https://doi.org/10.1007/s10844-020-00633-6

[](http://crossmark.crossref.org/dialog/?doi=10.1007/s10844-020-00633-6&domain=pdf)

Hệ thống đề xuất trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe: các vấn đề nghiên cứu và hiện đại

### Thị Ngọc Trang Trần1 · Alexander Felfernig1 · Christoph Trattner2 ·

**Andreas Holzinger3**

Ngày nhận: 4 Tháng Sáu 2020 / Sửa đổi: 18 Tháng Mười Một 2020 / Chấp nhận: 19 Tháng Mười Một 2020 /

Xuất bản trực tuyến: 17 Tháng Mười Hai 2020

© Tác giả 2020

### Trừu tượng

Ngày nay, một lượng lớn dữ liệu lâm sàng nằm rải rác trên các trang web khác nhau trên Internet khiến người dùng không tìm kiếm thông tin hữu ích để cải thiện sức khỏe của họ. Bên cạnh đó, sự quá tải thông tin y tế (ví dụ: về thuốc, xét nghiệm y tế và gợi ý điều trị) đã mang lại nhiều khó khăn cho các chuyên gia y tế trong việc đưa ra các quyết định hướng đến bệnh nhân. Những vấn đề này làm dấy lên nhu cầu áp dụng các hệ thống giới thiệu trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe để giúp cả người dùng cuối và các chuyên gia y tế đưa ra các quyết định liên quan đến sức khỏe hiệu quả và chính xác hơn. Trong bài viết này, chúng tôi cung cấp một cái nhìn tổng quan có hệ thống về nghiên cứu hiện có về hệ thống đề xuất chăm sóc sức khỏe. Khác với các tài liệu tổng quan liên quan hiện có, bài viết của chúng tôi cung cấp thông tin chi tiết về các kịch bản đề xuất và phương pháp tiếp cận đề xuất. Ví dụ như khuyến nghị thực phẩm, khuyến nghị thuốc, dự đoán tình trạng sức khỏe, khuyến nghị dịch vụ chăm sóc sức khỏe và khuyến nghị chuyên gia chăm sóc sức khỏe. Ngoài ra, chúng tôi phát triển các ví dụ làm việc để cung cấp sự hiểu biết sâu sắc về các thuật toán khuyến nghị. Cuối cùng, chúng tôi thảo luận về những thách thức liên quan đến sự phát triển của hệ thống đề xuất chăm sóc sức khỏe trong tương lai.

**Từ khóa Hệ** thống đề xuất sức khỏe · Khuyến nghị thực phẩm · Khuyến nghị thuốc · Dự đoán tình trạng sức khỏe · Đề xuất dịch vụ chăm sóc sức khỏe · Khuyến nghị của chuyên gia chăm sóc sức khỏe

# Giới thiệu

Trong những thập kỷ qua, một lượng đáng kể dữ liệu lâm sàng đại diện cho tình trạng sức khỏe của bệnh nhân (ví dụ: báo cáo y tế, kết quả phòng thí nghiệm và kế hoạch điều trị bệnh) đã được thu thập. Điều này đã làm tăng đáng kể thông tin kỹ thuật số có sẵn cho việc *ra quyết định theo định hướng bệnh nhân*. Thông tin kỹ thuật số như vậy thường nằm rải rác trên các trang web khác nhau, điều này cản trở người dùng tìm kiếm thông tin hữu ích để cải thiện sức khỏe của họ. Hơn nữa

 Thị Ngọc Trang Trần [ttrang@ist.tugraz.at](mailto:%20ttrang@ist.tugraz.at)

Thông tin tác giả mở rộng có sẵn ở trang cuối cùng của bài viết.

nhiều loại thuốc, xét nghiệm và khuyến nghị điều trị có sẵn cho nhân viên y tế hàng ngày, điều này gây ra khó khăn trong việc quyết định các biện pháp khắc phục thích hợp cho bệnh nhân (Stark và cộng sự. [năm 2019](#_bookmark114); Wiesner và Pfeifer [2014](#_bookmark128)). Trong bối cảnh này, các hệ thống khuyến nghị sử dụng trong y tế nên được thực hiện để thu hẹp những khoảng cách này và hỗ trợ cả bệnh nhân và chuyên gia y tế đưa ra quyết định tốt hơn liên quan đến chăm sóc sức khỏe. Các hệ thống giới thiệu đã được tích hợp vào các nhà bán lẻ trực tuyến, dịch vụ phát trực tuyến và mạng xã hội để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình lựa chọn mặt hàng của người dùng (Felfernig và Gula [2006](#_bookmark65); Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121)). Gần đây, các hệ thống này đã được áp dụng rộng rãi vào lĩnh vực chăm sóc sức khỏe (được gọi là *Hệ thống khuyến nghị sức khỏe - HRS*) để hỗ trợ tốt hơn cho các đề xuất y tế. Khác với các tiền thân trong cùng một lĩnh vực (ví dụ: hệ thống chuyên gia y tế), HRS cung cấp tính năng cá nhân hóa tốt hơn giúp tăng chi tiết các khuyến nghị được cung cấp và cải thiện sự hiểu biết của người dùng về tình trạng sức khỏe của họ. Các hệ thống này cũng cung cấp cho bệnh nhân trải nghiệm tốt hơn, cải thiện tình trạng sức khỏe của họ và thúc đẩy họ theo một lối sống lành mạnh hơn. Hơn nữa, họ cũng hỗ trợ các chuyên gia chăm sóc sức khỏe dự đoán / điều trị bệnh (Holzinger và cộng sự. [2016](#_bookmark76); Pincay và cộng sự. [năm 2019](#_bookmark98); Sahoo và cộng sự. [năm 2019](#_bookmark106); Scha ̈fer và cộng sự. [năm 2017](#_bookmark108); Wiesner và Pfeifer [2014](#_bookmark128)). HRS nên phân tích tình trạng sức khỏe của bệnh nhân và đề xuất chế độ ăn uống cá nhân, thói quen tập thể dục, thuốc, chẩn đoán bệnh hoặc các dịch vụ chăm sóc sức khỏe khác. Mối quan tâm lớn của HRS là gửi thông tin cần thiết cho bệnh nhân vào đúng thời điểm mà vẫn đảm bảo tính chính xác, đáng tin cậy và riêng tư của thông tin bệnh nhân (Sahoo và cộng sự. [2019](#_bookmark106)). Hơn nữa, các hệ thống này dự kiến sẽ giảm thiểu chi phí của quá trình ra quyết định liên quan đến chăm sóc sức khỏe (về thời *gian* và *công sức*) (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)).

Mặc dù một số nghiên cứu đã được thực hiện trên HRS, nhưng chúng nhắm mục tiêu vào một bệnh cụ thể hoặc

ngữ cảnh khuyến nghị. Điều này làm dấy lên nhu cầu về một cái nhìn tổng quan toàn diện cung cấp một "*bối cảnh đầy đủ*" về các kịch bản khuyến nghị được hỗ trợ bởi HRS (Pincay và cộng sự. [2019](#_bookmark98)). Trong tài liệu hiện tại, chỉ có một số nỗ lực tóm tắt các phương pháp tiếp cận hiện tại để thiết kế và triển khai HRS. Ví dụ, Sezgin và O ̈ zkan (Sezgin và O ̈ zkan [2013](#_bookmark110)) và Wies- ner và Pfeifer (Wiesner và Pfeifer [2014](#_bookmark128)) đã thảo luận về một số kịch bản khuyến nghị (ví dụ: *khuyến nghị thuốc, đề xuất thông tin y tế* và *dự đoán bệnh*) và các phương pháp khác nhau để đánh giá hiệu quả của HRS. Calero Valdez và cộng sự (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)) đã cung cấp một đánh giá tài liệu, trong đó một khuôn khổ để phát triển HRS đã được đề xuất. Stark và cộng sự (Stark và cộng sự. [2019](#_bookmark114)) đã phân tích 13 nghiên cứu hiện có và phân loại chúng theo các tiêu chí, chẳng hạn như *bệnh tật, lưu trữ dữ liệu, giao diện, thu thập dữ liệu, chuẩn bị dữ liệu và kỹ thuật ghi lại*. Cuối cùng, Pincay và cộng sự (Pincay và cộng sự. [2019](#_bookmark98)) trình bày tổng quan về

các phương pháp và kỹ thuật được sử dụng để thiết kế và thực hiện HRS. So với công việc liên quan đã đề cập, bài viết của chúng tôi trình bày một bức *tranh rộng hơn* về các kịch bản khuyến nghị được hỗ trợ bởi HRS với một tập hợp các nghiên cứu được xem xét khác. Các tình huống được thảo luận tập trung vào hai loại người dùng: *người dùng cuối (* người dùng khỏe mạnh và bệnh nhân) và *chuyên gia chăm sóc sức khỏe* (ví dụ: bác sĩ, y tá, bác sĩ lâm sàng hoặc bác sĩ). Đối với người dùng cuối, HRS cung cấp *thông tin dinh dưỡng, thuốc, kế hoạch điều trị, chẩn đoán / dự đoán bệnh, hoạt động thể chất* hoặc *các dịch vụ chăm sóc sức khỏe khác* (ví dụ: tìm bác sĩ giỏi hoặc dịch vụ y tế thích hợp cho bệnh nhân) (Wiesner và Pfeifer [2014](#_bookmark128)). Đối với các chuyên gia chăm sóc sức khỏe, HRS sử dụng các nguồn lực y tế để hỗ trợ họ đưa ra các đề xuất chính xác hơn cho bệnh nhân. Đối với mỗi kịch bản đề xuất, chúng tôi tóm tắt các thuật toán đề xuất và phát triển các ví dụ làm việc tương ứng. Bên cạnh việc phân tích các nghiên cứu hiện có, chúng tôi thảo luận về những thách thức nghiên cứu cũng như hướng đi tiềm năng cho HRS trong tương lai. Phần còn lại của bài viết được cấu trúc như sau. Trong Phần [2](#_bookmark0), chúng tôi trình bày phương pháp được sử dụng để phân tích tài liệu của chúng tôi. Trong Phần [3](#_bookmark7), chúng tôi thảo luận về các phương pháp tiếp cận cơ bản thường được sử dụng trong các hệ thống khuyến nghị và các điều chỉnh cần thiết để áp dụng những phương pháp này trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe. Trong Phần [4](#_bookmark8), chúng tôi trình bày

các kịch bản đề xuất được hỗ trợ bởi HRS và các kỹ thuật đề xuất đã sử dụng. Trong Phần [5](#_bookmark29), chúng tôi tóm tắt các phương pháp đánh giá được sử dụng trong các phương pháp tiếp cận được đề cập. Cuối cùng, chúng tôi thảo luận về các vấn đề mở cho công việc trong tương lai trong Phần 6 và kết thúc bài viết trong Phần [7](#_bookmark35).

# Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên phương  *pháp xem xét thư mục*, cung cấp phân tích có hệ thống về kiến thức cụ thể theo lĩnh vực. Đầu tiên, chúng tôi thu thập một tập hợp các nghiên cứu về HRS bằng cách sử dụng các từ khóa: *"hệ thống khuyến nghị sức khỏe", "hệ thống đề xuất thuốc", "hệ thống khuyến nghị trong lĩnh vực sức khỏe"* và *"hệ thống y tế điện tử"*. Để có cái nhìn sâu hơn về các kịch bản khuyến nghị trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, chúng tôi đã tìm kiếm các tài liệu tham khảo bằng cách sử dụng các từ khóa bổ sung: *"khuyến nghị thực phẩm", "khuyến nghị dinh dưỡng", "khuyến nghị thuốc", "dự đoán tình trạng sức khỏe", "khuyến nghị dịch vụ chăm sóc sức khỏe", "khuyến nghị hoạt động thể chất"* và *"khuyến nghị bác sĩ"*. Bên cạnh đó, để đảm bảo chất lượng của tài liệu tham khảo, chúng tôi đã lựa chọn các bài báo bằng cách sử dụng một số tiêu chí do Stark et al. (Stark et al. [2019](#_bookmark114)): *(i)* xuất bản từ năm 2000 trở đi; *(ii)* được tham khảo tốt với hơn 15 nguồn, *(iii)* cung cấp các phát hiện hợp lý và hợp lý về lĩnh vực, và *(iv)* trình bày một cuộc thảo luận chi tiết về các kỹ thuật khuyến nghị. Chúng tôi đã tìm kiếm tài liệu tham khảo trong các thư viện kỹ thuật số nổi tiếng, chẳng hạn như Google Scholars[1](#_bookmark1), Springer[2](#_bookmark2), ACM[3](#_bookmark3), ResearchGate[4](#_bookmark4), Science Direct[5](#_bookmark5) và PubMed[6](#_bookmark6). Trong bối cảnh này, chúng tôi đã kiểm tra tiêu đề, từ khóa, tóm tắt, kết luận, bảng và số liệu của các bài báo được thu thập. Cuối cùng, chúng tôi đã lọc ra *98 bài báo* đáp ứng các tiêu chí đã đề cập và có mối quan hệ chặt chẽ với công việc của chúng tôi. Từ những nghiên cứu này, chúng tôi đã chọn và phân tích 37 nghiên cứu, cung cấp các cuộc thảo luận chi tiết về các phương pháp tiếp cận khuyến nghị trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe. Các nghiên cứu này được tóm tắt trong Phần [4](#_bookmark8): *tám* bài báo liên quan đến khuyến nghị thực phẩm, 18 bài báo về khuyến nghị thuốc, *ba* bài báo liên quan đến dự đoán tình trạng sức khỏe, *bốn* bài báo về khuyến nghị hoạt động thể chất và *bốn bài* báogiấy tờ về khuyến nghị chuyên môn y tế. Ngoài ra, chúng tôi đã phân tích 32 bài báo để tìm ra các vấn đề mở cho HRS và hướng đi tiềm năng cho công việc trong tương lai. Các bài báo còn lại được trích dẫn trong các phần khác của bài viết này. Hầu hết các bài báo được trích dẫn trong công việc của chúng tôi đều được xuất bản trong các hội nghị uy tín, chẳng hạn như Hội nghị ACM về Hệ thống Đề xuất, Hội nghị ACM về Mô hình Người dùng, Thích ứng và Cá nhân hóa, Hội nghị Quốc tế IEEE về Mạng y tế điện tử và Hội nghị Quốc tế về Kỹ thuật Phần mềm và Kỹ thuật Tri thức. Đối với các bài báo, chúng tôi đã chọn những bài báo được xuất bản trên *các tạp chí về khoa học máy tính* (ví dụ: Tạp chí Ứng dụng Máy tính, Tạp chí Ứng dụng Hệ thống Chuyên gia, Tạp chí Khoa học Máy tính trong các trường Cao đẳng, Tạp chí Khai thác Dữ liệu và Khám phá Kiến thức, và Tạp chí Kỹ thuật và Công nghệ) và *về y học* (ví dụ: Tạp chí Khoa học Y học Dịch thuật, Tạp chí Quốc tế về Khoa học Cơ bản trong Y học, và Tạp chí Ngữ nghĩa Y sinh, và Tạp chí Tin học Y sinh).

1<https://scholar.google.at/>

2<https://link.springer.com/>

3<https://dl.acm.org/>

4<https://www.researchgate.net/>

5<https://www.sciencedirect.com/>

6<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

# Các kỹ thuật cơ bản trong hệ thống đề xuất

Lọc hợp tác (Aberg [2006](#_bookmark36); Bankhele và cộng sự. [năm 2017](#_bookmark40); Berkovsky và Freyne [2010](#_bookmark42); Davis và cộng sự. [2009](#_bookmark53); Dharia và cộng sự. [2016](#_bookmark55); Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73); Narducci và cộng sự. [năm 2015](#_bookmark87); Nasiri và cộng sự. [2016](#_bookmark88); Stark và cộng sự. [năm 2017](#_bookmark115); Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark132)), dựa trên nội dung (Aberg [2006](#_bookmark36); Dharia và cộng sự. [2016](#_bookmark55); Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73)), dựa trên tri thức (Ali và cộng sự. [2018](#_bookmark38); Doulaverakis và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark57); Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)), và các phương pháp tiếp cận lai (Aberg [2006](#_bookmark36); Dharia và cộng sự. [2016](#_bookmark55); Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73)) là các kỹ thuật đề xuất cơ bản có thể được sử dụng trong HRS. Bên cạnh đó, các thuật toán khác cũng được áp dụng để tạo ra các khuyến nghị trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, chẳng hạn như thuật toán đàn kiến (Rehman et al. [2017](#_bookmark101)), phân loại (Hussein và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark78); Shimada và cộng sự. [2005](#_bookmark112)), cụm (Rokicki và cộng sự. [2015](#_bookmark105)), cây quyết định (Bresso và cộng sự. [2013](#_bookmark43)), nghiên cứu hậu cần (Huang và cộng sự. [2011](#_bookmark77)), xử lý ngôn ngữ tự nhiên (Gujar et al. [2018](#_bookmark71)), lập trình logic quy nạp (Bresso và cộng sự. [2013](#_bookmark43)), bản thể học (Chen và cộng sự. [2011](#_bookmark50); Chen và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark51); Donciu và cộng sự. [2011](#_bookmark56); Doulaverakis và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark57); Faiz và cộng sự. [2014](#_bookmark62); Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)), tương quan kinh điển thưa thớt (Yamanishi và cộng sự. [2012](#_bookmark129)), hỗ trợ máy vectơ (Huang và cộng sự. [2011](#_bookmark77)), công nghệ ngữ nghĩa (Donciu và cộng sự. [2011](#_bookmark56); Faiz và cộng sự. [2014](#_bookmark62); Medvedeva và cộng sự. [2007](#_bookmark84)), ra quyết định đa tiêu chí (Chen và cộng sự. [2011](#_bookmark50); Chen và cộng sự. [2012](#_bookmark51)), các khuyến nghị dựa trên đồ thị (Stark và cộng sự. [2017](#_bookmark115)), khuyến nghị nhận biết ngữ cảnh (Ali và cộng sự. [2018](#_bookmark38)), và phân tích ma trận (Zhang và cộng sự. [2015](#_bookmark131)). Trong phần này, chúng tôi trình bày các kỹ thuật khuyến nghị cơ bản được áp dụng trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe. Các kỹ thuật khác sẽ được thảo luận trong Phần [4](#_bookmark8).

## Các khía cạnh của hệ thống đề xuất

Có ba khía cạnh chính cần được xem xét trong hệ thống đề xuất: *bối cảnh sử dụng, người dùng* và *các mục* (Sa'nchez-Bocanegra et al. [2015](#_bookmark107)). *Bối cảnh sử dụng* mô tả môi trường nơi tất cả các yếu tố (ví dụ: vật phẩm, người dùng và mối quan hệ của chúng) tương tác với nhau. *Người dùng* là người dùng cuối của hệ thống đề xuất và *các mục* là yếu tố mà người dùng đang tìm kiếm. Trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, các khía cạnh bổ sung liên quan đến các yếu tố được đề cập cần được xem xét để đưa ra các khuyến nghị chính xác hơn.

