

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

**Мета.** Метою практичної роботи є освоєння статистичного методу автентифікації на підставі біометричних характеристик користувача<sup>1</sup>, а також розроблення відповідного програмного засобу.

**ЗМІСТ**

1. Постановка завдань на практичну роботу .....	1
2. Опис алгоритму рішення завдання .....	2
3. Блок-схема алгоритму рішення завдання .....	4
4. Лістинг програмної реалізації програмного засобу згідно завданням .....	7
5. Результати роботи програмного засобу .....	13
5.1. Тестування інтерфейсної частини програмного засобу .....	13
5.2. Тестування функціональної частини програмного засобу .....	14
5.3. Визначення помилок першого та другого роду .....	16

**1. Постановка завдань на практичну роботу**

Розробити програму автентифікації користувача за клавіатурним почерком. Вимоги до програми:

1. Програма повинна працювати у двох режимах:

- навчання (створення біометричного еталону);
- ідентифікація (порівняння з біометричним еталоном).

2. На етапі навчання необхідно визначати еталонні статистичні параметри клавіатурного почерку – оцінки математичного сподівання й дисперсії тривалості затримки між натисканням клавіш. Параметри повинні записуватися у файл. Навчання повинно виконуватись за багатократним набором фіксованої контрольної фрази, символи якої рівномірно розподілені по клавіатурі.

3. На етапі ідентифікації необхідно визначити параметри введеної контрольної фрази і перевірити гіпотезу про те, що отримані оцінки математичного сподівання й дисперсії належать тому ж розподілу, що й параметри біометричного еталону. На цьому етапі необхідно відображати отримані оцінки й еталонні параметри. Рівень значущості критерію задавати у діалоговому вікні.

4. На етапах навчання й ідентифікації передбачити можливість пошуку грубих помилок (окремих вимірів).

---

<sup>1</sup> <https://research-journal.org/technical/autentifikaciya-po-klaviaturnomu-pocherku-vygody-i-problemy-ispolzovaniya/>

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

**2. Опис алгоритмів вирішення завдання**

*Алгоритм рішення задачі виключення грубих помилок  
у спостереженнях*

Нехай  $y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  – множина тимчасових інтервалів між натисканням клавіш,  $n$  – кількість тимчасових інтервалів<sup>2</sup>. Необхідно розв'язати задачу перевірки значимості елементів  $y_i, i = \overline{1, n}$  множини  $y$ . Для цього сформуємо множину  $y' = y \setminus y_i$ , тобто всі математичні параметри розраховуються без урахування елемента  $y_i$  у вихідній множині  $y'$ ,  $n'$  – кількість елементів у множині  $y', n' = n - 1$ . Розраховуємо математичне сподівання  $M_i$ :

$$M_i = \frac{\sum_{k=1}^{n'} y'_k}{n'};$$

розраховуємо дисперсію:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n'} (y'_k - M_i)^2}{n' - 1};$$

розраховуємо середньоквадратичне відхилення:

$$S_i = \sqrt{S_i^2}.$$

Розраховуємо коефіцієнт Стюдента<sup>3</sup>  $t_p$ :

$$t_p = \left| \frac{y_i - M_i}{S_i / \sqrt{n'}} \right|.$$

Для числа ступенів свободи  $n' - 1$  і рівня значимості  $\alpha = 0,05$  визначаємо табличний коефіцієнт Стюдента  $t_T$ . Якщо  $t_p > t_T$ , то елемент  $y_i$  – відкидається і розрахунок починається знову до тих пір, поки  $i \neq n$ . В іншому випадку елемент  $y_i$  оголошується значущим.

<sup>2</sup> <https://scienceforum.ru/2016/article/2016029537>

<sup>3</sup> <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.web.ui.datavisualization.charting.statisticformula?redirectedfrom=MSDN&view=netframework-4.8>

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

*Алгоритм рішення задачі перевірки гіпотези про рівність центрів розподілу  
двох нормальних генеральних сукупностей*

Вирішуємо задачу перевірки однорідності двох вибірових дисперсій. Нехай  $n$  – число елементів у множині тимчасових інтервалів<sup>2</sup>.

– Вибіркова дисперсія  $S_1$  для еталонних параметрів.

– Вибіркова дисперсія  $S_2$  для множини тимчасових інтервалів, отримана в режимі автентифікації, тоді

$$S_{\max}^2 = \max(S_1^2, S_2^2), S_{\min}^2 = \min(S_1^2, S_2^2).$$

Розраховуємо коефіцієнт Фішера<sup>4</sup> – розрахунковий  $F_p$  :

$$F_p = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2}.$$

Для кількості ступенів свободи  $n-1$  і рівня значимості  $\alpha=0,05$  визначаємо табличний коефіцієнт Фішера  $F_T$ . Якщо  $F_p > F_T$ , то дисперсії неоднорідні, в іншому випадку дисперсії рівні.

Вирішуємо задачу перевірки гіпотези про рівність центрів розподілу двох нормальних генеральних сукупностей.

Нехай  $y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  – множина тимчасових інтервалів між натисканням клавіш отриманих у режимі автентифікації,  $n$  – кількість тимчасових інтервалів. Нехай  $k_e$  – кількість еталонних спроб набору ключової фрази,  $x_\lambda = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – множина еталонних часових інтервалів ( $\lambda = \overline{1, k_e}$ ), тоді

$$S_{x_\lambda}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{\lambda_i} - M_{x_\lambda})^2}{n-1}; S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - M_y)^2}{n-1};$$
$$S = \sqrt{\frac{(S_{x_\lambda}^2 + S_y^2)(n-1)}{2n-1}}; t_p = \frac{|M_{x_\lambda} - M_y|}{S \cdot \sqrt{\frac{2}{n}}}.$$

Тепер необхідно перевірити, чи можна з певною ймовірністю  $p$  вважати, що розбіжність між  $M_{x_\lambda}$  і  $M_y$  викликані випадковими причинами. Для цього по таблиці розподілу Стюдента (рівень значимості  $\alpha = 1-p$ , число ступенів свободи

<sup>4</sup> <https://docs.microsoft.com/ru-ru/archive/msdn-magazine/2015/november/test-run-the-t-test-using-csharp>

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

$n-1$ ) визначимо табличне значення  $t_T$ , після чого розрахуємо величину  $t_p$ . Якщо  $t_p > t_T$ , то розбіжність не випадкова.

