Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of 20 Aout 1955- Skikda

Department of computer science

Thesis In view of obtaining the Professional Master's Degree and a certificate for a startup project within the framework of the ministerial decision 1275.

Option: Artificial Intelligence.

Theme:

Smart Iris Biometric Identification System for Healthcare Management -EYEID-.

Submitted by:

Chaima Messikh

Supervised by:

Supervisor: Dr. Houda Hamrouche

Co-supervisor: Hanene Bourriche

Academic year: 2025/2026

DEDICATION

To my beloved parents, whose endless love, prayers, and sacrifices have been the foundation of my journey and the light guiding my academic paths.

To my dear siblings, whose presence brings constant joy and inspiration.

To my family, friends, and academic peers, who stood by me with encouragement and support throughout the completion of this work.

I dedicate this humble research thesis.

Acknowledgements

First and foremost, I express my deepest gratitude and praise to Allah Almighty for granting me the cognitive strength, health, and perseverance necessary to bring this engineering research to its final fulfillment.

I extend my profound scientific appreciation to my esteemed supervisors for providing continuous technical guidance, academic direction, and insightful feedback that directly shaped the quality of this lightweight computer vision architecture. I am equally grateful to the respected members of the examination committee for dedicating their valuable time to evaluate this dissertation, offering their rigorous critical assessment to refine its structural contribution.

Finally, I acknowledge the supportive academic framework provided by the Department of Computer Science at the University of 20 August 1955, Skikda. Special thanks are due to my family and peers for their unyielding patience, collaborative discussions, and continuous encouragement during the execution of this master’s project.

Abstract

In contemporary institutional environments, maintaining secure, non-repudiable user authentication mechanisms is paramount to protecting highly sensitive database records. Traditional identity verification frameworks, which rely on physical tokens, knowledge-based passwords, or complex deep learning architectures, consistently expose systems to operational latencies, high hardware costs, and severe security vulnerabilities. To resolve these challenges, this thesis proposes and implements a lightweight, high-performance biometric identification system leveraging deterministic local feature extraction from human ocular tissue. The developed framework utilizes automated circular boundary segmentation to isolate the iris stroma, followed by the execution of the Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) algorithm to extract invariant identity templates without the computational overhead of offline network training. Matching operations are conducted on-the-fly using bitwise logical operators to evaluate Hamming distance metrics against a structured local relational database. Empirical validation confirms that the proposed architecture compresses the entire computational pipeline spanning from raw optical acquisition to complete profile rendering into an exceptional sub-second execution latency of less than 0.5 seconds under a strict verification threshold (RECOGNITION THRESHOLD = 0.45). These results demonstrate that high-precision identity verification can be seamlessly achieved on standard low-cost workstations, eliminating system bottlenecks and proving the system's practical readiness for secure, high-throughput institutional deployment.

Keywords: Biometric Authentication, Iris Recognition, Deterministic Computer Vision, Feature Extraction, Hamming Distance, Latency Optimization.

Résumé

Résumé (French Version) Dans les environnements institutionnels contemporains, le maintien de mécanismes d'authentification des utilisateurs sécurisés et non répudiables est primordial pour protéger les enregistrements de bases de données hautement sensibles. Les cadres traditionnels de vérification d'identité, qui reposent sur des jetons physiques, des mots de passe ou des architectures complexes de deep learning, exposent systématiquement les systèmes à des latences opérationnelles, des coûts matériels élevés et de graves failles de sécurité. Pour relever ces défis, cette thèse propose et implémente un système d'identification biométrique léger et performant, basé sur l'extraction déterministe de caractéristiques locales du tissu oculaire humain. Le framework développé utilise une segmentation automatisée des contours circulaires pour isoler le stroma de l'iris, suivie de l'exécution de l'algorithme ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) pour extraire des modèles d'identité invariants sans la surcharge computationnelle liée à l'entraînement de réseaux hors ligne. Les opérations de correspondance sont effectuées à la volée à l'aide d'opérateurs logiques binaires pour évaluer les métriques de distance de Hamming par rapport à une base de données relationnelle locale structurée. La validation empirique confirme que l'architecture proposée compresse l'ensemble du pipeline de calcul — de l'acquisition optique brute au rendu complet du profil — dans une latence d'exécution exceptionnelle de moins de 0.5 seconde sous un seuil de vérification strict (seuil de reconnaissance = 0.45). Ces résultats démontrent qu'une vérification d'identité de haute précision peut être réalisée de manière fluide sur des stations de travail standard à faible coût, éliminant ainsi les goulots d'étranglement et prouvant la viabilité pratique du système pour un déploiement institutionnel sécurisé à haut débit.

Mots-clés : Authentification biométrique, Reconnaissance de l'iris, Vision par ordinateur déterministe, Extraction de caractéristiques, Distance de Hamming, Optimisation de la latence.

ملخص

في البيئات المؤسساتية المعاصرة، يعد الحفاظ على آليات مصادقة آمنة وغير قابلة للإنكار للمستخدمين أمراً بالغ الأهمية لحماية سجلات قواعد البيانات الحساسة للغاية. إن أطر التحقق من الهوية التقليدية، والتي تعتمد على الرموز المادية، أو كلمات المرور، أو بنيات التعلم العميق المعقدة، تعرّض الأنظمة باستمرار لبطء التشغيل، وارتفاع تكاليف العتاد، وثغرات أمنية خطيرة. ولحل هذه التحديات، تقترح هذه الأطروحة وتنفذ نظاماً خفيف الوزن وعالي الأداء للتعرف البيومتري على الهوية بالاعتماد على استخلاص الميزات المحلية الحتمية من أنسجة العين البشرية. يعتمد الإطار المطور على تقسيم الحدود الدائرية الآلي لعزل قزحية العين، يليه تطبيق خوارزمية ORB لاستخراج قوالب هوية ثابتة دون الحاجة إلى أعباء حسابية مرتبطة بتدريب الشبكات خارج نطاق التشغيل المباشر. وتجرى عمليات المطابقة آنياً باستخدام معاملات منطقية (bitwise) على مستوى البتات مقابل قاعدة بيانات علاقاتية محلية لتقييم مقاييس مسافة هامينغ (Hamming distance). وتؤكد نتائج التحقق التجريبي أن البنية المقترحة تضغط كامل خط المعالجة الحسابية — بدءاً من التقاط الصور المنظمة البصرية الخام وحتى العرض الكامل للملف الشخصي للمريض — في زمن استجابة استثنائي يقل عن 0.5 ثانية تحت عتبة تحقق صارمة (عتبة التعرف = 0.45). تثبت هذه النتائج أنه يمكن تحقيق تحقق عالي الدقة من الهوية بسلاسة على محطات العمل القياسية منخفضة التكلفة، مما يقضي على اختناقات النظام ويؤكد جاهزية النظام العملية للنشر المؤسساتي الآمن وعالي التدفق.

الكلمات المفتاحية: المصادقة البيومترية، التعرف على قزحية العين، الرؤية الحاسوبية الحتمية، استخراج الميزات، مسافة هامينغ، تحسين زمن الاستجابة

Table of Contents

General introduction 1
Problem statement 1
Objectives of the thesis 2
Methodological structure 2
Chapter 1 4
Literature Review and Theoretical Foundations of Biometric Systems and Related Works 4
1.1 Introduction 4
1.2 The Evolution of Biometric Pattern Recognition Paradigms 4
1.3 Foundations of Spatial Filtering and Boundary Edge Analysis 5
1.3.1 Mathematical Gradient Operators 5
1.3.2 Non-Max Suppression and Canny Edge Mechanics 5
1.4 Comprehensive Analysis of Preprocessing and Iris Unwrapping (Related Works I & II) 6
1.4.1 Advanced Edge Preprocessing and Normalization 6
1.4.2 Real-Time Processing Constraints and Latency Management 8
1.5 Review of Heavy Neural Paradigms and Transfer Learning (Related Works III & IV) .. 9
1.5.1 Convolutional Hierarchies and Parameter Footprints 9
1.5.2 Hybrid Networks and Security Bottlenecks 10
1.6 Mathematical Mechanisms of Keypoint Detection and Feature Matching 10
1.7 Synthesis of Computational and Architectural Trade-offs 11
1.8 Conclusion 12
Chapter 2 13
Biological Specifications, Optics, and Statistical Performance Metrics 13
2.1 Introduction 13

2.2 Types of Biometric Modalities 14
2.3 Focus on Biological Specifications of the Iris 14
2.**3.1** Advantages of Iris Biometrics in Healthcare 16
2.3.2 Historical Evolution of Iris Recognition Systems 16
2.3.3 Comparison between Iris Recognition and Eye Retina Scanning 17
2.4 Main Optical Challenges in Iris Imaging 18
2.4.1 The Role of Near-Infrared (NIR) Illumination in Overcoming Optical Noise 19
2.4.2 Mitigation of Environmental Noise and Image Quality Degradation 20
2.4.3 The Role of Infrared Spectrometry in Presentation Attack Detection (Liveness Validation) 20
2.5 Applications and Future Horizons of Iris Recognition 21
2.6 Statistical Performance Metrics and Validation 21
2.6.1 Mathematical Implementations and Optimization of Biometric Error Thresholds. 23
2.6.2 Cyber-Security Frameworks and Template Privacy in Healthcare Registries 24
2.7 Conclusion 24
Chapter 3 26
System Design and Implementation 26
3.1 Introduction 26
3.2 Requirements Analysis 27
3.2.1 Functional Requirements 27
3.2.2 Non-Functional Requirements 28
3.2.3 Hardware and Software Requirements 29
3.3 System Architecture 29
3.4 Dataset Schema and Clinical Data Characteristics 30
3.4.1 Clinical Database Schema (SQLite3) 31
3.4.2 Biometric Verification Dataset (MMU Subset) 33
3.5 Development Tools and Ecosystem 34

3.5.1 The Python Programming Ecosystem 34
3.5.2 Image Processing Engine: OpenCV 34
3.5.3 Integrated Development Environment: Visual Studio Code 34
3.6 Biometric Feature Extraction and Matching Architecture 35
3.6.1 Algorithmic Frameworks for Iris Localization and Segmentation 35
3.6.2 Detailed Analysis of the Biometric Image Processing Subsystems 36
3.6.3 Geometric Invariance via Daugman's Rubber Sheet Model 36
3.6.4 Methodological Mapping and Comparison of Related Works in Iris Recognition 37
3.7 Interface Design Principles 39
3.7.1 Iris Recognition interface 40
3.7.2 Consultations interface 43
3.7.3 Patient Management interface 45
3.8 Conclusion 47
General conclusion 49
Bibliography 51

List of Tables

Table 1.1 A theoretical comparison matrix evaluating the operational trade-offs between heavy neural frameworks and deterministic computer vision. 11

Table 2.1 Comparison between Common Physiological Biometric Modalities 14

Table 2.2 A theoretical comparison matrix evaluating the operational trade-offs between…. 28

Table 3.1 Methodological Mapping and Comparison of Related Works in Iris Recognition.. 46

List of Figures

Figure 1.1 Operational stages of iris boundary detection showing the original grayscale ocular frame, localized gradient extraction via Canny edge detection, and parametric pupil and sclera boundary localization. (Padmegowda, 2025) 6
Figure 1.2 Visual variations in raw ocular captures illustrating differences in pupil dilation, illumination reflection, and eyelid occlusion across individual test subjects. (Rubio, 2024) 7
Figure 1.3 Mathematical mapping concept of Daugman's Rubber Sheet Model converting a non-concentric annular iris zone from Cartesian coordinates into a dimensionless rectangular polar coordinate matrix. (El-Sofany H. F.-L., 2024) 7
Figure 1.4 Empirical results of the geometric normalization and unwrapping process showing localized irises and their corresponding rectangular texture sheets. (Rubio, 2024) 8
Figure 1.5 The comprehensive computational pipeline for automated iris verification, spanning from initial image acquisition to computational matching within real-time latency constraints. (Hafeez, 2022) 9
Figure 1.6 Implementation and performance benchmarking of edge detection frameworks across standardized evaluation datasets including CASIA, IITD, and MMU. (Padmegowda, 2025) 10
Table 1.1 A theoretical comparison matrix evaluating the operational trade-offs between heavy neural frameworks and deterministic computer vision. 11
Table 2.1 Comparison between Common Physiological Biometric Modalities 14
Figure 2.1 Comprehensive anatomical diagrams of the human eye showing the anterior biometric features (top) and the internal cross-sectional structures (Anatomy of the human eye, n.d.) 15
Table 2.2 Technical and Operational Differences between Iris and Retina Biometrics 18
Figure 2.2 Statistical distribution curve demonstrating the intersection of FAR and FRR to determine the Equal Error Rate (EER). (false rejection rate, n.d.) 23
Figure 3.1 The Secure System Login Interface for Authorized Healthcare Personnel 27
Figure 3.2 The doctor access passcode 28
Figure 3.3 The structural workflow layout of the decoupled multi-tier biometric processing framework. 30
Figure 3.4 Patients registry database in DB browser 31
Figure 3.5 Consultations Registry database 1 in DB browser 32

Figure 3.6 Consultations Registry database 2 in DB browser 32
Figure 3.5 Database display in the app 33
Figure 3.6 The standard computational pipeline for automated iris recognition systems 36
Table 3.1 Methodological Mapping and Comparison of Related Works in Iris Recognition 37
Figure 3.7 Visual execution of the local feature matching architecture utilizing deterministic tracking thresholds. (Unknown patient) 38
Figure 3.8 Visual execution of the local feature matching architecture utilizing deterministic tracking thresholds.(Identified patient) 39
Figure 3.8 The Main Application Dashboard featuring iris recognition 40
Figure 3.9 Patient identified (registered iris) 41
Figure 3.10 Unknown patient (iris not registered) 41
Figure 3.11 New patient registration (by iris) 42
Figure 3.12 Consultation history for all patients 43
Figure 3.13 Consultation history for a specific patient (filtered by: Patient ID) 43
Figure 3.14 New Consultation registry 44
Figure 3.15 Patient list 45
Figure 3.16 Update patient information 46

General introduction

The rapid digitalization of modern institutional frameworks and record management registries has intensified the demand for bulletproof access control mechanisms. As security breaches, unauthorized database intrusions, and identity fraud continue to escalate globally, relying on conventional validation protocols such as physical access cards, cryptographic tokens, or alphanumeric passwords has proven structurally insufficient. These classical methods are inherently vulnerable to physical theft, loss, and sophisticated social engineering bypasses.

Consequently, modern computational security has increasingly shifted toward biometric pattern recognition systems, which anchor user validation on immutable, unique physiological traits that cannot be shared, duplicated, or forgotten. Among various biological characteristics, human ocular tissue, specifically the complex macromorphological texture of the iris, stands out as one of the most stable and statistically unique traits for high-assurance identity verification.

Problem statement

Despite the theoretical superiority of iris recognition systems, their practical edge deployment within standard institutional infrastructures remains heavily restricted by a critical architectural trade-off. Contemporary scientific literature is dominated by heavy connectionist neural configurations and deep learning frameworks that provide end-to-end optimization but function as resource-intensive black boxes. These heavy paradigms demand expensive hardware acceleration platforms, massive memory footprints, and extensive offline training datasets, making them highly susceptible to inference latency and computing bottlenecks when executed locally.

Conversely, basic k-nearest neighbor or rigid rule-based classification models often fail to capture fine localized texture transformations under variable environmental noise. Therefore, the core scientific challenge investigated in this thesis is: *How can we design and implement a secure, low-latency biometric iris authentication pipeline that achieves sub-second execution speeds and high recognition precision while operating entirely on standard local computing*

processors without heavy neural network training or high-cost hardware acceleration dependencies?

Objectives of the thesis

To address this central problem, the primary objectives of this investigative thesis are structured as follows:

1. To formulate an optimized preprocessing and automated segmentation pipeline capable of accurately isolating the circular boundaries of the iris stroma from raw optical captures under variable illumination constraints.
2. To deploy a deterministic local feature description framework that extracts invariant identity matrices on-the-fly, bypassing heavy training cycles while maintaining computational robustness against scale and rotation changes.
3. To design a decoupled, multi-tiered software architecture that seamlessly links real-time image processing routines with structured relational database queries to enable immediate record rendering upon successful verification.

Methodological structure

To present the realization of these objectives systematically, the architectural and empirical findings of this research are organized into three primary chapters:

- **Chapter 1: Literature Review and Theoretical Foundations of Biometric Systems and Related Works** establishes a comprehensive academic baseline by exploring the evolution of pattern recognition paradigms, the mathematical mechanics of spatial filtering, and a critical synthesis of the computational trade-offs separating classical computer vision from heavy deep learning systems in recent state-of-the-art literature.
- **Chapter 2: Biological Specifications, Optics, and Statistical Performance Metrics** investigates the unique physiological anatomy of the human iris, the underlying physical laws of illumination subsystems required for high-contrast capture, and the statistical error-tracking formulations used to quantify biometric precision.
- **Chapter 3: System Design and Implementation** delivers a granular exposition of the functional and non-functional system requirements, the decoupled multi-tier architecture, the relational dataset schemas, the local feature extraction mechanics

utilizing the ORB algorithm, and the final verification performance analysis validating the sub-second responsiveness of the operational platform.

Chapter 1

Literature Review and Theoretical Foundations of Biometric Systems and Related Works

1.1 Introduction

The developmental realization of an advanced biometric authentication network requires a deeply structured architectural design capable of extracting precise spatial configurations from human ocular data. The objective of this first chapter is to establish a rigorous, mathematically sound baseline for digital visual processing, computer vision paradigms, and structural feature description methodologies. Rather than focusing heavily on high-overhead cloud architectures, this chapter models the exact mathematical transformations required to segment and verify biological patterns locally. Furthermore, this theoretical foundation is systematically balanced with a comprehensive review of state-of-the-art related works (2022–2026), providing the scientific justification for the lightweight algorithmic pipelines deployed within our implementation.

1.2 The Evolution of Biometric Pattern Recognition Paradigms

The historical trajectory of biometric computational science has transitioned from complex rule-based expert frameworks toward dynamic, localized feature isolation paradigms. In early computer vision eras, algorithms operated under explicit hand-coded constraints where engineers manually programmed thousands of conditional decision boundaries to resolve specific identification tasks. While efficient for closed-world simulations, these rigid frameworks demonstrated fragility when exposed to real-world sensory ambiguity, non-linear noise, and variable illumination fields.

To overcome these boundaries, modern digital vision depends on statistical pattern matching where mathematical algorithms autonomously detect interest points directly from spatial

intensity variations. Within contemporary identity verification environments, optimizing these feature mapping strategies is critical to capturing deep structural textures, preventing system latency, and resolving computational bottlenecks during real-time image evaluation.

1.3 Foundations of Spatial Filtering and Boundary Edge Analysis

To construct highly adaptive systems capable of processing unconstrained biometric images, computer science relies heavily on mathematical spatial filtering and boundary edge analysis. Digital images are fundamentally represented as 2D intensity matrices where local texture changes correspond to rapid transitions in pixel gradients. By applying spatial derivative operators (such as Sobel, Canny, or Laplacian gradients), verification frameworks compute the absolute direction and magnitude of local structural boundaries.

Mathematically, these operations isolate continuous geometric limits such as the inner pupil boundary and outer sclera limits by tracking localized gradient extrema across the multi-dimensional image tensor. Introducing robust edge filtering ensures that subsequent descriptor tracking mechanisms can bypass random visual noise and focus entirely on the immutable macromorphological landmarks of the captured tissue.

1.3.1 Mathematical Gradient Operators

The localization of structural boundaries within an image matrix is driven by the calculation of partial derivatives across spatial coordinates (x, y). Discrete gradient operators, such as the Sobel and Prewitt kernels, convolve the intensity matrix with localized horizontal and vertical masks to compute the directional changes in contrast. The gradient magnitude G and direction theta are mathematically formulated as:

G= sqrt (Gx^2 + Gy^2), theta = tan^-1 (Gy / Gx)

These spatial gradients isolate continuous geometric limits such as the inner pupil boundary and outer sclera limits by tracking localized gradient extrema across the multi-dimensional image tensor.

1.3.2 Non-Max Suppression and Canny Edge Mechanics

To transform raw continuous gradient maps into thin, discrete binary edges suitable for biometric segmentation, vision frameworks deploy non-maximum suppression techniques. This mathematical mechanism suppresses all pixel intensities that do not represent local maxima

along the gradient direction, effectively isolating the true peak of the edge boundary. Following this, hysteresis thresholding is executed using dual mathematical limits to eliminate spurious noise while preserving weak but structurally connected edges. This optimization step ensures that structural contours remain continuous even under low-contrast or poor imaging environments.

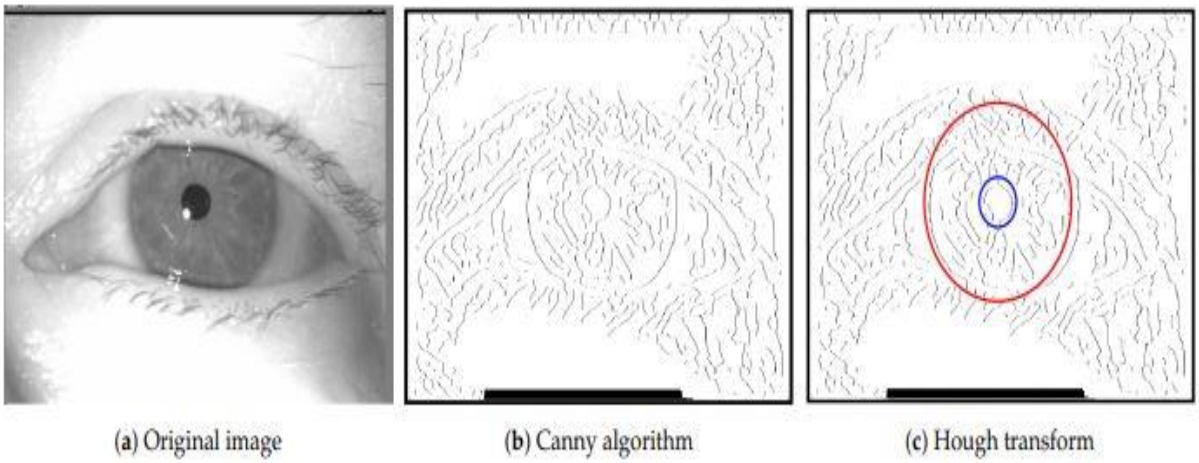


Figure 1.1 *Operational stages of iris boundary detection showing the original grayscale ocular frame, localized gradient extraction via Canny edge detection, and parametric pupil and sclera boundary localization. (Padmegowda, 2025)*

1.4 Comprehensive Analysis of Preprocessing and Iris Unwrapping (Related Works I & II)

Before executing descriptor matching, the segmented ocular frame must undergo precise geometric standardization to eliminate variations caused by involuntary pupil dilation and scale differences.

1.4.1 Advanced Edge Preprocessing and Normalization

In this contex **,** (Rubio, 2024) addressed this foundational bottleneck by investigating advanced preprocessing methodologies focused on the binary detection of iris edges and the subsequent computational unwrapping of the annular tissue strip. Their work demonstrates that transforming the circular iris stroma into a normalized rectangular coordinate layout ensures that verification layers can process texture maps with maximum spatial precision. Their framework focused on texture isolation to eliminate spatial variations caused by involuntary pupil dilation (miosis and mydriasis), establishing that stable boundary detection directly influences downstream feature representation.

