

# BÁO CÁO KỸ THUẬT

## HỆ THỐNG QUẢN LÝ THƯ VIỆN

Ngày 15 tháng 12 năm 2025

### Mục lục

<b>1</b>	<b>Context (Bối cảnh Dự án)</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Thiết kế Cơ sở Dữ liệu (Database Design)</b>	<b>2</b>
2.1	Dạng chưa chuẩn (UNF - Unnormalized Form)	2
2.2	Quy trình Chuẩn hóa dữ liệu (Normalization)	3
<b>3</b>	<b>Mô hình Quan hệ Thực thể (ERD)</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Giao diện Hệ thống (GUI Screenshots)</b>	<b>4</b>
4.1	Màn hình Dashboard	4
4.2	Màn hình Quản lý Sách	5
4.3	Màn hình Mượn/Trả (Loans)	5
<b>5</b>	<b>Kết quả Truy vấn (Query Results &amp; Interpretation)</b>	<b>6</b>
5.1	Truy vấn 1: Danh sách đang mượn (Inner Join)	6
5.2	Truy vấn 2: Danh sách toàn bộ thành viên (Left Join)	7
5.3	Truy vấn 3: Chi tiết Mượn trả Đầy đủ (Multi-table JOIN)	8
5.4	Truy vấn 4: Sách quá hạn (Overdue Logic)	9
<b>6</b>	<b>Phạm vi và Kết quả Kiểm thử (Test Coverage)</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Hạn chế và Hướng phát triển (Limitations)</b>	<b>11</b>
7.1	Hạn chế hiện tại	11
7.2	Hướng phát triển	11

# 1 Context (Bối cảnh Dự án)

Trong bối cảnh chuyển đổi số, việc quản lý thư viện bằng sổ sách thủ công bộc lộ nhiều hạn chế như: khó tra cứu, dễ thất lạc thông tin mượn trả và khó thống kê báo cáo.

Dự án **Library Management System** được xây dựng nhằm giải quyết các vấn đề trên. Đây là một ứng dụng Desktop (Windows/Linux) giúp thủ thư quản lý đầu sách, độc giả, và quy trình mượn trả một cách tự động, chính xác.

Mục tiêu chính của hệ thống:

- Quản lý vòng đời của sách (Nhập kho, Cho mượn, Trả về, Quá hạn).
- Đảm bảo tính toàn vẹn dữ liệu (Không xóa sách đang được mượn).
- Cung cấp các báo cáo thống kê nhanh chóng (KPIs, Biểu đồ).

## 2 Thiết kế Cơ sở Dữ liệu (Database Design)

Để đảm bảo dữ liệu không bị trùng lặp và nhất quán, quá trình thiết kế Database đã trải qua các bước chuẩn hóa từ dạng chưa chuẩn (UNF) đến dạng chuẩn 3 (3NF).

### 2.1 Dạng chưa chuẩn (UNF - Unnormalized Form)

Ban đầu, dữ liệu được lưu trữ, chứa tất cả thông tin trong một bảng duy nhất. Điều này gây dư thừa dữ liệu lớn.

*Ví dụ dữ liệu UNF:*

Bảng 1: Ví dụ dữ liệu dạng chưa chuẩn hóa (UNF)

BorrowerID	BorrowerName	BookID	BookTitle	AuthorName	BorrowedDate	DueDate	Status
1	Nguyễn Văn A	101	Dế Mèn	Tô Hoài	01/01/2023	15/01/2023	Đang mượn
1	Nguyễn Văn A	102	Đất Rừng	Đoàn Giỏi	02/01/2023	16/01/2023	Đã trả