Нехай  $r$  – кількість позитивних рішень задачі, тобто що розбіжність випадкова, тоді  $P = r / k_e$  – оцінка вірогідності, що користувач є автором еталонних характеристик. Необхідно пам'ятати, що з плином часу клавіатурний почерк користувача буде зазнавати змін. У цьому випадку рекомендується після кожної успішної спроби автентифікації зберігати розраховану величину в списку еталонних характеристик користувача.

*Розрахунок помилок 1-го та 2-го роду*

На підставі отриманих результатів з перевірки гіпотез, необхідно розрахувати помилки 1-го та 2-го роду.

Помилки 1-го роду визначаються як вірогідність того, що легітимний користувач не буде вірно ідентифікований:

$$P_1 = \frac{N_1}{N_0},$$

де  $N_0$  – загальна кількість спроб пройти процедуру автентифікації легітимним користувачем,  $N_1$  – кількість невдалих спроб.

Помилки 2-го роду визначаються як вірогідність того, що нелегітимний користувач буде ідентифікований як легітимний:

$$P_2 = \frac{N_2}{N_0},$$

де  $N_0$  – загальна кількість спроб пройти процедуру автентифікації нелегітимним користувачем,  $N_2$  – кількість вдалих спроб.

### **3. Блок-схема алгоритму рішення завдання**

У ході проектування та реалізації програмного забезпечення (згідно з завданням даної практичної роботи) розроблено дві блок-схеми, які відповідають режимам роботи цього програмного забезпечення. На рис. 1. Показана блок-схема алгоритму роботи програмного засобу у режимі навчання, а на рис. 2 – блок-схема алгоритму роботи програмного засобу у режимі автентифікації користувачів на основі кодової фрази (клавіатурний почерк).

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

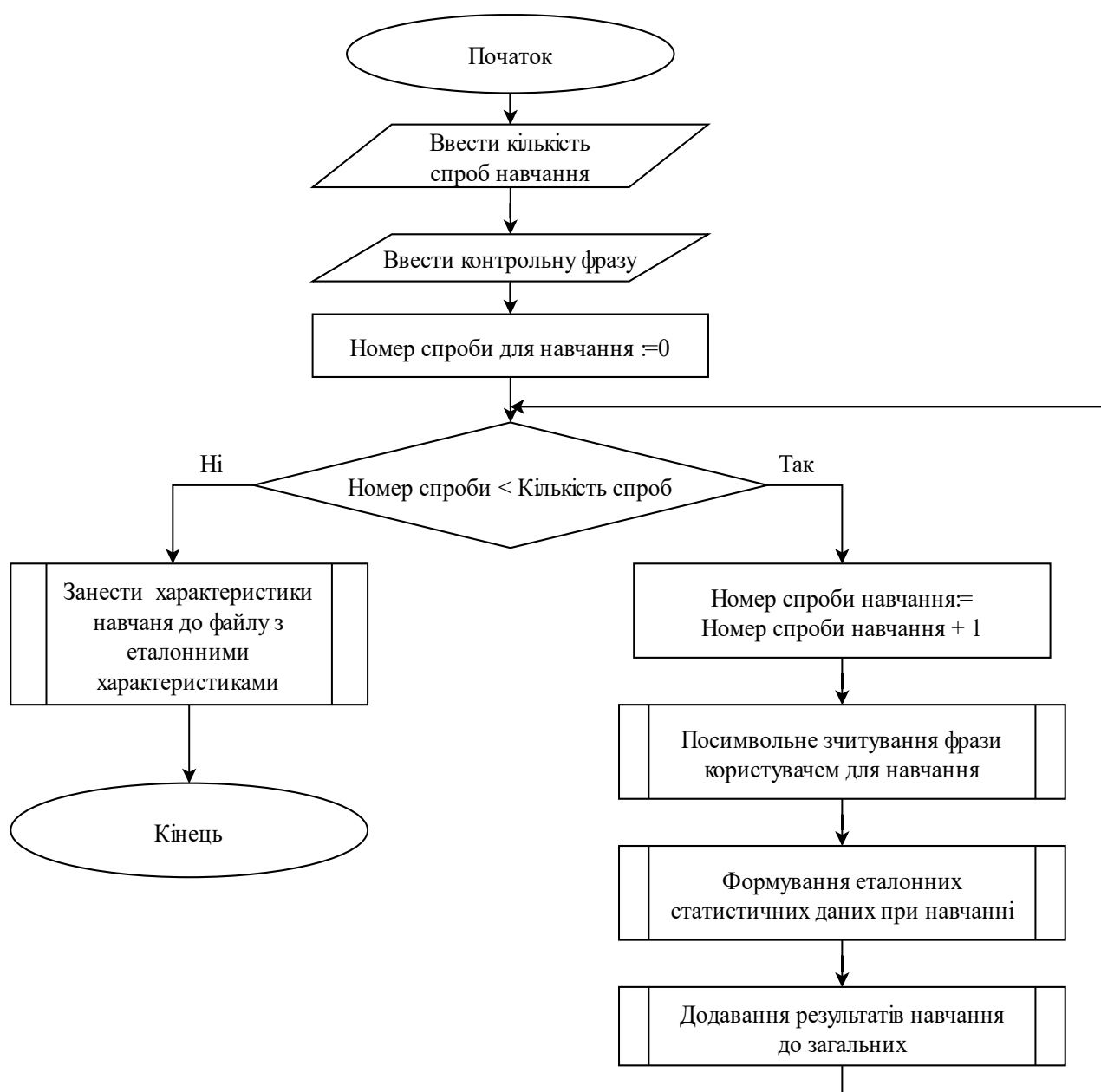


Рис. 1 – Блок-схема алгоритму роботи програмного засобу в режимі навчання

Слід зазначити, що кожна з процедур, які показані блок-схемах на рис. 1 та рис. 2 відповідає за відповідну обробку даних. Процедура посимвольного зчитування формує інтервали затримки між натисканням кнопок на клавіатурі. Процедура формування статистичних даних виконує формування даних про математичне сподівання, дисперсію, критерії Стюдента і Фішера тощо.

