# **1. Функціонально-вартісний аналіз програмного продукту**

У даному розділі проводиться оцінка основних характеристик програмного продукту призначеного для розпізнавання контурів smd деталей робочої площадки оператора. Інтерфейс користувача був розроблений за допомогою мови програмування C++ з використанням бібліотеки OpenCV.

Програмний продукт призначено для використання на персональних комп’ютерах під управлінням операційних системи Windows та Linux.

Нижче наведено аналіз різних варіантів реалізації модулю з метою вибору оптимальної, з огляду при цьому як на економічні фактори, так і на характеристики продукту, що впливають на продуктивність роботи і на його сумісність з апаратним забезпеченням. Для цього було використано апарат функціонально-вартісного аналізу.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) – це технологія, яка дозволяє оцінити реальну вартість продукту або послуги незалежно від організаційної структури компанії. Як прямі, так і побічні витрати розподіляються по продуктам та послугам у залежності від потрібних на кожному етапі виробництва обсягів ресурсів. Виконані на цих етапах дії у контексті метода ФВА називаються функціями.

Мета ФВА полягає у забезпеченні правильного розподілу ресурсів, виділених на виробництво продукції або надання послуг, на прямі та непрямі витрати. У даному випадку – аналізу функцій програмного продукту й виявлення усіх витрат на реалізацію цих функцій. Фактично цей метод працює за таким алгоритмом:

– визначається послідовність функцій, необхідних для виробництва продукту. Спочатку – всі можливі, потім вони розподіляються по двом групам: ті, що впливають на вартість продукту і ті, що не впливають. На цьому ж етапі оптимізується сама послідовність скороченням кроків, що не впливають на цінність і відповідно витрат.

– для кожної функції визначаються повні річні витрати й кількість робочих часів.

– для кожної функції на основі оцінок попереднього пункту визначається кількісна характеристика джерел витрат.

– після того, як для кожної функції будуть визначені їх джерела витрат, проводиться кінцевий розрахунок витрат на виробництво продукту.

## 1.1 Постановка задачі техніко-економічного аналізу

У роботі застосовується метод ФВА для проведення техніко-економічного аналізу розробки системи розпізнавання контурів smd деталей робочої площадки оператора. Оскільки основні проектні рішення стосуються всієї системи, кожна окрема підсистема має їм задовольняти.

Відповідно цьому варто обирати і систему показників якості програмного продукту.

Технічні вимоги до продукту наступні:

– програмний продукт повинен функціонувати на персональних комп’ютерах із стандартним набором компонент;

– забезпечувати високу швидкість обробки даних;

– забезпечувати зручність і простоту взаємодії з користувачем або з розробником програмного забезпечення у випадку використовування його як модуля;

– забезпечувати можливість автономної роботи програмної частини модулю для її тестування та налагодження;

– передбачати мінімальні витрати на впровадження програмного продукту.

### 1.1.1 Обґрунтування функцій програмного продукту

Головна функція F0– розробка програмного продукту, який отримує зображення робочої площадки оператора з smd компонентами, та визначає координати їх границь. Виходячи з конкретної мети, можна виділити наступні основні функції ПП:

F1 – вибір мови програмування;

F2 – спосіб отримання вхідних даних (зображення робочої площадки);

F3 – інтерфейс користувача.

Кожна з основних функцій може мати декілька варіантів реалізації.

Функція F1:

а) мова програмування C++;

б) мова програмування Java;

Функція F2:

а) отримання зображення з командного рядку;

б) написання нового модулю безпосереднього обміну даними мікроконтроллеру з камерою і комп’ютером.

Функція F3:

а) інтерфейс користувача, створений за технологією Windows Forms;

б) інтерфейс користувача, створений з використанням бібліотеки OpenCV.

### 1.1.2 Варіанти реалізації основних функцій

Варіанти реалізації основних функцій наведені у морфологічній карті системи (рис. 1). На основі цієї карти побудовано позитивно-негативну матрицю варіантів основних функцій (таблиця 1).