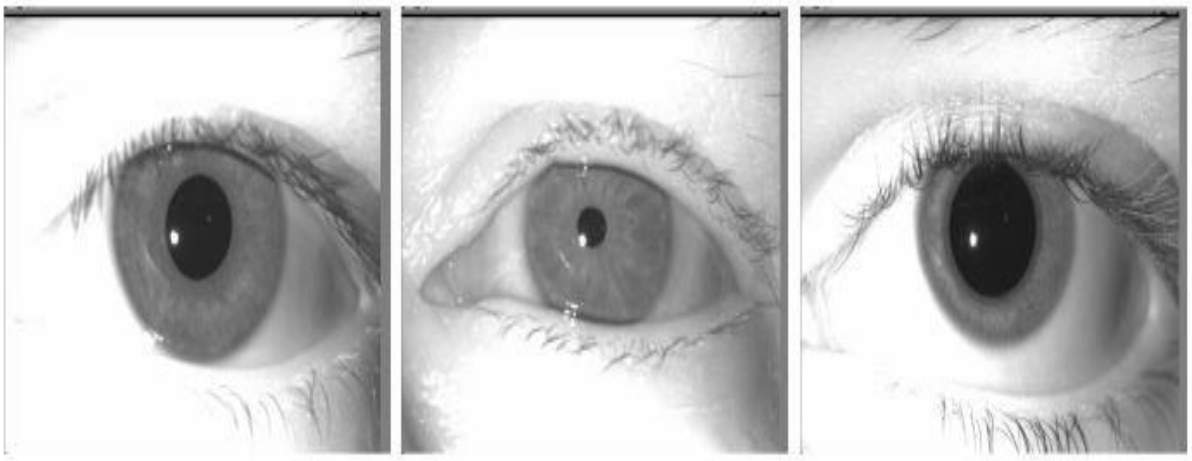


Figure 1.2 *Visual variations in raw ocular captures illustrating differences in pupil dilation, illumination reflection, and eyelid occlusion across individual test subjects. (Rubio, 2024)*

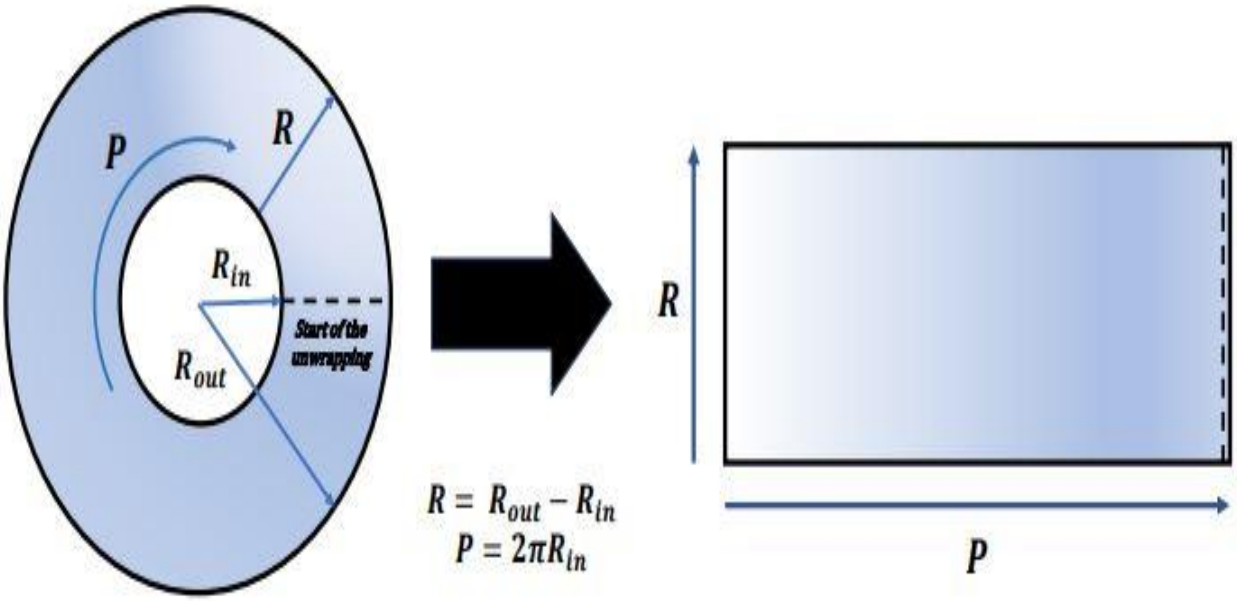


Figure 1.3 *Mathematical mapping concept of Daugman's Rubber Sheet Model converting a non-concentric annular iris zone from Cartesian coordinates into a dimensionless rectangular polar coordinate matrix. (El-Sofany H. F.-L., 2024)*

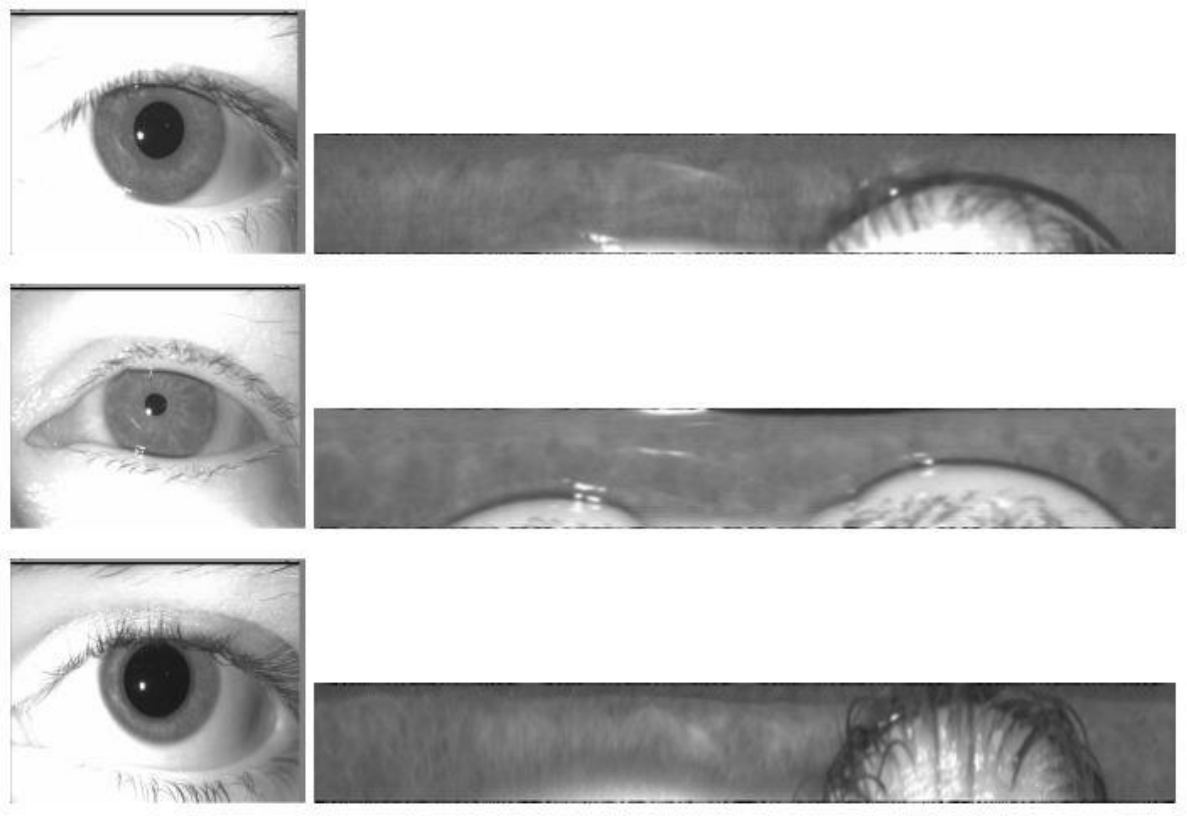


Figure 1.4 *Empirical results of the geometric normalization and unwrapping process showing localized irises and their corresponding rectangular texture sheets. (Rubio, 2024)*

1.4.2 Real-Time Processing Constraints and Latency Management

Concurrently, achieving this structural normalization under strict runtime constraints represents a vital operational requirement for contemporary biometric architectures. (Hafeez, 2022) investigated the design parameters of real-time human authentication networks leveraging automated scanning. Their research proved that optimizing localized feature descriptors forms the baseline for industrial biometric applications where rapid, sub-second processing is paramount. Their critical analysis confirmed that computational complexity during the preprocessing phase must be strictly managed to prevent systemic delays, validating the choice of deterministic algorithms over heavy mathematical pipelines.

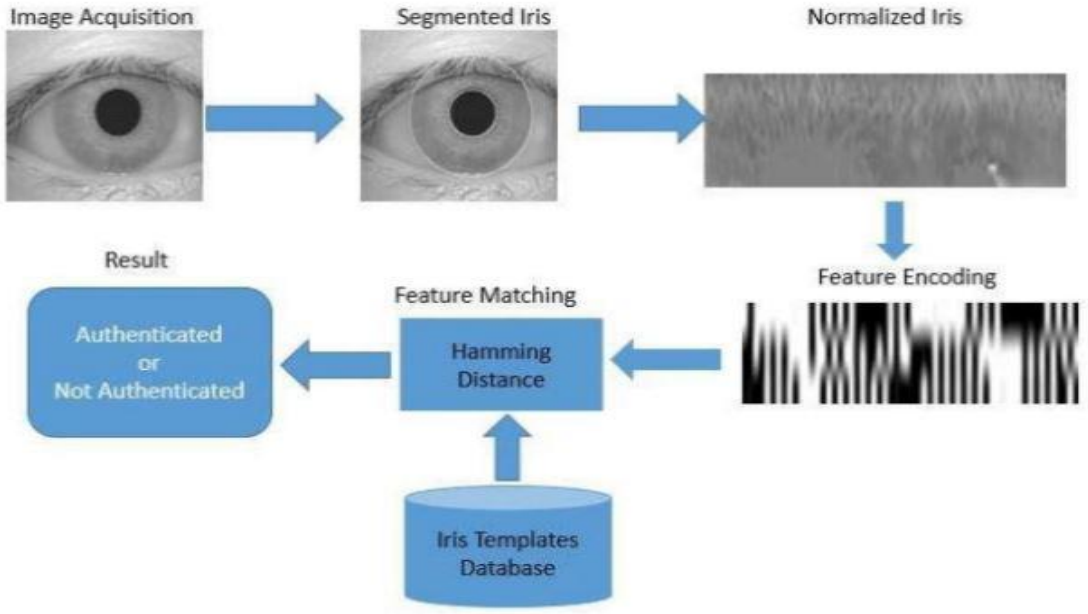


Figure 1.5 *The comprehensive computational pipeline for automated iris verification, spanning from initial image acquisition to computational matching within real-time latency constraints. (Hafeez, 2022)*

1.5 Review of Heavy Neural Paradigms and Transfer Learning (Related Works III & IV)

While our implementation prioritizes localized computer vision, evaluating alternative cloud-based and deep learning architectures in recent literature is necessary to justify contemporary engineering trade-offs.

1.5.1 Convolutional Hierarchies and Parameter Footprints

(Padmegowda, 2025) executed a global survey on the deployment of Convolutional Neural Networks (CNNs) and Transfer Learning within the biometric field. Their synthesis demonstrated that while pre-trained deep neural networks offer high resilience against eyelash occlusions and non-cooperative imaging, they function as computationally heavy frameworks. These architectures introduce massive memory footprints and intensive computational resource requirements during inference, making them less optimal for decentralized, local edge environments w (false rejection rate, n.d.)here high-end graphics processing units (GPUs) are unavailable.

1.5.2 Hybrid Networks and Security Bottlenecks

Similarly, (El-Sofany H. F.-L., 2024) proposed a high-security hybrid approach combining edge segmentation with deep multi-layered neural networks for secure cloud environments. To validate their experimental outcomes, the authors benchmarked system performance across standard global datasets, including MMU and CASIA Iris Interval V4. Their critical synthesis explicitly indicated that while these multi-layered hybrid deep configurations maximize cryptographic security and optimize empirical error tracking, they introduce significant computational bottlenecks and execution latency during real-time localized processing, confirming that heavy neural layers degrade runtime performance in restricted processing threads.

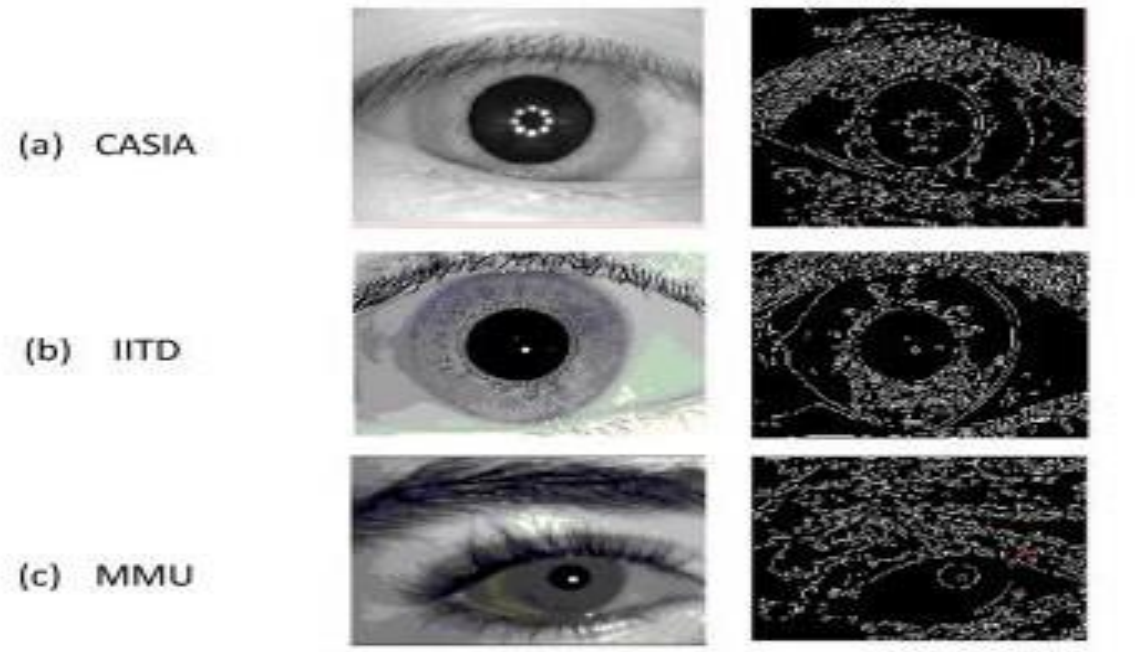


Figure 1.6 *Implementation and performance benchmarking of edge detection frameworks across standardized evaluation datasets including CASIA, IITD, and MMU. (Padmegowda, 2025)*

1.6 Mathematical Mechanisms of Keypoint Detection and Feature Matching

The extraction of invariant identity descriptors from normalized biometric templates requires deterministic keypoint detection algorithms. Rather than analyzing an image globally, localized feature matching relies on isolating stable interest points such as corners, junctions, and high-

frequency texture variations that remain invariant to scale, orientation, and linear lighting changes.

By calculating local directional gradients across different scale levels of an image pyramid, keypoint detection engines isolate coordinates containing the highest informational entropy. Once detected, these keypoints are encoded into binary bitstrings using localized intensity comparison tests. The terminal matching phase evaluates the mathematical distance (such as the Hamming or Euclidean distance) between the input binary template vector and the registered database templates, yielding a deterministic verification score.

1.7 Synthesis of Computational and Architectural Trade-offs

A critical synthesis of the state-of-the-art literature reveals distinct architectural trade-offs between deep learning paradigms and classical computer vision frameworks in biometrics. Deep learning models provide end-to-end continuous optimization but act as black-box systems with high non-linear parameter dependency, making them highly susceptible to severe inference latency when executed on standard local hardware without dedicated hardware acceleration.

Conversely, deterministic computer vision approaches which rely on geometric boundary detection (such as Hough transforms) and local keypoint extraction (such as ORB) offer explicit mathematical transparency, low memory utilization, and predictable execution bounds. This theoretical synthesis confirms that for systems constrained by local resource limits and real-time processing deadlines, utilizing deterministic visual algorithms represents the most efficient method for achieving sub-second identity verification without computational degradation or offline training overhead.

Table 1.1 *A theoretical comparison matrix evaluating the operational trade-offs between heavy neural frameworks and deterministic computer vision.*

Architectural Metric	Heavy Deep Learning Paradigms	Deterministic Computer Vision
Hardware Dependency	High-End Processing Units (CPUs)	Standard Processing Units (CPUs)
Inference Latency	High (Multi-Layered Layer Delays)	Low (Sub-second Execution Bounds)

Memory Footprint	Massive (Millions of Weights)	Extremely Lightweight (Binary Matrices) s
System Transparency	Low (Black-box Network Nodes	High (Explicit Mathematical Geometry)

1.8 Conclusion

In conclusion, this first chapter has established a comprehensive academic and literature baseline by exploring the theoretical foundations of biometric systems and recent state-of-the-art related works from 2022 to 2026. We investigated the mathematical mechanics of spatial filtering, gradient-based edge analysis, and the critical importance of geometric normalization as highlighted by Rubio and Magnier (2024). Furthermore, by evaluating the heavy neural paradigms surveyed by Padmegowda et al. (2025) and El-Sofany et al. (2024), we successfully established the technical justification for deploying a lightweight, deterministic computer vision approach using Hough Circles and ORB descriptors. Having fully formalized the image processing and feature extraction baseline, the dissertation must transition toward the physical and biometric properties of the target trait. Consequently, Chapter 2 will explore the specialized biological anatomy of the human iris, the physics of illumination subsystems, and the statistical metrics governing biometric error tracking.

Chapter 2

Biological Specifications, Optics, and Statistical Performance Metrics

2.1 Introduction

In the era of rapid digital transformation, traditional authentication methods such as alphanumeric passwords and personal identification numbers (PINs) are becoming increasingly vulnerable to cyber threats, shoulder-surfing, credential stuffing, and unauthorized physical or digital access. To address these security loopholes, biometric systems have emerged as a highly reliable, non-repudiation alternative. Biometrics refers to the automated technological process of verifying or identifying an individual's identity based on their unique, measurable anatomical or behavioral characteristics.

Modern security infrastructures rely heavily on biometric modalities because physiological traits cannot be easily guessed, forgotten, shared, or stolen. Consequently, these systems provide a higher level of cryptographic accountability and mathematical accuracy, making them essential for high-integrity environments, including governmental border controls, financial institutions, and medical management systems where patient identity must be established under tight constraints. (Al-Khateeb A. &., 2024)

Accordingly, the primary objective of this second chapter is to establish the explicit biological specifications of human ocular tissue, the underlying optical laws governing non-contact sensory acquisition, and the statistical performance formulations required to track validation error thresholds.

2.2 Types of Biometric Modalities

Biometric technologies are broadly classified into two major categories: physiological biometrics and behavioral biometrics. Physiological biometrics analyze physical characteristics such as fingerprints, facial features, hand geometry, and iris patterns. Behavioral biometrics, on the other hand, measure distinct human actions, including voice recognition, keystroke dynamics, and gait analysis. Each modality possesses distinct advantages and limitations regarding accuracy, implementation cost, and user acceptance.

Table 2.1 *Comparison between Common Physiological Biometric Modalities*

Biometric Trait	**Accuracy Level**	**Implementation Cost**	**Resistance to Forgery**
Fingerprint	Medium – High	Low – Medium	Medium
Face Recognition	Medium	Medium	Low (Vulnerable to photos)
Iris Recognition	Very High	Medium – High	Very High

(Ribeiro, 2023)

2.3 Focus on Biological Specifications of the Iris

Among all physiological biometric traits, iris recognition stands out as the most mathematically secure and robust technology available for human identification. The human iris is the thin, circular, and colorful structure located inside the eye, responsible for controlling the diameter and size of the pupil. The formation of the iris begins during embryonic development and becomes completely stable and immutable by the eighth month after birth.

The distinct advantage of the iris pattern is its absolute uniqueness; even the left and right eyes of the same individual possess completely different and uncorrelated micro-structures. Furthermore, identical twins, who share the exact same genetic DNA blueprint, exhibit entirely

distinct iris patterns, proving that iris formation is a phenotypic process rather than a strictly genotypic one.

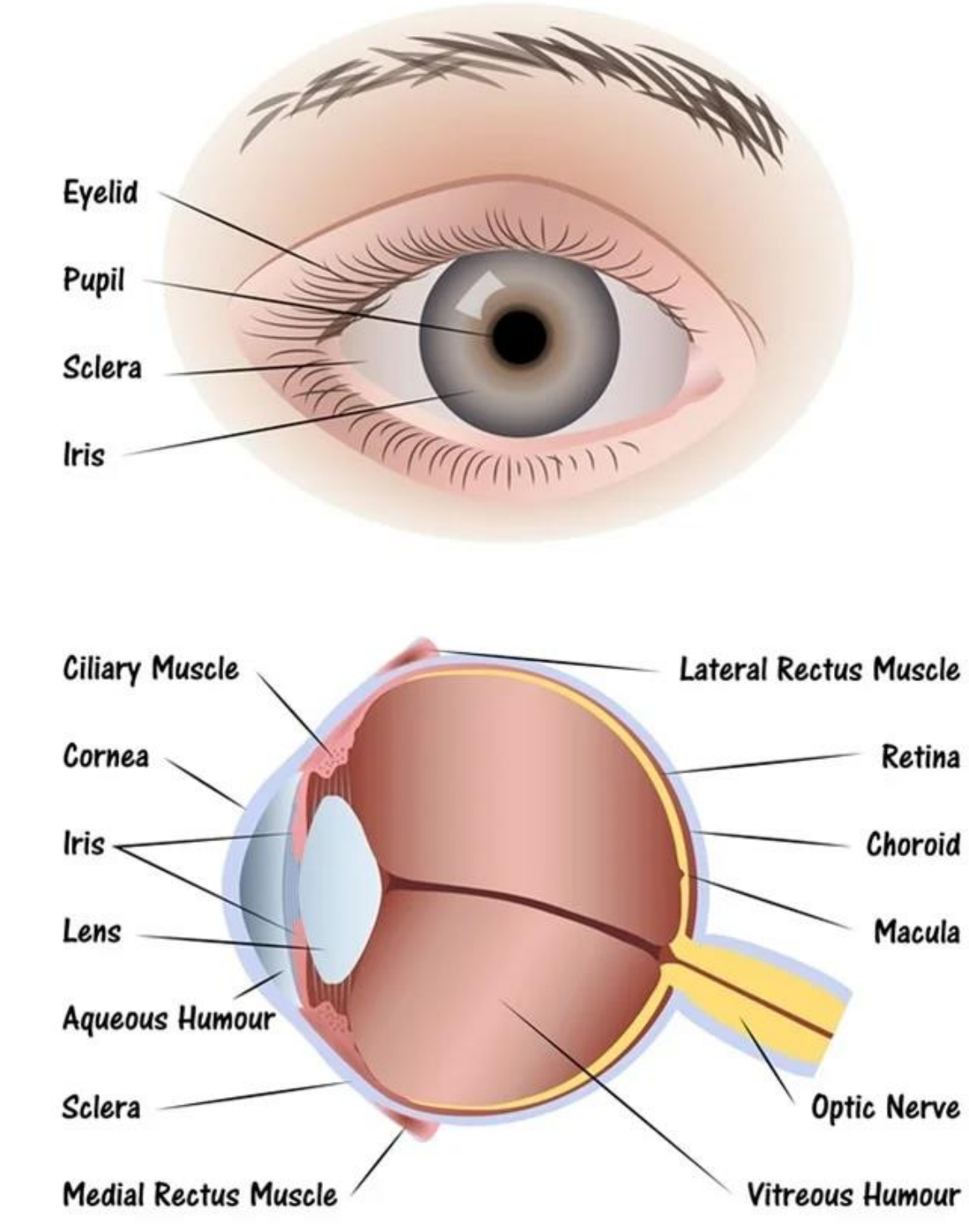


Figure 2.1 *Comprehensive anatomical diagrams of the human eye showing the anterior biometric features (top) and the internal cross-sectional structures (Anatomy of the human eye, n.d.)*

2.3.1 Advantages of Iris Biometrics in Healthcare

The deployment of automated iris recognition systems within medical institutions, intensive care units (ICUs), and unconstrained hospital environments offers unprecedented operational and epidemiological advantages:

1. **Touchless and Hygienic Workflow:** In clinical settings, where the containment of nosocomial infections and highly transmissible bacterial or viral pathogens is a matter of life and death, preventing patients and medical staff from touching shared physical surfaces is paramount. Unlike conventional fingerprint scanners or hand geometry readers, which act as continuous vectors for cross-contamination, iris scanning operates remotely, requiring zero physical contact between the individual and the acquisition hardware sensor.
2. **Absolute Certainty in Emergency Patient Identification:** Iris biometrics demonstrate an exceptionally low False Acceptance Rate (FAR). This mathematical precision is highly critical in emergency departments where unconscious, traumatized, psychiatric, or critically ill patients arrive without any form of physical identity documents or verbal communication capabilities. By executing a rapid iris scan, medical practitioners can instantly break down data silos and retrieve the patient's comprehensive Electronic Health Records (EHR) from the hospital's centralized secure database. This immediate digital retrieval effectively prevents fatal medical errors associated with improper pharmaceutical administration, cross-reactive drug combinations, or mismatched blood transfusions, thereby safeguarding human lives while optimizing hospital administrative performance.

