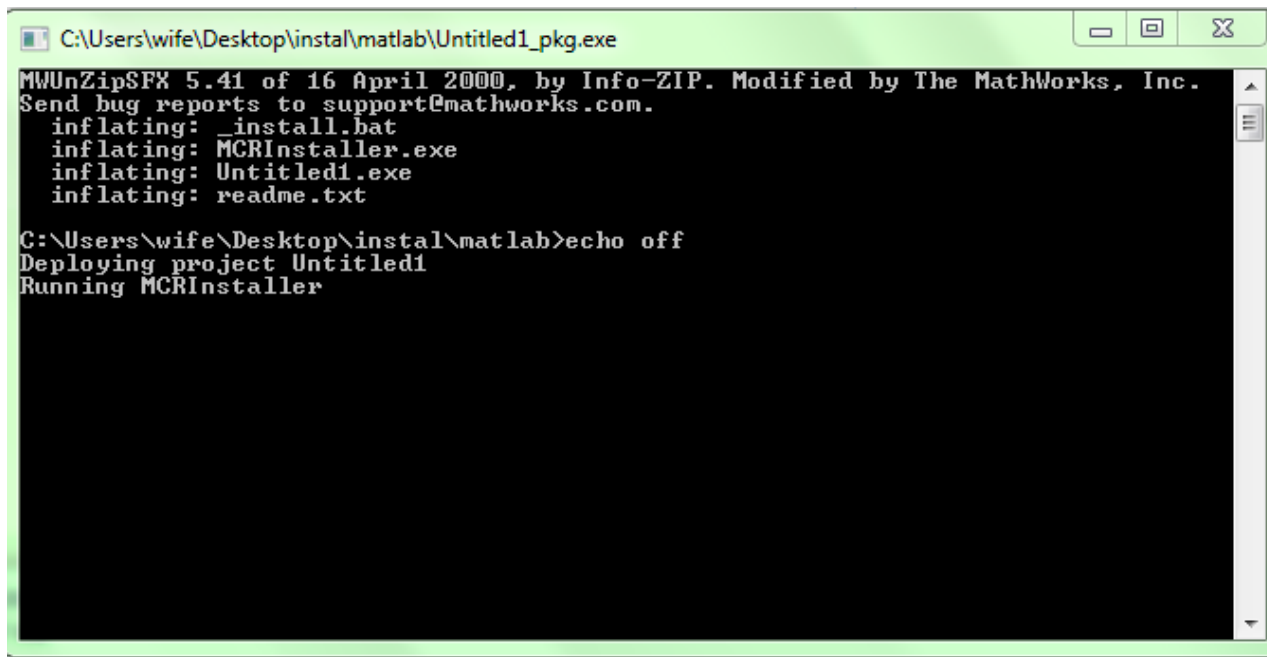


Рисунок Г.2 – Вікно розпакування файлів для встановлення компоненти матлабу

Наступним кроком для користувача буде встановлення додатку для розпізнавання файлів матлабу MCRInstaller.exe.

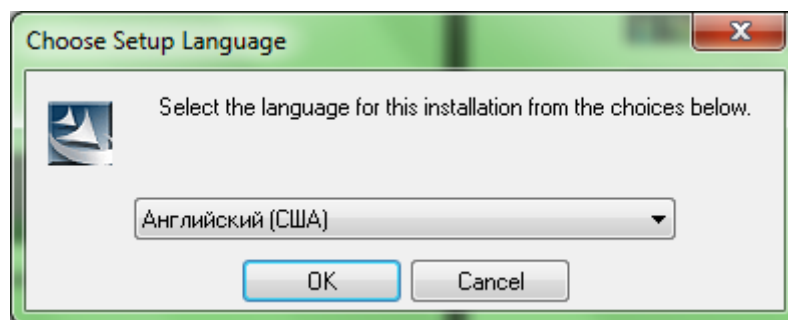


Рисунок Г.3 – Вибір мови встановлення MatLAB Compiler

Продовження додатку Г

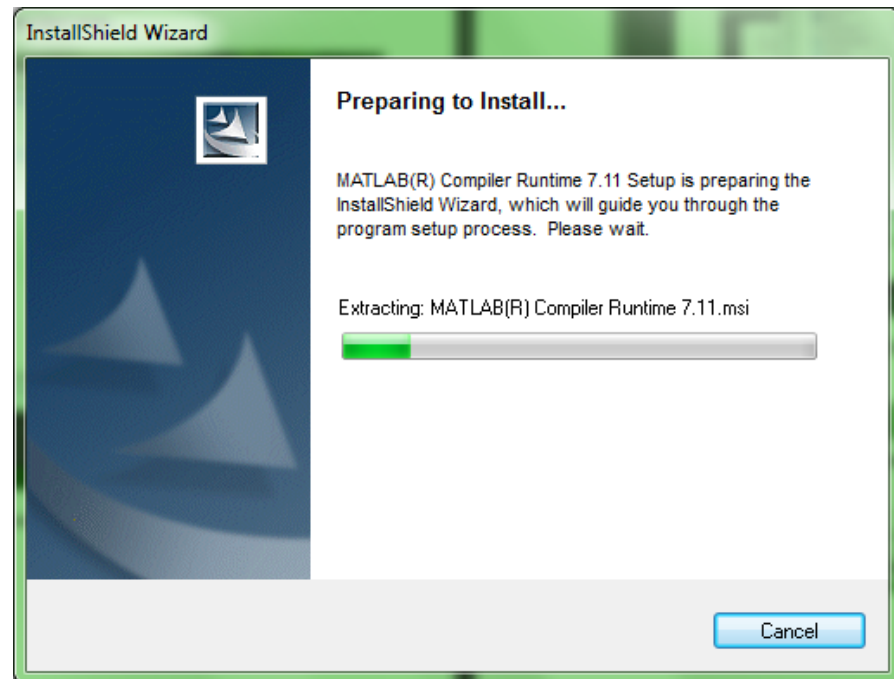


Рисунок Г.4– Запуск установки MatLAB Compiler



Рисунок Г.5 – Успішне завершення установки MatLAB Compiler

Продовження додатку Г

Після успішного встановлення MatLAB Compiler необхідно запуснути установку самої програми. Для цього необхідно перейти по директорії \instal\klaviatura_setup\Debug та запуснути файл klaviatura_setup.exe.