**Bối cảnh sử** dụng Bối cảnh sử dụng trong HRS bao gồm các *yếu tố ngữ cảnh* và *cài đặt mục tiêu đa yếu tố* có thể ảnh hưởng đến cách các mục được đề xuất hoặc trình bày. *Các yếu tố ngữ cảnh* chỉ ra *các thuộc tính động có* thể ảnh hưởng đến một hoạt động cụ thể (ví dụ: *thời gian* uống thuốc - thời gian tối ưu để uống vitamin tan trong chất béo là trong bữa tối) và *các yếu tố động* từ người dùng (chẳng hạn như trạng thái cảm xúc). Việc đưa thông tin ngữ cảnh như vậy vào trình tự các ngữ cảnh gần đây của người dùng có thể giúp hiểu rõ hơn về bối cảnh dẫn đến hành vi và sở thích hiện tại của người dùng. Đối với *thiết lập mục tiêu đa yếu tố*, các tiêu chí dành riêng cho lĩnh vực khác nhau nên được xem xét khi đánh giá một mặt hàng. Trong các lĩnh vực thương mại điện tử, mọi người có thể ngây thơ nghĩ rằng "các *mặt hàng ưa thích nhất*" có nhiều khả năng được giới thiệu cho người dùng. Tuy nhiên, ý tưởng này cần được xem xét lại trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe vì các mục tốt nhất cho người dùng này có thể không tốt cho người khác (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)). Ví dụ, mặc dù thuốc lợi tiểu và thuốc hạ huyết áp tốt cho bệnh nhân tăng huyết áp, nhưng những loại thuốc này có thể nguy hiểm cho bệnh nhân tiểu đường hoặc bệnh gút. Bên cạnh đó, ngay cả bệnh nhân cũng mắc bệnh giống nhau, không phải lúc nào các biện pháp khắc phục cho bệnh nhân này cũng có thể được gợi ý cho người khác vì họ có thể có tình trạng sức khỏe khác nhau.

**Người dùng** HRS có thể hỗ trợ hai loại người dùng: *người dùng cuối và*  *chuyên gia chăm sóc sức khỏe*. *Người dùng cuối có* thể là người dùng khỏe mạnh hoặc bệnh nhân. Đối với mỗi người dùng cuối, hệ thống phải lưu một hồ sơ người dùng mô tả tình trạng sức khỏe của họ. Ví dụ, hồ sơ của một bệnh tim mạch

Bệnh nhân bao gồm các thông tin sau: *tên, ngày sinh, cân nặng, chiều cao, loại tim mạch* và *đo huyết áp*. Thông tin này giúp HRS xác định các loại thuốc thích hợp cho người sử dụng. *Các chuyên gia chăm sóc sức khỏe* có thể là *bác sĩ, y tá, bác sĩ, bác sĩ*   *hoặc dược sĩ*. Bên cạnh đó, các *nhà nghiên cứu y tế* và các *nhà hoạch định chính sách* cũng có thể hưởng lợi từ HRS (Valdez et al. [2016](#_bookmark125)).

**Các mục HRS** có thể đưa ra các khuyến nghị liên quan đến các danh mục khác nhau, chẳng hạn như *chế độ ăn uống* để tối ưu hóa dinh dưỡng, *hoạt động thể chất / thể thao* phù hợp với yêu cầu và nhu cầu của người dùng, chẩn *đoán bệnh nhân được khuyến nghị* cho bác sĩ hoặc y tá, phương *pháp điều trị / thuốc cho* một bệnh đặc biệt và *thông tin / nguồn y tế* điều đó thúc đẩy (các) người dùng tuân theo lối sống lành mạnh và cải thiện sức khỏe của họ (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)).

## Các kỹ thuật đề xuất cơ bản

Thông tin của các yếu tố được đề cập có thể là đầu vào của các thuật toán tạo ra các khuyến nghị được cá nhân hóa cho bệnh nhân.

**Lọc cộng tác (CF)** CF đề xuất các mục cho người dùng dựa trên ý tưởng sau: "Nếu người dùng có cùng sở thích trong quá khứ, thì họ sẽ có thị hiếu tương tự" (Jannach [2011](#_bookmark79)). Trong bối cảnh HRS, cách tiếp cận này có thể được hiểu như sau: "Nếu bệnh nhân có hồ sơ bệnh / tình trạng sức khỏe tương tự, thì họ sẽ có các phương pháp điều trị/dịch vụ chăm sóc sức khỏe tương tự".

**Lọc dựa trên nội dung (CB) Cách** tiếp cận này tìm kiếm các mục tương tự như những mục mà người dùng thích trong quá khứ và phù hợp với hồ sơ người dùng (Lops et al. [2011](#_bookmark82); Ricci và cộng sự. [2010](#_bookmark102); Sa'nchez- Bocanegra và cộng sự. [2015](#_bookmark107)). Trong HRS, cách tiếp cận này gợi ý các dịch vụ chăm sóc sức khỏe phù hợp với tình trạng sức khỏe / tình hình bệnh tật của bệnh nhân và tương tự như những dịch vụ được giao cho họ trong quá khứ.

**Khuyến nghị dựa trên kiến thức (KB) Cách** tiếp cận này được áp dụng cho các lĩnh vực mà số lượng xếp hạng mặt hàng có sẵn khá hạn chế (ví dụ: xe *hơi*, căn *hộ* và *dịch vụ tài chính*) hoặc khi người dùng muốn xác định các yêu cầu của mình đối với các mặt hàng một cách rõ ràng (ví dụ: "thực phẩm không được chứa pho mát vì tôi bị dị ứng với các sản phẩm từ sữa"). Cách tiếp cận này tạo ra các khuyến nghị dựa trên kiến *thức về các mục*, *sở thích rõ ràng của người dùng* và *một tập hợp các ràng buộc* mô tả sự phụ thuộc giữa sở thích của người dùng và thuộc tính của các mục (Felfernig và Burke [2008](#_bookmark64)).

**Khuyến nghị kết hợp (HyR)** Ý tưởng của cách tiếp cận này là kết hợp các kỹ thuật đề xuất đã đề cập ở trên để tận dụng những ưu điểm của một cách tiếp cận và khắc phục những nhược điểm của một cách tiếp cận khác (Ricci và cộng sự. [2010](#_bookmark102)). Ví dụ, CF thường phải đối mặt với sự  *cố khởi động nguội* được kích hoạt khi một mục mới được thêm vào hệ thống và không có người dùng đánh bạc, trong khi CB có thể giải quyết vấn đề này vì dự đoán cho các mục mới thường dựa trên mô tả có sẵn của các mục này.

# Các kịch bản đề xuất trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe

HRS cung cấp cho người dùng nhiều loại khuyến nghị khác nhau giúp cải thiện sức khỏe của họ. Các hệ thống này cũng hỗ trợ các chuyên gia chăm sóc sức khỏe định hướng bệnh nhân chính xác hơn

Quyết định. Trong các tiểu mục sau, chúng tôi cung cấp một cuộc thảo luận chi tiết về các kịch bản khuyến nghị và các phương pháp tiếp cận khuyến nghị tương ứng (xem thêm Bảng [1](#_bookmark10)).

## Khuyến nghị thực phẩm

Do sự phát triển rộng rãi của đa dạng thực phẩm và lối sống bận rộn, mọi người đã phải đối mặt với vấn đề đưa ra quyết định thực phẩm lành mạnh để giảm nguy cơ mắc các bệnh mãn tính (Ge và cộng sự. [năm 2015](#_bookmark70); Robertson và cộng sự. [2004](#_bookmark103)). Trong bối cảnh này, *hệ thống giới thiệu thực phẩm* có thể thúc đẩy người dùng thay đổi hành vi ăn uống của họ hoặc đề xuất lựa chọn thực phẩm lành mạnh hơn (Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121); Trat- tner và Elsweiler [2017](#_bookmark122); Yang và cộng sự. [2017](#_bookmark130)). Sau đây, chúng tôi tóm tắt các tình huống trong đó hệ thống khuyến nghị thực phẩm hỗ trợ người dùng tối ưu hóa lượng dinh dưỡng của họ. Các nghiên cứu về *khuyến nghị thực phẩm* đã được trình bày trong cuộc khảo sát trước đó của chúng tôi (Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121)). Tuy nhiên, khác với (Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121)) trong đó các nghiên cứu này được nhóm dựa trên các kỹ thuật khuyến nghị, trong bài viết này, chúng được nhóm theo nhu cầu ăn uống. Bên cạnh đó, chúng tôi bao gồm các nghiên cứu bổ sung về *"gợi ý thay thế thực phẩm"* để tăng độ phủ của bài viết. Đối với các nghiên cứu đã được trình bày trong cuộc khảo sát trước đó của chúng tôi, chúng tôi đề cập nhanh đến ý tưởng chung về các thuật toán đề xuất và để biết thêm chi tiết, chúng tôi tham khảo (Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121)).

**Đề xuất chế độ ăn uống hợp lý Nhiều** người đang gặp các vấn đề sức khỏe liên quan đến thói quen ăn uống không phù hợp. Như vậy, một trong những chức năng chính của hệ thống giới thiệu thực phẩm là hiểu hành vi ăn uống và đề xuất chế độ ăn uống hợp lý cho người dùng. Có tồn tại trong tài liệu hiện tại một số hệ thống thực hiện chức năng này. Ví dụ, Aberg et al. (Aberg [2006](#_bookmark36)) đã phát triển một *công cụ lập kế hoạch thực đơn* để đối phó với tình trạng suy dinh dưỡng của người cao tuổi. Rehman và cộng sự (Rehman và cộng sự. [2017](#_bookmark101)) nhấn mạnh tính phù hợp của chế độ ăn kiêng được chọn bằng cách đề xuất một *hệ thống đề xuất thực phẩm dựa trên đám mây* được gọi là DIET-RIGHT. Hệ thống này sử dụng thuật *toán đàn kiến* để tạo ra danh sách thức ăn tối ưu và đề xuất thức ăn thích hợp cho người dùng theo báo cáo bệnh lý của họ.

**Ngăn ngừa / Chữa bệnh dựa trên thực phẩm** Thiếu hiểu biết về dinh dưỡng của người dùng dẫn đến việc lựa chọn thành phần kém và gây ra *các bệnh liên quan đến thực phẩm*. Để ngăn chặn những vấn đề này, các hệ thống khuyến nghị thực phẩm đã được phát triển để cung cấp các khuyến nghị dinh dưỡng xem xét cả sở thích và tình trạng sức khỏe của bệnh nhân. Ví dụ, Rokicki và cộng sự (Rokicki và cộng sự. [2015](#_bookmark105)) đề xuất thực đơn phù hợp nhất với khẩu vị và chế độ ăn uống của bệnh nhân. Ueta và cộng sự (Ueta và cộng sự. [2011](#_bookmark124)) đề xuất một khuyến *nghị công thức định hướng mục tiêu* để cung cấp cho người dùng danh sách chất dinh dưỡng để điều trị vấn đề sức khỏe của họ.

**Đề xuất các sản phẩm thay thế thực phẩm Một** cách tiếp cận khác của hệ thống đề xuất thực phẩm là xác định mối quan hệ thay thế giữa các cặp thực phẩm như bước đầu tiên hướng tới các khuyến nghị thực phẩm "*tương tự nhưng tốt cho sức khỏe hơn*" (Achananuparp và Weber [2016](#_bookmark37)). Trong cách tiếp cận này, thực phẩm được giả định là tương tự về mặt chế độ ăn uống nếu chúng được tiêu thụ trong các bối cảnh tương tự. Ví dụ, "một chiếc bánh mì gà có thể thay thế cho một chiếc bánh mì gà tây nếu cả hai đều được ăn với khoai tây chiên và salad" (Achananuparp và Weber [2016](#_bookmark37)). Cách tiếp cận này phân tích mức tiêu thụ thực phẩm tự báo cáo trong thế giới thực của người dùng được tạo bởi MyFitnessPal[7](#_bookmark9). Các mặt hàng thực phẩm được tiêu thụ và ngữ cảnh tương ứng được biểu diễn trong ma *trận ngữ cảnh thực phẩm*, trong đó các hàng đại diện cho các mặt hàng thực phẩm và các cột đại diện cho ngữ cảnh. Sự tương đồng giữa hai mặt hàng thực phẩm được đo bằng cách sử dụng *sự tương đồng Cosin* giữa các vector hàng tương ứng trong ma trận. Điểm tương tự càng cao thì xác suất các cặp thức ăn càng cao

7<https://en.wikipedia.org/wiki/MyFitnessPal>

**Bảng 1** Tóm tắt các nghiên cứu chính được thảo luận trong bài báo

Rec. kịch bản Giấy tờ Rec. kỹ thuật Chức năng

Khuyến nghị thực phẩm (Aberg [2006](#_bookmark36)) CF, CB giải quyết sự cố của người cao tuổi

(Achananuparp và Weber [2016](#_bookmark37)) Rec. dựa trên ngữ cảnh. đề xuất thực phẩm lành mạnh cho người dùng (Berkovsky và Freyne [2010](#_bookmark42); Elahi và cộng sự. [2014](#_bookmark60)) CF, nhóm rec. tạo các đề xuất thực phẩm để

một gia đình

(Elsweiler và cộng sự. [2017](#_bookmark61)) Mạng lưới nguyên liệu tạo ra các công thức thay thế tương tự nhưng lành mạnh hơn

(Rehman và cộng sự. [2017](#_bookmark101)) Thuật toán đàn kiến Tạo danh sách thực phẩm tối ưu cho người dùng

(Rokicki và cộng sự. [2015](#_bookmark105)) Clustering Đề xuất thực đơn lành mạnh cho người dùng

(Ueta và cộng sự. [2011](#_bookmark124)) công thức định hướng mục tiêu Rec. cung cấp chất dinh dưỡng phù hợp để điều trị các vấn đề sức khỏe của người dùng

Khuyến nghị thuốc (Bankhele và cộng sự. [2017](#_bookmark40)) CF gợi ý các loại thuốc thích hợp cho bệnh nhân tiểu đường

(Bresso và cộng sự. [2013](#_bookmark43)) cây quyết định, chương trình logic quy nạp

quy định hồ sơ tác dụng phụ của thuốc

(Cami và cộng sự. [2011](#_bookmark45); Galeano và Paccanaro [2018](#_bookmark69)) Mạng lưới an toàn dược cung cấp tác dụng phụ thuốc chính xác

Dự đoán

(Chen và cộng sự. [2011](#_bookmark50); Chen và cộng sự. [2012](#_bookmark51)) bản thể, ra quyết định đa tiêu chí

Đề xuất khuyến cáo thuốc chống tiểu đường

(Doulaverakis và cộng sự. [2012](#_bookmark57); [2014](#_bookmark58)) bản thể, rec. dựa trên quy tắc. Khuyến nghị các loại thuốc thích hợp

(Fliri và cộng sự. [2006](#_bookmark67); Fukuzaki và cộng sự. [2009](#_bookmark68)) Cấu trúc-Hoạt động, Cấu trúc - Prop-

Mối quan hệ erty

(Huang và cộng sự. [2011](#_bookmark77)) Hỗ trợ máy vector, hồi quy logistic

dự đoán tác dụng phụ của thuốc dự đoán tác dụng phụ của thuốc

Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh (2021) 57: 171–201

177



**Bảng 1** (tiếp theo)

Rec. kịch bản Giấy tờ Rec. kỹ thuật Chức năng

(Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)) bản thể, ra quyết định dựa trên quy tắc

gợi ý các loại thuốc có chỉ định liều lượng

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (Medvedeva và cộng sự. [2007](#_bookmark84)) | Hệ thống truy xuất trường hợp tương tự | Hỗ trợ bác sĩ tối ưu hóa điều trị cho bệnh nhân của họ |
| (Rodr'ıguez và cộng sự. [2009](#_bookmark104)) | Web ngữ nghĩa | cung cấp cho bệnh nhân các loại thuốc để chữa lành bệnh lý |
| (Shimada và cộng sự. [Năm 2005](#_bookmark112)) | Phân loại mức độ rủi ro | hỗ trợ bác sĩ lựa chọn thuốc đầu tay |
| (Stark và cộng sự. [2017](#_bookmark115)) | CF, rec dựa trên đồ thị. | cung cấp thuốc chính xác cho bệnh nhân đau nửa đầu |
| (Yamanishi và cộng sự. [Năm 2012](#_bookmark129)) | Tương quan chuẩn thưa thớt | Dự đoán các hồ sơ tác dụng phụ tiềm ẩn của các phân tử ứng cử viên thuốc |
| (Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark132)) | CB | Dự đoán tác dụng phụ còn thiếu của các loại thuốc đã được phê duyệt |

178

Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh (2021) 57: 171–201

**Bảng 1** (tiếp theo)

Rec. kịch bản Giấy tờ Rec. kỹ thuật Chức năng

Dự đoán tình trạng sức khỏe (Hussein và cộng sự. [2012](#_bookmark78)) Phân loại rừng ngẫu nhiên dự đoán nguy cơ bệnh tật của bệnh nhân (Davis và cộng sự. [2009](#_bookmark53); Nasiri và cộng sự. [2016](#_bookmark88)) CF dự đoán các yếu tố nguy cơ của mạn tính-

Bệnh nhân bệnh

Khuyến nghị hoạt động thể chất (Ali và cộng sự. [2018](#_bookmark38)) Rec.-Aware Ngữ cảnh, Rec. Dựa trên Kiến thức.

Cung cấp cho bệnh nhân các hoạt động thể chất

Khuyến nghị của các chuyên gia chăm sóc sức khỏe

(Dharia và cộng sự. [2016](#_bookmark55)) CF, CB Gợi ý Đề xuất phiên tập luyện được cá nhân hóa

(Donciu và cộng sự. [2011](#_bookmark56); Faiz và cộng sự. [2014](#_bookmark62)) Khái niệm, Công nghệ ngữ nghĩa đề xuất các bài tập thích hợp để

Người dùng

(Gujar và cộng sự. [2018](#_bookmark71)) Kỹ thuật coreNLP đưa ra khuyến nghị của bác sĩ cho bệnh nhân

(Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73)) CF, CB Khuyến cáo Bác sĩ gia đình cho bệnh nhân

(Narducci và cộng sự. [2015](#_bookmark87)) CF gợi ý bác sĩ và bệnh viện theo hồ sơ của bệnh nhân

(Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark133)) Thừa số hóa ma trận lai dự đoán đánh giá của bác sĩ đối với bệnh nhân

Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh (2021) 57: 171–201

179



180 Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh (2021) 57: 171–201

là những người thay thế thích hợp cho nhau. Elsweiler và cộng sự (Elsweiler và cộng sự. [2017](#_bookmark61)) đã điều tra tính khả thi của việc thay thế các công thức nấu ăn mà người dùng tiêu thụ bằng các lựa chọn thay thế tương tự và lành mạnh hơn. Để tìm ra các thay thế công thức thích hợp, các tác giả đã áp dụng phương  *pháp tiếp cận mạng lưới thành phần* (Teng và cộng sự. [2012](#_bookmark118)) để thiết lập các cặp công thức dựa trên sự tương đồng theo cặp của chúng. Sau đó, họ xem xét sự phân bố của các đặc điểm sức khỏe giữa các cặp để xác định các chất thay thế lành mạnh hơn. Cuối cùng, phân phối xếp hạng trong các cặp được xem xét để tìm ra các sản phẩm thay thế có xếp hạng cao hơn xếp hạng của công thức nấu ăn ban đầu.