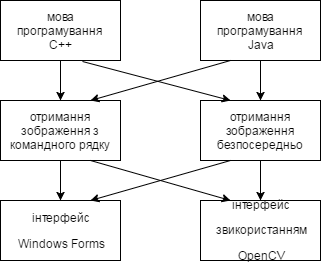


Рисунок 1 – Морфологічна карта

Морфологічна карта відображує всі можливі комбінації варіантів реалізації функцій, які складають повну множину варіантів ПП.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Основні функції | Варіанти реалізації | Переваги | Недоліки |
| *F1* | *А* | Займає менше часу при написанні коду | Код швидко виконується |
| *Б* | Кросплатформений код | Займає більше часу при написанні коду |
| *F2* | А | Простий у використанні | Необхідно додатково автоматизоввати процес написанням відповідного скрипту |
| Б | Повна автоматизація отримання вхідних даних | Налагодження та тестування відбувається за умови повної збірки модулю |
| *F3* | *А* | Легкий у створенні | Відсутність кросплатформеності |
| *Б* | Основні компоненти для розроби вже містяться в бібліотеці OpenCV | Потрібно додатково вивчати документацію |

Таблиця 4.1 – Позитивно-негативна матриця

На основі аналізу позитивно-негативної матриці робимо висновок, що при розробці програмного продукту деякі варіанти реалізації функцій варто відкинути, тому, що вони не відповідають поставленим перед програмним продуктом задачам. Ці варіанти відзначені у морфологічній карті.

Функція F1:

Оскільки час виконання програмного коду є важливою характеристикою, варіант б) має бути відкинутий.

Функція F2:

Необхідно забезпечувати можливість автономної роботи програмної частини модулю для її тестування та налагодження,але в процесі експлуатації краще мати максимально автоматизованих процес тому вважаємо варіанти а) та б) гідними розгляду.

Функція F3:

Інтерфейс користувача не відіграє велику роль у даному програмному продукту, але необхідно забезпечити кросплатформенність, тому обираємо варіант б).

Таким чином, будемо розглядати такі варіанти реалізації ПП:

1. F1а – F2а – F3б

2. F1а – F2б – F3б

Для оцінювання якості розглянутих функцій обрана система параметрів, описана нижче.

## 1.2 Обґрунтування системи параметрів ПП

### 1.2.1 Опис параметрів

На підставі даних про основні функції, що повинен реалізувати програмний продукт, вимог до нього, визначаються основні параметри виробу, що будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня.

Для того, щоб охарактеризувати програмний продукт, будемо використовувати наступні параметри:

– X1 – швидкодія мови програмування;

– X2 – об’єм пам’яті для збереження даних;

– X3 – час обробки даних;

– X4 – потенційний об’єм програмного коду.

X1: Відображає швидкодію операцій залежно від обраної мови програмування.

X2: Відображає об’єм пам’яті в оперативній пам’яті персонального комп’ютера, необхідний для збереження та обробки даних під час виконання програми.

X3: Відображає час, який витрачається на дії.

X4: Показує розмір програмного коду який необхідно створити безпосередньо розробнику.

### 1.2.2 Кількісна оцінка параметрів

Гірші, середні і кращі значення параметрів вибираються на основі вимог замовника й умов, що характеризують експлуатацію ПП як показано у табл. 2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Назва**  **Параметра** | **Умовні позначення** | **Одиниці виміру** | **Значення параметра** | | |
| **гірші** | **середні** | **кращі** |
| Швидкодія мови програмування | X1 | Оп/мс | 19000 | 11000 | 2000 |
| Об’єм пам’яті для збереження даних | X2 | Мб | 32 | 16 | 8 |
| Час обробки даних алгоритмом | X3 | мс | 10000 | 2000 | 500 |
| Потенційний об’єм програмного коду | X4 | кількість рядків коду  (в сумі) | 2000 | 1500 | 1000 |

Таблиця 2 – Основні параметри ПП

За даними таблиці 2 будуються графічні характеристики параметрів – рис. 2 – рис. 5.