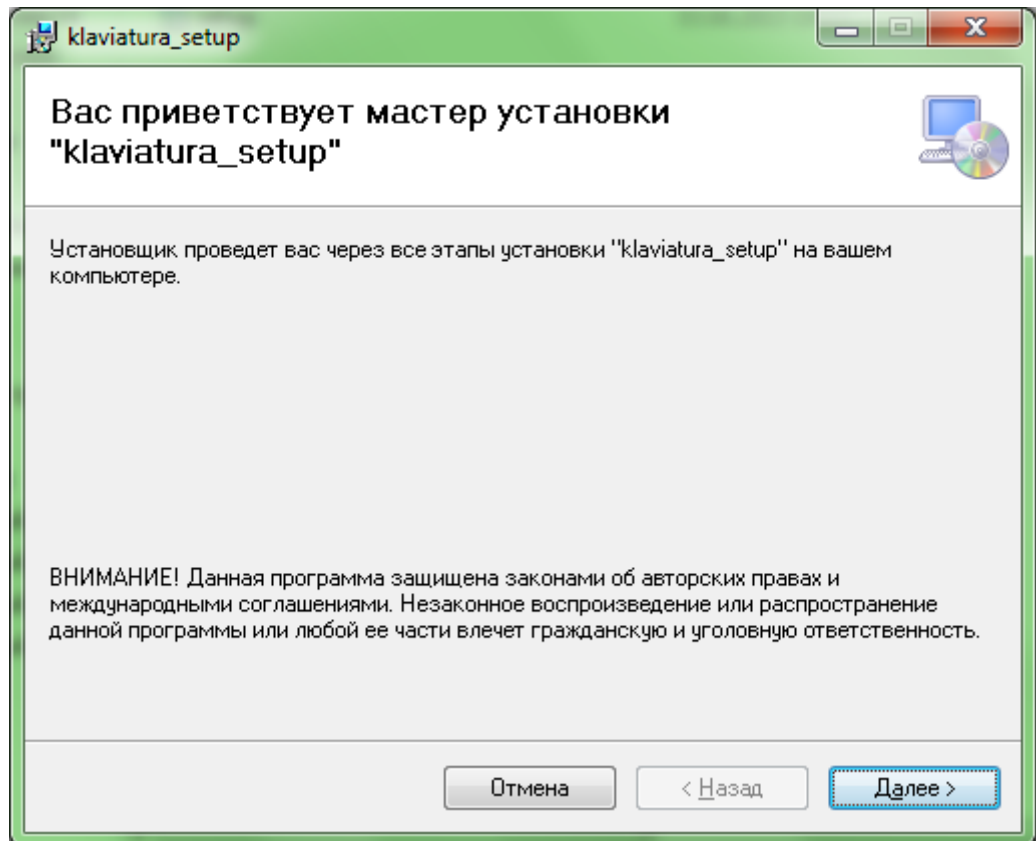


Рисунок Г.6 – Стартовое вікно встановлення програми для визначення функціонального стану людини-оператора