**Đề xuất thực phẩm cho nhóm** Trong nhiều tình huống thực tế, tiêu thụ thực phẩm là một ví dụ điển hình về hoạt động nhóm, chẳng hạn như quyết định thực đơn cho một bữa tiệc sinh nhật với bạn bè hoặc bữa ăn hàng ngày với các thành viên trong gia đình (Elahi và cộng sự. [2014](#_bookmark60); Felfernig và cộng sự. [2018](#_bookmark63)). Trong những tình huống này, các khuyến nghị nên được điều chỉnh theo cách đảm bảo sự hài lòng tối đa của mỗi thành viên và toàn bộ nhóm (O'Connor et al. [2001](#_bookmark93)). Berkovsky và Freyne (Berkovsky và Freyne [2010](#_bookmark42)) đã kiểm tra khả năng áp dụng của các chiến lược CF để khám phá chiến lược tốt nhất cho các khuyến nghị nhóm. Các tác giả đã thảo luận về hai chiến lược đề xuất dựa trên nhóm: *chiến lược mô hình tổng hợp* và *chiến lược dự đoán tổng hợp* [8](#_bookmark11). Các chiến lược này đề xuất một danh sách các công thức nấu ăn cho cả gia đình bằng cách xem xét nhiệm vụ đề xuất các công thức nấu ăn hàng đầu. Công việc tương tự đã được thực hiện bởi Elahi và cộng sự (Elahi và cộng sự. [2014](#_bookmark60)), nơi một môi trường tương tác mới cho các nhóm đã được phát triển trong việc lập kế hoạch bữa ăn thông qua một quá trình trò chuyện dựa trên phê bình (Chen và Pu [2012](#_bookmark48)). Để có một ví dụ về khuyến nghị thực phẩm cho các nhóm, chúng tôi tham khảo khảo sát trước đó của chúng tôi (Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121)).

## Khuyến nghị thuốc

* + 1. **Khuyến nghị thuốc chữa bệnh**

Lỗi dùng thuốc là một trong những lỗi y tế nghiêm trọng nhất có thể đe dọa tính mạng của bệnh nhân (Charkhat Gorgich et al. [2015](#_bookmark47)). Hơn 42% những sai sót này là do các bác sĩ có kinh nghiệm / kiến thức hạn chế về thuốc và bệnh tật (Bao và Jiang [2016](#_bookmark41)). Một lý do khác nằm ở số lượng thông tin thuốc có sẵn ngày càng tăng, điều này đã mang lại những trở ngại liên quan đến việc khám phá các *loại thuốc có liên quan* và tương *tác thuốc-bệnh* (Doulaverakis et al. [2012](#_bookmark57)). Trong bối cảnh này, các hệ thống khuyến nghị thuốc đã được phát triển để hỗ trợ người dùng cuối và các chuyên gia chăm sóc sức khỏe xác định các loại thuốc chính xác cho một bệnh cụ thể.

**Bệnh tiểu đường** Bệnh tiểu đường là một trong những bệnh phổ biến nhất do lối sống bận rộn với thiếu hoạt động thể chất và thói quen ăn uống không lành mạnh (Bankhele và cộng sự. [năm 2017](#_bookmark40); Mah- moud và Elbeh [2016](#_bookmark83)). Rất nhiều hệ thống khuyến nghị thuốc đã được phát triển để giúp người dùng cuối kiểm soát hiệu quả bệnh tiểu đường và tránh các biến chứng trong tương lai. Các hệ thống này cũng hỗ trợ các chuyên gia y tế đưa ra các khuyến nghị y học chính xác cho bệnh nhân. Chen và cộng sự (Chen và cộng sự. [2011](#_bookmark50)) đã tạo ra *các khuyến nghị về thuốc chống tiểu đường dựa* trên *kiến thức về bệnh nhân và*   *việc ra quyết định đa tiêu chí*. Mahmoud và cộng sự (Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)) đã sử dụng bản thể để đại diện cho kiến thức về hồ sơ của bệnh nhân và thuốc chống tiểu đường. Hệ thống này cũng kết hợp bản thể với việc *ra quyết định dựa trên quy tắc* để cung cấp các hạn chế về mục tiêu điều trị mục tiêu và thuốc với đơn thuốc. Các quy tắc được xác định chọn thuốc cho từng bệnh nhân dựa trên hồ sơ của họ. Một quy tắc ví dụ về việc lựa chọn thuốc có thể được mô tả như sau: "Nếu một bệnh nhân dưới 60 tuổi, bị một

vấn đề về gan, và đã sử dụng Sulfonzlureas (Glipizide), sau đó liều khởi đầu nên là 2,5mg mỗi ngày" (Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)). Medvedeva và cộng sự (Medvedeva và cộng sự. [2007](#_bookmark84)) đã phát triển một *hệ thống truy xuất trường hợp tương tự dựa trên web* để cho phép các bác sĩ chia sẻ kiến thức của họ với cộng đồng và tối ưu hóa các phương pháp điều trị bệnh cho bệnh nhân của họ. Trong hệ thống này, các bác sĩ sử dụng lịch sử bệnh nhân để lựa chọn kế hoạch điều trị phù hợp cho bệnh nhân. Bankhele và cộng sự (Bankhele và cộng sự. [2017](#_bookmark40)) đề xuất một cách tiếp cận khuyến nghị dựa trên *kỹ thuật CF* để đề xuất các loại thuốc thích hợp cho bệnh nhân tiểu đường. Bệnh nhân phải đăng ký trong hệ thống và sau đó nhập một tập hợp các thuộc tính được xác định trước, chẳng hạn như *tuổi, insulin, glucose, BMI, huyết áp* và *độ dày cơ tam đầu*, sau đó được phân tích để tạo ra các khuyến nghị được cá nhân hóa. CF *dựa trên người dùng* được áp dụng để tìm bệnh nhân có thuộc tính phù hợp nhất với thuộc tính của bệnh nhân đang hoạt động. Việc khớp này được thực hiện bằng cách sử dụng Công thức ([1](#_bookmark12)), trong đó *P* là tập thuộc tính của bệnh nhân *a* và *b*; *ra,p* là giá trị của bệnh nhân *a* cho thuộc tính *p* với *ra* là giá trị trung bình trên tập P *của* thuộc tính *p;* *rb,p* là giá trị của bệnh nhân *b* cho thuộc tính *p* với *rb* là giá trị trung bình trên tập P *của* thuộc tính *p*.

,

*sim (a, b)* =

Σp∈P *(ra* — *ra)(rb* — *rb)*

(1)

Σp∈P *((ra* — *ra)*2*),*Σp∈P *((rb* — *rb)*2*)*

**Ví dụ 1** Đối với mục đích minh họa, chúng tôi giới thiệu một ví dụ mô tả quá trình tái chế thuốc bằng cách sử dụng phương pháp được trình bày trong (Bankhele et al. [2017](#_bookmark40)). Giả sử, *Tom* là một bệnh nhân hoạt động đã nhập vào hệ thống một số thuộc tính về tình trạng sức khỏe của mình (xem Bảng [2](#_bookmark13)). Dữ liệu của những bệnh nhân có chung thuộc tính với *Tom* (*bệnh nhân 1...bệnh nhân4*) được tóm tắt trong Bảng [2](#_bookmark13). Dựa trên Công thức ([1](#_bookmark12)), điểm tương tự của bệnh nhân liên quan đến các thuộc tính người dùng hiện tại được tính như sau:

*sim (T om, bệnh nhân1)* = **0,86** C; *sim (T om, bệnh nhân2)* = 0.51

*sim (T om, bệnh nhân3)* = 0,49; *sim (T om, bệnh nhân4)* = 0,04

Các tính toán cho thấy *bệnh nhân 1* giống với *Tom nhất*. Vì vậy, các loại thuốc được kê đơn cho bệnh nhân này có thể được khuyên dùng cho *Tom*.

**Bệnh đau nửa đầu** Stark và cộng sự (Stark và cộng sự. [2017](#_bookmark115)) đề xuất một hệ thống giới thiệu thuốc hỗ trợ các bác sĩ viết đơn thuốc phù hợp và chính xác hơn cho bệnh nhân mắc bệnh đau nửa đầu. Hệ thống này sử dụng cơ sở dữ liệu đồ thị để lưu trữ thông tin của bệnh nhân. Cơ sở dữ liệu được tổ chức dưới dạng *nút* và *cạnh.* Các nút đại diện cho thông tin, bệnh tật, dị ứng và thuốc của bệnh nhân, trong khi các cạnh đại diện cho mối quan hệ giữa các nút. Sử dụng phương pháp tiếp cận CF, các khuyến nghị về thuốc được tạo ra như sau:

* Lọc ra những bệnh nhân tương tự như bệnh nhân đang hoạt động về giới tính (nam/nữ), hào quang (có/không) và loại đau nửa đầu (cấp tính/mãn tính).
* Tính toán mức độ tương đồng giữa mỗi người hàng xóm và bệnh nhân hoạt động theo các đặc điểm sau: tuổi, dị ứng, tiền sử bệnh, tình trạng có từ trước, kê đơn thuốc hiện tại và huyết áp. Mỗi tính năng được tính trọng số tùy thuộc vào tầm quan trọng của nó. Ví dụ, *tuổi tác* và *tiền sử bệnh quan* trọng hơn các bệnh khác

tures. Do đó, các tính năng này có trọng số cao hơn so với các tính năng khác: *tiền lương* =

*wdiseaseHistory* = 3 và *wallergies* = *wpreexistingConditions* = *wbloodPressure* = 1.

* Tổng hợp điểm số của tất cả các tính năng. Chỉ các loại thuốc tiêu thụ bởi bệnh nhân có ít nhất 80%

tương tự như bệnh nhân hiện tại sẽ được đưa vào khuyến nghị.

**Bệnh truyền nhiễm** Shimada và cộng sự (Shimada và cộng sự. [2005](#_bookmark112)) đã phát triển một hệ thống khuyến nghị giúp các bác sĩ lựa chọn *thuốc đầu tay*  thích hợp cho bệnh nhân mắc các bệnh truyền nhiễm. Trước khi đưa ra gợi ý, bác sĩ phải biết khả năng bảo vệ của bệnh nhân



182

Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh (2021) 57: 171–201

**Bảng 2** Ví dụ 1 - Các thuộc tính đầu vào của *Tom* (bệnh nhân đang hoạt động) và các bệnh nhân khác trong cơ sở dữ liệu

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | tuổi | insulin | Glucose | BMI | BP | Độ dày cơ tam đầu |
| Tom (bệnh nhân tích cực) | 25 | 25.4 | 86.0 | 27.9 | 67 | 23 |
| *bệnh nhân1* | 27 | 25.9 | 166 | 25.8 | 72 | 19 |
| *bệnh nhân2* | 48 | 33 | 118 | 46 | 82 | 41 |
| *bệnh nhân3* | 27 | 28 | 89 | 31 | 70 | 20 |
| *bệnh nhân4* | 53 | 43.2 | 195 | 30.7 | 69.7 | 45 |

bản thân khỏi các yếu tố rủi ro. Đối với điều này, một  *phương pháp phân loại mức độ rủi ro* sử dụng thông tin lâm sàng của bệnh nhân được áp dụng. Phương pháp này gán từng yếu tố nguy cơ cho một *điểm số* đại diện cho mức độ tác động của nó đối với bệnh nhân. Bên cạnh đó, một cơ sở kiến thức bao gồm các yếu tố rủi ro và mức độ tác động của chúng cũng được xây dựng. Hệ thống trả về mức độ rủi ro hữu ích cho việc dự đoán chính xác tình trạng sức khỏe của bệnh nhân và sau đó đề xuất cho họ các loại thuốc thích hợp.

**Các bệnh khác** Bên cạnh các khuyến nghị thuốc cho các bệnh cụ thể, nhiều hệ thống khuyến nghị đã được phát triển cho các bệnh không xác định. Ví dụ, GALENOWL (Doulaverakis và cộng sự. [2012](#_bookmark57)) cho phép các bác sĩ tìm kiếm thông tin thuốc và đề xuất các loại thuốc phù hợp cho bệnh nhân dựa trên bệnh tật, dị ứng và tương tác thuốc của họ trong quá khứ. Hệ thống này sử dụng *bản thể* và *mã ICD* để lưu trữ các quy tắc về thuốc và tương tác của chúng. Các quy tắc này là đầu vào của hệ thống để tạo ra các loại thuốc phù hợp nhất cho bệnh nhân. Dựa trên hệ thống GALENOWL, một khung ngữ nghĩa được gọi là PANACEA (Doulaverakis et al. [2014](#_bookmark58)) được phát triển để hỗ trợ các bác sĩ kê đơn thuốc theo chỉ định và chống chỉ định hoạt động của thuốc. PANACEA tạo ra các khuyến nghị về thuốc dựa trên các thuật ngữ y tế tiêu chuẩn và các quy tắc mô tả tương tác thuốc-thuốc và thuốc-bệnh. Hệ thống này vượt trội hơn GALENOWL trong khi đảm bảo chất lượng khuyến nghị tương tự. Tương tự như PANACEA, SEMMED (Rodr'ıguez et al. [2009](#_bookmark104)) được phát triển dựa trên công nghệ web ngữ nghĩa. Hệ thống này cung cấp cho bệnh nhân các loại thuốc chính xác và khuyến nghị điều trị thích hợp để chữa lành bệnh lý cụ thể. Bên cạnh đó, nó giúp các chuyên gia chăm sóc sức khỏe tránh những sai lầm trong quá trình tương tác thuốc và loại bỏ các yếu tố gây rủi ro cho bệnh nhân, chẳng hạn như dị ứng thuốc hoặc chống chỉ định.

## Dự đoán tác dụng phụ của thuốc

*Tác dụng phụ của thuốc* hoặc *phản ứng có hại của thuốc (ADR)* là một trong những nguyên nhân hàng đầu gây ra tỷ lệ mắc bệnh và tử vong trong chăm sóc sức khỏe (Galeano và Paccanaro [2018](#_bookmark69)). Theo báo cáo của Viện Y khoa Mỹ, tác dụng phụ bất ngờ của thuốc gây ra 100.000 ca tử vong hàng năm ở Hoa Kỳ (Gurwitz và cộng sự. [2003](#_bookmark72)). Do đó, các nhà nghiên cứu y tế đã chú ý đến việc phát triển các hệ thống khám phá thuốc (Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark132)). Một trong những ý tưởng đầu tiên về các dự đoán tác dụng phụ của thuốc là sử dụng các mối quan hệ cấu trúc-hoạt động hoặc cấu trúc-tính chất định lượng. Ví dụ, Fliri và cộng sự (Fliri và cộng sự. [2006](#_bookmark67)) đã dịch dữ liệu tác dụng phụ có nguồn gốc từ 1.045 nhãn thuốc kê đơn thành quang phổ tác dụng, và sau đó cho thấy tiện ích của chúng trong việc chẩn đoán tác dụng gây ra của thuốc. Fukuzaki và cộng sự (Fukuzaki và cộng sự. [2009](#_bookmark68)) đã thiết kế một mô hình để liệt kê các tác dụng phụ của thuốc bằng cách tìm kiếm các con đường hợp tác được chia sẻ giữa các hồ sơ biểu hiện gen. Ý tưởng chung của công trình này là: "Một loại thuốc được sản xuất để ảnh hưởng đến một gen cụ thể. Tuy nhiên, nếu thuốc vô tình kích hoạt các gen khác, thì nó có thể gây ra tác dụng phụ". Trong cách tiếp cận này, mỗi *con đường* được biểu diễn dưới dạng một *biểu đồ với* các đỉnh và cạnh. Mỗi *đỉnh* đại diện cho một *gen* biểu thị một *tập hợp mục* cho thấy một tập hợp các loại thuốc hoặc tình trạng kích hoạt gen. Mỗi *cạnh* cho thấy một tương tác gen. Dựa trên biểu đồ này, các con đường phụ cho thấy tác dụng phụ có thể được tìm thấy dựa trên các bộ vật phẩm (tức là điều kiện kích hoạt) được chia sẻ giữa chúng.

Gần đây, một số phương pháp dựa trên máy học đã được sử dụng để dự đoán các tác dụng phụ tiềm ẩn của thuốc. *"In silico"* là phương pháp phổ biến nhất tạo ra các dự đoán tác dụng phụ dựa trên *cấu trúc, hóa học* và *các đặc điểm sinh học* của thuốc, chẳng hạn như protein đích, tương tác protein-protein hoặc chú thích bản thể gen (Zhang và cộng sự. [2015](#_bookmark131)). Bresso và cộng sự (Bresso và cộng sự. [2013](#_bookmark43)) đã sử dụng phương pháp này để mô tả các hồ sơ tác dụng phụ được chia sẻ bởi một số loại thuốc. Huang và cộng sự (Huang và cộng sự. [2011](#_bookmark77)) đã sử dụng các mục tiêu thuốc, tương tác protein-protein và chú thích bản thể gen, và sau đó áp dụng vectơ *hỗ trợ*

*kỹ thuật hồi quy* máy và  *logistic* để tạo ra các dự đoán. Yamanishi và cộng sự (Yaman- ishi và cộng sự. [2012](#_bookmark129)) kết hợp cấu *trúc thuốc* (từ hồ sơ hóa học) và *protein mục tiêu* (từ hồ sơ sinh học) và sau đó áp dụng Tương *quan kinh điển thưa thớt* để dự đoán hồ sơ tác dụng phụ tiềm ẩn của các phân tử ứng cử viên thuốc.

Các phương pháp dự đoán được đề cập ở trên phải đối mặt với một số hạn chế liên quan đến tính khả dụng của cấu trúc hóa học, sức mạnh tính toán cần thiết đáng kể và số lượng dương tính giả cao (Deshpande và Butte [2011](#_bookmark54)). Bên cạnh đó, chúng thường được thực hiện trong các thử nghiệm lâm sàng, trong đó nhiều tác dụng phụ không thể được phát hiện cho đến khi thuốc được phê duyệt. Điều này làm dấy lên nhu cầu quan trọng để dự đoán *các tác dụng phụ* tiềm ẩn *hoặc thiếu* đối với thuốc (Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark132)). Một số hệ thống khuyến nghị thuốc đã được phát triển để giải quyết nhu cầu này. Một ví dụ về nó đã được đề xuất bởi Zhang và cộng sự (Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark132)), trong đó dự đoán tác dụng phụ tiềm ẩn được hình thành như một nhiệm vụ khuyến nghị. Một *phương pháp dựa trên vùng lân cận tích hợp* được áp dụng để đưa ra dự đoán. Phương pháp này là một phần mở rộng của  *khuyến nghị dựa trên khu vực lân cận cổ điển*, sử dụng các tác dụng phụ đã biết của các loại thuốc tương tự. Chúng tôi sẽ trình bày chi tiết về phương pháp đề xuất này bằng cách sử dụng ví dụ sau.

