

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Автоматизація процесів прийняття рішення доступу до роботизованих об'єктів
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, гр. КТРСм-19-1
Алексєєнко Д.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»

освітньої програми «Комп'ютеризовані та
робототехнічні системи»

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(повна назва освітньої програми)

Керівник професор Филипенко О.І.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І.Ш.
(прізвище, ініціали)

2020

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Комп'ютеризовані та робототехнічні системи (код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Алексєєнку Дмитру Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи _____ Автоматизація процесів прийняття рішення доступу до роботизованих об'єктів

затверджена наказом по університету від _____ 02.11.2020 р., № 1509 Ст.

2 Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 26.12. 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи _____ автоматизована система, доступ до роботизованих об'єктів, алгоритми прийняття рішень.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

4.1 Вступ

4.2 Аналіз предметної області

4.3 Модель прийняття рішення в автоматизації процесів прийняття рішення автоматизації процесів доступу до роботизованих об'єктів

4.4 Реалізація системи контролю і управління доступу. Вибір найкращої альтернативи

4.5 Розробка алгоритму автоматизованої системи

4.6 Питання охорони праці та безпеки життєдіяльності

4.7 Висновки

4.8 Перелік джерел посилання

5 Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 9 с. формату А4

6 Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	Дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури за темою атестаційної роботи	05.09.2020	Виконано
2	Огляд та аналіз проблеми прийняття рішення	12.09.2020	Виконано
3	Постановка мети та задач дослідження	16.09.2020	Виконано
4	Вирішення задачі вибору математичної моделі	06.10.2020	Виконано
5	Розробка алгоритму автоматизованої системи	06.11.2020	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	24.11.2020	Виконано
7	Подання атестаційної роботи до екзаменаційної комісії	26.12.2020	Виконано

Дата видачі завдання

1 вересня 2020 р.

Студент

_____ (підпис)

Алексєєнко Д.В.

_____ (прізвище, ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

проф. Филипенко О.І.

_____ (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 91 с., 12 табл., 25 рис., 2 дод., 49 джерел.

ПРОМИСЛОВІ РОБОТИ, ПРОЦЕС УПРАВЛІННЯ,
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ,
СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ, НЕВИЗНАЧЕНА
ІНФОРМАЦІЯ, МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ.

Об'єкт дослідження – автоматизовані системи прийняття рішень.

Предмет дослідження – доступ до роботизованих об'єктів.

Мета магістерської атестаційної роботи – розробка конкурентоспроможної автоматизованої систему контролю доступу в зону промислових роботів для налагодження і автоматизації дій.

Методи дослідження – алгоритми прийняття рішень, математичні моделі, метод аналізу ієрархій.

У роботі розроблено математична модель системи підтримки прийняття рішення в умовах невизначеної інформації для вибору системи контролю і управління доступом, яка відповідала б сучасним технологіям, критеріям надійності і удосконалила вже існуючу систему. Також розроблений алгоритм для доступу на об'єкт, як для оператора системи безпеки, так і для особи, яка ідентифікується.

Сфери застосування результатів роботи – на підприємствах, які потребують модернізації системи контролю і управління доступом або потребують її встановлення.

ABSTRACT

Explanatory note: 91 pp., 11 tabl., 21 fig., 2 add., 49 sources.

INDUSTRIAL WORKS, MANAGEMENT PROCESS, AUTOMATED ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM, DECISION-MAKING SOLUTION SUPPORT SYSTEM, DECISION-MAKING

The object of research is automated decision-making systems.

The subject of the research is access to the work of the named objects.

The purpose of the master's certification work is to develop a competitive automated access control system for industrial robots to set up and automate actions.

Research methods - decision-making algorithms, mathematical models, method of analysis of hierarchies.

The paper develops a mathematical model of the decision support system in terms of uncertain information for the selection of access control and management system, which met modern technologies, reliability criteria and improved the existing system. An algorithm has also been developed for access to the facility, both for the security system operator and for the person being identified.

Areas of application of the results of work – at enterprises that need to modernize the system of control and management of access or need to install it.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки	8
Вступ	9
1 Аналіз предметної області	10
1.1 Помилки, що виникають під час управління складними системами і можливі підходи до їх виправлення	11
1.2 Класифікація систем підтримки прийняття рішень	15
1.3 Постановка задачі	17
1.4 Висновки до 1 розділу	17
2 Модель прийняття рішення в автоматизації процесів прийняття рішення автоматизації процесів доступу до роботизованих об'єктів	19
2.1 Обґрунтування процесів і механізмів прийняття рішень	19
2.2 Застосування класичних математичних моделей в процесах прийняття рішення	20
2.3 Обґрунтування методу вибору систем в умовах нечіткої інформації	22
2.4 Алгоритм методу аналізу ієрархій	24
2.4.1 Математичне описання методу аналізу ієрархій	25
2.5 Висновки до 2 розділу.....	27
3 Реалізація системи контролю і управління доступом. Вибір найкращої альтернативи	28
3.1 Структура систем контролю і управління доступом	28
3.2 Описання існуючих біометричних систем для оцінки основних альтернатив для вибору найбільш підходящого варіанту	32
3.3 Розв'язання задачі вибору найкращої альтернативи на математичній моделі в умовах нечіткої інформації	44
3.4 Розв'язання задачі вибору альтернатив систем контролю і управління доступом	47

	7
3.5 Висновки до 3 розділу	50
4 Розробка алгоритму автоматизованої системи	51
4.1 Опис алгоритму автоматизованої системи	51
4.2 Вибір обладнання для реалізації розробленого алгоритму	59
4.2.1 Кабіна шлюзова T58 – lucent	59
4.2.2 Пристрій EyeSwipe-Nano	61
4.2.3 Датчик руху АСТРА 512	62
4.2.4 ОСЗ-1 сирена світлозвукова	63
4.2.5 Системний блок ACER Packard Bell iMedia S3730	64
4.3 Обчислювальний експеримент систем розпізнавання райдужної оболонки ока	65
4.3.1 Аналіз точності і часу роботи	66
4.4 Розрахунок надійності системи контролю управління доступом	68
4.5 Охорона праці і захист навколишнього середовища	71
4.6 Висновки до 4 розділу	73
Висновки	75
Перелік джерел посилання	76
Додаток А Демонстраційний матеріал	81
Додаток Б Відомість атестаційної роботи	91

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АСУ – автоматизована система управління;

БД-Д – база даних допусків;

БД-Пр – база даних пропусків;

ВП – виконуючий пристрій;

МАІ – метод аналізу ієрархій;

ОПР – особа, яка приймає рішення;

ОПС – охоронно-пожежна сигналізація;

РТК – роботизований технологічний комплекс;

СБ – система безпеки;

СКУД – система контролю і управління доступом;

СППР – система підтримки прийняття рішення;

MTBF – mean time between failures.

ВСТУП

Дослідження в світі показують, що більш ніж 50% робочих аварій з промисловими роботами можуть бути зараховані до збоїв в електронних ланцюгах системи управління, а «помилка» людини менш ніж в 20%. Логічно припустити, що небезпеки, спричинені помилками системи, не можна уникнути за допомогою певної поведінки людей.

На промислових об'єктів з повною автоматизацією виробництва, на яких керівництво всіма процесами здійснюється в реальному часі із рахуванням мінливих зовнішніх умов, що є характерним для Індустрія 4.0 [1]. Питання безпеки є основними проблемами, що потрібно вирішувати.

Отже, безконтрольний доступ до об'єктів автоматизації може призвести до виведення з ладу великих та складних автоматизованих ліній, що негативно вплине на матеріальні та економічні показники підприємства, тому саме до вибору системи контролю і управління доступу, розроблення швидкодіючого, чіткого і безпечного алгоритму, як для особи, що приймає рішення доступу на об'єкт, так і для працівників підприємства, а надійність системи напряму залежить від обраного обладнання.

Таким чином, метою магістерської випускної атестаційної роботи являється автоматизація процесів прийняття рішення доступу до роботизованих об'єктів.

Об'єкт дослідження – автоматизовані системи прийняття рішень.

Предмет дослідження – доступ до роботизованих об'єктів.

Мета магістерської атестаційної роботи – розробка конкурентоспроможної автоматизованої систему контролю доступу в зону промислових роботів для налагодження і автоматизації дій.

Методи дослідження – алгоритми прийняття рішень, математичні моделі, метод аналізу ієрархій. Атестаційна робота виконується згідно методичних вказівок [2] та ДСТУ 3008:2015 [3].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

У сучасних умовах розвитку промисловості, все більшого поширення набувають розвитку стратегії «Індустрія 4.0».

Одним з перспективних напрямків розвитку в промисловості визначено цифрову трансформацію (digital transformation). Це інноваційні підходи, що характеризуються впровадженням цифрової технології в усі аспекти взаємодії з людиною. Трансформаційний етап настає тоді, коли використання технологій надає інноваційні методи роботи замість простого розширення чи підтримки традиційних (старих) методів.

У сучасних умовах на великих підприємствах гостро постає питання про впровадження систем, які б давали можливість регулювати та визначати в автоматизованих режимах надання доступу до тих чи інших роботизованих об'єктів.

Проблема охоплює не тільки питання доступу до окремих спеціалізованих об'єктів, а й до сукупності роботизованих технологічних комплексів, якими можуть бути роботизовані лінії, пов'язані між собою транспортними засобами і системою управління, або кілька одиниць технологічного обладнання, що обслуговуються одним або декількома промисловими роботами для виконання операцій у прийнятій технологічній послідовності.

Такі великі роботизовані об'єкти можна визначити як роботизований технологічний комплекс (РТК) – це сукупність одиниць технологічного обладнання, промислового робота і засобів оснащення, автономно-функціонуюча і яка здійснює багаторазові цикли. Роботизовані технологічні комплекси, призначені для роботи в гнучких виробничих системах, повинні мати автоматизацію переналагодження і можливість вбудовування в систему. В якості технологічного обладнання в РТК може бути використаний промисловий робот. Засобами оснащення РТК можуть бути пристрої накопичення, орієнтації,

поштучної видачі об'єктів виробництва (деталей, заготовок) і інші пристрої, що забезпечують функціонування РТК [4].

Якщо проаналізувати складні роботизовані об'єкти, можна зробити висновок, що неодмінною їх складовою є блоки, що відповідають за процеси доступу до цих об'єктів. Ці процеси можна розділити на ручні та автоматизовані. Автоматизовані базуються на процесах управління.

Зі збільшенням складності керованих систем кількість і масштаб проблем зростає, з'являється проблема вдосконалення управління, підвищення якості прийнятих рішень [5].

1.1 Помилки, що виникають під час управління складними системами і можливі підходи до їх виправлення

Типовий алгоритм управління, що описує загальний підхід до організації цього процесу, включає наступні етапи:

- формулювання мети (формування мети дій або з'ясування одержаного завдання);
- оцінка наявних можливостей і зовнішніх умов;
- прийняття рішення, створення плану дій;
- формування і видача виконавцям управляючих впливів;
- контроль підготовки і виконання завдань.

Вибір мети дій (етап формулювання мети) зазвичай покладається на людину і, в зв'язку з його неформалізованістю, математичними методами і технічними засобами практично не підтримується. Під час оцінки досяжності мети і вироблення керуючих впливів, можливим і необхідним стає використання спеціалізованих засобів і методів підтримки прийняття рішень. При цьому ступінь використання і можливості цих засобів і методів можуть бути різними: від нескладних прикладних математичних методик до автоматизованих систем підтримки прийняття рішень. Щоб розробляти подібні системи і висувати вимоги до них, необхідно оперувати формалізованим

описом процесу управління. Під час формалізації процесу слід врахувати, що за цільовим призначенням система управління призначена для управління складними об'єктами, що функціонують в умовах зовнішнього середовища в оточенні взаємодіючих або конкуруючих систем (рисунок 1.1). Об'єкт управління має певну структуру і параметри, частина з яких може змінюватися під час управління (керовані параметри).



Рисунок 1.1 – Формалізації процесу управління [6]

Для формалізованого опису системи управління, керована система, як правило, видається у формі векторів, описаних в фазових координатах стану [6].

Під вектором стану системи розуміється сімейство множин:

$$C = \{\{c_k\}\{c_y\}\{c_c\}\}, \quad (1.1)$$

де C – сімейство множин, що описують поточний стан системи;

c_k – безліч параметрів станів, відповідних контрольним параметрам вектора цілей управління (параметрами, що призводить керовану систему до

мети);

c_y – безліч керованих параметрів;

c_c – множина вільних параметрів.

Вектор стану постійно змінюється за часом і завжди визначається з деякою помилкою, що породжує невизначеність для особи, яка приймає рішення. У результаті виникає помилка управління, яка теж є векторною величиною. Вектор помилки управління - це вектор, що описує відхилення реального процесу, що відображається вектором стану контрольних параметрів, від вектору цілей управління.

У рамках прийнятих визначень, процес управління розуміється як послідовність формування керуючих рішень з параметрами c_y , забезпечують виведення системи в стан c_k до встановленого часу і з прийнятними витратами.

Завданням системи управління є формування керуючих параметрів, реалізація яких призведе керований об'єкт в потрібну точку фазового простору, тобто забезпечить досягнення мети. При цьому, крім впливу на керовану систему, для досягнення мети можлива реалізація опосередкованого управління іншими (взаємодіючими) системами і навіть зовнішнім середовищем. З урахуванням вищесказаного, при складанні формалізованого опису системи управління необхідно врахувати: яким би якісним не було управління, в цьому процесі завжди будуть присутні помилки, обумовлені об'єктивними і суб'єктивними факторами.

У переважній більшості випадків, керована система (рисунок 1.2), яка повинна була зі стану 1 прийти в стан 2, насправді виявиться в стані 3. А ще взаємодіє (конкуруюча) система або прогнозовані параметри зовнішнього середовища, спочатку знаходяться в точці 1', виявляться не в очікуваному стані 2, а в точці 4. У результаті виникає помилка α_y , що є векторної сумою помилки відпрацювання керуючих впливів α_0 і помилки прогнозування поведінки взаємодіючих, конкуруючих систем і параметрів зовнішнього середовища α_n , тобто помилки планування.

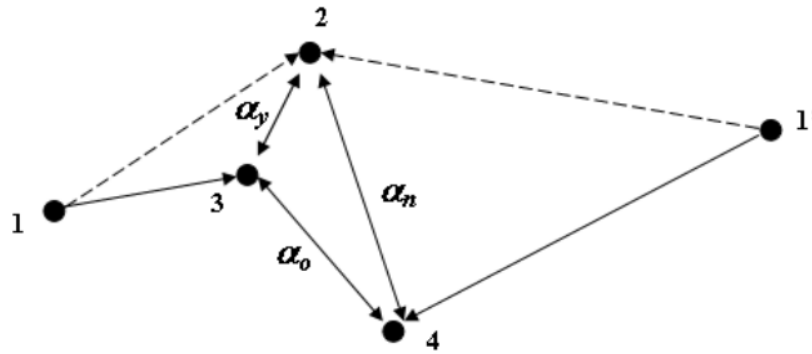
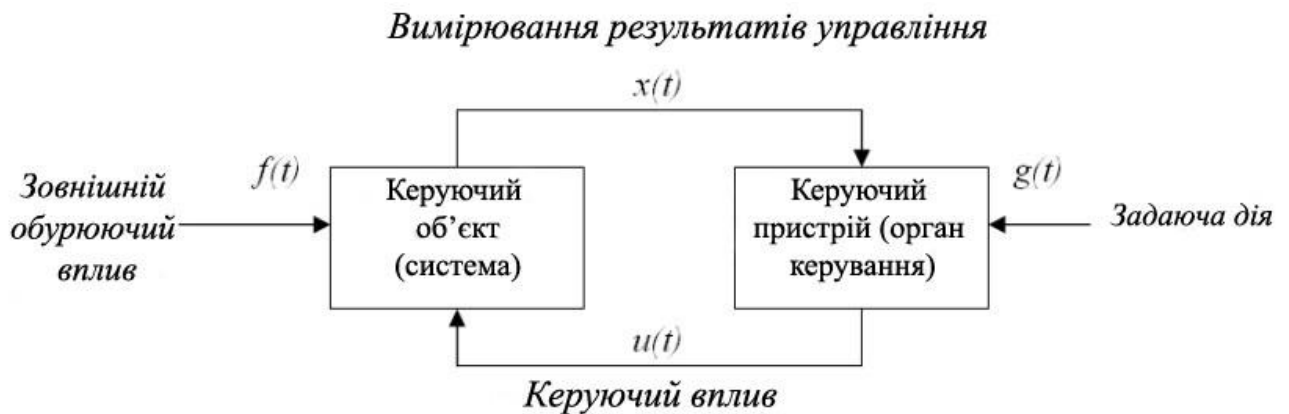


Рисунок 1.2 – Структурна схема процесу виникнення помилки управління



$g(t)$ – функція цілей (задачі); $f(t)$ – функція збурюючих дій, перешкоди;
 $u(t)$ – керувальні впливи; $x(t)$ – параметри зворотного зв'язку
 (вимірювання результату управління)

Рисунок 1.3 – Схема неформалізованої системи в термінах теорії автоматичного управління

Виникає задача зниження помилки управління, тобто пошуку шляхів зниження впливу чинників, що впливають на формування цієї помилки. Для оцінки впливу тих чи інших факторів на поведінку складної системи, яку досліджувати в реалістичному обсязі проблематично, прийнято використовувати методи математичного моделювання. Наприклад,

неформалізовану по своїй суті систему, схема якої наведена на рисунку 1.3, можна описати у термінах теорії автоматичного управління, математичний апарат якої добре відомий і апробований [7,8,9].