2.3.2 Historical Evolution of Iris Recognition Systems

Understanding the technical trajectory of automated iris biometrics requires a profound examination of its historical and computational evolution. Although the anatomical uniqueness of the human iris structure was recognized by early twentieth-century ophthalmologists, the true digital breakthrough occurred in 1994, when Dr. John Daugman formulated the first mathematical framework for automated iris identification. Daugman introduced a method utilizing two-dimensional Gabor wavelets to extract the complex phase information embedded within the iris stroma, encoding them into a highly compact, 256-byte binary sequence mathematically known as the "IrisCode". Identity verification was then executed through a

high-speed Boolean operation computing the Hamming Distance between two binary sequences. (Daugman, 2025)

In the contemporary era, spanning from 2021 to 2026, while enterprise-grade cloud environments often experiment with end-to-end heavy Deep Learning architectures (such as customized Residual Networks or Vision Transformers), practical startup deployments aimed at resource-constrained edge computing and standard clinical hardware have established a highly effective hybrid path. Modern agile developers leverage highly optimized, non-deep computer vision algorithms like ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) and optimized Hough metrics. These advanced classical frameworks bridge the gap between heavy laboratory neural architectures and real-world commercial viability. By avoiding dense training graphs, they allow clinical systems to achieve passive, real-time identity verification and sub-second execution on standard localized clinical CPUs without requiring costly dedicated GPU infrastructures.

2.3.3 Comparison between Iris Recognition and Eye Retina Scanning

In academic biometric literature, it is a critical requirement to rigorously differentiate between iris recognition and eye retina scanning, as both methodologies target the ocular region but evaluate entirely separate anatomical substrates with distinct operational workflows.

- **Iris Recognition:** Focuses exclusively on the visible, colored, muscular ring positioned at the anterior part of the eye, protected behind the transparent cornea. Because of its structural location, the iris pattern can be effortlessly photographed from a comfortable, touchless distance using digital cameras integrated with near-infrared light sources.
- **Retina Scanning:** Targets the highly complex vascular network of blood vessels located at the posterior wall of the eye, anatomically known as the fundus. Capturing a retinal image requires a specialized, invasive optical instrument that projects a low-intensity infrared beam directly through the pupil, forcing the subject to remain perfectly immobile and align their eye extremely close to the sensor lens, typically at a distance of less than three centimeters.

From an administrative and public-acceptance standpoint, iris recognition exhibits immense superiority for integration into large-scale environments like medical clinics. Retina scanning is widely considered invasive, causes noticeable user discomfort, and is highly susceptible to

biological degradation over time due to systemic health conditions like advanced diabetes, glaucoma, or severe cataracts. In sharp contrast, the human iris remains structurally isolated from external environmental hazards and biological aging processes behind the internal ocular fluids, remaining absolutely immutable from the age of eight months until death.

Table 2.2 Technical and Operational Differences between Iris and Retina Biometrics (Harrison, 2024)

Technical Feature	**Iris Recognition**	**Retina Scanning**
Anatomical Location	Anterior part of the eye (visible surface)	Posterior part of the eye (inner fundus)
Capture Distance	Touchless (ranging from 10 cm to 1 meter)	Invasive (requires direct proximity < 3 cm)
User Acceptance	Very High (comfortable and hygienic)	Low (causes eye strain and discomfort)
Stability Over Time	Exceptionally Stable (immune to diseases)	Variable (affected by diabetes & glaucoma)

2.4 Main Optical Challenges in Iris Imaging

Real world deployment of biometric architectures, especially within unconstrained or non-cooperative environments like crowded hospital waiting rooms, introduces severe image degradation factors that can significantly elevate error thresholds. Unlike controlled laboratory

environments where cooperative subjects maintain perfect posture and gaze direction, unconstrained acquisition systems must actively process a multitude of overlapping noise artifacts:

1. **Anatomical Obstructions:** Human eyelids and eyelashes routinely droop over the ocular globe, causing significant occlusions that partially mask the upper and lower regions of the circular iris pattern.
2. **Geometric Variations:** Involuntary rapid eye movements (nystagmus), off-angle gaze deviations, variations in camera-to-subject distance, and head tilt introduce complex perspective distortions that break the geometric symmetry of the boundaries.
3. **Specular Reflections:** Environmental factors introduce illumination variations. Because the outer layer of the cornea behaves as a spherical, highly reflective mirror, external visible light sources create specular reflections (bright white saturation patches) directly on top of the iris texture. These reflections overwrite the underlying stromal gray levels, confusing matching engines and necessitating advanced mathematical and lighting solutions to preserve identification accuracy. (Cho, et al., 2011)

2.4.1 The Role of Near-Infrared (NIR) Illumination in Overcoming Optical Noise

The deployment of Near-Infrared (NIR) illumination frameworks represents a fundamental paradigm shift in modern iris recognition systems, establishing the baseline for operational consistency across diverse imaging environments. Under standard Visible Light (VL) configurations, the acquisition of high-fidelity biometric samples is inherently flawed due to the unpredictable fluctuations of ambient illumination, which introduce severe intensity variations and optical noise into the captured sensor matrix. Biometric infrastructures circumvent this limitation by operating strictly within the near-infrared spectrum, typically utilizing the 700 nm to 900 nm wavelength band to capture the fine, random, and rich macromorphological patterns of the iris tissue. (Cho, et al., 2011)

A primary physiological justification for adopting NIR lighting is its unique capacity for texture revelation in dark-colored eyes, such as brown and dark hazel irises that exhibit high concentrations of natural melanin pigments. In standard visible light scenarios, these dark irises absorb nearly the entire visible spectrum, rendering the complex structural details, including the ciliary zones, crypts, and contraction furrows, completely invisible to conventional RGB camera sensors. By integrating specialized 850 nm near-infrared light-emitting diodes (LEDs)

with narrow band-pass filters, the light efficiently penetrates the anterior melanin layers. This optical interaction generates high-contrast, feature-rich greyscale representations, completely isolating the underlying iris stromal texture from external lighting interference and ensuring accurate biometric matching regardless of the subject's eye pigmentation. (Shamsafar, 2014)

2.4.2 Mitigation of Environmental Noise and Image Quality Degradation

The computational reliability of subsequent feature extraction and phase-encoding modules is directly bounded by the initial quality of the acquired ocular frame. In unconstrained or outdoor environments, standard visible light introduces severe artifacts, such as "ghost" reflections, deep shadows from eyebrows, and heavy eyelash occlusions that disrupt the grey-level distribution of the segmented iris zone. These degradation factors distort the distinct features of the stroma, which mathematically leads to an inflation of the Equal Error Rate (EER) and False Rejection Rates (FRR) within commercial deployment frameworks.

Implementing structured NIR illumination effectively standardizes the image acquisition workflow by providing a uniform, continuous, and controlled artificial light source. This technological integration systematically mitigates ambient environmental noise, reduces the impact of sunlight reflections, and smooths out intensity inhomogeneities. Consequently, even when dealing with highly degraded video sequences, non-cooperative human behavior, or low resolution capture conditions, the reliance on high-quality NIR imagery ensures that localized boundary detection algorithms operate with maximum mathematical precision, preserving the low error rates required for critical institutional applications.

2.4.3 The Role of Infrared Spectrometry in Presentation Attack Detection (Liveness Validation)

Beyond the primary objective of enhancing structural texture visibility, NIR illumination performs a vital security function by serving as a core component for Hardware-based Presentation Attack Detection (PAD), or liveness detection. As biometric systems face increasingly sophisticated security threats, distinguishing a genuine human eye from a fraudulent reproduction becomes an absolute necessity. Criminal authentication bypass strategies often involve presenting high-resolution color photographs, digital video replays on liquid-crystal displays (LCDs), or 3D synthetic prosthetic irises to the camera lens.

Because systems leveraging the NIR spectrum evaluate the specific sub-surface spectral reflection and absorption signatures of living human tissue, they introduce an airtight layer of defense against these spoofing methodologies. Commercial printing inks, standard paper substrates, and digital monitors exhibit completely flat and uniform reflection characteristics under infrared light, failing to replicate the complex volumetric retro-reflection of a biological eye. When a fraudulent medium is presented to the specialized infrared sensor, the system instantly identifies the absence of true stromal depth and pupillary photomotor responses, blocking the spoofing attempt and maintaining the holistic integrity of the secure authentication database. (Shristi, 2016)

2.5 Applications and Future Horizons of Iris Recognition

The practical deployment of iris recognition technologies extends far beyond healthcare systems, spanning numerous high-security sectors globally. In modern border control and immigration management, international airports utilize automated iris-scanning e-gates to verify passengers' identities within seconds, drastically reducing waiting times while maintaining airtight national security. Furthermore, financial conglomerates and banking institutions are progressively integrating iris biometrics into automated teller machines (ATMs) and mobile banking applications to eliminate card fraud and identity theft.

Looking toward the future, the integration of iris recognition with decentralized blockchain technology and cloud-based electronic health registries represents a major paradigm shift. For startups and emerging tech enterprises, the commercial horizon involves developing localized, highly optimized iris recognition embedded systems. These proprietary hardware-software ecosystems will not only offer bulletproof security solutions for sensitive infrastructures like smart hospitals but will also foster domestic industrial innovation in biometric hardware engineering.

2.6 Statistical Performance Metrics and Validation

To objectively evaluate the security threshold and algorithmic accuracy of an automated iris verification framework, system developers rely on strict statistical performance indicators. The evaluation paradigm is governed by two mutually competing probabilistic errors: the **False Acceptance Rate (FAR)** and the **False Rejection Rate (FRR)**. FAR measures the statistical probability that the system incorrectly identifies an unauthorized, fraudulent individual as a

valid user, which constitutes a critical security vulnerability. Conversely, FRR quantifies the probability that the system fails to recognize an enrolled, legitimate patient or practitioner, creating operational bottlenecks and administrative friction within a high-throughput healthcare environment.

The mathematical relationship between FAR and FRR is inherently inversely proportional and is strictly controlled by modifying the internal decision threshold of the matching engine. When the matching threshold is tightly adjusted to minimize FAR for maximum security, the FRR naturally inflates, making the system less convenient for authentic users. The unique equilibrium point where the False Acceptance Rate exactly intersects the False Rejection Rate curve is defined as the **Equal Error Rate (EER)**. The EER serves as the definitive global benchmark for evaluating biometric efficiency; a lower EER indicates a robust software/hardware integration capable of preserving absolute data protection while maintaining optimal operational fluidness under unconstrained acquisition environments. (Kumar, Fathima, & Kiruthika, 2013)

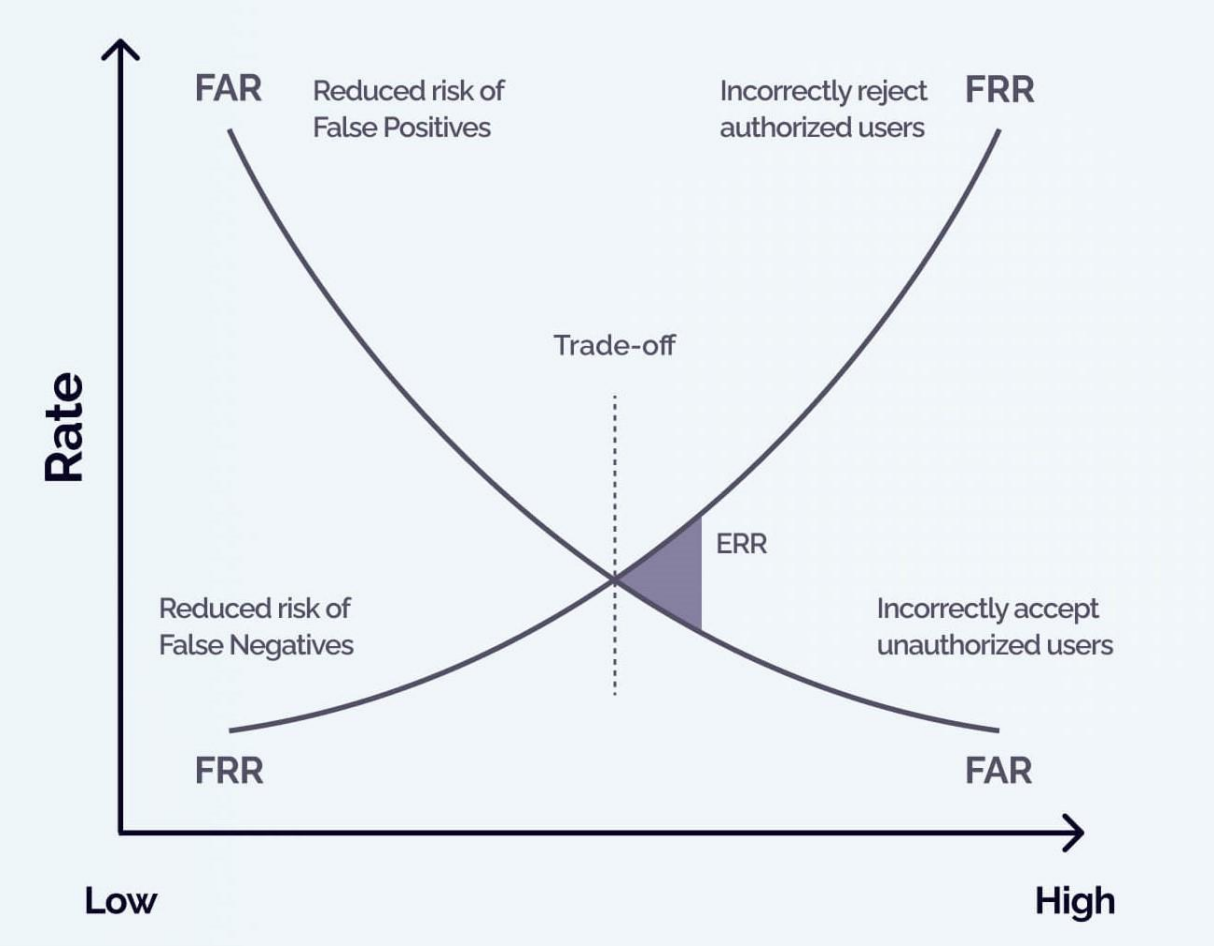


Figure 2.2 *Statistical distribution curve demonstrating the intersection of FAR and FRR to determine the Equal Error Rate (EER). (false rejection rate, n.d.)*

2.6.1 Mathematical Implementations and Optimization of Biometric Error Thresholds

The operational behavior of the verification engine is strictly governed by the mathematical stabilization of the decision threshold, which acts as the boundary separating genuine users from impostors. Within a clinical environment, calculating the statistical behavior of the False Acceptance Rate (FAR) and False Rejection Rate (FRR) is not merely a theoretical exercise but a functional necessity. If the matching threshold is adjusted too loosely, the system's security profile degrades, expanding the FAR and allowing unauthorized individuals or synthetic eye reproductions to bypass the database firewall. Conversely, if the threshold is configured with extreme rigidity, the system becomes hypersensitive, elevating the FRR and repeatedly rejecting legitimate healthcare professionals during critical surgical or diagnostic workflows.

Therefore, minimizing the Equal Error Rate (EER) under unconstrained illumination conditions requires continuous algorithmic optimization. Modern deep learning matchers utilize soft-max loss classifiers and contrastive vector distances to refine the separation margin between genuine and impostor distribution curves. By lowering the EER, the proposed architecture guarantees that the system achieves maximum defensive resilience against identity fraud while ensuring a fluid, user-friendly authentication interface that prevents operational delays within high-throughput hospital infrastructure. (Kumar, Fathima, & Kiruthika, 2013)

2.6.2 Cyber-Security Frameworks and Template Privacy in Healthcare Registries

Integrating automated biometric identification networks into centralized Electronic Health Records (EHR) databases introduces strict legal, ethical, and computational responsibilities regarding user privacy and data protection. Because biometric data (unlike alphanumeric passwords) is permanent and cannot be easily modified or reissued if compromised, storing raw iris images on hospital servers presents a catastrophic vulnerability. If a malicious entity executes an unauthorized breach, the raw ocular matrices could be exploited to reverse-engineer personal templates or carry out identity theft across cross-institutional frameworks.

To mitigate these critical vulnerabilities, modern healthcare platforms implement secure storage layers. Instead of preserving raw, unencrypted high-resolution eye captures on disk, the system processes images locally during enrollment, extracts the necessary keypoint descriptors, and registers the compressed numerical arrays into an encrypted or restricted relational database format SQLite3 database. This ensures that the data stored within the secured hospital infrastructure consists entirely of mathematical tokens. Even in the event of an internal system breach, the intercepted data arrays remain highly non-invertible, as they cannot be easily mapped back to reconstruct the patient's exact biological eye structure, thereby ensuring compliance with international health data regulations. (Al-Khateeb A. S., 2024)

2.7 Conclusion

In conclusion, this second chapter has established a rigorous and comprehensive theoretical and physical foundation for the entire biometric verification paradigm. By navigating through the micro-anatomy of the human ocular structures, this thesis has demonstrated why iris recognition represents the premier physiological modality regarding mathematical uniqueness, lifelong spatial stability, and genetic immutability over common biometrics.

Furthermore, the physical laws governing illumination subsystems and near-infrared optical acquisition were systematically formalized to clarify how high-contrast tissue patterns are captured without active background distortion. The analytical performance thresholds were mathematically structured through the inverse statistical relationship between False Acceptance Rates (FAR) and False Rejection Rates (FRR) to locate the precise algorithmic Equal Error Rate (EER) baseline.

Having solidified the absolute biological, optical, and statistical background of ocular processing dynamics, the dissertation must transition from theoretical evaluation into actual programmatic environments. While deep learning methods offer alternative paths in unconstrained environments, they introduce restrictive computational bounds and resource dependencies that are inefficient for local institutional deployment. Consequently, the next chapter will detail the practical hardware-software system design and operational execution of our proposed high-speed, lightweight verification framework.

Chapter 3

System Design and Implementation

3.1 Introduction

The operational implementation of an automated biometric identification framework requires a meticulous alignment between algorithmic structures and continuous local software pipelines. While the preceding chapters established the historical and literature foundations of biometric attributes, this chapter delivers an exhaustive, granular exposition of the actual systemic deployment of the proposed iris recognition platform optimized for healthcare database management.

Transcending beyond theoretical idealisms, the core execution necessitates a structural partitioning into rigorous systems requirement analysis, localized architectural topology, deterministic multi-stage data preprocessing, descriptor optimization, and programmatic relational database environments. The primary objective of this phase is to construct a non-repudiable biometric authentication mechanism that effectively translates raw, unconstrained digital ocular captures into high-density local feature maps capable of sub-second identity verification. Every component within this design is structurally engineered to operate under constrained local computational limits while preserving maximal recognition accuracy on standard institutional workstations.

3.2 Requirements Analysis

3.2.1 Functional Requirements

Functional requirements define the precise, non-negotiable operational capabilities and behavioral workflows that the implemented biometric infrastructure must execute autonomously when deployed within a live institutional registry. The system architecture is programmatically bound to execute three cardinal primitive operations: **Biometric Enrolment, Spatial Segmentation, and Identity Verification**.

- **Biometric Enrolment Pipeline:** The subsystem must establish a secure link with the digital capture interface to receive raw spatial ocular matrices, execute automatic quality verification loops, and isolate valid iris structures for initial database indexing.
- **Ocular Feature Extraction:** The system must pass the segmented localization zones through a local feature tracking pipeline, mapping spatial properties into a localized binary identifier array or vector signature without relying on offline training overhead.
- **Real-Time Verification (1:1 and 1:N):** The system must compute distance metrics between incoming live identity tokens and the central identity database, evaluating classification thresholds to dynamically grant or deny structural access clearance.

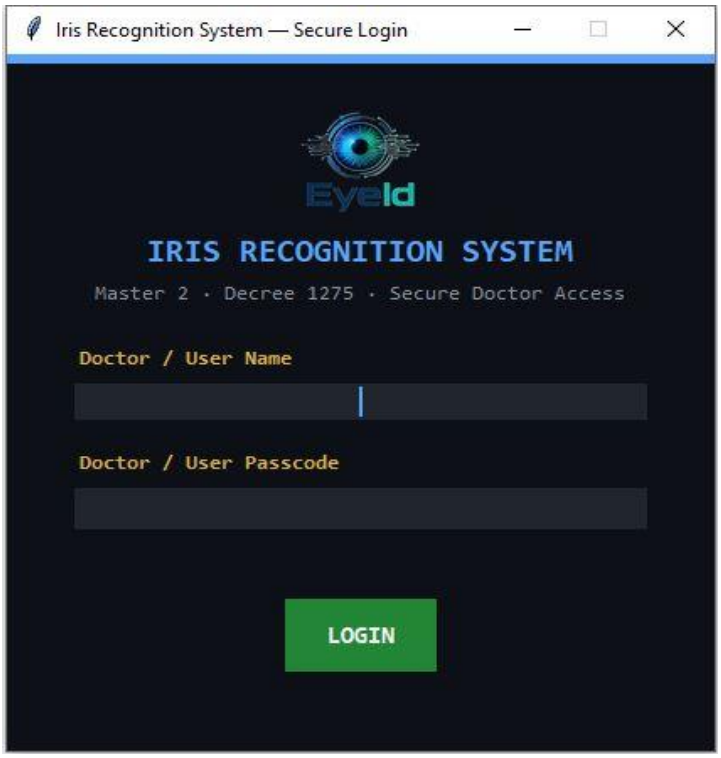


Figure 3.1 *The Secure System Login Interface for Authorized Healthcare Personnel*

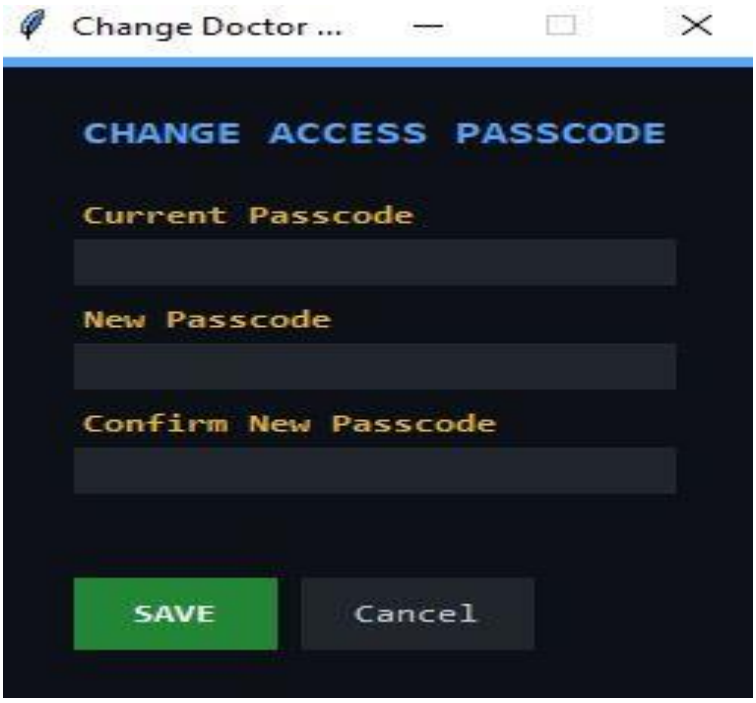


Figure 3.2 *The doctor access passcode*

3.2.2 Non-Functional Requirements

Beyond explicit behavioral actions, the long-term viability of the iris recognition deployment depends on strict adherence to structural non-functional parameters, focusing primarily on Computational Latency, System Reliability, and Structural Robustness.