**Ví dụ 2** Với một loại thuốc mục tiêu *d*, một danh sách bốn loại *thuốc đã* được phê duyệt {*d1, d2, d3, d4*} và các tác dụng phụ tương ứng như thể hiện trong Bảng [3](#_bookmark15), chúng tôi dự đoán xác suất *của s5* và *s6* là tác dụng phụ của thuốc *d*. Dự đoán được xây dựng như một bài toán khuyến nghị, trong đó các loại thuốc, tác dụng phụ và mối liên hệ tác dụng phụ giữa thuốc được kết hợp. Quá trình dự đoán

được thực hiện theo các bước sau:

- *Bước 1*: Tính toán sự tương đồng giữa thuốc-thuốc dựa trên hồ sơ tác dụng phụ. Cho hai loại thuốc *di* và *dk* có hồ sơ tác dụng phụ là *Si* và *Sk*, sự *tương đồng Jaccard được sử dụng để tính toán sự tương đồng của chúng* sim (i, k) *(xem Công thức (*2[)).](#_bookmark14)

*sim(i, k)* = |Si ∩ *Sk* |

|Si ∪ *Sk|*

*sim (d, d1)* = 2 = **0.5C**; *Sim (D, D2)* = 1 = 0.25

(2)

4 4

*sim (d, d3)* = 3 = **0,75C**; *Sim (D, D4)* = 1 = 0.25

4 4

- *Bước 2*: Một tập hợp thuốc lân cận của thuốc mục tiêu *d* được xác định bằng cách lọc điểm tương tự với ngưỡng θ được xác định trước . Trong ví dụ này, chúng ta giả sử θ = 0,5, có nghĩa là chỉ có thuốc *d1* và *d3* được chọn làm hàng xóm của *d*.

**Bảng 3** Ví dụ 2 - Ví dụ về thuốc và tác dụng phụ tương ứng. Giá trị '0' hoặc '1' đại diện cho sự vắng mặt hoặc hiện diện của tác dụng phụ *sj* đối với thuốc *di*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Thuốc | Tác dụng phụ |  | | | | |
|  | *S1* | *S2* | *S3* | *S4* | *S5* | *S6* |
| *d* (thuốc đích) | 1 | 1 | 0 | 0 | **?** | **?** |
| *d1* | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| *D2* | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| *d3* | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| *d4* | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

- *Bước 3*: Tính xác suất của thuốc *Di* gây ra tác dụng phụ *Sj* - *Prob (Di, SJ)* bằng cách tổng hợp các tác dụng phụ đã biết *Sj* của các nước láng giềng của nó (xem Công thức ([3](#_bookmark16))).

Σn *Mk, j* × *SIM (I, K)*

*n*

*k=1,k*/=i,Sk,i ≥θ

*SIM (I, K)*

Σ

*k = 1, k*/=i, Sk, i ≥*θ*

(3)

*Prob(D, SJ)* =

*prob(d, s5)* = 0×0.5+1×0.75 = 0.6; *prob(d, s6)* = 1×0.5+1×0.75 = **1C**

0.5+0.75 0.5+0.75

Xác suất *prob (d, s6)* = 1 *> prob (d, s5),* có nghĩa là *s6* được chọn làm tác dụng phụ tiềm ẩn của thuốc mục tiêu *d*.

## Dự đoán tình trạng sức khỏe

Trong những thập kỷ qua, dự đoán rủi ro liên quan đến các bệnh cụ thể đã trở thành một chủ đề nghiên cứu chuyên sâu (Davis và cộng sự. [2009](#_bookmark53)), nơi số lượng các nghiên cứu liên quan đến các bệnh mãn tính đã tăng lên đáng kể. Lý do nằm ở sự phát triển nhanh chóng của những căn bệnh này trên toàn thế giới (Hussein và cộng sự. [2012](#_bookmark78)). Các bệnh kéo dài ngăn cản bệnh nhân hoạt động thể chất và gây ra gánh nặng liên quan đến thời gian và tiền bạc của quá trình điều trị (Nasiri et al. [2016](#_bookmark88)). Để giúp bệnh nhân tránh được những bệnh này, HRS đã được phát triển để phát hiện các triệu chứng bệnh càng sớm càng tốt. Hơn nữa, họ có thể hỗ trợ các chuyên gia chăm sóc sức khỏe lập kế hoạch điều trị phù hợp cho bệnh nhân. Davis và cộng sự (Davis và cộng sự. [2009](#_bookmark53)) và Nasiri và cộng sự (Nasiri và cộng sự. [2016](#_bookmark88)) đề xuất các hệ thống khuyến nghị để dự đoán *các yếu tố nguy cơ* (ví dụ:  *sự đồng ý tiềm ẩn* hoặc các *bệnh khác*) mà bệnh nhân mục tiêu mắc bệnh mãn tính sẽ phải đối mặt trong tương lai. Các hệ thống này áp dụng CF, dựa trên giả định trực quan "bệnh nhân có chung bệnh và tình trạng sức khỏe có thể phải đối mặt với các yếu tố nguy cơ giống nhau". Các dự đoán về rủi ro khó khăn có thể được tạo ra dựa trên một tập hợp thông tin tương tự của bệnh nhân. Kỹ thuật CF truyền thống được sửa đổi để phù hợp với lĩnh vực chăm sóc sức khỏe. Lý do cho sự sửa đổi này nằm ở giá trị đánh giá của các mặt hàng. Xếp hạng của bệnh nhân là các giá trị không theo thứ tự; Chúng là nhị phân (*1/0* - bệnh nhân đang *đối mặt / không phải đối mặt với* yếu tố nguy cơ *J*). Đối với cách tiếp cận này, với một bệnh nhân đang hoạt động *a*, một tập hợp bệnh nhân *I* và một tập hợp các yếu tố nguy cơ *J* , dự đoán yếu tố nguy cơ được tạo ra trong các bước sau:

- *Bước 1*: Tính toán sự tương đồng giữa các bệnh nhân *một* và từng bệnh nhân *tôi* ∈ *Tôi* sử dụng Công thức ([4](#_bookmark17)), trong đó *va,j* là phiếu bầu của bệnh nhân *một* Đối với yếu tố nguy cơ *j* :

*w (a, i)* = Σ ,

*va,j*

*vi,j*

,

(4)

*j* ∈Σk∈J *Phiên bản 2* Σk∈J *Phiên bản 2*

*một*

*một,k*

*tôi*

*tôi,k*

* *Bước 2*: Tìm bệnh *nhân giống* với bệnh nhân *a nhất* dựa trên điểm tương đồng. Bệnh nhân giống nhau nhất có điểm tương tự cao nhất.
* *Bước 3*: Tính điểm dự đoán của một yếu tố nguy cơ *j* mà bệnh nhân a chưa phải đối mặt bằng Công thức ([5](#_bookmark18)) - ([7](#_bookmark19)), trong đó p *(a, j)* là điểm dự đoán cho bệnh nhân *a về* yếu tố nguy cơ *j,*  *vj* là phiếu bầu trung bình của tất cả các bệnh nhân đã đối mặt với yếu tố nguy cơ *j,*  *w(a, i)* là sự tương đồng giữa bệnh nhân *a* và *i* (xem Công thức ([4](#_bookmark17))), và |Ij | là số bệnh nhân đã phải đối mặt với yếu tố nguy cơ *J* . Hằng số chuẩn hóa *k* đảm bảo điểm dự đoán trong phạm vi số phiếu bầu có thể có.

Σ

*P (A, J)* = *Vj* + *ka(*1 — *vj ) w(a, i)* (5)

*i∈Ij*

*v* = |Ij |

*j* |Tôi |

1

Σ

(6)

(7)

*ka =*

*Tôi ∈*

*w (a, i)*

**Ví dụ 3** Để hiểu rõ hơn, chúng tôi minh họa cách tiếp cận được đề cập bằng cách sử dụng một ví dụ cụ thể. Giả sử *Maria* là một bệnh nhân tích cực mắc bệnh tiểu đường. Cô ấy hiện đang phải đối mặt với một số yếu tố nguy cơ, chẳng hạn như *tổn thương thần kinh*, *tổn thương mắt*, chậm *lành*, các *vấn đề về da*. *trang 1*...*p4* là những bệnh nhân có hồ sơ tương tự như *Maria* (xem Bảng [4](#_bookmark21)). Để dự đoán những yếu tố nguy cơ mà *Maria* có thể phải đối mặt trong tương lai, điểm dự đoán cho các yếu tố nguy cơ chưa từng đối mặt được tính toán: *p(Maria, thậnTổn thương) = 0,89, p(Maria, suy giảm thính lực)*

*=* ***0,90****, p (Maria, bệnh tim) = 0,69*. Điều này cho thấy Maria có thể phải đối mặt với *"suy giảm thính lực"*

trong tương lai gần.

Bên cạnh các kỹ thuật khuyến nghị, các phương pháp học máy đã được sử dụng để tạo ra các dự đoán bệnh. Ví dụ, Lafta và cộng sự (Lafta và cộng sự. [2015](#_bookmark81)) đã đề xuất một thuật *toán dự đoán chuỗi thời gian*  sáng tạo để hỗ trợ quá trình ra quyết định của bệnh nhân mắc bệnh tim. Đặc biệt, thuật toán giúp quyết định xem liệu một phép đo y tế, chẳng hạn như kiểm tra nhịp tim, có cần được thực hiện ngay hôm nay hay không dựa trên số đo của bệnh nhân trong *k* ngày qua. Hussein và cộng sự (Hussein và cộng sự. [2012](#_bookmark78)) đã trình bày một  *hệ thống khuyến nghị chẩn đoán bệnh mãn tính (CDD)* sử dụng mô hình phân loại Random Forest - RF (O ̈ zcift [2011](#_bookmark96)).[9](#_bookmark20) Hệ thống này yêu cầu *ba* loại thông tin đầu vào để xây dựng các dự đoán cho bệnh nhân chưa được chẩn đoán: (1) *dữ liệu đào tạo* bao gồm hồ sơ y tế của bệnh nhân tiểu đường trước đó; (2) *dữ liệu nhân khẩu học* cho thấy hồ sơ của bệnh nhân, chẳng hạn như *tên, tuổi* và trình *độ học vấn*; và (3) *dữ liệu y tế của bệnh nhân đang hoạt động* đề cập đến hai loại xét nghiệm: *xét nghiệm tại nhà* (ví dụ: lượng đường trong máu, huyết áp và cân nặng) và *xét nghiệm trong phòng thí nghiệm* từ phòng thí nghiệm. Thông tin đầu ra của hệ thống bao gồm dự *đoán* thể hiện nguy cơ bệnh tật của bệnh nhân và khuyến *nghị* cho thấy tình trạng nguy cơ bệnh tật xác nhận mà bệnh nhân đang tìm kiếm.

## Khuyến nghị hoạt động thể chất

Bên cạnh các khuyến nghị về kế hoạch điều trị bệnh, các đề xuất về các hoạt động thể chất đã trở thành một trọng tâm khác của HRS. Các khuyến nghị về hoạt động thể chất giúp giảm khả năng trở nên yếu ớt của bệnh nhân và ngăn họ tiếp tục gặp phải sức khỏe (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)). Hơn nữa, họ cũng khuyến khích người dùng theo dõi các hoạt động hàng ngày đáp ứng mục tiêu đốt cháy calo của họ. RUNNER (Donciu và cộng sự. [2011](#_bookmark56)) và SHADE (Faiz và cộng sự. [2014](#_bookmark62)) cung cấp cho người dùng các khuyến nghị về thực phẩm và tập thể dục để giữ cho họ khỏe mạnh. Những nghiên cứu này tạo ra một khuyến nghị dựa trên thực tế rằng "những gì và khi nào bạn ăn trong và sau khi tập thể dục có thể quan trọng không kém" (Donciu và cộng sự. [2011](#_bookmark56)). Những khuyến nghị này được điều chỉnh dựa trên tình trạng sức khỏe, mục tiêu và sở thích của người dùng, thường được thu thập từ các nguồn khác nhau, chẳng hạn như thực phẩm, hoạt động thể chất, lĩnh vực người cao tuổi/tiểu đường/người chạy, tình trạng sức khỏe người dùng và sở thích của người dùng. Do đó, các bản thể và công nghệ ngữ nghĩa (Orgun và Vu [2006](#_bookmark95)) được sử dụng để giải quyết các vấn đề không đồng nhất của dữ liệu người dùng. Quá trình giới thiệu có thể được thực hiện như sau: Đầu tiên, một tập hợp các bài tập ban đầu cho

9Khác các mô hình phân loại cây quyết định như J48 (Kaur và Raghava [2003](#_bookmark80)), Gốc cây quyết định (Noh và cộng sự. [2003](#_bookmark92)), cây REP (Park et al. [2006](#_bookmark97)) đã được ứng dụng để dự đoán các yếu tố nguy cơ của các bệnh mãn tính.

Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh (2021) 57: 171–201

187

**Bảng 4** Ví dụ 3 - Tóm tắt các yếu tố nguy cơ mà *Maria* (bệnh nhân hoạt động) và các bệnh nhân tương tự đang mắc phải. Sự tương đồng giữa *Maria* và từng bệnh nhân được thể hiện trong cột cuối cùng

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Bệnh nhân tương tự | tổn thương thần kinh | tổn thương mắt | Chữa lành chậm | Các vấn đề về da | tổn thương thận | khiếm thính | Bệnh tim | *w (Maria, pi )* |
| *Maria* | 1 | 1 | 1 | 1 | **?** | **?** | **?** |  |
| *p1* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.82 |
| *trang 2* | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0.89 |
| *trang 3* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.82 |
| *trang 4* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.76 |



Người dùng được chọn dựa trên tình trạng sức khỏe thể chất và mục tiêu tập thể dục của họ. Sau đó, lịch sử sử dụng và phản hồi trước đó về *độ khó và*  mức *độ thích thú* được sử dụng để điều chỉnh các bài tập đã chọn trước khi gửi cho người dùng.

Dharia và cộng sự (Dharia và cộng sự. [2016](#_bookmark55)) đề xuất một hệ thống đề xuất các đề xuất phiên tập luyện được cá nhân hóa dựa trên dữ liệu ngữ cảnh của người dùng, chẳng hạn như các hoạt động trong quá khứ, tình trạng và trạng thái thể chất. Quá trình đề xuất được thực hiện như sau. Đầu tiên, người dùng nhập dữ liệu ngữ cảnh của mình. Sau đó, hệ thống thu thập tất cả các điểm tiếp xúc và các sự kiện lịch từ thiết bị của người dùng và sử dụng phương *pháp kết hợp* để đề xuất các buổi tập thể dục cho người dùng. Cách tiếp cận này kết hợp các khuyến nghị CB và CF, trong đó CB xem xét sở thích của người dùng và CF xem xét sở thích của những người dùng tương tự. Hệ thống cũng cung cấp các vị trí có sẵn trong lịch của người dùng để họ có thể lên lịch lại các phiên bất cứ lúc nào.

Imran Ali và cộng sự (Ali và cộng sự. [2018](#_bookmark38)) đã phát triển một khuôn khổ kết hợp cung cấp các khuyến nghị về hoạt động vật lý và chế độ ăn uống bằng cách sử dụng khuyến nghị nhận biết ngữ cảnh (Verbert và cộng sự. [2012](#_bookmark126)) và khuyến nghị dựa trên kiến thức (Burke [2000](#_bookmark44)). Khuôn khổ được đề xuất bao gồm một *hệ thống đề xuất nhiều giai đoạn* hỗ trợ các mô-đun sau:

* *Mô-đun 1 (Thu thập và xử lý dữ liệu),* lưu trữ thông tin nhân khẩu học và các hoạt động ưa thích của người dùng được thu thập từ các thiết bị cảm giác.
* *Mô-đun 2 (Tạo ngữ cảnh),* lưu hoạt động hiện tại, vị trí, điều kiện thời tiết và trạng thái cảm xúc của người dùng.
* *Mô-đun 3 (Kho kiến thức chuyên gia),* đại diện cho các quy tắc dưới dạng IF-THEN, sau đó được áp dụng để tạo ra các khuyến nghị. Ví dụ, "NẾU một bệnh nhân đang sinh non và phải đối mặt với bệnh đái tháo đường thai kỳ, THÌ cô ấy nên tập thể dục cường độ vừa phải 20-30 phút vào hầu hết mọi ngày trong tuần" (Colberg và cộng sự. [2016](#_bookmark52)).
* *Mô-đun 4 (Đa giai đoạn đề xuất)*, sử dụng thông tin người dùng được thu thập từ Mô-đun 1 và 2 để tạo ra một đề xuất toàn diện cho người dùng. Quá trình tái tạo được thực hiện trong hai giai đoạn. Trong *Giai đoạn 1*, hệ thống tính toán lượng calo đốt cháy của người dùng, mục tiêu nạp vào và một bộ khuyến nghị chung về hoạt động thể chất. Ngoài ra, cơ chế *lý luận dựa trên trường hợp* được sử dụng để suy ra các quy tắc phù hợp nhất từ cơ sở kiến thức. Trong *Giai đoạn 2*, các đề xuất được tạo trong *Giai đoạn 1* được tinh chỉnh theo cách cá nhân hóa. Ma trận ngữ cảnh được tạo ra để đề xuất các hoạt động phù hợp cho người dùng tại một thời điểm nhất định. Ma trận này được tính toán dựa trên kết quả giám sát của người dùng để lọc ra các hoạt động thể chất thích hợp trong các bối cảnh khác nhau. Ví dụ, "vì người dùng hiện đang ở nhà, kéo *giãn có* vẻ phù hợp với anh ta hơn là chạy".
* *Mô-đun 5 (Giải thích về các hoạt động được đề xuất),* được gửi cùng với các khuyến nghị để mô tả lý do tại sao một hoạt động thể chất cụ thể đã được khuyến nghị cho người dùng. Ví dụ, "bạn nên chạy ít nhất một giờ mỗi ngày để cải thiện tình trạng sức khỏe hiện tại và đáp ứng một trong những mục tiêu đốt cháy calo của bạn". Các giải thích bổ sung dựa trên bối cảnh cũng có thể được cung cấp, ví dụ: "hôm nay khá lạnh, do đó hãy cân nhắc mang theo áo khoác thể thao trước khi ra ngoài".

