

MỘT TIẾP CẬN TRONG XÂY DỰNG HỆ THỐNG GỢI Ý THEO NGỮ CẢNH

Lư Chân Thiện¹ và Nguyễn Thái Nghe²

¹Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Cao đẳng Cộng đồng Kiên Giang, E-mail: lcthen_kgcc@yahoo.com

²Khoa Công nghệ Thông tin và Truyền thông, Trường Đại học Cần Thơ, E-mail: ntnghe@ctu.edu.vn

Tóm tắt - Hệ thống gợi ý (Recommender Systems - RS) đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực (như thương mại điện tử, giải trí, giáo dục,...) nhằm dự đoán sở thích của người dùng nhờ vào thông tin cá nhân hoặc những phản hồi (đánh giá) của họ.

Bài viết này đề xuất một giải pháp trong xây dựng hệ thống gợi ý theo ngữ cảnh, áp dụng cho gợi ý du lịch nhằm gợi ý các điểm du lịch phù hợp nhất với du khách. Hệ thống này kết hợp các phương pháp như gợi ý dựa trên ngữ cảnh đầu vào (contextual pre-filtering), tích hợp với kỹ thuật phân rã ma trận (matrix factorization) và xử lý ngữ cảnh đầu ra (contextual post-filtering) nhằm tăng độ chính xác cho hệ thống. Sau khi xây dựng hệ thống và tích hợp các giải thuật gợi ý, chúng tôi thu thập thông tin từ người dùng thực nhằm đánh giá hiệu quả của hệ thống đã đề xuất. Thực nghiệm cho thấy việc ứng dụng giải pháp này trong hỗ trợ phát triển du lịch là hoàn toàn khả thi.

Từ khóa: Hệ thống gợi ý theo ngữ cảnh, hệ thống gợi ý du lịch, kỹ thuật phân rã ma trận, lọc cộng tác.

I. GIỚI THIỆU

Ngành du lịch trong những năm qua đã phát triển mạnh mẽ, đem lại lợi ích to lớn về kinh tế - xã hội, góp phần thúc đẩy các ngành sản xuất và dịch vụ phát triển. Với tiềm năng du lịch đa dạng và phong phú, Việt Nam là một nước có nhiều danh lam thắng cảnh, từ đó thu hút không ít khách du lịch cả trong và ngoài nước. Tuy nhiên, khách du lịch thường gặp phải rất nhiều khó khăn khi đi đến những thành phố lạ lẫm. Họ cần phải nhờ đến sự trợ giúp của hướng dẫn viên du lịch hoặc ít nhất là phải dựa vào sách hướng dẫn hay bản đồ để có được những thông tin mà họ cần tìm. Tuy nhiên những trợ giúp này cũng có những hạn chế nhất định như: Khách du lịch sẽ có thể khó tìm thấy những thông tin chi tiết về những địa điểm du lịch cần tham quan để có sự chuẩn bị cần thiết. Hoặc là, những hướng dẫn viên du lịch thường hướng dẫn cho cả đoàn khách, họ đi theo những tour du lịch đã được định sẵn và chỉ được tham quan những điểm du lịch chính, trong khi những điểm du lịch thú vị lại không được tham quan, mặc dù cách địa điểm chính rất gần. Như vậy làm thế nào để hỗ trợ khách khi đi du lịch có thể dễ dàng tìm thấy những địa điểm phù hợp với họ, phù hợp với những điều kiện ngữ cảnh xung quanh (như thời tiết, tâm trạng, bạn đồng hành,...).

Để đáp ứng những đòi hỏi trên, việc ứng dụng các công nghệ trong hệ thống gợi ý với các yếu tố ngữ cảnh có thể sẽ cho kết quả phù hợp. Hệ thống gợi ý (Recommender Systems - RS) là một dạng kỹ thuật trong lọc thông tin, RS đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực (như thương mại điện tử, giải trí, giáo dục,...) nhằm dự đoán sở thích của người dùng nhờ vào thông tin cá nhân hoặc những phản hồi (đánh giá) của họ.

Bài viết này đề xuất một giải pháp xây dựng hệ thống gợi ý dựa trên ngữ cảnh, sau đó ứng dụng giải pháp này cho bài toán gợi ý các điểm du lịch. Hệ thống có thể vận hành trên nền Web để hỗ trợ khách du lịch nhằm đem lại sự thoải mái và sự tiện dụng tối đa cho họ khi tham gia vào hệ thống.

