**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**



**BÁO CÁO TIỂU LUẬN KẾT THÚC HỌC PHẦN THẠC SĨ**

**HỆ HỖ TRỢ QUYẾT ĐỊNH TIÊN TIẾN**

**ĐỀ TÀI:**

**TƯƠNG LAI CỦA HỆ THỐNG HỖ TRỢ TRONG Y TẾ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | **Học viên thực hiện** | **: VƯƠNG TRUNG HIẾU** | | **Giảng viên** | **: TS. Vũ Văn Hiệu** | | | **Khoa** | **: CNTT & Viễn thông** | | | **Lớp** | **: NCS học bổ sung** | | |  |
| **Hà Nội – 2023** |  |
| **PHIẾU CHẤM ĐIỂM**  Học viên thực hiện:   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Họ và tên** | **Chữ ký** | **Ghi chú** | | Vương Trung Hiếu |  |  |   Giảng viên chấm:   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Họ và tên** | **Điểm** | **Chữ ký** | | Giảng viên chấm 1: |  |  | | Giảng viên chấm 2: |  |  | |  |

# MỤC LỤC

[MỤC LỤC 3](#_Toc85455765)

[LỜI MỞ ĐẦU 4](#_Toc85455768)

[10. 1. IoT và Công nghệ đeo ……………………………………………………………. 5](#_Toc85455769)

10.2. Người máy ………………………………………………………………………….[8](#_Toc85455774)

[10.3. Thông tin và phát minh mới ………. ……………………………………………....9](#_Toc85455779)

**10.4. Chuẩn đoán bệnh hiếm gặp và ung thư …………………………………….10**

**10.5. Covid-19 và khảo sát dịch bệnh ……………………………………………..11**

**10.6. Tóm tắt ……………………………………………………………………….12**

**10.7. Nghiên cứu bổ sung…………………………………………………………13**

[TÀI LIỆU THAM KHẢO 14](#_Toc85455789)

# LỜI MỞ ĐẦU

Sau phần giới thiệu về các chủ đề thiết yếu, tất cả các chương trước đã cung cấp cách sử dụng hiệu quả học sâu để chẩn đoán các bệnh quan trọng, vì chúng là cơ sở cho các hệ thống hỗ trợ ra quyết định y tế. Tất nhiên, còn nhiều khía cạnh nghiên cứu khác sẽ được thảo luận nhưng nếu đó cũng là một cách tiếp cận tốt để tập trung vào một số hiểu biết sâu sắc về tương lai của các hệ thống hỗ trợ ra quyết định y tế.

Hiện nay, có rất nhiều công nghệ thay thế và sự phát triển sáng tạo mang lại những thay đổi mang tính cách mạng cho nhân loại. Vì lĩnh vực trí tuệ nhân tạo và các tiểu lĩnh vực hiện tại của nó, tức là học sâu, vẫn giữ vị trí hàng đầu, các ý tưởng trong tương lai có thể được hình thành tốt hơn bằng cách suy nghĩ về các chủ đề có thể sẽ ảnh hưởng lớn đến tương lai về mặt thay đổi công nghệ—sự phát triển và tạo ra cuộc sống hiện đại thực tế và dễ hiểu hơn. Có thể có một phạm vi rất rộng nếu tất cả các yếu tố định hình tương lai đều được nghĩ đến nhưng Hình 10.1 thể hiện sơ đồ của một số công nghệ hàng đầu cũng như các chủ đề có thể được coi là thành phần cho các kịch bản tương lai của các hệ thống hỗ trợ ra quyết định y tế.

Như chúng ta vẫn nên nghĩ về trí tuệ nhân tạo và học sâu, vẫn chưa rõ liệu tương lai có thể có những khái niệm mới hay không. Tuy nhiên, vai trò của các hệ thống thông minh sẽ vẫn tồn tại vì chúng sẽ xuất hiện các thành phần chung trong bối cảnh các công nghệ và công cụ khác nhau—thiết bị. Dựa trên phạm vi của y tế và mối quan hệ với các hệ thống hỗ trợ quyết định y tế, chương này cung cấp một cuộc thảo luận cuối cùng cho những phát triển trong tương lai trong các đoạn sau.