## Khuyến nghị của chuyên gia chăm sóc sức khỏe

Trong những năm gần đây, đã có sự gia tăng đáng kể về số lượng thông tin y tế có sẵn, dẫn đến một số khó khăn cho bệnh nhân khi tìm kiếm bác sĩ phù hợp. Điều khiến bệnh nhân rất quan tâm là *làm thế nào để tìm các chuyên gia y tế có chuyên môn tốt nhất để giải quyết các vấn đề sức khỏe của họ* (Hoens và cộng sự. [2010](#_bookmark74); Narducci và cộng sự. [2015](#_bookmark87)). Hầu hết

Các nhà cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe hiện tại không cung cấp cho bệnh nhân cơ sở hạ tầng đầy đủ hoặc triển khai thiết kế dịch vụ hỗ trợ họ hoàn thành nhiệm vụ này. Khoảng cách này đặt ra một chủ đề mở về mai mối giữa bệnh nhân và bác sĩ, trong đó bệnh nhân có thể tìm được bác sĩ phù hợp để xây dựng mối quan hệ tin cậy (Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73)). Han và cộng sự (Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73)) đề xuất một hệ thống phỏng vấn kết hợp, trong đó các khuyến nghị của bác sĩ gia đình được đưa ra dựa trên mức độ thông tin có sẵn về người dùng. Các tác giả đã thảo luận về *ba* trường hợp sử dụng tạo khuyến nghị:

* *Trường hợp sử dụng 1* (Bệnh nhân mới): Bệnh nhân gần đây đã tham gia mạng lưới và chỉ có thông tin nhân khẩu học cơ bản. Đề xuất CB được sử dụng để tạo các đề xuất dựa trên hồ sơ nhân khẩu học tương tự.
* *Trường hợp sử dụng 2* (Bệnh nhân hiện tại không có tương tác với bác sĩ chăm sóc chính): Bệnh nhân đã đến gặp bác sĩ chuyên khoa hoặc bệnh viện, nhưng chưa đến gặp bác sĩ gia đình. Các hoạt động của các bệnh nhân khác trong các lần thăm khám trước đó được sử dụng để thu hẹp danh sách bác sĩ. Bên cạnh đó, một bộ dữ liệu bổ sung mô tả các thủ tục nội trú của bệnh viện và một số loại bệnh của bệnh nhân được sử dụng để tạo hồ sơ bệnh nhân và sau đó tạo các khuyến nghị bằng cách sử dụng phương pháp khuyến nghị CB.
* *Trường hợp sử dụng 3* (Bệnh nhân hiện tại có tương tác trước đó với bác sĩ chăm sóc chính): Phương pháp tiếp cận khuyến nghị CF được áp dụng để tìm kiếm bác sĩ được khám bởi những bệnh nhân tương tự (tức là những bệnh nhân đã đến gặp cùng một bác sĩ trước đó).

Zhang và cộng sự (Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark133)) đề xuất một hệ thống *iDoctor* để cung cấp cho người dùng các khuyến nghị của bác sĩ theo âm thanh. Hệ thống này khám phá cảm xúc và sở thích của người dùng về bác sĩ thông qua xếp hạng và đánh giá của họ. Ba mô-đun được tích hợp vào hệ thống: *phân tích cảm xúc, mô hình hóa chủ đề* và *phân tích ma trận lai*. Mô-đun *phân tích cảm giác* tính toán bù đắp cảm xúc từ đánh giá của người dùng. Mô-đun *mô hình hóa chủ đề* trích xuất sở thích của người dùng và các tính năng của bác sĩ (ví dụ: chuyên môn, phạm vi phí và thói quen kê đơn) từ đánh giá của người dùng. Thông tin được trích xuất được sử dụng trong  *mô-đun phân tích ma trận lai* để dự đoán xếp hạng cho bác sĩ.

Gujar và cộng sự (Gujar và cộng sự. [2018](#_bookmark71)) đề xuất một cách tiếp cận khuyến nghị dựa trên *"từ*

*của miệng"* (ví dụ: hỏi bạn bè hoặc người thân), thường được sử dụng trong thực tế để tìm bác sĩ. Các tác giả đã phát triển một hệ thống giới thiệu để xác định vị trí, liên hệ và các thông tin cần thiết khác của các chuyên gia y tế. Họ đã sử dụng kỹ thuật CoreNLP để tạo ra các khuyến nghị của bác sĩ dựa trên đánh giá của những người dùng trước đó. Các bác sĩ được đề xuất được lọc ra dựa trên một số tiêu chí, chẳng hạn như *ít phí hơn, nhiều kinh nghiệm hơn, địa điểm gần nhất* và *đánh giá phản hồi của bác sĩ*. Khác với các nghiên cứu đã thảo luận trước đó, hệ thống này cho phép bệnh nhân đưa ra phản hồi của họ về các bác sĩ được khuyến nghị, sau đó được sử dụng để cải thiện chất lượng của các khuyến nghị trong tương lai. Dựa trên một cơ chế khuyến nghị tương tự như đã đề cập trong (Gujar et al. [2018](#_bookmark71)), Narducci và cộng sự (Narducci và cộng sự. [2015](#_bookmark87)) đã trình bày một mạng xã hội được gọi là HEALTHNET, trong đó một thành phần khuyến nghị được tích hợp để đề xuất các bác sĩ và bệnh viện phù hợp nhất với hồ sơ bệnh nhân cụ thể. Trong HEALTHNET, bệnh nhân nhập dữ liệu sức khỏe của mình, chẳng hạn như *tình trạng*, *phương pháp điều trị* (thuốc, phẫu thuật hoặc tác dụng phụ), *các chỉ số sức khỏe* (huyết áp, trọng lượng cơ thể, phân tích phòng thí nghiệm, v.v.), *tham khảo ý kiến bác sĩ* và  *nhập viện*. Dựa trên dữ liệu đầu vào, hệ thống tìm kiếm các bệnh nhân tương tự được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu. Sự tương đồng giữa

Bệnh nhân đang hoạt động *P* và một PR bệnh nhân khác trong cơ sở dữ liệu được ước tính bằng Công thức ([8](#_bookmark22)), trong đó:

* *K* và *N* là số lượng tình trạng của bệnh nhân *P* và *PR* tương ứng.
* *Z* và *R* là số lần điều trị của bệnh nhân *P* và *PR* tương ứng.
* *PC* và *PR* là tình trạng của bệnh nhân *P* và *PR* tương ứng.

*c*

* *PT* và *PR* là phương pháp điều trị của bệnh nhân *P* và *PR* tương ứng.

*t*

* *SC (PC , PR* ) là điểm tương tự giữa tình trạng CI của bệnh nhân P và điều kiện

*tôi Cj*

tion *cj* của bệnh nhân *pr (* xem Công thức ([9](#_bookmark23))). Nếu hai điều kiện này giống nhau, thì điểm này là logarit của tỷ lệ giữa số lượng điều kiện trong cơ sở dữ liệu

(#*C*) và số lượng bệnh nhân bị ảnh hưởng bởi tình trạng đó (*Pci*). Nếu không, *sc* được tính là số cạnh trong đường đi ngắn nhất *sp*, kết nối hai điều kiện trong hệ thống phân cấp bệnh 10. Ý tưởng của quy tắc này là để tìm hiểu xem liệu hai bệnh nhân có bị ảnh hưởng bởi các tình trạng bệnh tương tự hay không. Ví dụ,  *các tình trạng tim cơ tim và động* mạch vành *giãn nở* của hai bệnh nhân có thể được coi là giống nhau vì cả hai đều đề cập đến suy tim-cơ. Trong bối cảnh này, kinh nghiệm của các bác sĩ / bệnh viện được tư vấn của bệnh nhân này có thể hữu ích cho một bệnh nhân khác (Narducci và cộng sự. [2015](#_bookmark87)).

* *ST (PT, PR)* là điểm tương tự giữa điều trị *TI* của bệnh nhân P và điều trị

*tôi Tj*

*tj* của PR bệnh nhân (xem Công thức ([10](#_bookmark24))).

* *α* đề cập đến sự đóng góp của các điều kiện và phương pháp điều trị đối với sự tương đồng của bệnh nhân.
* *β* cho biết trọng lượng của cộng đồng (bệnh nhân) và chỉ số của bộ.

ΣkΣn

*j* = 1

*k* + *n*

*s(p, pr)* = *α*

*i=1*

*SC (PC, PR)*

ΣzΣr

+ (1 - *α)*

*i=1*

*ST (PT, PR)*

*SC (PC, PR*

*tôi*

*Cj*

*j* = 1

*z* + *r*

*log* #*C , nếu ci* = *cj*

*)* =

#*pci*

(9)

*tôi*

*Tj*

(8)

*tôi Cj*

*sp(c,c)*

1 *Khác*

*i j*

*ST (PT , Pr )* = 1*, nếu Ti* = *Tj*  (10)

*tôi*

*Tj*

0*, nếu không*

Với một bệnh nhân đang hoạt động, các bác sĩ và bệnh viện liên quan cho bệnh nhân này có thể được ước tính bằng cách sử dụng Công thức ([11](#_bookmark25)) và [(12](#_bookmark26)).

*Pi*

Σ

*điểmBác sĩ (dz, pi)* = *s (pi, pj )*.*Rj (dz)* (11)

*j* = 1

,Σ

*p*

*điểmBệnh viện (hm, pi)* = *β*

,

*j* = 1

*s (pi, PJ )* ∗ *Rj (hm)*,, + *(*1 — *)*.*Khí (hm)* (12)

**Ví dụ 4** Đối với mục đích minh họa, chúng tôi trình bày một ví dụ đơn giản để cho thấy cách các bác sĩ và bệnh viện có liên quan có thể được đề xuất cho bệnh nhân bằng cách sử dụng phương pháp đã đề cập. Giả sử một bệnh nhân đang hoạt động đang mắc bệnh tim và mắc bệnh c được gọi là *bệnh cơ tim giãn nở*. Bệnh nhân này đã được áp dụng điều trị *t* - *nitrat.* Bây giờ, anh ấy cần các khuyến nghị của bác sĩ và bệnh viện có thể giải quyết hiệu quả các vấn đề sức khỏe của mình. Các khuyến nghị này có thể được tạo ra dựa trên thông tin liên quan từ các bệnh nhân khác trong hệ thống. Giả sử hai bệnh nhân bệnh tim (*p1* và *p2*) đã đến gặp bác sĩ X và *Y* từ bệnh viện A và B tương ứng. Thông tin của những bệnh nhân này được tóm tắt trong Bảng [5](#_bookmark28). Bệnh nhân *p1* có tình trạng bệnh tương tự cao hơn với bệnh nhân *pi so* với bệnh nhân *p2* (*pi* và *p1* gặp vấn đề với suy cơ). Do đó, chúng tôi giả định khoảng cách trong cây phân cấp bệnh giữa *pi* và *p1* là 2 và giữa *pi* và *p2* là 3. Dựa trên công thức

([9](#_bookmark23)), các điểm tương đồng của điều kiện sẽ là *sp(ci, c1)* = 1*/*2 và *sp(ci, c2)* = 1*/*3. Chúng tôi giả định

Tình trạng bệnh và phương pháp điều trị có tác động giống nhau đến điểm tương tự của bệnh nhân

10 <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2010/en>

**Bảng 5** Ví dụ 4 - Thông tin của bệnh nhân đang bị bệnh tim được lưu trữ trong hệ thống

Bác sĩ tư vấn Bệnh viện đã được thăm khám

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| kiên nhẫn | điều kiện | Điều trị | Tên | Đánh giá |  | Tên | Đánh giá |
| *p1* | động mạch vành | statin | X | 4.1 |  | Một | 4.2 |
| *trang 2* | hở hai lá | phẫu thuật | Y | 4.9 |  | B | 4.3 |

(tức là *α* = 0,5), và cộng đồng và mục vụ có cùng trọng số (tức là  = 0,5). Xếp hạng của bộ cho các bệnh viện *A* và *B* lần lượt là *q (A)* = 4,0 và *q (B)* = 4,5. Các tính toán cần thiết được trình bày dưới đây, cho thấy bác sĩ *X* và bệnh viện *A*

được khuyến nghị cho bệnh nhân *pi*.

*sc (pi, p1)* = 1*/*2 ; *sc(pi, p2)* = 1*/*3; *st (pi, p1)* = 0 ; *st (pi, p2)* = 0

*s(pi, p1)* = *(*0,5 ∗ 0,5*)/*2 = 0,125; *s(pi, p2)* = *(*0,5 ∗ 0,33*)/*2 = 0,083

*scoreDoctor(X, pi)* = 0.125 ∗ 4.1=0.513C

*scoreDoctor(Y, pi)* = 0.083 ∗ 4.5=0.375

*điểmBệnh viện (A, pi)* = 0,5 ∗ 0,125 ∗ 4,2 ∗ 0,5 ∗ 4 = 0,525C

*điểmBệnh viện (B, pi)* = 0,5 ∗ 0,083 ∗ 4,8 ∗ 0,5 ∗ 4,5 = 0,45

# Đánh giá hệ thống khuyến nghị sức khỏe

Phương pháp đánh giá phổ biến nhất được áp dụng trong các phương pháp khuyến nghị nói trên là *đánh giá ngoại tuyến* (Trattner và cộng sự. [2018](#_bookmark123)), ước tính chất lượng dự đoán của phương pháp khuyến nghị bằng cách sử dụng các bộ dữ liệu hiện có. Với phương pháp này, *các chỉ số chính xác* được sử dụng để so sánh các đề xuất được xác định bởi hệ thống đề xuất với một tập hợp ý kiến người dùng trong thế giới thực được xác định trước (còn được gọi là *sự thật cơ bản* (Shani và Gunawardana [2011](#_bookmark111))). Ví dụ, Achananuparp và cộng sự (Achananuparp và Weber [2016](#_bookmark37)) đã xây dựng mức tiêu thụ thực phẩm trong thế giới thực từ các mục nhật ký thực phẩm công cộng của MyFitnessPal[11](#_bookmark30) và có được các đánh giá sự thật của nhóm về các sản phẩm thay thế thực phẩm từ một dịch vụ crowdsourcing. Các tác giả đã sử dụng các chỉ số phân loại *"độ chính xác", "độ chính xác trung bình trung bình"* và *"lợi nhuận tích lũy chiết khấu được chuẩn hóa"* để đo lường độ chính xác của phương pháp. Các phương pháp đánh giá tương tự đã được áp dụng trong (Galeano và Paccanaro [2018](#_bookmark69); Hussein và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark78); Ueta và cộng sự. [2011](#_bookmark124); Yamanishi và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark129); Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark132)), trong đó các chỉ số *"độ chính xác"* và *"khả năng thu hồi"* được sử dụng để đánh giá và so sánh hiệu suất dự đoán của các thuật toán đề xuất. Bên cạnh các chỉ số phân loại, *các chỉ số lỗi* (Trattner et al. [2018](#_bookmark123)) cũng được sử dụng để đo lường lỗi do hệ thống đề xuất gây ra khi dự đoán xếp hạng mặt hàng (Galeano và Paccanaro [2018](#_bookmark69); Hussein và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark78); Narducci và cộng sự. [năm 2015](#_bookmark87); Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark133)). Ví dụ, Narducci và cộng sự (Narducci và cộng sự. [2015](#_bookmark87)) đã thực hiện một đánh giá sơ bộ, trong đó *"Sai số tuyệt đối trung bình"* được tính toán để so sánh cách tiếp cận ngữ nghĩa của họ dựa trên hệ thống phân cấp bệnh với một đường cơ sở khớp chuỗi đơn giản. Một phương pháp đánh giá ngoại tuyến khác là *xác thực chéo* (Dubitzky [2009](#_bookmark59)) cho phép đánh giá hiệu suất của các thuật toán đề xuất (Bresso et al. [năm 2013](#_bookmark43); Elsweiler và cộng sự. [năm 2017](#_bookmark61); Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73); Zhang và cộng sự. [2016](#_bookmark132)). Han và cộng sự (Han và cộng sự. [2018](#_bookmark73)) xác định siêu tham số cho mô hình của họ bằng cách thực hiện xác *nhận chéo theo thời gian*, chia dữ liệu theo thứ tự thời gian thành các tập huấn luyện và thử nghiệm trong nhiều năm. Để xem xét mức độ liên quan của mặt hàng và vị trí của mặt hàng trong danh sách đề xuất, Achananuparp et

11[https://www.myfitnesspal.com](https://www.myfitnesspal.com/)

al. (Achananuparp và Weber [2016](#_bookmark37)) đã tính toán chỉ số "*lợi nhuận tích lũy chiết khấu (DCG)"* dựa trên ý tưởng rằng các mục xuất hiện thấp hơn trong danh sách đề xuất nên được cá nhân hóa bằng cách hạ cấp các giá trị liên quan theo logarit (Trattner và cộng sự. [2018](#_bookmark123)).

So với đánh giá ngoại tuyến, số lượng nghiên cứu ít hơn nhiều sử dụng *đánh giá trực tuyến* để kiểm tra độ chính xác của các thuật toán khuyến nghị trong HRS (Berkovsky và Freyne [2010](#_bookmark42); Donciu và cộng sự. [2011](#_bookmark56); Ueta và cộng sự. [2011](#_bookmark124)). Ý tưởng của đánh giá trực tuyến là sử dụng thử nghiệm A / B hoặc nghiên cứu trong phòng thí nghiệm để đánh giá một thuật toán, giao diện người dùng hoặc toàn bộ hệ thống (Trat- tner et al. [2018](#_bookmark123)). Ví dụ, sử dụng bộ dữ liệu xếp hạng công thức rõ ràng, Berkovsky et al. (Berkovsky và Freyne [2010](#_bookmark42)) đã tiến hành một nghiên cứu người dùng để quan sát sự tương tác của các gia đình với cổng thông tin eHealth thử nghiệm. Nghiên cứu này nhằm mục đích khám phá một chiến lược đề xuất có thể phù hợp nhất để thực hiện chiến lược tổng hợp trong hệ thống đề xuất nhóm. Một cách tiếp cận khác là *"xét nghiệm trực tiếp"*, được sử dụng trong một số nghiên cứu về các khuyến nghị về thuốc (Doulaverakis và cộng sự. [năm 2012](#_bookmark57); Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)). Các xét nghiệm này được thực hiện với các chuyên gia y tế (ví dụ: bác sĩ, bác sĩ lâm sàng, bác sĩ hoặc y tá), nơi họ được yêu cầu phản hồi về tính chính xác của kết quả khuyến nghị. Mahmoud và cộng sự (Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)) đã thực hiện một nghiên cứu trong đó các chuyên gia đánh giá kết quả khuyến nghị của hệ thống đề xuất được phát triển bằng cách sử dụng một số bộ dữ liệu cụ thể. Sau khi thu thập phản hồi của các chuyên gia, độ chính xác đã được tính toán. Giá trị này cho biết tính chính xác hoặc chất lượng của kết quả khuyến nghị. Tỷ *lệ dương tính thực sự* cho thấy chuyên gia đồng ý với kết quả khuyến nghị. Ngược lại, tỷ *lệ dương tính giả* cho thấy chuyên gia không đồng ý với kết quả khuyến nghị (Mahmoud và Elbeh [2016](#_bookmark83)).

Tóm lại, hầu hết các nghiên cứu hiện có được thảo luận trong bài viết này sử dụng các phương pháp đánh giá đã được phát triển trước đây trong các lĩnh vực đề xuất truyền thống và chủ yếu tập trung vào việc đánh giá độ chính xác của các thuật toán đề xuất. Tuy nhiên, chất lượng của HRS nên được đánh giá thêm theo các tính năng khác ngoài độ chính xác, chẳng hạn như *độ tin cậy, khả năng nhân quả, tính mạnh mẽ, quyền riêng tư, đạo đức, sự hài lòng của người dùng, sự không chắc chắn, hiệu quả* và *đánh giá tại chỗ*. Cho đến nay, làm thế nào để sử dụng các phương pháp đánh giá xem xét các quan điểm đánh giá đã đề cập vẫn là một vấn đề mở. Để thảo luận thêm về các quan điểm được đề cập, xem Phần [6.4](#_bookmark33).