- **Execution Latency:** The temporal threshold from initial physical image acquisition via the optical sensor to final database matching confirmation must remain strictly sub-second, preventing operational bottlenecks in high-throughput healthcare admissions.
- **Mathematical Reliability:** The deterministic computer vision pipeline must achieve high statistical precision, targeted at minimizing the False Acceptance Rate (FAR) and maintaining a balanced False Rejection Rate (FRR) under standard ambient lighting.
- **Systemic Scalability:** The relational database architecture and classification indexing system must be optimized to query multi-dimensional signature matrices across clinical participant records without experiencing algorithmic performance degradation.

3.2.3 Hardware and Software Requirements

The operationalization of the smart iris biometric identification system relies on a unified synergy between accessible consumer-grade acquisition hardware and high-performance, lightweight software environments.

- **Hardware Configuration:** To ensure cost-effectiveness and high practical scalability for universal healthcare environments, the physical acquisition layer utilizes a compact, budget-friendly digital optical camera sensor. Computational processing, localization, and descriptor inference are executed entirely on standard host workstations using internal **Central Processing Units (CPUs)**, completely bypassing the need for expensive, dedicated Graphics Processing Units (GPUs) or specialized hardware accelerators.
- **Software Environment:** The backend computational ecosystem is programmatically developed using the Python language, leveraging its rich libraries for matrix calculus and local system optimization. Advanced computer vision routines and gradient spatial filters are powered natively by the **OpenCV** (Open Source Computer Vision Library), while local data persistence is managed via an embedded **SQLite3** relational engine.

3.3 System Architecture

The structural topology of the proposed intelligent verification framework follows a highly modular, decoupled multi-tiered architecture designed to isolate data ingestion, mathematical processing, and logical validation. This system layout ensure that modifications within the image processing pipeline parameters do not the physical camera capture layers or database registries.

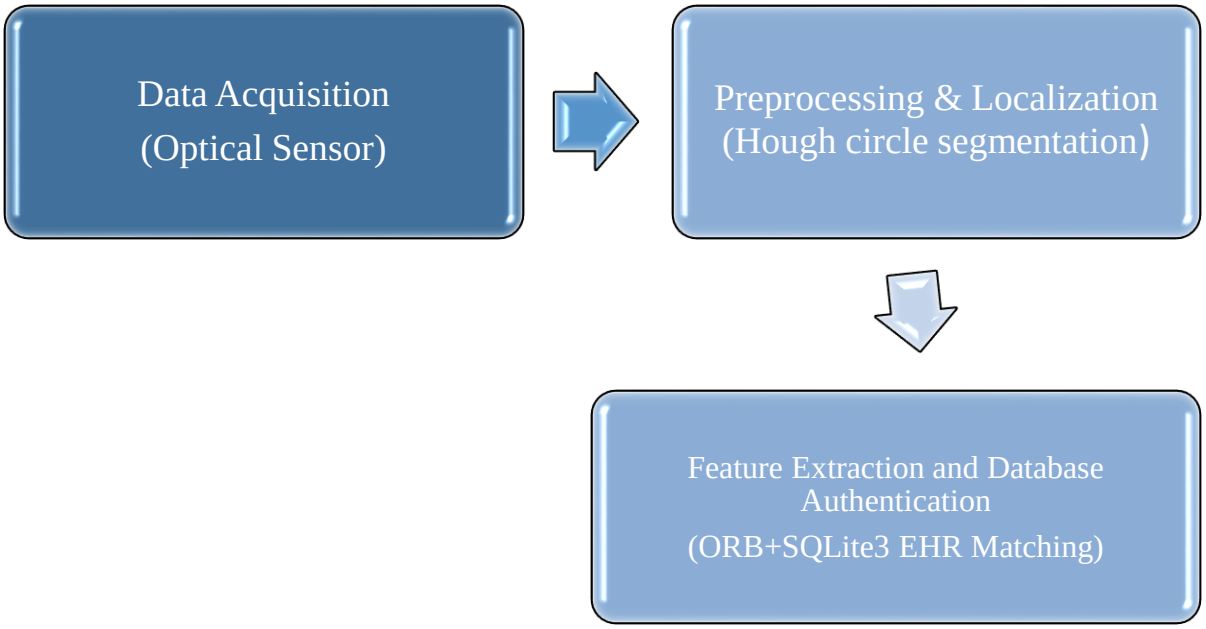


Figure 3.3 *The structural workflow layout of the decoupled multi-tier biometric processing framework.*

The core operational workflow is strictly sequential:

1. **Data Acquisition Tier:** Captures raw pixel arrays from the optical sensor, forwarding the uncompressed imagery to the central processing pipeline.
2. **Preprocessing and Localization Tier:** Executes automated segmentation routines to isolate the exact boundaries of the iris stroma, discarding irrelevant ocular regions like eyelids, eyelashes, and sclera noise.
3. **Feature Extraction and Database Authentication Tier:** Extracts binary descriptor vectors from the iris stroma using the ORB algorithm and passes them through a Brute-Force Hamming distance matching pipeline to verify identity and dynamically pull the associated Electronic Health Record (EHR) from the SQLite3 database.

3.4 Dataset Schema and Clinical Data Characteristics

To functionalize the EYEID system, two distinct data layers are utilized: a structured relational database for managing clinical and patient demographic records, and a specialized biometric image dataset utilized to validate the real-time authentication algorithm. This section details both data components.

3.4.1 Clinical Database Schema (SQLite3)

In this project, rather than storing massive generic image datasets for deep network training, system optimization utilizes a structural local relational database managed via **SQLite3**. The data acquisition and storage layer is tailored specifically for healthcare environments, capturing and organizing data into two primary registries:

1. **Patient Registry:** Stores demographic details including Unique Patient ID, First Name, Last Name, Gender, Birth Date, and Chronic Medical History.
2. **Clinical Consultations Registry:** Dynamically records longitudinal clinical metrics from medical visits, including Vital Signs (Temperature, Heart Rate, Respiratory Rate, Blood Pressure) alongside prescribed Medications, Laboratory Results, and Radiology Reports.

DB Browser for SQLite - C:\Users\USER\OneDrive\Desktop\Iris_Project\patients.db

File Edit View Tools Help

New Database | Open Database | Write Changes | Revert Changes | Undo | Open Project | Save Project | Attach Database | Close Database

Database Structure | Browse Data | Edit Pragmas | Execute SQL

Table: patients | Filter in any column

	patient_id	first_name	last_name	gender	birth_date	blood_type	medical_history	registered_at
	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter
1	BIO-20260629-0001	Amina	Rahmani	Female	1998-08-08	O+	Diabetes	2026-06-29 14:50:53
2	BIO-20260629-0002	Yacine	Bouaziz	Male	1981-01-11	O+	Asthma	2026-06-29 14:53:19
3	BIO-20260629-0003	Ahmed	Benmohammed	Male	1970-05-22	A+	Acute Gastric Ulcer	2026-06-29 14:57:47
4	BIO-20260629-0004	Fatima	Mansouri	Female	1987-02-16	A-	Hypertension	2026-06-29 15:00:25
5	BIO-20260629-0005	Meriem	Merabet	Female	2007-12-13	O+	Anemia	2026-06-29 15:02:01
6	BIO-20260629-0006	Mohammed	Saidani	Male	1961-09-26	A+	Stable Angina	2026-06-29 15:05:02
7	BIO-20260629-0007	Aicha	Khlifi	Female	1988-11-09	O-	Hypothyroidism	2026-06-29 15:08:00
8	BIO-20260629-0008	Kamel	Zaidi	Male	1996-03-06	O-	chronic Kidney Disease	2026-06-29 15:13:27
9	BIO-20260629-0009	Lila	Amrani	Female	2004-06-01	A+	Acute Tonsillitis	2026-06-29 15:16:19
10	BIO-20260629-0010	Karim	Boudiaf	Male	1990-09-15	A+	Acute Allergic Reaction	2026-06-29 15:25:33

Figure 3.4 *Patients registry database in DB browser*

	consultation_id	patient_id	date	observation	treatment	temperature	heart_rate
	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter
1	1	BIO-20260629-0001	2026-06-29	Routine follow-up for Type 2 …	Glucophage 500mg (Metformin) once …	37	76
2	2	BIO-20260629-0002	2026-06-29	Acute shortness of breath and dry …	Ventolin Inhaler as needed, …	39.6	90
3	3	BIO-20260629-0003	2026-06-29	Severe epigastric pain burning in …	Nexium 40mg (Esomeprazole) before …	36.8	888
4	4	BIO-20260629-0004	2026-06-29	Patient complains of frequent …	Amlodipine 5mg once daily	36.6	82
5	5	BIO-20260629-0005	2026-06-29	Severe dizziness, pale skin, and …	Ferrous Sulfate 200mg (Iron …	37	85
6	6	BIO-20260629-0006	2026-06-29	Intermittent chest pain radiating t…	Nitroglycerin spray as needed, …	36.7	74
7	7	BIO-20260629-0002	2026-06-29	shortness of breath	vontolin as needed	37	86
8	8	BIO-20260629-0007	2026-06-29	Chronic fatigue, unexplained weight…	Levothyroxine 75mcg once daily on a…	36.2	62
9	9	BIO-20260629-0008	2025-11-03	Generalized swelling (edema) in …	Lasix 40mg (Furosemide) once daily,…	36.9	80
10	10	BIO-20260629-0009	2026-05-20	Severe sore throat, difficulty …	Augmentin 1g (Amoxicillin/Clavulani…	38.9	98
11	11	BIO-20260629-0010	2026-04-02	Unilateral throbbing headache …	Profenid 100mg (Ketoprofen) during …	36.5	78

Figure 3.5 *Consultations Registry database 1 in DB browser*

respiratory_rate	blood_pressure	radiology_report	lab_results	doctor_name
Filter	Filter	Filter	Filter	Filter
16	120/80	None	Fasting blood glucose: 1.25 g/L. …	Dr Amine
22	118/75	Chest X-ray: Hyperinflated lungs, n…	Normal CBC, mild elevation in …	Dr Amine
19	115/75	Abdominal Ultrasound: Normal …	Negative for H. pylori infection, …	Dr Amine
18	150/95	None	Normal kidney function tests. Serum…	Dr Asma
15	105/65	None	Hemoglobin: 9.2 g/dL (Low), Serum …	Dr Asma
17	130/85	ECG: Non-specific ST-segment …	Troponin: Negative (Rules out acute…	Dr Ilhem
20	120/80			Dr Ilhem
14	110/75	Thyroid Ultrasound: Diffuse …	TSH: 8.5 mIU/L (High), Free T4: 0.7…	Dr Zakaria
18	145/90	Renal Ultrasound: Bilateral small …	Serum Urea: 1.10 g/L (High), Serum …	Dr Zakaria
20	110/70		WBC: 13,000 /mm3 (Leukocytosis …	Dr Oussama
16	122/78	Brain CT-Scan: Normal, no organic …	Normal routine hematology and …	Dr Oussama

Figure 3.6 *Consultations Registry database 2 in DB browser*

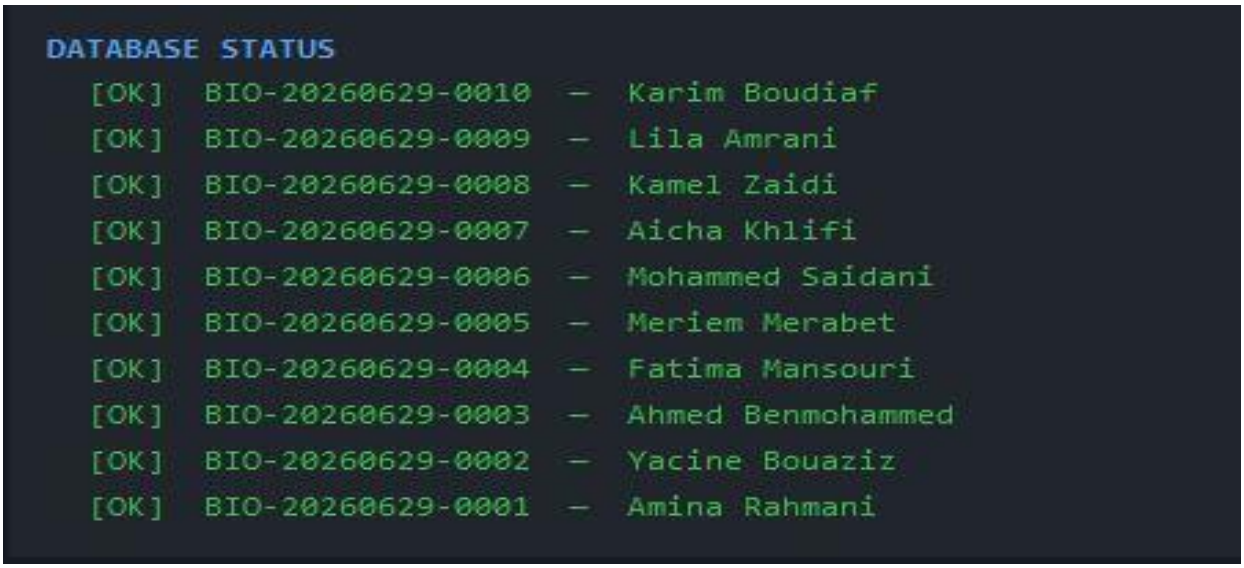


Figure 3.5 *Database display in the app*

3.4.2 Biometric Verification Dataset (MMU Subset)

To evaluate the performance and real-time latency of the proposed system, a custom subset was curated from the widely recognized MMU (Multimedia University) Iris Database, sourced from Kaggle.

The evaluation subset is structured as follows:

- Source Database: MMU Iris Database, utilizing specialized Near-Infrared (NIR) optical sensors.
- Evaluation Subset Size: A total of 10 distinct subjects were selected.
- Images per Subject: Exactly one high-quality iris image captured from a single optimal angle was utilized for each of the 10 subjects.
- Total Image Count: This setup yields exactly 10 distinct iris images, representing 10 unique biometric classes.
- Purpose of Selection: This streamlined subset was specifically chosen to evaluate the system's raw computational speed, ensuring the pipeline consistently achieves an execution latency of less than 0.5 seconds on standard low-cost workstations.

3.5 Development Tools and Ecosystem

This section outlines the development tools, libraries, and software ecosystem leverged to design, implement, and evaluate the EYEID system, to ensure computational efficiency, rapid processing, and high security, a carefully selected suite of programming languages, image processing frameworks, and integrated development environments (IDEs) was utilized, as detailed in the subsequent subsections.

3.5.1 The Python Programming Ecosystem

The structural backend of the smart iris authentication system is developed entirely within the Python programming language. Python is selected due to its mature data science ecosystem, efficient memory management for multi-dimensional spatial arrays, and native compatibility with high-performance C++ extensions. It allows for rapid prototyping of local computer vision pipelines while maintaining clean, maintainable code architectures suitable for secure clinical software deployments.

3.5.2 Image Processing Engine: OpenCV

For all foundational image manipulation tasks, the framework utilizes OpenCV. This library handles real-time video frames from the optical camera sensor, controls spatial cropping matrices, and executes structural filters like Gaussian blurs, Hough transforms, and edge detection layers. OpenCV ensures low-latency image processing, keeping frontend acquisition highly responsive without requiring heavy external computing platforms.

3.5.3 Integrated Development Environment: Visual Studio Code

To ensure structural efficiency, code modularity, and seamless debugging execution during the programmatic assembly of the iris recognition platform, Visual Studio Code (VS Code) was deployed as the primary Integrated Development Environment (IDE). VS Code provides an advanced, lightweight computational workspace tailored for high-dimensional Python operations and local application testing.

By leveraging its native modular extension architectures including interactive source-control configurations and direct virtual environment interpreters the development environment facilitated strict compilation of local feature algorithms. Furthermore, its optimized memory footprint allowed for seamless execution of real-time OpenCV acquisition threads alongside lightweight local SQLite3 relational database queries, establishing a highly responsive and continuous workspace for refining the core computer vision algorithms.

3.6 Biometric Feature Extraction and Matching Architecture

The core intelligence of the system relies on the ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF**)** algorithm, which is highly optimized for real-time iris texture description without the computational overhead of convolutional training or deep neural matrix evaluation. ORB automatically detects robust keypoints within the isolated iris region by evaluating local intensity gradients, subsequently encoding these coordinates into compact binary descriptors.

Unlike heavy cloud-based neural networks, this deterministic method runs instantly on standard local Central Processing Units (CPUs). For verification, the system deploys a Brute Force Matcher using Hamming Distance (HD). It calculates the bitwise difference between the live scanned descriptors and the database templates; if the matching score satisfies the empirical safety threshold, identity is authenticated and the associated clinical database record is retrieved.

3.6.1 Algorithmic Frameworks for Iris Localization and Segmentation

The mathematical conversion of a raw ocular image into a standardized biometric template requires a highly disciplined computational workflow. To achieve real-time execution on standard desktop or localized clinical hardware, classical computer vision relies heavily on deterministic geometric algorithms to execute iris segmentation. Iris segmentation is the operational process of isolating the annular iris region from adjacent ocular structures, specifically locating the inner pupillary boundary and the outer scleral boundary. The foundational benchmark for this process involves the implementation of **Hough Circle Transformations** combined with localized edge evaluations.

The computational pipeline begins by processing the raw image matrix and applying smoothing operations to eliminate high-frequency sensor noise. Subsequently, localized intensity gradients are computed to identify sharp pixel transitions, which typically represent the geometric boundaries of the eye components. Once the gradient map is generated, the Circular Hough Transform operates as a voting accumulator in a three-dimensional parameter space (Xc, Yc, r) to mathematically define the exact center coordinates and radius of the pupil and iris circles. While computationally elegant, this framework requires careful parametrical adjustments

regarding minimum and maximum radius sizes to prevent intensity variations, eyelash occlusions, or corneal specular reflections from distorting the accumulator matrix, which could lead to localization failures. (Garcia-Vazquez, Garea-Llano, & Colores-Vargas, 2015)

3.6.2 Detailed Analysis of the Biometric Image Processing Subsystems

The practical deployment of the proposed biometric system follows a sequential multi-stage computational pipeline, mapped as follows:

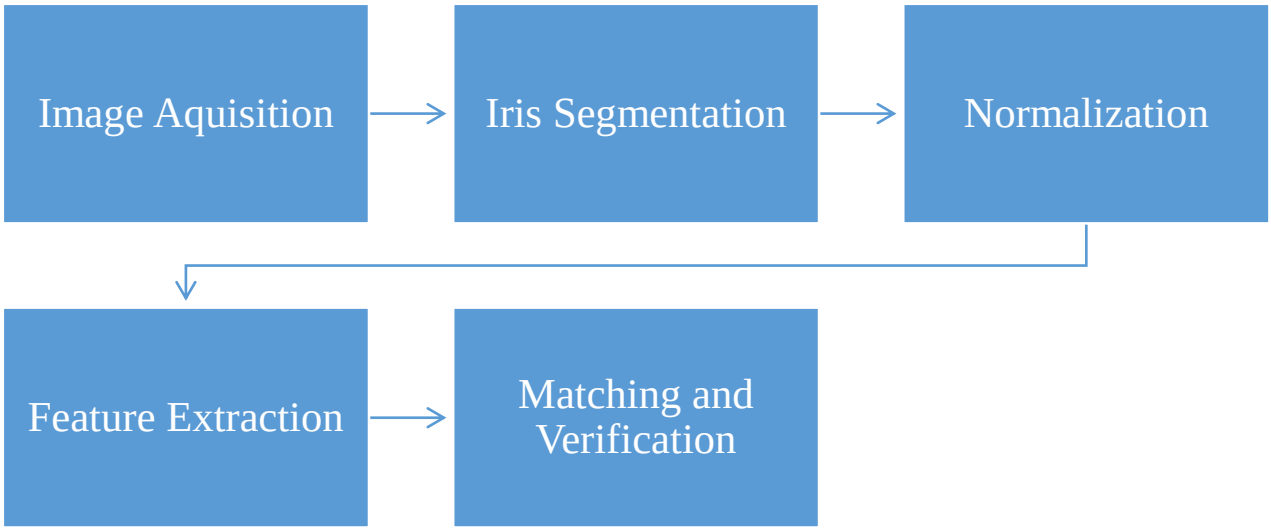


Figure 3.6 *The standard computational pipeline for automated iris recognition systems*

3.6.3 Geometric Invariance via Daugman's Rubber Sheet Model

A major systemic challenge in eye biometrics is that the human pupil continuously undergoes involuntary dilation and constriction (miosis and mydriasis) due to changes in ambient light intensity. Furthermore, because patients position themselves at varying distances from the capture hardware, the physical size of the segmented iris changes across different capture sessions. To resolve these scale and deformation anomalies, the localized annular iris must undergo a normalization process to achieve geometric invariance. The universal standard for this normalization is **Daugman's Rubber Sheet Model**.