У рамках запропонованого підходу, описана на рисунку 1.3 структура, може бути представлена у виді моделі динамічної системи управління, яка реалізується як набір передавальних ланок.

1.2 Класифікація систем підтримки прийняття рішень

У термінах теорії автоматичного управління така система є типовим випадком нелінійного контуру управління зі зворотнім зв'язком. Для забезпечення аналізу, зазначена система з деякою часткою припущення може бути описана пов'язаним набором інтегруючих, що диференціюють і аперіодичною ланкою зі своїми передавальними функціями $W_j(p)$. У термінах автоматизованої системи управління (АСУ) ці ланки можуть бути охарактеризовані (рисунок 1.4): комплекси засобів автоматизації та посадові особи органів управління (менеджери) з функціоналом формування керуючих впливів $W_{OY}(p)$, органи і засоби оцінки поточного стану $W_{OC}(p)$ виконавчі органи керованого об'єкта $W_{OY}(p)$ і засоби збирання даних про стан керованих об'єктів $W_{CD}(p)$ [9].

У теорії управління передавальна функція безперервної системи $W(p)$ являє собою відношення перетворення Лапласа вихідного сигналу $y(t)$ до перетворення Лапласа вхідного сигналу $g(t)$ при нульових початкових умовах. Зазвичай така залежність описується системою диференціальних рівнянь або матрицею коефіцієнтів і дозволяє отримати зображення вихідного сигналу системи за відомим зображенням її вхідного сигналу, згідно з формулою (1.2):

$$y(t) = W(p) * g(t). \quad (1.2)$$

Передавальна функція $W(p)$ дозволяє охарактеризувати всі властивості досліджуваної системи в стаціонарному і перехідному режимах: стійкість, чутливість, ступінь астатизму, частотні і амплітудні характеристики. Передавальна функція системи в цілому формується з передавальних функцій окремих ланок за певними правилами.

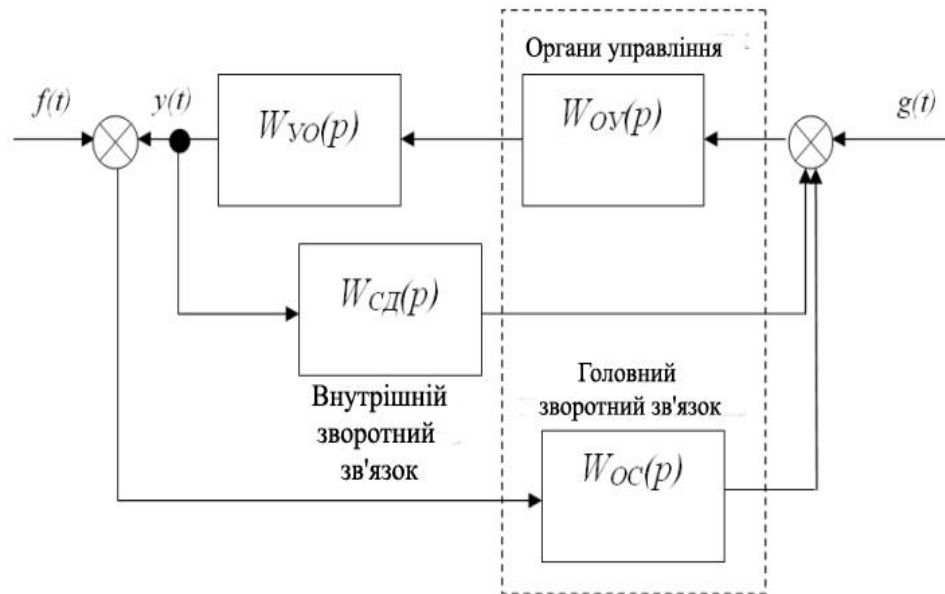


Рисунок 1.4 – Варіант подання компонентів системи управління у виді системи передавальних ланок [9]

Але, як показує практика, передавальна функція системи в цілому не завжди зручна під час аналізу особливостей функціонування її окремих компонентів.

З точки зору аналізу функціонування автоматизованих органів управління, більш зручною є передавальна функція розімкнутої системи, що включає тільки компоненти органів управління і зворотнього зв'язку. Вона цілком забезпечує оцінку керованості системи в цілому, за винятком оцінки її стійкості. Для даної системи структура розімкнутого контуру, що включає тільки компоненти органів управління, наведена на рисунку 1.5. Під час формування цієї структури, для спрощення дослідження функціонування саме

компонентів системи управління, система збирання даних про стан керованого об'єкта приймається ідеально функціонуючою, тобто зі значенням функції $W_{CD}(p)$ близькою до одиниці.

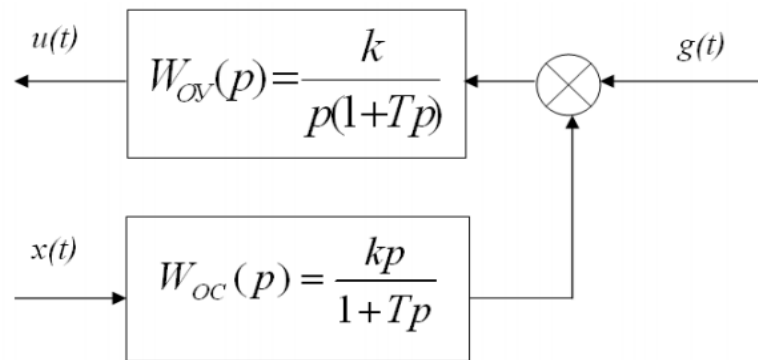


Рисунок 1.5 – Структура розімкнутої частини системи «органи управління – середовище – керований об'єкт» [9]

1.3 Постановка задачі

Сучасні методи прийняття рішень орієнтовані на облік всіх особливостей якостей альтернатив, що істотно наближає формальні схеми до реального світу. Тому, у даний час багатокритеріальний опис альтернатив стає все більш поширеним. Одним із способів виконання цих вимог є постановка проблем і прийняття рішень у відповідності з математичною моделлю.

У роботі пропонується розглянути існуючі статичні біометричні системи, провести їх порівняльний аналіз, побудувати математичну модель прийняття рішень в умовах нечіткої інформації, коли є нечітка інформація про усі альтернативи за всіма критеріями, розробити алгоритм для вибраної системи управління і контролю доступом, розрахувати і оцінити її надійність. Аналіз проводитиметься на основі математичної теорії нечітких множин. Для розрахунку вагових коефіцієнтів буде використовуватися метод аналізу ієрархій (МАІ).

1.4 Висновки до 1 розділу

У першому розділі проведено аналіз основних понять роботизованих об'єктів, процесів їх управління та помилок, що можуть виникнути під час управління складними системами та підходи до їх виправлення.

Розглянуто класифікацію систем підтримки прийняття рішень у тому числі і подання компонентів системи у виді передавальних ланок.

Проведено визначення об'єкту та предмету досліджень, мети і методів її досягнення.

Було прийнято рішення розробити метод прийняття рішень в умовах нечіткої інформації, побудувати функціонуючий алгоритм системи контролю і управління доступом та оцінити її надійність.

2 МОДЕЛЬ ПРИНЯТТЯ РІШЕННЯ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ДОСТУПУ ДО РОБОТИЗОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ

2.1 Обґрунтування процесів і механізмів прийняття рішень

Процес прийняття рішення – це циклічна послідовність дій суб'єкта управління, спрямованих на вирішення проблем організації та аналізу ситуації, генерації альтернатив, прийняття рішення і організації його виконання [10].

На першій стадії під час прийняття рішення проводиться аналіз ситуації на мікро і макроструктурі, який включає пошук, збирання і обробку інформації, а також виявляє і формулює проблеми, які потребують вирішення. Далі здійснюється економіко-математичне моделювання, яке є невід'ємною частиною будь-якого дослідження в області економіки з урахуванням необхідних принципів під час побудови моделей [11].

Схематично процес прийняття рішень прийнято подавати відповідно до рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема процесу прийняття рішення [11]

Завдання прийняття рішення може істотно відрізнятись за кількістю альтернатив і їх наявністю на момент формування політики та прийняття рішення. Зустрічаються завдання, коли всі альтернативи вже задані і необхідний лише вибір з цієї множини. Вибір здійснюється на підставі порівняння альтернатив за критеріями.

Критерії – це спосіб описання альтернативних варіантів рішень, спосіб вираження відмінностей між ними з точки зору переваг особи, яка приймає рішення (ОПР). Сучасні методи прийняття рішень орієнтовані на облік всіх особливостей якостей альтернатив, що істотно наближає формальні схеми до реального світу. Тому, у даний час багатокритеріальне описання альтернатив стає все більш поширеним.

2.2 Застосування класичних математичних моделей у процесах прийняття рішення

Розглянемо ситуацію, коли є повна інформація про всі альтернативи за всіма критеріями. Така модель називається прийняттям рішення в умовах визначеності.

Нехай є n альтернатив A_i , $i = 1, 2, \dots, n$ і m критеріїв K_j , $j = 1, 2, \dots, m$.

Позначимо U_{ij} – оцінку i -ої альтернативи по j -ому критерію. Причому всі оцінки критеріям слід оцінювати за однією і тією ж шкалою.

Очевидно, що критерії мають різну важливість. Одні роблять більший вплив на прийняте в результаті рішення, інші менше. Назвемо ступінь важливості кожного критерію його вагою.

Нехай вага j -ого критерію дорівнює W_j . Вага критерію вимірюється по будь-якій пропорційній шкалі.

Якщо відомі оцінки альтернатив, ваги критеріїв вирішується завдання на максимізацію, тобто чим вище оцінка альтернативи, тим вона привабливіша, то для прийняття оптимального рішення потрібно обчислити функції корисності

кожної альтернативи F_i по формулі (2.1):

$$F_i = \sum_{j=1}^k U_{ij} * W_j, \quad (2.1)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$.

І далі приймається та альтернатива, для якої функція корисності максимальна. Якщо вирішується завдання мінімізації (чим менше оцінка альтернатив за критеріями, тим привабливіше альтернатива), то вибирається альтернатива з меншою функцією корисності.

Якщо локальні критерії оптимальності мають різні одиниці вимірювання (наприклад, один критерій оцінюється в гривнях, інший - в хвилинах, третій - в експертних балах і т.д.), то для їх порівняння і включення в функції корисності на рівних (точніше пропорційних ваг) умовах використовується метод нормалізації. Під нормалізацією критеріїв розуміється така послідовність процедур, за допомогою якої всі критерії і приводяться до єдиного, безрозмірного масштабу вимірювання.

Розглянемо один з найбільш часто вживаних на практиці методів нормалізації [12].

Припустимо, що є n альтернатив і k критеріїв. Позначимо U_{ij} оцінку i -ої альтернативи по j -ому критерію, $\hat{U}_j = \max_i(U_{ij})$ - максимальне значення j -го критерію по кожній альтернативі, $\check{U}_j = \min_i(U_{ij})$ - мінімальне значення j -го критерію по кожній альтернативі. Тоді нормалізовані оцінки U_{ij} альтернатив по критеріям у випадку максимізації критеріїв (чим більше показник, тим краще):

$$u_{ij} = \frac{U_{ij} - \check{U}_j}{\hat{U}_j - \check{U}_j}, \quad (2.2)$$

в разі мінімізації критеріїв (чим менше, тим краще):

$$u_{ij} = \frac{\hat{U}_{ij} - U_{ij}}{\hat{U}_j - \tilde{U}_j}. \quad (2.3)$$

У результаті нормалізації, незалежно, здійснюється максимізація або мінімізація критерію, альтернатива, яка має найкращий для особи, яка приймає рішення, показник привабливості по будь-яким критеріям отримує оцінку 1, найменш приваблива має оцінку 0, а інші альтернативи мають проміжні оцінки від 0 до 1 пропорційно їх привабливості між показниками найкращою і найгіршою альтернативою. Функції корисності кожної альтернативи F_i :

$$F_i = \sum_{j=1}^k U_{ij} \cdot W_j, \quad (2.4)$$

де $i=1,2,\dots,n$.

Приймається та альтернатива, для якої функція корисності максимальна.

2.3 Обґрунтування методу вибору систем в умовах нечіткої інформації

Під час впровадження системи на початковому етапі виникає умова невизначеності інформації. У таких умовах одним із способів прийняття рішення є методи засновані на використанні нечіткої математики.

Математична теорія нечітких множин (fuzzy sets) і нечітка логіка (fuzzy logic) є узагальненнями класичної теорії множин і класичної формальної логіки [13].

Основною причиною появи цієї теорії стала наявність нечітких і наближених міркувань під час описання людиною процесів, систем, об'єктів.

Розглянемо завдання вибору альтернативи X з даної її множини [15, 16].

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}. \quad (2.5)$$

Якщо цей вибір здійснюється на основі ступеня відповідності альтернатив певній сукупності вимог, визначених системою m різних критеріїв k_1, k_2, \dots, k_m .

У такому випадку кожному критерію k_i може бути поставлено у відповідність нечітка множина [15,16].

$$A_{k_i} = \{\mu_{k_i}(x_1), \mu_{k_i}(x_2), \dots, \mu_{k_i}(x_n)\}. \quad (2.5)$$

Тут величина $\mu_{k_i}(x_j) \in [0,1]$ і являє собою оцінку альтернативи x_j по критерію k_j .

Вирішальне правило R вибору найкращої альтернативи може бути представлено як знаходження перетину відповідних нечітких множин [15,16].

$$R = A_{k_1} \cap A_{k_2} \cap \dots \cap A_{k_m},$$

$$\mu_{A_R}(x_j) = \min_{i=1, \dots, m} (\mu_{A_{k_i}}(x_j)), j = \overline{1, n}. \quad (2.6)$$

Таким чином, в якості найкращої повинна бути обрана та з альтернатив x_j^* , для якої значення функції належності $\mu_D(x_j)$ виявиться максимальним.

Тобто:

$$\mu_D(x_j^*) = \max_{j=1, \dots, n} (\mu_{A_R}(x_j)). \quad (2.7)$$

У випадку різної важливості критеріїв вирішальне правило R вибору найкращої альтернативи має вид [17]:

$$R = A_{k_1}^{\lambda_1} \cap A_{k_2}^{\lambda_2} \cap \dots \cap A_{k_m}^{\lambda_m},$$

$$\overline{i=1, m} \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1. \quad (2.8)$$

2.4 Алгоритм методу аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій (МАІ) був створений математиком Томасом Сааті і на даний момент широко використовується для вибору єдиного компромісного рішення з урахуванням різних критеріїв у різних сферах і набув широкого розповсюдження в останнє десятиріччя. Згідно з ним методом, вибір рішення здійснюється шляхом попарних порівнянь за допомогою відповідної шкали [18].

