

Đồ án tốt nghiệp

Duc Ho V

July 2023

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	4
1 Giới Thiệu	5
1.1 Lý do chọn đề tài	5
1.2 Giải pháp	6
1.3 Mục Tiêu	8
1.4 Phạm vi đề tài	8
1.5 Bố cục chương	9
2 Cơ sở lý thuyết	10
2.1 Nhận dạng ký tự quang học	10
2.1.1 Nhận dạng ký tự quang học là gì?	10
2.1.2 Lịch sử của OCR	12
2.1.3 Nguyên tắc hoạt động của OCR	14
2.2 OCR dựa trên mẫu và OCR dựa trên AI	15
2.2.1 OCR dựa trên mẫu	15
2.2.2 OCR Dựa trên AI	16
2.3 Học sâu	17
2.3.1 Học sâu là gì?	17
2.3.2 Kiến trúc mạng nơ-ron nhân tạo	18
2.3.3 Transformer	20
2.3.4 Ứng dụng trong OCR	24
2.4 Các thuật toán OCR	25
2.4.1 Phát hiện văn bản	25
2.4.2 Nhận dạng văn bản	26
2.4.3 Nhận dạng cấu trúc tài liệu	28
3 Phương Pháp Thực hiện	33
3.1 Phần mềm và công cụ hỗ trợ	34
3.1.1 Google Colab	34
3.1.2 PaddleOCR	34

3.1.3	PPOCRLLabel	35
3.2	Lựa chọn hóa đơn	36
3.3	Thu thập và chuẩn bị dữ liệu	38
3.4	Xây dựng hệ thống	38
3.4.1	Phát hiện văn bản	38
3.4.2	Nhận dạng văn bản	41
3.4.3	Hiểu tài liệu	41
4	Kết quả	42

MỞ ĐẦU

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU

1.1 Lý do chọn đề tài

Cuộc sống hiện nay việc mua bán trao đổi hàng hóa được diễn ra thường xuyên giữa người mua và người bán. Ban đầu hóa đơn có giá trị làm bằng chứng chứng nhận cho việc chuyển nhượng hàng hóa giữa hai bên, có giá trị làm bằng chứng chứng nhận cho việc chuyển nhượng hàng hóa giữa hai bên. Mọi việc tranh chấp trong mua bán hàng hoá hai bên tự giải quyết.

Trong quá trình phát triển xã hội, hóa đơn được phổ biến dần trong một cộng đồng khi được cộng đồng chấp nhận một cách tự nguyện. Các cộng đồng có thể là các Phường hội hoặc các định chế làng, xã. Những tranh chấp trong việc mua bán hàng hoá được các cộng đồng xử lý trên cơ sở dân sự. Khi nhà nước tham dự vào quản lý mua bán hàng hoá và xử lý những tranh chấp về hàng hoá dựa trên pháp luật dân sự và hình sự thì hoá đơn được nhà nước quy định để làm căn cứ pháp lý chứng minh cho việc chuyển nhượng hàng hoá giữa các bên và làm căn cứ để xác nhận quyền sở hữu hợp pháp của người có hàng hoá. Do đó hóa đơn là một loại tài liệu quan trọng trong các giao dịch. Nó được sử dụng để ghi lại các giao dịch mua bán hàng hóa và dịch vụ. Thông tin trên hóa đơn bao gồm tên của người bán, tên của người mua, ngày lập hóa đơn, số lượng hàng hóa hoặc dịch vụ, giá cả, tổng số tiền phải thanh toán.v.v...

Hiện nay, hóa đơn thông thường được lập dưới dạng tài liệu giấy, có thể là hóa đơn giá trị gia tăng, hóa đơn bán hàng, tem, vé, thẻ, phiếu thu tiền bảo hiểm... Hóa đơn giấy có thể được phát hành theo các hình thức như hóa đơn đặt in, hóa đơn tự in, hóa đơn mua của cơ quan thuế. Điều này gây ra một số khó khăn trong việc quản lý hóa đơn, chẳng hạn như:

- Quá nhiều hóa đơn: Các doanh nghiệp có thể phát sinh một số lượng lớn hóa đơn, từ các nhà cung cấp, khách hàng và các bên liên quan khác. Việc quản lý nhiều hóa đơn có thể là một thách thức, đặc biệt nếu chúng không được tổ chức và lưu trữ một cách hiệu quả.

- Sai sót và mất mát: Quản lý hóa đơn thủ công có thể gặp phải sai sót và mất mát hóa đơn, đặc biệt khi các hóa đơn được lưu trữ và xử lý bằng tay. Điều này có thể dẫn đến việc đòi tiền sai, không thu được tiền đúng lúc hoặc mất cơ hội thu hồi tiền nợ.
- Tìm kiếm hóa đơn: Khi cần tìm một hóa đơn cụ thể, việc tìm kiếm nó có thể là một thách thức nếu nó không được tổ chức và lưu trữ một cách hiệu quả. Điều này có thể dẫn đến chậm trễ trong quá trình thanh toán hóa đơn hoặc thậm chí mất hóa đơn.
- Lưu trữ hóa đơn. Các hóa đơn phải được lưu trữ trong một thời gian nhất định theo quy định của pháp luật. Điều này có thể là một thách thức nếu không có một quy trình lưu trữ hóa đơn hiệu quả.
- Tuân thủ luật pháp: Việc tuân thủ các quy định và luật pháp về hóa đơn là rất quan trọng. Nếu không tuân thủ đúng, doanh nghiệp có thể phải đối mặt với các vấn đề pháp lý và hậu quả tài chính nghiêm trọng.
- Thay đổi trong quy định thuế: Thay đổi trong quy định thuế và các quy tắc về hóa đơn có thể làm cho việc quản lý hóa đơn trở nên phức tạp hơn, đòi hỏi doanh nghiệp phải cập nhật và điều chỉnh quy trình của mình thường xuyên.

Để giải quyết các vấn đề này ta có thể cân nhắc sử dụng các phần mềm quản lý hóa đơn hiện đại. OCR có thể giải quyết vấn đề này bằng cách tự động hóa quá trình nhập liệu của hóa đơn một cách đơn giản và dễ dàng.

1.2 Giải pháp

OCR là một công nghệ có thể giải quyết các vấn đề trên bằng cách tự động trích xuất thông tin từ hóa đơn. Đây là một công nghệ cho phép máy tính nhận dạng và chuyển đổi văn bản từ hình ảnh chứa văn bản thành dạng văn bản có thể chỉnh sửa, tìm kiếm và lưu trữ. Áp dụng OCR trong việc quản lý hóa đơn có thể giúp giải quyết một số vấn đề như sau:

- **Tiết kiệm thời gian:** OCR giúp doanh nghiệp tiết kiệm lượng lớn thời

gian so với quá trình nhập dữ liệu thủ công. Với công cụ OCR, thông tin có thể dễ dàng được trích xuất sang các định dạng kỹ thuật số theo nhu cầu chỉ bằng việc chụp và tải ảnh lên. Không chỉ vậy, dữ liệu khi được trích xuất có thể dễ dàng được tìm kiếm, chỉnh sửa và thực hiện nhiều tác vụ khác, hỗ trợ quy trình xử lý tài liệu dễ dàng và thuận tiện hơn. Trên thực tế, nghiên cứu đã phát hiện ra rằng lượng thời gian dành cho công việc giấy tờ có thể giảm 75% khi sử dụng OCR. Trung bình, thời gian để trích xuất một tài liệu sang dạng số chỉ từ 0.5 – 2 giây với công cụ OCR, một sự tối ưu đáng kể so với thời gian trung bình 1– 5 phút khi sử dụng phương pháp nhập liệu truyền thống. [1]

- **Cải thiện độ chính xác:** Việc nhập liệu bằng tay không chỉ tốn nhiều thời gian, nguồn lực mà còn có mức độ rủi ro cao trong sai sót nhập. Nhất là với các loại tài liệu bao gồm nhiều trường thông tin bằng số, địa chỉ email, địa chỉ nhà,... việc nhập tay thủ công khó có thể chính xác 100%. Những lỗi sai thông tin ngay từ bước đầu sẽ khiến kho dữ liệu doanh nghiệp không được “sạch” và chính xác.
- **Hỗ trợ tuân thủ luật pháp:** Sử dụng OCR giúp đảm bảo tính chính xác và toàn vẹn của dữ liệu trên hóa đơn, từ đó đảm bảo tuân thủ các quy định về hóa đơn và thuế.
- **Quản lý hóa đơn điện tử:** Kết hợp OCR với hóa đơn điện tử giúp tự động tạo và lưu trữ các hóa đơn điện tử, giảm thiểu việc sử dụng giấy tờ truyền thống và tiết kiệm không gian lưu trữ.

Nhìn chung, OCR là một công nghệ có nhiều tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực kế toán và tài chính. OCR có thể giúp các doanh nghiệp tiết kiệm thời gian, tăng cường độ chính xác và cải thiện khả năng truy xuất thông tin hóa đơn. Tuy nhiên, để OCR hiệu quả, ta cần đảm bảo rằng hóa đơn được quét và lưu trữ ở định dạng tốt, đủ để đảm bảo hiệu suất nhận dạng của OCR cao nhất.

1.3 Mục Tiêu

Dựa vào những vấn đề của hóa đơn và các giải pháp của OCR ở mục 1.1 và 1.2, mục tiêu của đề tài "**Nghiên cứu ứng dụng công nghệ OCR nhận dạng hóa đơn**" là tìm hiểu, đánh giá khả năng ứng dụng của công nghệ OCR hiện nay trong việc quản lý hóa đơn. Cụ thể đề tài tập trung vào các mục tiêu sau:

- Tìm hiểu về công nghệ OCR: Nghiên cứu các nguyên lý hoạt động của OCR, các phương pháp và thuật toán phổ biến trong việc nhận dạng văn bản từ hình ảnh.
- Phân tích hiệu quả và lợi ích của ứng dụng OCR trong quản lý hóa đơn: So sánh các phương pháp truyền thống và ứng dụng OCR trong việc quản lý hóa đơn, đánh giá hiệu quả và lợi ích mà OCR mang lại, bao gồm tối ưu hóa thời gian, giảm thiểu sai sót, tiết kiệm chi phí và tăng cường khả năng xử lý lượng hóa đơn lớn.
- Đề xuất giải pháp và quy trình triển khai OCR: Dựa trên kết quả nghiên cứu, đề xuất các giải pháp và quy trình triển khai OCR trong việc quản lý hóa đơn, bao gồm lựa chọn phần mềm OCR phù hợp, quy trình xử lý hóa đơn, quản lý dữ liệu và bảo đảm tính an toàn thông tin.
- Đánh giá hiệu quả thực tế: Tiến hành thử nghiệm ứng dụng OCR trong môi trường thực tế của doanh nghiệp hoặc tổ chức để đánh giá hiệu quả, tính ổn định và khả năng mở rộng của giải pháp OCR.

Dựa trên kết quả đánh giá, đề xuất các cải tiến và phát triển tương lai của công nghệ OCR trong việc quản lý hóa đơn, nhằm nâng cao hiệu quả và khả năng ứng dụng của nó trong thực tế

1.4 Phạm vi đề tài

Phạm vi của đề tài "Nghiên cứu ứng dụng OCR nhận dạng hóa đơn" tập trung vào việc áp dụng công nghệ Nhận dạng ký tự quang học (OCR) để tự động nhận dạng và trích xuất thông tin từ hình ảnh của hóa đơn. Giải quyết

các vấn đề liên quan đến việc tự động hóa quá trình xử lý hóa đơn, giảm thiểu công việc thủ công và tối ưu hóa hiệu suất làm việc trong việc quản lý tài liệu.

Hiện nay, có rất nhiều mẫu hóa đơn chúng đều không theo một quy chuẩn cụ thể nào cả mỗi cửa hàng, doanh nghiệp lại có một loại hóa đơn riêng nên trong đề tài này em sẽ sử dụng hai loại hóa đơn chính để thực hiện đề tài này, mẫu hóa đơn của cửa hàng tiện lợi Okono và VinCom để thực hiện trích xuất các thông tin như tên cửa hàng, địa chỉ, thời gian mua hàng, tên nhân viên, sản phẩm đã mua, tổng tiền hàng,... để thực hiện đề tài này.