Chart, diagram

Description automatically generated

*Hình 10.1. Một số công nghệ quan trọng nhất cũng như các chủ đề*

*có thể được coi là thành phần cho các kịch bản trong tương lai*

# 10.1 IoT và Công nghệ đeo

Inter of Things (IoT) được biết đến như một công nghệ gần đây bao gồm giao tiếp thông minh của các thiết bị cuộc sống hàng ngày trong bối cảnh mạng nơi chia sẻ dữ liệu, phân tích và hành động trong sự cộng tác đều diễn ra tương ứng [1–4]. Do việc sử dụng mạnh mẽ thế giới kỹ thuật số, nó đã bắt đầu ảnh hưởng đến mọi công việc chúng ta làm trong ngày. Khi máy tính cũng như các công nghệ truyền thông như Internet, truyền thông không dây đảm bảo vai trò quan trọng trong việc lưu trữ thông tin trong bối cảnh thế giới kỹ thuật số, sự phát triển công nghệ đã khiến IoT nổi lên như một giải pháp tuyệt vời cho một tương lai tự trị với các thiết bị thông minh xung quanh. chúng tôi để làm cho mọi thứ trở nên dễ dàng và thiết thực hơn (Tất nhiên có nhiều vấn đề xuất hiện trong quá trình sử dụng mọi công nghệ, nhưng cuộc thảo luận về IoT là một điểm thú vị khác, nằm ngoài phạm vi của chương/cuốn sách này). Tóm lại, IoT cho phép giao tiếp giữa tất cả các thiết bị có thể tham gia vào mạng để dữ liệu về con người, môi trường, các thiết bị khác có thể được sử dụng tương ứng để đưa ra quyết định và thực hiện một số hành động như giải quyết nhiệm vụ, điều chỉnh các yếu tố môi trường, phân tích điều gì đó hoặc ít nhất là đảm bảo sự tương tác với mọi người để thông báo cho họ về thế giới xung quanh. Ở đây, các ưu điểm của hệ thống IoT được chỉ ra trong Hình 10.2.

Tất cả những ưu điểm đã đề cập và các cơ chế định hướng giao tiếp của IoT đều là do sự phát triển sáng tạo trong trí tuệ nhân tạo và các giải pháp giao tiếp như cảm biến không dây, tiêu chuẩn giao tiếp không dây, cũng như các công nghệ di động và phương pháp giao tiếp [5–8]. Ngày nay, điều đáng chú ý là IoT đã được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau [9–13]. Khi công nghệ đó được sử dụng nhiều hơn trong một lĩnh vực cụ thể, nó cũng được gọi lại với tên mới, phù hợp với phạm vi của lĩnh vực liên quan. Internet of Health Things (IoHT) nằm trong số đó.

IoHT ngắn gọn là một loại IoT được áp dụng cho các ứng dụng y tế [14, 15]. Bởi vì tương lai có thể sẽ có đầy đủ các thiết bị tự trị, việc sử dụng IoT cũng như IoHT có lẽ sẽ là một điều phổ biến vì lĩnh vực y tế sẽ luôn là nơi đầu tiên được hưởng lợi từ các công nghệ đổi mới. Theo đó, tương lai của các hệ thống hỗ trợ quyết định y tế sẽ bao gồm việc sử dụng mạnh mẽ các hệ thống IoHT. Cụ thể, các kịch bản có thể xảy ra sẽ như sau:

Chart, bubble chart

Description automatically generated

*Hình 10.2. Những ưu điểm của Internet vạn vật*

Sau khi thức dậy vào buổi sáng, gương thông minh và camera trong nhà sẽ hỗ trợ chúng ta sẵn sàng cho ngày mới và chúng cũng sẽ theo dõi mọi thay đổi tâm trạng hoặc bệnh tật có thể xảy ra.

Nhà vệ sinh sẽ là thiết bị phân tích nước tiểu và phân để chẩn đoán bệnh và/hoặc chẩn đoán sớm việc trải qua các tiêu chuẩn sống tồi tệ.

Tất cả dữ liệu y tế của chúng tôi sẽ được lưu giữ an toàn trên blockchain chạy đám mây được mã hóa để tất cả các thiết bị thông minh sẽ đưa ra quyết định về tình trạng sức khỏe của chúng tôi.

Ô tô của chúng tôi sẽ theo dõi tình trạng sức khỏe của chúng tôi và các triệu chứng mệt mỏi có thể xảy ra. Trong khi làm việc tại môi trường văn phòng, các thiết bị thông minh sẽ theo dõi hiệu suất cũng như trạng thái tinh thần và sức khỏe của chúng ta trước bất kỳ bệnh tật nào hoặc sự suy giảm sức khỏe của chúng ta.

Các ca phẫu thuật sẽ do hệ thống robot thông minh đưa ra quyết định một cách chính xác và nhanh chóng hơn.

Tất cả các phương pháp điều trị sẽ được theo dõi bởi các thiết bị thông minh xung quanh chúng ta để chúng ta hồi phục nhanh hơn.

Nhờ các hành động sớm của các thiết bị thông minh, mọi người sẽ không dễ dàng bị nhiễm bệnh hoặc ít nhất là tự ngăn ngừa các bệnh có thể xảy ra.

Các thiết bị thông minh sẽ hỗ trợ chúng ta có thực phẩm tốt cho sức khỏe và theo dõi dữ liệu y tế của chúng ta để có một tuổi già khỏe mạnh kịp thời.

Diagram

Description automatically generated

*Hình 10.3. Các lợi ích thiết yếu được cung cấp bởi các hệ thống IoHT trong tương lai*

Vì vẫn có thể tưởng tượng ngày càng nhiều về các kịch bản có thể xảy ra trong tương lai, nên IoHT ở đây đảm bảo vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ chúng ta có được sức khỏe tốt và hạnh phúc nói chung. Vì các hệ thống IoHT trong tương lai sẽ được kết hợp với học sâu (bất kỳ hình thức nâng cao nào có thể có tên mới), nên các quy trình phân tích, chẩn đoán và điều trị sẽ còn nhanh hơn và hiệu quả hơn so với hiện nay. Bao gồm tất cả các giải thích cho đến nay, Hình 10.3 cung cấp các lợi ích thiết yếu được cung cấp bởi các hệ thống IoHT trong tương lai.