Để thực hiện, chúng tôi đã nghiên cứu các phương pháp hiện có và đề xuất phương pháp xây dựng hệ thống bằng cách kết hợp phương pháp gợi ý dựa trên ngữ cảnh đầu vào (contextual pre-filtering), tích hợp với kỹ thuật phân rã ma trận (matrix factorization) và xử lý ngữ cảnh đầu ra (contextual post-filtering), đồng thời tìm hiểu và đề xuất hướng khắc phục vấn đề người dùng mới trong hệ thống. Sau khi xây dựng hệ thống hoàn chỉnh, chúng tôi thu thập ý kiến phản hồi từ người dùng thực, từ đó đánh giá hiệu quả của hệ thống đã xây dựng.

II. HỆ THỐNG GỢI Ý (RECOMMENDER SYSTEMS - RS) VÀ CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Hệ thống gợi ý (RS) là hệ thống có khả năng dự đoán và cung cấp cho người dùng những thông tin, sản phẩm hay dịch vụ mà họ có thể thích/quan tâm. RS sẽ đưa ra các gợi ý dựa trên phản hồi trong quá khứ của người dùng (như bình luận, đánh giá,...) trên sản phẩm, bài hát, bộ phim, điểm du lịch,... Các hệ thống gợi ý nổi tiếng hiện có như: gợi ý sản phẩm của Amazon/Ebay, gợi ý phim/video clip của Netflix/Youtube,...

RS đã cho thấy được ý nghĩa to lớn của nó trong việc giúp người dùng giải quyết tình trạng quá tải thông tin. Có hai loại mô hình RS được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tiễn đó là: hệ thống gợi ý 2 chiều (2D RS) và hệ thống gợi ý theo ngữ cảnh (đa chiều, thông thường là 3 chiều – 3D RS).

A. Hệ thống gợi ý hai chiều

Trong hệ thống gợi ý 2 chiều có hai khái niệm chính là người dùng (user) và mục tin (item) cần được gợi ý đến cho người dùng. Quá trình gợi ý dựa vào các phản hồi (feedbacks/rating) của người dùng về các đối tượng. Ví dụ, đánh giá của người dùng về các sản phẩm mà họ đã từng mua trên Amazon từ ★ đến ★★★★★. Nhiệm vụ của RS là dự đoán các đánh giá của những người dùng đối với những item mà họ chưa thấy/mua và sau đó gợi ý cho họ.

Một cách hình thức, gọi U là tập người dùng (users); I là tập mục tin (items). Tập I có thể rất lớn, từ hàng trăm ngàn (sách, CD,...) đến hàng triệu (như bài báo, bản tin,...). R là tập các giá trị đánh giá của người dùng trên các mục tin.

Thông thường dữ liệu được biểu diễn trong một ma trận 2 chiều, trong đó mỗi dòng là một user, mỗi cột là một item và mỗi ô là đánh giá của user trên item tương ứng. Với mỗi người dùng $u \in U$, cần tìm mục $i \in I$ (u chưa xem/mua i) sao cho hàm \hat{r} đo độ phù hợp (xếp hạng/đánh giá) của người dùng u đạt giá trị lớn nhất trên i :

$$\hat{r}: U \times I \rightarrow \mathbf{R} \quad (1)$$

Các kỹ thuật trong RS thường được phân thành ba nhóm [1]:

- Dựa trên nội dung (content-based filtering): người dùng được gợi ý những item tương tự như các item từng được họ đánh giá cao;
- Lọc cộng tác (collaborative filtering): người dùng được gợi ý các sản phẩm mà những người cùng sở thích với họ đánh giá cao. Đây là kỹ thuật thường được sử dụng nhất;
- Lai ghép (hybrid): kết hợp cả 2 phương pháp trên.

Ý tưởng chính của kỹ thuật lọc cộng tác là dự đoán độ phù hợp của item i được đánh giá bởi người dùng u dựa trên tập $N(u, i)$ giữa người dùng u_i và i , trong đó u_i là người có cùng sở thích với u . Ví dụ, để gợi ý một điểm du lịch cho người dùng u , đầu tiên hệ thống lọc cộng tác tìm những người dùng khác có cùng sở thích với u . Sau đó, những nơi được họ đánh giá cao sẽ được dùng để gợi ý cho u .