1.5 Bố cục chương

Chương 1: Giới thiệu đề tài

Chương này giới thiệu sơ lược qua sự hình thành và phát triển của hóa đơn, nêu qua vấn đề của hóa đơn trong cuộc sống hiện tại và cách OCR quá thê ứng dụng vào để giải quyết các vấn đề đó. Trình bày mục tiêu, giải pháp và phạm vi nghiên cứu của đề tài

Chương 2: Cơ sở lý thuyết

Trình bày các khái niệm cơ bản về OCR, Học sâu, lịch sử phát triển của và ứng dụng của Học sâu vào OCR. Giới thiệu về các thuật toán OCR như phát hiện văn bản, nhận diện văn bản và nhận dạng cấu trúc tài liệu.

Chương 3: Phương pháp đề xuất

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Với sự phát triển không ngừng của công nghệ, việc chuyển đổi thông tin từ tài liệu giấy trở thành dạng điện tử đã trở nên cực kỳ quan trọng đối với doanh nghiệp và cá nhân. Trước đây, việc nhập liệu thủ công từ hóa đơn và tài liệu tương tự tồn rất nhiều thời gian, công sức và có nguy cơ sai sót cao. Tuy nhiên, với sự xuất hiện của công nghệ OCR, quá trình này đã trở nên tự động và hiệu quả hơn, giúp tiết kiệm thời gian và tối ưu hóa quá trình làm việc.

Trong chương này, ta sẽ bắt đầu bằng việc tìm hiểu về cơ bản của công nghệ OCR, một công nghệ quan trọng đã thay đổi cách chúng ta xử lý và quản lý thông tin, khám phá cách OCR có thể phân tích hình ảnh, xác định ký tự và từ, và biến đổi chúng thành dạng văn bản có thể xử lý.

Qua đó, chương cơ sở lý thuyết này sẽ tạo nền tảng kiến thức quan trọng cho việc hiểu rõ hơn về công nghệ OCR và tầm quan trọng của nó trong việc tối ưu hóa quá trình nhận dạng hóa đơn.

2.1 Nhận dạng ký tự quang học

2.1.1 Nhận dạng ký tự quang học là gì?

Nhận dạng ký tự quang học hay còn gọi là OCR đây là quá trình chuyển đổi một hình ảnh văn bản viết tay, đánh máy hoặc in thành định dạng văn bản mà máy có thể hiểu được. Nó được sử dụng rộng rãi để nhận dạng và tìm kiếm văn bản từ các tài liệu điện tử hoặc để xuất bản văn bản trên một trang web. [2], [3]

OCR được sử dụng rộng rãi như một hình thức nhập dữ liệu từ các bản ghi dữ liệu giấy in - cho dù đó là tài liệu hộ chiếu, hóa đơn, sao kê ngân hàng, biên lai vi tính hóa, danh thiếp, thư, dữ liệu in hoặc bất kỳ tài liệu phù hợp nào - đó là một phương pháp phổ biến để số hóa các văn bản in sao cho chúng có thể được chỉnh sửa, tìm kiếm, lưu trữ bằng điện tử, hiển thị trực tuyến và được sử dụng trong các quy trình máy như điện toán nhận thức, dịch máy,

chuyển văn bản thành giọng nói (trích xuất), dữ liệu chính và khai thác văn bản. OCR là một lĩnh vực nghiên cứu về nhận dạng mẫu, trí tuệ nhân tạo và thị giác máy tính.[4]

Nhận dạng ký tự quang học đã được áp dụng vào nhiều ứng dụng khác nhau. Dưới đây là một số ứng dụng của OCR: [3]

- **Nhận dạng chữ viết tay:** Máy tính để nhận và diễn dịch thông tin viết tay rõ ràng từ các nguồn như tài liệu giấy, ảnh, màn hình cảm ứng và các thiết bị khác. Hình ảnh văn bản viết có thể được cảm nhận "ngoại tuyến" từ tờ giấy thông qua quét quang học hoặc nhận dạng từ thông minh. Một cách khác, các chuyển động của đầu bút viết có thể được cảm nhận "trực tuyến", ví dụ như bề mặt màn hình máy tính dựa trên bút viết.
- **Ngân hàng:** Được sử dụng để xử lý séc mà không cần sự tham gia của con người. Một tờ séc có thể được đặt vào máy, trong đó hệ thống quét số tiền cần phát hành và số tiền chính xác sẽ được chuyển khoản. Công nghệ này đã gần như được hoàn thiện cho các séc được in ấn và cũng khá chính xác đối với các séc viết tay, giảm thiểu thời gian chờ đợi tại ngân hàng.
- **Chăm sóc sức khỏe:** Các chuyên gia y tế luôn phải đối mặt với số lượng lớn các biểu mẫu cho mỗi bệnh nhân, bao gồm cả biểu mẫu bảo hiểm cũng như các biểu mẫu sức khỏe chung. Để theo kịp với tất cả thông tin này, việc nhập dữ liệu liên quan vào một cơ sở dữ liệu điện tử có thể được truy cập khi cần thiết. Các công cụ xử lý biểu mẫu, được cung cấp bởi công nghệ OCR, có khả năng trích xuất thông tin từ các biểu mẫu và đưa vào cơ sở dữ liệu, để mỗi dữ liệu bệnh nhân được ghi lại đúng thời điểm.
- **Captcha:** Trong CAPTCHA, một hình ảnh gồm các ký tự hoặc số được tạo ra, bị mờ đi bằng các kỹ thuật biến dạng hình ảnh, biến đổi kích thước và phông chữ, phông nền gây xao lâng, đoạn ngẫu nhiên, đánh dấu và nhiễu trong hình ảnh. Hệ thống này có thể được sử dụng để loại bỏ

nhiều và phân đoạn hình ảnh để làm cho hình ảnh dễ xử lý cho các hệ thống OCR

- **Ảnh hóa đơn:** Được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng kinh doanh để theo dõi hồ sơ tài chính và ngăn chặn việc tích lũy các khoản thanh toán chồng chất.
- **Nhận dạng biển số xe:** Sử dụng để tự động nhận dạng và ghi nhận biển số xe trên các hình ảnh hoặc video.
- ...

Từ những ứng dụng trên ta có thể thấy rằng OCR đang được sử dụng rộng rãi trong cuộc sống hàng ngày, nó đang đóng vai trò quan trọng trong việc chuyển đổi số hiện nay. Điều này rất quan trọng để tối ưu hóa quá trình làm việc với thông tin trong thời đại công nghệ thông tin.

2.1.2 Lịch sử của OCR

OCR được ra đời và cuối thế kỷ 19, được cấp bằng sáng chế tại Mỹ vào ngày 31 tháng 12 năm 1935 của Gustav Tauschek đến từ Viên, Áo, đây là một trong những phát minh sớm nhất liên quan đến OCR. OCR ban đầu được sử dụng để số hóa các văn bản in và cho phép chúng có thể đọc được bằng máy. Khi công nghệ OCR tiếp tục phát triển, nó đã được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác nhau.

Sự khởi đầu thực sự của những hệ thống OCR ban đầu thực sự bắt đầu vào những năm 1960 và 1970. Các hệ thống này được thiết kế cho các trường hợp sử dụng cụ thể, chẳng hạn như phân loại thư dựa trên mã zip hoặc đọc số viết tay. Phông chữ có thể đọc bằng máy quang học đầu tiên OCR-A được phát triển vào năm 1968 bởi nhà thiết kế kiểu chữ người Thụy Sĩ Adrian Frutiger.

Trong suốt những năm 1980, công nghệ OCR đã đạt được những bước tiến đáng kể với sự phát triển của các thuật toán mới và các máy tính mạnh hơn. Các hệ thống OCR có thể nhận dạng nhiều loại phông chữ hơn và có

thể xử lý các hình ảnh phức tạp hơn, khiến chúng trở nên chính xác và hữu ích hơn cho nhiều ứng dụng hơn.

Vào những năm 1990, việc sử dụng rộng rãi máy tính cá nhân và internet đã dẫn đến sự gia tăng đáng kể trong việc sử dụng công nghệ OCR. Các hệ thống OCR được sử dụng để số hóa sách, tạp chí và các tài liệu in khác, giúp tìm kiếm và truy cập thông tin dễ dàng hơn. Công nghệ này cũng được sử dụng để tự động hóa các quy trình nhập dữ liệu trong các ngành như tài chính, chăm sóc sức khỏe và chính phủ.

Vào đầu những năm 2000, lịch sử của công nghệ OCR đã phát triển với việc giới thiệu các thuật toán mới và phần cứng được cải tiến. Các hệ thống OCR trở nên chính xác hơn và có thể nhận dạng nhiều loại ký tự và ngôn ngữ hơn. Điều này đã mở đường cho việc áp dụng rộng rãi công nghệ OCR trong nhiều ngành và ứng dụng khác nhau, chẳng hạn như quản lý tài liệu và xử lý hóa đơn. Trong khung thời gian này, Google cũng nổi tiếng (và gây tranh cãi) đã ra mắt Google Sách, có tên mã là Dự án Đại dương, sử dụng OCR để số hóa hàng chục triệu cuốn sách và làm cho văn bản của chúng có thể tìm kiếm được.

Ngày nay, công nghệ OCR tiên tiến và phức tạp hơn bao giờ hết. Các hệ thống OCR có thể nhận dạng nhiều loại ký tự và ngôn ngữ, chữ viết tay và các hình ảnh phức tạp khác. Công nghệ OCR đang tiếp tục phát triển và những tiến bộ mới nhất về trí tuệ nhân tạo và máy học đang dẫn đến các hệ thống thậm chí còn phức tạp và chính xác hơn.

Lịch sử OCR bắt đầu với những phát minh mang tính cách mạng được thiết kế để cải thiện chất lượng cuộc sống cho nhân loại. Nhiều thập kỷ sau, công nghệ này vẫn đang trải qua quá trình phát triển và cải tiến liên tục, đồng thời là một yếu tố quyết định quan trọng của thời đại kỹ thuật số. OCR đã trải qua một chặng đường dài và đang thực sự cải thiện chất lượng cuộc sống của phần lớn nhân loại. Ngày nay, nhiều ngành công nghiệp và ứng dụng sử dụng OCR. Trong những thập kỷ tới, nó sẽ đóng một vai trò quan trọng trong quá trình chuyển đổi kỹ thuật số toàn cầu.[5]

2.1.3 Nguyên tắc hoạt động của OCR

OCR hoạt động bằng cách phân tích hình ảnh văn bản và sau đó tạo ra một bản sao văn bản kỹ thuật số của hình ảnh đó. Quá trình này thường được thực hiện theo các bước sau:

- **Quét tài liệu:** Tài liệu được quét bằng máy quét để tạo ra một hình ảnh kỹ thuật số của tài liệu.
- **Phân tích và xử lý hình ảnh:** Trước khi nhận dạng văn bản, ảnh được tiền xử lý để làm sạch và cải thiện chất lượng. Điều này có thể bao gồm việc điều chỉnh độ tương phản, loại bỏ nhiễu, cắt biên và xoay ảnh để đảm bảo văn bản nằm ngang. Sau đó hình ảnh được phân tích để xác định các vùng văn bản.
- **Nhận dạng ký tự:** Trong bước này, hình ảnh được chuyển đổi thành dạng dữ liệu văn bản bằng cách nhận dạng các ký tự riêng lẻ. Các thuật toán và mô hình máy học được sử dụng để so khớp các đặc trưng trong hình ảnh với các ký tự đã biết từ bộ dữ liệu huấn luyện.
- **Phân tích cấu trúc:** Sau khi xác định được các ký tự, công cụ OCR cũng cố gắng xác định cấu trúc của văn bản, bao gồm việc xác định các đoạn, đoạn văn bản, tiêu đề, danh sách và các yếu tố cấu trúc khác.
- **Sửa lỗi và kiểm tra:** Sau khi nhận dạng, dữ liệu văn bản thường cần được kiểm tra lại và sửa lỗi do các lỗi nhận dạng có thể xảy ra. Điều này có thể thực hiện tự động hoặc thông qua giao diện người dùng để đảm bảo tính chính xác của kết quả.
- **Tạo bản sao văn bản kỹ thuật số:** Một bản sao văn bản kỹ thuật số của hình ảnh được tạo ra bằng cách kết hợp các ký tự đã được nhận dạng.