Рисунок 4.2 – Х1, швидкодія мови програмування

Рисунок 4.3 – Х2, об’єм пам’яті для збереження даних

Рисунок 4.4 – Х3, час обробки даних алгоритмом

Рисунок 4.5 – Х4, потенційний об’єм програмного коду

### 1.2.3 Аналіз експертного оцінювання параметрів

Після детального обговорення й аналізу кожний експерт оцінює ступінь важливості кожного параметру для конкретно поставленої цілі – розробка програмного продукту, який дає найбільш точні результати при знаходженні параметрів моделей адаптивного прогнозування і обчислення прогнозних значень.

Значимість кожного параметра визначається методом попарного порівняння. Оцінку проводить експертна комісія із 7 людей. Визначення коефіцієнтів значимості передбачає:

– визначення рівня значимості параметра шляхом присвоєння різних рангів;

– перевірку придатності експертних оцінок для подальшого використання;

– визначення оцінки попарного пріоритету параметрів;

– обробку результатів та визначення коефіцієнту значимості.

Результати експертного ранжування наведені у таблиці 3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Позна-чення параметра | Назва параметра | Одиниці виміру | Ранг параметра за оцінкою експерта | | | | | | | Сума рангів *Ri* | Відхилення *Δi* | *Δi2* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| *X1* | Швидкодія мови програмування | Оп/мс | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 27 | 0,75 | 0,56 |
| *X2* | Об’єм пам’яті для збереження даних | Мб | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 25 | -1,25 | 1,56 |
| *X3* | Час обробки даних алгоритмом | Мс | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 12 | -14,25 | 203,06 |
| *X4* | Потенційний об’єм програмного коду | кількість рядків коду | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 41 | 14,75 | 217,56 |
|  | Разом |  | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 105 | 0 | 420,75 |

Таблиця 3 – Результати ранжування параметрів

Для перевірки степені достовірності експертних оцінок, визначимо наступні параметри:

а) сума рангів кожного з параметрів і загальна сума рангів:

де *N* – число експертів, *n* – кількість параметрів;

б) середня сума рангів:

в) відхилення суми рангів кожного параметра від середньої суми рангів:

Сума відхилень по всім параметрам повинна дорівнювати 0;

г)загальна сума квадратів відхилення:

Порахуємо коефіцієнт узгодженості:

Ранжування можна вважати достовірним, тому що знайдений коефіцієнт узгодженості перевищує нормативний, котрий дорівнює 0,67.

Скориставшись результатами ранжирування, проведемо попарне порівняння всіх параметрів і результати занесемо у таблицю 4.

Таблиця 4 – Попарне порівняння параметрів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Експерти | | | | | | | Кінцева оцінка | Числове значення |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| X1 і X2 | = | > | = | < | = | < | < | < | 0,5 |
| X1 і X3 | < | < | < | < | < | < | < | < | 0,5 |
| X1 і X4 | > | > | > | > | > | > | > | > | 1,5 |
| X2 і X3 | < | < | < | < | < | < | < | < | 0,5 |
| X2 і X4 | > | > | > | > | > | > | > | > | 1,5 |
| X3 і X4 | > | > | > | > | > | > | > | > | 1,5 |

Числове значення, що визначає ступінь переваги *i*–го параметра над *j*–тим, *aij*визначається по формулі:

1,5 при Хі>Xj



1.0 при Хі= Хj

0.5 при Хі< Xj

З отриманих числових оцінок переваги складемо матрицю A=║ *aij* ║.

Для кожного параметра зробимо розрахунок вагомості *Kві* за наступними формулами:

,де .

Відносні оцінки розраховуються декілька разів доти, поки наступні значення не будуть незначно відрізнятися від попередніх (менше 2%).На другому і наступних кроках відносні оцінки розраховуються за наступними формулами:

де .

Як видно з таблиці 5, різниця значень коефіцієнтів вагомості не перевищує 2%, тому більшої кількості ітерацій не потрібно.