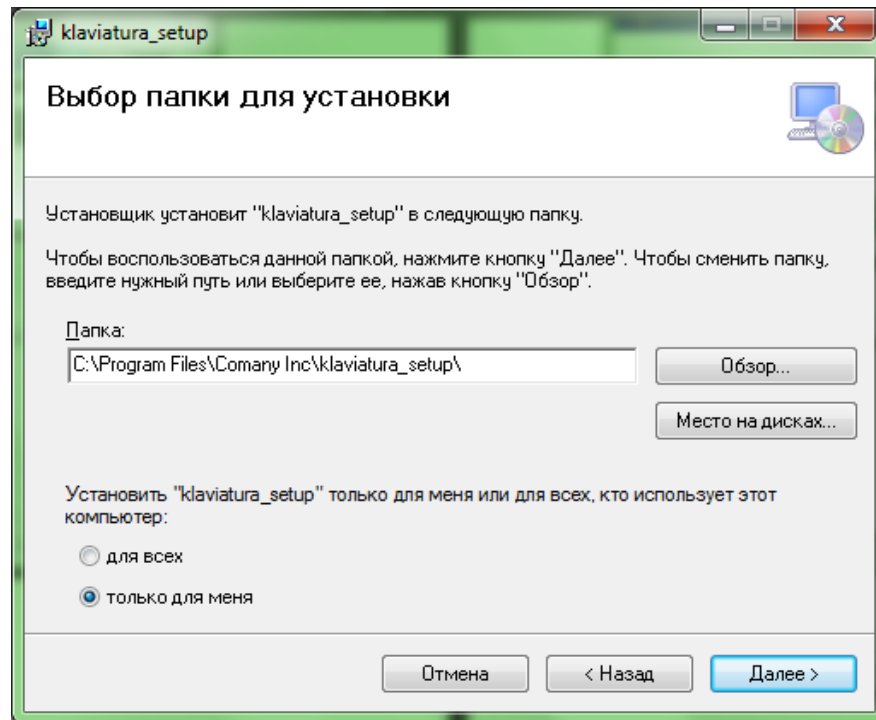


Рисунок Г.7 – Вибір директорії для встановлення програми klaviatura_setup

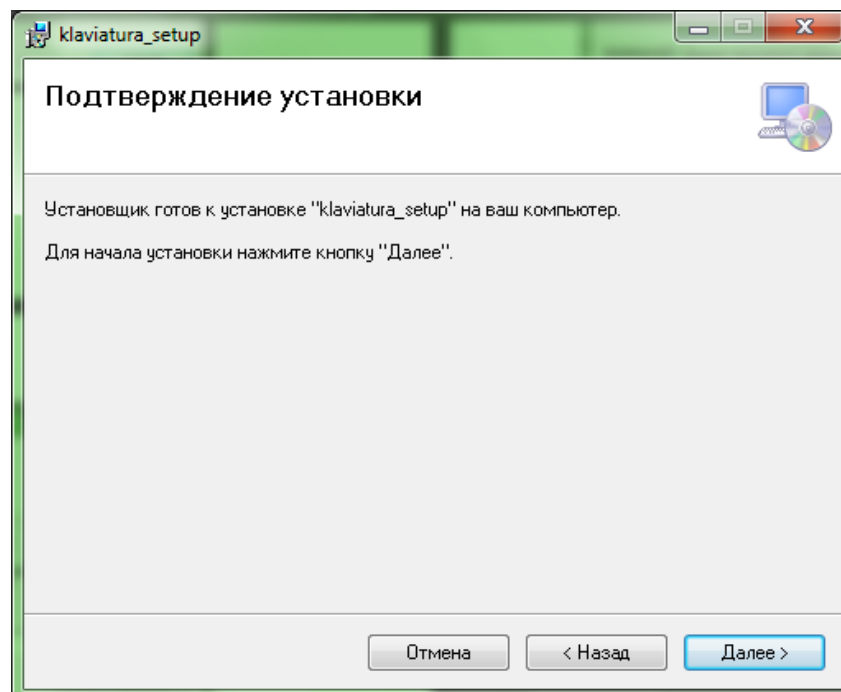


Рисунок Г.8 – Підтвердження встановлення програми klaviatura_setup

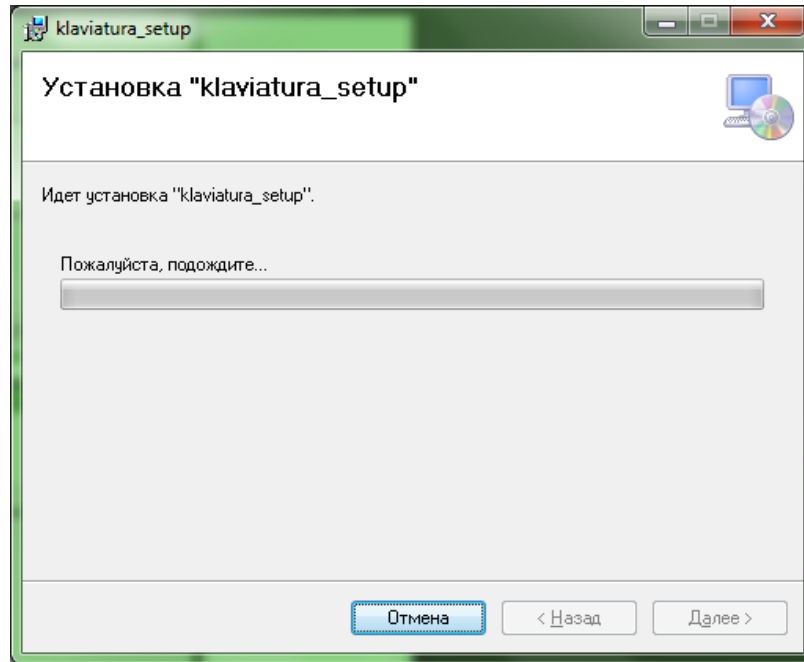


Рисунок Г.9 – Установка програми klaviatura_setup

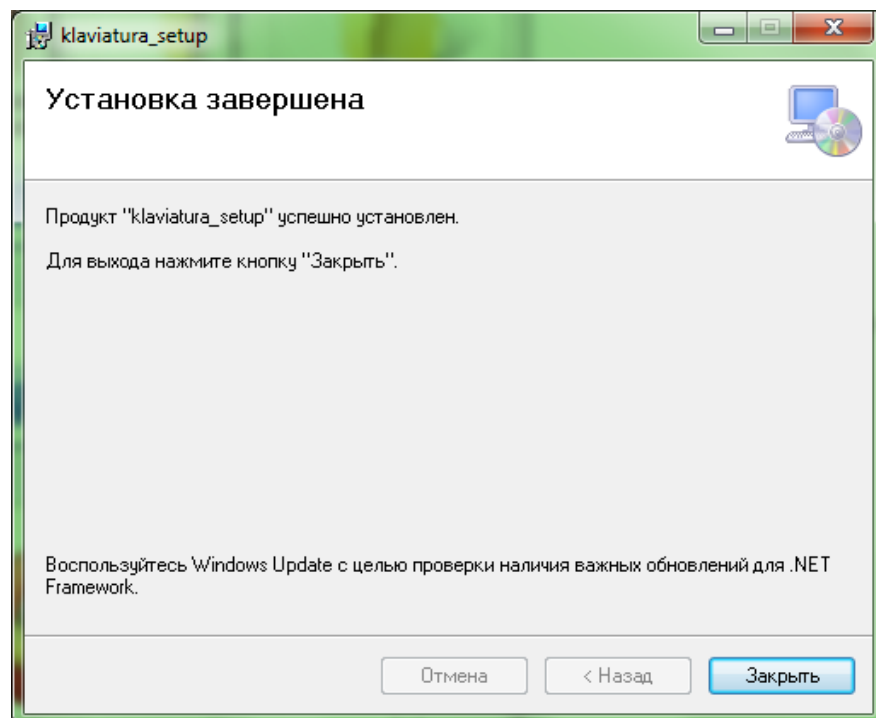


Рисунок Г.10 – Успішне завершення установки програми klaviatura_setup

Продовження додатку Г

Програма успішно встановлена. Ярлик програми збережено на робочому столі.