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

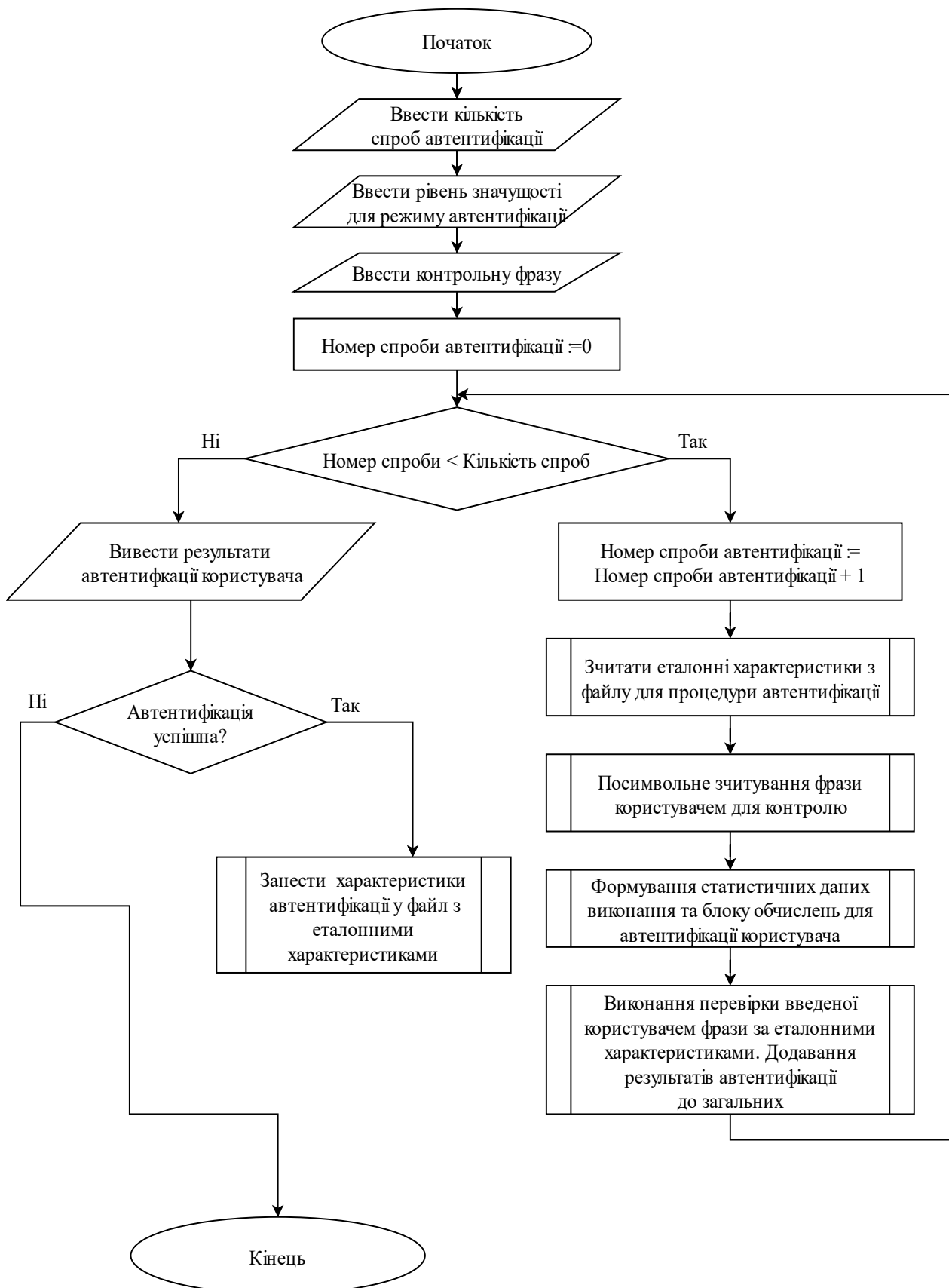


Рис. 2 – Блок-схема алгоритму роботи програмного засобу в режимі перевірки  
 (автентифікації користувача)

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

Результати автентифікації використовують виключно статистичний аналіз.

**4. Лістинг програмної реалізації програмного засобу згідно завданням**

Першим програмним лістингом є лістинг, який містить реалізацію головного меню програмного засобу автентифікації користувачів системи на базі «клавіатурного почерку».

Залежність графічних елементів у розробленому програмному засобі має вигляд, який показано на схемі (рис. 3).

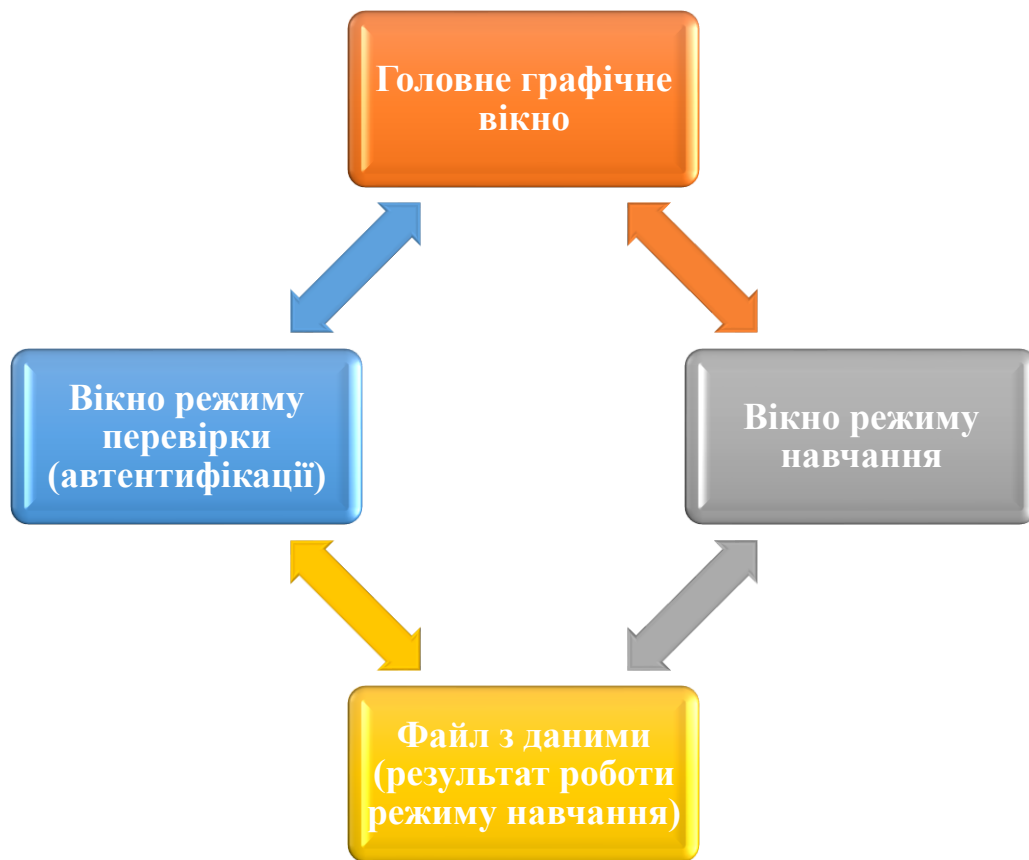


Рис. 3 – Схема залежностей графічних елементів (вікон) у розробленому програмному засобі

Програмний лістинг функціоналу для головного графічного вікна має вигляд лістингу 1.