Các công nghệ OCR ngày càng phát triển, sử dụng các mô hình học sâu và học máy để cải thiện khả năng nhận dạng và xử lý ngôn ngữ tự nhiên, tạo ra kết quả chính xác hơn và phức tạp hơn.

2.2 OCR dựa trên mẫu và OCR dựa trên AI

Với số lượng ngày càng tăng của các giải pháp OCR có sẵn trên thị trường, điều cần thiết là phải hiểu các kỹ thuật chính được sử dụng bởi các công cụ này, cụ thể là OCR dựa trên mẫu và OCR dựa trên AI.

2.2.1 OCR dựa trên mẫu

OCR dựa trên mẫu là một cách tiếp cận cũ hơn, truyền thống hơn đối với OCR dựa trên các mẫu được xác định trước để nhận dạng và trích xuất văn bản từ tài liệu. Phương pháp này hoạt động tốt nhất khi xử lý các tài liệu có cấu trúc, chẳng hạn như hóa đơn, biểu mẫu hoặc biên lai, có bố cục nhất quán. [6]

Ưu điểm:

1. Độ chính xác cao: Khi được sử dụng với các tài liệu có cấu trúc tuân theo định dạng nhất định, OCR dựa trên mẫu có thể đạt được tỷ lệ chính xác tuyệt vời.
2. Thời gian xử lý thấp hơn: Vì OCR dựa trên mẫu dựa trên các mẫu dựng sẵn, nó không yêu cầu nhiều sức mạnh xử lý hoặc thời gian để nhận dạng ký tự.
3. Có thể tùy chỉnh: Người dùng có thể tạo các mẫu tùy chỉnh cho các loại tài liệu cụ thể, đảm bảo kết quả chính xác.

Nhược điểm

1. Tính linh hoạt hạn chế: OCR dựa trên mẫu gặp khó khăn khi xử lý các tài liệu không tuân theo định dạng nhất quán hoặc có bố cục phức tạp.
2. Thiết lập tốn thời gian: Tạo các mẫu tùy chỉnh có thể là một quá trình tẻ nhạt, đặc biệt là khi xử lý nhiều loại tài liệu.
3. Không hiệu quả đối với văn bản viết tay: OCR dựa trên mẫu thường hoạt động kém khi xử lý văn bản viết tay hoặc phông chữ.

Các trường hợp sử dụng tốt nhất cho OCR dựa trên mẫu: Cách tiếp cận này phù hợp nhất với các tổ chức xử lý khối lượng lớn tài liệu có cấu trúc với bố cục nhất quán, chẳng hạn như hóa đơn hoặc biểu mẫu.

2.2.2 OCR Dựa trên AI

OCR dựa trên AI tận dụng trí tuệ nhân tạo, máy học và mạng thần kinh để nhận dạng và trích xuất văn bản từ tài liệu. Cách tiếp cận này nâng cao hơn và có thể xử lý nhiều loại tài liệu, bao gồm cả tài liệu phi cấu trúc và bán cấu trúc. [6]

Ưu điểm:

1. Độ chính xác và tính linh hoạt cao: OCR dựa trên AI có thể thích ứng với nhiều loại tài liệu và bố cục khác nhau, mang lại kết quả chính xác ngay cả khi xử lý các bố cục phức tạp hoặc không nhất quán.
2. Xử lý văn bản viết tay: OCR dựa trên AI được trang bị tốt hơn để nhận dạng và trích xuất phông chữ văn bản viết tay hoặc tập lệnh, làm cho nó linh hoạt hơn so với OCR dựa trên mẫu.
3. Cải tiến liên tục: Các thuật toán máy học cho phép OCR dựa trên AI cải thiện độ chính xác của nó theo thời gian khi nó xử lý nhiều tài liệu hơn.
4. Thiết lập nhanh hơn: OCR dựa trên AI không yêu cầu tạo mẫu tùy chỉnh, cho phép triển khai nhanh hơn.

Nhược điểm

1. Thời gian xử lý cao hơn: OCR dựa trên AI thường yêu cầu nhiều thời gian và sức mạnh xử lý hơn so với OCR dựa trên mẫu, vì nó phân tích tài liệu toàn diện hơn.
2. Chi phí cao hơn: Các giải pháp OCR dựa trên AI có thể đắt hơn do công nghệ tiên tiến và sự phát triển liên tục có liên quan.

Các trường hợp sử dụng tốt nhất cho OCR dựa trên AI: Phương pháp này lý tưởng cho các tổ chức xử lý nhiều loại tài liệu, bao gồm cả tài liệu phi cấu trúc và bán cấu trúc hoặc yêu cầu trích xuất văn bản viết tay

2.3 Học sâu

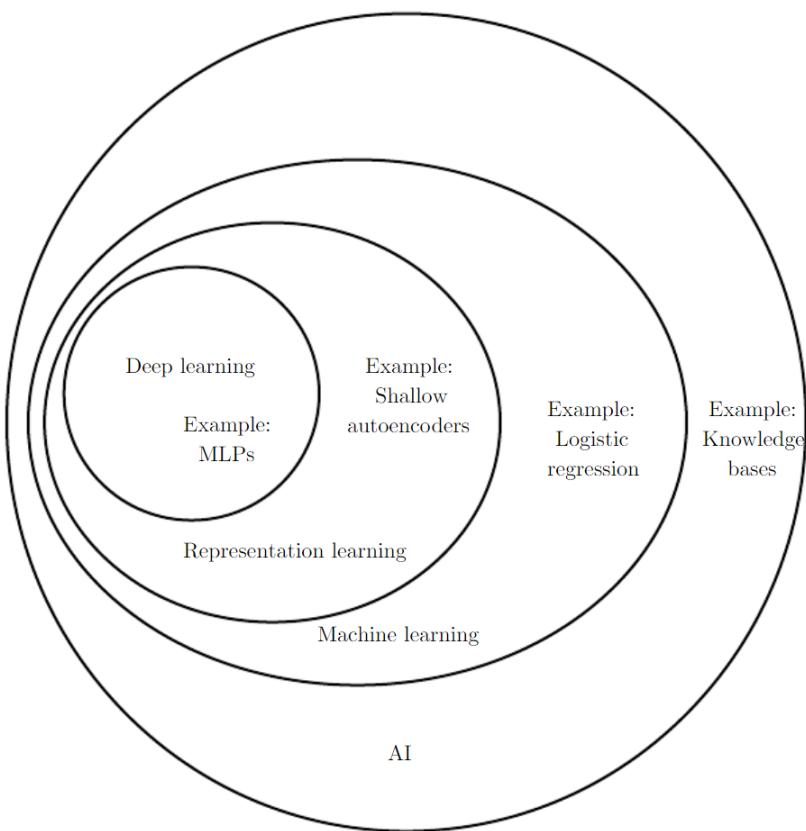
Trong việc ứng dụng OCR để nhận dạng hóa đơn, mạng học sâu đã chơi một vai trò quan trọng và mang lại những cải tiến đáng kể cho quá trình này. Trước khi sự xuất hiện của học sâu, các hệ thống nhận dạng dựa trên các phương pháp truyền thống thường gặp khó khăn trong việc xử lý các biến thể phức tạp của hình ảnh hóa đơn và khả năng xử lý đa dạng của chúng. Nhưng với mạng nơron học sâu, khả năng học và tự điều chỉnh của mô hình đã mở ra những cánh cửa mới cho việc nhận dạng hóa đơn hiệu quả hơn.

2.3.1 Học sâu là gì?

Học sâu là một các tiếp cận của Trí tuệ nhân tạo. Cụ thể thì nó là một kiểu của học máy (Hình 1), một kỹ thuật mà cho phép hệ thống máy tính tự học từ trải nghiệm và dữ liệu, nó sở hữu sức mạnh và sự linh hoạt tuyệt vời thông qua việc học cách biểu diễn như một hệ phân cấp khái niệm trong đó mỗi khái niệm được định nghĩa từ những khái niệm đơn giản hơn, và mỗi biểu diễn được tính toán từ những biểu diễn kém trừu tượng hơn. [7]

Một điểm đáng chú ý là học sâu cần một lượng lớn dữ liệu để huấn luyện mô hình một cách hiệu quả [8]. Trong trường hợp OCR và nhận dạng hóa đơn, mạng nơron học sâu có khả năng học từ hàng nghìn hoặc thậm chí hàng triệu hình ảnh hóa đơn, điều này giúp mô hình hiểu rõ các đặc trưng và biểu diễn của dữ liệu hơn.

Hiện nay các kiến trúc học sâu như mạng nơ-ron sâu, mạng niềm tin sâu, học tăng cường sâu, mạng nơ-ron tái phát, mạng nơ-ron tích chập và máy biến áp đã được áp dụng cho các lĩnh vực bao gồm thị giác máy tính, nhận dạng giọng nói, xử lý ngôn ngữ tự nhiên, dịch máy, tin sinh học, thiết kế thuốc, Phân tích hình ảnh y tế, khoa học khí hậu, kiểm tra vật liệu và các chương trình trò chơi trên bàn cờ, nơi chúng đã tạo ra kết quả tương đương



Hình 1: Biểu đồ Venn về Trí tuệ nhân tạo

và trong một số trường hợp vượt qua hiệu suất chuyên gia của con người.

2.3.2 Kiến trúc mạng nơ-ron nhân tạo

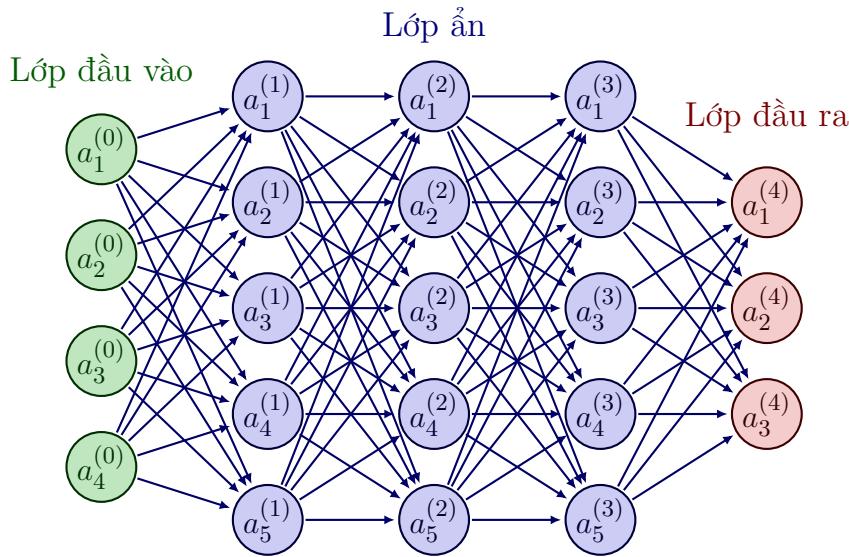
Mạng nơ-ron nhân tạo là một mô hình được lấy cảm hứng từ mạng nơ-ron thần kinh. Kết hợp với các kỹ thuật học sâu, nó đang trở thành một công cụ rất mạnh mẽ mang lại hiệu quả tốt nhất cho nhiều bài toán khó như nhận dạng ảnh, giọng nói hay xử lý ngôn ngữ tự nhiên. Một mạng nơ-ron được cấu thành bởi các nơ-ron đơn lẻ được gọi là các perceptron.