Метод аналізу ієрархій містить процедуру синтезу пріоритетів, що обчислюються на основі суб'єктивних критеріїв експертів. Кількість критеріїв може сягати десятків або навіть сотен. Математичне обчислення для задач невеликої розмірності можна виконувати вручну або за допомогою калькулятора, проте найбільш зручно використовувати програмне забезпечення (ПЗ) для введення і обробки критеріїв.

Найпростіший спосіб комп'ютерної підтримки – електронні таблиці, найбільш досконале ПЗ передбачає застосування спеціальних пристроїв для введення критеріїв учасниками процесу колективного вибору.

Порядок застосування методу аналізу ієрархій:

- побудова якісної моделі проблеми у виді ієрархії, що включає в себе ціль, альтернативні варіанти досягнення цілі і критерії для оцінки якості альтернатив;
- визначення пріоритетів всіх елементів ієрархії з використанням методу попарних порівнянь;
- синтез глобальних пріоритетів альтернатив шляхом лінійного згортання пріоритетів елементів на ієрархії;

- перевірка суджень на узгодженість;
- прийняття рішення на основі отриманих результатів.

2.4.1 Математичне описання методу аналізу ієрархій

Отримуємо попарні порівняння (β_i / β_j) , проведені експертами та проводимо апроксимацію кожного критерію за формулою (2.9).

$$a_i = \sqrt[n]{\frac{\beta_i}{\beta_1} * \dots * \frac{\beta_i}{\beta_n}}. \quad (2.9)$$

Обчислюємо нормалізовану наближену оцінку локального пріоритету окремого критерію (x_i) на критерії вищого рівня ієрархії за формулою (2.10).

$$x_i = \frac{a_i}{\sum_{j=1..n} a_j}. \quad (2.10)$$

Для перевірки адекватності одержаних результатів знайдемо індекс узгодженості матриці (CI) , максимальне власне значення $(\lambda_{max} > 0)$, індекс послідовних співвідношень (CR) за формулою (2.11).

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \sum_{i=1..n} x_i * s_i, \\ CI &= \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \\ CR &= \frac{CI}{RI}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

де s_i – сума елементів стовбця з номером i матриці попарних порівнянь;

n - кількість альтернатив;

RI - випадковий індекс матриці.

На основі одержаного значення індексу послідовних співвідношень робимо висновок щодо адекватності експертних оцінок, даний показник не повинен перевищувати 10%, для систем, що не вимагають особливої точності – 20% .

Обчислюємо глобальний пріоритет альтернативи як суму добутків локальних пріоритетів компонентів на шляху ієрархії від компоненту останнього рівня до першого [18].

Для визначення пріоритетів всіх елементів у методі аналізу ієрархії використовується шкала експертних порівнянь, при оцінюванні переваги першого об'єкту над другим зі значеннями від 1 до 9. Зміст цих оцінок показано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Ступені важливості для матриць попарних порівнянь

Ступінь важливості	Означення	Коментар
1	Однакова важливість	Обидва об'єкти вносять однаковий внесок у досягнення мети
3	Слабка значущість	Досвід і судження надають легку перевагу першому об'єкту перед другим
5	Суттєва значущість	Досвід і судження надають сильну перевагу першому об'єкту перед другим
7	Дуже сильна значущість	Перевага першого об'єкта над другим дуже сильна
9	Абсолютна значущість	Свідчення на користь переваги першого об'єкту у вищому степені переконлива
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між сусідніми значеннями шкали	Ситуації, коли потрібні компромісні рішення
Обернені величини наведених значень	Якщо для порівняння об'єкта А з об'єктом В отримане одне з наведених значень	

2.5 Висновки до 2 розділу

У другому розділі проведено обґрунтування процесів і механізмів прийняття рішення. Описані основні складові математичної моделі прийняття рішень на основі вибору кращої альтернативи.

Визначено, що під час впровадження систем в умовах нечіткої інформації (невизначеності) на початковому етапі виникає умова невизначеності інформації. У таких умовах одним із способів прийняття рішення є методи засновані на використанні нечіткої математики.

Основною причиною появи класичної теорії нечітких множин, яка є узагальненням класичної теорії множин і класичної формальної логіки, стала наявність нечітких і наближених міркувань під час описання людиною процесів, систем, об'єктів.

Метод аналізу ієрархії відображає роботу людської логіки і дає більш загальний підхід, ніж інші запропоновані методи. Він надає не тільки спосіб виявлення найбільш бажаного рішення, але і дозволяє кількісно виразити ступінь переваги, завдяки рейтингу. Це сприяє повному виявленню переваг особи, що приймає рішення. Крім того, коефіцієнт послідовності даних допомагає визначити міру коректності введених даних.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ. ВИБІР НАЙКРАЩОЇ АЛЬТЕРНАТИВИ

Головною ланкою будь-якого виробничого процесу сучасного суспільства є людина. Організація чи вдосконалення існуючої організації, її процесу праці та його обліку за допомогою електронних систем досить актуальне питання на сьогодні, тому що дозволяє відмовитися від додаткових витрат на утримання людей, які здійснюють контроль, і підвищити рентабельність і ефективність виробництва.

3.1 Структура систем контролю і управління доступом

Структура систем контролю і управління доступом (СКУД) в загальному випадку являє собою об'єднані в комплекси електронні, механічні, електротехнічні, апаратно-програмні та інші засоби, що забезпечують можливість доступу певних осіб в певні зони (територія, будівля, приміщення) або до певної апаратури, технічних засобів і предметів (персональний комп'ютер (ПК), автомобіль, сейф і т. д.) і обмежують доступ особам, які не мають такого права [19].

Згадані системи можуть здійснювати контроль переміщення людей і транспорту по території підприємства, забезпечувати безпеку персоналу і відвідувачів, а також збереження матеріальних та інформаційних ресурсів підприємства.

СКУД класифікують за такими категоріями [20]:

- за способом управління;
- контрольованих точок доступу;
- функціональних характеристик;
- увазі об'єктів контролю;
- рівнем захищеності системи від несанкціонованого доступу.

Крім того, всі СКУД діляться на чотири класи [21]:

– СКУД 1-го класу - малофункціональні системи малої місткості, що працюють в автономному режимі і здійснюють допуск всіх осіб, які мають відповідний ідентифікатор. У такій системі використовується ручне або автоматичне керування виконавчими пристроями, а також світлова або / та звукова сигналізація;

– СКУД 2-го класу - монофункціональні системи. Вони можуть бути однорівневими і багаторівневими і забезпечують роботу як в автономному, так і в мережевому режимах. Допуск осіб (груп осіб) може здійснюватися за датою, тимчасових інтервалах. Система здатна забезпечити автоматичну реєстрацію подій і автоматичне керування виконавчими пристроєм;

– СКУД 3-го і 4-го класів, як правило, є мережевими. У них використовуються більш складні ідентифікатори і різні рівні мережевої взаємодії (клієнт-сервер, інтерфейси зчитувачів карт Виганда або магнітних карт, спеціалізовані інтерфейси і ін.);

СКУД містить 4 основні елементи: ідентифікатор користувача (карта-пропуск, ключ), пристрій ідентифікації, керуючий контролер і виконавчі пристрої.

Також сучасні СКУД можна класифікувати за типом устаткування (на базі терміналів доступу, на базі контролерів доступу і зчитувачів, на базі автономних електронних замків), за типом ідентифікатора (безконтактна картка, код доступу, відбиток пальця, образ особи, мультиідентифікація), по типу програмування (автономні - програмування пристроєм біля точки проходу за допомогою майстер карти, мережеві - створення мережі пристроїв доступу під керуванням одного програмного забезпечення, універсальні - поєднують можливості автономних і мережевих систем), по типу мережевих інтерфейсів (RS485, Ethernet, WiFi, GPRS), за умовами застосування (для внутрішнього застосування, для вулиці).

Провівши аналіз різних сучасних СКУД [22 – 28], розроблена узагальнена структурна схема, представлена на рисунку 3.1.

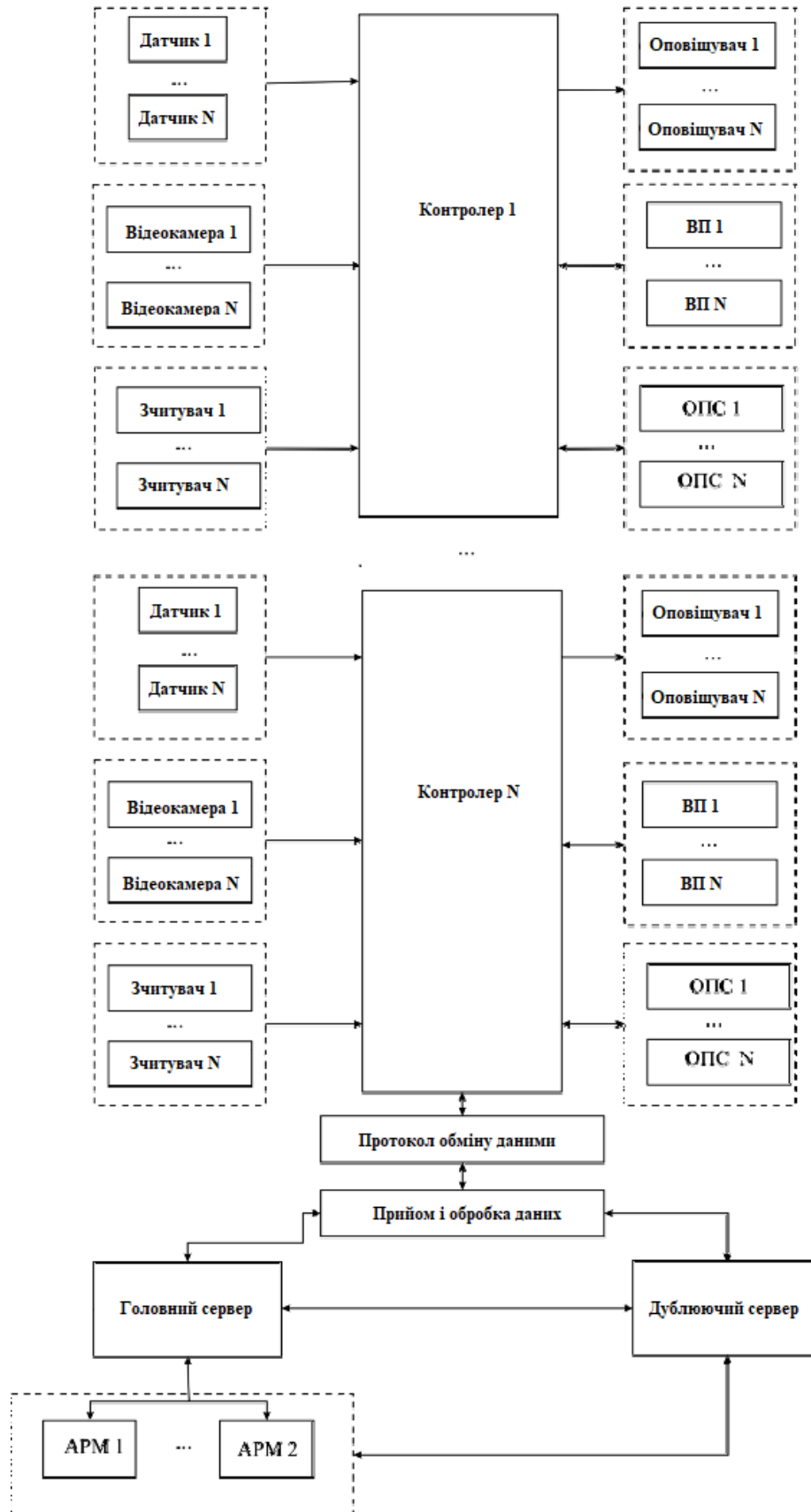


Рисунок 3.1 – Узагальнена структурна схема автоматизованої СКУД

Структурна схема, включає в себе такі елементи.

- датчики (датчики відкриття - закриття дверей, датчики руху, розбиття, присутності, датчик стану дверей і т.д.);
- відеокамери і відеореєстратори;
- зчитувачі ключів;
- сповіщувачі (світлові, звукові або комбіновані);
- виконуючі пристрої (ВП) (турнікети, замки, засувки, геркони і т.д.);
- охоронно-пожежну сигналізацію (ОПС);
- контролери СКУД;
- сервери (головний і дублюючий);
- автономні робочі місця (АРМ) (пост охорони, адміністратора СКУД і т.д.).

Необхідно врахувати, що СКУД може мати не всі запропоновані елементи, а їх вибір залежить від поставленого завдання.

Відомо, що важливим елементом СКУД є забезпечення можливості комплексної ідентифікації користувача за кількома ознаками. До таких ознак відноситься не тільки електронний пропуск, але біометричні показники (відбиток пальця, особи, райдужна оболонка ока, по геометрії руки, по термограмі особи, по ДНК, на основі акустичних характеристик вуха, по рисунку вен, по почерку, голосу, ходи і ін.), автомобільний номер і т.п. Більшість СКУД завдання біометричної ідентифікації покладає на суб'єктивну думку оператора. Таким чином, сьогодні підприємства має підвищені вимоги до СКУД, а як наслідок мають потребу в багатофакторної аутентифікації.

Одним з ключових чинників роботи таких складних СКУД є забезпечення швидкодії системи. Тривалий період розпізнавання буде створювати чергу перед прохідною. Час проходження через турнікет і прохідну складається з сканування даних, обробки і передачі даних на сервер, отримання шаблону, порівняння шаблону з отриманими даними, відкриття турнікета, дверей, прохідний.

На сьогоднішній день велику популярність набули СКУД з розпізнаванням райдужної оболонки ока людини, забезпечуючи високий відсоток розпізнавання. Зазвичай замовник наполягає на відсотку не нижче ніж 99% [29].

Для досягнення такого високого показника необхідно вибрати з існуючих біометричних систем найнадійнішу з допомогою нечіткої логіки. Ще одним чимало важливим параметром, яким повинна відповідати інтелектуальна СКУД - кількість осіб в базі даних. Збільшення чисельності користувачів в системі не повинно відбиватися на часі пошуку і, як наслідок, часу проходу, а, отже, така система повинна мати швидкі алгоритми ідентифікації і аутентифікації.

3.2 Описання існуючих біометричних систем для оцінки основних альтернатив для вибору найбільш підходящого варіанту

Основними методами, які використовують статичні біометричні характеристики людини, є ідентифікація по папілярному малюнку на пальцях, райдужній оболонці, геометрії особи, сітківці ока, рисунку вен руки, геометрії рук. Також існує сімейство методів, які використовують динамічні характеристики: ідентифікація по голосу, динаміці рукописного почерку, серцевого ритму [30].

У роботі будуть розглядатися тільки статичні характеристики людини для ідентифікації (верифікації або аутенфікації) у СКУД, тому що, як видно з аналізу безліч статей на цю тематику, вони мають істотні переваги. З динамічних характеристик на сьогоднішній момент тільки розпізнавання по голосу має хоч якусь статистичну значущість, але лише в ідеальних умовах.

Розглянемо статичні біометричні системи, засновані на: скануванні відбитка пальця, райдужній оболонці ока, сітківці ока, геометрії рук та венозному рисунку вен .

Аутентифікація особистості людини за відбитком пальця.

Останнім часом дактилоскопія привернула увагу в якості біометричного параметра, який, цілком імовірно, буде найбільш популярним у майбутньому. Уже зараз застосування даної технології набуло широкого поширення у системах автоматичної ідентифікації за відбитком пальця (AFIS), використовуваної поліцією по всій території США і більш ніж в 30 інших країнах світу [32].



Рисунок 3.2 – Папілярні візерунки [32]

Розробники апаратури стверджують, що інформація про папілярний візерунок пальця не зберігається – зберігається лише короткий ідентифікаційний код, побудований на базі характерних особливостей відбитка пальця (рис. 3.2).

За цим кодом можна відтворити візерунок і порівняти його з відбитками пальців, залишеними, припустимо, на місці злочину. Існує два основних алгоритму порівняння отриманого коду з наявними в базі шаблоном: за характерними точками і за рельєфом всієї поверхні пальця.

У першому випадку виявляються характерні ділянки, і запам'ятовується їх взаємне розташування.

У другому випадку запам'ятовується вся «картина» в цілому.

У сучасних системах використовується також комбінація обох алгоритмів, що дозволяє підвищити рівень надійності системи.