*Лістинг 1. Реалізація мовою C# головного вікна програмного засобу автентифікації на базі «клавіатурного почерку».*

```
using System.Windows;
```

```
namespace Prj_Soft_Protection
{
    public partial class MainWindow : Window
    {
        public MainWindow()
        {
```

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

```
        InitializeComponent();
    }

    private void ExitBtn_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
    {
        System.Windows.Application.Current.Shutdown();
    }

    private void StudyModeBtn_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
    {
        StudyModeWindow studyModeWindow = new StudyModeWindow();
        studyModeWindow.Show();
    }

    private void ProtectionModeBtn_Click(object sender,
                                          RoutedEventArgs e)
    {
        ProtectionModeWindow protectionModeWindow =
            new ProtectionModeWindow();
        protectionModeWindow.Show();
    }
}
}
```

*Лістинг 2. Реалізація розмітки мовою XML інтерфейсу головного графічного вікна розробленого програмного засобу автентифікації користувачів на базі «клавіатурного почерку».*

```
<Window x:Class="Prj_Soft_Protection.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
        xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-
compatibility/2006"
        xmlns:local="clr-namespace:Prj_Soft_Protection"
        mc:Ignorable="d"
        Title="© Практична робота № 1. Основи програмування 1.
        Методології програмування
        ЗІБ-зп01" Height="124.496" Width="597.065"
        ResizeMode="NoResize" FontSize="16" FontFamily="Comic Sans MS"
        WindowStartupLocation="CenterScreen">
    <Grid>
        <Button x:Name="StudyModeBtn" Content="Режим навчання"
            HorizontalAlignment="Left" Margin="18,47,0,0"
            VerticalAlignment="Top" Width="158"
            Click="StudyModeBtn_Click"/>
        <Button x:Name="ProtectionModeBtn" Content="Режим перевірки"
            HorizontalAlignment="Left" Margin="211,47,0,0"
            VerticalAlignment="Top" Width="158"
            Click="ProtectionModeBtn_Click"/>
        <Button x:Name="ExitBtn" Content="Вихід із системи"
            HorizontalAlignment="Left" Margin="405,47,0,0"
            VerticalAlignment="Top" Width="158" Click="ExitBtn_Click"/>
        <Label Content="Система автентифікації користувача по
```



Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»  
Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з  
графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного  
почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення

```
Клавіатурному почерку" HorizontalAlignment="Center"  
Margin="10,10,9.6,0"  
VerticalAlignment="Top" Width="542" FontWeight="Bold"  
HorizontalContentAlignment="Center"/>  
</Grid>  
</Window>
```

На рисунку 4 представлений графічний інтерфейс програмного засобу

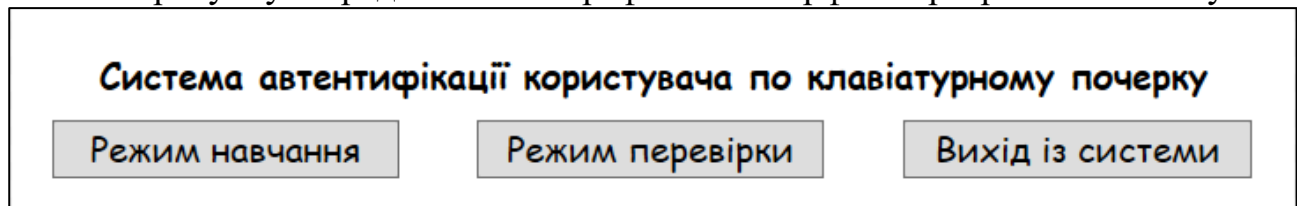


Рис. 4 – Графічний інтерфейс головного вікна програмного засобу  
автентифікації осіб на базі «клавіатурного почерку»

Нижче наведено програмний лістинг розмітки графічного інтерфейсу вікна  
режиму навчання.

*Лістинг 4. Програмний код розмітки графічного інтерфейсу користувача.*

```
<Window x:Class="Prj_Soft_Protection.StudyModeWindow"  
xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"  
xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"  
xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"  
xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-  
compatibility/2006"  
xmlns:local="clr-namespace:Prj_Soft_Protection"  
mc:Ignorable="d"  
Title="Вікно режиму навчання" Height="294.8" Width="314.4"  
FontSize="16" FontFamily="Courier New" FontWeight="Bold"  
WindowStartupLocation="CenterScreen" ResizeMode="NoResize">  
<Grid Background="#FFBEF0E2">  
  <Label Content="РЕЖИМ НАВЧАННЯ" HorizontalAlignment="Left"  
    Margin="8,10,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"  
    Width="297" HorizontalContentAlignment="Center"  
    FontSize="18"/>  
  <TextBlock x:Name="VerifField" HorizontalAlignment="Left"  
    Margin="171,44,0,0" TextWrapping="Wrap"  
    VerticalAlignment="Top" Height="22" Width="125"  
    TextAlignment="Justify" Foreground="#FF764F22"  
    Text="длагнитоп"/>  
  <TextBox x:Name="InputField" HorizontalAlignment="Left"  
    Height="28" Margin="8,141,0,0" TextWrapping="Wrap"  
    VerticalAlignment="Top" Width="212" Background="#FFDBE6F9"  
    HorizontalContentAlignment="Stretch"  
    PreviewKeyUp="TextBox_PreviewKeyUp"/>  
  <Label Content="Поле для введення:" HorizontalAlignment="Left"  
    Margin="8,108,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"  
    Width="205" HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>  
  <Button x:Name="CloseStudyMode" Content="Вийти з режиму"  
    HorizontalAlignment="Left" Margin="9,210,0,0"  
    VerticalAlignment="Top" Width="191" Height="35"/>
```

Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»  
Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з  
графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного  
почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення

```
Click="CloseStudyMode_Click"/>
<Label Content="Кодове слово:" HorizontalAlignment="Left"
    Margin="8,38,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
    Width="155" HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>
<Label Content="Кількість спроб:" HorizontalAlignment="Left"
    Margin="9,174,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
    Width="191" HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>
<ComboBox x:Name="CountProtection" HorizontalAlignment="Left"
    Margin="205,178,0,0" VerticalAlignment="Top" Width="55"
    SelectedIndex="0">
    <ComboBoxItem Content="3"/>
    <ComboBoxItem Content="4"/>
    <ComboBoxItem Content="5"/>
    <ComboBoxItem Content="6"/>
    <ComboBoxItem Content="7"/>
    <ComboBoxItem/>
</ComboBox>
<Label Content="Кількість введених симв:"
    HorizontalAlignment="Left" Margin="8,71,0,0"
    VerticalAlignment="Top" Height="28" Width="270"
    HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>
<Label x:Name="SymbolCount" Content="0"
    HorizontalAlignment="Left" Margin="218,108,0,0"
    VerticalAlignment="Top" Height="28" Width="37" FontSize="18"/>
</Grid>
</Window>
```

Нижче показано на рисунку графічний інтерфейс режиму навчання для автентифікації на базі ключової фрази.