Một perceptron sẽ nhận một hoặc nhiều đầu x vào dạng nhị phân và cho ra một kết quả o dạng nhị phân duy nhất. Các đầu vào được điều phối tầm ảnh hưởng bởi các tham số trọng lượng tương ứng w của nó, còn kết quả đầu

ra được quyết định dựa vào một ngưỡng quyết định b nào đó:

$$o = \begin{cases} 0 & \text{if } \sum_i w_i x_i + b \leq 0 \\ 1 & \text{if } \sum_i w_i x_i + b \geq 0 \end{cases}$$

Mạng nơ-ron là sự kết hợp của các tầng perceptron hay còn được gọi là perceptron đa tầng như hình vẽ bên dưới:



Hình 2: Kiến trúc một mạng Nơ-ron

Một mạng NN sẽ có 3 kiểu tầng [9]:

- **Lớp đầu vào:** Một mạng nơ-ron nhân tạo sẽ có một số nút để nhập dữ liệu đầu vào. Các nút này tạo nên lớp đầu vào của hệ thống.
- **Lớp ẩn:** Lớp đầu vào xử lý và chuyển dữ liệu đến các lớp sâu hơn trong mạng nơ-ron. Các lớp ẩn này xử lý thông tin ở các cấp độ khác nhau, thích ứng với hành vi của mình khi nhận được thông tin mới. Các mạng học sâu có hàng trăm lớp ẩn có thể được dùng để phân tích một vấn đề từ nhiều góc độ khác nhau.
- **Lớp đầu ra:** Lớp đầu ra bao gồm các nút xuất dữ liệu. Các mô hình học sâu xuất ra đáp án "có" hoặc "không" chỉ có hai nút trong lớp đầu ra. Mặt khác, các mô hình xuất ra nhiều đáp án hơn sẽ có nhiều nút hơn.

Trong mạng Nơ-ron, mỗi nút mạng là một sigmoid nơ-ron nhưng hàm kích hoạt của chúng có thể khác nhau. Tuy nhiên trong thực tế người ta thường để chúng cùng dạng với nhau để tính toán cho thuận lợi.

Ở mỗi tầng, số lượng các nút mạng (nơ-ron) có thể khác nhau tuỳ thuộc vào bài toán và cách giải quyết. Nhưng thường khi làm việc người ta để các tầng ẩn có số lượng nơ-ron bằng nhau. Ngoài ra, các nơ-ron ở các tầng thường được liên kết đôi một với nhau tạo thành mạng kết nối đầy đủ. Khi đó ta có thể tính được kích cỡ của mạng dựa vào số tầng và số nơ-ron.

2.3.3 Transformer

Transformer là một kiến trúc mạng nơ-ron sâu được giới thiệu bởi Vaswani et al. trong bài báo "Attention Is All You Need [10]" vào năm 2017. Đây là một trong những tiến bộ quan trọng trong lĩnh vực xử lý ngôn ngữ tự nhiên và máy dịch dẫn đến những cải tiến đáng kể trong các ứng dụng như dịch máy, tổng hợp văn bản và nhiều nhiệm vụ khác liên quan đến ngôn ngữ.

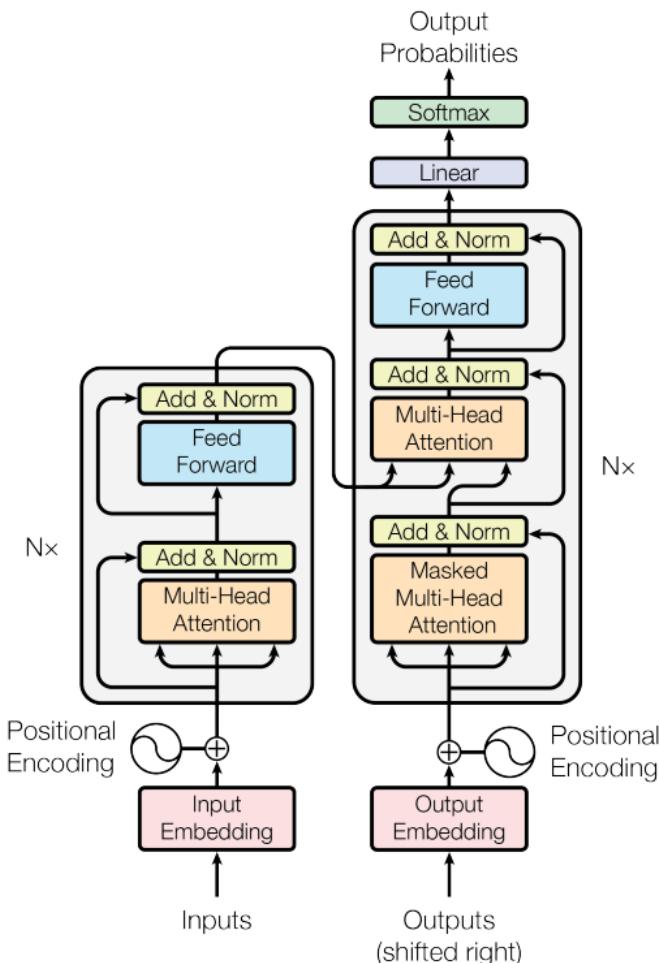
Kiến trúc Transformer dựa trên cơ chế attention (sự chú ý), cho phép mạng có khả năng xem xét toàn bộ các phần của dữ liệu đầu vào cùng một lúc, thay vì như các kiến trúc trước đây phải đi qua từng bước theo thứ tự. Kiến trúc này có thể hoạt động với cả dữ liệu tuỳ chỉnh dài ngắn mà không cần giới hạn về chiều dài chuỗi đầu vào.

Transformer bao gồm hai phần chính: Encoder (Bộ mã hóa) và Decoder (Bộ giải mã). Cả hai phần đều sử dụng nhiều lớp "self-attention" (sự chú ý tự) để xác định sự quan hệ giữa các phần tử trong chuỗi đầu vào hoặc đầu ra. Sự chú ý tự cho phép mạng tập trung vào các phần tử quan trọng trong chuỗi và hiểu được mối quan hệ giữa chúng.

Transformer đã trở thành cơ sở cho nhiều kiến trúc mạng nơ-ron tiên tiến trong xử lý ngôn ngữ tự nhiên và thậm chí trong các ứng dụng khác như xử lý hình ảnh. Ví dụ nổi tiếng nhất có thể kể đến là "BERT" và "GPT" , cả hai đều là các biến thể của kiến trúc Transformer và đã đạt được những kết quả ấn tượng trong nhiều nhiệm vụ liên quan đến xử lý ngôn ngữ tự nhiên.

2.3.3.1 Kiến trúc Transformer

Transformer tuân theo kiến trúc tổng thể này bằng cách sử dụng các lớp chú ý tự xếp chồng và các lớp kết nối đầy đủ theo điểm cho cả bộ mã hóa và bộ giải mã, như được thể hiện ở nửa trái và nửa phải của Hình 3.



Hình 3: Kiến trúc tổng thể của Transformer [10]

2.3.3.2 Ngăn xếp Encoder và Decoder

Bộ mã hóa: Bộ giải mã có một ngăn xếp gồm $N = 6$ lớp identical. Mỗi lớp bao gồm hai lớp con. Lớp đầu tiên là cơ chế multi-head self-attention, nơi mà mỗi từ trong câu đều "tương tác" với tất cả các từ khác để tạo ra sự chú ý chung trong ngữ cảnh. Lớp thứ hai là một mạng truyền thẳng kết nối đầy đủ theo từng vị trí, tức là thông tin từ mỗi vị trí trong câu được xử lý độc

lập.

Để duy trì thông tin và hỗ trợ quá trình học, sử dụng kết nối residual xung quanh cả hai lớp con. Kết nối residual cho phép thông tin truyền từ đầu vào của lớp này đến đầu ra một cách dễ dàng. Sau đó, chúng ta thực hiện chuẩn hóa lớp để điều chỉnh phạm vi giá trị đầu ra. Cụ thể, đầu ra của mỗi lớp con được chuẩn hóa thông qua phép tính $\text{LayerNorm}(x + \text{Sublayer}(x))$, trong đó $\text{Sublayer}(x)$ là chức năng được thực hiện bởi chính lớp con đó.

Để đảm bảo tính nhất quán và khả năng kết nối residual, tất cả các lớp con trong mô hình cùng với các lớp nhúng đều tạo ra đầu ra với chiều $d_{model} = 512$, tức là có cùng kích thước đặc trưng để xử lý và truyền thông tin.

Bộ giải mã: Bộ giải mã cũng được tạo thành từ một ngăn xếp gồm $N = 6$ lớp identical. Bên cạnh hai lớp con trong mỗi lớp mã hóa, bộ giải mã thêm một lớp con thứ ba, thực hiện multi-head attention qua đầu ra của ngăn xếp bộ mã hóa. Tương tự như bộ mã hóa, chúng ta sử dụng kết nối residual xung quanh mỗi lớp con, sau đó là chuẩn hóa lớp. Điều chỉnh lớp con self-attention trong ngăn xếp bộ giải mã để ngăn các vị trí tập trung vào các vị trí tiếp theo. Thao tác này, kết hợp với việc lớp nhúng đầu ra được dịch chuyển một vị trí, đảm bảo rằng các dự đoán cho vị trí i chỉ phụ thuộc vào đầu ra đã biết tại các vị trí nhỏ hơn i .

2.3.3.3 Attention

Một hàm chú ý có thể được mô tả như việc ánh xạ một truy vấn và một tập hợp các cặp khóa-giá trị thành một đầu ra, trong đó truy vấn, khóa, giá trị và đầu ra đều là các vector. Đầu ra được tính toán dưới dạng tổng có trọng số của các giá trị, trong đó trọng số được gán cho mỗi giá trị được tính bằng một hàm tương thích của truy vấn với khóa tương ứng.

2.3.3.4 Scaled Dot-Product Attention

Scaled Dot-Product Attention là một phần quan trọng của kiến trúc Transformer và cơ chế chú ý tự. Đầu vào của phương pháp này gồm các truy vấn (queries) và các khóa (keys) có kích thước dk , cùng với các giá trị (values) có

kích thước dv . Tính tích vô hướng giữa truy vấn và tất cả các khóa, chia từng kết quả cho dk , sau đó áp dụng hàm softmax để thu được trọng số cho các giá trị. Thực hiện phép attention trên một tập hợp các truy vấn cùng lúc, gói chúng lại thành một ma trận Q . Các khóa và giá trị cũng được gói lại thành các ma trận K và V . Kết quả đầu ra được tính bằng cách:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V$$

Bởi vì ảnh hưởng của tích vô hướng trở nên lớn về độ lớn, đẩy hàm softmax vào các vùng có độ dốc rất nhỏ. Để chống lại tác động này, sử dụng tỷ lệ các tích vô hướng bằng $\frac{1}{\sqrt{d_k}}$.

2.3.3.5 Multi-Head Attention

Multi-Head Attention là một phần quan trọng trong kiến trúc Transformer. Trong chú ý đa đầu, một lớp chú ý thông thường được áp dụng nhiều lần với các trọng số khác nhau. Mỗi lần áp dụng này tạo ra một "Head Attention" riêng biệt. Mỗi Head Attention có thể tập trung vào các phần khác nhau của thông tin đầu vào và tạo ra các biểu diễn khác nhau. Sau đó, đầu ra của các Head Attention này được kết hợp để tạo ra đầu ra cuối cùng của chú ý Multi-Head.

Một tầng Multi-head Attention cho phép mô hình cùng lúc chú ý đến thông tin từ các không gian biểu diễn khác nhau tại các vị trí khác nhau. Với một attention head duy nhất, việc lấy trung bình ức chế khả năng này[10].

$$\text{MultiHead}(Q, K, V) = \text{Concat}(\text{head}_1, \dots, \text{head}_h)W^O$$

$$\text{where } \text{head}_i = \text{Attention}(QW_i^Q, KW_i^K, VW_i^V)$$

Quá trình này giúp mô hình học cách tập trung vào các khía cạnh khác nhau của dữ liệu đầu vào và xử lý chúng một cách đa dạng. Chú ý đa đầu giúp kiến trúc Transformer hiệu quả hơn trong việc học các mối quan hệ và tương tác phức tạp trong dữ liệu ngôn ngữ và hình ảnh.

2.3.4 Ứng dụng trong OCR

Học sâu đã được chứng minh là có hiệu quả hơn các phương pháp OCR truyền thống [11], đặc biệt là đối với các tài liệu có chất lượng thấp hoặc bị định dạng phức tạp.