B. Hệ thống gợi ý theo ngữ cảnh (Context-aware RS)

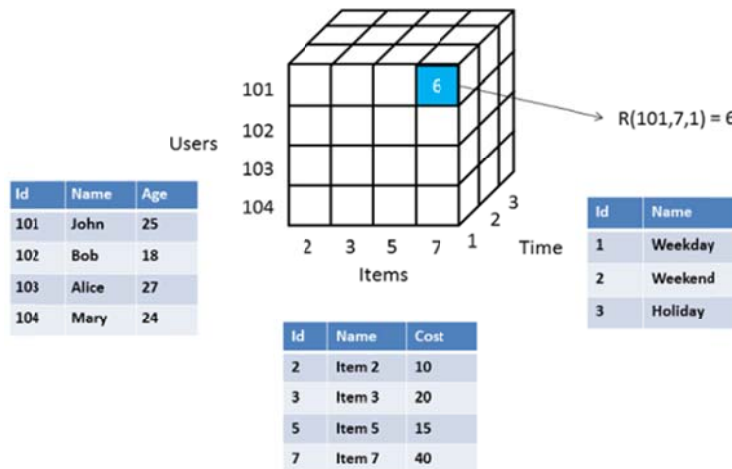
Thông thường trong RS hai chiều, người ta thường biểu diễn dữ liệu vào ma trận user-item do vậy chỉ quan tâm đến người dùng và mục tin là chính chứ không quan tâm đến các thông tin ngữ cảnh (context) bên ngoài có tác động đến quyết định của người dùng hay không. “Thông tin ngữ cảnh là những thông tin có thể mô tả được hoàn cảnh của một thực thể” [3]. Ví dụ: thời gian, nơi chốn, thời tiết, tâm trạng,... là những thông tin ngữ cảnh, chúng có thể ảnh hưởng đến đánh giá của người dùng đối với các item, từ đó dẫn đến sự ảnh hưởng của những gợi ý trong RS.

Với hệ thống gợi ý đa chiều, hàm \hat{r} được bổ sung thêm thông tin ngữ cảnh (context) và trở thành:

$$\hat{r}: U \times I \times C \rightarrow \mathbf{R} \quad (C \text{ là thông tin ngữ cảnh})$$

ví dụ, trong hệ thống gợi ý du lịch, user là khách du lịch, item là những địa điểm du lịch, và ngữ cảnh có thể là thời gian (buổi sáng/tối, cuối tuần, mùa, lễ, tết,...), bạn đồng hành (đi một mình, đi với bạn trai/bạn gái, đi với gia đình, trẻ nhỏ...). Những đánh giá cho một điểm du lịch bởi một người dùng có thể sẽ phụ thuộc vào những ngữ cảnh đó. Ví dụ vào buổi tối mùa xuân đi cùng gia đình thì địa điểm ABC là hấp dẫn nhất, nhưng khi đi cùng bạn gái thì có thể địa điểm đó không phù hợp nữa.

Không gian gợi ý ba chiều có thể được mô tả trong khối lập phương như ở Hình 1. Ô tô đậm cho biết chỉ số $R(101,7,1) = 6$ có ý nghĩa là người dùng có mã số 101 đánh giá sản phẩm có mã số 7 trong điều kiện thời gian có mã số 1 với giá trị đánh giá là 6. Trong khối lập phương này, không phải ô nào cũng có giá trị, những ô không có giá trị là do người dùng chưa đánh giá. Mục tiêu của hệ thống gợi ý là dự đoán giá trị tại những ô còn thiếu đó, từ đó đưa ra lời gợi ý đến với người dùng.



Hình 1. Minh họa cho không gian gợi ý ba chiều (nguồn [3])

Các phương pháp tiếp cận trong hệ thống gợi ý đa chiều có thể được tóm tắt như sau [3]:

- Xử lý ngữ cảnh đầu vào (Contextual pre-filtering): Trong tiếp cận này, thông tin về ngữ cảnh được sử dụng để lựa chọn hoặc xây dựng các thiết lập có liên quan đến dữ liệu (xếp hạng). Sau khi lọc thông tin ngữ cảnh, hệ thống đa chiều sẽ trở thành hệ thống hai chiều và ta có thể sử dụng bất kỳ phương pháp gợi ý truyền thống nào trên các dữ liệu đã chọn.