Liên quan đến viễn cảnh IoHT, tương lai của các hệ thống hỗ trợ ra quyết định y tế cũng sẽ thuộc về các công nghệ có thể đeo được. Hiện tại, có nhiều loại công nghệ thiết bị đeo sẵn sàng được sử dụng (Hình 10.4 [14]). Các công nghệ thiết bị đeo có thể theo dõi dữ liệu của chúng ta một cách hiệu quả và đảm bảo các tính năng thông minh hỗ trợ chúng ta có một cuộc sống dễ dàng hơn và thậm chí cả việc ra quyết định nói chung. Xét về mặt y tế, các công nghệ có thể đeo được có lẽ sẽ là thành phần phổ biến của các hệ thống cấp trên IoHT và sẽ là công cụ thiết yếu để hiểu thêm về chúng ta và mọi người nhằm đảm bảo sức khỏe.

**10.2 Người máy**

Khi một cuộc thảo luận về trí tuệ nhân tạo và tương lai được đưa ra, các công nghệ robot là chủ đề nhất định được giải thích rộng rãi. Khi phù hợp với điều đó, tương lai của các hệ thống hỗ trợ quyết định y tế sẽ gắn liền với việc sử dụng nhiều robot hơn. Thậm chí ngày nay, có rất nhiều ví dụ về việc sử dụng robot trong các lĩnh vực khác nhau và nó đã là một thành phần không đổi của tương lai [16–18]. Trong bối cảnh các vấn đề y tế và các nhiệm vụ hỗ trợ ra quyết định, các kịch bản sau đây có thể được suy nghĩ phù hợp:

Diagram

Description automatically generated

*Hình 10.4 Công nghệ thiết bị đeo ngày nay [14]*

Trong tương lai, sẽ có các hệ thống robot giống như ki-ốt phục vụ các không gian công cộng để giúp mọi người chẩn đoán và điều trị y tế đơn giản.

Vì các ca phẫu thuật đã được hỗ trợ bởi robot cứng và mềm [19, 20], tương lai sẽ bao gồm việc sử dụng rộng rãi hơn robot trong quá trình phẫu thuật. Những hệ thống robot như vậy sẽ không chỉ thực hiện—hỗ trợ phẫu thuật mà còn giúp các bác sĩ trong quá trình ra quyết định.

Trí tuệ nhân tạo đã được sử dụng trong các ứng dụng phục hồi thể chất [21–23]. Trong tương lai, sẽ có nhiều robot phục hồi chức năng hơn và tại nhà, mọi người (đặc biệt là người lớn tuổi) sẽ được hỗ trợ bởi các robot trợ lý cá nhân có kiến thức về y tế.

Nhiều xét nghiệm y tế đơn giản (tức là lấy mẫu máu) tại các bệnh viện sẽ được thực hiện bởi robot dịch vụ.

Sẽ có các phòng dựa trên robot chẩn đoán tiên tiến để thực hiện các quy trình kiểm tra tổng quát.

Các nhiệm vụ y tế thường nguy hiểm do con người thực hiện sẽ được thực hiện bởi robot.

Robot mềm sẽ được sử dụng nhiều hơn vì những ưu điểm của chúng so với robot cứng.

Sẽ có nhiều hệ thống chuyên gia rô-bốt hơn thực hiện các tương tác liên quan đến trả lời câu hỏi với con người, để có ý tưởng về tình trạng sức khỏe, các rối loạn/bệnh có thể mắc phải và thu thập thông tin trước để hỗ trợ bác sĩ đưa ra quyết định.

Các hệ thống rô-bốt thậm chí sẽ có kích thước nhỏ hơn và được tích hợp vào các công nghệ có thể đeo được để phục vụ mục đích theo dõi tốt hơn.

**10.3 Thông tin và phát minh Thuốc**

Như đã đề cập và nhấn mạnh trong các chương trước, khám phá thông tin là một trong những cách giải quyết quan trọng của trí tuệ nhân tạo. Nhờ học sâu và sử dụng dữ liệu lớn, việc khám phá thông tin đã đạt được nhiều động lực hơn trong thời gian. Khám phá thông tin có thể được sử dụng để rút ra sự kết hợp thông tin mới, kiến thức rộng hơn và các mẫu mới dẫn đến vai trò cơ chế chính xác của khám phá [24, 25].