Таблиця 5 – Розрахунок вагомості параметрів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметри | Параметри | | | | Перша ітер. | | Друга ітер. | | Третя ітер | |
|  | Х1 | Х2 | Х3 | Х4 |  |  |  |  |  |  |
| Х1 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,5 | 0,219 | 22,25 | 0,216 | 100 | 0,215 |
| Х2 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 1,5 | 4,5 | 0,281 | 27,25 | 0,282 | 124,25 | 0,283 |
| Х3 | 1,5 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 5,5 | 0,344 | 34,25 | 0,347 | 156 | 0,348 |
| X4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 2,5 | 0,156 | 14,25 | 0,155 | 64,75 | 0,154 |
| Всього: |  | | | | 16 | 1 | 98 | 1 | 445 | 1 |

## 1.3 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій

Визначаємо рівень якості кожного варіанту виконання основних функцій окремо.

Абсолютні значення параметрів *Х2*(об’єм пам’яті для збереження даних) та *X1* (швидкодія мови програмування) відповідають технічним вимогам умов функціонування даного ПП.

Абсолютне значення параметра *Х3 (*час обробки даних) обрано не найгіршим (не максимальним), тобто це значення відповідає або варіанту а) 2000 мс або варіанту б) 500мс.

Коефіцієнт технічного рівня для кожного варіанта реалізації ПП розраховується так (таблиця 6):

де *n* – кількість параметрів;– коефіцієнт вагомості *i*–го параметра;*Вi* – оцінка *i*–го параметра в балах.

Таблиця 6 – Розрахунок показників рівня якості варіантів реалізації основних функцій ПП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Основні функції | Варіант реалізації функції | Абсолютне значення параметра | Бальна оцінка параметра | Коефіцієнт вагомості параметра | Коефіцієнт рівня якості |
| F1(X1) | А | 11000 | 3,6 | 0,215 | 0,774 |
| F3(X2) | А | 16 | 3,4 | 0,283 | 0,962 |
| F2(X3,Х4) | А | 2000 | 2,4 | 0,389 | 0,934 |
| Б | 500 | 1 | 0,054 | 0,054 |

За даними з таблиці 6 за формулою

визначаємо рівень якості кожного з варіантів:

*КК1* = 0,774 + 0,962 + 0,934 = 2,67

*КК*2 = 0,774 + 0,962 + 0,054 = 1,79

Як видно з розрахунків, кращим є перший варіант, для якого коефіцієнт технічного рівня має найбільше значення.

## 1.4 Економічний аналіз варіантів розробки ПП

Для визначення вартості розробки ПП спочатку проведемо розрахунок трудомісткості.

Всі варіанти включають в себе два окремих завдання:

1. Розробка проекту програмного продукту;

2. Розробка програмної оболонки;

Завдання 1 за ступенем новизни відноситься до групи А, завдання 2 – до групи Б. За складністю алгоритми, які використовуються в завданні 1 належать до групи 1; а в завданні 2 – до групи 3.

Для реалізації завдання 1 використовується довідкова інформація, а завдання 2 використовує інформацію у вигляді даних.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань. Загальна трудомісткість обчислюється як

ТО = ТР⋅ КП⋅ КСК⋅ КМ⋅ КСТ⋅ КСТ.М, (5.1)

де ТР – трудомісткість розробки ПП;КП – поправочний коефіцієнт;КСК – коефіцієнт на складність вхідної інформації; КМ – коефіцієнт рівня мови програмування;КСТ – коефіцієнт використання стандартних модулів і прикладних програм;КСТ.М – коефіцієнт стандартного математичного забезпечення

Для першого завдання, виходячи із норм часу для завдань розрахункового характеру степеню новизни А та групи складності алгоритму 1, трудомісткість дорівнює: ТР =90 людино-днів. Поправочний коефіцієнт, який враховує вид нормативно-довідкової інформації для першого завдання: КП = 1.7. Поправочний коефіцієнт, який враховує складність контролю вхідної та вихідної інформації для всіх семи завдань рівний 1: КСК = 1. Оскільки при розробці першого завдання використовуються стандартні модулі, врахуємо це за допомогою коефіцієнта КСТ = 0.8. Тоді, за формулою 5.1, загальна трудомісткість програмування першого завдання дорівнює:

Т1 = 90⋅1.7⋅0.8 = 122.4 людино-днів.