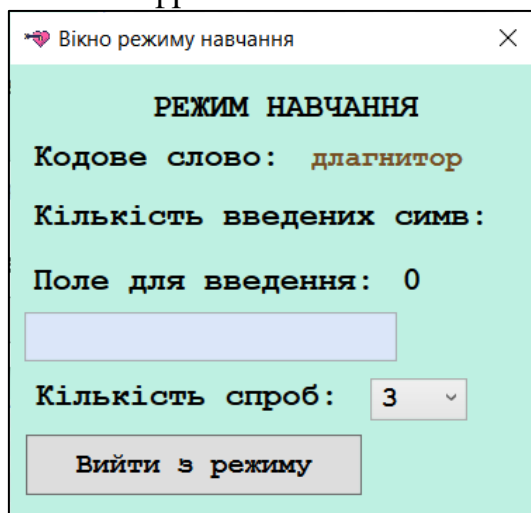


Рис. 5 – Графічний інтерфейс вікна режиму навчання програмного засобу автентифікації осіб на базі «клавіатурного почерку»

Наступний лістинг – реалізація XML-розмітки графічного інтерфейсу режиму перевірки (автентифікації)

*Лістинг 6. Реалізація XML-розмітки віна режиму автентифікації роботи програмного засобу.*

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

```
<Window x:Class="Prj_Soft_Protection.ProtectionModeWindow"
    xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
    xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
    xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
    xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-
        compatibility/2006"
    xmlns:local="clr-namespace:Prj_Soft_Protection"
    mc:Ignorable="d"
    Title="Вікно режиму перевірки клавіатурного почерку"
    Height="251.206" Width="727.999" FontSize="16"
    FontFamily="Courier New" FontWeight="Bold"
    WindowStartupLocation="CenterScreen" ResizeMode="NoResize">
<Grid Background="#FFBBE5B0">
    <Label Content="РЕЖИМ ПЕРЕВІРКИ" HorizontalAlignment="Left"
        Margin="8,10,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
        Width="610" HorizontalContentAlignment="Center"
        FontSize="18"/>
    <TextBlock x:Name="VerifField" HorizontalAlignment="Left"
        Margin="168,44,0,0" TextWrapping="Wrap"
        VerticalAlignment="Top" Height="24" Width="151"
        TextAlignment="Justify" Foreground="Red" Text="длягнитоп"/>
    <TextBox x:Name="InputField" HorizontalAlignment="Left"
        Height="26" Margin="7,137,0,0" TextWrapping="Wrap"
        VerticalAlignment="Top" Width="199" Background="#FFE4DEE0"
        HorizontalContentAlignment="Stretch"
        PreviewKeyUp="InputField_PreviewKeyUp"/>
    <Label Content="Кількість введених символів:"
        HorizontalAlignment="Left" Margin="7,104,0,0"
        VerticalAlignment="Top" Height="28" Width="311"
        HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>
    <Button x:Name="CloseStudyMode" Content="Вийти з режиму для
        перевірки" HorizontalAlignment="Left" Margin="7,168,0,0"
        VerticalAlignment="Top" Width="311" Height="35"
        Click="CloseStudyMode_Click"/>
    <Label x:Name="SymbolCount" Content="0"
        HorizontalAlignment="Left" Margin="328,104,0,0"
        VerticalAlignment="Top" Height="28" Width="33" FontSize="18"/>
    <ComboBox x:Name="CountProtection" HorizontalAlignment="Left"
        Margin="151,76,0,0" VerticalAlignment="Top" Width="49"
        SelectedIndex="0">
        <ComboBoxItem Content="3"/>
        <ComboBoxItem Content="4"/>
        <ComboBoxItem Content="5"/>
        <ComboBoxItem Content="6"/>
        <ComboBoxItem Content="7"/>
        <ComboBoxItem/>
    </ComboBox>
    <Label Content="К-сть спроб:" HorizontalAlignment="Left"
        Margin="8,72,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
        Width="142" HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>
    <Label Content="Кодове слово:" HorizontalAlignment="Left"
        Margin="8,38,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
        Width="155" HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>
    <Label Content="Статистичний аналіз" HorizontalAlignment="Left"
        Margin="422,44,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28">
```

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

```
Width="251" HorizontalContentAlignment="Center"
FontSize="18"/>
<Label x:Name="StatisticsBlock" HorizontalAlignment="Left"
Margin="557,110,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
Width="107"/>
<Label Content="Alpha:" HorizontalAlignment="Left"
Margin="205,73,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
Width="82" HorizontalContentAlignment="Left" FontSize="18"/>
<ComboBox x:Name="AlphaSelector" HorizontalAlignment="Left"
Margin="282,73,0,0" VerticalAlignment="Top" Width="80"
Height="28" SelectedIndex="2">
    <ComboBoxItem Content="0,2"/>
    <ComboBoxItem Content="0,1"/>
    <ComboBoxItem Content="0,05"/>
    <ComboBoxItem Content="0,02"/>
    <ComboBoxItem Content="0,01"/>
    <ComboBoxItem Content="0,005"/>
    <ComboBoxItem Content="0,002"/>
    <ComboBoxItem Content="0,001"/>
</ComboBox>
<Label Content="Р ідентифікації:" HorizontalAlignment="Left"
Margin="387,110,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
Width="165" HorizontalContentAlignment="Center"
FontSize="16"/>
<Label Content="Помилка 1-го роду:" HorizontalAlignment="Left"
Margin="387,144,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
Width="184" HorizontalContentAlignment="Center"
FontSize="16"/>
<Label Content="Помилка 2-го роду:" HorizontalAlignment="Left"
Margin="387,177,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
Width="184" HorizontalContentAlignment="Center"
FontSize="16"/>
<Label x:Name="P1Field" HorizontalAlignment="Left"
Margin="581,144,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
Width="107"/>
<Label x:Name="P2Field" HorizontalAlignment="Left"
Margin="581,178,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="27"
Width="107"/>
<Label Content="Дисперсії вибірок" HorizontalAlignment="Left"
Margin="381,77,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="28"
Width="187" HorizontalContentAlignment="Center"
FontSize="16"/>
<Label x:Name="DispField" HorizontalAlignment="Left"
Margin="583,77,0,0" VerticalAlignment="Top" Height="27"
Width="123"/>
</Grid>
</Window>
```

Останні два методи відіграють важливу роль при визначенні вірогідності того, що користувач, який водить кодову фразу є автором даної фрази.