**Các nhược điểm cụ thể của dạng bảng này bao gồm:**

- **Dư thừa dữ liệu (Data Redundancy):** Thông tin (như tên sách, tác giả) bị lặp lại nhiều lần ở các dòng khác nhau, gây lãng phí bộ nhớ.
- **Bất thường cập nhật (Update Anomaly):** Khi muốn sửa thông tin (ví dụ: sửa tên tác giả), phải cập nhật đồng loạt trên mọi dòng chứa thông tin đó. Nếu sót, dữ liệu sẽ bị sai lệch hoặc không nhất quán.
- **Bất thường thêm mới (Insertion Anomaly):** Không thể thêm một đối tượng độc lập (ví dụ: sách mới nhập về) vào hệ thống nếu chưa có giao dịch phát sinh (chưa có người mượn).
- **Bất thường xóa (Deletion Anomaly):** Khi xóa lịch sử mượn trả, có nguy cơ xóa mất luôn thông tin gốc duy nhất về sách hoặc độc giả đó khỏi cơ sở dữ liệu.

## 2.2 Quy trình Chuẩn hóa dữ liệu (Normalization)

Để giải quyết các vấn đề dư thừa và bất thường dữ liệu nêu trên, cấu trúc bảng được chuẩn hóa qua các bước sau:

### Bước 1: UNF → 1NF (Dạng chuẩn 1)

**Yêu cầu:** Đảm bảo tính nguyên tử của dữ liệu (mỗi ô chứa một giá trị đơn) và xác định khóa chính.

- Chọn khóa chính cho bảng là `LoanID` (hoặc khóa phức hợp `BorrowerID, BookID, BorrowedDate`).
- Dữ liệu hiện tại đã thỏa mãn tính nguyên tử (Atomic).
- *Vấn còn vấn đề:* Dư thừa thông tin độc giả và sách trong mỗi lần mượn.

### Bước 2: 1NF → 2NF (Dạng chuẩn 2)

**Yêu cầu:** Loại bỏ *phụ thuộc hàm một phần* (Partial Dependency). Các thuộc tính không khóa phải phụ thuộc hoàn toàn vào khóa chính.

- Tách thông tin của đối tượng tham gia ra khỏi thông tin giao dịch:
- **Tách bảng Borrowers:** `BorrowerID` → `BorrowerName`.
- **Tách bảng Books (tạm thời):** `BookID` → `BookTitle, AuthorName`.
- **Bảng Loans (còn lại):** `LoanID` → `BorrowerID, BookID, Dates, Status`.
- *Vấn còn vấn đề:* Trong bảng Books, `AuthorName` phụ thuộc vào tác giả chứ không phụ thuộc trực tiếp vào cuốn sách (Phụ thuộc bắc cầu).

### Bước 3: 2NF → 3NF (Dạng chuẩn 3)

**Yêu cầu:** Loại bỏ *phụ thuộc bắc cầu* (Transitive Dependency). Các thuộc tính không khóa không được phụ thuộc vào thuộc tính không khóa khác.

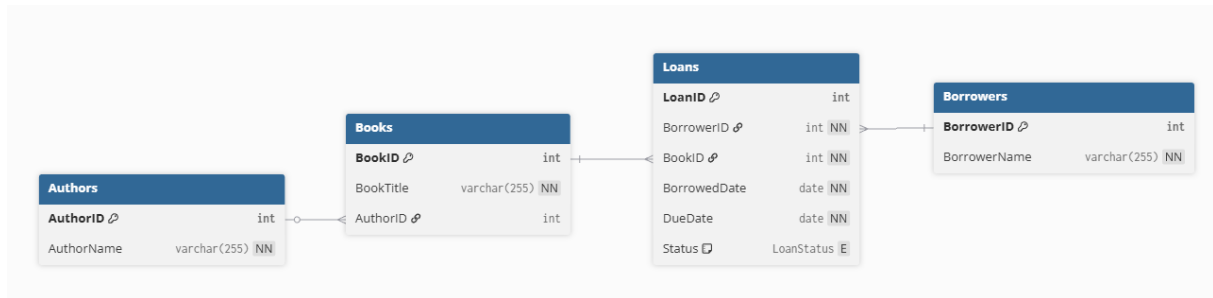
- Tách thông tin tác giả ra khỏi bảng sách để tránh lặp lại tên tác giả nếu họ viết nhiều sách.
- **Tách bảng Authors:** `AuthorID` → `AuthorName`.
- **Cập nhật bảng Books:** Chỉ giữ lại khóa ngoại `AuthorID` tham chiếu tới bảng Authors.