Bệnh tật luôn là vấn đề nan giải của nhân loại. Hiện nay, nhân loại đang trải qua đại dịch do virus corona COVID-19 gây ra và chính vì lẽ đó mà hầu hết các công trình nghiên cứu của y học đều hướng đến việc tìm ra phương pháp điều trị hiệu quả COVID-19. Tình huống đó và kinh nghiệm trong quá khứ với các bệnh khác nhau, lúc đó mạnh và yếu (hoặc đã loại bỏ) ngày nay cho thấy tầm quan trọng của việc sử dụng khám phá thông tin để khám phá thuốc được thực hiện với việc sử dụng trí tuệ nhân tạo trong lĩnh vực y tế. Từ đó, tương lai sẽ bao gồm mạnh mẽ việc chạy khám phá thuốc (khám phá thuốc—vắc-xin cũng như các chiến lược điều trị) bằng cách sử dụng các thuật toán—kỹ thuật hiệu quả và chạy chúng trong bối cảnh của các hệ thống hỗ trợ quyết định tiên tiến. Thậm chí ngày nay, có rất nhiều ví dụ về nghiên cứu khám phá thuốc được thực hiện với học sâu [26–31] để các bệnh trong tương lai, nhiễm vi-rút, rối loạn và loại vi sinh vật mới sẽ thường là đối tượng của các nghiên cứu khám phá thuốc. Ở đây khám phá thuốc có thể là một bước hiệu quả của toàn bộ hệ thống quản lý sức khỏe y tế, bao gồm việc sử dụng các hệ thống thông minh để phân tích, chẩn đoán, khám phá thuốc và sau đó là quy trình điều trị trong bối cảnh quy trình hỗ trợ ra quyết định, như được minh họa trong Hình 10.5.

**10.4 Chẩn đoán bệnh hiếm gặp và ung thư**

Sử dụng chẩn đoán y tế tự động như một thành phần của hệ thống hỗ trợ quyết định y tế đã là một vũ khí tốt của loài người đối với tất cả các loại bệnh. Như đã chỉ ra trong đoạn trước, tương lai của y tế sẽ vẫn bao gồm việc xử lý các bệnh nhiễm trùng, vi sinh vật và có thể là căn bệnh hiểm nghèo ngày nay: ung thư sẽ vẫn được phân tích, chẩn đoán và sau đó được điều trị bằng cách sử dụng các hệ thống thông minh vận hành các hệ thống hỗ trợ y tế. Hiện tại, đã có những công trình nghiên cứu được thực hiện để chẩn đoán hiệu quả các loại ung thư khác nhau [32–42]. Với sự kết hợp đặc biệt tốt với xử lý hình ảnh, các kiến trúc học sâu đã được sử dụng hiệu quả để chẩn đoán ung thư (Hình 10.6). Mặt khác, cũng có những bệnh hiếm gặp bao gồm nhiễm vi-rút, vi khuẩn (khi chưa thành đại dịch), dị ứng cụ thể và rối loạn di truyền [43–45].

Shape

Description automatically generated

*Hình 10.5 Luồng hỗ trợ quyết định với các bước khác nhau được thực hiện bởi các hệ thống thông minh*

Diagram

Description automatically generatedVì một số công cụ công nghệ và những thay đổi trong tiêu chuẩn sống cũng đang ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến quá trình trao đổi chất của con người và gây ra các bệnh hiếm gặp, nên vẫn cần có các hệ thống hỗ trợ quyết định y tế để đối phó với các bệnh hiếm gặp. Vì cũng có thể đảm bảo một cuộc sống cân bằng, lành mạnh nhờ các hệ thống IoHT như đã giải thích trước đây, nên vẫn có khả năng mắc các bệnh hiếm gặp hoặc ung thư do có sự hỗn loạn trong vũ trụ và tự nhiên. Tuy nhiên, các hệ thống thông minh trong tương lai sẽ là yếu tố chính để giải quyết các vấn đề như vậy, như một cái nhìn sâu sắc đáng chú ý cho tương lai.

*Hình 10.6 Xử lý hình ảnh và sử dụng học sâu để chẩn đoán ung thư*

**10.5 COVID-19 và Kiểm soát Đại dịch**

Như đã chỉ ra trước đó, loài người hiện (tại thời điểm viết phần đó của chương này; tháng 3 năm 2020) đang đối phó với loại vi-rút corona: COVID-19 và nó đã trở thành đại dịch trong một thời gian ngắn. Vì COVID-19, các chính phủ trên khắp thế giới đã áp dụng các chính sách đáng chú ý bao gồm nghỉ làm tại nơi làm việc, trường học, trường đại học có điều kiện làm việc từ xa—trực tuyến tại nhà, cách ly để ngăn chặn mọi người nhiễm COVID-19, nguyên nhân gây tử vong trong thời gian ngắn đáng kể lần. Nói chung, có một tình trạng khẩn cấp nghiêm trọng, giống như cuộc sống trên khắp thế giới đã dừng lại. Tình hình đó đã cho thấy các nhà nghiên cứu sử dụng hiệu quả công nghệ để chẩn đoán sớm các bệnh nhiễm vi-rút như vậy trước khi chúng trở thành đại dịch hoặc ít nhất là chạy các phương pháp điều trị và khám phá hiệu quả (tức là vắc-xin) để loại bỏ căn bệnh tàn khốc đó một cách nhanh chóng. Ngày nay, đã có các công trình nghiên cứu tập trung vào việc sử dụng trí tuệ nhân tạo/học sâu để chẩn đoán COVID-19 và đưa ra các phương pháp điều trị thay thế cho bệnh này [46–56]. Vì vấn đề đó đã dạy cho nhân loại nhiều điều, nên có thể nói rõ ràng rằng tương lai của các hệ thống hỗ trợ ra quyết định y tế sẽ bao gồm các phương pháp kiểm soát đại dịch với phân tích sâu hơn và theo dõi dữ liệu trên toàn thế giới. Tại thời điểm này, một kịch bản hệ thống có thể xảy ra có thể được diễn đạt ngắn gọn như sau