Проведемо аналогічні розрахунки для подальших завдань.

Для другого завдання (використовується алгоритм третьої групи складності, степінь новизни Б), тобто ТР =27 людино-днів, КП =0.9,КСК = 1,КСТ =0.8:

Т2 = 27 ⋅ 0.9 ⋅ 0.8 = 19.44 людино-днів.

Складаємо трудомісткість відповідних завдань для кожного з обраних варіантів реалізації програми, щоб отримати їх трудомісткість:

ТI = (122.4 + 19.44 + 4.8 + 19.44) ⋅ 8 = 1328,64 людино-годин;

ТII = (122.4 + 19.44 + 6.91 + 19.44) ⋅ 8 = 1345.52 людино-годин;

Найбільш високу трудомісткість має варіант II.

В розробці беруть участь два програмісти з окладом 6000 грн., один фінансовий аналітик з окладом 9000грн. Визначимо зарплату за годину за формулою:

де М – місячний оклад працівників; – кількість робочих днів тиждень; – кількість робочих годин в день.

Тоді, розрахуємо заробітну плату за формулою

,

де СЧ– величина погодинної оплати праці програміста; – трудомісткість відповідного завдання; КД – норматив, який враховує додаткову заробітну плату.

Зарплата розробників за варіантами становить:

I. СЗП = 41,67⋅ 1328.64 ⋅ 1.2 = 66437,31 грн.

II. СЗП = 41,67⋅ 1345.52 ⋅ 1.2 = 67281,38 грн.

Відрахування на єдиний соціальний внесок в залежності від групи професійного ризику (II клас) становить 22%:

I. СВІД = СЗП ⋅ 0.22 = 66437,31\* 0.22 = 14616 грн.

II. СВІД = СЗП ⋅ 0.22 = 67281,38 \* 0.22 = 14802 грн.

Тепер визначимо витрати на оплату однієї машино-години. (СМ)

Так як одна ЕОМ обслуговує одного програміста з окладом 6000 грн., з коефіцієнтом зайнятості 0,2 то для однієї машини отримаємо:

СГ = 12⋅M⋅KЗ = 12 ⋅ 6000⋅ 0,2 = 14400 грн.

З урахуванням додаткової заробітної плати:

СЗП =СГ⋅ (1+ KЗ) = 14400⋅ (1 + 0.2)=17280 грн.

Відрахування на єдиний соціальний внесок:

СВІД= СЗП ⋅ 0.22 = 17280⋅ 0,22 = 3801,6 грн.

розраховуємо при амортизації 25% та вартості ЕОМ – 8000 грн.

СА = КТМ⋅ KА⋅ЦПР = 1.15 ⋅ 0.25 ⋅ 8000 = 2300 грн.,

де КТМ– коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування та монтаж приладу у користувача; KА– річна норма амортизації; ЦПР– договірна ціна приладу.

Витрати на ремонт та профілактику розраховуємо як:

СР = КТМ⋅ЦПР ⋅ КР = 1.15 ⋅ 8000 ⋅ 0.05 = 460 грн.,

де КР– відсоток витрат на поточні ремонти.

Ефективний годинний фонд часу ПК за рік розраховуємо за формулою:

ТЕФ =(ДК – ДВ – ДС – ДР) ⋅ tЗ⋅ КВ = (365 – 104 – 8 – 16) ⋅ 8 ⋅ 0.9 = 1706.4 годин,

де ДК – календарна кількість днів у році; ДВ, ДС – відповідно кількість вихідних та святкових днів; ДР – кількість днів планових ремонтів устаткування; t –кількість робочих годин в день; КВ– коефіцієнт використання приладу у часі протягом зміни.