Графічне вікно режиму перевірки (автентифікації користувачів на базі «клавіатурного почерку») показано на наступному рисунку.

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

**5. Результати роботи програмного засобу**

У даній частині опису практичних результатів виконання практичної роботи показано процес тестування функціональної частини розробленого програмного засобу на базі автентифікації «клавіатурного почерку» користувачів. Тестування полягає у демонстрації роботи інтерфейсу користувача, а також тестуванні його функціональної частини.

**5.1. Тестування інтерфейсної частини програмного засобу**

Як зазначалось раніше, головне вікно розробленого програмного засобу автентифікації має вигляд, який показано на рис. 6.

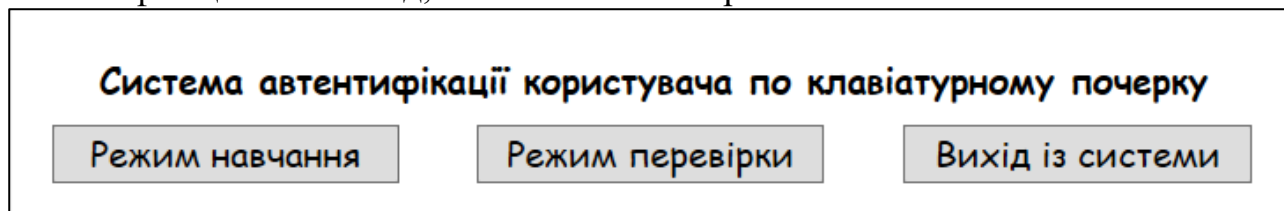


Рис. 6 – Головне графічне вікно розробленого програмного засобу

Нижче наведене графічне вікно, яке використовує користувач для виконання процедури навчання за ключовою фразою «длагнитор» (рис. 7).

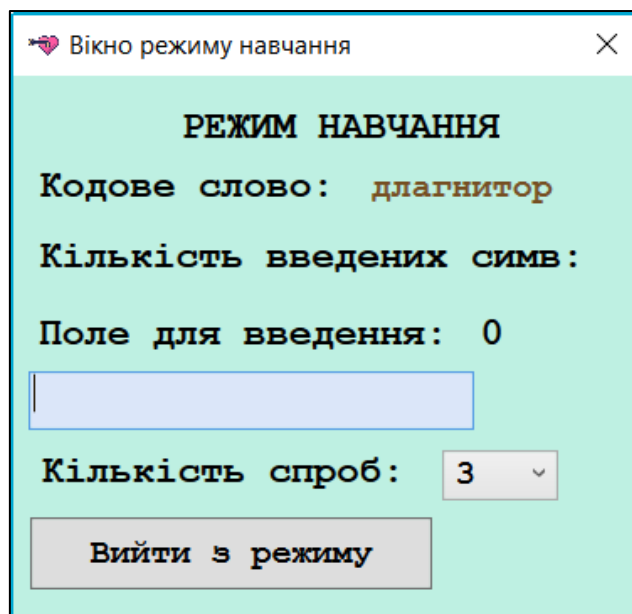


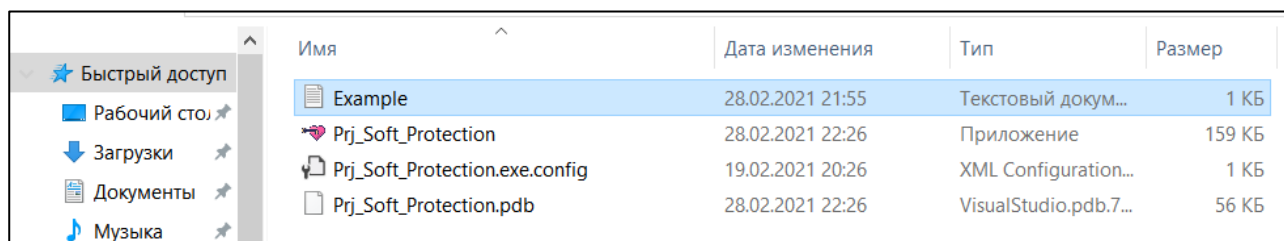
Рис. 7 – Головне графічне вікно розробленого програмного засобу

Останнє вікно, яке зображено вище має змогу давати автору фрази виконувати багатократне уведення цієї фрази з метою підвищення захисту даного програмного засобу.

**Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»**  
**Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з**  
**графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного**  
**почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення**

## 5.2. Тестування функціональної частини програмного засобу

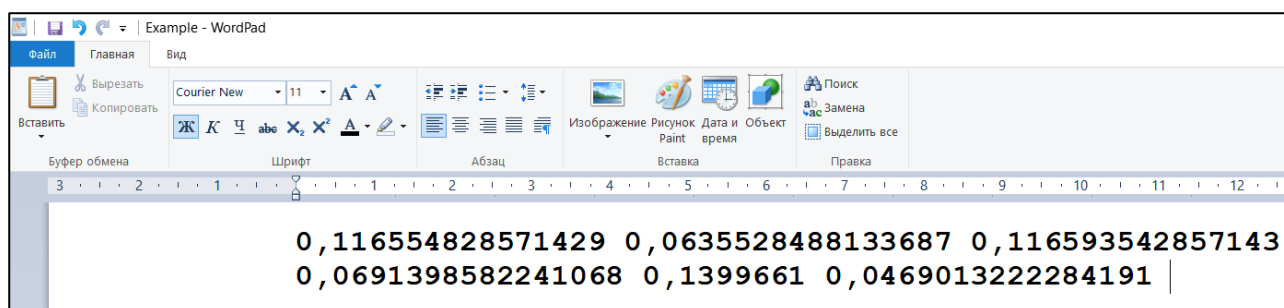
У результаті роботи розробленого програмного засобу у режимі навчання, після багаторазового введення ключової фрази, формується файл з частотними характеристиками кожного введення фрази її власником (рис. 8).



Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Example	28.02.2021 21:55	Текстовый докум...	1 КБ
Prj_Soft_Protection	28.02.2021 22:26	Приложение	159 КБ
Prj_Soft_Protection.exe.config	19.02.2021 20:26	XML Configuration...	1 КБ
Prj_Soft_Protection.pdb	28.02.2021 22:26	VisualStudio.pdb.7...	56 КБ

Рис. 8 – Створення файлу з частотними характеристиками після роботи з режимом навчання у програмному засобу автентифікації

Дані, яка зберігає файл необхідні для визначення достовірності у процесі роботи режиму перевірки (автентифікації користувача). Збережені дані мають вигляд, який показано на рисунку нижче (рис. 9).



0,116554828571429 0,0635528488133687 0,116593542857143 0,0691398582241068 0,1399661 0,0469013222284191
---

Рис. 9 – Результат навчання, який збережено у файл з назвою «Example.txt»

Файл, який містить дані, має таку структуру. Перші два числа – це пара чисел, яка характеризує математичне сподівання і дисперсію результатів введення користувачем контрольної фрази.

Таблиця 1

Приклад еталонних затримок частот для фрази «длагнитор» автора фрази

0,07190	0,05606	0,16006	0,03194	0,15999	0,04057	0,13475	0,03983
0,05598	0,04807	0,15989	0,04817	0,18326	0,00775	0,16145	0,05529
0,04756	0,01591	0,17550	0,03258	0,16808	0,03209	0,13580	0,03198
0,03992	0,01608	0,17789	0,04660	0,17558	0,03185	0,14327	0,01585
0,05801	0,07739	0,12842	0,07166	0,14790	0,04265	0,15265	0,03074
0,04782	0,03987	0,16815	0,05627	0,17563	0,03994	0,14410	0,01579
0,07988	0,03192	0,16085	0,07996	0,15929	0,00777	0,14482	0,02417
0,05683	0,01539	0,16286	0,06167	0,13389	0,04332	0,15850	0,01600

Для більш наглядних результатів набору у режимі навчання автора фрази, можемо отримати графік, які показано на рис. 10 та рис. 11.

Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»  
 Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з  
 графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного  
 почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення

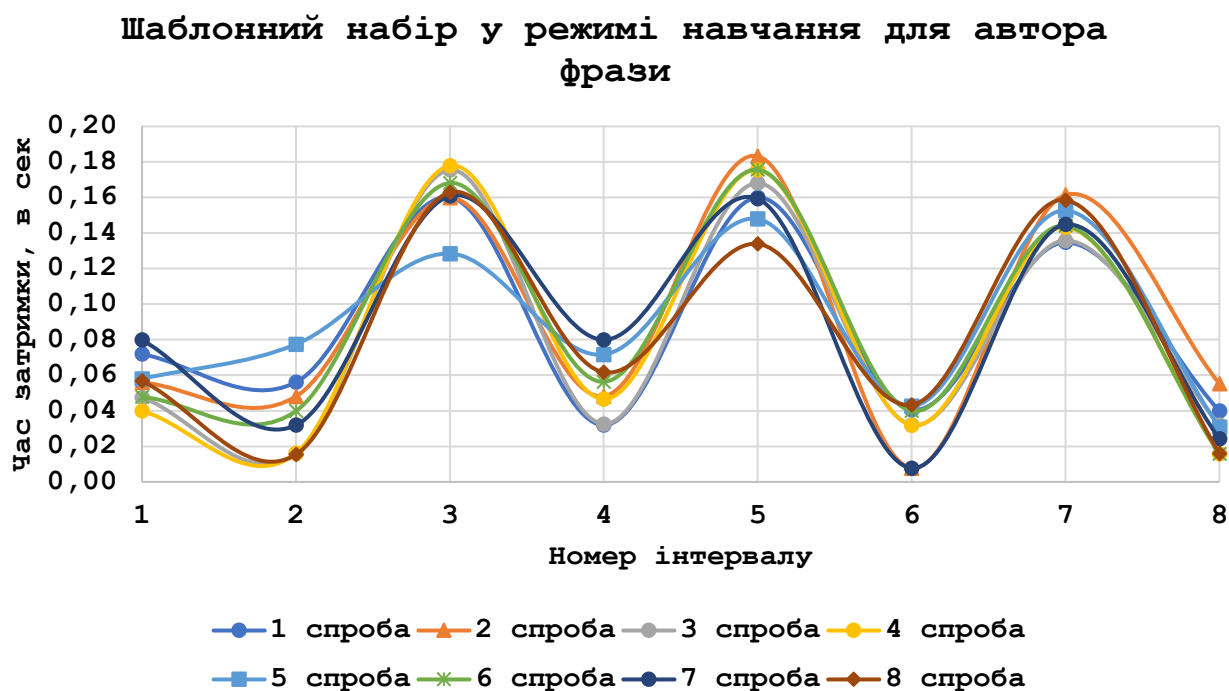


Рис. 10 – Характеристики набору у режимі навчання для фрази «длагнитор» – затримки між натисканням кнопок на клавіатурі