### Kết quả sau chuẩn hóa (Schema thiết kế):

- **Borrowers:** (`BorrowerID`, `BorrowerName`)
- **Authors:** (`AuthorID`, `AuthorName`)
- **Books:** (`BookID`, `BookTitle`, `AuthorID`)
- **Loans:** (`LoanID`, `BorrowerID`, `BookID`, `BorrowedDate`, `DueDate`, `Status`)

### 3 Mô hình Quan hệ Thực thể (ERD)

Dưới đây là sơ đồ ERD thể hiện mối quan hệ giữa các bảng trong hệ thống:



Hình 1: Sơ đồ ERD của hệ thống Library Management

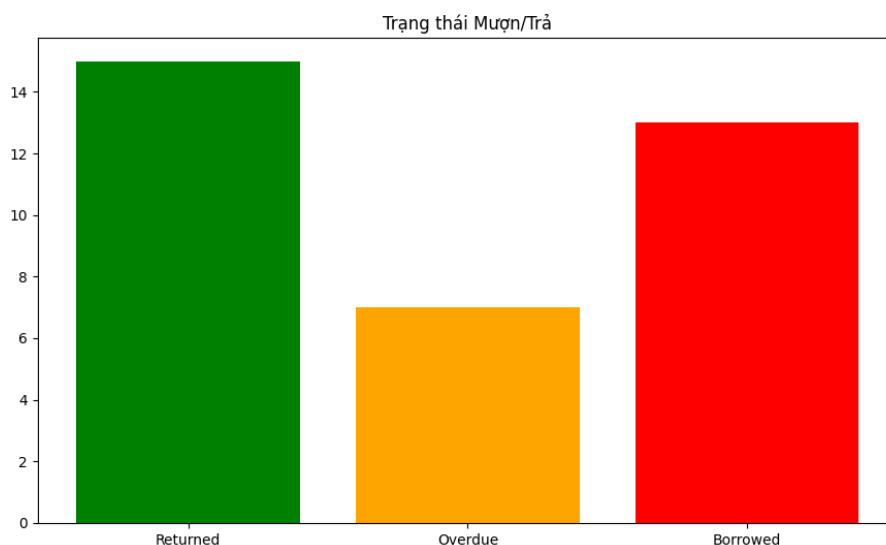
#### Giải thích quan hệ:

- **Authors - Books (1:N):** Một tác giả có thể viết nhiều sách.
- **Borrowers - Loans (1:N):** Một bạn đọc có thể thực hiện nhiều lần mượn.
- **Books - Loans (1:N):** Một cuốn sách có thể xuất hiện trong nhiều phiếu mượn (ở các thời điểm khác nhau).

### 4 Giao diện Hệ thống (GUI Screenshots)

#### 4.1 Màn hình Dashboard

Hiển thị các chỉ số KPIs quan trọng và biểu đồ trạng thái thời gian thực.



Hình 2: Giao diện Dashboard thống kê

## 4.2 Màn hình Quản lý Sách

Cho phép thêm, sửa, xóa sách và gán tác giả tương ứng.

Sách

Title:

Tim

AuthorID:

Thêm

Sửa

Xóa

Reset

ID	Title	AuthorID
1	Harry Potter and the Sorcerers Stone	1
2	Harry Potter and the Chamber of Secrets	1
3	1984	2
4	Animal Farm	2
5	Chi Pheo	3
6	Doi Thua	3
7	Mat Biec	4
8	Kinh Van Hoa	4
9	Norwegian Wood	5
10	Kafka on the Shore	5
11	Murder on the Orient Express	6
12	It	7
13	De Men Phieu Luu Ky	8
14	The Old Man and the Sea	9
15	Sherlock Holmes: A Study in Scarlet	10

Hình 3: Giao diện Quản lý Sách

## 4.3 Màn hình Mượn/Trả (Loans)

Xử lý nghiệp vụ cốt lõi, thay đổi trạng thái từ "Borrowed" sang "Returned".