Một số ứng dụng của Học sâu trong OCR bao gồm:

- Nhận dạng hóa đơn: Học sâu có thể được sử dụng để nhận dạng các trường thông tin quan trọng trên hóa đơn, chẳng hạn như tên người mua, người bán, ngày giao dịch, số lượng, giá và tổng số tiền. Điều này có thể giúp tiết kiệm thời gian và chi phí cho các doanh nghiệp, đồng thời cải thiện độ chính xác của việc xử lý hóa đơn.
- Nhận dạng tài liệu y tế: Học sâu có thể được sử dụng để nhận dạng thông tin quan trọng trên tài liệu y tế, chẳng hạn như tên bệnh nhân, chẩn đoán, phương pháp điều trị và các loại thuốc được kê đơn. Điều này có thể giúp cải thiện chất lượng chăm sóc bệnh nhân và giảm chi phí chăm sóc sức khỏe.
- Nhận dạng tài liệu pháp lý: Học sâu có thể được sử dụng để nhận dạng thông tin quan trọng trên tài liệu pháp lý, chẳng hạn như tên các bên liên quan, ngày tháng, các điều khoản của thỏa thuận và các điều khoản của hợp đồng. Điều này có thể giúp các luật sư và chuyên gia pháp lý tìm kiếm thông tin nhanh chóng và dễ dàng hơn.
- Nhận dạng tài liệu tài chính: Học sâu có thể được sử dụng để nhận dạng thông tin quan trọng trên tài liệu tài chính, chẳng hạn như tên công ty, giá cổ phiếu, số lượng cổ phiếu và giá trị thị trường của cổ phiếu. Điều này có thể giúp các nhà đầu tư và các chuyên gia tài chính đưa ra quyết định đầu tư tốt hơn.

Học sâu là một công nghệ mạnh mẽ có thể được sử dụng để cải thiện độ chính xác và hiệu quả của OCR. Với sự phát triển của Học sâu, OCR sẽ trở nên dễ dàng và thuận tiện hơn trong tương lai.

2.4 Các thuật toán OCR

Mặc dù OCR tương đối cũ thĕ, nhưng nó liên quan đến nhiều khía cạnh của công nghệ, bao gồm phát hiện văn bản, nhận dạng văn bản, nhận dạng văn bản từ đầu đến cuối, phân tích tài liệu, v.v. Nghiên cứu học thuật về các công nghệ liên quan của OCR phát triển mạnh mẽ. Phần này đây sẽ giới thiệu sơ lược về một số công nghệ chính trong tác vụ OCR.

2.4.1 Phát hiện văn bản

Công việc phát hiện văn bản là để xác định vùng chứa văn bản trên ảnh đầu vào. Trong những năm gần đây, có nhiều nghiên cứu học thuật về phát hiện văn bản. Một lớp phương pháp coi việc phát hiện văn bản như một tình huống cụ thể trong việc phát hiện mục tiêu, và điều chỉnh các thuật toán phát hiện mục tiêu chung để phù hợp với việc phát hiện văn bản. Ví dụ, TextBoxes dựa trên một bộ phát hiện mục tiêu một giai đoạn là SSD. Thuật toán điều chỉnh khung mục tiêu để vừa với các dòng văn bản có tỷ lệ khía cạnh cực đoan, trong khi CTPN được phát triển từ Faster RCNN. Tuy nhiên, vẫn có một số khác biệt giữa phát hiện văn bản và phát hiện mục tiêu về thông tin mục tiêu và nhiệm vụ chính. Ví dụ, văn bản thường dài và trông giống "vạch", khoảng cách giữa các dòng nhỏ, văn bản có thể uốn cong, v.v. Do đó, nhiều thuật toán đặc biệt cho việc phát hiện văn bản đã được phát triển, như EAST, PSENet, DBNet, và nhiều thuật toán khác [12].

Hiện tại, một số thuật toán phát hiện văn bản phổ biến có thể được chia ra một cách đại khái thành hai loại: **Thuật toán dựa trên Hồi quy** và **Thuật toán dựa trên Phân đoạn**. Cũng có một số thuật toán kết hợp cả hai loại này. Các thuật toán dựa trên hồi quy lấy cảm hứng từ các thuật toán phát hiện đối tượng chung, thực hiện việc hồi quy hộp phát hiện bằng cách đặt các anchor, hoặc thậm chí trực tiếp thực hiện hồi quy điểm ảnh. Loại phương pháp này hoạt động tốt trong việc phân biệt văn bản có hình dạng đều đặn, nhưng kém trong việc phát hiện văn bản có hình dạng không đều. Ví dụ, CTPN tốt trong việc nhận dạng văn bản ngang, nhưng kém trong việc



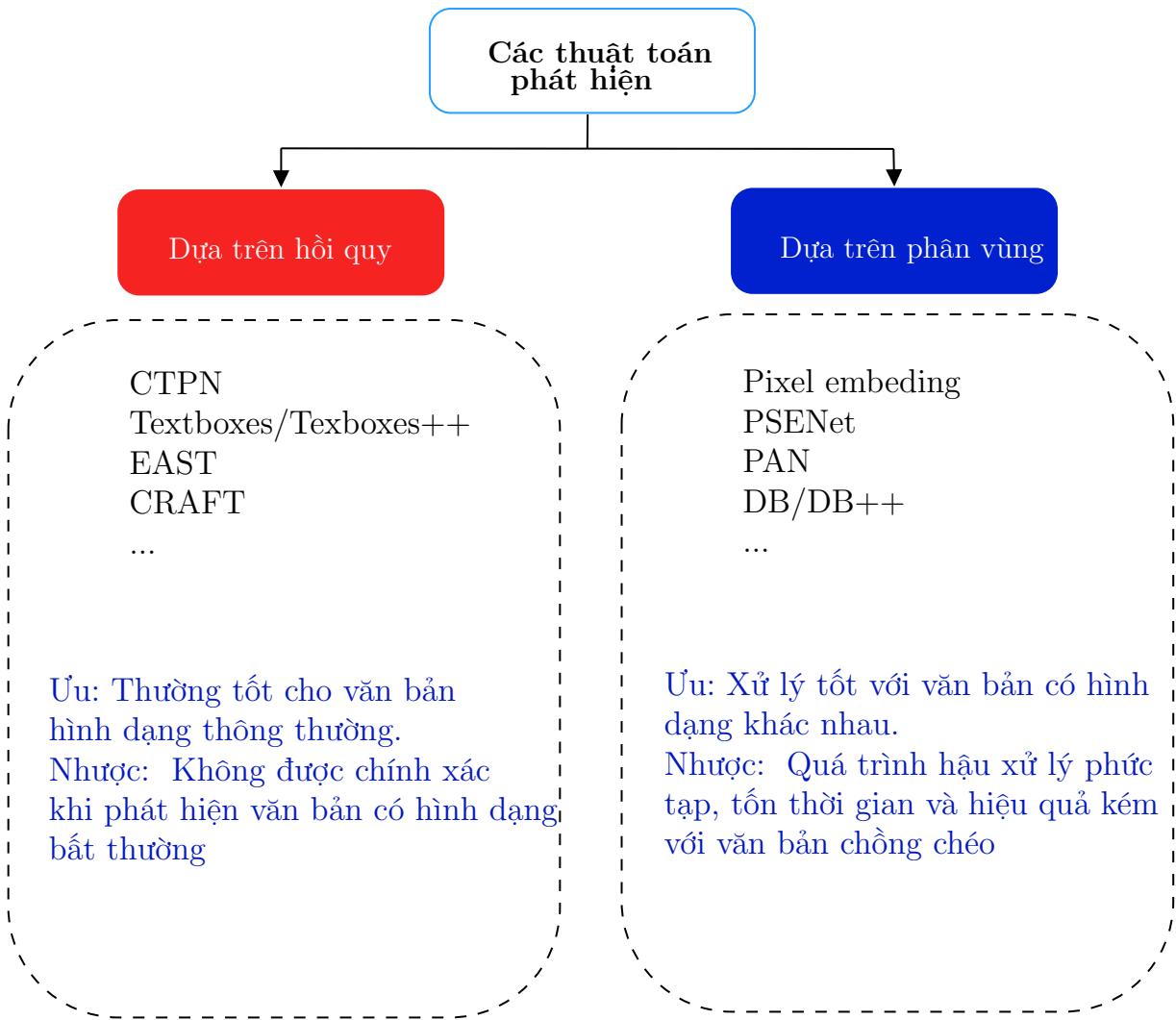
Hình 4: Ví dụ về nhiệm vụ phát hiện văn bản

phát hiện văn bản uốn cong và xoắn. SegLink phù hợp hơn với văn bản dài, nhưng không thích hợp cho việc phát hiện văn bản phân tán thưa thớt. Các thuật toán dựa trên phân đoạn giới thiệu Mask-RCNN, loại thuật toán này có thể hoạt động tốt hơn trong việc phát hiện trong các tình huống và văn bản có các hình dạng khác nhau, nhưng hạn chế là việc xử lý sau cùng phức tạp, vì vậy có thể chậm về tốc độ và không thể phát hiện được văn bản chồng lấn [12].

2.4.2 Nhận dạng văn bản

Nhận dạng văn bản là việc nhận biết nội dung văn bản trong hình ảnh, và đầu vào thường là từ phần vùng chứa văn bản của ảnh được cắt ra bằng hộp văn bản được tạo ra từ việc phát hiện văn bản. Nhận dạng văn bản có thể được chia thành hai loại chính: **Nhận dạng Văn bản Đều đặn** và **Nhận dạng Văn bản Không đều đặn** dựa trên đường viền của văn bản cần nhận dạng.

Văn bản đều đặn chủ yếu đề cập đến các phông chữ in, văn bản được quét, và các nguồn tương tự có hướng chính đều. Văn bản không đều đặn thường



Hình 5: Tổng quan về thuật toán phát hiện văn bản

không nằm trong tư thế ngang, thường uốn cong, bị che khuất và mờ mờ. Các tình huống văn bản không đều đặn thách thức rất lớn, và đó cũng là hướng nghiên cứu chính trong việc nhận dạng văn bản.

Các thuật toán nhận dạng văn bản đều đặn có thể được chia thành hai loại dựa trên các phương pháp giải mã khác nhau: Thuật toán dựa trên CTC và Thuật toán dựa trên Sequence2Sequence. Chúng khác nhau trong cách chuyển đổi các đặc trưng chuỗi mà mạng học học được thành kết quả nhận dạng cuối cùng. Một ví dụ đại diện cho thuật toán dựa trên CTC là CRNN cổ điển.

Các thuật toán nhận dạng cho văn bản không đều đặn phong phú hơn.