Традиційно американські компанії займають лідируючі позиції в розробці біометричних систем безпеки, в цьому напрямку успішно працюють такі фірми, як Identix, T-Netix, American Biometric Company, National Registry, sagem,

Morpho, Verdicticom, Infenion.

Переваги доступу за відбитком пальця:

- простота використання, зручність і надійність;
- весь процес ідентифікації займає не більше кількох секунд і не вимагає зусиль від тих, хто використовує дану систему доступу;
- компактність обладнання. В даний час вже виробляються подібні системи розміром менше колоди карт.

Недоліки доступу за відбитком пальця:

- стримуючим розвиток даного методу, є упередження частини людей, які не бажають залишати інформацію про свої відбитки пальців;
- відсоток помилкової негативної ідентифікації становить близько 3%, помилка позитивного доступу - менше одного до мільйона.

Виходячи з вище перерахованих фактів, можна зробити висновок, що цей спосіб аутентифікації людини найбільш простий і точний, але сканер можна з легкістю «обдурити» [15].

Аутентифікація особистості людини за райдужною оболонкою ока.

Факт відсутності двох осіб з однаковою райдужною оболонкою ока (рис. 3.3) був доведений вченими кілька десятиліть тому (більш того, навіть у однієї людини райдужні оболонки очей відрізняються одна від одної), проте програмне забезпечення, здатне виконувати пошук і встановлювати відповідність зразків і сканованих зображень, з'явилося в кінці ХХ століття.

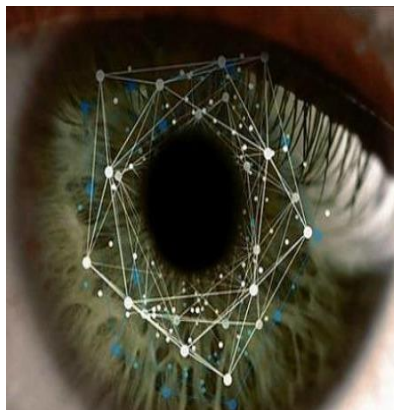


Рисунок 3.3 – Райдужна оболонка ока, яка використовується під час ідентифікації [33]

Технологія допуску, заснована на скануванні райдужної оболонки ока, вже кілька років успішно застосовується у державних організаціях США, в тюрмах, в установах з високим ступенем секретності (зокрема, на заводах з виробництва ядерного озброєння). Розробкою технології ідентифікації особистості на основі принципу сканування райдужної оболонки ока в даний час займаються більше 20 компаній, в тому числі British Telecom, Sensar, японська компанія Окі [33].

Перевага сканерів для райдужної оболонки ока:

- надійність, довговічність і практичність;
- не вимагають від користувача зосередження на цілі, тому що зразок плям на райдужній оболонці знаходиться на поверхні ока;
- відеозображення очей може бути відскановано на відстані одного метра;
- системи для сканування очей мають мінімальний відсоток помилок;
- окуляри та контактні лінзи, навіть кольорові, не діють на якість аутентифікації;
- сканування сітківки ока людини відбувається за допомогою спеціального інфрачервоного світла, яке має мінімальну подразнюючу дію.

Недоліки сканерів для райдужної оболонки ока:

- системи подібного роду, не в повній мірі враховують вікові зміни, які відбуваються в організмі кожної людини;
- вартість завжди була найбільшим стримуючим моментом перед впровадженням технології;
- вплинути на роботу біометричних систем можуть травмовані очі [27].

Можна зробити висновок, що цей спосіб аутентифікації людини є надійним.

Аутентифікація особистості людини по сітківці ока.

Метод аутентифікації по сітківці ока отримав практичне застосування приблизно у середині 50-х років минулого століття (рис.3.4).



Рисунок 3.4 – Сітківка ока [34]

Саме тоді була встановлена унікальність рисунка кровоносних судин очного дна (навіть у близнюків дані малюнки не збігаються). Для сканування сітківки використовується інфрачервоне випромінювання низької інтенсивності, спрямоване через зіницю до кровоносних судин на задній стінці ока. З отриманого сигналу виділяється кілька сотень особливих точок, інформація про які зберігається у шаблоні.

Перевага сканерів для сітківці ока:

- забезпечують одну з найнижчих ймовірностей помилки;
- у даних системах є пристрій для захисту від муляжу;
- використовується спеціальний м'яке світло для того, щоб не травмувати чутливі клітини органів зору.

Недоліки сканерів для сітківці ока:

- пристрій має невисоку пропускну здатність, адже у даному випадку користувач повинен не моргаючи дивитися на одну точку, що також викликає певний психологічний дискомфорт;
- висока вартість обладнання;
- подібні системи потребують чіткого зображення і, як правило, чутливі до неправильної орієнтації сітківки. Тому потрібно дивитися дуже акуратно, а наявність деяких захворювань (наприклад, катаракти) може перешкоджати використанню даного методу [34];

– людина під час сканування відчуває дискомфорт.

Аутентифікація особистості людини з геометрією рук.

Метод ідентифікації користувачів за геометрією руки за своєю технологічною структурою та рівнем надійності можна порівнювати з методом ідентифікації особистості за відбитком пальця. У цьому біометричному методі для аутентифікації особистості використовується форма кісті руки (рис. 3.5).

Через те, що окремі параметри форми руки не є чимось унікальним, доводиться використовувати кілька характеристик. Скануються такі параметри руки, як вигини пальців, їх довжина і товщина, ширина і товщина тильної сторони руки, відстань між суглобами і структура кістки. Також геометрія руки включає в себе дрібні деталі (наприклад, зморшки на шкірі). Хоча структура суглобів і кісток є відносно сталими ознаками, але розпухання тканин або удари руки можуть спотворити вихідну структуру. За допомогою сканера, який складається з камери і підсвічується діодами (під час сканування кісті руки, діоди включаються по черзі, це дозволяє отримати різні проєкції руки), потім будується трьохвимірний образ кісті руки [33].

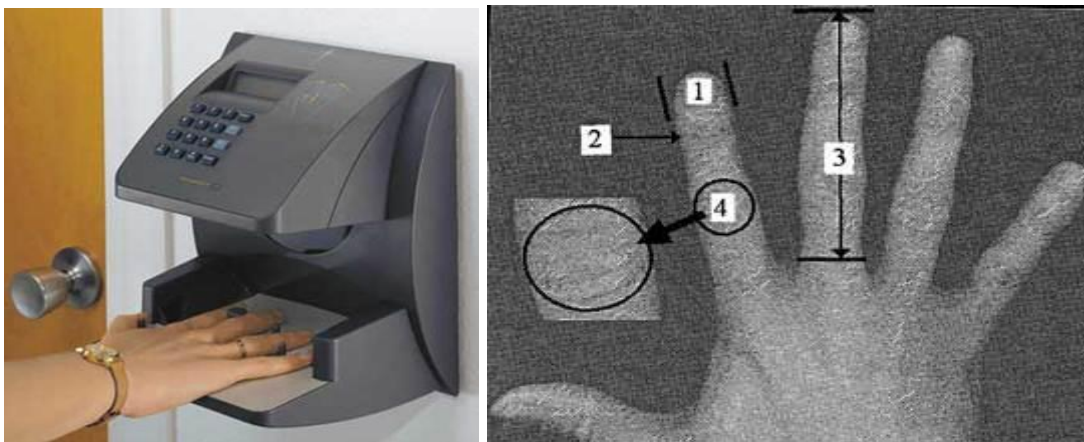


Рисунок 3.5 – Ідентифікація по геометрію кісті [33]

У США пристрої для зчитування відбитків долонь в даний час встановлені більш ніж на 8 000 об'єктах. Найбільш популярний пристрій, Handkey, сканує як внутрішню, так і бічну сторону долоні, використовуючи для

цього вбудовану відеокамеру і алгоритми стиснення. Пристрої, які можуть сканувати й інші параметри руки, у даний час розробляються декількома компаніями, у тому числі BioMet Partners, Palmetrics і VTG.

Перевага аутентифікації особистості людини з геометрією рук:

- математична модель ідентифікації за даним параметром вимагає малого об'єму інформації - всього 9 байт, що дозволяє зберігати великий обсяг записів і, отже, швидко здійснювати пошук;
- процедура отримання зразка досить проста і не потребує високих вимог до зображення;
- на процес аутентифікації не впливають ні температура, ні вологість, ні забрудненість;
- підрахунки, виконані під час порівняння з еталоном, дуже прості і можуть бути легко автоматизовані.

Недоліки аутентифікації особистості людини з геометрією рук:

- без урахування можливості ампутації, захворювання під назвою «артрит» може сильно перешкодити застосуванню сканерів;
- руки з віком змінюються;
- є самим сумнівним виходячи з можливості створення муляжу, а також фізичних змін руки людини [32].

Аутентифікація за геометрією обличчя.

Існує безліч методів розпізнавання за геометрією особи. Всі вони засновані на тому, що риси обличчя і форма черепа кожної людини індивідуальні. Ця область біометрії багатьом здається привабливою, тому що люди впізнають один одного в першу чергу по обличчю. Дана область ділиться на два напрямки: 2-D розпізнавання (рис. 3.6) і 3-D розпізнавання. У кожного з них є переваги і недоліки, проте багато що залежить ще і від меж застосування і вимог, що висуваються до конкретного алгоритму.

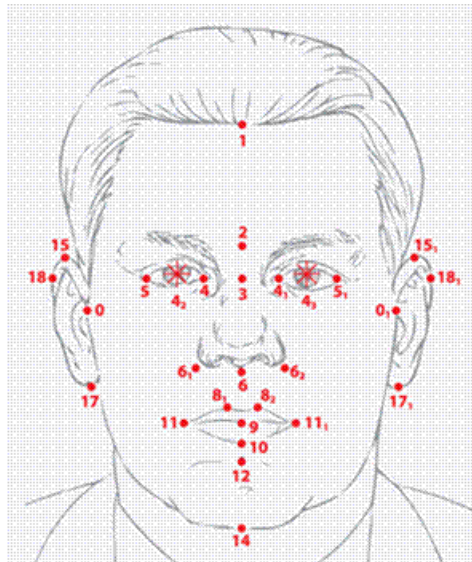


Рисунок 3.6 – 2-D розпізнавання з антропометричними точками [33]

2-D розпізнавання особи - один з найбільш статистично неефективних методів біометрії. З'явився він досить давно і застосовувався, в основному, в криміналістиці, що і сприяло його розвитку. Пізніше з'явилися комп'ютерні інтерпретації методу, у результаті чого він став більш надійним, але, безумовно, поступався і з кожним роком все більше поступається іншим біометричним методам ідентифікації особистості. У даний час через погані статистичні показники він застосовується, в мультимодальній або, як її ще називають, перехресній біометрії, або в соціальних мережах.

Переваги методу аутентифікації за геометрією особи 2-D:

- при 2-D розпізнаванні, на відміну від більшості біометричних методів, не потрібно дорогого обладнання;
- при відповідному обладнанні можливість розпізнавання на значних відстанях від камери.

Недоліки методу аутентифікації за геометрією особи 2-D:

- низька статистична достовірність;
- висувуються вимоги до висвітлення (наприклад, не вдається реєструвати осіб, що входять з вулиці в сонячний день);
- для багатьох алгоритмів неприйнятність будь-яких зовнішніх

перешкод, як, наприклад, окуляри, борода, деякі елементи зачіски [8];

- обов'язково фронтальне зображення особи, з вельми невеликими відхиленнями;

- багато алгоритмів не враховують можливі зміни міміки обличчя, тобто вираз має бути нейтральним [33].

Реалізація 3-D розпізнавання особи являє собою досить складну задачу. Незважаючи на це в даний час існує безліч методів по 3-D розпізнаванню особи (рис. 3.7).

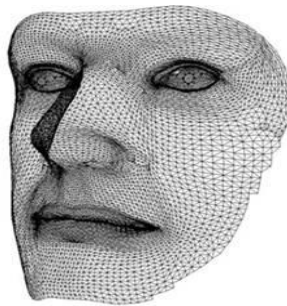


Рисунок 3.7 – 3-D розпізнавання особи [33]

Методи неможливо порівняти один з одним, так як вони використовують різні сканери та бази. Перехідним від 2-D до 3-D методу є метод, який реалізує накопичення інформації по обличчю.

Цей метод має кращі характеристики, ніж 2-D метод, але так само, як і він використовує всього одну камеру. Під час занесенні суб'єкта у базу суб'єкт повертає голову, і алгоритм з'єднує зображення воедино, створюючи 3-D шаблон. Під час розпізнавання використовується кілька кадрів відеопотоку.

Класичним методом є метод проєктування шаблону. Він полягає в тому, що на об'єкт (особа) проєктується сітка. Далі камера робить знімки зі швидкістю десятки кадрів за секунду, і отримані зображення обробляються спеціальною програмою. Промінь, що падає на викривлену поверхню, згинається тим більше кривизна поверхні, тим сильніше вигин променю. Спочатку під час застосування джерела видимого світла, що подається через

«жалюзі».

Потім видиме світло було замінене на інфрачервоне випромінювання, яке має низку переваг. Зазвичай на першому етапі обробки відкидаються зображення, на якому обличчя не видно взагалі або присутні сторонні предмети, що заважають ідентифікації.

За отриманими знімками відновлюється 3-D модель особи, на якій виділяються і віддаляються непотрібні перешкоди (зачіска, борода, вуса та окуляри). Потім проводиться аналіз моделі - виділяються антропометричні особливості, які в підсумку записуються в унікальний код і вносяться в базу даних.

Час захоплення і обробки зображення становить 1-2 секунди для кращих моделей. Зазвичай на першому етапі обробки відкидаються зображення, на якому обличчя не видно взагалі або присутні сторонні предмети, що заважають ідентифікації. За отриманими знімками відновлюється 3-D модель особи, на якій виділяються і видаляються непотрібні перешкоди (зачіска, борода, вуса та окуляри).

Потім проводиться аналіз моделі - виділяються антропометричні особливості, які в підсумку і записуються в унікальний код, який вноситься у базу даних. Час захоплення і обробки зображення становить 1-2 секунди для кращих моделей.

Зазвичай на першому етапі обробки відкидаються зображення, на якому обличчя не видно взагалі або присутні сторонні предмети, що заважають ідентифікації. За отриманими знімками відновлюється 3-D модель особи, на якій виділяються і видаляються непотрібні перешкоди (зачіска, борода, вуса та окуляри). Потім проводиться аналіз моделі - виділяються антропометричні особливості, які в підсумку і записуються в унікальний код, заносючи в базу даних.

Час захоплення і обробки зображення становить 1-2 секунди для кращих моделей. Потім проводиться аналіз моделі - виділяються антропометричні особливості, які в підсумку і записуються в унікальний код, вносяться в базу

даних. Час захоплення і обробки зображення становить 1-2 секунди для кращих моделей. Потім проводиться аналіз моделі - виділяються антропометричні особливості, які в підсумку і записуються в унікальний код, заносючи в базу даних. Час захоплення і обробки зображення становить 1-2 секунди для кращих моделей.

Так само набирає популярність метод 3-D розпізнавання по зображенню, що отримується з декількох камер. Прикладом цього може бути фірма Vocord зі своїм 3-D сканером. Цей метод дає точність позиціонування, згідно запевненнями розробників, вище методу проектування шаблону.

Переваги методу аутентифікації за геометрією особи 3-D:

- відсутність необхідності контактувати зі скануючим пристроєм;
- низька чутливість до зовнішніх факторів, як на самій людині (поява очок, бороди, зміна зачіски), так і в його оточенні (освітленість, поворот голови) [32];
- високий рівень надійності.

Недоліки методу аутентифікації за геометрією особи 3-D:

- дорожнеча обладнання. Наявні в продажу комплекси перевершували за ціною навіть сканери райдужної оболонки;
- зміни міміки обличчя і перешкоди на обличчі погіршують статистичну надійність методу;
- метод ще недостатньо добре розроблений, особливо у порівнянні з дактилоскопією, яка давно застосовується. Це ускладнює його широке застосування.

Метод сумнівний, тому, що передбачає використання хірургічного втручання, а також не враховує природного старіння людини [32].

Аутентифікація по венах руки.

Це нова технологія в сфері біометрії, широке застосування її почалося вже років 5-10 тому.