# Các vấn đề mở cho công việc trong tương lai

Mặc dù các tài liệu hiện tại đã chỉ ra nhiều lợi ích của HRS để cải thiện tình trạng sức khỏe của họ, nhưng vẫn tồn tại một số lỗ hổng liên quan đến việc phát triển và đánh giá HRS cần được thu hẹp. Sau đây, chúng tôi thảo luận về một số thách thức nghiên cứu mà HRS phải đối mặt và các giải pháp tương ứng để giải quyết chúng.

## Xây dựng hồ sơ người dùng

Trong HRS, bên cạnh *các tùy chọn người dùng* thường được sử dụng trong các hệ thống đề xuất, cần thu thập thêm thông tin người dùng để có được các khuyến nghị phù hợp, đa dạng và chính xác. Trong đó có thông tin nhân khẩu học, tình trạng sức khỏe hiện tại, bệnh tật / dị ứng, phương pháp điều trị / phẫu thuật / chẩn đoán đã trải qua trong quá khứ, hoạt động thể chất, nhu cầu dinh dưỡng, thói quen ăn uống, cảm xúc và kinh nghiệm. Mặc dù tồn tại nhiều nguồn để tích lũy thông tin này, nhưng việc ghi lại thông tin như vậy không thể tránh khỏi lỗi (Mika [2011](#_bookmark85)). Do đó, điều quan trọng là phải yêu cầu một tiêu chuẩn liên quan đến định dạng dữ liệu, tính xác thực của nguồn dữ liệu và khoảng thời gian cập nhật tự động (Scha ̈fer et al. [2017](#_bookmark108)) để đảm bảo chất lượng của thông tin thu được. Bên cạnh đó, các tham số hồ sơ người dùng có thể xung đột với nhau (ví dụ: người dùng

sở thích so với tình trạng sức khỏe). Để đảm bảo các đề xuất tối ưu về mặt *cân bằng giữa* sự hài lòng và sức khỏe của người dùng, các thông số trong hồ sơ người dùng cần được xem xét hoàn toàn và phù hợp. Trong một số trường hợp, các thông số liên quan đến tình trạng sức khỏe nên được ưu tiên hơn các thông số liên quan đến sở thích của người dùng. Ví dụ, một người dùng có nguy cơ mắc bệnh tiểu đường cao không nên được khuyến nghị bất kỳ loại thực phẩm nào có chứa chất béo chuyển hóa, ngay cả khuyến nghị này đi ngược lại sở thích của anh ta.

## Phát hiện bệnh sớm

Nhiều báo cáo cho thấy bệnh nhân mắc các bệnh mãn tính hoặc ung thư thường không được nhận thức rõ về bệnh hoặc các lựa chọn điều trị của họ cho đến khi tình trạng bệnh rơi vào giai đoạn cuối (Scha ̈fer và cộng sự. [2017](#_bookmark108)). Việc phát hiện muộn các bệnh như vậy gây ra khả năng chữa khỏi hoàn toàn bệnh thấp và trong một số trường hợp, điều này có thể đe dọa tính mạng của bệnh nhân (ví dụ: giai đoạn cuối của ung thư). Trong bối cảnh như vậy, bên cạnh việc hỗ trợ bệnh nhân tìm ra các phương pháp điều trị phù hợp (Davis và cộng sự. [2009](#_bookmark53); Nasiri và cộng sự. [2016](#_bookmark88)), HRS nên cung cấp cho người dùng một  *chức năng giáo dục sức khỏe* giúp cải thiện nhận thức của người dùng liên quan đến các bệnh. Stettinger và cộng sự (Stettinger và cộng sự. [2020](#_bookmark116)) đã phát triển một ứng dụng điện tử được gọi là KNOWLEDGECHECKR[12](#_bookmark32), cung cấp nội dung học tập trực quan và đề xuất các đơn vị học tập theo cách cá nhân hóa. Với ứng dụng này, thông tin hữu ích liên quan đến mô tả bệnh và các triệu chứng liên quan có thể được chuyển đến bệnh nhân. Hơn nữa, HRS nên phân tích tình *trạng sức khỏe tiềm ẩn* của bệnh nhân và dự đoán các bệnh sớm mà người dùng có thể gặp phải trong tương lai gần. Ngoài ra, các chẩn đoán và thông tin cần thiết của các chuyên gia chăm sóc sức khỏe tương ứng nên được cung cấp cho bệnh nhân. Đối với các bệnh mãn tính và đe dọa tính mạng, việc phát hiện bệnh sớm như vậy có thể giảm thiểu các biến chứng của bệnh và gánh nặng của quá trình điều trị.

## Khuyến nghị thuyết phục

Một trọng tâm của HRS là theo dõi các hoạt động hàng ngày của người dùng và thúc đẩy họ điều chỉnh thói quen hoặc thói quen của họ một cách tích cực. Tuy nhiên, dường như đó là một thách thức lớn để thay đổi những thói quen đã trở nên ăn sâu trong những năm qua (Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121)). Do đó, các nhà nghiên cứu gần đây đã chú ý đến việc phát triển các hệ thống thuyết phục, trong đó các chiến lược và nguyên tắc thuyết phục khác nhau được phát hiện để khuyến khích người dùng áp dụng và duy trì các hành vi và thái độ có lợi. Ví dụ, Thomas và cộng sự (Thomas và cộng sự. [2017](#_bookmark119)) đã nghiên cứu các phương pháp tiếp cận dựa trên lập luận, trong đó các lập luận thúc đẩy được tạo ra để thay đổi thói quen ăn uống của người dùng một cách lành mạnh. Những nghiên cứu này chỉ ra rằng cần phải đưa ra các lập luận thuyết phục dựa trên các thuộc tính của người dùng như tuổi tác, giới tính hoặc tính cách. Mặc dù những nghiên cứu này cho thấy tác động tích cực đến việc thay đổi hành vi của người dùng, nhưng nó không đảm bảo chấp nhận đầy đủ những thay đổi. Các phương pháp tiếp cận dựa trên lập luận đã được chứng minh là có hiệu quả hoàn toàn đối với bệnh nhân ở giai đoạn cuối của bệnh, trong khi chúng cho thấy hiệu quả thấp hơn đối với bệnh nhân ở giai đoạn đầu của bệnh (Nguyễn và Masthoff [2008](#_bookmark89)). Điều này đặt ra một vấn đề mở về việc phát triển các lập luận mạnh *mẽ, phù hợp* và đủ *thuyết phục* để mang lại những thay đổi thực sự cho những người trong giai đoạn đầu của rủi ro sức khỏe. Bên cạnh đó, trong khi nhiều nỗ lực đã được tiến hành để ước tính khả năng thuyết phục của các lập luận, việc đo lường *tính thuyết phục thực tế* của các lập luận vẫn là một vấn đề mở. Trên thực tế, những gì mọi người nhận thấy là thuyết phục không nhất thiết là những gì sẽ thuyết phục họ hành động. Trong

lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, điều này có thể được hiểu là người dùng có thể không sẵn sàng thay đổi hành vi của họ, mặc dù họ nhận thức được những rủi ro do thói quen không lành mạnh gây ra (Nguyễn và Masthoff [2008](#_bookmark89)). Ví dụ, mặc dù một số người có thể nhận thấy tác hại của việc hút thuốc, nhưng họ chưa sẵn sàng từ bỏ nó. Mặt khác, thay đổi hành vi hoặc thái độ của người dùng là một quá trình lâu dài với nhiều bước. Trong bối cảnh này, câu hỏi đặt ra là *"làm thế nào để tạo ra các lập luận thuyết phục thúc đẩy người dùng nhiều nhất có thể*". Trong lĩnh vực thực phẩm lành mạnh, câu trả lời cho câu hỏi này có thể là phát triển các hệ thống khuyến nghị thực phẩm, trong đó các lý thuyết từ tâm lý sức khỏe được tích hợp để kích thích người dùng tuân thủ các hành vi ăn uống lành mạnh (Scha ̈fer và Willemsen [2019](#_bookmark109)). Một cách tiếp cận là áp dụng một thay đổi đơn giản vào một thời điểm cụ thể cho đến khi hành vi của người dùng trở thành thói quen. Một cách tiếp cận khác là so sánh các chất dinh dưỡng mà người dùng tiêu thụ với các chất dinh dưỡng thu được từ các nguồn đáng tin cậy (ví dụ: USDA, DACH[13](#_bookmark34)) (Snooks [2009](#_bookmark113)).

## Các khía cạnh khác để đánh giá hệ thống khuyến nghị sức khỏe

Thông thường, việc đánh giá các hệ thống đề xuất nhấn mạnh các chỉ số chính xác (Pow- ers [2011](#_bookmark99)) (xem thêm Phần [5](#_bookmark29)). Tuy nhiên, trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, chất lượng của hệ thống đề xuất cần được đo lường dựa trên các khía cạnh ngoài mục tiêu chính xác (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)).

*Niềm tin* là một trong những tiêu chí quan trọng nhất cần được xem xét khi đánh giá hệ thống giới thiệu (O'Donovan và Smyth [2005](#_bookmark94)). Điều này thậm chí còn quan trọng hơn đối với HRS để thuyết phục bệnh nhân tuân theo các khuyến nghị liên quan đến sức khỏe. Khía cạnh này có thể được nâng cao bằng cách cung cấp giải thích cho các khuyến nghị (Tran và cộng sự. [2019](#_bookmark120)). Tương tự như các lĩnh vực khác, các giải thích trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe nên cho thấy cách một đề xuất đã được tạo ra cho người dùng (Elahi và cộng sự. [2014](#_bookmark60)), ví dụ, "Theo các xét nghiệm bạn đã thực hiện tuần trước, chúng tôi đã phát hiện ra rằng nồng độ axit uric trong máu của bạn vẫn còn rất cao. Vì vậy, *ri* dường như là công thức phù hợp nhất với bạn vì nó không có thành phần chứa purin". Bên cạnh đó, các hình ảnh trực quan hiệu quả nên được đưa vào HRS để giải thích thêm các mục được khuyến nghị (Valdez et al. [2016](#_bookmark125)). Ví dụ, trong các hệ thống khuyến nghị thực phẩm, một bảng hiển thị mô tả giá trị dinh dưỡng của các mặt hàng thực phẩm nên được cung cấp cho người dùng để nhấn mạnh tính lành mạnh của một công thức được khuyến nghị (Tran và cộng sự. [2018](#_bookmark121)).

*Causability* giúp người dùng hiểu lý do tại sao các khuyến nghị cụ thể đã được đưa ra. Tiêu chí này hữu ích trong nhiều lĩnh vực và đặc biệt quan trọng trong lĩnh vực y tế để tăng cường niềm tin vào kết quả và cho phép các chuyên gia lĩnh vực truy xuất lại, hiểu và giải thích lý do tại sao một khuyến nghị đặc biệt được đưa ra. Điều này không nhất thiết có nghĩa là mọi thứ phải được giải thích tự động, nhưng một chuyên gia lĩnh vực có cơ hội hiểu nó theo yêu cầu. Để đo lường khả năng hiểu của các khuyến nghị, khái niệm về khả năng gây ra có thể hữu ích. Tương tự như cách mà khả năng sử dụng bao gồm các phép đo về chất lượng sử dụng, khả năng gây ra bao gồm các phép đo về chất lượng của các giải thích (Holzinger và cộng sự. [2019](#_bookmark75)).

*Tính mạnh mẽ* có liên quan đến độ *tin cậy* của hệ thống giới thiệu. Trong HRS, đôi khi, người dùng cuối không thể phân biệt được với những kẻ tấn công tiềm năng, điều này gây ra sự suy giảm niềm tin vào tính khách quan và độ chính xác của hệ thống (Valdez et al. [2016](#_bookmark125)). Để đảm bảo HRS an toàn cho người dùng, các nghiên cứu trong tương lai nên mô hình hóa các cuộc tấn công tiềm ẩn và điều tra tác động của các cuộc tấn công đó đối với các thuật toán đề xuất (Mobasher et al. [2007](#_bookmark86)).

13[http://www.sge-ssn.ch](http://www.sge-ssn.ch/).

*Quyền riêng tư* được gọi là khả năng của HRS trong việc lưu giữ sở thích của bệnh nhân và thông tin y tế. Việc rò rỉ thông tin như vậy làm dấy lên nghi ngờ của bệnh nhân và do đó làm giảm sự sẵn sàng chia sẻ dữ liệu y tế nhạy cảm của họ với HRS (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)). Cách tiếp cận phổ biến nhất để giải quyết mối quan tâm về quyền riêng tư là *mã hóa dữ liệu* cung cấp tính bảo mật dữ liệu trong khi sử dụng dữ liệu người dùng để tạo ra các khuyến nghị chính xác (Hoens et al. [2010](#_bookmark74)). Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi tính toán chi phí cao và giao tiếp, điều này làm giảm đáng kể hiệu suất của HRS (Verhaert và cộng sự. [2018](#_bookmark127)). Mặc dù có một số nghiên cứu để cải thiện phương pháp mã hóa dữ liệu, nhưng một số nghiên cứu vẫn phải đối mặt với vấn đề liên quan đến hiệu quả thấp của hệ thống (Hoens et al. [2010](#_bookmark74); Verhaert và cộng sự. [2018](#_bookmark127)). Cho đến nay, việc phát triển HRS đảm bảo sự đánh đổi giữa quyền riêng tư và hiệu suất cao của các thuật toán đề xuất vẫn là một vấn đề mở.

*Đạo đức* đã được nâng cao trong các hệ thống giới thiệu để giúp người dùng chọn các vật dụng phù hợp với đạo đức trong quá trình sau đề xuất (Tang và Winoto [2016](#_bookmark117)). Trong HRS, đạo đức nên được xem xét nghiêm ngặt hơn để ngăn chặn các khuyến nghị từ các hướng dẫn có thể gây hại cho sức khỏe của bệnh nhân (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)). Nguyên tắc *"trước không gây hại"*  cần được ghi nhớ khi phát triển HRS để giảm thiểu rủi ro tiềm ẩn và tối đa hóa lợi ích cho người sử dụng. Sức khỏe của bệnh nhân là tiêu chí quan trọng nhất khi đưa ra các khuyến nghị, thậm chí điều này có thể đi ngược lại sở thích của bệnh nhân (Tang và Winoto [2016](#_bookmark117)). *Sự hài lòng của người dùng* với các đề xuất có thể khác nhau tùy thuộc vào sự đa dạng của người dùng.

Một số nghiên cứu đã được thực hiện gần đây để có cái nhìn sâu sắc về mô hình hóa sự hài lòng của người dùng với mục đích dự đoán các mô hình hài lòng (Chen và cộng sự. [năm 2019](#_bookmark49); Nguyễn và cộng sự. [2017](#_bookmark90)). Trong HRS, sẽ có ý nghĩa khi điều tra mối quan hệ giữa các khuyến nghị liên quan đến sức khỏe và sự hài lòng của người dùng từ các nhóm người dùng khác nhau, ví dụ: bệnh nhân, bác sĩ, y tá, bác sĩ và nhà nghiên cứu y tế (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)). Sự khác biệt về kinh nghiệm, kiến thức tổng quan và nhiệm vụ đề xuất của những người dùng này có thể ảnh hưởng đến sự hài lòng của họ với các mục được đề xuất.

*Sự không chắc chắn* trong HRS liên quan đến các rủi ro tiềm ẩn, chẳng hạn như dự đoán không chính xác kể từ khi người dùng

Sở thích không phải lúc nào cũng được nắm bắt tốt, hoặc không có khả năng tìm thấy một mẫu hoàn hảo vì dữ liệu không đầy đủ. Những rủi ro có thể dẫn đến giảm chất lượng cuộc sống của bệnh nhân. Do đó, khi phát triển HRS, các nhà thiết kế hệ thống nên tìm cách hình dung sự không chắc chắn trong một tập hợp các khuyến nghị, cho phép người dùng đánh giá tùy chọn đầy đủ trước khi đưa ra quyết định cuối cùng (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)).

*Hiệu quả* được gọi là khả năng của HRS để giúp bệnh nhân đáp ứng những thay đổi mong muốn về sức khỏe. Để đo lường khía cạnh này, chúng ta cần xem xét những thông số sức khỏe nào cần được đánh giá hoặc những xét nghiệm y tế nào được sử dụng để đảm bảo hiệu quả y tế. Ví dụ, trong HRS hỗ trợ các mục tiêu giảm cân của người dùng, hiệu quả nên được đánh giá dựa trên cả khuyến nghị ngắn hạn và dài hạn. Lý do là, trong một số trường hợp, các khuyến nghị ngắn hạn có thể tạo gánh nặng hoặc xung đột với các khuyến nghị dài hạn. Ví dụ, chế độ ăn kiêng khẩn cấp có thể giúp bệnh nhân giảm cân nhanh chóng vì nó cắt giảm calo quá thấp và tạo ra những thay đổi mạnh mẽ liên quan đến các loại thực phẩm cần tiêu thụ. Tuy nhiên, điều này làm giảm sự trao đổi chất của cơ thể bệnh nhân và do đó gây gánh nặng cho việc giảm cân lâu dài (Valdez và cộng sự. [2016](#_bookmark125)).

*Đánh giá tại chỗ* cho biết các môi trường ngoài phòng thí nghiệm thực tế phải được đánh giá để chứng minh tính xứng đáng của HRS. Mô hình đánh giá này có thể đánh giá chính xác khả năng của HRS trong việc cải thiện chất lượng chăm sóc (liên quan đến *độ chính xác, mức độ liên quan* và *chẩn đoán sớm*) và giảm chi phí chăm sóc. Bên cạnh đó, nó phải có khả năng đánh giá tính mạnh mẽ của thông tin sai lệch và khả năng xem xét các rủi ro sức khỏe tiềm ẩn dựa trên các khía cạnh khác nhau (ví dụ: tuổi tác, văn hóa, dân tộc, v.v.). Hơn nữa, hành vi lâu dài

các tác động cũng phải được điều tra đánh giá tại chỗ để giải quyết sự phức tạp của sức khỏe và hành vi sức khỏe (Scha ̈fer et al. [2017](#_bookmark108)).

## Đề xuất gói

Trong lĩnh vực thực phẩm lành mạnh, người dùng có thể yêu cầu đề xuất về một bữa ăn hoàn chỉnh với sự kết hợp của nhiều công thức nấu ăn hoặc lịch trình ăn uống trong hơn một ngày (ví dụ: thực phẩm cho tuần tới). Vấn đề này được gọi là *khuyến nghị gói*, là một nhánh nghiên cứu mới của hệ thống đề xuất. Ý tưởng ở đây là đề xuất một chuỗi các mục thay vì các mục riêng biệt. Việc đề xuất một bữa ăn hoàn chỉnh khá phức tạp vì hệ thống không chỉ phải xem xét sở thích của người dùng mà còn các khía cạnh khác, chẳng hạn như *sự đa dạng của bữa ăn, thời tiết và mùa*, *sức khỏe của công thức nấu ăn, vấn đề sức khỏe* hoặc *nhu cầu dinh dưỡng*. Do đó, các phương pháp tiếp cận để tạo ra các khuyến nghị theo gói trong lĩnh vực thực phẩm lành mạnh vẫn là một vấn đề mở.