Library Manager - MVC Architecture (All in App)						
Dashboard Borrowers Authors Books Loans Reports						
Mượn Trả						
<div> <div>ALL</div> <div>Lọc</div> <div> <div>BorrowerID:</div> <div>BookID:</div> </div> <div> <div>BorrowDate:</div> <div>DueDate:</div> </div> <div> <div>Status: Borrowed</div> </div> <div> <div>Mượn Mới</div> <div>Update</div> <div>Xóa</div> <div>Reload</div> </div> </div>						
LID	BID	BookID	BDate	DDate		
1	1	1	2023-01-10	2023-01-24	Returned	
2	2	3	2023-02-05	2023-02-19	Returned	
3	3	5	2023-03-12	2023-03-26	Returned	
4	4	7	2023-05-20	2023-06-03	Returned	
5	5	2	2023-06-15	2023-06-29	Returned	
6	1	4	2024-01-10	2024-01-24	Returned	
7	2	6	2024-02-14	2024-02-28	Returned	
8	6	8	2024-03-01	2024-03-15	Returned	
9	7	10	2024-04-10	2024-04-24	Returned	
10	8	12	2024-05-05	2024-05-19	Returned	
11	9	14	2024-06-20	2024-07-04	Returned	
12	10	1	2024-07-01	2024-07-15	Returned	
13	11	3	2024-08-10	2024-08-24	Returned	
14	12	5	2024-09-05	2024-09-19	Returned	
15	1	15	2024-10-01	2024-10-15	Returned	
16	2	1	2024-11-01	2024-11-15	Overdue	
17	3	2	2024-12-01	2024-12-15	Overdue	
18	4	4	2025-01-10	2025-01-24	Overdue	
19	5	6	2025-02-01	2025-02-15	Overdue	
20	6	9	2025-03-05	2025-03-19	Overdue	
21	7	11	2025-04-01	2025-04-15	Overdue	
22	8	13	2025-05-10	2025-05-24	Overdue	
23	1	7	2025-06-01	2025-06-15	Borrowed	
24	9	15	2025-12-01	2025-12-15	Borrowed	

Hình 4: Giao diện Mượn Trả Sách

## 5 Kết quả Truy vấn (Query Results & Interpretation)

Hệ thống cung cấp các báo cáo trích xuất dữ liệu dựa trên các kỹ thuật kết nối bảng (JOINS) và lọc điều kiện nâng cao.

### 5.1 Truy vấn 1: Danh sách đang mượn (Inner Join)

**Mục đích:** Lấy danh sách chi tiết gồm Tên bạn đọc và Tên sách đang mượn. Truy vấn này chỉ trả về dữ liệu khi có sự liên kết chặt chẽ giữa hai bảng.

```

BorrowerName,BookTitle,Status
Nguyen Van An,Harry Potter and the Sorcerers Stone,Returned
Nguyen Van An,Animal Farm,Returned
Nguyen Van An,Sherlock Holmes: A Study in Scarlet,Returned
Nguyen Van An,Mat Biec,Borrowed
Nguyen Van An,Kinh Van Hoa,Borrowed
Tran Thi Bich,1984,Returned
Tran Thi Bich,Doi Thua,Returned
Tran Thi Bich,Harry Potter and the Sorcerers Stone,Overdue
Tran Thi Bich,Chi Pheo,Borrowed
Le Van Cuong,Chi Pheo,Returned
Le Van Cuong,Harry Potter and the Chamber of Secrets,Overdue
Le Van Cuong,1984,Borrowed
Pham Thi Dung,Mat Biec,Returned
Pham Thi Dung,Animal Farm,Overdue
Pham Thi Dung,Harry Potter and the Sorcerers Stone,Borrowed
Hoang Van Em,Harry Potter and the Chamber of Secrets,Returned
Hoang Van Em,Doi Thua,Overdue
Hoang Van Em,Murder on the Orient Express,Borrowed
Vu Thi Phuong,Kinh Van Hoa,Returned
Vu Thi Phuong,Norwegian Wood,Overdue
Vu Thi Phuong,De Men Phieu Luu Ky,Borrowed
Dang Van Giang,Kafka on the Shore,Returned
Dang Van Giang,Murder on the Orient Express,Overdue
Dang Van Giang,Harry Potter and the Chamber of Secrets,Borrowed
Bui Thi Hang,It,Returned
Bui Thi Hang,De Men Phieu Luu Ky,Overdue
Bui Thi Hang,Animal Farm,Borrowed
Ngo Van Hung,The Old Man and the Sea,Returned
Ngo Van Hung,Sherlock Holmes: A Study in Scarlet,Borrowed
Do Thi Kieu,Harry Potter and the Sorcerers Stone,Returned
Do Thi Kieu,The Old Man and the Sea,Borrowed
Ly Van Lam,1984,Returned
Ly Van Lam,It,Borrowed
Trinh Thi Mai,Chi Pheo,Returned
Trinh Thi Mai,Kafka on the Shore,Borrowed