**10.6 Tóm tắt**

Tương lai của các hệ thống hỗ trợ ra quyết định y tế luôn rộng mở cho những nghiên cứu sâu hơn và những phát triển sáng tạo. Nhờ những cải tiến và phát triển nhanh chóng trong các công nghệ khác nhau, các kết quả luôn luôn hiệu quả đối với các giải pháp công nghệ thiết thực cho cuộc sống hàng ngày. Sau thế kỷ XXI, trạng thái đó đã và đang diễn ra rộng rãi trên tất cả các lĩnh vực khác nhau. Là một lĩnh vực quan trọng, y tế sẽ luôn giữ vị trí hàng đầu về các giải pháp mới nhất. Ở đây, các giải pháp của các hệ thống thông minh sẽ là yếu tố kích hoạt chính để giải quyết các vấn đề y tế cũng như thực hiện từng bước vì hạnh phúc tốt hơn của nhân loại.

Cũng là phần cuối cùng của cuốn sách này, chương này đã thảo luận về một số chủ đề cụ thể mà các tác giả cho rằng sẽ rất quan trọng đối với tương lai của các hệ thống hỗ trợ ra quyết định y tế. Các giải thích bao gồm IoT, IoHT, công nghệ thiết bị đeo, người máy, khám phá thuốc, chẩn đoán ung thư cũng như các bệnh hiếm gặp là những chủ đề quan trọng để nghiên cứu thêm. Tất nhiên, với tư cách là mối đe dọa hiện tại đối với sự tồn tại của loài người, COVID-19 và các đại dịch cũng đã được thảo luận theo nghĩa kiểm soát và điều trị chúng, là chủ đề quan trọng cuối cùng.

Khi kết luận cho cuốn sách, các tác giả đã cung cấp quan điểm hiện tại về việc sử dụng học sâu cho các hệ thống hỗ trợ quyết định y tế đang phát triển. Việc sử dụng các kiến trúc học sâu khác nhau, sử dụng chúng cho các giải pháp chẩn đoán đặc biệt để hình thành các yếu tố cần thiết của hệ thống hỗ trợ quyết định y tế đang nhanh chóng cải thiện các chủ đề nghiên cứu, do đó sẽ luôn cần những cuốn sách tham khảo như vậy để hiểu rõ hơn về nghiên cứu mới nhất và có những ý tưởng trong tương lai. Các tác giả xin cảm ơn tất cả các độc giả đã đọc cuốn sách đó và mong muốn được thấy những người cùng sở thích cho các tác phẩm trong tương lai của họ.

**10.7 Nghiên cứu bổ sung**

Để có thêm một số hiểu biết trong tương lai từ các công trình rất gần đây về tương lai của trí tuệ nhân tạo cũng như vai trò của nó trong y tế, độc giả có thể đọc [61–76].

Để tìm hiểu thêm về các ứng dụng y tế thông minh (đặc biệt là sự hỗ trợ của IoT, truyền thông di động và một số công nghệ khác) cũng như một số viễn cảnh trong tương lai, độc giả có thể tham khảo [77–81].

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

* + 1. L. Tan, N. Wang, Future internet: the internet of things, in *2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, vol. 5. (IEEE, 2010), pp. V5–376)
    2. L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The internet of things: a survey. Comput. Netw. **54**(15), 2787– 2805 (2010)
    3. A. McEwen, H. Cassimally, *Designing the Internet of Things* (Wiley, 2013)
    4. S.C. Mukhopadhyay, N.K. Suryadevara, Internet of things: challenges and opportunities, in