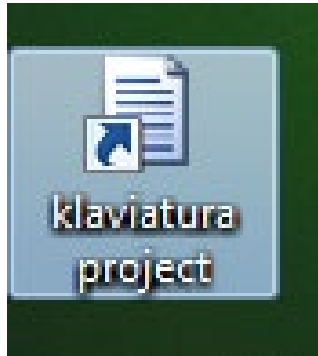


Рисунок Г.11 – Ярлик програми

Для запуску програми необхідно перейти в папку встановленої програми та запустити її за допомогою файлу klaviatura.exe після чого відкривається головне вікно програми, де користувач може ввести ключові фразу та визначити свій поточний стан.

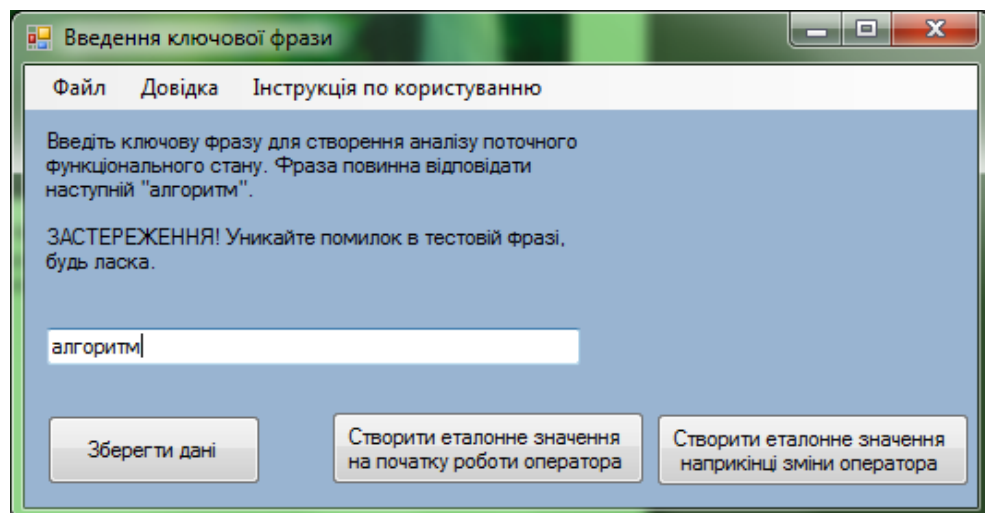


Рисунок Г.12 – Головне вікно програми

Для того, щоб зберегти дані, які були введені користувачем необхідно натиснути на кнопку «Зберегти дані».

Продовження додатку Г

Після натискання на кнопку у головному вікні програми з'являється кнопка «Виконати моделювання для визначення поточного стану оператора» яка викликає файл матлабу. Після натискання на кнопку збережені поточні дані користувача надходять до нейронної мережі.

Для отримання результату про поточний стан оператора необхідно натиснути на кнопку «Переглянути результат моделювання».

Якщо стан оператора задовільний, то користувач отримує повідомлення про те, що роботу можна продовжити.

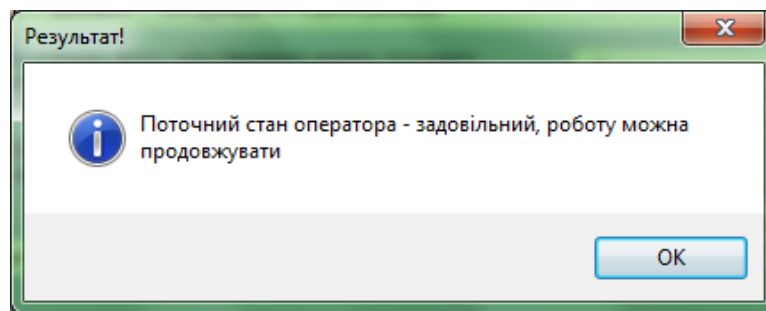


Рисунок Г.13 – Вікно повідомлення про задовільний стан оператора

Якщо стан оператора незадовільний, то програма виводить попередження про необхідність припинення роботи оператора.

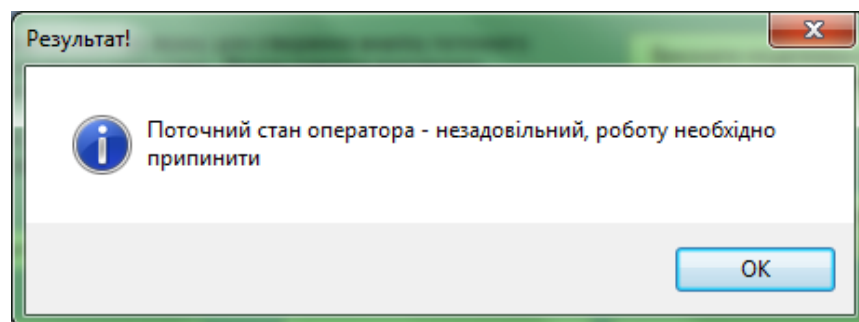


Рисунок Г.14 – Вікно повідомлення про незадовільний стан оператора

Продовження додатку Г

Кнопки «Створити еталонне значення оператора на початку зміни» та «Створити еталонне значення оператора наприкінці зміни» необхідні для створення даних для навчання мережі.