Інфрачервона камера робить знімки зовнішньої або внутрішньої сторони руки. Рисунок вен формується завдяки тому, що гемоглобін крові поглинає

інфрачервоне випромінювання (рис. 3.8).

У результаті ступінь відображення зменшується, і вени видно на камері у вигляді чорних ліній. Спеціальна програма на основі отриманих даних створює цифрову згортку. Не потрібно контакту людини зі скануючим пристроєм.

Ця технологія може бути порівняна по надійності з розпізнаванням по райдужній оболонці ока, в чомусь перевершуючи її, а в чомусь поступаючись.



Рисунок 3.8 – Розпізнавання особи по венозному рисунку руки [33]

Розпізнавання по рисунку вен руки є досить новою технологією, і в зв'язку з цим її питома вага на світовому ринку невелика і становить близько 3%.

Будучи досить точним, цей метод не вимагає такого дорогого обладнання, як, наприклад, методи розпізнавання за геометрією особи або райдужній оболонці.

Зараз багато компаній здійснюють розробки у даній сфері. Так, наприклад, на замовлення англійської компанії TDSi було розроблено ПЗ для біометричного зчитувача вен долоні PalmVein, представленого компанією Fujitsu. Сам сканер був розроблений компанією Fujitsu у першу чергу для боротьби з фінансовими махінаціями в Японії.

Також у сфері ідентифікації по рисунку вен працюють такі компанії Veid Pte. Ltd. (Scanner, software), Hitachi VeinID (scanners).

Переваги методу:

- відсутність необхідності контактувати зі скануючим пристроєм;
- висока вірогідність ідентифікації - статистичні показники методу можна порівняти з результатами, які отримані з використанням райдужної оболонки;

- наявність прихованих характеристик людини: на відміну від усіх вищенаведених методів - ці характеристики дуже важко отримати від людини «на вулиці», наприклад, сфотографувавши його фотоапаратом.

Недоліки методу:

- неприпустимо засвічення сканера сонячними променями і променями галогенових ламп;

- деякі вікові захворювання, наприклад, артрит - сильно погіршують FAR і FRR;

- метод менш вивчений у порівнянні з іншими статичними методами біометрії [33].

3.3 Розв'язання задачі вибору найкращої альтернативи на математичній моделі в умовах нечіткої інформації

Деякі з наведених показників визначаються якісно, тому їх слід задати лінгвістичними змінними і надалі використовувати апарат нечіткої математики. Математична модель має наступний вид.

Розглянемо задачу вибору альтернативи з даної множини за формулою (3.1).

$$Sx = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}. \quad (3.1)$$

Якщо цей вибір здійснюється на основі ступеня відповідності альтернатив деякій сукупності вимог, що визначаються системою різних критеріїв, k_1, k_2, \dots, k_m .

У такому випадку кожному критерію може бути поставлено у відповідність нечітка множина за формулою (3.2).

$$Sx_i = \{\eta_{k_i}(S_1), \eta_{k_i}(S_2), \dots, \eta_{k_i}(S_n)\}. \quad (3.2)$$

Тут величина $\eta_{k_i}(S_j) \in [0,1]$ є оцінкою альтернативи S_j за критерієм k_j . Іншими словами, вона виступає характеристикою ступеня її відповідності вимозі, що визначається аналізованим критерієм k_j .

Видається цілком природним, що рішенням вихідної задачі буде така альтернатива S , яка найбільшою мірою задовольняє вимогам всієї сукупності критеріїв.

Звідси можна зробити висновок, що вирішальне правило A вибору найкращої альтернативи може бути представлено як знаходження перетину відповідних нечітких множин:

$$A = M_{k_1} \cap M_{k_2} \cap \dots \cap M_{k_m}. \quad (3.3)$$

Відповідно до визначення операції перетину нечітких множин функція приналежності необхідного рішення знаходиться як:

$$\eta_{Sx_A}(S_j) = \min_{i=1, n}(\eta_{Sx_{k_i}}(S_j)), j = \overline{1, n}. \quad (3.4)$$

Таким чином, в якості найкращої повинна бути обрана та з альтернатив, S_j^* для якої значення функції приналежності $\eta_{Sx_A}(S_j)$ виявиться максимальним.

Тобто:

$$\eta_a(S_j^*) = \max_{j=1,n}(\eta Sx_A(S_j)). \quad (3.5)$$

Саме ця альтернатива і є рішенням вихідної задачі, оскільки вона максимально задовольняє вимогам всієї сукупності розглянутих критеріїв.

Відзначимо, що у розглянутій задачі всі критерії за замовчуванням передбачалися рівноправними, тобто мають однакову важливість.

Однак у практиці прийняття рішень нерідко зустрічаються ситуації, коли потрібно вирішувати багатокритеріальну оптимізаційну задачу в умовах різної важливості критеріїв досягнення максимуму цільової функцією.

У подібних випадках кожним критерієм k_i , доцільно поставити у відповідність деякий ваговий коефіцієнт $\lambda \geq 0$, причому:

$$i = \overline{1, m} \text{ і } \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1. \quad (3.6)$$

Природньо, чим більшою є важливість критерію, тим більше значення приписується ваговому коефіцієнту.

З урахуванням цього вирішальне правило R вибору найкращої альтернативи в умовах багатокритеріальної задачі з нерівнозначними критеріями k_i , які мають вагові коефіцієнти λ_i , використовує процедуру знаходження перетину нечітких множин

$$A = Sx_{k_1}^{\lambda_1} \cap Sx_{k_2}^{\lambda_2} \cap \dots \cap Sx_{k_2}^{\lambda_2}. \quad (3.7)$$

Значення вагових коефіцієнтів визначаються на основі стандартної процедури попарного порівняння критеріїв.

3.4 Розв'язання задачі вибору альтернатив СКУД

Завдання полягає у виборі альтернатив СКУД. Множина альтернатив S_c утворює шість СКУД-систем: $S_c = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$ представлених в таблиці 3.1 разом з частковими критеріями оцінки та їх функціями приналежності.

Під час вибору будемо виходити з вимог наступних нечітких критеріїв:

- k_1 – стійкість;
- k_2 – стійкість до навколишнього середовища;
- k_3 – простота використання;
- k_4 – ціна;
- k_5 – швидкість;
- k_6 – стійкість ознаки в часі.

Задаємо функцію приналежності кожної зі СКУД за обраними критеріями, і сформуємо сукупність нечітких множин, що описують таку їх відповідність за кожним критерієм (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Множина альтернатив шість СКУД

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
	$\eta(S_1)$	$\eta(S_2)$	$\eta(S_3)$	$\eta(S_4)$	$\eta(S_5)$	$\eta(S_6)$
Райдужна оболонка	0,9	0,8	0,7	0,6	0,9	0,9
Дактилоскопія	0,5	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7
Обличчя 2D	0,3	0,5	0,5	0,9	0,9	0,7
Обличчя 3D	0,8	0,7	0,9	0,4	0,6	0,9
Венозний рисунок рук	0,9	0,6	0,8	0,6	0,7	0,8
Сітчатка ока	0,9	0,9	0,5	0,2	0,5	0,8
Геометрія рук	0,5	0,9	0,4	0,9	0,4	0,8

Оскільки вибрані критерії мають різну ступінь важливості, проведемо їх порівняння за методом МАІ, згідно якого критерії попарно порівнюються між собою (кожен з кожним) і за 9-ти бальною системою визначається відносна ступінь важливості кожного критерію у парі. На основі отриманої матриці порівнянь визначається відносна величина ступеня важливості кожного з критеріїв для досягнення поставленої мети в цілому. Отримані результати наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати попарного порівняння критеріїв та визначення вагомих коефіцієнтів методом МАІ

Критерії	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	Величина вагових коефіцієнтів, λ_i
k_1	1	5	7	1	2	7	0,40
k_2	1/5	1	1/2	5	7	1	0,17
k_3	1/7	2	1	3	1/5	2	0,12
k_4	1	1/5	1/3	1	7	1/5	0,10
k_5	1/2	1/7	5	1/7	1	7	0,12
k_6	1/7	1	1/2	5	1/7	1	0,09

Помножуючи їх на кількість критеріїв, яка дорівнює шести, тому що їх оцінювали, як рівнозначні, отримаємо величини вагових коефіцієнтів, що характеризують важливість кожного критерію. Вони виявляться рівними, відповідно:

$$\lambda_1 = 6 \cdot 0,4 = 2,4, \quad (3.8)$$

$$\lambda_2 = 6 \cdot 0,17 = 1,02, \quad (3.9)$$

$$\lambda_3 = 6 \cdot 0,12 = 0,72, \quad (3.10)$$

$$\lambda_4 = 6 \cdot 0,1 = 0,6, \quad (3.11)$$

$$\lambda_5 = 6 \cdot 0,12 = 0,72, \quad (3.12)$$

$$\lambda_6 = 6 \cdot 0,15 = 1,05. \quad (3.13)$$

З урахуванням вагових коефіцієнтів побудуємо множини $S_{k_i}^{\lambda_i}$, які будуть мати наступний вид (3.14 – 3.19):

$$S_{k_1}^{2,4} = \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,9^{2,4} \rangle, \langle S_2; 0,5^{2,4} \rangle, \langle S_3; 0,3^{2,4} \rangle, \langle S_4^{2,4}; 0,8 \rangle, \\ \langle S_5; 0,9^{2,4} \rangle, \langle S_6; 0,9^{2,4} \rangle, \langle S_7; 0,5^{2,4} \rangle \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,78 \rangle, \langle S_2; 0,19 \rangle, \langle S_3; 0,06 \rangle, \langle S_4; 0,59 \rangle, \\ \langle S_5; 0,78 \rangle, \langle S_6; 0,78 \rangle, \langle S_7; 0,19 \rangle \end{array} \right\}, \quad (3.14)$$

$$S_{k_2}^{1,02} = \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,8 \rangle, \langle S_2; 0,9 \rangle, \langle S_3; 0,5 \rangle, \langle S_4; 0,7 \rangle, \\ \langle S_5; 0,59 \rangle, \langle S_6; 0,9 \rangle, \langle S_7; 0,9 \rangle \end{array} \right\}, \quad (3.15)$$

$$S_{k_3}^{0,72} = \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,77 \rangle, \langle S_2; 0,85 \rangle, \langle S_3; 0,6 \rangle, \langle S_4; 0,93 \rangle, \\ \langle S_5; 0,85 \rangle, \langle S_6; 0,6 \rangle, \langle S_7; 0,52 \rangle \end{array} \right\}, \quad (3.16)$$

$$S_{k_4}^{0,6} = \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,74 \rangle, \langle S_2; 0,94 \rangle, \langle S_3; 0,94 \rangle, \langle S_4; 0,58 \rangle, \\ \langle S_5; 0,74 \rangle, \langle S_6; 0,38 \rangle, \langle S_7; 0,94 \rangle \end{array} \right\}, \quad (3.17)$$

$$S_{k_5}^{0,72} = \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,93 \rangle, \langle S_2; 0,93 \rangle, \langle S_3; 0,93 \rangle, \langle S_4; 0,69 \rangle, \\ \langle S_5; 0,77 \rangle, \langle S_6; 0,6 \rangle, \langle S_7; 0,52 \rangle \end{array} \right\}, \quad (3.18)$$

$$S_{k_6}^{1,05} = \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,94 \rangle, \langle S_2; 0,94 \rangle, \langle S_3; 0,94 \rangle, \langle S_4; 0,76 \rangle, \\ \langle S_5; 0,82 \rangle, \langle S_6; 0,69 \rangle, \langle S_7; 0,61 \rangle \end{array} \right\}. \quad (3.19)$$

Застосовуючи правило вибору необхідної альтернативи, знайдемо перетин цих множин, який буде мати наступний вид:

$$S_i^* = \arg \max_{i=1,5} \left\{ \begin{array}{l} \langle S_1; 0,74 \rangle, \langle S_2; 0,19 \rangle, \langle S_3; 0,06 \rangle, \langle S_4; 0,58 \rangle, \\ \langle S_5; 0,59 \rangle, \langle S_6; 0,38 \rangle, \langle S_7; 0,19 \rangle \end{array} \right\}. \quad (3.20)$$

Оскільки максимальне значення функції приналежності має альтернатива

S_1^* , її і слід визначити в якості виконання завдання. Іншими словами, СКУД з біометричним розпізнаванням райдужної оболонки ока відповідно з використовуваними критеріями і з урахуванням ступеня їх важливості є найкращою.

3.5 Висновки до 3 розділу

У третьому розділі було розроблено математичну модель вибору СКУД в умовах нечіткої інформації, яка дозволяє приймати рішення враховуючи критерії задані нечіткими значеннями.

Було визначено вибір найкращої альтернативи на математичній моделі в умовах нечіткої інформації, визначені вагові коефіцієнти методом МАІ.

На наступному етапі необхідно провести розробку алгоритмів:

- обліку даних про осіб, допущених на автоматизований об'єкт;
- забезпечення доступу на об'єкт в умовах використання шлюзу і сканера.

4 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Як системи, які керують людськими і матеріальними ресурсами підприємств, сьогодні використовуються системи контролю управління доступом. Добре організована, з використанням сучасних технічних засобів система контролю управління доступом дозволить вирішувати цілу низку задач:

- підвищення технологічної дисципліни;
- оптимізація роботи інженерно-технічних працівників, яка включає зокрема скорочення часу на прийом рішень.

Отже, для виконання цієї роботи, процес прийняття рішення доступу буде розглянутий на розробленому алгоритмі доступної і ефективної системи контролю та управління доступом, здатної відповідати сучасним вимогам і яка буде використовувати біометричні зчитувачі-райдужну оболонку ока.

4.1 Опис алгоритму автоматизованої системи

Стандартна схема дій комплексу - гість або співробітник підходить до зчитувача і надає ідентифікатор. Інформація про прохід в залежності від моделі зберігається. Ще одна схема роботи - накладення заборон на повторний прохід. Такий алгоритм роботи використовують у тих випадках, коли ідентифікатор не може бути використаний вдруге в іншій зоні, поки співробітник не вийде з першої. Комплекси також можуть використовуватися для одночасного пропуску двох і більше співробітників або гостей. Кожному надається ідентифікатор, контролер отримує інформацію і приймає рішення. Устаткування контролю може працювати у режимі подвійної ідентифікації. Перший прохід може підтверджуватися карткою, для входу до зони, яка охороняється, контролер може вимагати введення пароля або надання біометричної інформації.

Схема алгоритму автоматизованої системи (АС) приведена нижче (рис. 4.1).

У блоці 1 відображається форма вікна діалогу, що забезпечує можливість аутентифікації оператора служби безпеки.

У блоках 2-7:

- забезпечується введення логіна (блок 2) і пароля (блок 3);
- перевірка коректності - зіставлення введеного логіна і пароля з даними, що зберігаються на сервері (блок 4).

Якщо пароль не коректний (блок 5), то виконується протоколювання результатів аутентифікації оператора системи безпеки (СБ) – (блок 6), здійснюється видача повідомлення про неможливість аутентифікації і управління передається блоку 1.

Якщо пароль коректний (блок 5), то викликається блок 8.

Блоки 8 – 13 забезпечують облік даних про наявні допуски на об'єкт. При цьому:

- блок 8 відображає відповідне вікно введення даних;
- блок 9 дозволяє вводити прізвище, ім'я, по батькові (ПБ), посада співробітника, якому дозволено допуск, введення ПБ, і підстава для допуску на об'єкт;

- блок 10 забезпечує сканування інформації співробітника, який отримує допуск на об'єкт, і перетворення сканованих зображень до виду, придатному і для компактного зберігання, і для забезпечення швидкої аутентифікації осіб, які будуть проходити на роботизований об'єкт;

- блок 11 здійснює автоматичне зчитування з системного годинника поточної дати і поточного часу, які в блоці 12 використовуються для збереження і в базі даних допусків (БД-Д), і в базі даних, що зберігають результати протоколювання дій оператора служби безпеки (БД-Пр) , під час видачі перепусток;

- в блоці 13 виконується перевірка: «Завершена робота?». Якщо немає, управління передається блоку 8, інакше - робота завершується.