## Ra quyết định nhóm

Đối với một số tình huống (ví dụ: khuyến nghị chế độ ăn uống), các mục được đề xuất có thể liên quan đến các nhóm người dùng chứ không phải người dùng cá nhân (ví dụ: đề xuất thực đơn cho bữa tiệc Giáng sinh). Các tài liệu hiện tại cho thấy một số nghiên cứu hạn chế về hệ thống giới thiệu thực phẩm cho các nhóm. Do đó, nó vẫn là một chủ đề mở cần được phân tích trong nghiên cứu trong tương lai. Hệ thống giới thiệu nhóm thường đính kèm các yêu cầu / sở thích của những người dùng khác nhau vào đề xuất nhóm. Đây là ý tưởng quan trọng được thảo luận trong nhiều nghiên cứu liên quan (Berkovsky và Freyne [2010](#_bookmark42); Felfernig và cộng sự. [2018](#_bookmark63); O'Connor và cộng sự. [2001](#_bookmark93)). Đề xuất một bữa ăn chung cho một nhóm người dùng là một nhiệm vụ phức tạp vì cần tính đến các mục tiêu khác nhau và hạn chế chế độ ăn uống của các thành viên trong nhóm. Mặc dù chúng tôi có một giải pháp để hợp nhất các ràng buộc (Atas et al. [2019](#_bookmark39)), một giải pháp cho việc hợp nhất các mục tiêu vẫn còn là một vấn đề mở. Bên cạnh đó, các khuyến nghị được đưa ra cho các nhóm phải đảm bảo sự công bằng giữa các thành viên nhóm, có nghĩa là các cơ chế đàm phán và lập luận phải được phát triển để hỗ trợ các thành viên trong nhóm thể hiện sự đánh đổi có thể chấp nhận được (Felfernig và cộng sự. [2014](#_bookmark66)). Ví dụ: trong kế hoạch bữa ăn trong một tuần, sở thích của người dùng bị bỏ qua trong các bữa ăn trước sẽ có ảnh hưởng mạnh mẽ hơn đến các bữa ăn sắp tới. Mặt khác, mặc dù các phương pháp tổng hợp khác nhau đã được áp dụng để tạo ra các khuyến nghị nhóm, nhưng chúng không đảm bảo rằng các mục được đề xuất phản ánh mức độ đồng thuận cao giữa các thành viên nhóm (Cas- tro et al. [2015](#_bookmark46)). Trong bối cảnh này, cần có một quá trình đồng thuận để đưa các sở thích cá nhân đến gần nhau hơn trước khi đưa ra các khuyến nghị nhóm. Các vấn đề khác cần được xem xét để đẩy nhanh quá trình như vậy. Một giải pháp đầy hứa hẹn là làm phong phú thêm giao diện người dùng cho phép các thành viên trong nhóm chia sẻ sở thích của họ (Nguyễn và Ricci [2017](#_bookmark91)). Bên cạnh đó, các khía cạnh tâm lý (ví dụ: tính cách và cảm xúc) ngoài sở thích của các thành viên trong nhóm cũng rất quan trọng cần được tính đến trong việc ra quyết định của nhóm. Điều này rút ra một chủ đề mở liên quan đến ảnh hưởng của tính cách và cảm xúc của các thành viên trong nhóm đối với các chiến lược giới thiệu nhóm (Quijano-Sanchez và cộng sự. [2013](#_bookmark100)).

# Kết thúc

Các hệ thống khuyến nghị sức khỏe đã nổi lên như một công cụ để hỗ trợ bệnh nhân và chuyên gia chăm sóc sức khỏe đưa ra quyết định tốt hơn liên quan đến sức khỏe. Trong bài viết này, chúng tôi đã đưa ra thông tin chi tiết về các tình huống khuyến nghị được cung cấp bởi các hệ thống này, chẳng hạn như khuyến nghị thực phẩm, thuốc

khuyến nghị, dự đoán tình trạng sức khỏe, khuyến nghị hoạt động thể chất và khuyến nghị chuyên gia chăm sóc sức khỏe. Đối với mỗi kịch bản khuyến nghị, các thuật toán khác nhau đã được sử dụng, dựa trên các kỹ thuật khuyến nghị (ví dụ: CF, CB, KB, HyR và các khuyến nghị dựa trên ngữ cảnh) hoặc các kỹ thuật học máy (ví dụ: phân loại, phân cụm, cây quyết định, xử lý ngôn ngữ tự nhiên, lập trình logic, bản thể và công nghệ ngữ nghĩa). Mặc dù HRS được đề xuất mang lại nhiều lợi ích về cải tiến liên quan đến sức khỏe, nhưng vẫn tồn tại một số thách thức cần được giải quyết để phát triển tốt hơn các hệ thống này trong tương lai.

**Tài trợ Truy** cập Mở tài trợ do Đại học Công nghệ Graz cung cấp.

**Truy cập Mở** Bài viết này được cấp phép theo Giấy phép Quốc tế Creative Commons Attribution 4.0, cho phép sử dụng, chia sẻ, chuyển thể, phân phối và sao chép dưới bất kỳ phương tiện hoặc định dạng nào, miễn là bạn ghi nhận thích hợp cho (các) tác giả gốc và nguồn, cung cấp liên kết đến giấy phép Creative Commons và cho biết nếu có thay đổi được thực hiện. Hình ảnh hoặc tài liệu của bên thứ ba khác trong bài viết này được bao gồm trong giấy phép Creative Commons của bài viết, trừ khi có quy định khác trong dòng tín dụng của tài liệu. Nếu tài liệu không được bao gồm trong giấy phép Creative Commons của bài viết và mục đích sử dụng của bạn không được quy định luật định cho phép hoặc vượt quá mức sử dụng được phép, bạn sẽ cần phải có sự cho phép trực tiếp từ chủ sở hữu bản quyền. Để xem bản sao của giấy phép này, hãy truy cập http://creativecommonshorg/licenses/by/4.0/.

# Tham khảo

Aberg, J. (2006). Đối phó với suy dinh dưỡng: một hệ thống lập kế hoạch bữa ăn cho người cao tuổi. Trong *hội nghị chuyên đề AAAI Spring: lập luận cho người tiêu dùng chăm sóc sức khỏe, (trang 1–7). AAAI*.

Achananuparp, P., & Weber, I. (2016). Chiết xuất các chất thay thế thực phẩm từ nhật ký thực phẩm thông qua sự tương đồng phân phối. Trong *Kỷ yếu của. Hội nghị ACM lần thứ 10 về Hệ thống Đề xuất, (trang 1–5).*

Ali, SI, Amin, MB, Kim, S., Lee, S. (2018). Một khuôn khổ kết hợp cho một hệ thống khuyến nghị chế độ ăn uống và hoạt động thể chất toàn diện. Trong Mokhtari, M., Abdulrazak, B., Aloulou, H. (Eds.) *Nhà thông minh và viễn thông y tế, thiết kế một tương lai tốt đẹp hơn: cuộc sống hỗ trợ đô thị (ICOST 2018), (trang 101–109). Nhà xuất bản Quốc tế Springer, Cham*.

Atas, M., Trần, TNT, Felfernig, A., Polat-Erdeniz, S., Samer, R., Stettinger, M. (2019). Hướng tới sự tương đồng-

nhận thức đề xuất dựa trên ràng buộc. Trong *Những tiến bộ và xu hướng trong trí tuệ nhân tạo, ghi chú bài giảng về khoa học máy tính, (trang 287–299). Springer*.

Bankhele, S., Mhaske, A., Bhat, S. (2017). V., s.: một hệ thống khuyến nghị chăm sóc sức khỏe bệnh tiểu đường. *Tạp chí Quốc tế về Ứng dụng Máy tính*, *167*, 14–18.

Bao, Y., & Jiang, X. (2016). Một khung hệ thống giới thiệu thuốc thông minh. Năm *2016, hội nghị IEEE lần thứ 11 về điện tử và ứng dụng công nghiệp (ICIEA), (trang 1383–1388).*

Berkovsky, S., & Freyne, J. (2010). Đề xuất công thức dựa trên nhóm: Phân tích tổng hợp dữ liệu

Chiến lược. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị ACM lần thứ tư về Hệ thống khuyến nghị, RecSys '10, (trang 111–118). ACM, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Bresso, E., Grisoni, R., Marchetti, G., Karaboga, A., Souchet, M., Devignes, MD, Smail, M. (2013). Phương pháp học máy quan hệ tích hợp để hiểu hồ sơ tác dụng phụ của thuốc. *Tin sinh học BMC*, *14*, 207.

Burke, R. (2000). Hệ thống đề xuất dựa trên kiến thức. Trong *Bách khoa toàn thư về hệ thống thư viện và thông tin, tập 69, (trang 180–200). Marcel dekker*.

Cami, A., Arnold, A., Manzi, S., Reis, B. (2011). Dự đoán các tác dụng phụ của thuốc bằng cách sử dụng các mô hình mạng lưới dược lý. *Y học tịnh tiến khoa học*, *3*, 114–127.

Castro, J., Quesada, FJ, Palomares, I., Mart'ınez-Lo'pez, L. (2015). Một hệ thống đề xuất nhóm dựa trên sự đồng thuận. *Tạp chí Quốc tế về Hệ thống Thông minh*, *30*(8), 887–906.

Charkhat Gorgich, EA, Barfroshan, S., Ghoreishi, G., Yaghoobi, M. (2015). Điều tra nguyên nhân của lỗi dùng thuốc và các chiến lược để ngăn ngừa chúng từ quan điểm của y tá và sinh viên điều dưỡng. *Tạp chí Khoa học Sức khỏe Toàn cầu*, *8*, 220.

Chen, L., & Pu, P. (2012). Những người đề xuất dựa trên phê bình: khảo sát và các xu hướng mới nổi. *Mô hình hóa người dùng và tương tác thích ứng với người dùng*, *22*(1-2), 125–150.

Chen, L., Yang, Y., Wang, N., Yang, K., Yuan, Q. (2019). Làm thế nào tình cờ cải thiện sự hài lòng của người dùng với các đề xuất? đánh giá người dùng quy mô lớn. Trong *Hội nghị web toàn cầu, WWW'19, (trang 240– 250). Hiệp hội Máy tính, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Chen, RC, Chiu, JY, Bau, CT (2011). Khuyến nghị về các loại thuốc dựa trên nhiều tiêu chí quyết định và bản thể học miền - một ví dụ về thuốc chống tiểu đường. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị Quốc tế về Học máy và Điều khiển học, tập 1, (trang 27–32).*

Chen, RC, Huang, YH, Bau, CT, Chen, SM (2012). Một hệ thống khuyến nghị dựa trên bản thể miền và SWRL để lựa chọn thuốc chống tiểu đường. *Hệ thống chuyên gia với các ứng dụng*, *39*(4), 3995–4006.

Colberg, S., Sigal, R., Yardley, J., Riddell, M., Dunstan, D., Dempsey, P., Horton, E., Castorino, K., Tate, D. (2016). Hoạt động thể chất / tập thể dục và bệnh tiểu đường: một tuyên bố quan điểm của hiệp hội bệnh tiểu đường Hoa Kỳ. *Chăm sóc bệnh tiểu đường*, *39*, 2065–2079.

Davis, DA, Chawla, NV, Christakis, NA, Baraba'si, AL (2009). Thời gian chăm sóc: một công cụ hợp tác để dự đoán bệnh thực tế. *Khai thác dữ liệu và khám phá kiến thức*, *20*, 388–415.

Deshpande, T., & Butte, A. (2011). Khai thác mối quan hệ thuốc-bệnh để định vị lại thuốc tính toán. *Tóm tắt về tin sinh học*, *12*, 303–11.

Dharia, S., Jain, V., Patel, J., Vora, J., Chawla, S., Eirinaki, M. (2016). Pro-fit: một khuôn khổ trợ lý thể dục được cá nhân hóa. Trong *SEKE*.

Donciu, M., Ionita, M., Dascalu, M. (2011). Trausan-matu, S.: Hệ thống vận động viên - giới thiệu tập luyện và dinh dưỡng cho người chạy. *2011 Hội nghị chuyên đề quốc tế lần thứ 13 về các thuật toán ký hiệu và số cho máy tính khoa học (SYNASC),* (trang 230–238).

Doulaverakis, C., Nikolaidis, G., Kleontas, A., Kompatsiaris, I. (2012). Galenowl: Khám phá khuyến nghị thuốc dựa trên bản thể. *Tạp chí ngữ nghĩa y sinh*, *3*, 14.

Doulaverakis, C., Nikolaidis, G., Kleontas, A., Kompatsiaris, I. (2014). Panacea, một khuôn khổ khám phá khuyến nghị thuốc hỗ trợ ngữ nghĩa. *Tạp chí ngữ nghĩa y sinh*, *5*, 13.

Dubitzky, W. (2009). *Các nguyên tắc cơ bản về khai thác dữ liệu trong bộ gen và proteomics*. Berlin: Springer.

Elahi, M., Ge, M., Ricci, F., Massimo, D., Berkovsky, S. (2014). Đề xuất thực phẩm tương tác cho các nhóm.

Trong *RECSYS, tập 1247*.

Elsweiler, D., Trattner, C., Harvey, M. (2017). Khai thác các thành kiến lựa chọn thực phẩm để khuyến nghị công thức lành mạnh hơn. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị lần thứ 40 về Nghiên cứu và Phát triển trong Truy xuất Thông tin, SIGIR '17, (trang 575–584). Hiệp hội Máy tính, NY, Hoa Kỳ*.

Faiz, I., Mukhtar, H., Khan, S. (2014). Một cách tiếp cận tích hợp về chế độ ăn uống và khuyến nghị tập thể dục cho bệnh nhân tiểu đường. Trong *Hội nghị Quốc tế lần thứ 16 của IEEE về Mạng e-Health, Ứng dụng và Dịch vụ (Healthcom), trang 537–542*.

Felfernig, A., Atas, M., Helic, D., Tran, TNT, Stettinger, M., Samer, R. (2018). *Hệ thống đề xuất nhóm: Giới thiệu, chap. Thuật toán cho đề xuất nhóm*, (trang 27–58). Berlin: Springer.

Felfernig, A., & Burke, R. (2008). Hệ thống đề xuất dựa trên ràng buộc: Công nghệ và các vấn đề nghiên cứu. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị Quốc tế lần thứ 10 về Thương mại Điện tử, ICEC'08, (trang 3:1–3:10). ACM, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Felfernig, A., & Gula, B. (2006). Một nghiên cứu thực nghiệm về hành vi của người tiêu dùng trong tương tác với các ứng dụng đề xuất dựa trên kiến thức. Trong *Hội nghị quốc tế IEEE lần thứ 8 về công nghệ thương mại điện tử và hội nghị quốc tế IEEE lần thứ 3 về máy tính doanh nghiệp, thương mại điện tử và dịch vụ điện tử (CEC / EEE'06), (trang 37–37).*

Felfernig, A., Stettinger, M., Ninaus, G., Jeran, M., Reiterer, S., Falkner, AA, Leitner, G., Tiihonen, J. (2014). Hướng tới cấu hình mở. Trong *Kỷ yếu của Hội thảo Cấu hình Quốc tế lần thứ 16, Novi Sad, Serbia, ngày 25-26 tháng 9 năm 2014., (trang 89–94).*

Fliri, A., Loging, W., Thadeio, P. (2006). Phân tích các mô hình tác dụng do thuốc gây ra để liên kết cấu trúc và tác dụng phụ của thuốc. *Sinh học hóa học tự nhiên*, *1*, 389–97.

Fukuzaki, M., Seki, M., Kashima, H., Sese, J. (2009). Dự đoán tác dụng phụ bằng cách sử dụng các con đường hợp tác. Trong

*Hội nghị quốc tế IEEE về tin sinh học và y sinh, (trang 142–147).*

Galeano, D., & Paccanaro, A. (2018). Phương pháp tiếp cận hệ thống khuyến nghị để dự đoán tác dụng phụ của thuốc. Trong

*IJCNN 2018: Hội nghị chung quốc tế về mạng nơ-ron, (trang 1–7). IEEE xplore*.

Ge, M., Ricci, F., Massimo, D. (2015). Hệ thống khuyến nghị thực phẩm nhận thức về sức khỏe. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị ACM lần thứ 9 về Hệ thống Đề xuất, RecSys '15, (trang 333–334). Hiệp hội Máy tính, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Gujar, D., Biyani, R., Bramhane, T., Bhosale, S., Vaidya, TP (2018). Dự đoán bệnh và hệ thống chẩn đoán bác sĩ. *Tạp chí Nghiên cứu Quốc tế về Kỹ thuật và Công nghệ (IRJET)*, *5*, 3207–3209.

Gurwitz, J., Field, T., Harrold, L., Rothschild, J., DeBellis, K., Seger, A., Cadoret, C., Fish, L., Garber, L., Kelleher, M., Bates, D. (2003). Tỷ lệ mắc và khả năng phòng ngừa các tác dụng phụ của thuốc ở người cao tuổi trong môi trường cấp cứu. *JAMA: Tạp chí của Hiệp hội Y khoa Hoa Kỳ*, *289*, 1107–16.

Han, Q., Ji, M., Mart'ınez de Rituerto de Troya, I., Gaur, M., Zejnilovic, L. (2018). Một hệ thống giới thiệu kết hợp để mai mối bệnh nhân và bác sĩ trong chăm sóc ban đầu. Trong *hội nghị quốc tế IEEE lần thứ 5 về khoa học dữ liệu và phân tích nâng cao (DSAA), (trang 1–10).*

Hoens, TR, Blanton, M., Chawla, NV (2010). Hệ thống khuyến nghị y tế đáng tin cậy với quyền riêng tư của bệnh nhân. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị chuyên đề Tin học Y tế Quốc tế ACM lần thứ 1, IHI '10, (trang 173– 182). Hiệp hội Máy tính, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Holzinger, A., Carrington, A., Mu ̇ller, H. (2019). Đo lường chất lượng của các giải thích: Thang đo khả năng nhân quả của hệ thống (scs) - so sánh các giải thích của con người và máy móc. *KI - Ku ̈nstliche Intelligenz (Tạp chí Trí tuệ nhân tạo Đức) Số đặc biệt về Học máy tương tác 24*(2).

Holzinger, A., Valdez, AC, Ziefle, M. (2016). Hướng tới các hệ thống giới thiệu tương tác với bác sĩ trong vòng lặp. Trong Weyers, B., & Dittmar, A. (Eds.) *Mensch und computer 2016 – workshopband. Gesellschaft fu ̈r Informatik e.V., Aachen*.

Huang, LC, Wu, X., Chen, J. (2011). Dự đoán tác dụng phụ bất lợi của thuốc. *Bộ gen BMC 12 Suppl*, *5*, S11.