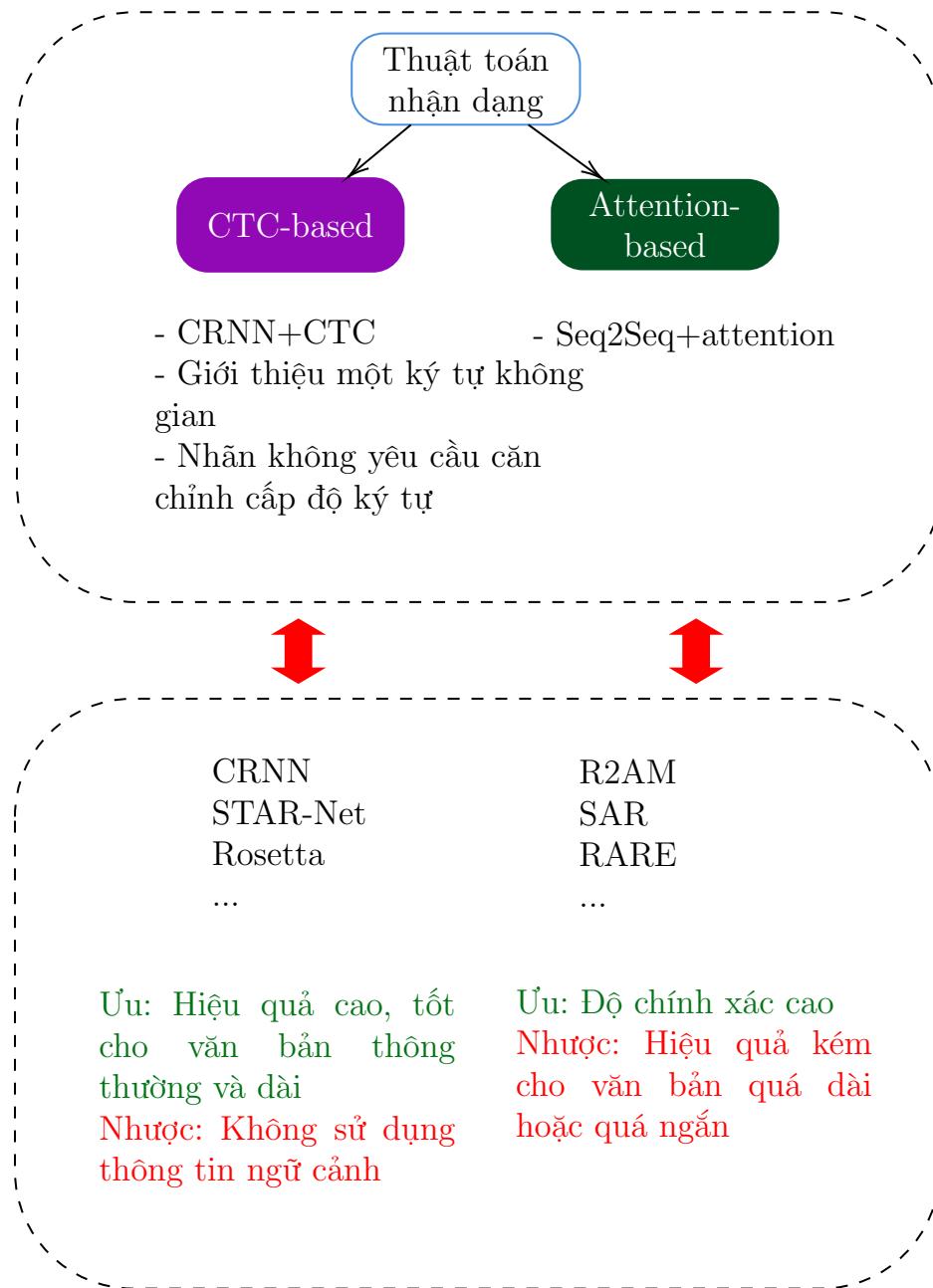


Hình 6: Văn bản đều đặn (trái) và Văn bản không đều đặn (phải)

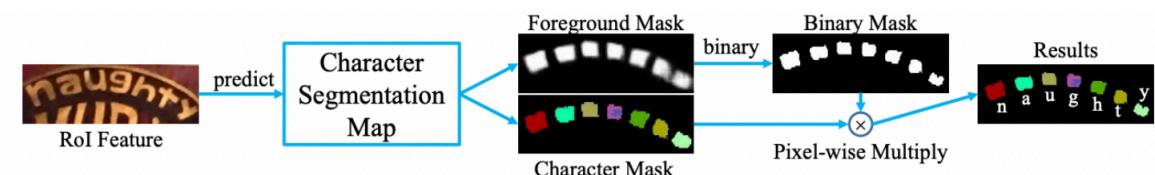
Các phương pháp như STAR-Net sửa chữa đường viền của văn bản không đều đặn thành các hình chữ nhật đều đặn bằng cách thêm các mô-đun sửa chữa như TPS trước khi thực hiện việc nhận dạng. Các phương pháp dựa trên Attention như RARE chú trọng hơn đến mối quan hệ giữa các phần trong chuỗi. Các phương pháp dựa trên phân đoạn xử lý mỗi ký tự trên dòng văn bản như một đơn vị riêng lẻ, làm cho việc nhận dạng ký tự đã phân đoạn dễ dàng hơn so với việc nhận dạng toàn bộ dòng văn bản sau khi sửa chữa. Ngoài ra, với sự phát triển nhanh chóng của Transformer và hiệu quả đã được xác minh trong các nhiệm vụ khác nhau trong những năm gần đây, nhiều thuật toán nhận dạng văn bản dựa trên transformer đã phát triển mạnh mẽ. Loại giải pháp này sử dụng cấu trúc transformer để giải quyết việc mô hình hóa sự phụ thuộc lâu dài trong CNN và đã đạt được kết quả tốt.

2.4.3 Nhận dạng cấu trúc tài liệu

Công nghệ OCR có thể đáp ứng yêu cầu về phát hiện và nhận dạng văn bản. Tuy nhiên, trong các tình huống thực tế, điều chúng ta thường cần là thông tin có cấu trúc, chẳng hạn như trích xuất thông tin từ thẻ ID và hóa đơn, xác định có cấu trúc của bảng, và vân vân. Các tình huống ứng dụng của công nghệ OCR chủ yếu là trích xuất tài liệu nhanh, so sánh nội dung hợp đồng, so sánh thông tin tài chính trên các tài liệu cần thanh toán, và xác định tài liệu vận chuyển. Kết quả OCR + xử lý sau cùng là một kế hoạch cấu trúc thường được sử dụng, nhưng phức tạp và cần thiết phải được thiết kế cẩn thận, và thiếu sự tổng quát. Với sự phát triển liên tục của công nghệ OCR và nhu cầu về trích xuất thông tin có cấu trúc đang gia tăng, các công nghệ liên quan đến phân tích tài liệu thông minh, như phân tích bối cảnh, nhận



Hình 7: CTC-based recognition algorithm VS. Attention-based recognition algorithm



Hình 8: Thuật toán nhận dạng dựa trên phân vùng ký tự

dạng bảng, và trích xuất thông tin quan trọng, đã nhận được sự chú ý ngày càng tăng.

2.4.3.1 Phân tích bối cục

Phân tích bối cục được thực hiện để phân loại nội dung của hình ảnh tài liệu thành các loại như văn bản thuần túy, tiêu đề, bảng biểu, hình ảnh, v.v. Các phương pháp hiện tại thường thực hiện việc phát hiện hoặc phân đoạn chúng một cách riêng biệt. Ví dụ, Soto Carlos sử dụng thông tin ngữ cảnh và vị trí tự nhiên của nội dung tài liệu để cải thiện hiệu suất phát hiện vùng dựa trên thuật toán phát hiện mục tiêu Faster R-CNN. Sarkar Mausoom và đồng nghiệp đề xuất một cơ chế phân đoạn dựa trên tiên biết để huấn luyện mô hình phân đoạn tài liệu với các hình ảnh có độ phân giải cao, giải quyết vấn đề rằng các cấu trúc khác nhau trong các khu vực dày đặc không thể phân biệt và hợp nhất do việc giảm quá mức của hình ảnh gốc.

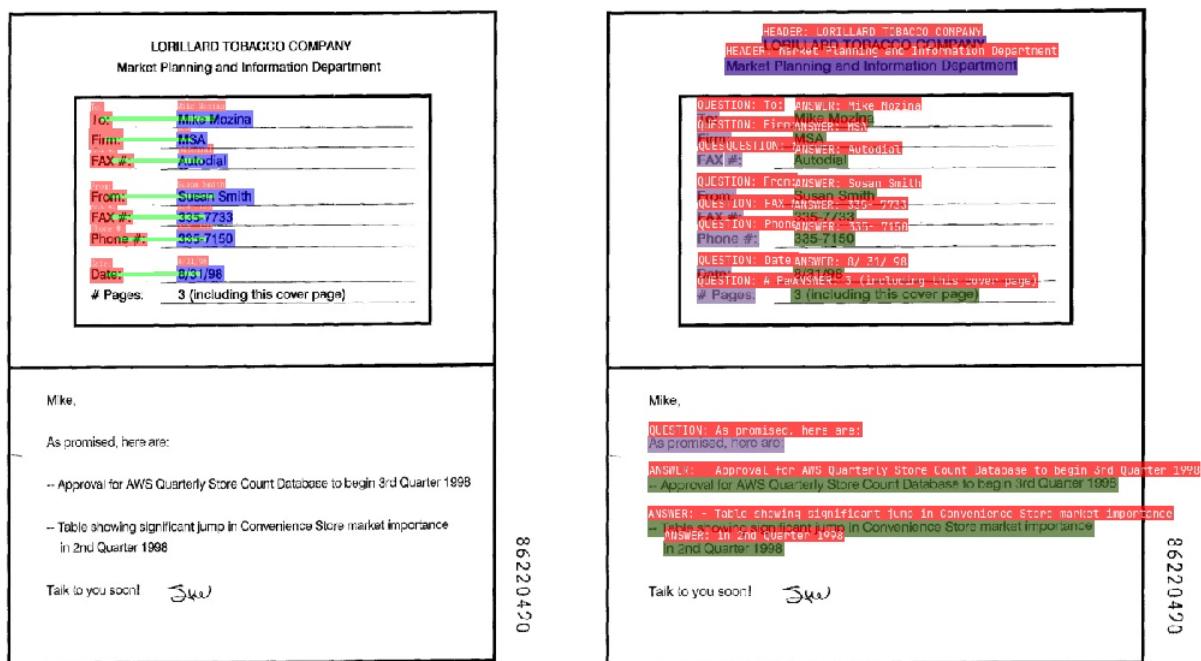
2.4.3.2 Nhận dạng bảng

Nhận dạng bảng là việc xác định và chuyển thông tin bảng của tài liệu thành một tệp Excel. Có nhiều loại và phong cách bảng khác nhau trong hình ảnh văn bản, chẳng hạn như các hàng và cột khác nhau và các loại văn bản khác nhau. Ngoài ra, phong cách của tài liệu và môi trường ánh sáng khi chụp ảnh đã đặt ra những thách thức lớn cho việc nhận dạng bảng, làm cho việc nhận dạng bảng trở thành một vấn đề nghiên cứu khó khăn trong việc hiểu tài liệu. Có nhiều phương pháp nhận dạng bảng. Ví dụ, vào những ngày đầu tiên, có các thuật toán truyền thống dựa trên các quy tắc heuristics, như thuật toán T-Rect được đề xuất bởi Kieninger và cộng sự, thường sử dụng quy tắc thiết kế thủ công và phát hiện và phân tích miền kết nối. Trong những năm gần đây, khi học sâu tiếp tục phát triển, một số thuật toán nhận dạng cấu trúc bảng dựa trên mạng CNN đã xuất hiện, như DeepTabStR được đề xuất bởi Siddiqui Shoaib Ahmed và cộng sự và TabStruct-Net được đề xuất bởi Raja Sachin và cộng sự. Ngoài ra, với sự gia tăng của Mạng Neural Đồ thị, một số nhà nghiên cứu đã thử áp dụng Mạng Neural Đồ thị vào việc nhận

dạng cấu trúc bảng và coi việc nhận dạng bảng như một vấn đề tái tạo đồ thị dựa trên Mạng Neural Đồ thị. Đây là cách mà TGRNet được đề xuất bởi Xue Wenyuan và cộng sự hoạt động. Hơn nữa, có các giải pháp end-to-end có kết quả đầu ra cấu trúc bảng dưới dạng HTML bằng mạng. Hầu hết trong số này áp dụng Seq2Seq để dự đoán cấu trúc bảng như những thuật toán dựa trên attention hoặc transformer, bao gồm TableMaster.

2.4.3.3 Trích xuất thông tin chính

Trích xuất thông tin quan trọng (KIE) là một nhiệm vụ quan trọng trong Hỏi và Trả lời Văn bản (Document VQA). Nó liên quan đến việc trích xuất thông tin cần thiết từ hình ảnh, chẳng hạn như tên và số ID từ thẻ ID. Thông tin như vậy thường được xác định trong một nhiệm vụ, nhưng khác nhau giữa các nhiệm vụ khác nhau.



Hình 9: RE(trái) VS SER(phải)

KIE thường được chia thành hai phần nhiệm vụ con để nghiên cứu (Hình 9):

- SER: Đây là việc nhận dạng thực thể ngữ nghĩa, phân loại từng đoạn

văn bản được phát hiện. Ví dụ, nó chia văn bản thành tên và số thẻ ID như hình dưới đây.

- RE: Đây là việc trích xuất mối quan hệ, phân loại từng đoạn văn bản. Ví dụ, nó có thể phân loại văn bản thành câu hỏi và câu trả lời, sau đó tìm câu trả lời tương ứng cho mỗi câu hỏi. Như hình dưới đây, các hộp đỏ và đen đại diện cho câu hỏi và câu trả lời tương ứng, và các mũi tên màu vàng chỉ sự tương ứng giữa câu hỏi và câu trả lời.