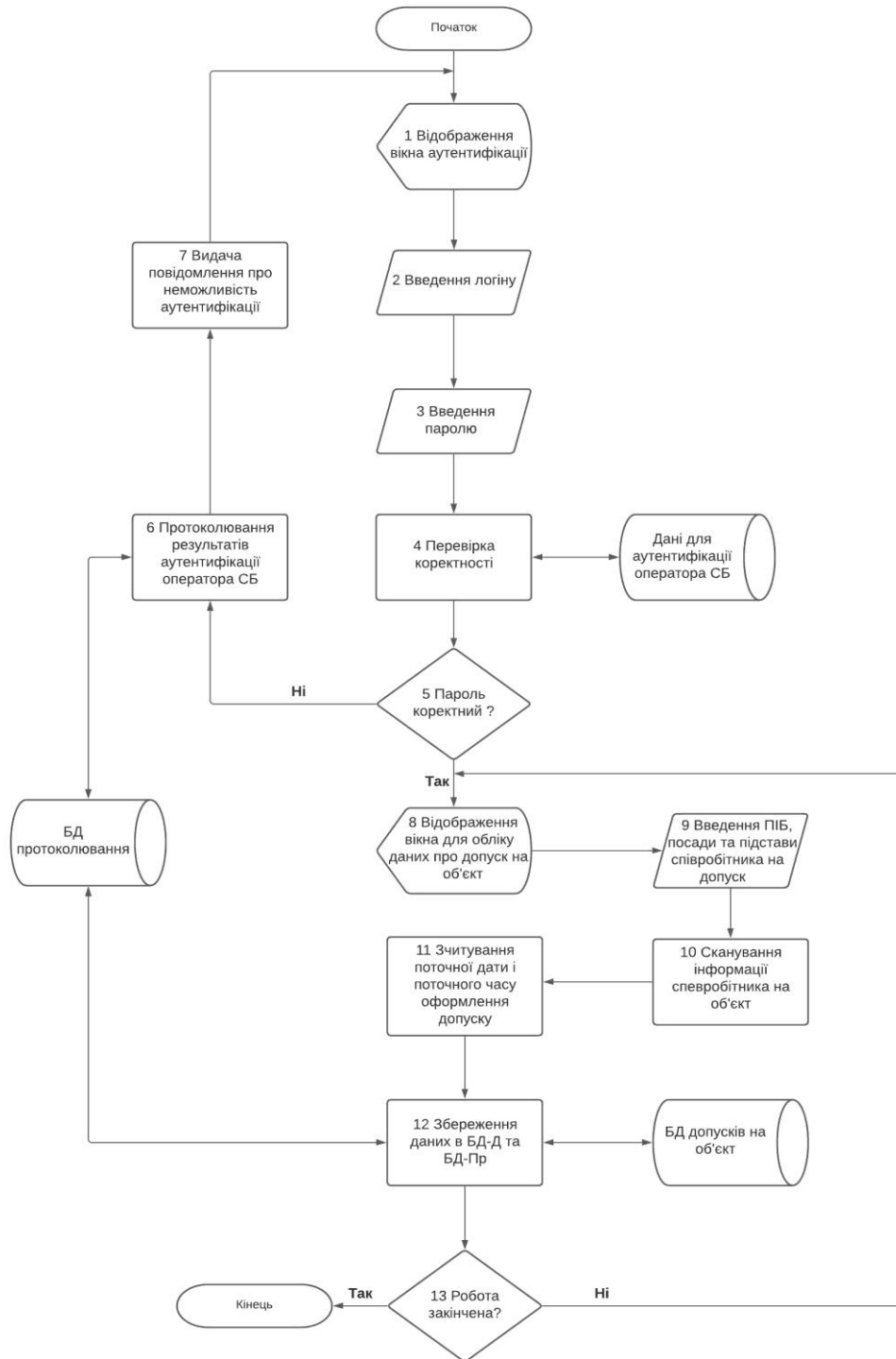


Рисунок 4.1 – Алгоритм обліку даних про осіб, які допущені на автоматизований об'єкт

Схема алгоритму, що забезпечує доступ на об'єкт в умовах використання шлюзу і сканера, представлена нижче (рис. 4.2).

При наближенні людини до шлюзу, що забезпечує доступ на особливо

важливий об'єкт, датчик присутності генерує відповідний сигнал.

Кожні 10 секунд блок 9 запускає блок 1, який зчитує сигнал датчика присутності і виконує перевірку «Підійшла людина до шлюзу?». Якщо результати перевірки негативні, то управління передається блоку 9, інакше блоку 2.

Блок 2 перевіряє: «Цикл попереднього проходу завершено?», Тобто вільний шлюз? Якщо шлюз зайнятий, то управління передається блоку 9, інакше послідовно виконуються блоки 3-5, що забезпечують:

- відкриття вхідних дверей шлюзу (блок 3);
- очікування (протягом 30 секунд) поки людина зайде в шлюз (блок 4);
- закриття вхідних дверей шлюзу (блок 5).

У блоці 6 виконується перевірка «Людина присутня в шлюзі?». Якщо відповідь негативна, то управління передається блоку 9, інакше - блоку 7.

У блоці 7 виконується перевірка «В шлюзі присутня одна людина?». Якщо відповідь негативна, то блок 8 видає звукове повідомлення: «Прошу залишитися в шлюзі одній людині» і управління повертається блоку 3. Якщо ж відповідь позитивна, то послідовно виконуються блоки 10-14, при цьому:

- видається сигнал, що запрошує сканувати райдужну оболонку ока (блок 10);
- забезпечується очікування введення підтвердження про завершення процесу сканування (блок 11);
- видається сигнал, що підтверджує завершення сканування (блок 12);
- виконується перетворення сканованих зображень до виду «шаблону», придатному для забезпечення швидкої аутентифікації осіб, які мають право проходу на об'єкт (блок 13);
- ідентифікація співробітника шляхом порівняння «шаблону» з даними БД-Д (блок 14).

Якщо перевірки, що виконуються в блоках 15 і 16, дають негативні відповіді, то це означає, що сталася нештатна ситуація: людина знаходиться у шлюзі, немає допуску на об'єкт і забезпечується послідовне виконання блоків

17-20, при цьому:

- блок 17 забезпечує блокування обох дверей шлюзу;
- блок 18, забезпечує увімкнення звукової та світлової тривожної сигналізації;
- блок 19 автоматично передає текстове тривожне повідомлення оператору служби безпеки;
- блок 20 забезпечує автоматичне протоколювання в БД-Пр факту про несанкціоновану спробу проникнення на об'єкт. Після цього управління повертається блоку 10.

Якщо перевірки, що виконуються в блоках 15 і 21, дають позитивні відповіді, то це означає, що у зв'язку з нештатної ситуацією до шлюзу прибув співробітник служби безпеки і забезпечується послідовне виконання блоків 22-24, при цьому:

- блок 22 забезпечує відключення співробітником СБ звукової і світлової тривожної сигналізації;
- блок 23 підтримує розблокування співробітником СБ дверей шлюзу;
- блок 24 автоматично веде протокол факт нештатної ситуації, а так само хто і коли зняв блокування. Після цього управління повертається блоку 10.

Якщо за результатами перевірок блоків 15 і 16 з'ясовується, що людина знаходиться у шлюзі, є допуск на об'єкт, то послідовно виконуються блоки 25-28. У такому випадку:

- блок 25 автоматично відкриває вихідні двері шлюзу;
- блок 26 зчитує з системного годинника поточного часу і дати входу у роботизований об'єкт;
- блок 27 здійснює збереження даних в БД-Пр;
- блок 28 після закінчення 30 секунд виконує закриття вихідних дверей шлюзу.

Потім, виконується перевірка «Робота завершена?». Якщо відповідь негативна, то управління повертається в блок 1, інакше робота закінчується.

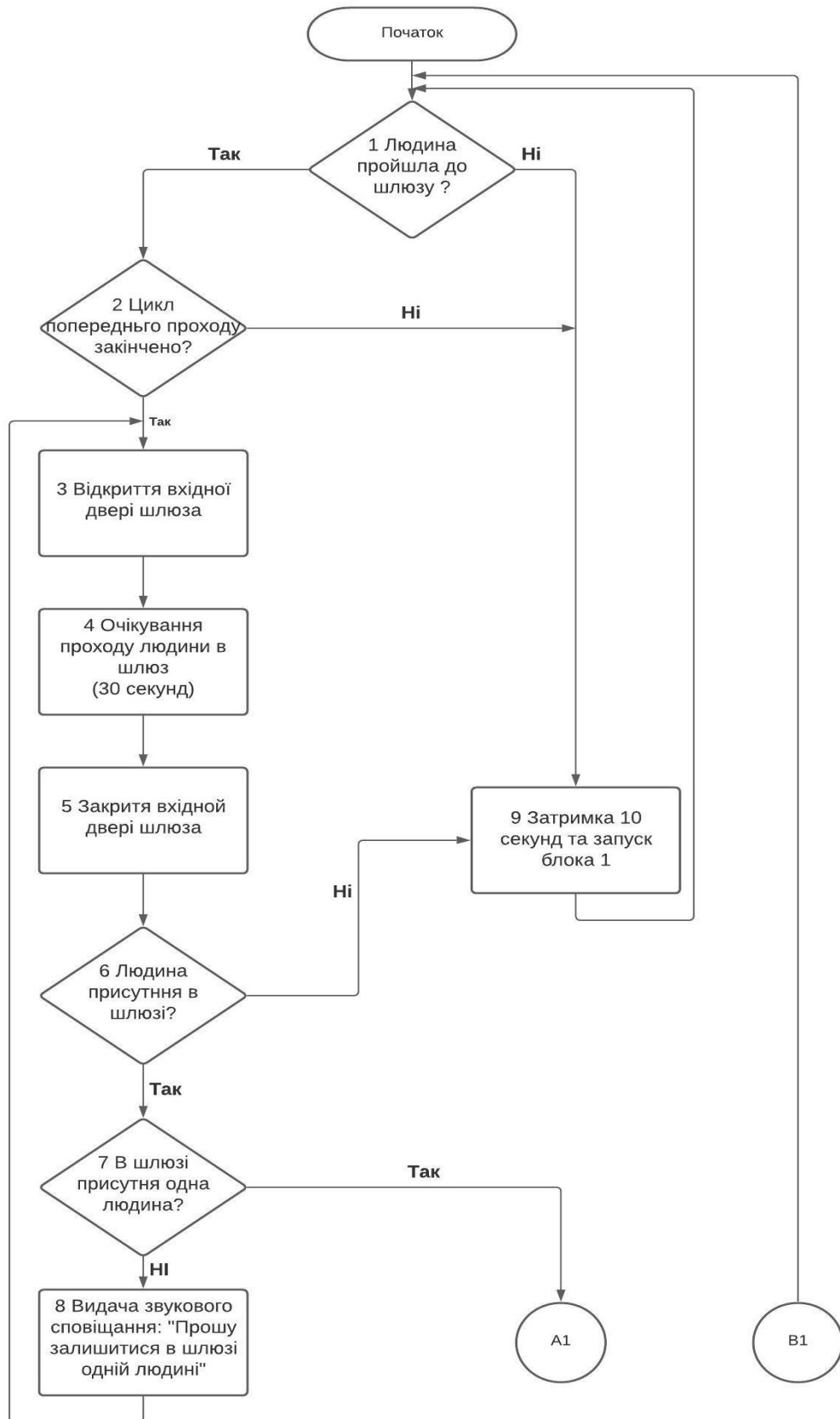


Рисунок 4.2 – Схема алгоритму, що забезпечує доступ на об'єкт в умовах використання шлюзу і сканера, аркуш 1

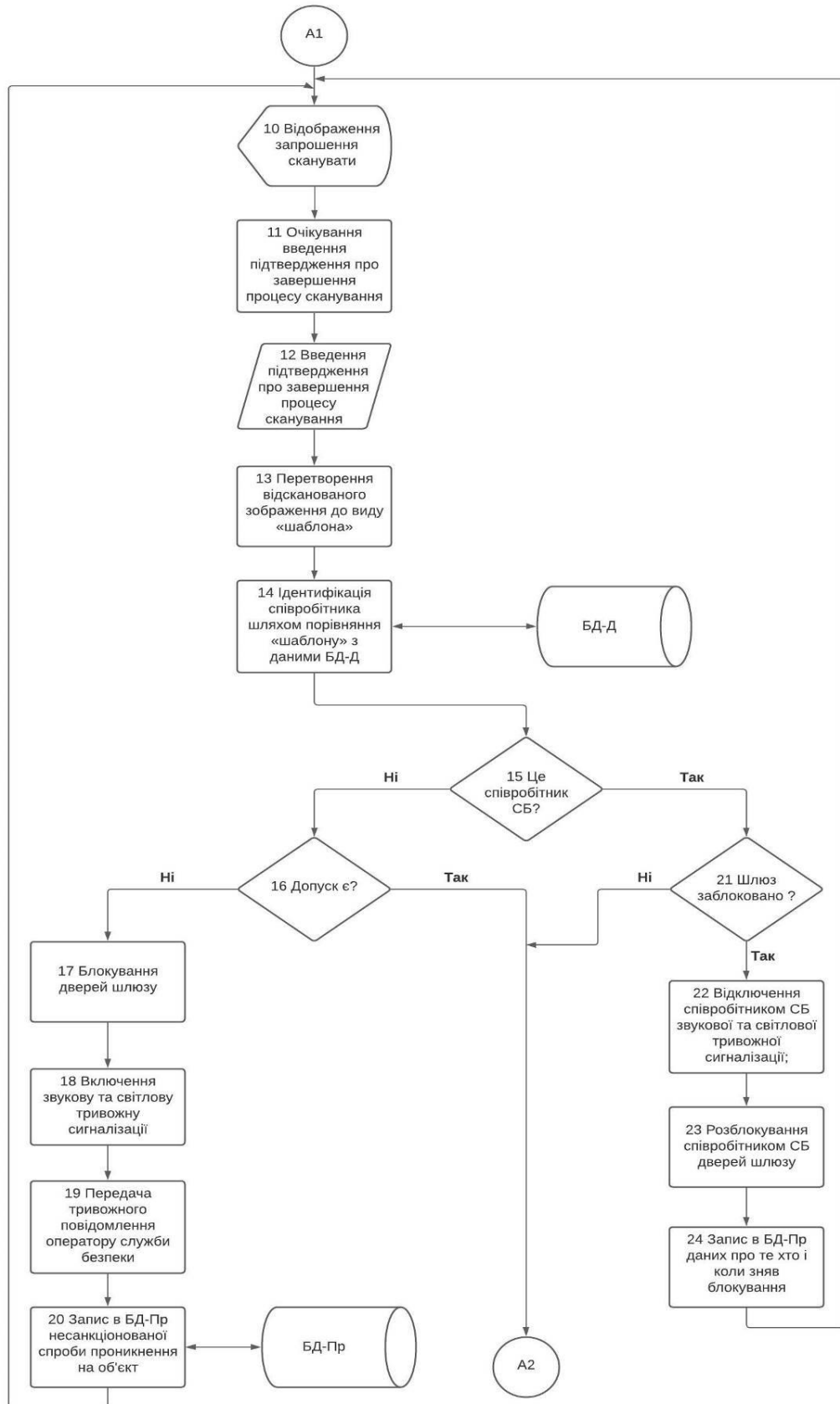


Рисунок 4.2, аркуш 2

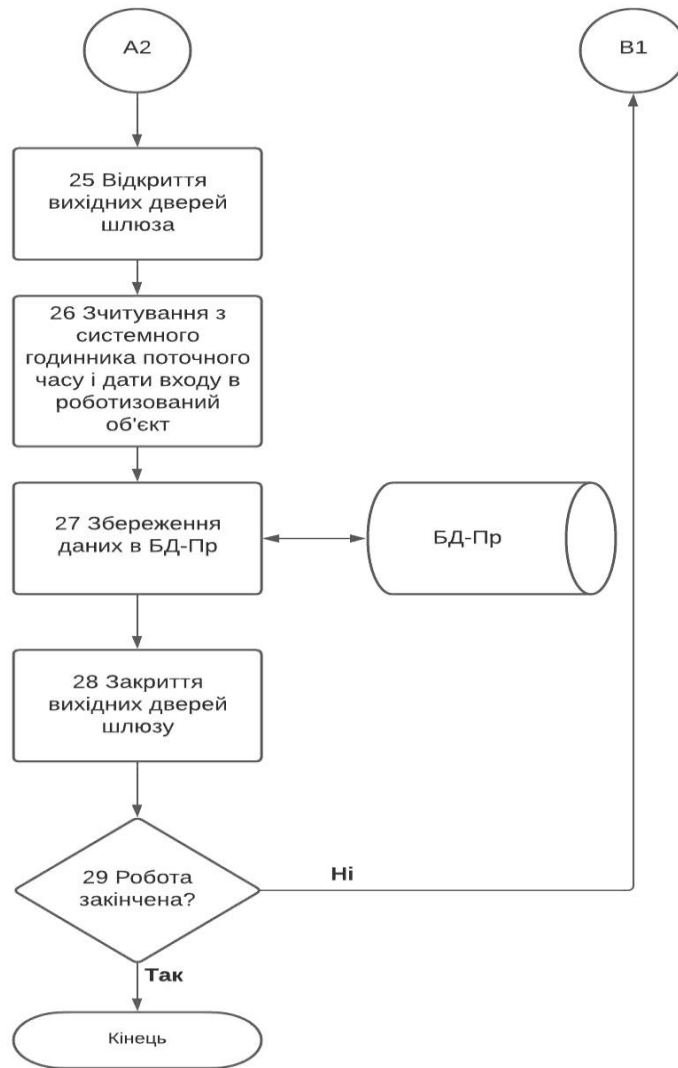


Рисунок 4.2, аркуш 3

Розроблений алгоритм враховує специфіку отримання дозволів на відвідування об'єктів автоматизованого виробництва. Забезпечують автоматичне протоколювання всіх етапів обліку даних (хто, коли, кому і на якій підставі видав «пропуск» заснований на скануванні райдужної оболонки ока).