- Xử lý ngữ cảnh đầu ra (Contextual post-filtering): Trong tiếp cận này, ngữ cảnh thông tin ban đầu bị bỏ qua và xếp hạng được dự đoán bằng cách sử dụng bất kỳ phương pháp gợi ý truyền thống trên toàn bộ dữ liệu. Sau đó, các gợi ý được điều chỉnh cho mỗi người sử dụng bằng cách sử dụng các thông tin theo ngữ cảnh.
- Mô hình hóa ngữ cảnh (Contextual modeling): Phương pháp này xây dựng một mô hình dự đoán. Ví dụ, mô hình này có thể đưa ra xác suất một người dùng cụ thể chọn một sản phẩm cụ thể trong một bối cảnh cụ thể là bao nhiêu. Sau đó xác suất này được dùng để điều chỉnh và tìm ra gợi ý phù hợp.

C. Các nghiên cứu liên quan

Hiện cũng đã có nhiều nghiên cứu về xây dựng hệ thống gợi ý hỗ trợ du lịch, nhưng đa phần là sử dụng phương pháp lọc theo nội dung (content-based filtering) (Gediminas Adomavicius and Alexander Tuzhilin, 2008), (Francesco Ricci, 2002), (Linaza et al., 2011). Ngoài ra, cũng đã có nhiều nghiên cứu xây dựng hệ thống gợi ý du lịch trên nền thiết bị di động, như trình bày trong (José et al., 2012), (Damianos et al., 2014), (Gavalas et al., 2013) (Manuel et al., 2012).

Ở đây chúng tôi sẽ đề xuất xây dựng hệ thống gợi ý có tích hợp các phương pháp như xử lý ngữ cảnh đầu vào, kết hợp với kỹ thuật phân rã ma trận (matrix factorization) (Koren et al., 2009) (Nguyễn Thái Nghe, 2013), và xử lý ngữ cảnh đầu ra.

III. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

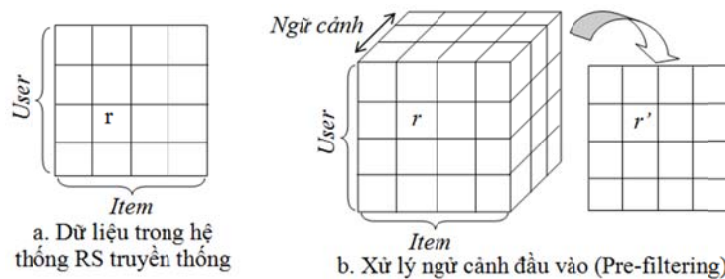
Để xây dựng hệ thống gợi ý theo ngữ cảnh, chúng tôi đề xuất kết hợp các phương pháp như minh họa trong **Hình 2**: Trước tiên xử lý thông tin ngữ cảnh đầu vào, kế đến dùng kỹ thuật phân rã ma trận để dự đoán kết quả, sau đó xử lý thông tin ngữ cảnh đầu ra.



Hình 2. Quy trình gợi ý theo ngữ cảnh

A. Xử lý thông tin ngữ cảnh đầu vào

Phương pháp này dùng những điều kiện ngữ cảnh hiện tại được cung cấp trực tiếp từ người dùng (sở thích, tâm trạng,...) hoặc từ môi trường (thời gian, thời tiết, vị trí hiện tại,...) sau đó truy vấn, tìm kiếm những nguồn tài nguyên thích hợp nhất để đưa ra gợi ý. Dữ liệu đầu vào là một tập bao gồm: người dùng, đối tượng, ngữ cảnh và những đánh giá tương ứng. Sau đó dùng điều kiện ngữ cảnh hiện tại của người dùng cung cấp để lọc ra tập dữ liệu có liên quan đến ngữ cảnh đó. Sau khi lọc ta có thể bỏ qua thông tin ngữ cảnh, như vậy bài toán gợi ý đa chiều lúc này trở về dạng bài toán gợi ý hai chiều như minh họa trong Hình 3. Từ đây, ta có thể áp dụng bất kỳ phương pháp gợi ý hai chiều nào để dự đoán các item cho người dùng. Lợi ích của việc này là có thể tái sử dụng tất cả những phương pháp gợi ý hai chiều sau khi chiều ngữ cảnh được thu giảm.