Phương pháp KIE thông thường được phát triển dựa trên nhận dạng thực thể đặt tên (NER), nhưng loại phương pháp này chỉ sử dụng thông tin văn bản trong hình ảnh mà không sử dụng thông tin hình ảnh và cấu trúc. Do đó, nó không đạt độ chính xác cao. Trong những năm gần đây, nhiều giải pháp đã bắt đầu kết hợp thông tin hình ảnh và cấu trúc với thông tin văn bản. Do sử dụng các nguyên tắc khác nhau trong việc kết hợp thông tin đa tầng, các phương pháp này có thể được chia thành bốn loại:

- Phương pháp dựa trên lưới
- Phương pháp dựa trên token
- Phương pháp dựa trên Graph Convolutional Network
- Phương pháp end-to-end

CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

Chương này sẽ trình bày các phương pháp và quy trình mà em sử dụng để thực hiện nghiên cứu. Đây là phần quan trọng trong đề tài, nơi mô tả cách tiến hành thu thập dữ liệu, xây dựng mô hình, đánh giá hiệu suất và ứng dụng thực tế của công nghệ OCR trong việc nhận dạng và xử lý hóa đơn.

Dưới đây là các bước trình bày chi tiết:

- Phầm mềm và công cụ hỗ trợ:** Trình bày các phần mềm và công cụ cho quá trình chuẩn bị dữ liệu, xây dựng và huấn luyện mô hình.
- Lựa chọn loại hóa đơn:** Để định rõ phạm vi nghiên cứu, em sẽ lựa chọn một loại hóa đơn cụ thể để tập trung trong đề tài. Việc này giúp xác định rõ mục tiêu và hướng đi của phần còn lại trong chương này.
- Thu thập dữ liệu:** Mô tả quy trình thu thập dữ liệu, bao gồm cách chọn các hình ảnh hóa đơn, cách đảm bảo tính đa dạng và độ phủ của dữ liệu, và việc chuẩn bị dữ liệu cho quá trình huấn luyện và kiểm tra mô hình.
- Xây dựng mô hình OCR:** Trong phần này, sẽ mô tả quá trình xây dựng mô hình nhận diện, nhận dạng OCR và Trích xuất thông tin chính. Giới thiệu mạng nơ-ron học sâu và cấu trúc các mô hình, thiết lập các lớp, tham số và hàm kích hoạt.
- Huấn luyện và tinh chỉnh:** Mô tả cách huấn luyện mô hình trên tập dữ liệu đã thu thập. Điều chỉnh tham số, tối ưu hóa và giải quyết vấn đề overfitting hoặc underfitting.

Chương "Phương pháp thực hiện" là nền tảng quan trọng cho việc thực hiện nghiên cứu, giúp định hình cách tiến hành các bước quan trọng trong đề tài "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ OCR nhận dạng hóa đơn".

3.1 Phần mềm và công cụ hỗ trợ

3.1.1 Google Colab

Google Colab (viết tắt của Google Colaboratory) là một dịch vụ miễn phí của Google cho phép thực hiện và chia sẻ các tệp notebook Jupyter, cũng như code Python. Nó là một môi trường trực tuyến, cho phép người dùng viết và chạy code Python một cách trực tiếp trên trình duyệt web mà không cần cài đặt bất kỳ môi trường phát triển nào trên máy tính.

Colab cung cấp sử dụng miễn phí cho CPU, GPU và RAM để người dùng có thể thực hiện các nhiệm vụ tính toán phức tạp mà không cần phải mua hoặc cấu hình phần cứng riêng. Colab còn được tích hợp sẵn với nhiều thư viện phổ biến cho khoa học dữ liệu, học máy và xử lý ảnh, giúp dễ dàng tiến hành các tác vụ phức tạp. Có thể tạo notebook Jupyter, trong đó bạn có thể viết code Python từng cell và thực thi chúng một cách tương tác. Điều này rất hữu ích cho việc thử nghiệm, phân tích dữ liệu và xây dựng mô hình máy học.

Colab có thể chia sẻ notebook của mình với người khác thông qua liên kết. Người khác có thể xem và chỉnh sửa notebook hoặc thậm chí làm việc chung với nhau trên cùng một notebook. Có thể lưu notebook và dữ liệu của mình trực tiếp vào Google Drive để truy cập dễ dàng và chia sẻ với các thiết bị khác.

Google Colab thường được sử dụng trong việc học, nghiên cứu và phát triển các dự án liên quan đến khoa học dữ liệu, học máy và trí tuệ nhân tạo mà không cần đầu tư nhiều vào cấu hình phần cứng.

3.1.2 PaddleOCR

PaddleOCR là một dự án mã nguồn mở do PaddlePaddle phát triển, nhằm cung cấp một giải pháp toàn diện cho các nhiệm vụ liên quan đến xử lý ảnh và văn bản, bao gồm cả nhận dạng ký tự, nhận dạng văn bản và các tác vụ liên quan đến OCR. Dự án này được xây dựng trên cơ sở của các mô hình học sâu và sử dụng các thuật toán tiên tiến để giải quyết các thách thức trong

việc xử lý ảnh và văn bản.

PaddleOCR hỗ trợ nhiều tác vụ liên quan đến OCR như nhận dạng ký tự, nhận dạng văn bản và phân loại chữ viết tay. Có thể được đào tạo và sử dụng cho nhiều ngôn ngữ khác nhau, giúp phát triển ứng dụng OCR toàn cầu. Người dùng có thể tùy chỉnh và đào tạo lại các mô hình của PaddleOCR cho phù hợp với nhu cầu cụ thể của dự án.

PaddleOCR có thể hoạt động trên nhiều nền tảng khác nhau, bao gồm máy tính cá nhân, máy chủ và các môi trường đám mây. Dự án cung cấp một loạt các mô hình học sâu đã được đào tạo trước để giúp giải quyết các vấn đề liên quan đến xử lý ảnh và văn bản.

Dự án được tối ưu hóa để đạt hiệu suất cao và đáp ứng yêu cầu xử lý ảnh và văn bản trong thời gian thực.

Hơn nữa PaddleOCR là một dự án mã nguồn mở và có cộng đồng hỗ trợ sẵn sàng chia sẻ kiến thức, giải đáp thắc mắc và cùng nhau phát triển.

Tóm lại, cung cấp một giải pháp mạnh mẽ và linh hoạt cho các ứng dụng liên quan đến xử lý ảnh và văn bản, đặc biệt là trong lĩnh vực OCR. Điều này giúp đơn giản hóa và tối ưu hóa quá trình xây dựng hệ thống nhận dạng văn bản và thông tin từ các hình ảnh hóa đơn và tài liệu khác.

3.1.3 PPOCRLLabel

PPOCRLLabel là một công cụ hỗ trợ trong lĩnh vực xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo, được sử dụng để thực hiện công việc nhận dạng và đánh dấu vùng chứa văn bản trên ảnh. Đây là một dự án mã nguồn mở của PaddlePaddle, một thư viện học máy phát triển bởi Baidu. PaddleOCR nhằm mục tiêu xây dựng các mô hình nhận dạng ký tự trên ảnh với hiệu suất cao.

PPOCRLLabel được tạo ra để hỗ trợ quá trình chuẩn bị dữ liệu cho việc huấn luyện mô hình nhận dạng văn bản. Việc chuẩn bị dữ liệu là một bước quan trọng trong quá trình phát triển mô hình học máy, và công cụ như PPOCRLLabel giúp đơn giản hóa và tăng cường hiệu suất của quá trình này. Dưới đây là một số tính năng chính của PPOCRLLabel [13]:

1. **Labeling vùng chứa văn bản:** PPOCRLLabel cho phép người dùng vẽ

các hộp giới hạn xung quanh các vùng chứa văn bản trên ảnh để đánh dấu vị trí của văn bản cần nhận dạng.

2. **Labeling trích xuất từ khóa:** Người dùng có thể gán nhãn thông tin từ khóa để cho bài toán trích xuất thông tin chính.
3. **Gắn nhãn văn bản:** Người dùng có thể gắn nhãn văn bản được nhận dạng trong các hộp giới hạn để cho biết nội dung của văn bản đó.
4. **Chú thích cho bảng:** PPOCRLabel cung cấp cho người dùng chức năng chú thích bảng nhằm mục đích bóc tách cấu trúc của bảng dưới dạng hình ảnh và chuyển sang định dạng Excel
5. **Chỉnh sửa và xem trước:** PPOCRLabel cung cấp giao diện để chỉnh sửa và xem trước dữ liệu đã được đánh dấu trên ảnh, đảm bảo rằng dữ liệu được chuẩn bị chính xác trước khi sử dụng để huấn luyện mô hình.
6. **Xuất dữ liệu:** Sau khi hoàn thành việc đánh dấu và chuẩn bị dữ liệu, PPOCRLabel cho phép bạn xuất dữ liệu trong các định dạng phổ biến để sử dụng trong quá trình huấn luyện mô hình.
7. **Tích hợp với PaddleOCR:** PPOCRLabel có thể liên kết với dự án PaddleOCR để tiện lợi trong việc sử dụng dữ liệu đã được chuẩn bị để huấn luyện các mô hình nhận dạng văn bản.

PPOCRLabel là một công cụ cực kỳ hữu ích trong quá trình chuẩn bị dữ liệu cho việc huấn luyện mô hình liên quan đến OCR, giúp tăng cường hiệu suất và chính xác của mô hình cuối cùng.

3.2 Lựa chọn hóa đơn

Trong phần này, em xác định loại hóa đơn mà nghiên cứu sẽ tập trung nhằm mục tiêu ứng dụng công nghệ OCR trong việc nhận dạng và trích xuất thông tin. Loại hóa đơn được chọn là hóa đơn bán hàng ở cửa hàng tiện lợi và siêu thị, là một phần quan trọng của cuộc sống hàng ngày và có sự đại diện cho nhiều thông tin đa dạng cần được xử lý.



Hình 10: Hóa đơn Okono(trái) và VinCommerce(phải)

Hóa đơn bán hàng cửa hàng tiện lợi và siêu thị được lựa chọn vì nó thường chứa các thông tin cần thiết như địa chỉ, ngày mua, sản phẩm, số lượng, cũng như các khoản phí.... Loại hóa đơn này thường đa dạng về cấu trúc và kiểu dáng, bao gồm vùng văn bản in và cả phần hình ảnh với các dữ liệu chú thích. Do đó, ứng dụng công nghệ OCR để tự động nhận dạng và trích xuất thông tin từ loại hóa đơn này đem lại giá trị thực tiễn và hứa hẹn trong việc tối ưu hóa quá trình xử lý hóa đơn và quản lý tài liệu.

Để thực hiện đề tài này em sử dụng mẫu hóa đơn của cửa hàng tiện lợi Okono và VinMart (Hình 10) để thực hiện trích xuất thông tin.

Qua việc tập trung vào loại hóa đơn bán hàng cửa hàng tiện lợi và siêu thị, mong muốn thực hiện một nghiên cứu chi tiết về cách ứng dụng công nghệ OCR vào việc nhận dạng và xử lý dữ liệu từ hóa đơn trong ngữ cảnh thực tế.

3.3 Thu thập và chuẩn bị dữ liệu

Thu thập và chuẩn bị dữ liệu cho nhiệm vụ Nhận dạng ký tự trên ảnh là một bước quan trọng để đảm bảo rằng mô hình OCR hoạt động tốt trên các dữ liệu thực tế. Trong phần này, em sẽ trình bày quá trình thu thập và xử lý dữ liệu hình ảnh của hóa đơn hàng cửa hàng tiện lợi và siêu thị. Việc thu thập dữ liệu là bước quan trọng để xây dựng và huấn luyện mô hình nhận dạng OCR. Tùy với nhiệm vụ khác nhau trong OCR ta có cách chuẩn bị dữ liệu khác nhau.