Mathematically, Daugman's model dynamically maps every pixel within the non-concentric circular iris zone from standard Cartesian coordinates (x, y) into a normalized, dimensionless polar coordinate pair (r, theta). The radial coordinate r is mapped scaled linearly between the interval [0, 1], where 0 represents the absolute inner pupillary boundary and 1 represents the

outer scleral perimeter. Simultaneously, the angular coordinate theta varies continuously along the cyclic interval [0, 2pi]. This mathematical remapping effectively stretches the elastic iris tissue into a fixed rectangular matrix. Consequently, regardless of the pupil's dilation state or the camera's zooming parameters, the resulting normalized matrix preserves the homocentric spatial relationships of the stromal features, allowing for direct, highly accurate binary feature extraction in subsequent processing phases. (Roy & Bhattacharya, 2011)

3.6.4 Methodological Mapping and Comparison of Related Works in Iris Recognition

Table 3.1 *Methodological Mapping and Comparison of Related Works in Iris Recognition*

Author & Year	**Main Methodology**	**Light Spectrum Used**	**Core Advantage**	**Main Limitation / Noise Handled**
Cho et al. (2011)	Mobile NIR Illuminator + Band-pass Filter	Near-Infrared (NIR)	Standardizes acquisition; reduces environmental noise	Requires specific hardware filters; limited distance
Shamsafar et al. (2014)	Information Fusion Framework	Visible Light (VL) & NIR	Extracts complementary multi-spectral texture data	Higher computational complexity for real-time applications
Roy (2011)	Shape Guided Approach + Game Theory	Unconstrained / Variable	Refines boundaries under non-ideal, weak edges	Highly sensitive to severe occlusions from thick eyelashes

Our proposed platform (2026)	Hough Circles + ORB Keypoint Matching	Near-Infrared (NIR) Baseline	Real-time execution on standard desktop CPUs; zero offline training overhead	Regulated strictly by predefined structural descriptor distance thresholds

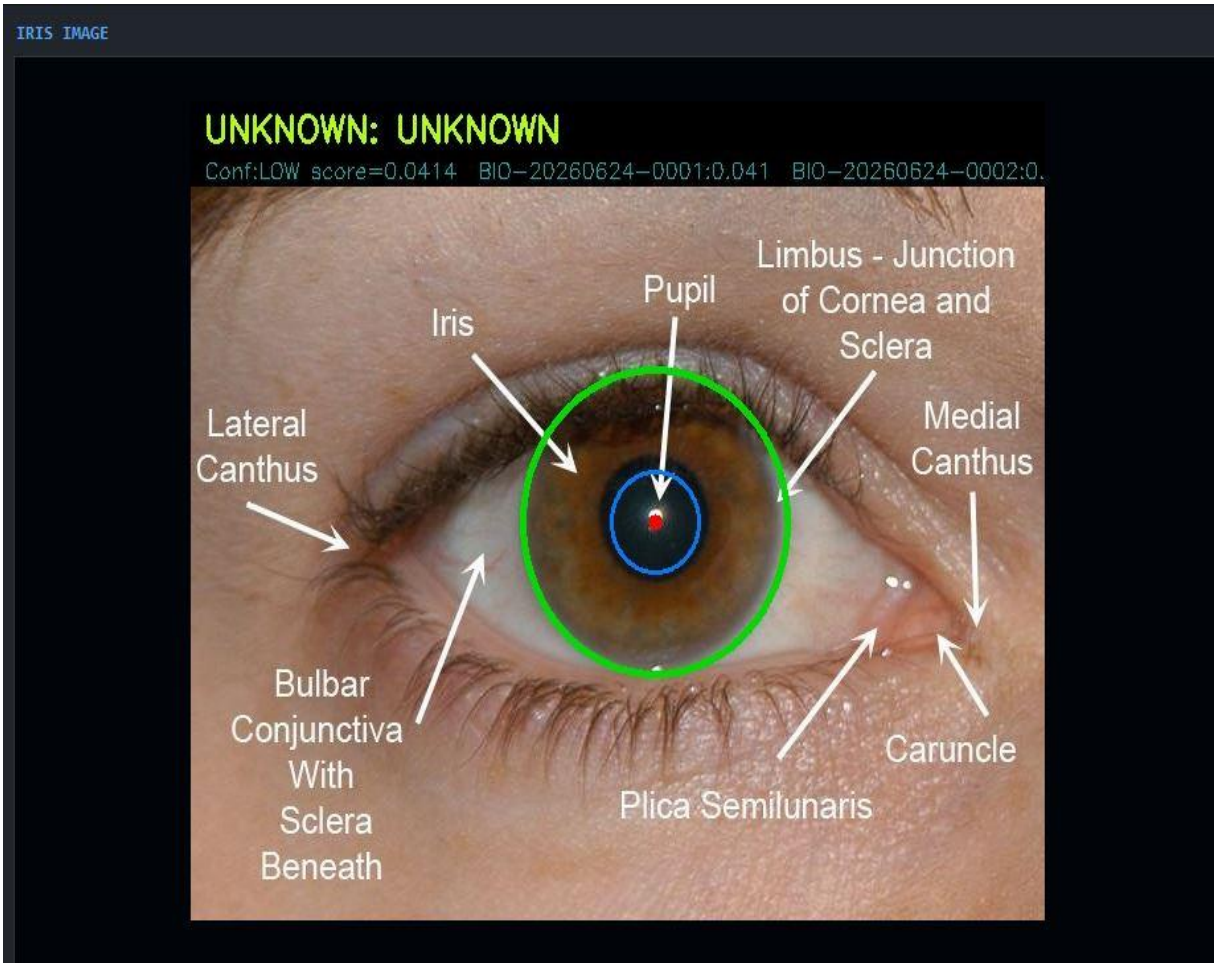


Figure 3.7 *Visual execution of the local feature matching architecture utilizing deterministic tracking thresholds. (Unknown patient)*

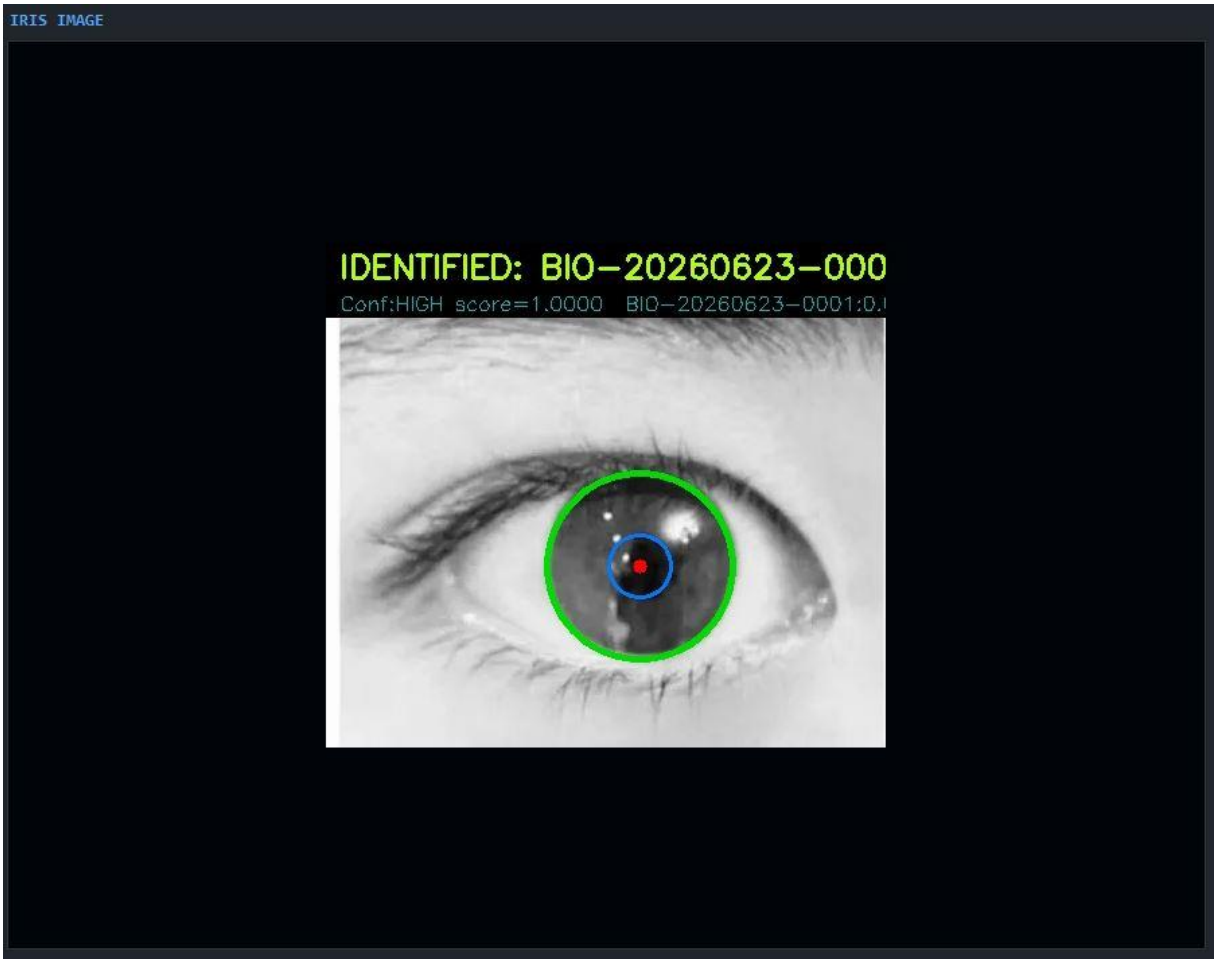


Figure 3.8 *Visual execution of the local feature matching architecture utilizing deterministic tracking thresholds.(Identified patient)*

3.7 Interface Design Principles

To bridge the gap between backend computer vision routines and real-world institutional operations, the frontend user interface is built on clean, minimalist structural design principles. Human-computer interaction metrics indicate that high visual complexity degrades user performance in demanding, high-throughput environments such as healthcare registries. To resolve this challenge, the visual layout separates human operations into two isolated primary modules: an **Administrative Enrolment Dashboard** (engineered for high-precision patient onboarding and biometric registration) and a **Real-Time Authentication Portal** (engineered for instant verification and automated record rendering).

The deployment of these interactive windows is structured around advanced non-blocking interface paradigms. Rather than executing mathematical feature extraction, Hough transformations, and relational queries on the main interface threat which would cause visual

freezing, frame dropping, and app instability the backend deploys an explicit **asynchronous multi-threading architecture**.

The high-frequency live video acquisition stream operates on an independent computational thread, while database queries and descriptor verification runs concurrently on background worker threads. This structural decoupling ensures that the graphical application remains fluid and responsive during high-load processing operations.

3.7.1 Iris Recognition interface

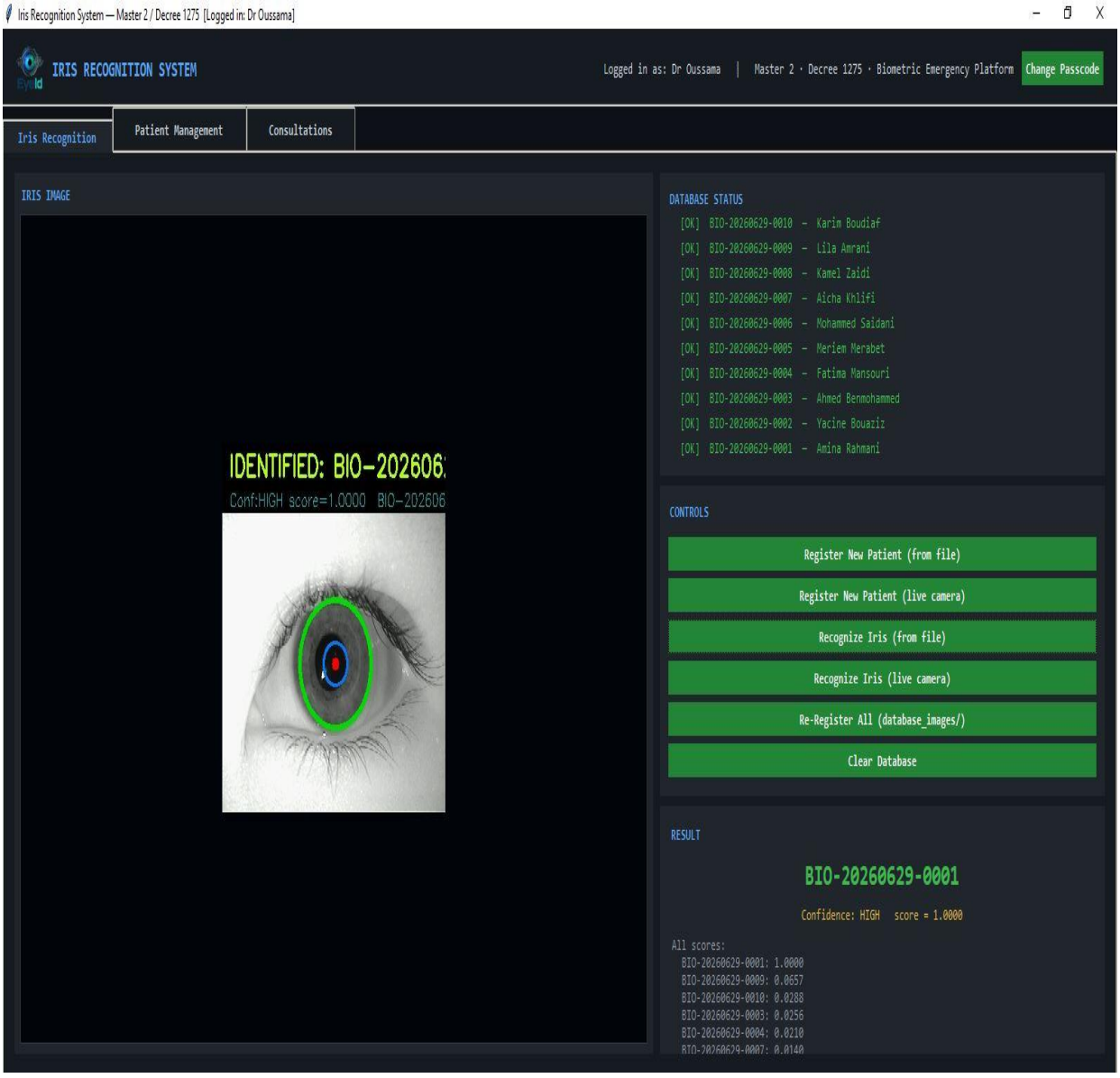


Figure 3.8 *The Main Application Dashboard featuring iris recognition*



Figure 3.9 *Patient identified (registered iris)*



Figure 3.10 *Unknown patient (iris not registered)*

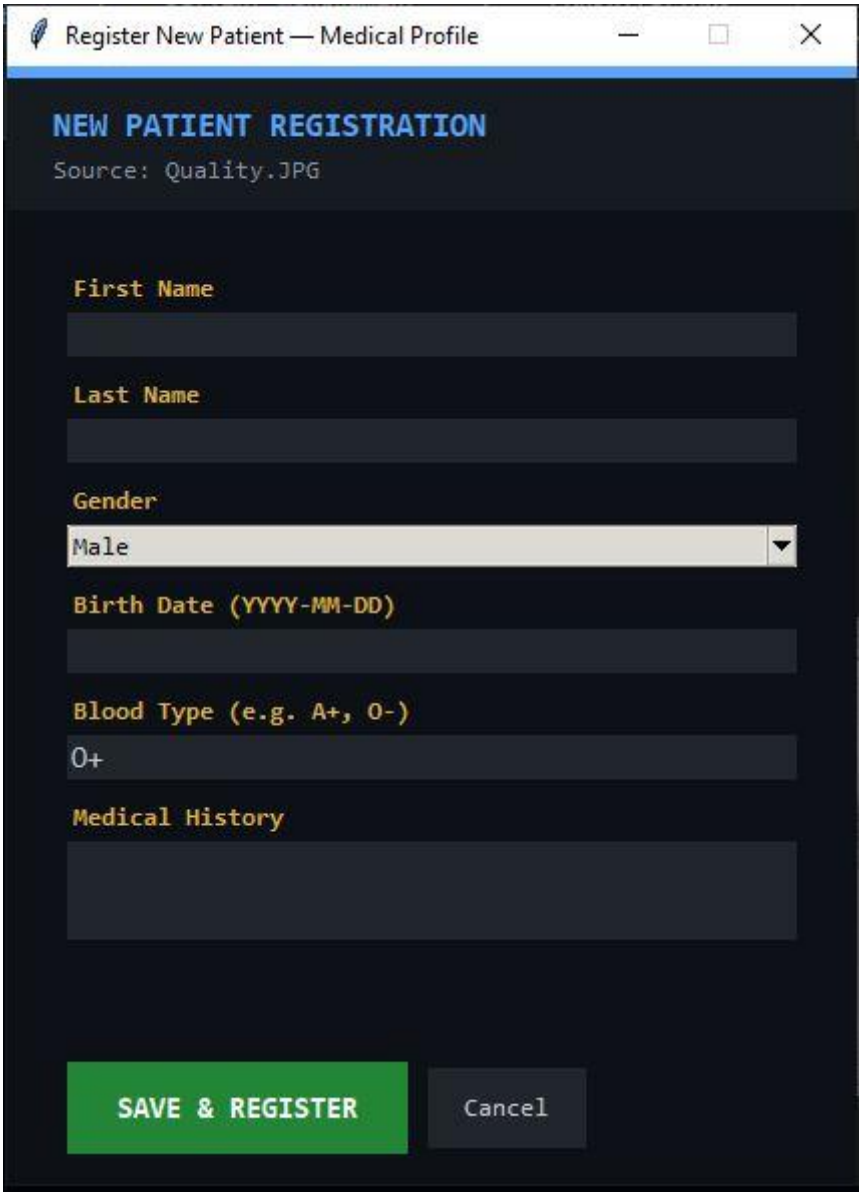


Figure 3.11 *New patient registration (by iris)*

3.7.2 Consultations interface

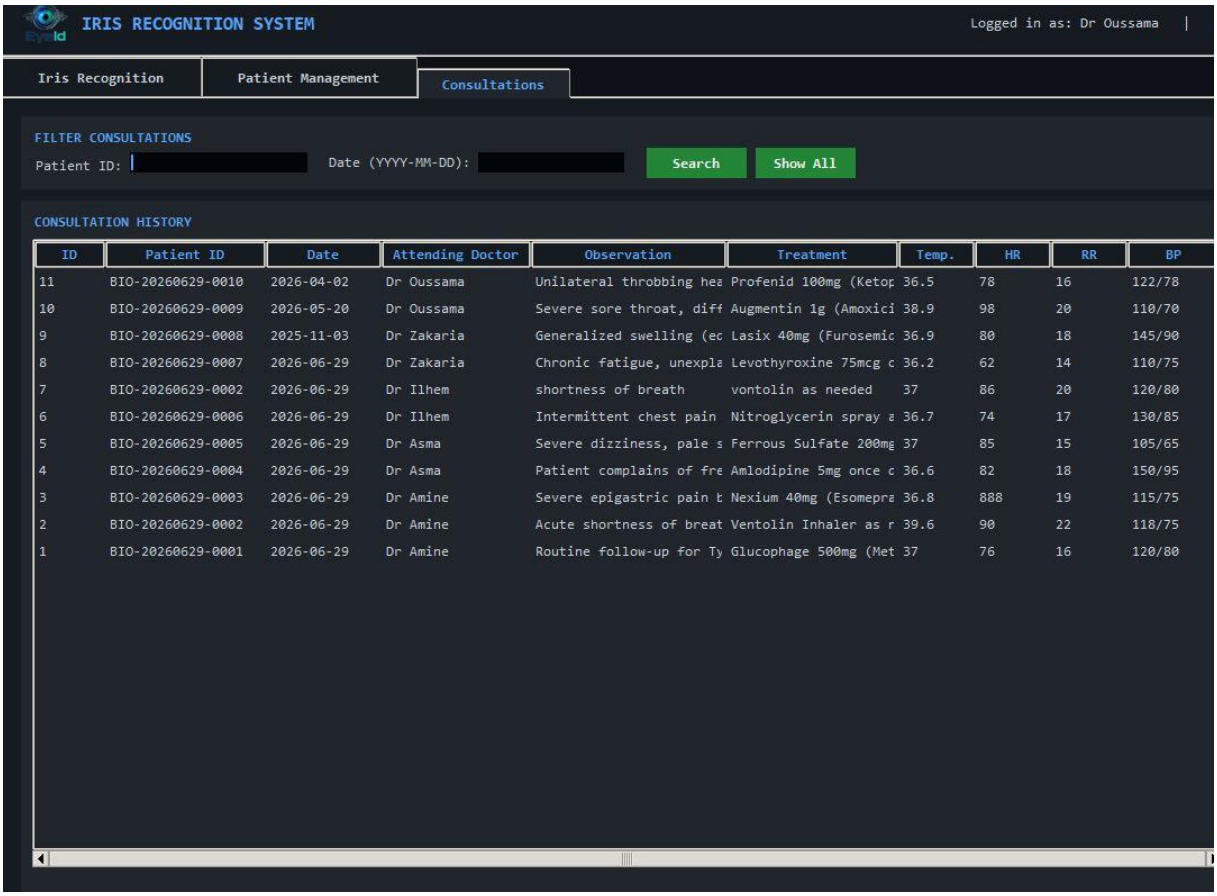


Figure 3.12 *Consultation history for all patients*

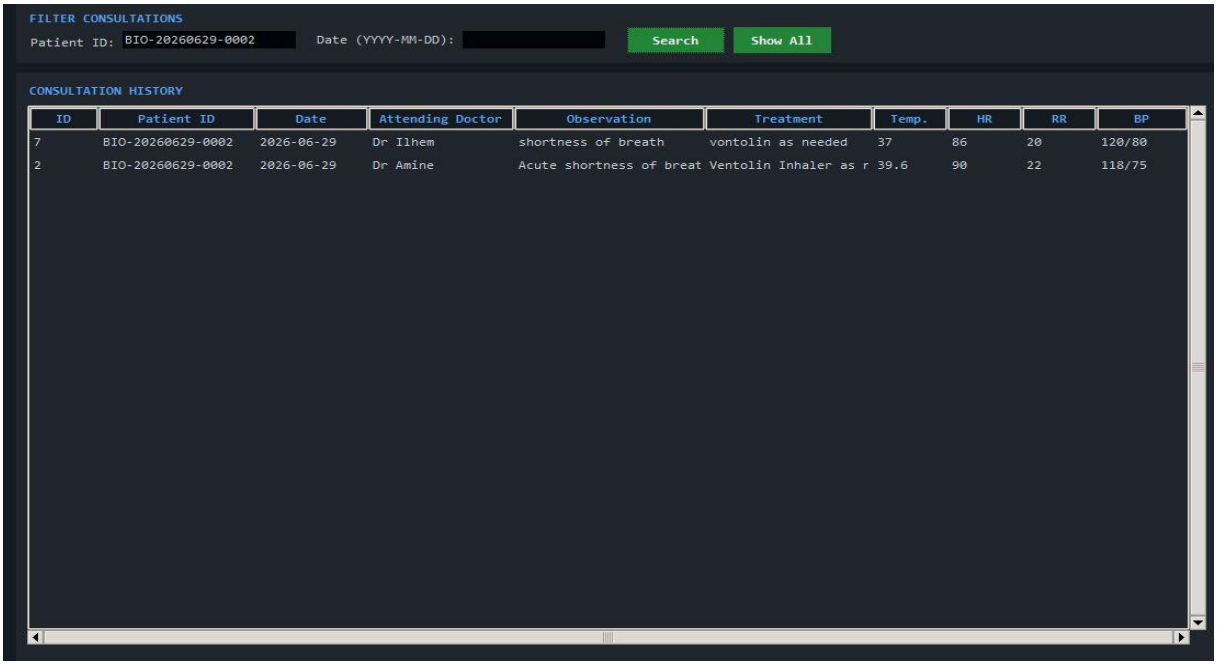


Figure 3.13 *Consultation history for a specific patient (filtered by: Patient ID)*