Hình 3. Sử dụng phương pháp Pre-filtering

Ví dụ: Giả sử ta có tập dữ liệu ngữ cảnh gợi ý du lịch như Bảng 1, gồm: người dùng (user), địa điểm du lịch (item), các thông tin ngữ cảnh (thời gian, bạn đồng hành, thời tiết) và đánh giá của người dùng trên địa điểm du lịch tương ứng.

Bảng 1. Minh họa tập dữ liệu du lịch với ngữ cảnh

user	item	time	Bạn Đồng hành	Thời tiết	rate
1	2	Cuối tuần	Bạn bè	Trời nắng	4
1	5	Cuối tuần	Một mình	Trời âm u	1
1	3	Lễ - tết	Gia đình	Trời trong xanh	5
2	2	Ngày trong tuần	Bạn bè	Trời nắng	2
2	1	Lễ - tết	Gia đình	Trời trong xanh	3
3	5	Lễ - tết	Gia đình	Trời trong xanh	4
3	4	Cuối tuần	Bạn bè	Trời nắng	3
4	3	Lễ - tết	Gia đình	Trời trong xanh	5

Để gợi ý cho người dùng với các thông tin ngữ cảnh là: (dịp Lễ - tết, đi cùng Gia đình, Trời trong xanh) ta sử dụng phương pháp xử lý ngữ cảnh đầu vào để lọc ra (các dòng được tô đậm) tập dữ liệu như trong Bảng 2.

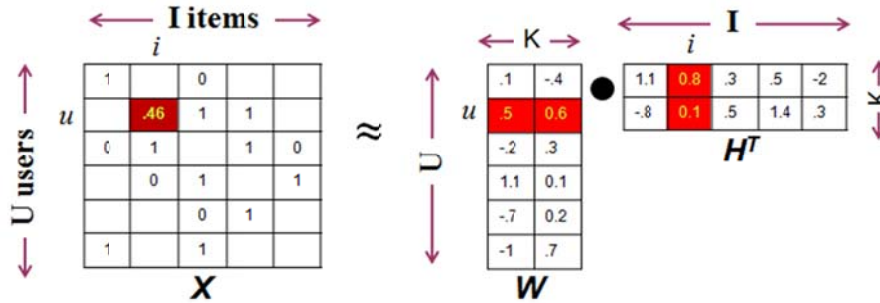
Bảng 2. Tập dữ liệu sau khi sử dụng Pre-filtering

user	item	rate
1	3	5
2	1	3
3	5	4
4	3	5

Như vậy sau khi xử lý xong ta sẽ được một tập dữ liệu hai chiều. Lúc này, ta có thể áp dụng các thuật toán trong hệ thống gợi ý truyền thống để dự đoán xếp hạng và gợi ý cho người dùng. Trong bài viết này, chúng tôi sử dụng một trong những phương pháp lọc cộng tác dựa trên mô hình đó là kỹ thuật phân rã ma trận (Matrix Factorization - MF) trên tập dữ liệu đã được xử lý ngữ cảnh đầu vào. Kỹ thuật MF có độ tin cậy cao hơn so với các kỹ thuật khác hiện nay (Koren et al., 2009).

B. Kỹ thuật phân rã ma trận (Matrix Factorization - MF)

Kỹ thuật phân rã ma trận là việc chia một ma trận lớn \mathbf{X} thành hai ma trận có kích thước nhỏ hơn \mathbf{W} và \mathbf{H} , sao cho ta có thể xây dựng lại \mathbf{X} từ hai ma trận nhỏ hơn này càng chính xác càng tốt, nghĩa là $\mathbf{X} \sim \mathbf{W}\mathbf{H}^T$, như minh họa trong Hình 4.



Hình 4. Minh họa kỹ thuật phân rã ma trận

Trong đó, $\mathbf{W} \in \mathcal{R}^{U \times K}$ là một ma trận mà mỗi dòng u là một véc-tơ bao gồm K nhân tố tiềm ẩn (latent factors) mô tả người dùng u ; và $\mathbf{H} \in \mathcal{R}^{I \times K}$ là một ma trận mà mỗi dòng i là một véc-tơ bao gồm K nhân tố tiềm ẩn mô tả cho item i . Gọi w_{uk} và h_{ik} là các phần tử tương ứng của hai ma trận \mathbf{W} và \mathbf{H} , khi đó xếp hạng của người dùng u trên mục tin i được dự đoán bởi công thức:

$$\hat{r}_{ui} = \sum_{k=1}^K w_{uk} h_{ik} = \mathbf{w} \cdot \mathbf{h}^T \quad (1)$$