Về thu thập dữ liệu em sử dụng hóa đơn Okono thu thập từ cửa hàng tiện lợi Okono ở 85 Lê Văn Hiến, và hóa đơn VinCommerce em đã thu thập từ bộ dataset của cuộc thi **Mobile-Captured Image Document Recognition for Vietnamese Receipts (MC-OCR) - Legacy**

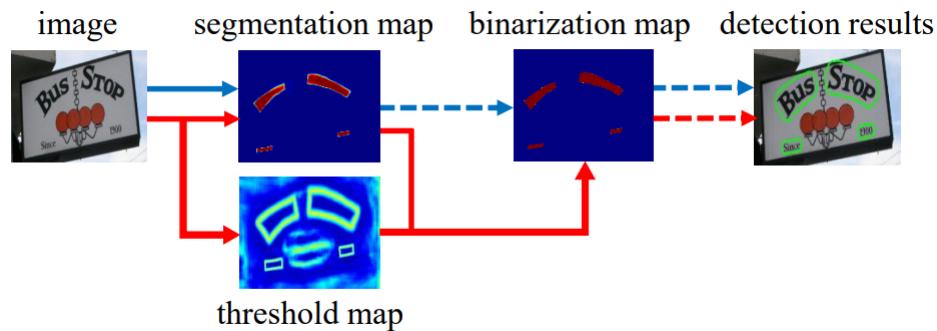
3.4 Xây dựng hệ thống

Để xây dựng một hệ thống OCR cho nhiệm vụ nhận diện hóa đơn đây là một quá trình phức tạp đòi hỏi sự kết hợp giữa nhiều nhiệm vụ khác nhau để đảm bảo hiệu suất và chất lượng của quá trình nhận dạng như Phát hiện vùng văn bản, Nhận dạng văn bản và Hiểu tài liệu(Document Understanding)

3.4.1 Phát hiện văn bản

Ở đề tài này em sử dụng DBNet [14] (Differentiable Binarization Network), đây là một mô hình mạng nơ-ron sử dụng trong lĩnh vực phát hiện văn bản. Phương pháp này tập trung vào vấn đề chuyển đổi hình ảnh văn bản đa dạng thành hình ảnh nhị phân, đồng thời huấn luyện mạng theo cách có thể tối ưu hóa quá trình này. Phương pháp nhị phân hóa khác biệt của DBNet cho phép giữ lại thông tin quan trọng trong hình ảnh và loại bỏ thông tin không cần thiết, giúp cải thiện độ chính xác của quá trình nhận dạng ký tự.

DB là một thuật toán dựa trên phân đoạn để phát hiện văn bản, sử dụng một mô-đun Nhị phân hóa Nguõng Khả vi (DB) khác biệt để phân biệt vùng văn bản khỏi nền với một ngưỡng động.



Hình 11: Pipeline truyền thống (luồng màu xanh) và pipeline của DB (luồng màu đỏ)

Những mũi tên màu xanh trong hình minh họa cho quy trình của các thuật toán phát hiện văn bản dựa trên phân đoạn thông thường. Loại phương pháp này sử dụng một ngưỡng cố định để tạo ra bản đồ phân đoạn nhị phân sau khi phân đoạn, sau đó áp dụng các thuật toán heuristics như gom cụm pixel để có được vùng văn bản. Những mũi tên màu đỏ trong hình minh họa cho luồng của thuật toán DB. Sự khác biệt lớn nhất so với các giải pháp thông thường là DB có một bản đồ ngưỡng, và nó sẽ dự đoán ngưỡng tại mỗi điểm pixel của hình ảnh thông qua mạng neural, thay vì chỉ định một giá trị cố định. Do đó, nó có thể phân biệt tốt hơn giữa nền và vùng văn bản.

Thuật toán DB có những ưu điểm sau:

1. Cấu trúc thuật toán đơn giản và không cần xử lý sau quá trình tính toán phức tạp
2. Dữ liệu nguồn mở của nó có độ chính xác và hiệu suất tốt

Sau khi có bản đồ xác suất, thuật toán truyền thống dựa trên phân đoạn hình ảnh sẽ đặt tất cả các điểm ảnh có giá trị thấp hơn ngưỡng t thành 0 và ngược lại thành 1. Công thức là:

$$B_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_{i,j} \geq t, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Những phương pháp nhị phân tiêu chuẩn không có khả năng khác biệt,

từ đó khiến mạng không thể được huấn luyện theo kiểu end-to-end (tức là không thể tích hợp vào quá trình lan truyền ngược). Để giải quyết vấn đề này, thuật toán DB sử dụng Differentiable Binarization, giúp xấp xỉ step function của phương pháp nhị phân tiêu chuẩn. Nó sử dụng công thức khác:

$$\hat{B} = \frac{1}{1 + e^{-k(P_{i,j} - T_{i,j})}}$$

Ở trên, P đề cập đến bản đồ xác suất, T đề cập đến bản đồ ngưỡng, và k là hệ số tăng được thiết lập là 50 dưới một quy tắc thực tế trong thí nghiệm. Hình 12(a) dưới đây cho thấy sự khác biệt giữa phương pháp nhị phân tiêu chuẩn và phân đoạn khác biệt.

Khi sử dụng hàm mất mát cross-entropy, mất mát của các mẫu dương và mẫu âm lần lượt là l_+ và l_- :

$$l_+ = -\log\left(\frac{1}{1 + e^{-k(P_{i,j} - T_{i,j})}}\right)$$

$$l_- = -\log\left(1 - \frac{1}{1 + e^{-k(P_{i,j} - T_{i,j})}}\right)$$

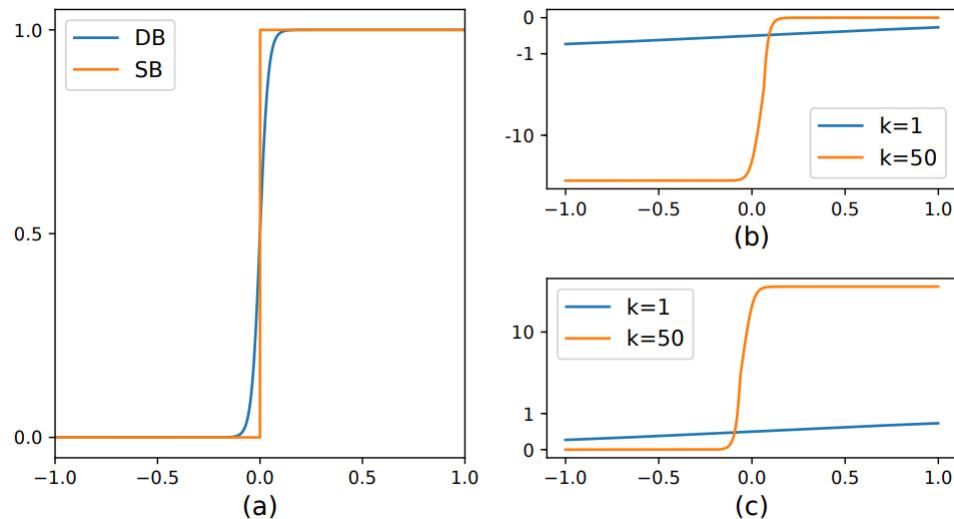
Nhập x vào để lấy đạo hàm riêng có thể dẫn đến:

$$\frac{\delta l_+}{\delta x} = -kf(x)e^{-kx}$$

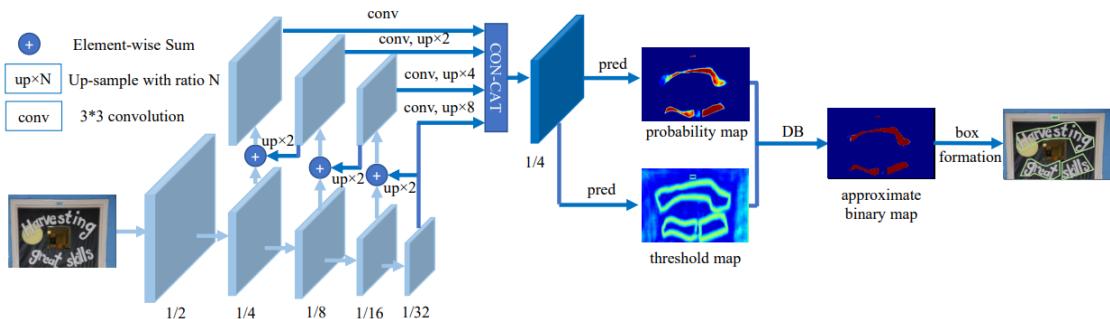
$$\frac{\delta l_-}{\delta x} = -kf(x)$$

Có thể thấy rằng hệ số tăng sẽ làm phình to độ dốc của dự đoán lỗi, từ đó tối ưu hóa mô hình để đạt được kết quả tốt hơn. Trong Hình 12(b), phần của $x < 0$ đại diện cho trường hợp mẫu tích cực được dự đoán thành mẫu tiêu cực. Có thể thấy rằng hệ số tăng k làm phình to độ dốc. Hình 12(c) hiển thị $x > 0$, đề cập đến trường hợp mẫu tiêu cực được dự đoán thành mẫu tích cực, và độ dốc cũng được phình to.

Cấu trúc tổng quan của thuật toán DB (Hình 13), các đặc điểm của hình ảnh đầu vào được trích xuất thông qua mạng Backbone và FPN, sau đó chúng



Hình 12: Minh họa về phân đoạn khác biệt và đạo hàm của nó. (a) So sánh số liệu giữa phương pháp nhị phân tiêu chuẩn (SB) và phân đoạn khác biệt (DB). (b) Đạo hàm của l_+ . (c) Đạo hàm của l_- . [14]



Hình 13: Kiến trúc của phương pháp DB

được nối liền để tạo ra một đặc điểm có kích thước là một phần tử của hình ảnh gốc. Sau đó, lớp tích chập được sử dụng để tạo ra bản đồ xác suất dự đoán và bản đồ ngưỡng, và sau đó tạo ra đường viền qua quá trình xử lý sau cùng của DB.

3.4.2 Nhận dạng văn bản

3.4.3 Hiểu tài liệu

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ

REFERENCES

- [1] FPT.AI. “Nâng cấp quy trình số hóa tài liệu của doanh nghiệp với công nghệ ocr.” (2020), [Online]. Available: <https://fpt.ai/vi/nang-cap-quy-trinh-so-hoa-tai-lieu-cua-doanh-nghiep-voi-cong-nghe-ocr> (visited on 07/08/2023).
- [2] AWS. “Ocr (nhận dạng ký tự quang học) là gì?” (), [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/vi/what-is/ocr/> (visited on 07/08/2023).
- [3] A. Singh, K. Bacchuwar, and A. Bhasin, “A survey of ocr applications,” *International Journal of Machine Learning and Computing (IJMLC)*, Jan. 2012. DOI: [10.7763/IJMLC.2012.V2.137](https://doi.org/10.7763/IJMLC.2012.V2.137).
- [4] Wikipedia. “Optical character recognition.” (2002), [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_character_recognition (visited on 07/08/2023).
- [5] D. V. Everen. “The history of ocr.” (2023), [Online]. Available: <https://www.veryfi.com/ocr-api-platform/history-of-ocr/> (visited on 07/08/2023).
- [6] K. Lopez-Nichol. “Template-based vs. ai-based ocr: Which is right for you?” (2023), [Online]. Available: <https://www.veryfi.com/technology/template-based-vs-ai-based-ocr/>.
- [7] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016, <http://www.deeplearningbook.org>.
- [8] Wikipedia. “Deep learning.” (2012), [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning#Neural_networks (visited on 10/08/2023).
- [9] AWS. “Học sâu là gì?” (), [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/vi/what-is/deep-learning/> (visited on 10/08/2023).

- [10] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, *et al.*, *Attention is all you need*, 2023. arXiv: [1706.03762 \[cs.CL\]](https://arxiv.org/abs/1706.03762).
- [11] J. W. Lum. “Ai vs traditional ocr.” (2020), [Online]. Available: <https://medium.com/staple-ai/artificial-intelligence-vs-traditional-ocr-how-staple-rides-the-wave-of-emerging-technologies-e60f2d295a26> (visited on 12/08/2023).
- [12] C. Li, W. Liu, R. Guo, *et al.*, *Dive into OCR*. 2022, https://paddleocr.bj.bcebos.com/ebook/Dive_into_OCR.pdf.
- [13] Evezerest. “Ppocrlabel.” (2022), [Online]. Available: <https://github.com/Evezerest/PPOCRLabel>.
- [14] M. Liao, Z. Wan, C. Yao, K. Chen, and X. Bai, *Real-time scene text detection with differentiable binarization*, 2019. arXiv: [1911.08947 \[cs.CV\]](https://arxiv.org/abs/1911.08947).