Hussein, AS, Omar, WM, Li, X., Ati, M. (2012). Hệ thống khuyến nghị chính xác và đáng tin cậy để chẩn đoán bệnh mãn tính. Trong *Hội nghị quốc tế đầu tiên về những thách thức về sức khỏe toàn cầu - sức khỏe toàn cầu 2012, (trang 113–118).*

Jannach, D. (2011). Hệ thống giới thiệu: giới thiệu Nhà xuất bản Đại học Cambridge.

Kaur, H., & Raghava, G.P.S. (2003). Một phương pháp dựa trên mạng lưới thần kinh để dự đoán các bước ngoặt gamma trong protein từ sự liên kết nhiều trình tự. *Hiệp hội Protein*, *12*, 923–929.

Lafta, R., Zhang, J., Tao, X., Li, Y., Tseng, VS (2015). Một hệ thống khuyến nghị thông minh dựa trên dự đoán nguy cơ ngắn hạn cho bệnh nhân mắc bệnh tim. Trong hội *nghị quốc tế IEEE/WIC/ACM năm 2015 về trí tuệ web và công nghệ tác nhân thông minh (WI-IAT), tập 3, (trang 102–105).*

Lops, P., Gemmis, MD, Semeraro, G. (2011). *Hệ thống đề xuất dựa trên nội dung: Trạng thái nghệ thuật và xu hướng*, (trang 73–105). Boston: Springer.

Mahmoud, N., & Elbeh, H. (2016). IRS-T2D: Hệ thống khuyến nghị cá nhân hóa cho điều trị bệnh tiểu đường loại 2 dựa trên bản thể học và SWRL. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị Quốc tế lần thứ 10 về Tin học và Hệ thống, INFOS '16, (trang 203–209). Hiệp hội Máy tính, NY, Hoa Kỳ*.

Medvedeva, O., Knox, T., Paul, J. (2007). Diatrack: ứng dụng dựa trên web để hỗ trợ ra quyết định trong điều trị bệnh tiểu đường. *Tạp chí Khoa học Máy tính trong các trường cao đẳng*, *23*, 154–161.

Mika, S. (2011). Những thách thức đối với hệ thống khuyến nghị dinh dưỡng. Trong *Kỷ yếu Hội thảo về Hỗ trợ Thông minh Nhận thức Bối cảnh, (trang 25–33). CEUR-WS.org*.

Mobasher, B., Burke, R., Bhaumik, R., Williams, C. (2007). Hướng tới các hệ thống đề xuất đáng tin cậy: Phân tích các mô hình tấn công và độ bền của thuật toán. *Giao dịch ACM về Công nghệ Internet*, *7*(4), 23–es.

Narducci, F., Musto, C., Polignano, M., de Gemmis, M., Lops, P., Semeraro, G. (2015). Một hệ thống giới thiệu để kết nối bệnh nhân với các bác sĩ phù hợp trong mạng xã hội healthnet. Trong *WWW'2015 Companion, (trang 81–82).*

Nasiri, M., Minaei, B., Kiani, A. (2016). Khuyến nghị động: Dự đoán và phòng ngừa bệnh bằng hệ thống khuyến cáo. Tạp chí Quốc tế về Khoa học Cơ bản trong Y học, (trang 13–17).

Nguyễn, H., & Masthoff, J. (2008). Thiết kế hệ thống đối thoại thuyết phục: Sử dụng lập luận một cách cẩn thận. Trong H *. Oinas-kukkonen, p.f.v. hasle, M. Harjumaa, K. Segersta°hl, P. Øhrstrøm (biên tập) Công nghệ thuyết phục, Hội nghị Quốc tế lần thứ ba, PERSUASIVE 2008, Oulu, Phần Lan, ngày 4-6 tháng 6 năm 2008. Kỷ yếu, Ghi chú Bài giảng về Khoa học Máy tính, tập 5033, (trang 201–212). Springer*.

Nguyễn, T., Harper, F., Terveen, L., Konstan, J. (2017). Tính cách người dùng và sự hài lòng của người dùng với hệ thống giới thiệu. *Biên giới hệ thống thông tin*, *20*, 1–17.

Nguyễn, T.N., & Ricci, F. (2017). Một hệ thống giới thiệu nhóm dựa trên trò chuyện cho du lịch. *Công nghệ thông tin & Du lịch*, *18*(2), 5–28.

Noh, HJ, Kwak, MJ, Han, IG (2003). Xử lý vấn đề dữ liệu không đầy đủ trong hệ thống lọc cộng tác.

*Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh*, *9*, 51–63.

O'Connor, M., Cosley, D., Konstan, JA, Riedl, J. (2001). Polylens: một hệ thống đề xuất cho các nhóm người dùng. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị lần thứ bảy về Hội nghị Châu Âu về Công việc Hợp tác Hỗ trợ Máy tính, ECSCW'01, (trang 199–218). Nhà xuất bản Học thuật Kluwer, Norwell, Hoa Kỳ*.

O'Donovan, J., & Smyth, B. (2005). Tin tưởng vào hệ thống giới thiệu. Trong Hội *nghị Quốc tế về Giao diện Người dùng Thông minh, Kỷ yếu IUI, (trang 167–174).*

Orgun, B., & Vũ, J. (2006). Bản thể Hl7 và các tác nhân di động cho khả năng tương tác trong các hệ thống thông tin y tế không đồng nhất. *Máy tính trong Sinh học và Y học*, *36*(7), 817–836. Số đặc biệt về bản thể y tế.

O ̈ zcift, A. (2011). Bộ phân loại tổng hợp rừng ngẫu nhiên được đào tạo với chiến lược lấy mẫu lại dữ liệu để cải thiện chẩn đoán rối loạn nhịp tim. *Máy tính trong sinh học và y học*, *41*, 265–71.

Công viên, J., Tyan, H., Kuo, CCJ (2006). Phân loại lưu lượng truy cập Internet để cung cấp qos có thể mở rộng. Trong hội *nghị quốc tế IEEE năm 2006 về đa phương tiện và triển lãm, (trang 1221–1224).*

Pincay, J., Tera'n, L., Portmann, E. (2019). Hệ thống khuyến nghị sức khỏe: một đánh giá hiện đại. Năm *2019 Hội nghị quốc tế lần thứ sáu về chính phủ điện tử dân chủ điện tử (ICEDEG), (trang 47–55).*

Quyền lực, DMW (2011). Đánh giá: từ độ chính xác, khả năng nhớ lại và đo lường f đến roc., thông tin, đánh dấu và tương quan. *Tạp chí Công nghệ Học máy*, *2*(1), 37–63.

Quijano-Sanchez, L., Recio-Garcia, JA, Diaz-Agudo, B., Jimenez-Diaz, G. (2013). Các yếu tố xã hội trong hệ thống giới thiệu nhóm. *Giao dịch ACM về Hệ thống và Công nghệ Thông minh*, *4*(1), 8:1–8:30.

Rehman, F., Khalid, O., Haq, N., Khan, AUR, Bilal, K., Madani, S. (2017). Chế độ ăn kiêng phù hợp: một hệ thống đề xuất thực phẩm thông minh. *KSII về Internet và Hệ thống Thông tin*, *11*, 2910–2925.

Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., Kantor, PB (2010). *Sổ tay hệ thống đề xuất*, ấn bản 1. Berlin: Springer.

Robertson, A., Tirado, M., Lobstein, T., Jermini, M., Knai, C., Jensen, J., Ferro-Luzzi, A., James, W. (2004). Thực phẩm và sức khỏe ở châu Âu: cơ sở mới cho hành động. Các ấn phẩm khu vực của WHO. Chuỗi châu Âu (trang i–xvi), 1.

Rodr'ıguez, A., Jime'nez, E., Ferna'ndez, J., Eccius, M., Miguel Go'mez, J., Alor-Herna'ndez, G., Posada- Go'mez, R., Laufer, C. (2009). Semmed: Áp dụng web ngữ nghĩa vào các hệ thống khuyến nghị y tế. *2009 Hội nghị Quốc tế đầu tiên về Ứng dụng và Dịch vụ Chuyên sâu*, (trang 47–52).

Rokicki, M., Herder, E., Demidova, E. (2015). Vol Có gì trên đĩa của tôi: Hướng tới việc đề xuất các biến thể công thức cho bệnh nhân tiểu đường. Trong Cristea, AI, Masthoff, J., Said, A., Tintarev, N. (Eds.) *Hội thảo UMAP, Kỷ yếu Hội thảo CEUR, tập 1388. CEUR-WS.org*.

Sahoo, AK, Pradhan, C., Barik, RK, Dubey, H. (2019). Deepreco: Hệ thống khuyến nghị sức khỏe dựa trên học sâu sử dụng bộ lọc cộng tác. *Tính toán*, *7*, 25.

Sa'nchez-Bocanegra, CL, Sa'nchez-Laguna, F., Sevillano, JL (2015). Giới thiệu về hệ thống khuyến nghị sức khỏe. *Phương pháp trong sinh học phân tử (Clifton, NJ)*, *1246*, 131–46.

Scha ̈fer, H., Hors-Fraile, S., Karumur, RP, Calero Valdez, A., Said, A., Torkamaan, H., Ulmer, T., Trattner,

C. (2017). Hướng tới hệ thống khuyến nghị sức khỏe (nhận thức). Trong *Kỷ yếu của Hội nghị Quốc tế về Sức khỏe Kỹ thuật số năm 2017, DH '17, (trang 157–161). ACM, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Scha ̈fer, H., & Willemsen, M. (2019). Các mục tiêu phù hợp dựa trên Rasch cho hệ thống hỗ trợ dinh dưỡng. Trong *Quy trình của Hội nghị Quốc tế lần thứ 24 về Giao diện Người dùng Thông minh, IUI '19, (trang 18–29). Hiệp hội Máy tính, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Sezgin, E., & O ̈ zkan, S. (2013). Đánh giá tài liệu có hệ thống về hệ thống khuyến nghị sức khỏe. Trong *hội nghị E-health và kỹ thuật sinh học năm 2013, EHB 2013, (trang 1–4).*

Shani, G., & Gunawardana, A. (2011). Đánh giá hệ thống đề xuất. Trong Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., Kantor, PB (Eds.) *Sổ tay hệ thống giới thiệu, (trang 257–297). Springer*.

Shimada, K., Takada, H., Mitsuyama, S., Ban, H., Matsuo, H., Otake, H., Kunishima, H., Kanemitsu, K., Kaku, M. (2005). Hệ thống khuyến cáo thuốc cho bệnh nhân mắc bệnh truyền nhiễm. *Kỷ yếu Hội nghị chuyên đề hàng năm. Hội nghị chuyên đề AMIA*, (trang 11–12).

Snooks, M. (2009). Tâm lý học sức khỏe: Quan điểm sinh học, tâm lý và văn hóa xã hội, chương 5: Ứng dụng của tâm lý học sức khỏe đối với hành vi ăn uống: Cải thiện sức khỏe thông qua những thay đổi dinh dưỡng Jones & Bartlett Learning.

Stark, B., Knahl, C., Aydin, M., Elish, K. (2019). Đánh giá tài liệu về hệ thống giới thiệu thuốc.

*Tạp chí quốc tế về khoa học máy tính tiên tiến và ứng dụng 10*(8).

Stark, B., Knahl, C., Aydin, M., Samarah, M., Elish, KO (2017). Lựa chọn tốt hơn: một hệ thống khuyến nghị thuốc đau nửa đầu dựa trên neo4j. Năm *2017, hội nghị quốc tế IEEE lần thứ 2 về ứng dụng và trí tuệ tính toán (ICCIA), (trang 382–386).*

Stettinger, M., Tran, T., Pribik, I., Leitner, G., Felfernig, A., Samer, R., Atas, M., Wundara, M. (2020). KNOWLEDGECHECKR: Các kỹ thuật thông minh để chống lại sự quên. Trong *G.d. giacomo, A. Catala ̇, B. Dilkina, M. Milano, S. Barro, A. Bugar'ın, J. Lang (biên tập) ECAI 2020 - Hội nghị châu Âu lần thứ 24 về trí tuệ nhân tạo, 29 tháng 8-8 tháng 9 năm 2020, Santiago de Compostela, Tây Ban Nha, 29 tháng 8*

*- Ngày 8 tháng 9 năm 2020 - Bao gồm Hội nghị lần thứ 10 về các ứng dụng uy tín của trí tuệ nhân tạo (PAIS 2020), Biên giới trong Trí tuệ nhân tạo và Ứng dụng, tập 325, (trang 3034–3039). Báo chí IOS*.

Tang, TY, & Winoto, P. (2016). Tôi không nên giới thiệu nó cho bạn ngay cả khi bạn thích nó: đạo đức của hệ thống giới thiệu. *Đánh giá mới về Siêu phương tiện và Đa phương tiện*, *22*(1-2), 111–138.

Teng, CY, Lin, YR, Adamic, LA (2012). Đề xuất công thức sử dụng mạng lưới nguyên liệu. Trong *Quy trình của Hội nghị Khoa học Web ACM thường niên lần thứ 4, WebSci '12, (trang 298–307). Hiệp hội Máy tính, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Thomas, RJ, Masthoff, M., Oren, N., de Vries, PW, Oinas-Kukkonen, H., Siemons, L., Jong, NB, van Gemert-Pijnen, L. (2017). Điều chỉnh thông điệp ăn uống lành mạnh cho phù hợp với tính cách. Trong công *nghệ thuyết phục: Phát triển và triển khai các công nghệ cá nhân hóa để thay đổi thái độ và hành vi*

*- Hội nghị quốc tế lần thứ 12, PERSUASIVE 2017, Amsterdam, Hà Lan, ngày 4-6 tháng 4 năm 2017, Kỷ yếu, Ghi chú bài giảng về Khoa học Máy tính, tập 10171, (trang 119–132). Springer*.

Trần, TNT, Atas, M., Felfernig, A., Le, VM, Samer, R., Stettinger, M. (2019). Hướng tới các giải thích dựa trên lựa chọn xã hội trong hệ thống giới thiệu nhóm. Trong *Kỷ yếu của Hội nghị ACM lần thứ 27 về Mô hình hóa Người dùng, Thích ứng và Cá nhân hóa, UMAP '19, (trang 13–21). Hiệp hội Máy tính, New York, NY, Hoa Kỳ*.

Trần, TNT, Atas, M., Felfernig, A., Stettinger, M. (2018). Tổng quan về các hệ thống đề xuất trong

lĩnh vực thực phẩm lành mạnh. *Tạp chí Hệ thống Thông tin Thông minh*, *50*(3), 501–526.

Trattner, C., & Elsweiler, D. (2017). Hệ thống giới thiệu thực phẩm: Những đóng góp quan trọng, thách thức và định hướng nghiên cứu trong tương lai. CoRR abs / 1711.02760.

Trattner, C., Said, A., Boratto, L., Felfernig, A. (2018). *Đánh giá hệ thống giới thiệu nhóm*, (trang 59–

71). Manhattan: Nhà xuất bản Quốc tế Springer Cham.

Ueta, T., Iwakami, M., Ito, T. (2011). Một hệ thống đề xuất công thức dựa trên chiết xuất thông tin dinh dưỡng tự động. Trong *Kỷ yếu của hội nghị quốc tế lần thứ 5 về khoa học tri thức, kỹ thuật và quản lý, KSEM'11, (trang 79–90). Springer: Berlin*.

Valdez, AC, Ziefle, M., Verbert, K., Felfernig, A., Holzinger, A. (2016). Hệ thống khuyến nghị cho sức khỏe

tin học: Viễn cảnh hiện đại và tương lai. *Ghi chú Bài giảng về Khoa học Máy tính*, *9605*.

Verbert, K., Manouselis, N., Ochoa, X., Wolpers, M., Drachsler, H., Bosnic, I., Duval, E. (2012). Hệ thống giới thiệu nhận thức ngữ cảnh để học tập: một cuộc khảo sát và những thách thức trong tương lai. *Giao dịch IEEE về Công nghệ Học tập*, *5*(4), 318–335.

Verhaert, D., Nateghizad, M., Zekeriya, E. (2018). Một hệ thống đề xuất bảo vệ quyền riêng tư hiệu quả cho

hệ thống chăm sóc sức khỏe điện tử. Trong *Hội nghị quốc tế về bảo mật và mật mã, (trang 1–12).*

Wiesner, M., & Pfeifer, D. (2014). Hệ thống khuyến nghị sức khỏe: Khái niệm, yêu cầu, kiến thức cơ bản về kỹ thuật và thách thức. *Tạp chí Quốc tế về Nghiên cứu Môi trường và Sức khỏe Cộng đồng*, *11*, 2580–2607.

Yamanishi, Y., Pauwels, E., Kotera, M. (2012). Dự đoán tác dụng phụ của thuốc dựa trên sự tích hợp của không gian hóa học và sinh học. *Tạp chí thông tin và mô hình hóa học, 52*.

Yang, L., Hsieh, C., Yang, H., Pollak, J., Dell, N., Belongie, S., Cole, C., Estrin, D. (2017). Yum-me: Một per-

Hệ thống khuyến nghị bữa ăn dựa trên chất dinh dưỡng được sonalized. *Giao dịch ACM về Hệ thống Thông tin 36*(1). Zhang, Q., Zhang, G., Lu, J., Wu, D. (2015). Một khuôn khổ của hệ thống giới thiệu kết hợp cho cá nhân-

đơn thuốc lâm sàng ized. Năm *2015 Hội nghị quốc tế lần thứ 10 về hệ thống thông minh và kỹ thuật tri thức (ISKE), (trang 189–195).*

Zhang, W., Zou, H., Luo, L., Liu, Q., Wu, W., Xiao, W. (2016). Dự đoán tác dụng phụ tiềm ẩn của thuốc bằng phương pháp khuyến nghị và học tập tổng hợp. *Điện toán thần kinh*, *173* (P3), 979–987.

Zhang, Y., Chen, M., Huang, D., Wu, D., Li, Y. (2016). idoctor: Các khuyến nghị y tế được cá nhân hóa và chuyên nghiệp hóa dựa trên yếu tố ma trận lai. *Hệ thống máy tính thế hệ tương lai*, *66*, 30– 35.

**Ghi chú của nhà xuất bản Springer** Nature vẫn trung lập liên quan đến các tuyên bố về quyền tài phán trong các bản đồ đã xuất bản và các liên kết tổ chức.

# Affiliations

### Thị Ngọc Trang Trần1 · Alexander Felfernig1 · Christoph Trattner2 ·

**Andreas Holzinger3**

Alexander Felfernig [alexander.felfernig@ist.tugraz.at](mailto:%20alexander.felfernig@ist.tugraz.at)

Christoph Trattner [christoph.trattner@uib.no](mailto:%20christoph.trattner@uib.no)

Andreas Holzinger [andreas.holzinger@medunigraz.at](mailto:%20andreas.holzinger@medunigraz.at)

1 Viện Công nghệ Phần mềm, Đại học Công nghệ Graz, Graz, Áo

2 Khoa Khoa học Thông tin và Nghiên cứu Truyền thông, Đại học Bergen, Bergen, Na Uy

3 Viện Tin học, Thống kê và Tài liệu Y tế, Đại học Y Graz, Graz, Áo