Như vậy, vấn đề then chốt của kỹ thuật MF là làm thế nào để tìm được giá trị của hai tham số \mathbf{W} và \mathbf{H} . Hai tham số này có được bằng cách tối ưu hóa hàm mục tiêu (objective function). Trong RS, hàm mục tiêu của MF hay được sử dụng như sau:

$$O^{MF} = \sum_{u,i \in D^{train}} (r_{ui} - \hat{r}_{ui})^2 = \sum_{u,i \in D^{train}} \left(r_{ui} - \sum_{k=1}^K w_{uk} h_{ik} \right)^2 \quad (2)$$

Một trong những kỹ thuật có thể dùng để tối ưu hóa hàm mục tiêu là dùng SGD (Stochastic Gradient Descent). Để tối ưu hóa hàm mục tiêu (2), trước tiên ta khởi tạo các giá trị ngẫu nhiên cho \mathbf{W} và \mathbf{H} , sau đó từng bước cập nhật giá trị của chúng cho đến khi hàm mục tiêu hội tụ về giá trị nhỏ nhất (convergence). Để làm được điều đó, ta cần phải xác định là nên tăng hay nên giảm các giá trị của \mathbf{W} và \mathbf{H} qua mỗi lần cập nhật, do vậy cần phải tìm đạo hàm từng phần của chúng:

$$\frac{\partial}{\partial w_{uk}} O^{MF} = -2(r_{ui} - \hat{r}_{ui}) h_{ik} \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial h_{ik}} O^{MF} = -2(r_{ui} - \hat{r}_{ui}) w_{uk} \quad (4)$$

Sau khi tìm đạo hàm, các phân tử của W và H sẽ được cập nhật ngược hướng với giá trị của đạo hàm, qua công thức:

$$w_{uk}^{new} = w_{uk}^{old} - \beta \cdot \frac{\partial}{\partial w_{uk}} O^{MF} = w_{uk}^{old} + 2\beta \cdot (r_{ui} - \hat{r}_{ui}) h_{ik} \quad (5)$$

$$h_{ik}^{new} = h_{ik}^{old} - \beta \cdot \frac{\partial}{\partial h_{ik}} O^{MF} = h_{ik}^{old} + 2\beta \cdot (r_{ui} - \hat{r}_{ui}) w_{uk} \quad (6)$$

Trong đó β là tốc độ học (learning rate, $0 < \beta < 1$). Quá trình cập nhật sẽ được thực hiện đến khi nào hàm mục tiêu đạt được giá trị nhỏ nhất hoặc đạt đến số lần lặp được xác định trước.

Chính tắc hóa (Regularization): Để ngăn ngừa sự quá khớp hay còn gọi là học vẹt (overfitting – xảy ra khi mô hình dự đoán cho kết quả tốt trên dữ liệu huấn luyện, nhưng cho kết quả kém trên dữ liệu thử nghiệm) người ta thay đổi hàm mục tiêu (2) bằng cách thêm vào một đại lượng gọi là chính tắc hóa (regularization) để điều khiển độ lớn của các giá trị trong W và H . Hàm mục tiêu (2) bây giờ trở thành:

$$O^{MF} = \sum_{u, i \in D^{train}} \left(r_{ui} - \sum_{k=1}^K w_{uk} h_{ik} \right)^2 + \lambda \cdot (\|W\|_F^2 + \|H\|_F^2) \quad (7)$$

Trong đó λ là hệ số chính tắc hóa ($0 \leq \lambda < 1$) và $\|\cdot\|_F^2$ là chuẩn Frobenius. Với hàm mục tiêu mới này, giá trị của w_{uk} và h_{ik} được cập nhật qua công thức:

$$w_{uk}^{new} = w_{uk}^{old} + \beta \cdot (2(r_{ui} - \hat{r}_{ui}) h_{ik} - \lambda \cdot w_{uk}^{old}) \quad (8)$$

$$h_{ik}^{new} = h_{ik}^{old} + \beta \cdot (2(r_{ui} - \hat{r}_{ui}) w_{uk} - \lambda \cdot h_{ik}^{old}) \quad (9)$$

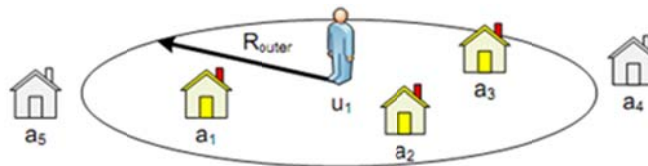
Quá trình cập nhật giá trị của W và H được lặp lại cho đến khi đạt độ lỗi chấp nhận hoặc lặp lại đến số lần quy định trước.