Витрати на оплату електроенергії розраховуємо за формулою:

СЕЛ = ТЕФ⋅ NС⋅ KЗ⋅ ЦЕН =1706,4 ⋅ 0,156 ⋅ 1,93819 = 515,94 грн.,

де NС – середньо-споживча потужність приладу; KЗ– коефіцієнтом зайнятості приладу; ЦЕН – тариф за 1 КВт-годин електроенергії.

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

СН = ЦПР⋅0.67 = 8000⋅ 0,67 =5360 грн.

Тоді, річні експлуатаційні витрати будуть:

СЕКС =СЗП+ СВІД+ СА + СР+ СЕЛ + СН

СЕКС = 17280 + 3801,6+ 2300 + 460 + 515,94 + 5360 = 29717,54 грн.

Собівартість однієї машино-години ЕОМ дорівнюватиме:

СМ-Г = СЕКС/ ТЕФ = 29717,54/1706,4 = 17,4 грн/час.

Оскільки в даному випадку всі роботи, які пов‘язані з розробкою програмного продукту ведуться на ЕОМ, витрати на оплату машинного часу, в залежності від обраного варіанта реалізації, складає:

СМ = СМ-Г ⋅T

І. СМ = 18,91\* 1328,64 = 25124,58 грн.;

ІІ. СМ = 18,91\* 1345.52 = 25443,78 грн.;

Накладні витрати складають 67% від заробітної плати:

СН = СЗП ⋅ 0,67

І. СН = 66437,31⋅ 0,67 = 44513 грн.;

ІІ. СН = 67281,38⋅ 0,67 = 45078,52 грн.;

Отже, вартість розробки ПП за варіантами становить:

СПП = СЗП+ СВІД+ СМ +СН

І. СПП = 66437,31 + 24429 + 25124,58 + 44513 = 160503,89 грн.;

ІІ. СПП = 67281,38 + 24739 +25443,78 + 45078,52 = 162542,68 грн.;

## 4.5 Вибір кращого варіанта ПП техніко-економічного рівня

Розрахуємо коефіцієнт техніко-економічного рівня за формулою:

КТЕРj =ККj⁄СФj,

КТЕР1 = 5,214 / 160503,89 = 0,32⋅10-4;

КТЕР2 = 3,569 / 162542,68 = 0,21⋅10-4;

Як бачимо, найбільш ефективним є перший варіант реалізації програми з коефіцієнтом техніко-економічного рівня КТЕР1= 0,33⋅ 10-4.

## 1.6 Висновки до розділу 1

В даному розділі проведено повний функціонально-вартісний аналіз ПП, який було розроблено в рамках дипломного проекту. Процес аналізу можна умовно розділити на дві частини.

В першій з них проведено дослідження ПП з технічної точки зору: було визначено основні функції ПП та сформовано множину варіантів їх реалізації; на основі обчислених значень параметрів, а також експертних оцінок їх важливості було обчислено коефіцієнт технічного рівня, який і дав змогу визначити оптимальну з технічної точки зору альтернативу реалізації функцій ПП.

Другу частину ФВА присвячено вибору із альтернативних варіантів реалізації найбільш економічно обґрунтованого. Порівняння запропонованих варіантів реалізації в рамках даної частини виконувалось за коефіцієнтом ефективності, для обчислення якого були обчислені такі допоміжні параметри, як трудомісткість, витрати на заробітну плату, накладні витрати.

Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного комплексу що розроблюється, можна зробити висновок, що з альтернатив, що залишились після першого відбору двох варіантів виконання програмного комплексу оптимальним є перший варіант реалізації програмного продукту. У нього виявився найкращий показник техніко-економічного рівня якості

КТЕР = 0,32⋅ 10-4.

Цей варіант реалізації програмного продукту має такі параметри:

– мова програмування – С++;

– отримання зображення з командного рядку;

– інтерфейс користувача, створений з використанням бібліотеки OpenCV.

Даний варіант виконання програмного комплексу дає користувачу зручний інтерфейс, непоганий функціонал і швидкодію.