```

Hình 5: Báo cáo danh sách sách đang được mượn

**Giải thích:** Kết quả hiển thị chính xác ai đang giữ cuốn sách nào. Điểm đặc biệt của *Inner Join* là những bạn đọc chưa từng mượn sách hoặc những cuốn sách chưa từng được mượn sẽ **không xuất hiện** trong báo cáo này.

## 5.2 Truy vấn 2: Danh sách toàn bộ thành viên (Left Join)

**Mục đích:** Lấy danh sách tất cả bạn đọc có trong hệ thống, bao gồm cả những người chưa mượn sách nào.

BorrowerName	BookTitle	Status
Nguyen Van An	Harry Potter and the Sorcerers Stone	Returned
Nguyen Van An	Animal Farm	Returned
Nguyen Van An	Sherlock Holmes: A Study in Scarlet	Returned
Nguyen Van An	Mat Biec	Borrowed
Nguyen Van An	Kinh Van Hoa	Borrowed
Tran Thi Bich	1984	Returned
Tran Thi Bich	Doi Thua	Returned
Tran Thi Bich	Harry Potter and the Sorcerers Stone	Overdue
Tran Thi Bich	Chi Pheo	Borrowed
Le Van Cuong	Chi Pheo	Returned
Le Van Cuong	Harry Potter and the Chamber of Secrets	Overdue
Le Van Cuong	1984	Borrowed
Pham Thi Dung	Mat Biec	Returned
Pham Thi Dung	Animal Farm	Overdue
Pham Thi Dung	Harry Potter and the Sorcerers Stone	Borrowed
Hoang Van Em	Harry Potter and the Chamber of Secrets	Returned
Hoang Van Em	Doi Thua	Overdue
Hoang Van Em	Murder on the Orient Express	Borrowed
Vu Thi Phuong	Kinh Van Hoa	Returned
Vu Thi Phuong	Norwegian Wood	Overdue
Vu Thi Phuong	De Men Phieu Luu Ky	Borrowed
Dang Van Giang	Kafka on the Shore	Returned
Dang Van Giang	Murder on the Orient Express	Overdue
Dang Van Giang	Harry Potter and the Chamber of Secrets	Borrowed
Bui Thi Hang	It	Returned
Bui Thi Hang	De Men Phieu Luu Ky	Overdue
Bui Thi Hang	Animal Farm	Borrowed
Ngo Van Hung	The Old Man and the Sea	Returned
Ngo Van Hung	Sherlock Holmes: A Study in Scarlet	Borrowed
Do Thi Kieu	Harry Potter and the Sorcerers Stone	Returned
Do Thi Kieu	The Old Man and the Sea	Borrowed
Ly Van Lam	1984	Returned
Ly Van Lam	It	Borrowed
Trinh Thi Mai	Chi Pheo	Returned
Trinh Thi Mai	Kafka on the Shore	Borrowed

Hình 6: Báo cáo toàn bộ thành viên và lịch sử hoạt động

**Giải thích:** Khác với Truy vấn 1, kết quả này sử dụng *Left Join* để liệt kê toàn bộ hồ sơ bạn đọc. Nếu bạn đọc chưa mượn sách, các cột thông tin sách (Tên sách, Ngày mượn) sẽ hiển thị giá trị NULL (hoặc để trống), giúp người quản lý nắm bắt được tổng quan quy mô đọc giả.