Quá trình dự đoán: Sau quá trình huấn luyện ta được 2 ma trận W và H đã tối ưu thì quá trình dự đoán được thực hiện theo công thức (1). Bạn đọc có thể tìm hiểu chi tiết hơn về kỹ thuật này trong các tài liệu khác, như trong (Koren et al., 2009) (Nguyễn Thái Nghe, 2013).

C. Xử lý thông tin ngữ cảnh đầu ra

Trong phương pháp này, thông tin ngữ cảnh được sử dụng sau khi đã có lời gợi ý. Đầu vào của phương pháp này vẫn là tập dữ liệu bao gồm cả thông tin ngữ cảnh. Tuy nhiên, ta giả định các thông tin ngữ cảnh chưa ảnh hưởng đến các đánh giá của người dùng lên các đối tượng. Sau đó dùng những kỹ thuật gợi ý hai chiều để tiến hành dự đoán các đánh giá và gợi ý trên toàn bộ tập dữ liệu ban đầu. Sau khi có kết quả gợi ý cho người dùng, ta sẽ lọc ra những lời gợi ý phù hợp với thông tin ngữ cảnh ban đầu rồi mới chuyển đến người dùng.

Tuy nhiên phương pháp này có thể chưa phù hợp cho từng ứng dụng cụ thể, ví dụ trong xây dựng hệ thống gợi ý địa điểm du lịch, khi áp dụng phương pháp trên để dự đoán, hệ thống có thể đưa ra những địa điểm được dự đoán là người dùng rất thích nhưng cách họ khá xa (ngữ cảnh trong trường hợp này là vị trí của người dùng và phạm vi bán kính) do vậy họ khó đến được nên những gợi ý này chưa thật sự có nghĩa. Ở đây, chúng tôi kết hợp cả 2 phương pháp xử lý thông tin ngữ cảnh đầu vào và xử lý thông tin ngữ cảnh đầu ra. Với đề xuất này, hệ thống sẽ thu nhỏ phạm vi gợi ý cho người dùng lại trong một phạm vi nhất định giúp cho lời gợi ý đó thêm phần chính xác và phù hợp hơn.



Hình 5. Xử lý thông tin ngữ cảnh đầu ra

Tùy theo từng hệ thống khác nhau, ta có thể sử dụng những thông tin ngữ cảnh đầu ra sao cho phù hợp.

Ví dụ, trong hệ thống gợi ý du lịch, giả sử ban đầu hệ thống biết được thông tin ngữ cảnh về vị trí hiện tại của người dùng đang ở đâu và phạm vi mà họ có thể đến (vị trí và phạm vi có thể thay đổi được bởi người dùng). Sau khi có được những gợi ý từ kỹ thuật phân rã ma trận (ví dụ: có 10 địa điểm được dự đoán là người dùng sẽ thích), hệ thống sẽ căn cứ vào vị trí của người dùng để tìm ra được khoảng cách từ người dùng đến mỗi địa điểm. Sau đó, hệ thống sẽ so sánh khoảng cách của người dùng đến từng địa điểm với phạm vi mà người dùng đã chọn để lọc lại những địa điểm ở gần người dùng nhất để gợi ý cho họ, minh họa như trong Hình 5. Khoảng cách giữa 2 địa điểm được tính dựa vào vĩ độ và kinh độ theo Google Map.

Ví dụ: Dữ liệu được dự đoán cho người dùng u và khoảng cách từ u đến từng địa điểm như trong Bảng 3. Hệ thống sẽ gợi ý cho người dùng u những địa điểm nằm trong phạm vi bán kính 20km. Khi đó có thể có 2 trường hợp:

- Trường hợp 1: Nếu không dùng phương pháp xử lý thông tin ngữ cảnh đầu ra thì hệ thống sẽ gợi ý các dự đoán từ cao xuống thấp là : A – B – C – D. Tuy nhiên, có những địa điểm ở rất xa người dùng có thể họ sẽ không quan tâm mặc dù nó được dự đoán là người dùng thích (đánh giá 5 được xem là thích nhất)
- Trường hợp 2: Nếu dùng phương pháp xử lý thông tin ngữ cảnh đầu ra thì hệ thống sẽ gợi ý các dự đoán từ cao xuống thấp có ràng buộc khoảng cách (≤ 20 km) là: B – E – F – G như các dòng tô đậm trong Bảng 3.