*Internet of Things*. (Springer, Cham, 2014), pp. 1–17

* + 1. P. Waher, *Learning Internet of Things* (Packt Publishing Ltd., 2015)
    2. L. Da Xu, W. He, S. Li, Internet of things in industries: a survey. IEEE Trans. Ind. Inf. **10**(4), 2233–2243 (2014)
    3. Z. Abbas, W. Yoon, A survey on energy conserving mechanisms for the internet of things: wireless networking aspects. Sensors **15**(10), 24818–24847 (2015)
    4. E. Ahmed, I. Yaqoob, A. Gani, M. Imran, M. Guizani, Internet-of-things-based smart environ- ments: state of the art, taxonomy, and open research challenges. IEEE Wirel. Commun. **23**(5), 10–16 (2016)
    5. N. Shahid, S. Aneja, Internet of things: vision, application areas and research challenges, in *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC)* (IEEE, 2017), pp. 583–587
    6. N. Dlodlo, J. Kalezhi, The internet of things in agriculture for sustainable rural develop- ment, in *2015 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC)*. (IEEE, 2015), pp. 13–18.
    7. P. Pruet, C.S. Ang, D. Farzin, N. Chaiwut, Exploring the internet of “educational things” (IoET) in rural underprivileged areas, in *2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI- CON)* (IEEE, 2015), pp. 1–5
    8. N. Papakostas, J. O’Connor, G. Byrne, Internet of things technologies in manufacturing: appli- cation areas, challenges and outlook, in *2016 International Conference on Information Society (i-Society)*. (IEEE, 2016), pp. 126–131
    9. R. Ramakrishnan, L. Gaur, Smart electricity distribution in residential areas: Internet of Things (IoT) based advanced metering infrastructure and cloud analytics. In *2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)* (IEEE, 2016), pp. 46–51
    10. J.J. Rodrigues, D.B.D.R. Segundo, H.A. Junqueira, M.H. Sabino, R.M. Prince, J. Al-Muhtadi,

V.H.C. De Albuquerque, Enabling technologies for the internet of health things. IEEE Access

**6**, 13129–13141 (2018)

* + 1. E. Tsekleves, R. Cooper, Design research opportunities in the internet of health things: a review of reviews (2018)
    2. B. Siciliano, & O. Khatib (eds.), *Springer Handbook of Robotics* (Springer, 2016)
    3. T.R. Kurfess (ed.) *Robotics and Automation Handbook* (CRC Press, 2018)
    4. S. Madakam, R.M. Holmukhe, D.K. Jaiswal, The future digital work force: robotic process automation (RPA). JISTEM-J. Inf. Syst. Technol. Manage. **16** (2019)
    5. T.L. Ghezzi, O.C. Corleta, 30 years of robotic surgery. World J. Surg. **40**(10), 2550–2557 (2016)
    6. J. Guo, J.H. Low, X. Liang, J.S. Lee, Y.R. Wong, R.C.H. Yeow, A hybrid soft robotic surgical gripper system for delicate nerve manipulation in digital nerve repair surgery. IEEE/ASME Trans. Mechatron. **24**(4), 1440–1451 (2019)
    7. M. Papakostas, V. Kanal, M. Abujelala, K. Tsiakas, F. Makedon, Physical fatigue detection through EMG wearables and subjective user reports: a machine learning approach towards adaptive rehabilitation, in *Proceedings of the 12th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments* (2019), pp. 475–481
    8. D. Novak, R. Riener, Control strategies and artificial intelligence in rehabilitation robotics. Ai Mag. **36**(4), 23–33 (2015)
    9. M.H. Lee, D.P. Siewiorek, A. Smailagic, A. Bernardino, S. Bermúdez i Badia, Interactive hybrid approach to combine machine and human intelligence for personalized rehabilitation assessment, in *Proceedings of the ACM Conference on Health, Inference, and Learning* (2020), pp. 160–169
    10. A. Moukas, Amalthaea information discovery and filtering using a multiagent evolving ecosystem. Appl. Artif. Intell. **11**(5), 437–457 (1997)
    11. M. Steyvers, P. Smyth, M. Rosen-Zvi, T. Griffiths, Probabilistic author-topic models for infor- mation discovery, in *Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (2004), pp. 306–315
    12. L. Zhang, J. Tan, D. Han, H. Zhu, From machine learning to deep learning: progress in machine intelligence for rational drug discovery. Drug Discovery Today **22**(11), 1680–1685 (2017)
    13. A. Korotcov, V. Tkachenko, D.P. Russo, S. Ekins, Comparison of deep learning with multiple machine learning methods and metrics using diverse drug discovery data sets. Mol. Pharm. **14**(12), 4462–4475 (2017)
    14. Y. Jing, Y. Bian, Z. Hu, L. Wang, X.Q.S. Xie, Deep learning for drug design: an artificial intelligence paradigm for drug discovery in the big data era. AAPS J. **20**(3), 58 (2018)
    15. B. Ramsundar, P. Eastman, P. Walters, V. Pande, *Deep Learning for the Life Sciences: Applying Deep Learning to Genomics, Microscopy, Drug Discovery, and More*. (O’Reilly Media, Inc., 2019)
    16. B.J. Neves, R.C. Braga, V.M. Alves, M.N. Lima, G.C. Cassiano, E.N. Muratov, F.T. Costa, C.H. Andrade, Deep learning-driven research for drug discovery: tackling malaria. PLoS Comput. Biol. **16**(2), e1007025 (2020)
    17. H. Zhu, Big data and artificial intelligence modeling for drug discovery. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. **60**, 573–589 (2020)
    18. R. Fakoor, F. Ladhak, A. Nazi, M. Huber, Using deep learning to enhance cancer diagnosis and classification, in *Proceedings of the International Conference on Machine Learning*, vol. 28 (ACM, New York, USA, 2013)
    19. W. Sun, B. Zheng, W. Qian, Computer aided lung cancer diagnosis with deep learning algo- rithms, in *Medical Imaging 2016: Computer-Aided Diagnosis*, vol. 9785. (International Society for Optics and Photonics, 2016), p. 97850Z
    20. S. Liu, H, Zheng, Y. Feng, W. Li, Prostate cancer diagnosis using deep learning with 3D multiparametric MRI, in *Medical Imaging 2017: Computer-Aided Diagnosis*, vol. 10134 (International Society for Optics and Photonics, 2017), p. 1013428
    21. W. Sun, T.L.B. Tseng, J. Zhang, W. Qian, Enhancing deep convolutional neural network scheme for breast cancer diagnosis with unlabeled data. Comput. Med. Imaging Graph. **57**, 4–9 (2017)
    22. Z. Han, B. Wei, Y. Zheng, Y. Yin, K. Li, S. Li, Breast cancer multi-classification from histopathological images with structured deep learning model. Sci. Rep. **7**(1), 1–10 (2017)
    23. Y. Zeng, S. Xu, W.C. Chapman Jr., S. Li, Z. Alipour, H. Abdelal, D. Chatterjee, Q. Zhu, Real- time colorectal cancer diagnosis using PR-OCT with deep learning. Theranostics **10**(6), 2587 (2020)
    24. N. Zhang, Y.X. Cai, Y.Y. Wang, Y.T. Tian, X.L. Wang, B. Badami, Skin cancer diagnosis based on optimized convolutional neural network. Artif. Intell. Med. **102**, 101756 (2020)
    25. S. Alheejawi, M. Mandal, H. Xu, C. Lu, R. Berendt, N. Jha, Deep learning-based histopatho- logical image analysis for automated detection and staging of melanoma, in *Deep Learning Techniques for Biomedical and Health Informatics* (Academic Press, 2020), pp. 237–265
    26. J.H. Lee, E.J. Ha, D. Kim, Y.J. Jung, S. Heo, Y.H. Jang, S.H. An, K. Lee, Application of deep learning to the diagnosis of cervical lymph node metastasis from thyroid cancer with CT: external validation and clinical utility for resident training. Eur. Radiol. 1–7 (2020)
    27. W. Bulten, H. Pinckaers, H. van Boven, R. Vink, T. de Bel, B. van Ginneken, J. van der Laak,