### 5.3 Truy vấn 3: Chi tiết Mượn trả Đầy đủ (Multi-table JOIN)

**Mục đích:** Tổng hợp thông tin toàn diện về các giao dịch mượn sách bằng cách liên kết dữ liệu từ 4 bảng khác nhau: Borrowers, Books, Authors và Loans.

Truy vấn này trích xuất các cột thông tin cụ thể:

- **Borrower Name:** Tên bạn đọc.
- **Book Title:** Tiêu đề sách.



- **Author Name:** Tên tác giả (Lấy từ bảng Authors thông qua bảng Books).
- **Borrowed Date & Due Date:** Thời gian mượn và hạn trả
- **Status** Trạng thái mượn sách.

1	BorrowerName,BookTitle,AuthorName,BorrowedDate,DueDate,Status
2	Nguyen Van An,Harry Potter and the Sorcerers Stone,J.K. Rowling,2023-01-10,2023-01-24,Returned
3	Do Thi Kieu,Harry Potter and the Sorcerers Stone,J.K. Rowling,2024-07-01,2024-07-15,Returned
4	Tran Thi Bich,Harry Potter and the Sorcerers Stone,J.K. Rowling,2024-11-01,2024-11-15,Overdue
5	Pham Thi Dung,Harry Potter and the Sorcerers Stone,J.K. Rowling,2025-12-14,2025-12-28,Borrowed
6	Hoang Van Em,Harry Potter and the Chamber of Secrets,J.K. Rowling,2023-06-15,2023-06-29,Returned
7	Le Van Cuong,Harry Potter and the Chamber of Secrets,J.K. Rowling,2024-12-01,2024-12-15,Overdue
8	Dang Van Giang,Harry Potter and the Chamber of Secrets,J.K. Rowling,2025-12-15,2025-12-29,Borrowed
9	Tran Thi Bich,1984,George Orwell,2023-02-05,2023-02-19,Returned
10	Ly Van Lam,1984,George Orwell,2024-08-10,2024-08-24,Returned
11	Le Van Cuong,1984,George Orwell,2025-12-13,2025-12-27,Borrowed
12	Nguyen Van An,Animal Farm,George Orwell,2024-01-10,2024-01-24,Returned
13	Pham Thi Dung,Animal Farm,George Orwell,2025-01-10,2025-01-24,Overdue
14	Bui Thi Hang,Animal Farm,George Orwell,2025-12-15,2025-12-29,Borrowed
15	Le Van Cuong,Chi Pheo,Nam Cao,2023-03-12,2023-03-26,Returned
16	Trinh Thi Mai,Chi Pheo,Nam Cao,2024-09-05,2024-09-19,Returned
17	Tran Thi Bich,Chi Pheo,Nam Cao,2025-12-12,2025-12-26,Borrowed
18	Tran Thi Bich,Doi Thua,Nam Cao,2024-02-14,2024-02-28,Returned
19	Hoang Van Em,Doi Thua,Nam Cao,2025-02-01,2025-02-15,Overdue
20	Pham Thi Dung,Mat Biec,Nguyen Nhat Anh,2023-05-20,2023-06-03,Returned
21	Nguyen Van An,Mat Biec,Nguyen Nhat Anh,2025-06-01,2025-06-15,Borrowed
22	Vu Thi Phuong,Kinh Van Hoa,Nguyen Nhat Anh,2024-03-01,2024-03-15,Returned
23	Nguyen Van An,Kinh Van Hoa,Nguyen Nhat Anh,2025-12-12,2025-12-26,Borrowed
24	Vu Thi Phuong,Norwegian Wood,Haruki Murakami,2025-03-05,2025-03-19,Overdue
25	Dang Van Giang,Kafka on the Shore,Haruki Murakami,2024-04-10,2024-04-24,Returned
26	Trinh Thi Mai,Kafka on the Shore,Haruki Murakami,2025-12-11,2025-12-25,Borrowed
27	Dang Van Giang,Murder on the Orient Express,Agatha Christie,2025-04-01,2025-04-15,Overdue
28	Hoang Van Em,Murder on the Orient Express,Agatha Christie,2025-12-14,2025-12-28,Borrowed
29	Bui Thi Hang,It,Stephen King,2024-05-05,2024-05-19,Returned
30	Ly Van Lam,It,Stephen King,2025-12-10,2025-12-24,Borrowed
31	Bui Thi Hang,De Men Phieu Luu Ky,To Hoai,2025-05-10,2025-05-24,Overdue
32	Vu Thi Phuong,De Men Phieu Luu Ky,To Hoai,2025-12-15,2025-12-29,Borrowed
33	Ngo Van Hung,The Old Man and the Sea,Ernest Hemingway,2024-06-20,2024-07-04,Returned
34	Do Thi Kieu,The Old Man and the Sea,Ernest Hemingway,2025-12-05,2025-12-19,Borrowed
35	Nguyen Van An,Sherlock Holmes: A Study in Scarlet,Arthur Conan Doyle,2024-10-01,2024-10-15,Returned
36	Ngo Van Hung,Sherlock Holmes: A Study in Scarlet,Arthur Conan Doyle,2025-12-01,2025-12-15,Borrowed