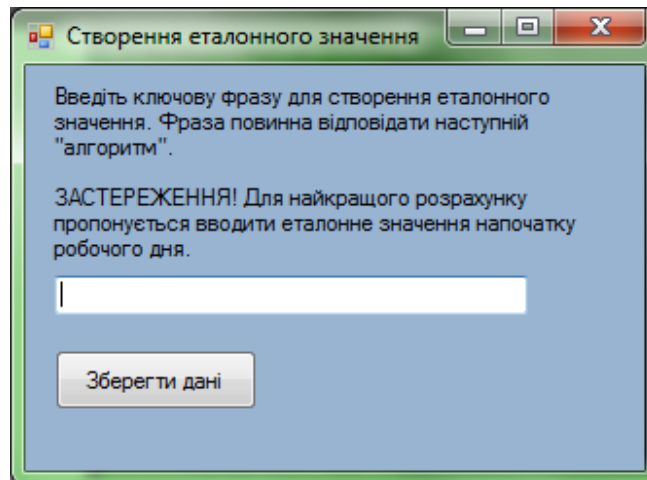


Рисунок Г.15 – Вікно створення еталонного значення оператора на початку зміни

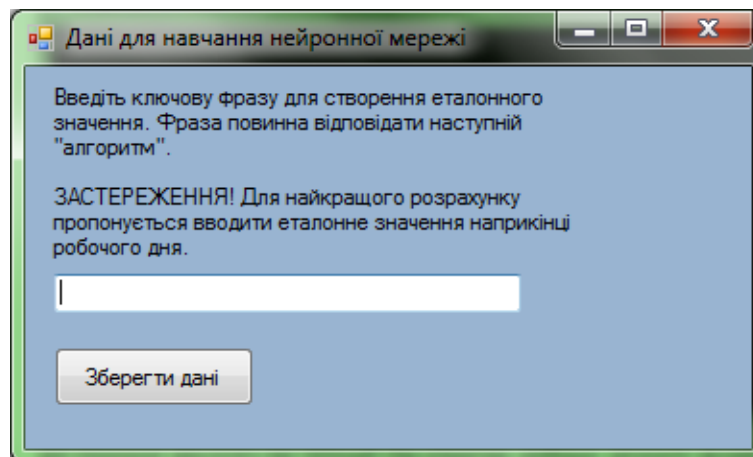


Рисунок Г.16 – Вікно створення еталонного значення оператора наприкінці зміни

Для того, щоб переглянути останні параметри вводу користувача необхідно перейти до пункту меню «Файл» ->«Відкрити останні введені дані».

Продовження додатку Г

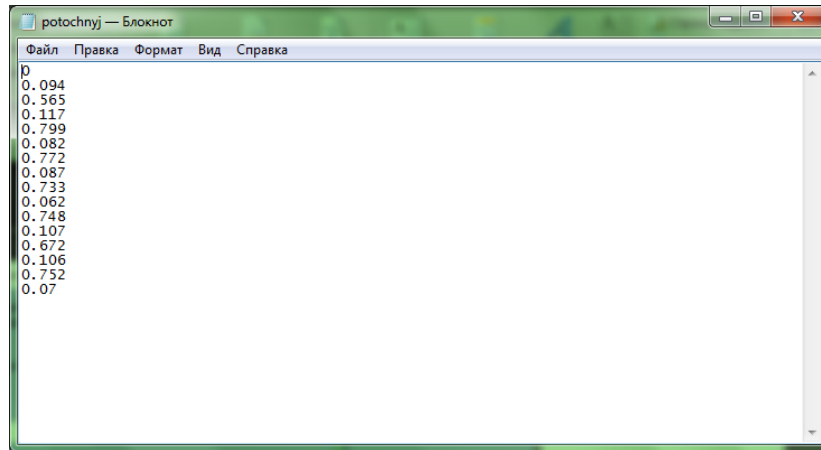


Рисунок Г.17 – Вигляд файлу у якому зберігається інформація про останні введені дані користувачем

Для отримання інформації про програму необхідно перейти до меню «Довідка» ->«Довідка про програму».

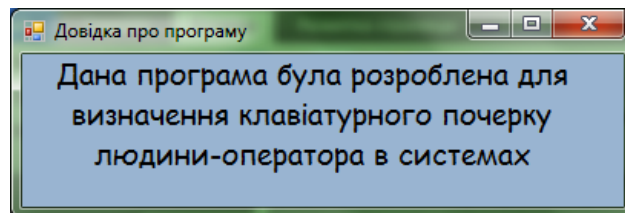


Рисунок Г.18 – Вікно перегляду даних про програму

Для того щоб відкрити інструкцію по користуванню програмою необхідно натиснути на пункт меню «Інструкція по користуванню».