C. Hulsbergen-van de Kaa, G. Litjens. Automated deep-learning system for Gleason grading of prostate cancer using biopsies: a diagnostic study. Lancet Oncol. (2020)

* + 1. Y.Q. Jiang, J.H. Xiong, H.Y. Li, X.H. Yang, W.T. Yu, M. Gao, X. Zhao, H. Gu, Using smartphone and deep learning technology to help diagnose skin cancer. Br. J. Dermatol. **182**(3), e95–e95 (2020)
    2. M. I. Qadir, (ed.) *Rare and Uncommon Diseases* (Cambridge Scholars Publishing, 2018)
    3. T.F. Boat, M.J. Field (eds.), *Rare Diseases and Orphan Products: Accelerating Research and Development* (National Academies Press, 2011)
    4. S.C. Groft, M.P. de la Paz, Preparing for the future of rare diseases, in *Rare Diseases Epidemiology: Update and Overview* (Springer, Cham, 2017), pp. 641–648
    5. L. Huang, R. Han, T. Ai, P. Yu, H. Kang, Q. Tao, L. Xia, Serial quantitative chest CT assessment of COVID-19: deep-learning approach. Radiol.: Cardiothor. Imaging **2**(2), e200075 (2020)
    6. I.D. Apostolopoulos, T. Bessiana, Covid-19: automatic detection from X-Ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks (2020). [arXiv:2003.11617](http://arxiv.org/abs/2003.11617)
    7. F. Shan , Y. Gao , J. Wang, W. Shi, N. Shi, M. Han, Z. Xue, Y. Shi, Lung Infection quantification of COVID-19 in CT images with deep learning (2020). [arXiv:2003.04655](http://arxiv.org/abs/2003.04655)
    8. L. Li, L. Qin, Z. Xu, Y. Yin, X. Wang, B. Kong, J. Bai, Y. Lu, Z. Fang, Q. Song, K. Cao, Artificial intelligence distinguishes COVID-19 from community acquired pneumonia on chest CT. Radiology 200905 (2020)
    9. S. Wang, B. Kang, J. Ma, X. Zeng, M. Xiao, J. Guo, M. Cai, J. Yang, Y. Li, X. Meng, B. Xu, A deep learning algorithm using CT images to screen for Corona Virus Disease (COVID-19) (2020)
    10. L. Wang, A. Wong, COVID-Net: a tailored deep convolutional neural network design for detection of COVID-19 cases from chest radiography images (2020). [arXiv:2003.09871](http://arxiv.org/abs/2003.09871)
    11. C.J. Huang, Y.H. Chen, Y. Ma, P.H. Kuo, Multiple-input deep convolutional neural network model for COVID-19 forecasting in China (2020)
    12. X. Xu, X. Jiang, C. Ma, P. Du, X. Li, S. Lv, L. Yu, Y. Chen, J. Su, G. Lang, Deep learning system to screen coronavirus disease 2019 pneumonia (2020). [arXiv:2002.09334](http://arxiv.org/abs/2002.09334)
    13. A. Narin, C. Kaya, Z. Pamuk, Automatic detection of coronavirus disease (COVID-19) using X-ray images and deep convolutional neural networks. (2020). [arXiv:2003.10849](http://arxiv.org/abs/2003.10849)
    14. A. Zhavoronkov, V. Aladinskiy, A. Zhebrak, B. Zagribelnyy, V. Terentiev, D.S. Bezrukov,