Hình 7: Kết quả truy vấn liên kết đa bảng (Multi-table JOIN)

**Giải thích:** Đây là truy vấn phức tạp nhất trong hệ thống, minh họa việc sử dụng kỹ thuật JOIN trên nhiều bảng (3+ tables). Nó giúp thủ thư có cái nhìn đầy đủ chi tiết về một phiếu mượn (biết được cả tác giả của cuốn sách đang mượn là ai) mà không cần phải tra cứu thủ công qua từng bảng riêng lẻ.

## 5.4 Truy vấn 4: Sách quá hạn (Overdue Logic)

**Mục đích:** Lọc ra các phiếu mượn có trạng thái là "Overdue"(Quá hạn) HOẶC các phiếu đang mượn nhưng ngày hiện tại đã vượt quá ngày hạn trả ( $\text{DueDate} < \text{CURDATE}()$ ).

```
LoanID,BorrowerName,BookTitle,DueDate,Status
16,Tran Thi Bich,Harry Potter and the Sorcerers Stone,2024-11-15,Overdue
17,Le Van Cuong,Harry Potter and the Chamber of Secrets,2024-12-15,Overdue
18,Pham Thi Dung,Animal Farm,2025-01-24,Overdue
19,Hoang Van Em,Doi Thua,2025-02-15,Overdue
20,Vu Thi Phuong,Norwegian Wood,2025-03-19,Overdue
21,Dang Van Giang,Murder on the Orient Express,2025-04-15,Overdue
22,Bui Thi Hang,De Men Phieu Luu Ky,2025-05-24,Overdue
23,Nguyen Van An,Mat Biec,2025-06-15,Borrowed
```

Hình 8: Danh sách các khoản vay trễ hạn trả

**Giải thích:** Đây là danh sách cảnh báo ("Blacklist") quan trọng nhất đối với thủ thư. Báo cáo này giúp xác định nhanh chóng các trường hợp vi phạm quy định trả sách để thực hiện các biện pháp nhắc nhở hoặc xử lý vi phạm kịp thời.

## 6 Phạm vi và Kết quả Kiểm thử (Test Coverage)

- **Phương pháp:** Unit Test kết hợp Mock Object.
- **Công cụ:** Thư viện `unittest` và `unittest.mock`.
- **Phạm vi kiểm thử (Test Coverage):**

Để đảm bảo chất lượng phần mềm, chúng tôi đã thực hiện 17 kịch bản kiểm thử (Test Cases - TC) chia làm 7 giai đoạn. Dưới đây là chi tiết:

### 1. Giai đoạn 1: Cấu hình & Kết nối (Smoke Test)

- **TC01 - Sai mật khẩu DB:** Đảm bảo ứng dụng hiện thông báo lỗi kết nối rõ ràng thay vì bị crash (tắt đột ngột) khi sai cấu hình `.env`.