Алгоритм заснований на принципах функціонування шлюзів, які використовуються в системах контролю доступу і можливості систем розпізнавання райдужної оболонки ока.

4.2 Вибір обладнання для реалізації розробленого алгоритму

Для реалізації розробленого алгоритму запропоновано використання обладнання провідних компаній.

4.2.1 Кабіна шлюзова T58 - lucent

Найпростіший напівавтоматичний шлюз являє собою кабінку з двома дверима на вході і виході. Кожна з дверей забезпечується доводчиком і замком (електромеханічним або електромагнітним). Замки обох дверей управляються загальної шлюзовий логікою, яка стежить за тим, щоб двоє дверей не були відкриті одночасно. Для контролю за станом дверей (закрита / відкрита) в найпростішому випадку застосовуються геркони. Крім того, в напівавтоматичних кабінах часто застосовуються електромеханічні замки з вбудованим датчиком стану замка (замкнений/відкритий). В цьому випадку шлюзова логіка вважає двері закритою тільки при наявності одночасно двох сигналів: «закрито» від геркона і «замкнений» від датчика замка. Напівавтоматичний шлюз може працювати в ручному або в автоматичному режимах.

В ручному режимі команди на відкриття дверей надходять в шлюзову логіку з пульта управління, що встановлюється на посту охорони. Рішення про дозвіл проходу в цьому випадку приймають співробітники охорони. Для отримання інформації про відвідувача тамбур-шлюз може бути обладнаний переговорним пристроєм (інтеркомом) і / або пристроєм телевізійного спостереження. Для того, щоб співробітники служби безпеки могли спостерігати за відвідувачем, що знаходяться всередині шлюзовий кабіни, використовується додаткова відеокамера, що розміщується всередині шлюзу. Крім того, в більшості випадків напівавтоматичні кабіни являють собою металоконструкцію з дверима і бічними стінками з непробивного або кулестійкого скла. Двері і бічні стінки можуть бути засклені повністю або

частково. Крім почергового відкривання дверей, співробітники охорони мають можливість за допомогою пульта управління розблокувати обидві двері одночасно. Це необхідно для забезпечення безперешкодного виходу людей з будівлі при екстреній евакуації або при необхідності проносу через шлюз великогабаритних предметів.

В автоматичному режимі рішення про дозвіл проходу через шлюз приймається без участі співробітників охорони. У найпростішому випадку дозволяючий сигнал в шлюзову логіку може надходити від датчика присутності людини перед кабіною. Однак в більшості випадків для управління шлюзовий логікою в автоматичному режимі використовується система контролю управління доступом. У СКУД для прийняття рішення про дозвіл проходу можуть використовуватися різні ідентифікатори особистості: зчитувачі магнітних карт, карт Вейганд, безконтактних радіочастотних (проксиміті) карт, клавіатури, різні біометричні ідентифікатори (рис. 4.3) [36].



Рисунок 4.3 – Кабіна шлюзова T58 – lucent [36]

В таблиці 4.1 представлені основні характеристики шлюзової кабіни.

Таблиця 4.1– Основні технічні характеристики шлюзової кабіни

Параметр	Значення
Пропускна спроможність (люд/хв)	6
Замикаючий пристрій	Електромагнітний замок
Живлення (В)	Мережа 220
Напруга (В)	24
Вага (кг)	800
Вартість (грн)	350 000

4.2.2 Пристрій EyeSwipe-Nano

Система розпізнавання райдужної оболонки ока EyeSwipe-Nano (рис 4.4) є передовим компактним терміналом ідентифікації і аутентифікації особистості по райдужній оболонці ока. Пристрій здатний забезпечити в режимі реального часу ідентифікацію та аутентифікацію людини в русі і на відстані на основі аналізу райдужної оболонки ока [37].



Рисунок 4.4 – Пристрій EyeSwipe-Nano [37]

В таблиці 4.2 представлені основні характеристики системи розпізнавання райдужної оболонки.

Таблиця 4.2 – Основні технічні характеристики системи розпізнавання райдужної оболонки

Параметр	Значення
Пропускна спроможність (люд/хв)	20
Пам'ять шаблонів (шт.)	5000
Живлення (В)	220В
Напруга (В)	24 В
Ефективна відстань захвату (см)	30
Вертикальний діапазон захвату (см)	13
Горизонтальний діапазон захвату (см)	16
Вартість (грн)	90 000

4.2.3 Датчик руху АСТРА 512

Дія інфрачервоного датчика (рис. 4.5) заснована на аналізі теплового (інфрачервоного) випромінювання. Пасивний інфрачервоний датчик (PIR) при цьому не випускає ніякого випромінювання сам, а лише аналізує теплові промені, що потрапляють на нього [38].

Усередині датчика розташовуються два чутливих елемента, які фіксують рівень інфрачервоного випромінювання.

Перед кожним встановлена лінза Френеля, яка фокусує падаючі на датчик інфрачервоні промені.

Найпростіший датчик сконструйований так, що навколишній простір «розділений» між двома лінзами, кожна з яких спрямовує теплове випромінювання зі своєї зони відповідальності на «свій» чутливий елемент.



Рисунок 4.5 – Датчик руху АСТРА 512 [38]

В таблиці 4.3 представлені основні характеристики датчика руху

Таблиця 4.3 – Основні технічні характеристики датчика руху

Параметр	Значення
Максимальна дальність дії (м)	2
Кут виявлення (град)	90
Напруга (В)	24
Вартість (грн)	250

4.2.4 ОСЗ-1 світлозвукова сирена

Оповіщувач світло-звуковий в міцному пластиковому корпусі 110 дБ. Гучність і тембр звуку регулюється.

За рахунок свого оригінального виконання відмінно підходить для установки усередині приміщення: в офісах і квартирах.

Оповіщувач має малий час підготовки до роботи - всього секунда.

Сирена ОСЗ-2 складається з корпусу, ліхтаря та звукового випромінювача з генератором (рис. 4.6) [39].



Рисунок 4.6 – ОСЗ-1 світлозвукова сирена [39]

В таблиці 4.4 представлені основні характеристики ОСЗ-1 світлозвукової сирени.

Таблиця 4.4 – Основні технічні характеристики ОСЗ-1 світлозвукової сирени

Параметр	Значення
Звуковий тиск (дБ)	110
Напруга (В)	9-14
Вартість (грн)	158

4.2.5 Системний блок ACER Packard Bell iMedia S3730

Сучасний та продуктивний персональний комп'ютер (ПК), який буде використаний в якості автоматизованих робочих місць для співробітників служби безпеки і сервера баз даних для автоматизації прийняття рішення доступу до роботизованих об'єктів.

Представлена модель ПК (рис 4.7) за технічними характеристиками та ціновою політикою підходить для використання на автоматизованому виробництві.

У повному обсязі можна програмно реалізувати розроблений алгоритм

системи контролю та управлінням доступом до роботизованих об'єктів [40].



Рисунок 4.7 – Системний блок ACER Packard Bell iMedia S3730 [40]

В таблиці 4.5 представлені основні характеристики системи розпізнавання райдужної оболонки.

Таблиця 4.5 – Основні технічні характеристики персонального комп'ютера

Параметр	Значення
Процесор	Intel Celeron J3355 (Apollo Lake)
Пам'ять (ГБ)	4
Процесор (тактова частота ГГц)	2,0 – 2,5
Напруга (В)	220
Вартість (грн)	4100

4.3 Обчислювальний експеримент систем розпізнавання райдужної оболонки ока

Метою обчислювального експерименту є перевірка роботи розпізнавання райдужної оболонки ока на реальних даних, а також порівняння точності результатів і часу роботи запропонованого методу з цими ж показниками, які отримані з використанням методів парних градієнтів.

Обчислення проводилося на персональному комп'ютері з чотирьох ядерним процесором Intel Core i7 3630QM з частотою 2,4 ГГц, оперативна пам'ять 8 ГБ, у системі MATLAB версія R2020b.

Для тестування алгоритму використовувалася суміш різних зображень райдужної оболонки. Для кожного зображення експертом були визначені дійсні значення шуканих параметрів, записані в файл розмітки, і з урахуванням цих значень і результатів роботи системи були розраховані величини відносних помилок. Приклади коректної роботи алгоритму наведені на рис. 4.8.

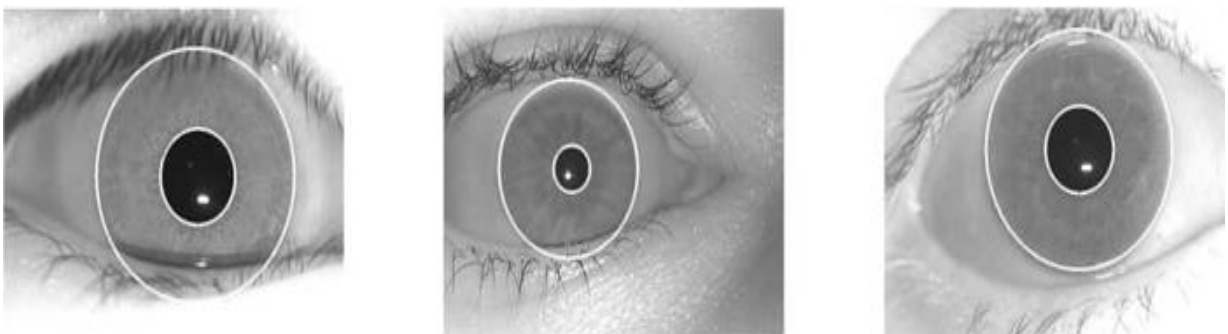


Рисунок 4.8 – Процес розпізнавання райдужної оболонки ока

4.3.1 Аналіз точності і часу роботи

Для виявлення найкращого в плані точності результату і часу роботи параметра, отриманого за допомогою методу згладжування був здійснений перебір при різних значеннях цього параметра і порівняння всіх отриманих результатів між собою і з результатами, отриманими за допомогою метода

парних градієнтів, наведене в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Результат порівняння

h/λ	$e < 0,02\%$	$e < 0,03\%$	$e < 0,02\%$	$e < 0,02\%$	$e < 0,02\%$	t, e
Запропонований метод						
0	25,91	46,68	71,39	80,82	87,22	0,246
0,005	26,21	46,65	71,47	81,34	86,96	0,250
0,01	28,01	49,75	73,06	82,11	87,34	0,253
0,015	28,61	50,58	74,05	82,15	87,26	0,254
0,02	29,56	52,25	73,62	81,72	86,53	0,254
0,025	30,12	52,47	73,14	81,25	85,89	0,254
0,03	29,56	21,91	72,89	80,48	84,98	0,254
Метод парних градієнтів						
–	11,71	28,87	53,41	68	77,43	0,432

де t - час роботи в середньому на одне зображення;

λ - кількість точок гістограми.

Як видно з таблиці, запропонована система, незалежно від параметра, витрачає в середньому на одне зображення близько 0,25 с, що майже в 2 рази менше того ж показника, з яким проводилося порівняння. Точність обчислень не залежить від параметра, однак найкращі результати були отримані при значенні $h = 0,02$. Більш докладне порівняння результатів, приведено на рис. 4.9.

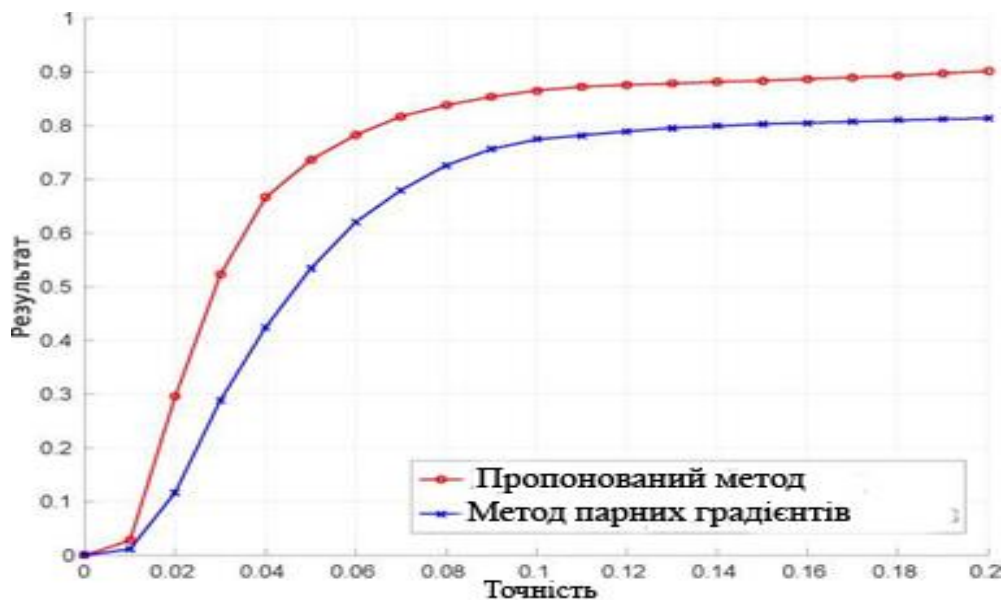


Рисунок 4.9 – Результат порівняння

4.4 Розрахунок надійності системи контролю управління доступом

Для проведення розрахунку на надійність візьмемо такі елементи: кабіна шлюзова, зчитувач райдужної оболонки ока, датчик руху, сирена світлозвукова, персональний комп'ютер.

Для оцінки використовувалися відомості про надійність комплектуючих компонентів зі стандарту MIL-HDBEK-217F, а також з специфікацій виробів.

Інтенсивність відмов компонентів системи контролю управління доступом представлена в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Інтенсивність відмов компонентів системи

Найменування компоненту	Кількість компонентів	Кількість відмов за 100 тис.годин
Кабіна шлюзова	1	5
Зчитувач райдужної оболонки ока	1	4,5
Датчик руху	1	10
Сирена світлозвукова	1	8
Персональний комп'ютер	2	12

Середнє напрацювання на відмову (англ. mean time between failures, MTBF) - технічний параметр, що характеризує надійності відновлюваного приладу, пристрою або технічної системи.

Середня тривалість роботи пристрою між відмовами показує, яка напрацювання в середньому припадає на одну відмову. Виражається в годинах.

Формула для розрахунку напрацювання на відмову:

$$T = \frac{10^5}{\lambda}, \quad (4.1)$$

де T - напрацювання на відмову;

λ - кількість відмов.

Розрахуємо безвідмовність роботи, використовуючи таблицю 4.7.