Продовження додатку Г

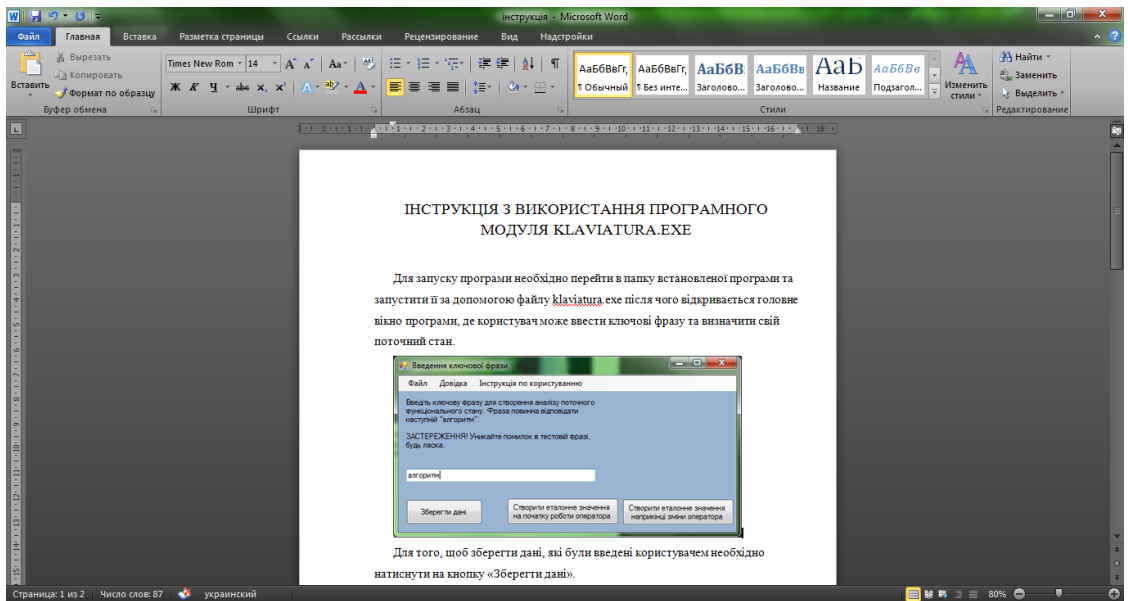


Рисунок Г.20 – Відкритий документ з інструкцією по користуванню

Вийти з програми можна за допомогою кнопки [X] на головній формі програми або перейти до меню «Файл» -> «Вихід».

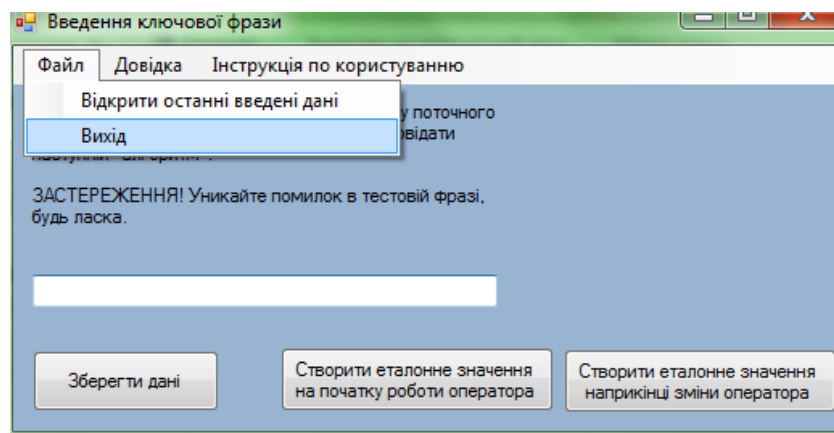


Рисунок Г.21 – Вихід з програми

ДОДАТОК Д – ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для підтвердження теоретичних положень підходу до оцінки психофізіологічного стану оператора, використовуючи клавіатурний почерк, проведено експериментальне дослідження. Предметом дослідження є алгоритми та математичні моделі визначення психофізіологічного стану оператора.

Результати експерименту показали, що втома оператора розвивається протягом робочого дня і вона взаємопов'язана з гальмуванням моторних функцій оператора.

Експерименти проводилися на протязі 1 робочого тижня (рис.Д.1, рис.Д.2, рис.Д.3, рис.Д.4, рис.Д.5). Слід зазначити, що найкращий стан оператора, за результатами досліджень являється на початку робочого тижня, тобто у понеділок. На жаль, з кожним днем стан втоми оператора посилюється та можливість виникнення помилок збільшується.