D. Polykovskiy, Y. Yan, Potential COVID-2019 3C-like protease inhibitors designed using generative deep learning approaches. Insilico Med. Hong Kong Ltd. A **307**, E1 (2020)

* + 1. D. Drescher, *Blockchain Basics*, vol. 276 (Apress, Berkeley, CA, 2017)
    2. Z. Zheng, S. Xie, H.N. Dai, X. Chen, H. Wang, Blockchain challenges and opportunities: a survey. Int. J. Web Grid Serv. **14**(4), 352–375 (2018)
    3. T. Alsboui, Y. Qin, R. Hill, Enabling distributed intelligence in the internet of things using the IOTA tangle architecture, in *4th International Conference on Internet of Things, Big Data and Security* (SciTePress, 2019), pp. 392–398
    4. M. Divya, N.B. Biradar, IOTA-next generation block chain. Int. J. Eng. Comput. Sci. **7**(04), 23823–23826 (2018)
    5. A. Alexander, A. Jiang, C. Ferreira, D. Zurkiya, An intelligent future for medical imaging: a market outlook on artificial intelligence for medical imaging. J. Am. Coll. Radiol. **17**(1), 165–170 (2020)
    6. A.C. SolbergK.E. Müller, C.T. Solberg, Artificial intelligence and the future art of medicine. Tidsskrift for Den norske legeforening (2020)
    7. V. Jahrreiss, J. Veser, C. Seitz, M. Özsoy, Artificial intelligence: the future of urinary stone management? Curr. Opin. Urol. **30**(2), 196–199 (2020)
    8. L. Floridi, What the near future of artificial intelligence could be, in *The 2019 Yearbook of the Digital Ethics Lab* (Springer, Cham, 2020), pp. 127–142
    9. G. Briganti, O. Le Moine, Artificial Intelligence in medicine: today and tomorrow. Front. Med.

**7**, 27 (2020)

* + 1. H. Rivas, Future entrepreneurship in digital health, in *Digital Health Entrepreneurship*

(Springer, Cham, 2020), pp. 215–219

* + 1. K.K. Sharma, S.D. Pawar, B. Bali, Proactive preventive and evidence-based artificial intelligene models: future healthcare, in *International Conference on Intelligent Computing and Smart Communication 2019* (Springer, Singapore, 2020), pp. 463–472
    2. M. Bhandari, T. Zeffiro, M. Reddiboina, Artificial intelligence and robotic surgery: current perspective and future directions. Curr. Opin. Urol. **30**(1), 48–54 (2020)
    3. E.B. Sloane, R.J. Silva, Artificial intelligence in medical devices and clinical decision support systems, in *Clinical Engineering Handbook* (Academic Press, 2020), pp. 556–568
    4. Y.W. Chen, K. Stanley, W. Att, Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives. Quintessence Int. **51**, 248–257 (2020)
    5. O.F. El-Gayar, L.S. Ambati, N. Nawar, Wearables, artificial intelligence, and the future of healthcare, in *AI and Big Data’s Potential for Disruptive Innovation* (IGI Global, 2020), pp. 104–129
    6. A. Chang, The role of artificial intelligence in digital health, in *Digital Health Entrepreneurship*

(Springer, Cham, 2020), pp. 71–81

* + 1. P.M. Doraiswamy, C. Blease, K. Bodner, Artificial intelligence and the future of psychiatry: insights from a global physician survey. Artif. Intell. Med. **102**, 101753 (2020)
    2. C. Webster, & S. Ivanov, Robotics, artificial intelligence, and the evolving nature of work, in *Digital Transformation in Business and Society* (Palgrave Macmillan, Cham, 2020), pp. 127– 143
    3. K.S. Mudgal, , N. Das, The ethical adoption of artificial intelligence in radiology. BJR Open

**2**(1), 20190020 (2020)

* + 1. S. Dalton-Brown, The ethics of medical ai and the physician-patient relationship. Camb. Q. Healthcare Ethics **29**(1), 115–121 (2020)
    2. A. Ahad, M. Tahir, K.L.A. Yau, 5G-based smart healthcare network: architecture, taxonomy, challenges and future research directions. IEEE Access **7**, 100747–100762 (2019)

S. Tuli, N. Basumatary, S.S. Gill, M. Kahani, R.C. Arya, G.S. Wander, R. Buyya, Healthfog: an ensemble deep learning based smart healthcare system for automatic diagnosis of heart diseases in integrated IoT and fog computing environments. Future Gener. Comput. Syst. **104**, 187–200 (2020)