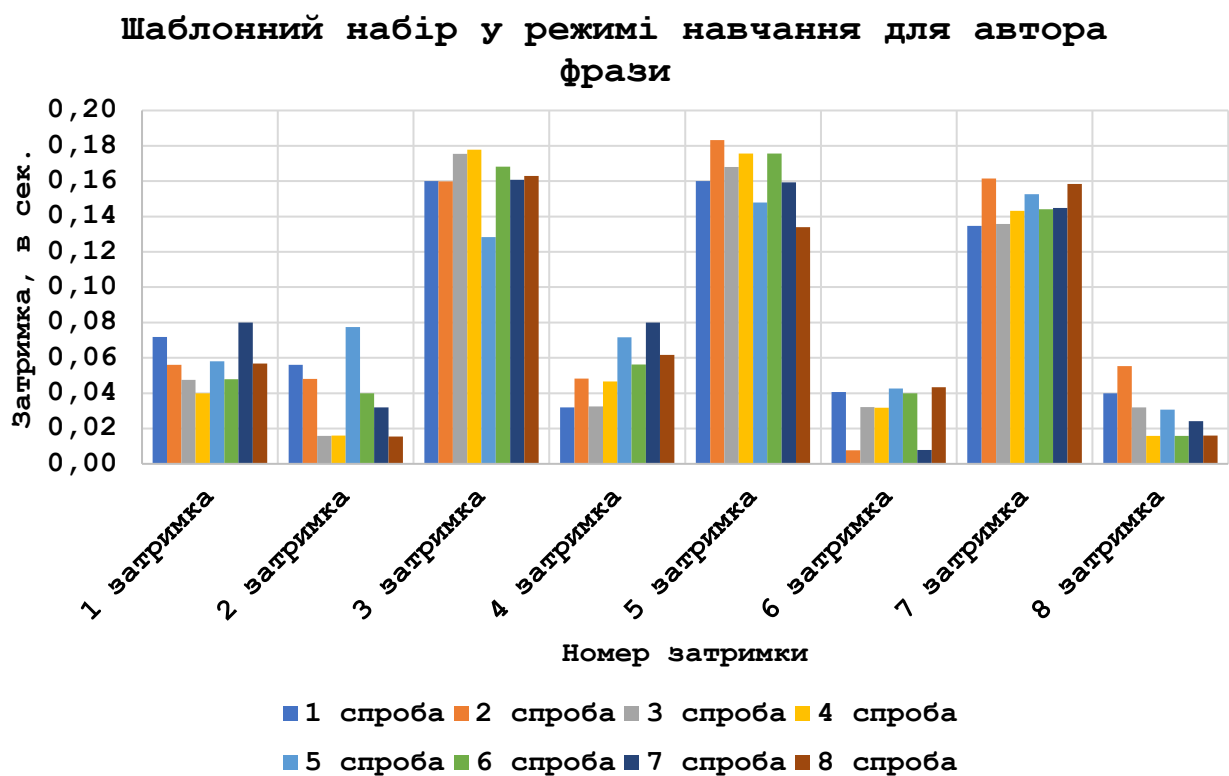


Рис. 11 – Характеристики набору у режимі навчання для фрази «длагнитор» – затримки між натисканням кнопок на клавіатурі



Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»  
Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з  
графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного  
почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення

### 5.3. Визначення помилок першого та другого роду

Як уже було зазначено, помилки 1-го роду визначаються як вірогідність того, що легітимний користувач не буде вірно ідентифікований:

$$P_1 = \frac{N_1}{N_0},$$

де  $N_0$  – загальна кількість спроб пройти процедуру автентифікації легітимним користувачем,  $N_1$  – кількість невдалих спроб.

Помилки 2-го роду визначаються як вірогідність того, що нелегітимний користувач буде ідентифікований як легітимний:

$$P_2 = \frac{N_2}{N_0},$$

де  $N_0$  – загальна кількість спроб пройти процедуру автентифікації нелегітимним користувачем,  $N_2$  – кількість вдалих спроб.

Нижче наведено результати тестування програмного засобу з формуванням помилок першого і другого роду, які характеризують ефективність роботи програмного засобу, а також статистичних методів оцінки математичного сподівання і дисперсії вибірок із затримками між натисканням кнопок на клавіатурі (рис. 12–16).

Вікно режиму перевірки клавіатурного почерку

**РЕЖИМ ПЕРЕВІРКИ**

Кодове слово: **длагнитор**

К-сть спроб: 3 Alpha: 0,05

Кількість введених символів: 9

длагнитор

Вийти з режиму для перевірки

**Статистичний аналіз**

Дисперсії вибірок неоднорідні.

Р ідентифікації: 0,78

Помилка 1-го роду: 0,04

Помилка 2-го роду: 0,01

Рис. 12 – Результат роботи програмного засобу при трикратному введенні контрольної фрази користувачем даного програмного засобу та з рівнем значущості  $\alpha = 0,05$



Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»  
Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з  
графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного  
почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення

Вікно режиму перевірки клавіатурного почерку

**РЕЖИМ ПЕРЕВІРКИ**

Кодове слово: **длагнитор**

К-сть спроб: 3 Alpha: 0,1

Кількість введених символів: 9

длагнитор

Вийти з режиму для перевірки

**Статистичний аналіз**

Дисперсії вибірок однорідні.

P ідентифікації: 1,00

Помилка 1-го роду: 0,00

Помилка 2-го роду: 0,02

Рис. 13 – Результат роботи програмного засобу при трикратному введенні контрольної фрази користувачем даного програмного засобу та з рівнем значущості  $\alpha = 0,1$

Вікно режиму перевірки клавіатурного почерку

**РЕЖИМ ПЕРЕВІРКИ**

Кодове слово: **длагнитор**

К-сть спроб: 7 Alpha: 0,05

Кількість введених символів: 9

длагнитор

Вийти з режиму для перевірки

**Статистичний аналіз**

Дисперсії вибірок неоднорідні.

P ідентифікації: 0,57

Помилка 1-го роду: 0,05

Помилка 2-го роду: 0,01

Рис. 14 – Результат роботи програмного засобу при семикратному введенні контрольної фрази користувачем даного програмного засобу та з рівнем значущості  $\alpha = 0,05$

Вікно режиму перевірки клавіатурного почерку

**РЕЖИМ ПЕРЕВІРКИ**

Кодове слово: **длагнитор**

К-сть спроб: 3 Alpha: 0,05

Кількість введених символів: 9

длагнитор

Вийти з режиму для перевірки

**Статистичний аналіз**

Дисперсії вибірок однорідні.

P ідентифікації: 0,56

Помилка 1-го роду: 0,07

Помилка 2-го роду: 0,01

Рис. 15 – Результат роботи програмного засобу при 3-кратному введенні контрольної фрази користувачем даного програмного засобу та з рівнем значущості  $\alpha = 0,05$  з іншими параметрами для автентифікації

Дисципліна «Основи програмування 1. Методології програмування»  
Практична робота № 1. Розроблення програмного забезпечення з  
графічним інтерфейсом користувача з метою дослідження клавіатурного  
почерку користувача. 121 – Інженерія програмного забезпечення

Вікно режиму перевірки клавіатурного почерку

**РЕЖИМ ПЕРЕВІРКИ**

Кодове слово: **длагнитор**

К-сть спроб: 5 Alpha: 0,05

Кількість введених символів: 9

длагнитор

Вийти з режиму для перевірки

**Статистичний аналіз**

Дисперсії вибірок однорідні.

Р ідентифікації: 0,07

Помилка 1-го роду: 0,11

Помилка 2-го роду: 0,00

Рис. 16 – Результат роботи програмного засобу при 5-кратному введенні контрольної фрази користувачем даного програмного засобу та з рівнем значущості  $\alpha = 0,05$  з іншими параметрами для автентифікації