Рисунок Д.1 – Результати роботи програми у перший робочий день

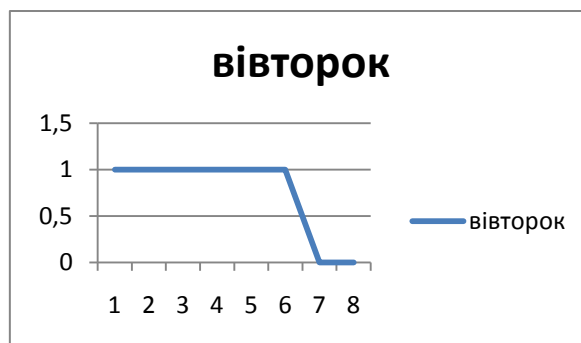


Рисунок Д.2 – Результати роботи програми у другий робочий день

Продовження додатку Д

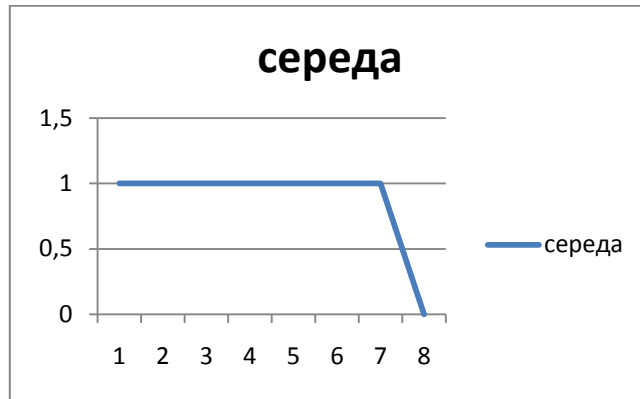


Рисунок Д.3 – Результати роботи програми у третій робочий день

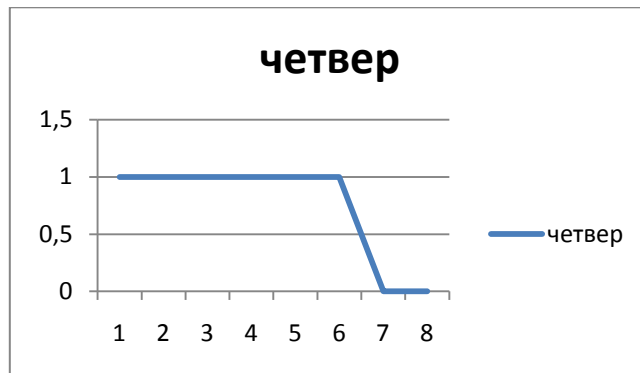


Рисунок Д.4 – Результати роботи програми у четвертий робочий день

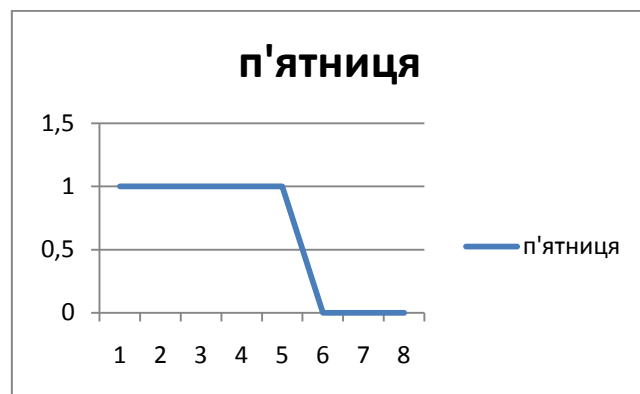


Рисунок Д.5 – Результати роботи програми у п'ятий робочий день

Продовження додатку Д

Для підтвердження експериментів було використано тепінг-тест та програму російського вченого Абашина В.Г. для визначення функціонального стану людини-оператора за допомогою мишки.

Тепінг тест дозволяє діагностувати властивості нервової системи по психомоторним показникам. Сила нервових процесів є показником працездатності нервових клітин і нервової системи в цілому.

Сильна нервова система витримує велику за величиною і тривалості навантаження, ніж слабка.

Дана методика дозволяє отримати дані про динаміку працездатності. Під працездатністю розуміється витривалість.

Результати тепінг тесту (рис.Д.6, рис.Д.7) підтвердили результати роботи підпрограми визначення функціонального стану оператора за допомогою клавіатурного почерку. На діаграмах показано стан оператора на протязі хвилини.

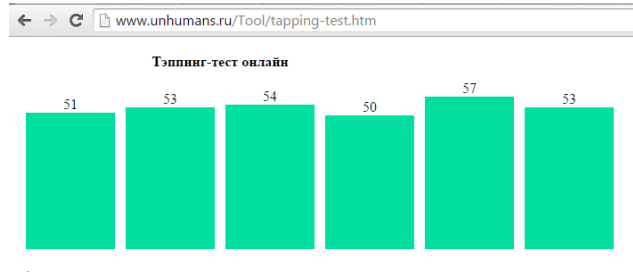


Рисунок Д.6 – Результати тепінг-тесту на початку зміни оператора.

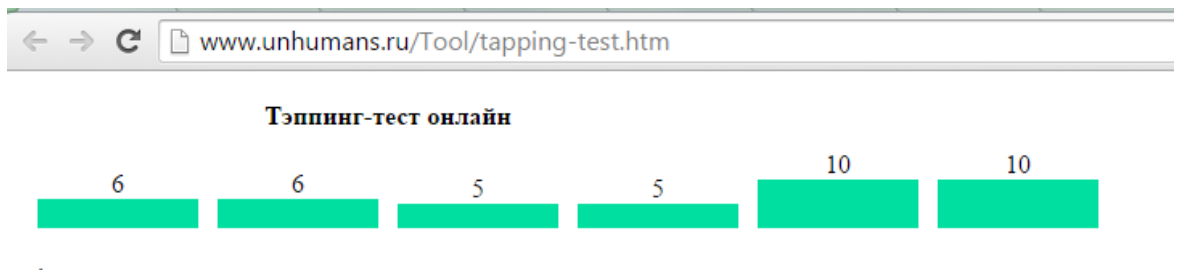


Рисунок Д.7 – Результати тепінг-тесту наприкінці зміни оператора.

Продовження додатку Д

Психомоторні показники нервової системи погіршуються наприкінці робочого дня, та поступово зменшуються на протязі робочого тижня. Дані, які були зібрані за допомогою програми Абашина В.Г., також підтверджують це твердження.

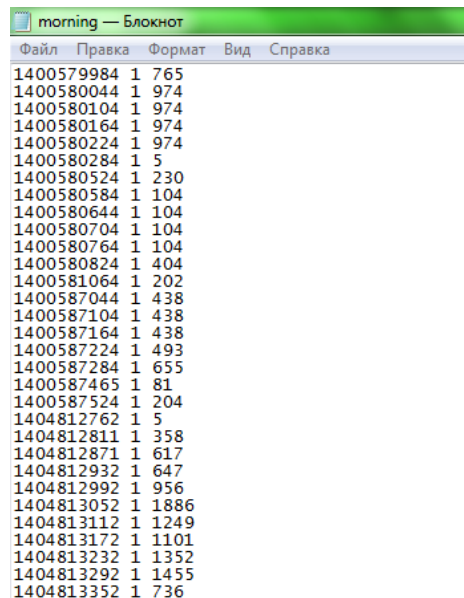
Використана підсистема складається з двох модулів:

- модуль збору даних - модуль під час роботи оператора функціонує на локальній машині та збирає дані з маніпулятора типу «миша»;
- модуль обробки даних - модуль створений для обробки даних, які були зібрані в результаті роботи першого модуля.