### 2. Giai đoạn 2: Quản lý Bạn đọc & Tác giả (Data Validation)

- **TC02 - Nhập rỗng (Empty Input):** Hệ thống từ chối lưu và báo lỗi nếu người dùng để trống tên.
- **TC03 - Nhập ký tự đặc biệt:** Đảm bảo cơ sở dữ liệu lưu trữ đúng font tiếng Việt (UTF-8) và các ký tự lạ.
- **TC04 - Xóa bạn đọc "sạch":** Cho phép xóa thành công hồ sơ bạn đọc nếu người đó chưa phát sinh giao dịch mượn sách.

### 3. Giai đoạn 3: Quản lý Sách (Foreign Key Logic)

- **TC05 - Thêm sách không có Tác giả:** Cho phép thêm sách với trường `AuthorID` để trống (NULL).
- **TC06 - Thêm sách sai Author ID:** Báo lỗi nếu người dùng cố tình nhập ID tác giả không tồn tại trong hệ thống.
- **TC07 - Sửa thông tin sách:** Đảm bảo thông tin sách cập nhật ngay lập tức trên bảng hiển thị sau khi sửa.

### 4. Giai đoạn 4: Nghiệp vụ Mượn/Trả (Core Business Rules)

- **TC08 - Validate Ngày tháng:** Báo lỗi nếu *Ngày trả* nhỏ hơn *Ngày mượn*.

- **TC09 - Validate ID ảo:** Báo lỗi nếu nhập ID Sách hoặc ID Bạn đọc không tồn tại trong kho.
- **TC10 - Mượn sách thành công:** Quy trình mượn hợp lệ, trạng thái chuyển sang "Borrowed".
- **TC11 - Rule: Sách đang bận:** Hệ thống chặn mượn nếu cuốn sách đó đang được người khác giữ (chưa trả).
- **TC12 - Rule: Chặn nợ xấu:** Hệ thống chặn mượn nếu bạn đọc đang có sách quá hạn (Overdue) hoặc sách chưa trả.
- **TC13 - Quy trình Trả sách:** Cập nhật trạng thái từ "Borrowed" sang "Returned" thành công.

#### 5. Giai đoạn 5: Tính toàn vẹn dữ liệu (Data Integrity)

- **TC14 - Xóa Sách đang được mượn:** Hệ thống từ chối lệnh xóa để bảo vệ lịch sử mượn trả.
- **TC15 - Xóa Bạn đọc đang giữ sách:** Hệ thống từ chối lệnh xóa để tránh mất dấu người đang giữ tài sản thư viện.

#### 6. Giai đoạn 6 & 7: Báo cáo & Dashboard

- **TC16 - Xuất file CSV:** File báo cáo được tạo thành công, dữ liệu khớp với Database.
- **TC17 - Cập nhật Real-time:** Các chỉ số KPIs và biểu đồ trên Dashboard tự động thay đổi khi có dữ liệu mới thêm vào.

**Kết quả:** 100% (17/17) kịch bản kiểm thử đều đạt trạng thái green!60!blackPASS khi chạy với thư viện unittest.

## 7 Hạn chế và Hướng phát triển (Limitations)

### 7.1 Hạn chế hiện tại

- **Bảo mật:** Chưa có hệ thống Đăng nhập/Phân quyền (Admin/Staff).
- **Môi trường:** Chỉ hoạt động trên mạng nội bộ (Localhost), chưa hỗ trợ Cloud Database để truy cập từ xa.
- **Giao diện:** Sử dụng Tkinter cổ điển, chưa hiện đại và mượt mà như Web App.

### 7.2 Hướng phát triển

- Chuyển đổi sang kiến trúc Web (sử dụng Flask/Django) để quản lý từ xa.
- Thêm tính năng gửi Email nhắc nhở tự động khi sách sắp đến hạn trả.