Для моноблоку:

$$\begin{aligned} \lambda_{ВП} &= 5 \cdot 1 = 5 \left[10^{-5} / год. \right], \\ T_{ВП} &= \frac{10^5}{\lambda_{ВП}} = \frac{10^5}{5} = 20000 \text{ год.} \end{aligned} \quad (4.2)$$

З урахуванням однозмінного режиму роботи і 8-ми годинного робочого дня отримуємо в підсумку напрацювання на відмову 1187 робочих змін. Так як в році 254 робочі зміни, то отримуємо напрацювання на відмову приблизно 10 років.

Для зчитувача райдужної оболонки ока:

$$\begin{aligned} \lambda_{ВП} &= 4,5 \cdot 1 = 4,5 \left[10^{-5} / год. \right], \\ T_{ВП} &= \frac{10^5}{\lambda_{ВП}} = \frac{10^5}{4,5} = 22222 \text{ год.} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Напрацювання на відмову приблизно 11 років.

Для датчика руху:

$$\begin{aligned}\lambda_{ВП} &= 10 \cdot 1 = 10 \left[10^{-5} / \text{год} \right], \\ T_{ВП} &= \frac{10^5}{\lambda_{ВП}} = \frac{10^5}{10} = 10000 \text{ год.}\end{aligned}\tag{4.4}$$

Напрацювання на відмову приблизно 5 років.

Для світлозвучової сирени:

$$\begin{aligned}\lambda_{ВП} &= 8 \cdot 1 = 8 \left[10^{-5} / \text{год} \right], \\ T_{ВП} &= \frac{10^5}{\lambda_{ВП}} = \frac{10^5}{8} = 12500 \text{ год.}\end{aligned}\tag{4.5}$$

Напрацювання на відмову приблизно 6,2 років.

Для персонального комп'ютера:

$$\begin{aligned}\lambda_{ВП} &= 12 \cdot 2 = 24 \left[10^{-5} / \text{год} \right], \\ T_{ВП} &= \frac{10^5}{\lambda_{ВП}} = \frac{10^5}{24} = 4166 \text{ год.}\end{aligned}\tag{4.6}$$

Напрацювання на відмову приблизно 2 роки.

Для підсумкової оцінки середнього часу напрацювання до $T_{ср}$ відмови на основі обчислених інтенсивностей відмов для системи управління отримуємо:

$$T_{ср} = \frac{20000 + 22222 + 10000 + 12500 + 4166}{5} = 13778 \text{ год.}\tag{4.7}$$

Напрацювання на відмову розробленої системи автоматизованого прийняття рішення доступом, буде приблизно 1 рік.

Визначаємо ймовірність безвідмовної роботи системи $P(t)$, тобто ймовірність того, що протягом часу $t = 100$ тис. год. не буде жодної відмови

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_H}} = e^{-\frac{100000}{68888}} = 0,23. \quad (4.8)$$

У підсумку отримуємо, що з імовірністю 23% за 100 тис. год. не буде жодної відмови.

4.4 Охорона праці і захист навколишнього середовища

Робота на персональному комп'ютері не вимагає фізичної напруги, підняття важких предметів, основна її частина виконується сидячи і енерговитрати не перевищують 139 Вт, отже ця робота відноситься до категорії 1б (легкої фізичної) [41].

Параметри мікроклімату обираються відповідно до вимог [41] під час науково-дослідної роботи на персональних електронних обчислювальних машинах (ПЕОМ) та подані в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Оптимальні значення параметрів мікроклімату

Категорія робіт за тяжкістю	Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря в приміщенні, не більше, м/с
Легка-1б	Холодний	21-23	40-60	0,1
Легка-1б	Теплий	22-24	40-60	0,2

Для забезпечення умов вентиляція й опалення, приведених в таблиці 4.2, в теплий період року повинно виконуватися за допомогою кондиціонера, у

холодний період року обмін повітря здійснюється за допомогою кондиціонера і централізованого водяного опалювання згідно ДБН В.2.5-67:2013 [42].

Робота за персональним комп'ютером належить до 3-го розряду зорової праці, з найменшими розмірами об'єкта розрізнення, який лежить в межах від 0,3 мм до 0,5 мм. Згідно ДБН В.2.5-28:2018 [43] для цього розряду зорової праці необхідно використовувати суміщене освітлення: природне, одностороннє, бічне та штучне освітлення.

Під час перерахунку коефіцієнта природнього освітлення (КПО) для умов міста Харкова (IV пояс світлового клімату) скористаємося формулою (4.9):

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (4.9)$$

де e_H – значення КПО для третього розряду зорової праці: $e_H = 1,2\%$;

m_N – коефіцієнт світлового клімату, який залежить від групи забезпечення природним світлом і орієнтації вікон відносно сторін небосхилу, $m = 0,85$;

N – номер групи забезпечення природним світлом.

На підставі формули (4.10) маємо:

$$e_N = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 \%. \quad (4.10)$$

Під час оцінювання рівня освітленості враховуються показники, наведені в таблиці 4.9:

Таблиця 4.9 – Показники рівня освітленості

Показник	Значення
Характер виконання зорової роботи	Високої точності
Фон	Світлий
Контраст об'єкта розрізнення із фоном	Середній
Розряд зорової роботи	3
Підрозряд зорової роботи	В
КПО, % при бічному освітленні	2
Освітленість E_{min} , лк, під час загального освітлення	400

Джерелами світла виступають люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт або енергозберігаючі потужністю 36 Вт типу ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ як найбільш ефективні і прийнятні з погляду спектрального складу, колірної температури випромінювання яких знаходиться в діапазоні від 3500 К до 4200 К.

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ [44], під час роботи за персональним комп'ютером рівень шуму не повинен перевищувати 65 дБ(А).

Згідно ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 [45] рівень вібрації для категорії III, тип - В, в умовах «комфорту» не повинна перевищувати 88 дБ.

Система водопроводу в будівлі спроектована відповідно до вимог ДСТУ 4808:2007 [46]. Вона входить у міську централізовану систему водопостачання. Подача води в приміщення здійснюється з міського водогону.

На підприємстві діє каналізація, яка пов'язана з міською каналізаційною системою.

Всі виробничі процеси на підприємстві задовольняють вимогам ДБН В.2.5-56:2014 [47]. І мають своєю метою підтримку імовірності виникнення пожежі або вибуху на будь-якій ділянці протягом року не менш 10^{-6} .

За категорією вибухо- і пожежонебезпеки приміщення оператора відноситься до категорії В - пожежонебезпечності, відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [48] і ДБН В.1.1.7-2016 [49], через присутність твердих згораючих металів, таких як: робочі столи, ізоляція, папір та інше.

Організаційні заходи протипожежної профілактики – обов'язковий вступний інструктаж під час вступу на роботу, навчання персоналу пожежної безпеки; видання необхідних інструкцій і плакатів, засобів наочної агітації, плану евакуації персоналу у випадку пожежі.

4.5 Висновки до 4 розділу

У четвертому розділі розроблено і описано алгоритм системи контролю управління доступом. Проведено вибір сучасної елементної бази, обрані

оптимальні для даної розробки пристрої та обчислювальний експеримент систем розпізнавання райдужної оболонки ока. Зроблено розрахунок надійності системи.

Розроблено підрозділ охорони праці в лабораторії, в якій проводилась розробка системи.

ВИСНОВКИ

В атестаційній магістерській роботі розроблено конкурентоспроможну автоматизовану систему контролю доступу в зону промислових роботів для налагодження і автоматизації дій.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що отримав подальший розвиток метод на основі моделі прийняття рішень процесів контролю доступу за методом альтернатив, які відрізняються від відомих використанням алгоритмів аналізу ієрархії.

Для розв'язання поставленої мети проаналізовано сучасний стан проблемної області, проведено обґрунтування процесів прийняття рішень, розроблено математичну модель вибору системи СКУД в умовах нечіткої інформації та отримано результат за допомогою визначення вагомих коефіцієнтів методом МАІ.

Побудовано алгоритм системи контролю і управління доступом, обрані оптимальні для даної розробки пристрої та оцінено надійність системи.

До переваг розробленої системи можна віднести приховану аутентифікацію, що може бути проведена на відстані; час первинної обробки зображення, що дорівнює приблизно від 300 мс до 500 мс.

Також, якщо розглядати, як розвивається інформаційний та технологічний ринок, ситуація у світі щодо пандемії Covid-19 та беручи до уваги рекомендації МОЗ України про мінімізацію контактних зв'язків і ретельного контролю захворюваності співробітників, розроблену систему контролю і управління доступом можливо доповнити додатковими датчиками вимірювання температури для контролю.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Невлюдов, І.Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» [Текст] / І.Ш. Невлюдов, О.О. Чала, Ю.М. Олександров. Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції : Дніпро, 2019. – 604-608 с.

2. Невлюдов, І.Ш. Методичні вказівки з «Розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» [Текст] / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 55 с.

3. Невлюдов, І.Ш. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [Текст] / І.Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, О. В. Токарева, Г. В. Пономарьова. – К. : пр. Космонавта Комарова, 2016. – 320с.

4. ДСТУ 3008-15. Документація. звіти у сфері науки і техніки. структура і правила оформлення [Текст]. – Введ. 2015-06-22. – К. : Держстандарт України, 2017. – 29 с.

5. Климов, А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке [Текст]: учеб. / А.С. Климов, Н.Е. Машнин. – СПб. : Лань, 2011. – 234 с.

6. Тиханычев, О.В. Теория и практика автоматизации поддержки принятия решений [Текст]: учеб. / О.В. Тиханычев. – М. : Эдитус, 2018. – 76 с.

7. Куроедова, В.И. Современные проблемы управления. Теория и практика. Состояние и перспективы [Текст]: учеб. / В.И. Куроедова. – СПб. :

Политехника, 2006. - 432 с.

7. Востриков, А.С. Теория автоматического регулирования [Текст] учеб. / А.С. Востриков, Г.А. Французова. – М. : Высшая школа, 2006. – 368 с.

8. Солодовников, В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования [Текст] учеб. / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев. – М. : Машиностроение, 1985. – 536 с.

9. Топчеев, Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования [Текст] / Ю.И. Топчеев. – М. : Машиностроение, 1989. – 752 с.

10. Мендель, А.В. Модели принятия решений: учебное пособие для обучающихся [Текст] / А.В. Мендель. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 463 с.

11. Окунева, Е.О. Математические методы исследования [Текст] / Е.О. Окунева, С.И. Моисеев. – Воронеж : ВФ МГЭИ, 2013. – 73 с.

12. Малыхин, В.И. Математические методы принятия решений [Текст]: учеб. пособие / В.И. Малыхин, С.И. Моисеев. – Воронеж : ВФ МГЭИ, 2009. – 102 с.

13. Заде, Л.М. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л.М. Заде. – М. : Мир, 1976. – 352 с.

14. Невлюдов, І. Ш. Математична модель для моделювання процесу формоутворення функціональних поверхонь компонентів мікро-опто-електро-механічних систем (engl.) [Текст] / І.Ш. Невлюдов, О.О. Чала, О.І. Филипенко, І.В. Боцман. // Системи озброєння і військова техніка. – 2020. – № 2(62). – 73 – 82 с.

15. Пономарёв, О.С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решения [Текст] : учеб. пособие / О.С. Пономарёв. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2005. – 232 с.

16. Раскин, Л.Г. Нечеткая математика. Основы теории [Текст] / Л.Г. Раскин, О.В. Серая. – Харьков : Парус, 2008. – 352 с.

17. Каляев, И.А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов: Монография [Текст] / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М. :

Физматлит, 2009. – 280 с.

18. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] / Т. Саати, К. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991. – 226 с.

19. Петин, В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino [Текст] / В.А. Петин. – М. : БХВ-Петербург, 2014. – 241 с.

20. Ворона, В. А. Системы контроля и управления доступом [Текст] учеб. / В. А. Ворона, В. А. Тихонов. – М.: Горячая линия Телеком, 2010. – 272 с.

21. ГОСТ Р 51241-2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2009. – 32 с.

22. СКУД Anvi [Электронный ресурс] // URL: <http://anviz.ru/systems/acs.html> (дата звернения 01.10.2020 г.).

23. Интеллектуальный СКУД "СФИНКС". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ipstm.ru/produkcija/intellektualnyy-skudsfinks>. (дата звернения 01.10.2020 г.).

24. Система контроля и управления доступом «ПОСТ СКУД» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://in-tex.ru/productioncat15>. (дата звернения 01.10.2020 г.).

25. Архив записей – СКУД [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://int-sys.ru/tag/skud/> (дата обращения: 23.10.2016 г.).

26. Система контроля и управления доступом Neuroniq [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://neuroniq.ru/neuroniq/sistemakontrolya-i-upravleniya-dostupom/>. (дата звернения 01.10.2020 г.).

27. Биометрический СКУД CASTLE [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.agrg.ru/castle/bio>. (дата звернения 01.12.2020 г.).

28. Биометрический СКУД BioSmart [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://basb.ru/biometricheskaya-sistema-kontrolya>. (дата звернения 01.12.2020 г.).

29. Особенности внедрения и использования систем контроля доступа по лицу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/>

sys_ogr_dost/osobennostivnedreniya-i-ispolzovaniya-sistem-kontrolya-dostupa-politsi. (дата звернення 10.10.2020 р.).

30. Аутентификация і ідентифікація [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=587301>. (дата звернення 20.10.2020 р.).

31. Биометрические технологии идентификации в системах контролю і управління доступом [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/biometricheskie-tehnologii-identifikatsii-v-sistemah-kontrolya-i-upravleniya-dostupom> (дата звернення: 21.10.2020 р.).

32. Биометрические технологи [Електронний ресурс] Режим доступу: http://mind-control.wikia.com/wiki/Биометрические_технологии (дата звернення: 30.10.2020 р.).

33. Аутентифікація по сітківці ока [Електронний ресурс] Режим доступу: http://studopedia.ru/4_29865_autentifikatsiya-po-setchatke-glaza.html (дата звернення: 02.11.2020 р.).

34. Невлюдов, І. Ш. Підтримка життєвого циклу у виробничій інженерії [Текст] монографія / О. І. Филипенко, А. О. Андрусевич, М.Г. Стародубцев. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 252 с.

35. Невлюдов, І.Ш. Автоматичне управління технологічними об'єктами [Текст] / І.Ш. Невлюдов, О.В. Токарьова. – Київ: НАУ, 2018. – 200 с.

36. Кабіна шлюзова t58 - lucent [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://doormaster.in.ua/p40285682-kabina-shlyuzovaya-t58.html> (дата звернення: 04.11.2020 р.).

37. Биометрична система розпізнавання райдужної оболонки ока Eyeswire - Nano [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ualock.com.ua/p17286001-biometricheskaya-sistema-raspoznavaniya.html> (дата звернення: 05.11.2020 р.).

38. Астра-512 датчик руху [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.ohrsys.com/product/астра-512/> (дата звернення: 05.11.2020 р.).

39. ОСЗ-1 сирена світлозвукова [Електронний ресурс]

Режим доступу: <https://hrani.kiev.ua/p336420929-osz-sirena-sveto.html> (дата звернення: 05.11.2020 р.).

40. Системний блок ACER Packard Bell iMedia S3730 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.moyo.ua/ua/cistemnyy-blok-acer-packard-bell-imedia-s3730-dt-uavme-001/characteristics/434887.html> (дата звернення: 05.11.2020 р.).

41. ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 95 с.

42. ДБН В.2.5–67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Державні будівельні норми України [Текст]. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 141 с.

43. ДБН В.2.5–28:2018. Природне і штучне освітлення. Державні будівельні норми України [Текст]. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.

44. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности [Текст]. – ССБТ, 1983. – 85 с.

45. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008. Система стандартів безпеки праці. Вибраційна безпека. Общие требования [Текст]. – ССБТ, 1990. – 50 с.

46. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [Текст]. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2007. – 36 с.

47. ДБН В.2.5 – 56:2014. Системи протипожежного захисту [Текст]. – Київ: Мінрегіон України, 2015. – 127 с.

48. ДСТУ Б В.1.1 – 36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Національний стандарт України [Текст]. – Київ: МІНРЕГІОНБУД УКРАЇНИ, 2016. – 61 с.

49. ДБН В.1.1.7 – 2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва [Текст]. – Київ: Мінрегіон України, 2017. – 41 с.