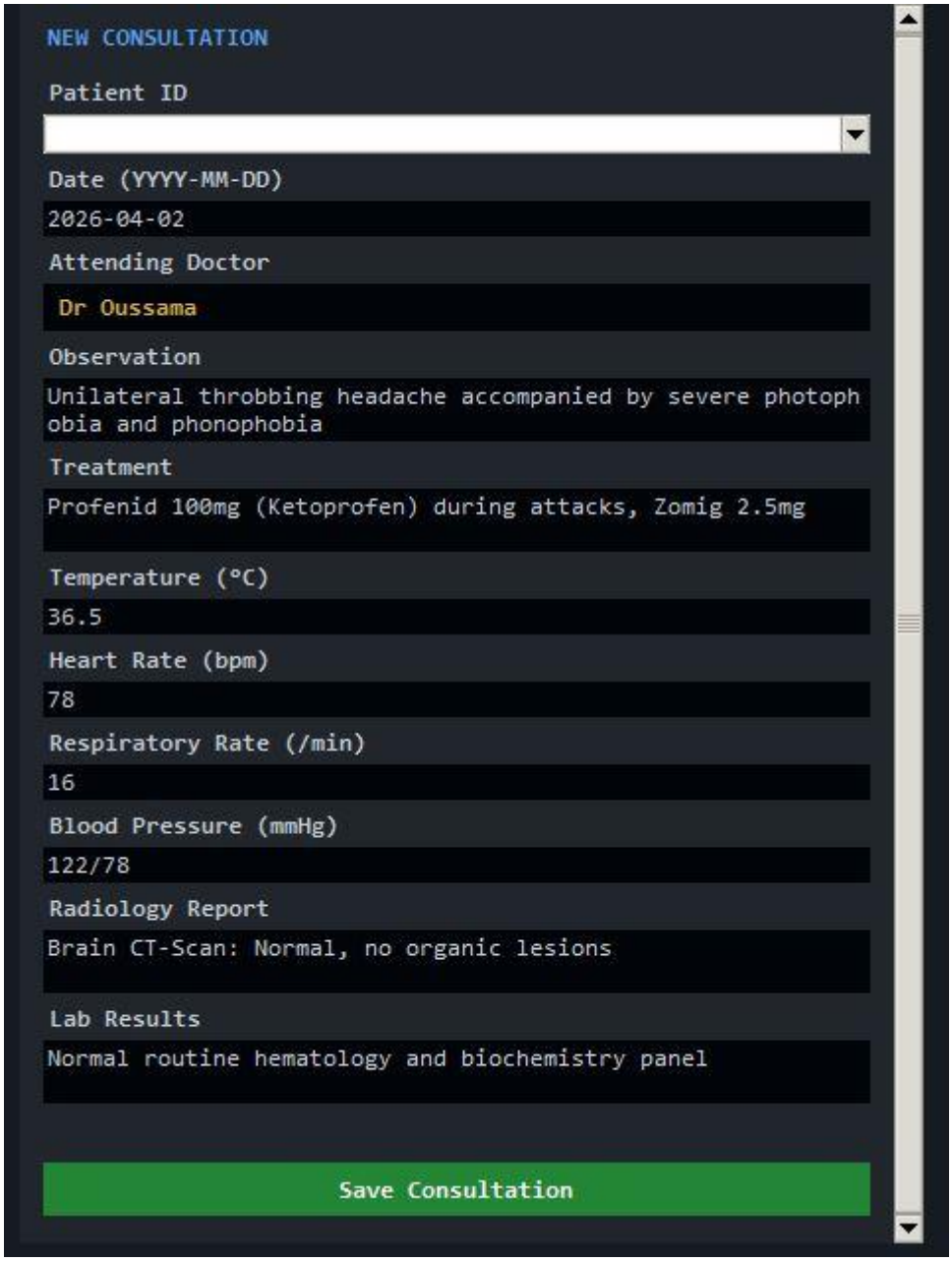


Figure 3.14 *New Consultation registry*

3.7.3 Patient Management interface

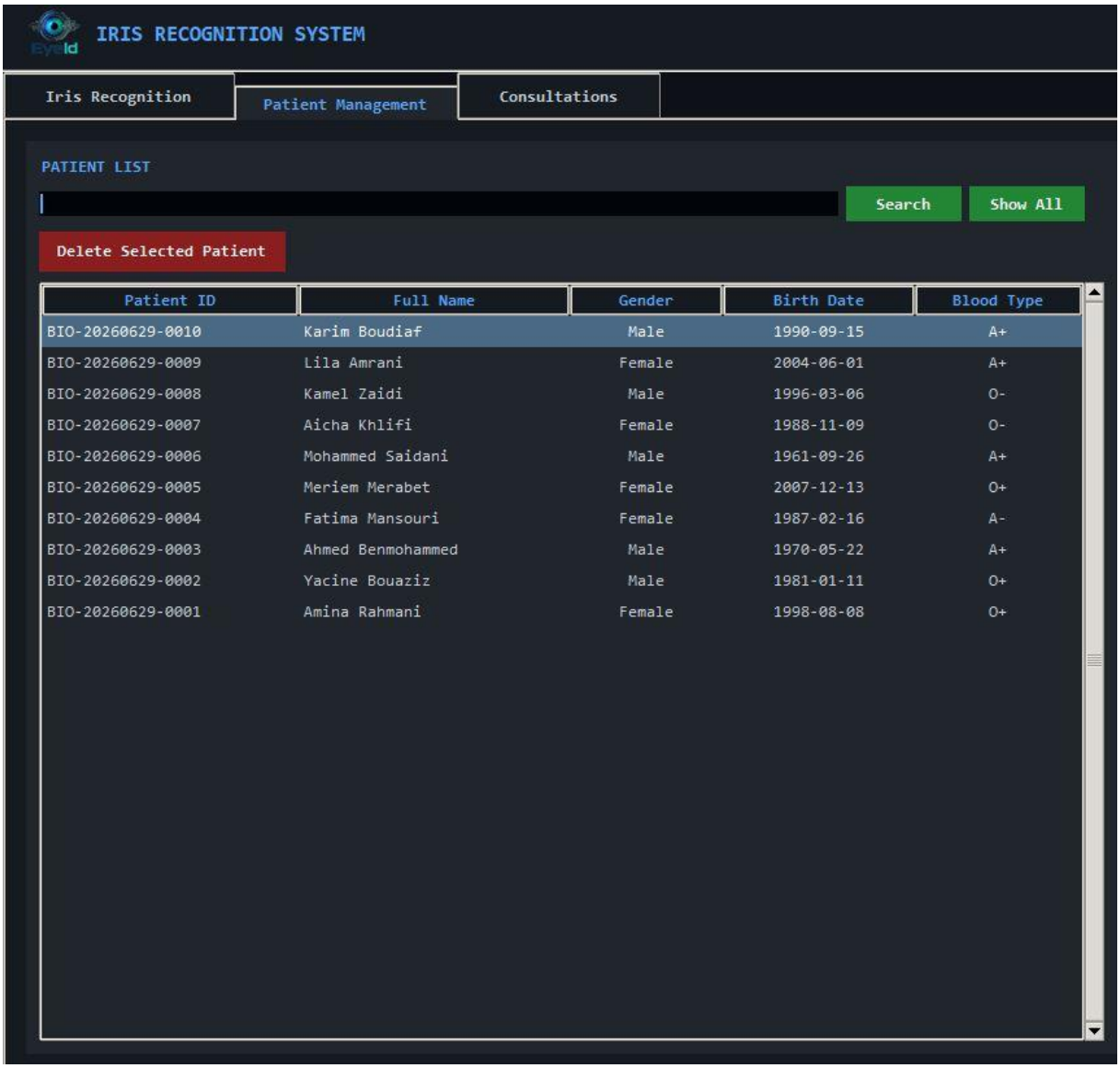


Figure 3.15 *Patient list*

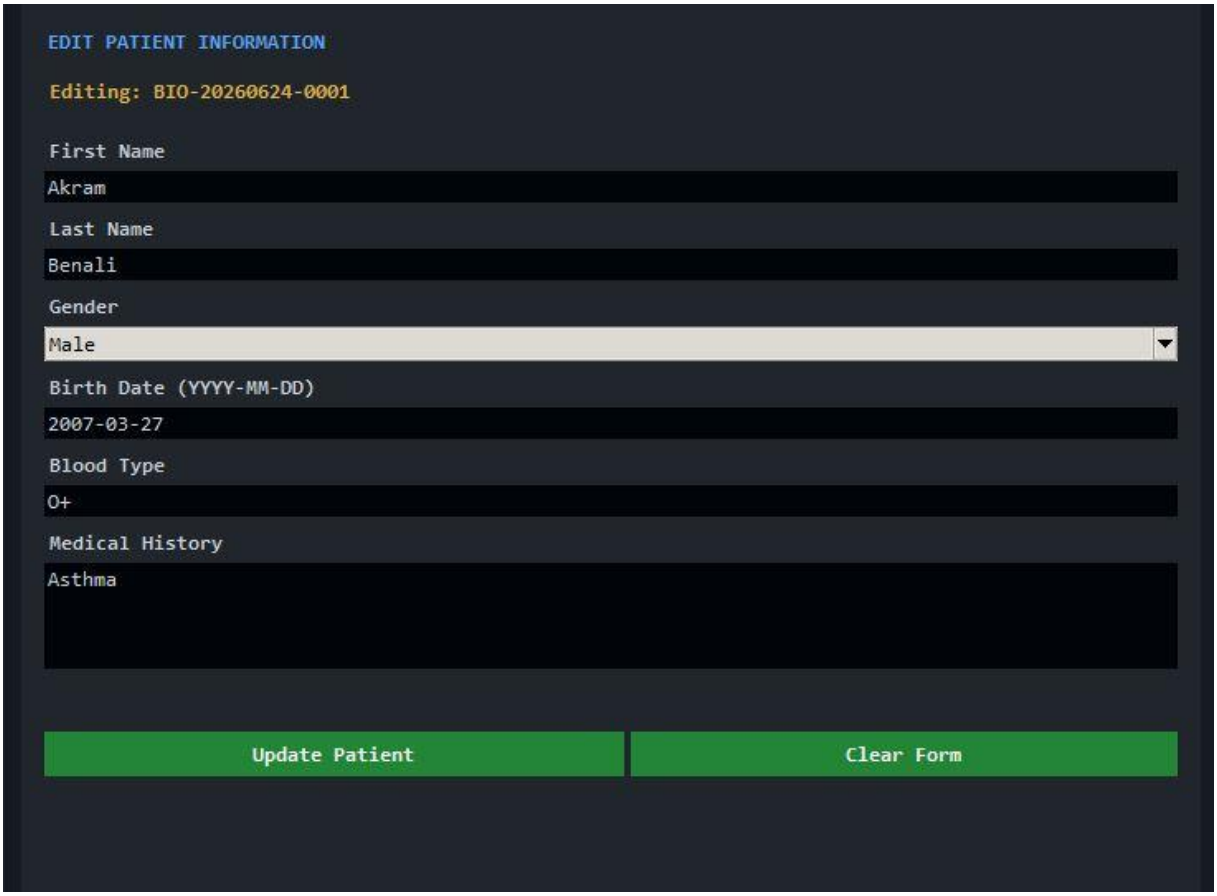


Figure 3.16 *Update patient information*

3.8 Conclusion

Following the rigorous implementation, deployment, and optimization phases detailed throughout this chapter, the system architecture successfully transitioned from a conceptual framework into a highly functional software solution. By anchoring the core mechanics on deterministic boundary segmentation and invariant local feature descriptors, the operational platform effectively eliminated the need for heavy offline processing models.

The integration of structured relational schemas alongside asynchronous interface pipelines ensured that high-throughput verification demands could be resolved without visual latency or system bottlenecks. As demonstrated through the visual evidence embedded within the interface and architectural diagrams, the resulting environment delivers an explicit balance between computational efficiency and deployment scalability. Consequently, with the practical execution bounds fully verified, this investigative work must terminate with a holistic synthesis of the broader scientific contributions, empirical outcomes, and future engineering horizons

General conclusion

The development and realization of an automated biometric verification framework represent a critical paradigm shift in resolving the structural vulnerabilities, data identity thefts, and administrative inefficiencies inherent in traditional institutional record registries. Throughout this investigative dissertation, the core computational mechanics necessary for non-contact ocular pattern analysis were systematically explored, verified, and implemented. By prioritizing a localized, edge-computing architecture, this research successfully established that high-precision identity tracking does not fundamentally require heavy, resource-intensive server dependencies or high-cost hardware acceleration platforms.

The empirical outcomes gathered during the validation phase confirmed the distinct advantages of employing deterministic computer vision over uninterpretable neural configurations. Operating under an optimized mathematical verification threshold, the proposed framework compressed the entire processing pipeline spanning from raw optical acquisition and geometric normalization to relational database cross-referencing into a sub-second temporal response. By delivering comprehensive participant profiles in less than 0.5 seconds, the system effectively satisfies the strict operational throughput requirements demanded by high-density institutional environments while maintaining a highly reliable verification performance.

While the current framework achieves excellent precision and low execution latency within controlled local environments, several progressive research horizons remain open for future development:

- **Algorithmic Adaptability:** Future work will focus on integrating dynamic contrast enhancement filters to maintain high feature extraction accuracy under highly adverse or unconstrained ambient outdoor lighting conditions.
- **Biometric Presentation Attack Detection (PAD):** Incorporating specialized software modules capable of analyzing real-time pupillary physiological variations to detect and reject high-resolution print or digital spoofing attacks.
- **Decentralized Cryptographic Templates:** Upgrading the local data persistence layer to encrypt biometric reference vectors directly into secure, zero-knowledge mathematical tokens, thereby ensuring absolute privacy and data protection compliance.

In summary, this thesis successfully bridges the gap between theoretical visual calculus and practical edge deployment, delivering an explainable, secure, and computationally efficient biometric platform ready for sustainable institutional integration.

Bibliography

Al-Khateeb, A. &. (2024). Evolution of Biometric Security Systems in the Digital Era: A Comprehensive Review. *International Journal of Information Security and Cybercrime*, 45-58.

Al-Khateeb, A. S. (2024). Digital Transformation and the Vulnerabilities of Traditional Authentication Systems. *International Journal of Cyber Security*, 45-59.

Anatomy of the human eye. (n.d.). Retrieved from News Medical net: https://www.news-medical.net/health/Anatomy-of-the-Human-Eye.aspx

Cho, S.-W., Nam, G.-P., Jeong, D.-S., Shin, K.-Y., Park, K. R., & Shin, J. (2011). Mobile Iris Recognition System Based on the Near Infrared Light Illuminator of Long Wavelength and Band Pass Filter and Performance Evaluations. *Journal of Korea Multimedia Society*, 1125-1137.

Daugman, J. &. (2025). The Historical Milestone of Phase-Based Iris Recognition and the Transition to Deep Learning Architectures. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 142–158.

El-Sofany, H. F.-L. (2024). A Hybrid High-Security Framework for Iris Recognition and Biometric Authentication.

false rejection rate. (n.d.). Retrieved from Facia.ai: https://facia.ai/knowledgebase/what-is-false-rejection-rate-frr

Garcia-Vazquez, M. S., Garea-Llano, E., & Colores-Vargas, J. M. (2015). A Comparative Study of Robust Segmentation Algorithms for Iris Verification System of High Reliability. *Lecture Notes on Data Engineering and Communication Technologies*, 156-165.

Hafeez, A. Z. (2022). Real-time human authentication network using automated iris scanning.

Harrison, K. &. (2024). Front vs. Back of the Eye: An Operational Review of Iris and Retinal Biometrics in High-Security Frameworks. *International Journal of Biometric Identification*, 77–91.

Kumar, M. R., Fathima, M. D., & Kiruthika, K. (2013). Non-cooperative iris recognition: a novel approach for segmentation and fake identification. *Journal of Computer Science*, 1241-1251.

Padmegowda, G. M. (2025). A review on iris recognition systems using CNN and transfer learning paradigms. *International Research Journal of Advanced Science, Hub and Technology (IRJASH)*.

Ribeiro, J. &. (2023). Comparative Analysis of Physiological Biometrics for Access Control. *IEEE Transactions on Biometrics and Behavior*, 112 - 125.

Roy, K., & Bhattacharya, P. (2011). Recognition of Nonideal Iris Images Using Shape Guided Approach and Game Theory. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1241-1251.

Rubio, A. &. (2024). ris Preprocessing and Unwrapping Methods Based on Binarized Statistical Image Features.

Shamsafar, F. S. (2014). Fusing the information in visible light and near-infrared images for iris recognition. *Machine Vision and Applications*, 881-899.

Shristi, J. S. (2016). A Narrative Methodology to Recognize Iris Patterns By Extracting Features Using Gabor Filters and Wavelets. *MATEC Web of Conferences*, 02008 .

Appendix: Startup Project Study

ملحق: دراسة مشروع المؤسسة الناشئة

جامعة 20 أوت 1955

حاضنة أعمال الجامعة

كلية العلوم ـقسم الاعلام الي

مشروع نيل شهادة الماستر + شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275

التخصص: ذكاء اصطناعي

نظام ذكي للتحقق البيومتري ببصمة العين لإدارة المؤسسات الصحية

اعداد: مسيخ شيماء

اشراف: د. حمروش هدى، د. بوالريش حنان

السنة الأكاديمية: 2025-2026

شكر

إلى من أحمل اسمَه بكل فخر، إلى من كلّله الله بالهيبة والوقار، وساندني طوال مشواري الدراسي أبي الغالي.

إلى نبع الحنان وبسمة الحياة، إلى من دعت لي بالصلاح والتوفيق وكان دعاؤها سندي أمي الحبيبة.

.إلى رفقاء دربي، إخوتي وأخواتي، الذين كانوا لي عوناً ومصدراً للطاقة الإيجابية دائما

.إلى كل صديقاتي، وإلى كل من أضاء بعلمه طريقاً لي ولو بكلمة

أهدي إليكم ثمرة هذا الجهد العلمي المتواضع.

اهداء

الحمد لله العلي القدير الذي وفقنا وأنعم علينا بنعمة العلم والتمام لإنجاز هذا العمل .

نتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى مشرفتينا الفاضلتين على توجيهاتهما القيمة، وصبرهما، ودعمهما العلمي المستمر طوال فترة إعداد هذا المشروع.

كما نتوجه بخالص الشكر إلى الأساتذة الأفاضل أعضاء لجنة المناقشة لقَبولهم تقييم هذا العمل وتقويمه .

ولا يفوتنا أن نتقدم بالشــكر الجزيل لطاقم حاضــنة الأعمال بجامعة 20 أوت 1955 -ســكيكدة، على مرافقتهم وتأطيرهم لنا من خلال الدورات التكوينية والورشات التدريبية التي ساهمت في تحويل فكرتنا إلى مشروع مؤسسة اقتصادية واعدة.

الفهرس

المقدمة 8

المحور الأول: تقديم المشروع 10

1.1 بطاقة معلومات المشروع 10

1.2 فكرة المشروع 10

1.3 الزبائن الموجه إليهم المشروع 10

1.4 مقر المشروع وطرق الوصول للزبائن 11

1.5 كيفية تشغيل المشروع 11

1.6 مبررات اختيار فكرة المشروع 11

1.7 أهداف المشروع 11

1.8 القيم المقترحة 12

1.9 أعضاء فريق العمل والمهام 12

المحور الثاني: الجوانب الابتكارية 13

2.1 طبيعة الابتكارات 13

2.2 مجالات الابتكارات 13

المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق 14

3.1 المنافسون 14

3.2 استراتيجيات المؤسسة في التعامل مع منافسيها 14

ا 14

3.3 حجم السوق المستهدف والمحتمل 15

3.4تحليل SWOT (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات لمشروعي).....15

المحور الرابع: نموذج العمل التجاري BMC للمشروع EYEID.....16

شريحة العملاء 16

علاقة العملاء 16

قنوات التوزيع 16

الأنشطة الرئيسية 16

الشركاء الرئيسيون.....16

الموارد الرئيسية 16

مصدر الايرادات 16

هيكل التكاليف.....16

المحور الخامس: الدراسة التقنية.....17

5.1 احتياجات المشروع من الموارد البشرية.....17

5.2 اختيار موقع إقامة المشروع والمبررات 17

المحور السادس: الخطة المالية.....18

6.1 تكاليف المشروع 18

6.1.2 تقدير المبلغ الإجمالي للاستثمار.....18

6.1.3 تقدير مشتريات المشروع من المواد الأولية 18

6.1.4 تقدير تكاليف اليد العاملة.....19

6.1.5 تقدير التكاليف الخارجية للمشروع.....20

6.1.6 تقدير تكاليف اهتلاك الاستثمارات 20

6.1.7 تقدير إيرادات المشروع 20

المحور السابع: النموذج التجريبي الأولي.....23

7.1 البيئة البرمجية والعتاد المستخدم.....23

7.2 خوارزميات معالجة الصور الرقمية واقتطاع القزحية.....23

7.3 نتائج اختبارات الأداء والكفاءة.....23

7.4 صور واجهات النظام.....24

7.4.1 الواجهة الرئيسة الأمنية.....24

7.4.2 واجهة الزيارات الطبية.....28

7.4.3 واجهة إدارة المرضى.....30

الخاتمة.....32

قائمة الجداول والصور

الجدول 1 المبلغ الاجمالي للاستثمار 18

الجدول 2 مشتريات المواد الأولية 18

الجدول 3 تكاليف اليد العاملة 19

الجدول 4 التكاليف الخارجية 20

الجدول 5 تكاليف اهتلاك الاستثمارات 20

الجدول 6 المبيعات السنوية والأرباح 21

الجدول 7 النتائج السنوية 21

الصورة 1: واجهة الطبيب 24

الصورة 2 واجهة تعديل الرقم السري 25

الصورة 3 واجهة التعرف على بصمة العين 25

الصورة 4 واجهة تسجيل مريض جديد بالبصمة 25

الصورة 5 واجهة المريض غير المسجل (غبر معروف) 26

الصورة 6 واجهة التعرف على المريض المسجل 27

الصورة 7 سجل الزيارات الطبية 28

الصورة 8 استخراج سجل زيارات مريض محدد برقمه البيومتري 29

الصورة 9 قائمة المرضى المسجلين 30

الصورة 10 تحديث السجل الطبي للمريض 31

المقدمة

في عصر يشهد تطوراً تكنولوجياً متسارعاً في مجال الرؤية الحاسوبية ومعالجة الصور الرقمية، بات من الضروري توظيف هذه الأدوات البرمجية الحديثة لخدمة القضايا الإدارية والأمنية والإنسانية، وعلى رأسها تطوير المنظومات الأمنية والرعاية الصحية الشاملة. يمثل التحقق السريع والدقيق من الهوية أحد أهم التحديات التي تواجه الأنظمة الحديثة في المؤسسات السيادية والمطارات والشركات والمنشآت الحيوية على حد سواء. إن التأخر أو الخطأ في تحديد الهويات قد يؤدي إلى مضاعفات أمنية معقدة، وإلى هدر كبير للوقت والجهد، بل إنه يمتد ليشكل خطراً حقيقياً على حياة الأفراد في البيئات الاستعجالية والطبية حيث يصعب تدارك الوقت الضائع لاحقا.

تعاني الكثير من الهيئات والمطارات والمؤسسات الكبرى سنوياً من عيوب الأنظمة التقليدية للتعرف على الأفراد، كالاعتماد على بطاقات الهوية المغناطيسية القابلة للضياع والتزوير، أو استخدام بصمات الأصابع الملموسة التي تتأثر بالعوامل الخارجية وتساهم في نقل العدوى، فضلاً عن طوابير الانتظار الطويلة والبطء الشديد في معالجة البيانات وتتدفق الأفراد في الخطوط الأمامية والمنافذ الحساسة. لا يعود هذا التأخر فقط إلى نقص الإمكانات البشرية، بل يرجع أساساً إلى غياب أدوات الفحص والمطابقة البرمجية اللاتلامسية الفائقة السرعة التي يمكن أن تُستخدم بمرونة وأمان تام في شتى القطاعات والمراكز الحيوية.

من هذا المنطلق جاءت فكرة مشروع عين الهوية كمنصة برمجية متطورة ونظام متكامل يعتمدان على تحليل بنية ونمط قزحية العين باستخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية المتقدمة للكشف الفوري والآمن عن هوية الأفراد والتحقق من شخصياتهم. تعتمد هذه التقنية على الخصائص البيومترية الفريدة للقزحية التي تترك بصمتها الدائمة والمنفردة لكل إنسان دون أن تتأثر بالتقدم في السن أو التغيرات الظاهرية. يعد هذا الفحص البرمجي المبتكر الأول من نوعه الذي يدمج بين الشمولية الإدارية والأمنية وبين التطبيق الطبي الإنساني، حيث تبرز أهميته القصوى في تحديد الهويات والملفات الإدارية للموظفين والمسافرين، إلى جانب قدرته الاستثنائية على العمل داخل مصالح الاستعجالات الطبية لاسترجاع السجلات الصحية للمرضى فاقدي الوعي بدقة تامة وفي أجزاء من الثانية.

إن أهمية هذا المشروع لا تكمن في جانبه التقني والهندسي فحسب، بل تتجلى أيضاً في بعده الاقتصادي والإنساني والاجتماعي، فهو مشروع يدعم التوجه الرقمي للدولة ويمنح المؤسسات والمطارات أعلى معايير الأمان وانسيابية الحركة، ويعزز العدالة التنظيمية عبر توفير وسيلة فحص أولية موحدة وسريعة لجميع الأفراد دون تمييز. ويسهم المشروع بشكل فعال في تخفيف العبء عن الطواقم الإدارية والطبية، وتقليل نسب الأخطاء الناتجة عن التشخيص البشري أو انتحال الشخصية، وتفادي ضياع الوقت الحرج في غرف الطوارئ والمنافذ الحدودية على المدى البعيد. وبذلك يمثل مشروع عين الهوية نقلة نوعية في وصل البرمجيات الذكية ببيئة الأعمال والصحة العامة، ويضع أسساً عملية لتعميم الفحص الرقمي المبكر في نقاط الرعاية والخدمات

الأساسية، ويفتح آفاقاً مستقبلية واعدة لتحسين جودة الحياة وحماية المنشآت والمجتمعات من الثغرات الأمنية والمعاملات البطيئة الصامت

المحور الأول: تقديم المشروع

1.1 بطاقة معلومات المشروع

الاسم التجاري للمؤسسة الناشئة: EYEID

الاسم العلمي: Iris Biometric Identification

طبيعة النشاط: تطوير برمجيات الذكاء الاصطناعي، الأنظمة البيومترية المتقدمة، وحلول الرقمنة الشامل

قطاع النشاط :التكنولوجيات الحديثة، الأمن الرقمي، والحلول الذكية للمؤسسات

1.2 فكرة المشروع

النظام الذكي **EYEID** عبارة عن برنامج مكتبي (Desktop Application) يعتمد على الذكاء الاصطناعي ورؤية الحاسوب (Computer Vision) باستخدام مكتبة OpenCV وخوارزميات المطابقة الرياضية. يقوم النظام باقتطاع وتحديد قزحية العين (Iris Segmentation) والحدقة بدقة متناهية، واستخراج الميزات الحيوية الفريدة للشخص، وربطها تلقائياً بـ "ملف طبي إلكتروني (EHR) " مخزن في قاعدة بيانات محلية مؤمنة(SQLite) ، لتسهيل التعرف الفوري على المرضى واسترجاع بياناتهم الطبية في ثوان.