Після обробки, дані записуються у текстовий файл. Файл містить наступну інформацію:

- час у форматі UNIX time;
- функціональний стан людини (-1 – погане, 1 – гарне).

Проведені дослідження показали, що на початку роботи оператора його функціональний стан знаходиться у межах норми (рис.Д.8).



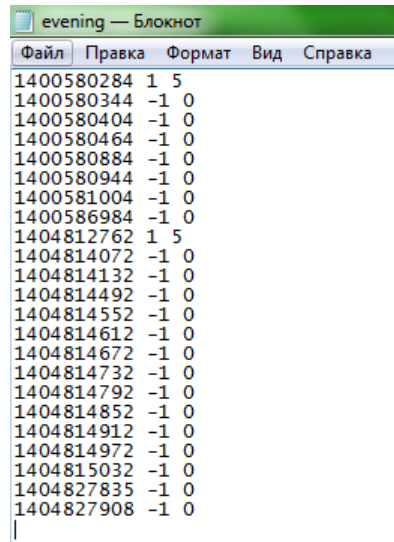
The image shows a screenshot of a Notepad window titled "morning — Блокнот". The window contains a list of data points, each consisting of a long number, a status value, and a time value. The status values are either 1 or -1, and the time values are integers. The data points are as follows:

1400579984	1	765
1400580044	1	974
1400580104	1	974
1400580164	1	974
1400580224	1	974
1400580284	1	5
1400580524	1	230
1400580584	1	104
1400580644	1	104
1400580704	1	104
1400580764	1	104
1400580824	1	404
1400581064	1	202
1400587044	1	438
1400587104	1	438
1400587164	1	438
1400587224	1	493
1400587284	1	655
1400587465	1	81
1400587524	1	204
1404812762	1	5
1404812811	1	358
1404812871	1	617
1404812932	1	647
1404812992	1	956
1404813052	1	1886
1404813112	1	1249
1404813172	1	1101
1404813232	1	1352
1404813292	1	1455
1404813352	1	736

Рисунок Д.8 – Результати на початку зміни

Продовження додатку Д

По закінченню зміни стан оператора стає гіршим (рис.Д.9), адже важливим чинником, який впливає на стан людини є втома.



Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
1400580284	1	5		
1400580344	-1	0		
1400580404	-1	0		
1400580464	-1	0		
1400580884	-1	0		
1400580944	-1	0		
1400581004	-1	0		
1400586984	-1	0		
1404812762	1	5		
1404814072	-1	0		
1404814132	-1	0		
1404814492	-1	0		
1404814552	-1	0		
1404814612	-1	0		
1404814672	-1	0		
1404814732	-1	0		
1404814792	-1	0		
1404814852	-1	0		
1404814912	-1	0		
1404814972	-1	0		
1404815032	-1	0		
1404827835	-1	0		
1404827908	-1	0		

Рисунок Д.9 – Результати вкінці зміни

Експериментальні дані підтверджують теоретичні положення, відносно взаємозв'язку розвитку втоми оператора та розвитку гальмування моторних функцій, а також можливості визначення психофізіологічного стану оператора на основі даних клавіатурного почерку.

АНОТАЦІЯ

Шифр наукової роботи: «Альфа».

Тема роботи: Автоматизація визначення функціонального стану операторів автоматизованих технологічних комплексів.

Актуальність. Основною вимогою сучасних автоматизованих технологічних комплексів є необхідність виконання ергономічних вимог до робочих місць людей-операторів. Оператори працюють в умовах несприятливого зовнішнього середовища, черги заявок, напруженості діяльності. Функціональний стан оператора суттєво впливає на ефективність діяльності, кількість помилок, аварійність, здоров'я людей. Незважаючи на велику кількість досліджень «людського фактору» задача автоматизованого визначення функціонального стану операторів в інформаційних системах вирішена не до кінця.

Мета: Розробка інформаційної технології визначення функціонального стану операторів автоматизованих технологічних комплексів.

Об'єкт дослідження. Діяльність операторів автоматизованих технологічних комплексів.

Предмет дослідження. Автоматизація визначення функціонального стану операторів .

Робота складається з трьох розділів, висновку, списку літератури, п'яти додатків; включає 30 сторінок, 18 рисунків, 17 літературних джерел.

Публікації. За матеріалами дослідження опубліковано 4 наукові роботи. Список робіт та копії публікацій додаються.

Апробації. Результати доповідались на 3 наукових конференціях:

- Міжнародна науково-технічної конференція «Інформатика, Математика, Автоматика ІМА::2018»(Суми, 05-09 лютий 2018);
- XII Міжнародна науково-практична конференція «Цифрові технології в навчанні, науці, суспільстві» (Петрозаводск, 4-6 грудня 2018 року);
- X Міжнародна студентська конференція «Перший крок у науку».

Впровадження. Результати впроваджено в навчальний процес Сумського державного університету.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, НЕЙРОННА МЕРЕЖА, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН, АГЕНТ – МЕНЕДЖЕР, КЛАВІАТУРНИЙ ПОЧЕРК.