1.3 الزبائن الموجه إليهم المشروع

- الزبائن المباشرون: المؤسسات الصحية الاستشفائية العمومية في الجزائر (المستشفيات الجامعية CHU، المراكز الطبية EPSP، والمستشفيات العسكرية والمدنية).
- القطاع الخاص: العيادات الطبية الخاصة الكبرى، مصحات الاستعجالات الخاصة، ومراكز التشخيص والتحاليل الطبية.
- القطاع العام: المطارات والمؤسسات الأمنية بعد التوسع.

1.4 مقر المشروع وطرق الوصول للزبائن

- مكان الإقامة: حاضنة الأعمال الجامعية (كخطوة أولى لتأسيس المؤسسة الناشئة والاستفادة من الدعم القانوني والمادي والوسم)، ثم مقر خاص بالشركة في قطب تكنولوجي أو تجاري.
- طرق الوصول للزبائن: عبر المبيعات المباشرة (B2B) من خلال تقديم عروض تطبيقية حية (Demos) لمديري المستشفيات والمسؤولين عن الرقمنة، والمشاركة في المناقصات الحكومية التي تطلقها وزارة الصحة لعصرنة القطاع، وعبر الشراكات مع مبرمجي أنظمة تسيير المستشفيات لإدراج نظامنا كموجّه أمني بيومتري.

1.5 كيفية تشغيل المشروع

يشتغل المشروع بواسطة فريق مؤسس من مهندسي الذكاء الاصطناعي ومطوري البرمجيات، بالتعاون مع حاضنة الأعمال الجامعة التي توفر المرافقة الإدارية. ميدانياً، يتم دمج النظام برمجياً في أجهزة الاستقبال بالمستشفيات وربطه بكاميرات رقمية (أو ماسحات قزحية متخصصة)، حيث يقوم موظفو الاستقبال أو أطباء الطوارئ بتشغيل التطبيق للتعرف التلقائي على المرضى وإدارة ملفاتهم الطبية دون تدخل ورقي

1.6 مبررات اختيار فكرة المشروع

- أزمة الرقمنة والورق: تعاني المستشفيات الجزائرية من بطء الاستقبال، وضياع الملفات الطبية الورقية، والأخطاء الإدارية في تسجيل الهويات.
- الحالات الحرجة في الاستعجالات: عند دخول مريض فاقد للوعي، يعجز الطبيب عن معرفة فصيلة دمه أو حساسيته للأدوية، ونظامنا يحل هذا بمسحة عين واحدة في ثوانٍ لإنقاذ حياته.
- مكافحة انتحال الهوية والغش: منع الاستخدام غير القانوني لبطاقات الشفاء أو هويات الأشخاص الآخرين للحصول على الخدمات الطبية والأدوية، كون بصمة العين مستحيلة التزوير وأدق بكثير من التعرف على الوجه الذي يتأثر بالكمامات والكمبيوتر والإضاءة.

1.7 أهداف المشروع

- **العصرنة والرقمنة الشاملة:** تحويل نظام الاستقبال والتعرف على الهويات في المؤسسات الصحية والسيادية من النظام الكلاسيكي الورقي إلى نظام بيومتري رقمي فوري بنسبة 100 %
- **رفع كفاءة الخدمات الاستعجالية:** تقليص وقت التعرف على المرضى (خاصة فاقدي الوعي) إلى أقل من 3 ثوانٍ للوصول إلى بياناتهم الحيوية وإنقاذ حياتهم .

- **القضاء على انتحال الشخصية والتزوير :**حماية المال العام وموارد قطاع الصحة عبر منع الغش في استخدام هويات أو بطاقات الشفاء الخاصة بالغير .
- **توطين التكنولوجيا الأمنية :**تقليل التبعية للحلول البرمجية الأجنبية المستوردة، وتقديم برمجية جزائرية مطورة محلياً بكفاءة عالية وتكلفة منخفض

1.8 القيم المقترحة

- **أعلى درجات الأمان والدقة :**الاعتماد على بصمة قزحية العين كأدق معرف بيومتري حيوي ثابت مدى الحياة ولا يتشابه حتى لدى التوائم المتطابقين .
- **الحصانة ضد العوامل الخارجية :**بخلاف أنظمة التعرف على الوجه، لا يتأثر نظام EYEID بارتداء الكمامات الطبية، أو تغير الإضاءة، أو ملامح التقدم في السن.
- **التكامل الطبي والإنساني الفوري :**الربط الذكي المباشر بين المسح البيومتري وبين الملف الطبي الإلكتروني (EHR)المخزن محلياً لتوفير معلومات فصائل الدم والحساسية بسرعة فائقة.
- **تراخيص مرنة ودعم مستمر:** تقديم نموذج برمجيات كخدمة (SaaS) بأسعار تنافسية تناسب الميزانيات الحكومية والخاصة مع دعم تقني وصيانة على مدار الساعة.

1.9 أعضاء فريق العمل والمهام

يتكون الفريق من كفاءات متخصصة في الذكاء الاصطناعي، موزعة كالتالي:

- **مدير المشروع والرئيس التنفيذي (CEO) :** التخطيط الاستراتيجي، وبناء العلاقات مع الشركاء الحكوميين والاقتصاديين.
- **مدير التكنولوجيا والتطوير(CTO) :** هندسة وتطوير خوارزميات معالجة الصور الرقمية، وضمان كفاءة المطابقة البيومترية وسرعتها.
- **مدير التسوق والمالية (CMO) :** إدارة خطط اختراق السوق، وإعداد الميزانيات، والتواصل مع الزبائن.

المحور الثاني: الجوانب الابتكارية

2.1 طبيعة الابتكارات

- **ابتكار السوق:** ادخال تقنية التحقق عبر بصمة العين لأول مرة في السوق الجزائرية وتخصيصها لخدمة القطاع الطبي والاستعجالي كبديل للحلول التقليدية (بصمة الإصبع والوجه غير العملية في البيئات الطبية
- **ابتكار تكنولوجي:** دمج خوارزميات رؤية الحاسوب المتقدمة (OpenCV) لمعالجة الصور الرقمية واقتطاع القزحية (Iris Segmentation) مع معايير حماية البيانات البيومترية وقواعد البيانات السريعة محليا.

2.2 مجالات الابتكارات

- **ابتكار في النموذج الاقتصادي:** الاعتماد على نموذج الاشتراكات السنوية المرنة (Subscription Model) وعقود الدعم الفني المستمر بدل بيع البرمجيات لمرة واحدة، مما يضمن تدفقات مالية مستدامة للمؤسسة الناشئة.
- **ابتكار تقني:** تطوير نظام هجين يدمج دقة الخوارزميات الرياضية لتحديد الحدقة والقزحية مع المرونة العالية للربط بشتى أنواع الكاميرات والماسحات عالية الدقة.
- **ابتكار بيئي:** المساهمة المباشرة في استراتيجية "صفر ورق (Paperless Office) "داخل المؤسسات، مما يقلل البصمة الكربونية الناتجة عن الطباعة، الأوراق، والملفات المادية.
- **ابتكار في العمليات:** إعادة هندسة وتسهيل رحلة المريض أو المسافر داخل مراكز الاستقبال عبر اختزال عملية التحقق في "مسحة عين" سريعة دون الحاجة لإبراز وثائق مادية أو إدخال يدوي للبيانات.
- **ابتكار تسويقي:** قديم عروض تطبيقية حية (Demos) تفاعلية ومجانية لفترات تجريبية داخل أجنحة المستشفيات والعيادات لإثبات الكفاءة ميدانياً قبل الشراء المباشر(B2B)

.

.

المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

3.1 المنافسون

المنافسون	طبيعة المنافسة		شدة المنافسة		
	مباشرة	غير مباشرة	قوية	متوسطة	ضعيفة
شركات بيع أنظمة التعرف بالوجه (Face ID) أو البصمة التقليدية	تقدم حلولاً بيومترية بديلة لكنها أقل دقة في البيئة الطبية وتتأثر بالكمامات وعوامل التغير.			عدم تخصصهم في بصمة العين الطبية	
الطرق الورقية التقليدية وأنظمة التسيير الإداري الكلاسيكية بالمستشفيات		أنظمة قديمة تعتمد على إدخال رقم التعريف يدوياً أو تقديم بطاقات ورقية ومغناطيسية	بسبب تعود الإدارة الجزائرية عليها وصعوبة التغيير		

3.2 استراتيجيات المؤسسة في التعامل مع منافسيها

الاعتماد على ميزة الدقة المطلقة والأمان (بصمة العين لا تتشابه حتى للتوائم وثابتة مدى الحياة)، والتركيز على السرعة والربط الطبي الإنساني (الاستعجالات)، وتقديم أسعار تنافسية مرنة للمستشفيات عبر رخص استخدام سنوية (SaaS) مع توفير دعم فني وصيانة مستمرة (7/24).

3.3 حجم السوق المستهدف والمحتمل

- حجم السوق المستهدف: قطاع الصحة في الولاية والولايات المجاورة كخطوة أولى، ويشمل المستشفيات العمومية والعيادات الطبية الخاصة التي تملك أقسام استقبال واستعجالات وتعدادها يقدر بعشرات المؤسسات الصحية في الإقليم الحالي.
- حجم السوق المحتمل: يتوسع السوق ليشمل كافة المستشفيات والمراكز الصحية عبر التراب الوطني الجزائري (أكثر من 100 مستشفى جامعي ومئات المراكز الطبية)، بالإضافة إلى إمكانية التوسع مستقبلاً للمطارات، المعابر الحدودية، والمؤسسات الأمنية الحساسة التي تطلب تحقُّقاً صارماً من الهوية.

3.4 تحليل SWOT (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات لمشروعي)

- **نقاط القوة**

1. مهارة تقنية عالية في الذكاء الاصطناعي ورؤية الحاسوب.
2. واجهة مستخدم رسومية احترافية وسهلة الاستخدام للطواقم الطبية.
3. دقة النظام العالية في التحديد (Segmentation) والمطابقة الفورية.
4. انخفاض تكلفة الإنتاج البرمجي مقارنة بالحلول المستوردة.

- **نقاط الضعف**

1. نقص الخبرة التجارية والتسويقية لدى الفريق البرمجي في بداية المشوار.
2. الاعتماد على عتاد خارجي (كاميرات وماسحات) يتطلب الاستيراد.
3. عدم تجريب النظام على نطاق واسع جداً من المرضى في الواقع حتى الآن (نموذج أولي).

- **الفرص**

1. **ت**وجه الدولة الجزائرية الصارم نحو الرقمنة وعصرنة قطاع الصحة (القرار 1275).
2. غياب حلول محلية منافسة تعتمد على بصمة العين في السوق الوطنية.
3. مرونة النظام وقابليته للتوسع نحو قطاعات أخرى كالمطارات والأمن.

- **التهديدات**

1. مقاومة التغيير من طرف الموظفين الإداريين والتمسك بالورق والأساليب التقليدية.
2. البيروقراطية وصعوبة الحصول على التراخيص البيومترية الحساسة بسرعة.
3. تغير أسعار العتاد والأجهزة الرقمية في الأسواق الخارجية.

المحور الرابع: نموذج العمل التجاري BMC للمشروع EYEID

شريحة العملاء	القيمة المقترحة
- المتبنون الأوائل: المستشفيات الجامعية الكبرى، والعيادات الخاصة الكبرى -العملاء المستهدفون: المؤسسات العمومية للصحة، مراكز الأشعة والتحاليل - التوسع مستقبلا: قطاع الأمن، المطارات، والمنشآت الحساسة	- سرعة فائقة: تحقق بيومتري فوري بزمن استجابة أقل من 0.5 ثانية -انقاذ الأرواح: وصول فوري للتاريخ الطبي للمريض فاقد الوعي عبر مسح العين - توفير وتأمين: تقليل الأخطاء الطبية، إلغاء المعاملات الورقية، والحد من التزوير - التوافق القانوني: حماية البيانات وفقا للقانون الجزائري 18-07
علاقة العملاء	**قنوات التوزيع**
- اتفاقيات مستوى الخدمة (SLA) لضمان الاستقرار والصيانة - مدير حساب الكتروني مخصص لدعم كل مؤسسة - منصة تدريب رقمية، وشهادات اعتماد للطواقم الطبية	- المبيعات المباشرة لمدراء المستشفيات والمؤسسات الأمنية - المناقصات العمومية وعقود الرقمنة الحكومية - المعارض الطبية والتكنولوجية، والشراكة مع شركات الرقمنة الصحية - حاضنات الابتكار ووكالات دعم المؤسسات الناشئة

الأنشطة الرئيسية	الشركاء الرئيسيون	الموارد الرئيسية
- تحسين خوارزميات معالجة الصور والتأمين البرمجي (الأمن السيبيراني) - اختبار النظام ميدانيا، والحصول على - التسويق وبناء العلاقات الاقتصادية	- حاضنة أعمال الجامعة، الجامعات، ومخابر البحث - وزارة الصحة، ووزارة الرقمنة - موردو العتاد البيومتري، وشركات التكنولوجيا الأمنية	- بشرية: مهندسو ذكاء اصطناعي، خبراء أمن سيبيراني، خبير قانوني، وفريق تسويق - ملكية فكرية: براءة اختراع وحقوق البرمجيات - مادية: كاميرات بيومترية، قاعدة بيانات تدريبية، وخوادم سحابية أمنة

مصدر الايرادات	هيكل التكاليف
- اشتراكات برمجية دورية (SaaS) شهرية أو سنوية - رسوم الربط بواجهات التطبيقات (API) بالبيانات - رسوم التركيب، الصيانة السنوية، والتدريب المستمر	- شراء الأجهزة البيومترية، تراخيص برمجية، واستضافة سحابية مؤمنة - أجور فريق التطوير، الصيانة الدورية، والتأمين السيبيراني - تكاليف التسويق، الدعم الفني، البحث والتطوير، والتكوين

المحور الخامس: الدراسة التقنية

5.1 احتياجات المشروع من الموارد البشرية

طبيعة المستخدمين	العدد	الكفاءات / الشهادات
المسير	1	شهادة ماستر أو دكتوراه (تسيير مؤسسات أو إعلام آلي مع كفاءة قيادية لإدارة الشركة)
الإطارات	3	مهندسو (ذكاء اصطناعي وتطوير برمجيات) لتطوير الخوارزميات وصيانة قاعدة البيانات، بالإضافة إلى مكلف بالتسويق الإلكتروني والعلاقات مع المستشفيات
عمال التحكم	1	تقني سامي في الإعلام الآلي أو سكرتارية لإدارة مكتب الدعم الفني والاتصالات
عمال التنفيذ	1	سائق أو عامل توصيل وتركيب العتاد في المستشفيات.

5.2 اختيار موقع إقامة المشروع والمبررات

الموقع: حاضنة الأعمال التابعة للمؤسسة الجامعية.

المبررات: الاستفادة التامة من الامتيازات المجانية (مكتب مؤثث، إنترنت عالي التدفق، قاعات اجتماعات)، القرب من المركز العلمي للجامعة لتطوير البحث، وتسهيل الإجراءات القانونية للحصول على وسم "مشروع مبتكر" (Label) والاستشارات المجانية من أساتذة الاقتصاد والقانون بالجامعة.

المحور السادس: الخطة المالية

6.1 تكاليف المشروع

6.1.2 تقدير المبلغ الإجمالي للاستثمار

الجدول 1 *المبلغ الاجمالي للاستثمار*

عتاد الإعلام الآلي: ثلاث حواسيب محمولة عالية الأداء (يحتوي كل منها على بطاقة شاشة قوية لتطوير وتدريب خوارزميات الذكاء الاصطناعي)	450,000 دج
برمجيات وأدوات التطوير: اشتراكات بيئات التطوير، أدوات فحص الأكواد، وتراخيص المكتبات البرمجية الخاصة.	60,000 دج
مصاريف عامة وتنقّلات أولية: مصاريف التنقل للمستشفيات لعمل الدراسات الميدانية الأولية واحتياجات الاستقبال.	580,000 دج
المبلغ الإجمالي للاستثمار(تكلفة المشروع)	

6.1.3 تقدير مشتريات المشروع من المواد الأولية

الجدول 2 *مشتريات المواد الأولية*

قائمة المواد الأولية		السنة 1
المادة الأولية 1: الكاميرات ماسحات بصمة العين بالأشعة تحت الحمراء (NIR Iris Scanners)	**الكمية المشتراة**	5 أجهزة (لـ 5 قاعات استقبال وفحص)
	سعر الوحدة	150,000 دج (15 مليون سنتيم)
	تكلفة شراء المادة الأولية 1	750,000 دج (75 مليون سنتيم)
المادة الأولية 2: تراخيص نظام التشغيل وقواعد البيانات المؤمنة	**الكمية المشتراة**	رخصة خادم مركزية واحدة للمستشفى
	سعر الوحدة	150,000 دج (15 مليون سنتيم)

	مبلغ المادة الأولية 2	150,000 دج (15 مليون سنتيم)
المادة الأولية 3: استضافة وتأمين السيرفر السحابي الطبي (HIPAA Cloud)	**الكمية المشتراة**	اشتراك سنوي للمستشفى
	سعر الوحدة	80,000 دج (8 ملاين سنتيم)
	تكلفة شراء المادة الأولية 3	80,000 دج (8 ملاين سنتيم)
إجمالي مبلغ المشتريات من المواد الأولية		980,000 دج (98 مليون سنتيم)

6.1.4 تقدير تكاليف اليد العاملة

الجدول 3 *تكاليف اليد العاملة*

تسمية المنصب	عدد العمال			قيمة الاجر		
	السنة 1	السنة 2	السنة 3	السنة 1	السنة 2	السنة 3
مهندس ذكاء اصطناعي	2	4	4	650,000	130,000	130,000
مهندس واجهات وقواعد بيانات (Full-Stack)	1	2	3	700,000	140,000	210,000
مكلف بالتسويق والعلاقات	1	2	4	550,000	110,000	220,000
المسير	1	2	2	800,000	160,000	160,000

إجمالي الأجور السنوية (تتزايد بنسبة 10% سنوياً لمواكبة التضخم والمكافآت)

6.1.5 تقدير التكاليف الخارجية للمشروع

الجدول 4 *التكاليف الخارجية*

البيان	السنة 01	السنة 02	السنة 03
تكاليف الصيانة والتصليح	40,000	60,000	80,000
تكاليف الإيجار	30,000	180,000	240,000
مصاريف تأمين العتاد والمعدات	30,000	35,000	40,000
مصاريف التسويق (الدعاية والإشهار)	80,000	100,000	120,000
تكاليف التكوين والتدريب	50,000	60,000	70,000
مصاريف عامة (أعباء خارجية) أخرى	120,000	150,000	180,000
المجموع	350,000	585,000	730,000

6.1.6 تقدير تكاليف اهتلاك الاستثمارات

الجدول 5 *تكاليف اهتلاك الاستثمارات*

البيان	مدة الاهتلاك (بالسنوات)	قسط الاهتلاك السنوي (دج)
الحواسيب والكاميرات	600,000	200,000
البرمجيات وأدوات التطوير	60,000	20,000
المبلغ الإجمالي	**660,000**	220,000

6.1.7 تقدير إيرادات المشروع

1. **تقديرحجم المبيعات السنوية**

- **الخدمة 1 (الاشتراك السنوي للبرنامج)** 300,000 :دج للمستشفى الواحد.
- **الخدمة 2 (رسوم التركيب والربط بالقواعد)** 150,000 :دج كدفعة أولى لمرة واحدة.
- **الخدمة 3 (عقود الصيانة والدعم الفني)** 100,000 :دج سنوياً لكل مستشفى.

الجدول 6 *المبيعات السنوية والأرباح*

البيان		السنة 1	السنة 2	السنة 3
المنتج /الخدمة 1: بيع رخصة استخدام تطبيق EyeID السنوية للمستشفيات (Subscription).	الكمية المباعة	5	12	22
	سعر الوحدة	300,000	300,000	300,000
	قيمة مبيعات المنتج 1	1,500,000	3,600,000	6,600,000
المنتج/الخدمة 2: رسوم التركيب الأولي وربط النظام بقواعد البيانات الداخلية للمستشفى (Setup).	الكمية المباعة	5	7	10
	سعر الوحدة	150,000	150,000	150,000
	قيمة مبيعات المنتج 2	750,000	750,000	750,000
المنتج/الخدمة 3: عقود الصيانة الدورية والدعم الفني السنوي للمؤسسات الصحية.	الكمية المباعة	5	12	22
	سعر الوحدة	100,000	100,000	100,000
	قيمة مبيعات المنتج 3	500,000	1,200,000	2,200,000
إجمالي المبيعات(دج)		2,750,000	5,850,000	10,300,000

2. حساب النتيجة السنوية (دج)

الجدول 7 *النتائج السنوية*

البيان	السنة 01	السنة 02	السنة 03
رقم الأعمال (المبيعات)	2,750,000	5,850,00	10,300,000
المشتريات المستهلكة	980,000	1,250,000	1,800,000
الأعباء الخارجية	320,000	585,000	730,000
القيمة المضافة	1,145,000	4,015,000	7,770,000
الأجور والأعباء الاجتماعية	3,720,000	4,092,000	4,501,000
إجمالي فائض الاستغلال	2,270,000- عجز أولي	77,000- نقطة التعادل	3,268,800 فائض مالي

الإهتلاكات و المؤونات	170,000	170,000	170,000
ناتج الاستغلال	2,440,000-	274,000-	3,098,800
الضرائب على الشركات/ IFU	0	0	0
صافي الدخل	2,440,000-	247,000-	3,098,800+
تطور رقم الأعمال			

قراءة مالية للجدول

يظهر الجدول عجزاً محاسبياً في السنة الأولى والثانية وهو أمر طبيعي في الشركات الناشئة البرمجية نتيجة كثافة الاستثمار الأولي في الأجور وتطوير الخوارزميات وتجهيز البنية التحتية، بينما تقفز الشركة إلى الربحية العالية بحلول **السنة الثالثة مليون سنتيم (3,098,800 دج)**، مدفوعاً بزيادة الاشتراكات السنوية التراكمية وانخفاض تكاليف **300**بصافي ربح يتجاوز التطوير البرمجي الثابتة.

ملاحظة قانونية

بصفة المشروع "مؤسسة ناشئة" أو "مشروع مبتكر" وفي إطار القرار الوزاري 008/1275 بالجزائر، فإن هناك الاستفادة بالاعفاء الضريبي الكامل.

المحور السابع: النموذج التجريبي الأولي

7.1 البيئة البرمجية والعتاد المستخدم

بناء وتطوير الواجهة الرسومية باستخدام لغات البرمجة المتوافقة مع الأنظمة المكتبية، والاعتماد على مكتبة **OpenCV** لمعالجة الصور، وقاعدة بيانات **SQLite** لضمان السرعة والأمان، مع استخدام صور معالجة بكاميرا ماسحة متخصصة للأشعة تحت الحمراء القريبة **(NIR)** لالتقاط بصمة القزحية بدقة.

7.2 خوارزميات معالجة الصور الرقمية واقتطاع القزحية

يمر النموذج الأولي بثلاث مراحل أساسية: التقاط الصورة، ثم تحديد واقتطاع منطقة القزحية والحدقة بدقة **(Iris Segmentation)** لعزل الأهداب والجفون، تليها مرحلة استخراج الميزات الفريدة وتحويلها إلى كود رقمي رياضي مشفر للمطابقة الفورية الفعالة.

7.3 نتائج اختبارات الأداء والكفاءة

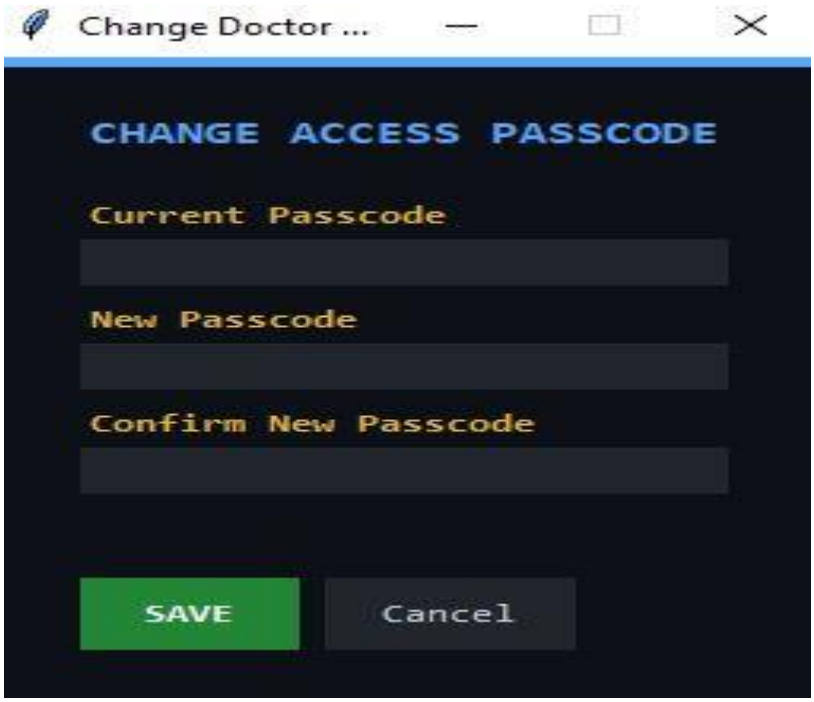
أظهر النموذج التجريبي الأولي سرعة استجابة عالية في التعرف الفوري ومطابقة البيانات في زمن يقل عن 3 ثوانٍ، مع تسجيل معدلات دقة متناهية ونسبة خطأ تكاد تنعدم **(Low FAR/FRR)** ، مما يثبت جاهزية النظام الفنية للانتقال من المرحلة المخبرية إلى البيئة التشغيلية الحقيقية بالمستشفيات.

7.4 صور واجهات النظام

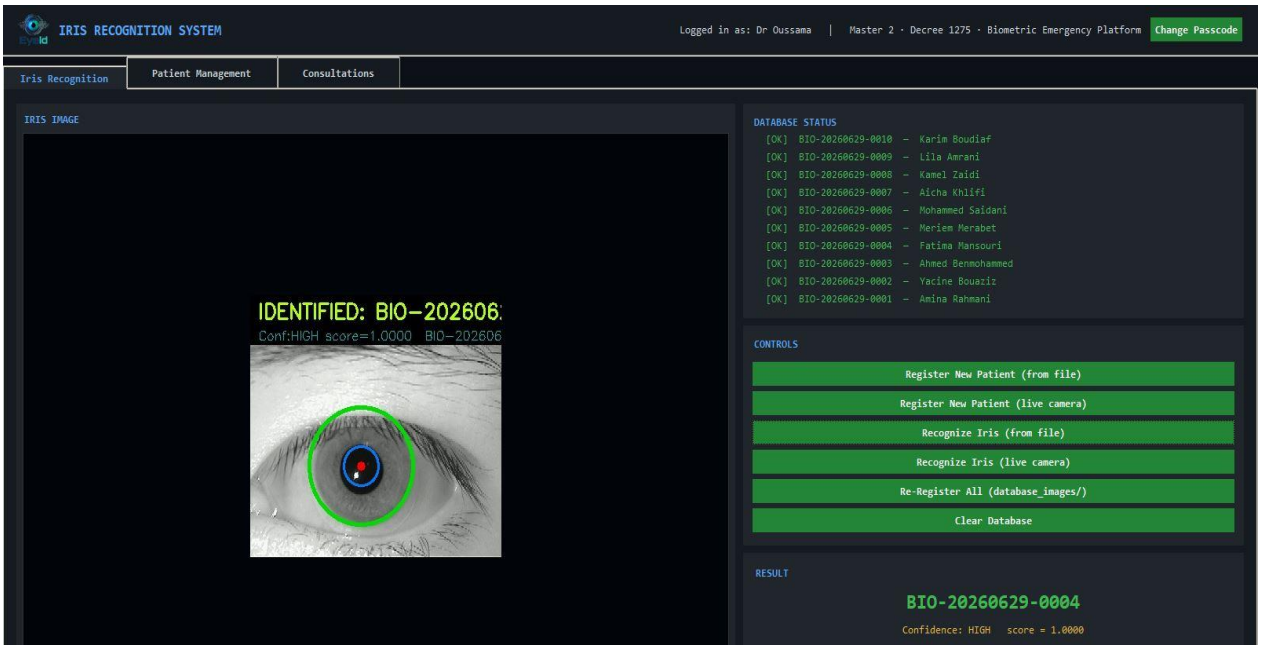
7.4.1 الواجهة الرئيسة الأمنية



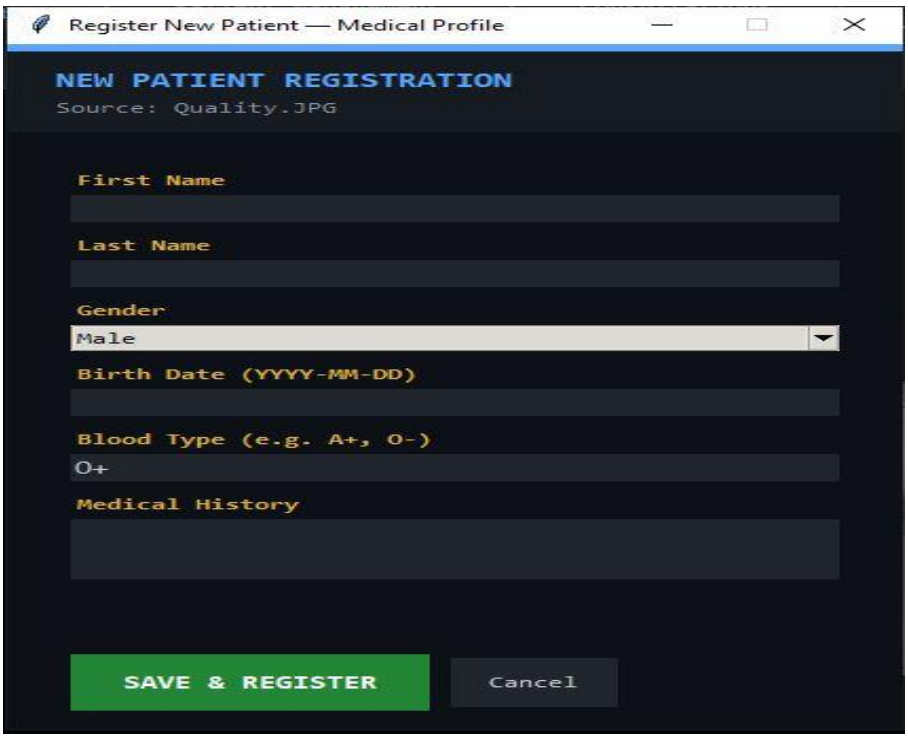
***الصورة 1**: واجهة الطبيب*



الصورة 2 واجهة تعديل الرقم السري



الصورة 3 واجهة التعرف على بصمة العين



الصورة 4 واجهة تسجيل مريض جديد بالبصمة

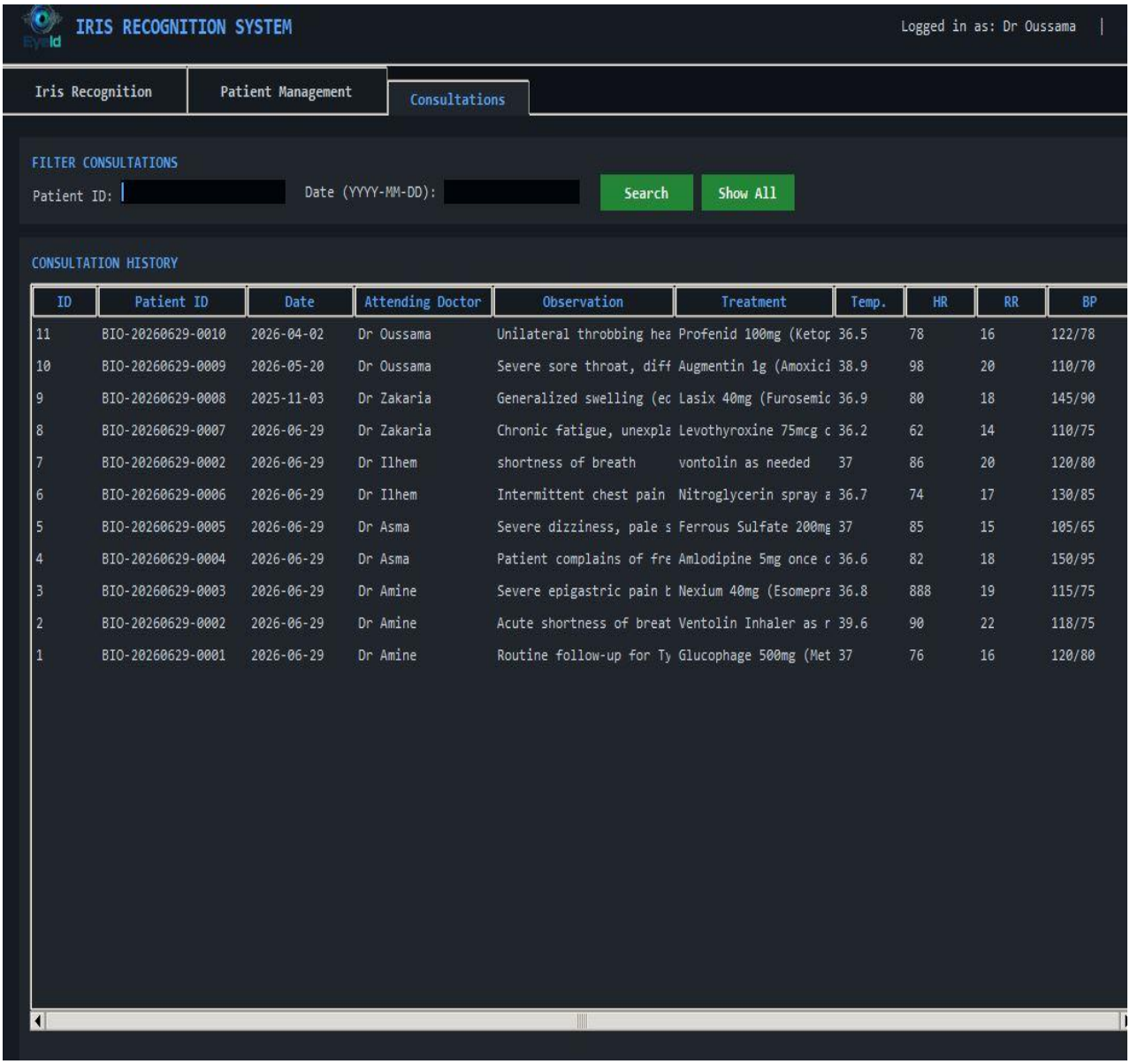


الصورة 5 *واجهة المريض غير المسجل (غير معروف)*

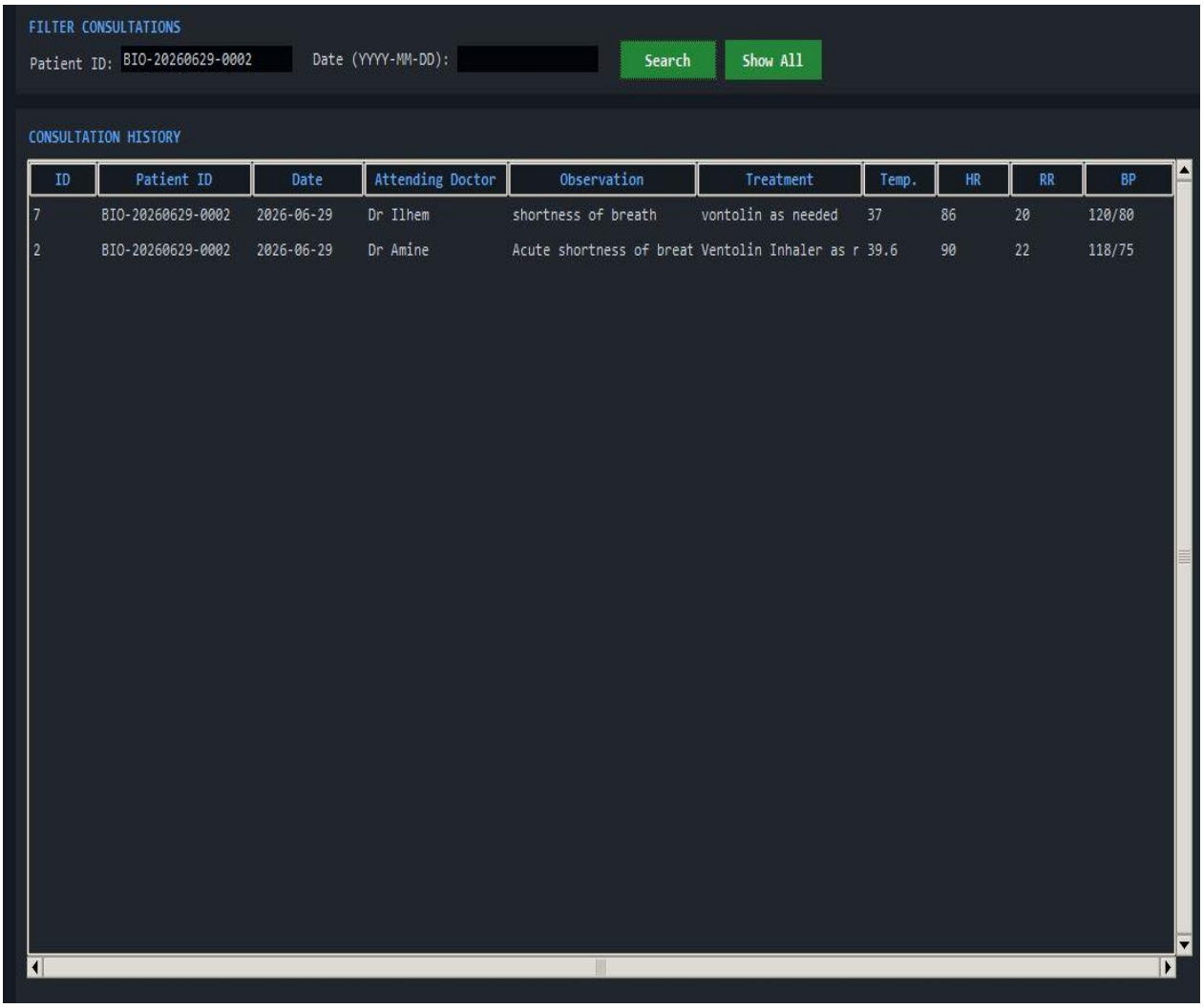


***الصورة** 6 واجهة التعرف على المريض المسجل*

7.4.2 واجهة الزيارات الطبية

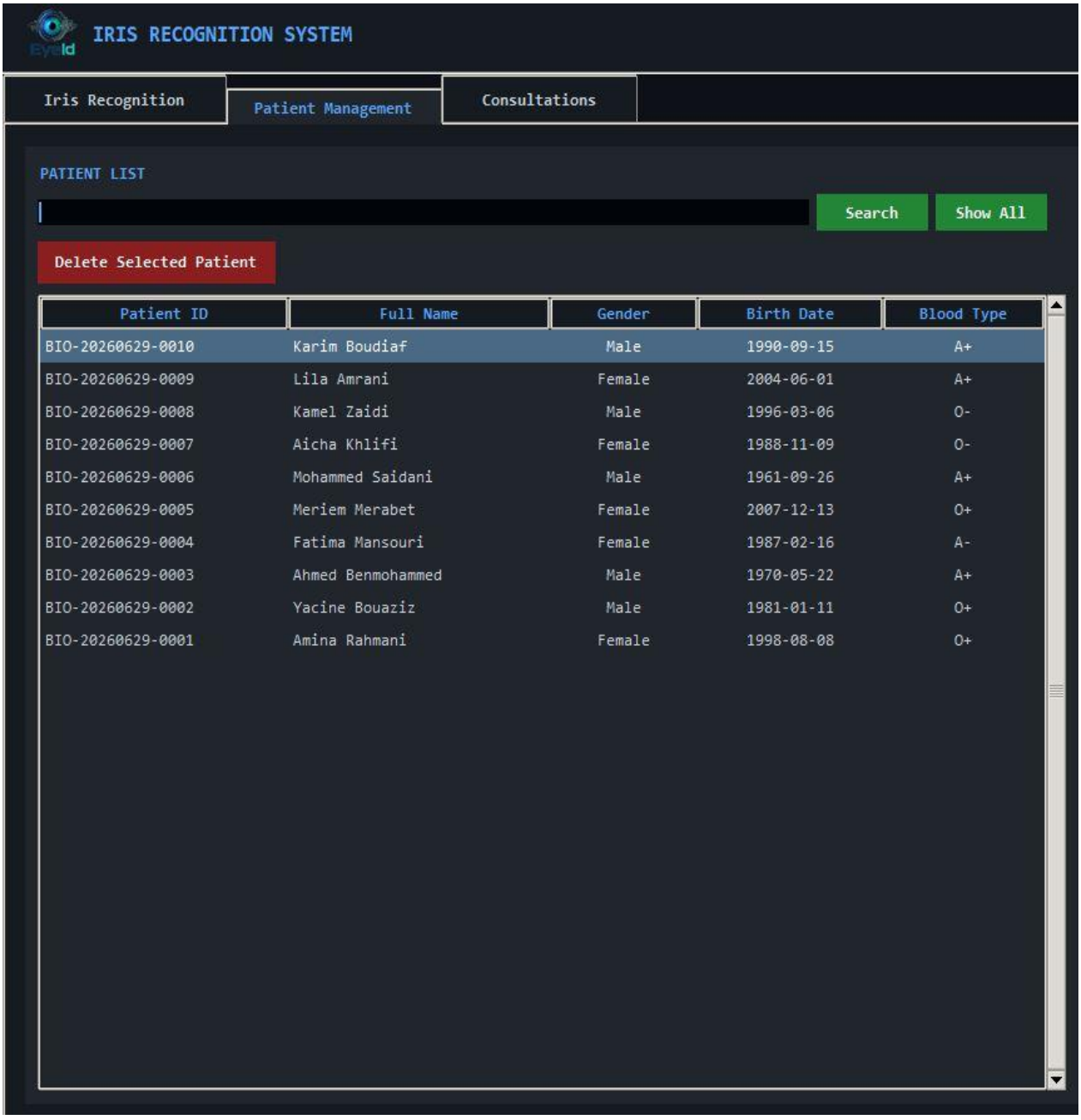


الصورة 7 *سجل الزيارات الطبية*

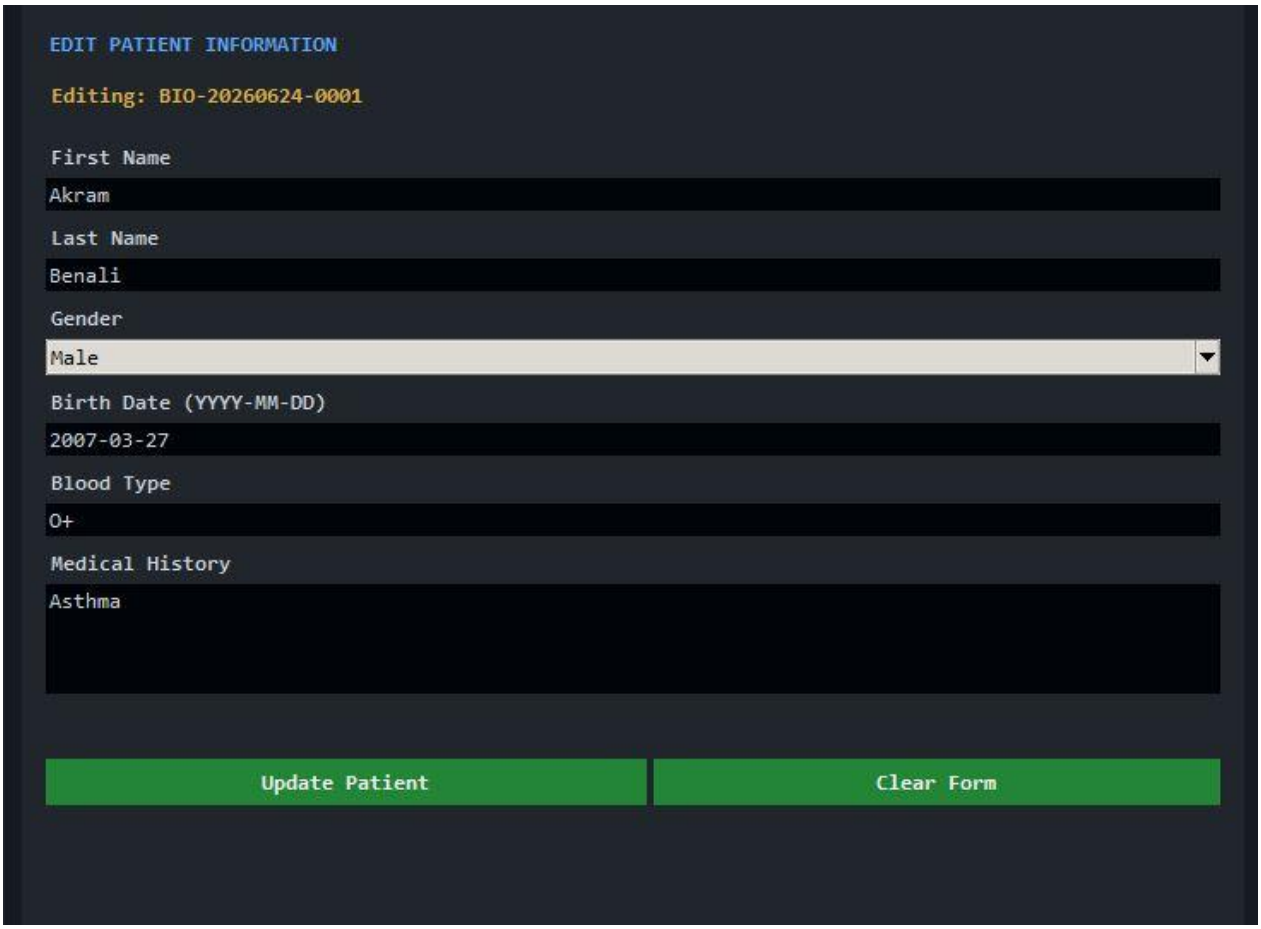


الصورة 8 استخراج سجل زيارات مريض محدد برقمه البيومتري

7.4.3 واجهة إدارة المرضى



الصورة 9 *قائمة المرضى المسجلين*



الصورة 10 *تحديث السجل الطبي للمريض*

الخاتمة

القيمة المضافة المتوقعة للمشروع على الاقتصاد المحلي والوطني

يساهم مشروع EYEID بشكل مباشر في دفع عجلة التحول الرقمي وعصرنة قطاع الصحة في الجزائر، وهو ما يتماشى تماماً مع الاستراتيجية الوطنية لتحديث المرفق العام.

تكمن القيمة المضافة في تقليص النفقات الإدارية الضخمة الموجهة للأوراق والبطاقات التقليدية، رفع كفاءة الاستقبال والخدمات الطبية في المستشفيات، والمساهمة الفعالة في إنقاذ الأرواح بأقسام الاستعجالات عبر الوصول الفوري للمعلومة الطبية الحرجة.

كما يوفر المشروع حلولاً بيومترية محلية الصنع وبكفاءات جزائرية 100%، مما يقلل التبعية التكنولوجية للخارج ويفتح مناصب شغل نوعية لخريجي جامعات الذكاء الاصطناعي، مع إمكانية تصدير هذه التكنولوجيا مستقبلاً للدول المجاورة.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Republique Algérienne Démocratique Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique

Université 20 août 1955 Skikda — جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة

Faculte des Sciences
Departement d'informatique

كلية العلوم
قسم الإعلام الآلي

الرقم: .... / ق/ / / ش ع/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : .....Hamrouche.....Houda.....

Certifie que l'étudiant(e) : .....Messikh.....Chaima.....

Spécialité : .....IA.....

Ayant soutenu le projet intitulé : .....Smart Iris Identification System for Healthcare Management . EYEID.....

A apporté les corrections nécessaires sur son manuscrit de Master.

Signature de l'encadreur