Bảng 3. Hậu xử lý trên kết quả dự đoán

STT	Tên địa điểm	Khoảng cách (km)	Dự đoán
1.	A	78.5	4.8
2.	B	14.3	4.6
3.	C	110.2	4.5
4.	D	33.4	4.1
5.	E	18.7	3.7
6.	F	2.4	3.5
7.	G	11.2	3.4
8.	H	45.3	3.3
9.	I	24.5	2.9
10.	J	62.1	2.6

D. Kết hợp các phương pháp gợi ý theo ngữ cảnh

Thủ tục tổng quát cho xây dựng hệ thống gợi ý theo ngữ cảnh kết hợp xử lý ngữ cảnh đầu vào, dùng mô hình phân rã ma trận, và xử lý ngữ cảnh đầu ra được minh họa trong thủ tục **ContextAware-MF**. Các siêu tham số (hyper-parameters): *Số lần lặp* (Iter), *Số nhân tố tiềm ẩn* K, *tốc độ học* β , và hệ số chính tắc hóa λ (*regularization*) nhằm tránh học vẹt (over-fitting). Các siêu tham số này sẽ được xác định bằng phương pháp tìm kiếm siêu tham số.

```

1: procedure ContextAware-MF ( $D^{\text{Train}}$ , Iter, K,  $\beta$ ,  $\lambda$ )
//  $W[[U]][[K]$  và  $H[[I]][[K]$  là 2 tham số cần tìm
2:  $W := N(0, \sigma^2)$  //khởi tạo giá trị theo phân phối chuẩn
3:  $H := N(0, \sigma^2)$  //khởi tạo giá trị theo phân phối chuẩn
4:  $D^{\text{TrainC}} = \text{Pre-filtering}(D^{\text{Train}})$ 
5: for (iter:=1; iter <= Iter * | $D^{\text{TrainC}}$ |; iter++)
6: Chọn ngẫu nhiên một dòng ( $u, i, r_{ui}$ ) từ  $D^{\text{TrainC}}$ 
7:  $\hat{r}_{ui} := 0$ 
8: for ( $k:=1; k \leq K; k++$ )
9:  $\hat{r}_{ui} := \hat{r}_{ui} + W[u][k] * H[i][k]$ 
10: end for
11:  $e_{ui} = r_{ui} - \hat{r}_{ui}$ 
12: for ( $k:=1; k \leq K; k++$ )
13:  $W[u][k] := W[u][k] + \beta * (e_{ui} * H[i][k] - \lambda * W[u][k])$ 
14:  $H[i][k] := H[i][k] + \beta * (e_{ui} * W[u][k] - \lambda * H[i][k])$ 
15: end for
16: Break nếu đã hội tụ
17: end for
18: return {W, H}
19: Post-filtering(Tập kết quả được dự đoán dùng W, H)
20: end procedure

```

IV. XÂY DỰNG HỆ THỐNG GỢI Ý DU LỊCH THEO NGỮ CẢNH

Sau khi đề xuất phương pháp gợi ý theo ngữ cảnh, chúng tôi áp dụng phương pháp đã đề xuất vào bài toán gợi ý các điểm du lịch. Bên cạnh việc cài đặt chức năng gợi ý du lịch theo ngữ cảnh, hệ thống này còn tích hợp chức năng hướng dẫn đường đi thông qua Google Map nhằm giúp cho khách du lịch cảm thấy thoải mái và thân thiện khi đi du lịch.

Các đối tượng chính trong hệ thống như:

- **Thành viên:** Các thông tin như: *họ tên, năm sinh, giới tính, email, tên đăng nhập và mật khẩu.*
- **Địa điểm du lịch:** các thông tin gồm: *tên địa điểm du lịch, địa chỉ, hình ảnh đại diện, nội dung, lịch sử truy cập và chủ đề của địa điểm du lịch.*
- **Thông tin ngữ cảnh:** là *bạn đồng hành, thời gian đi, thời tiết, vị trí và khoảng cách của người dùng.*
- **Thông tin đánh giá:** khi người dùng đăng nhập thành viên thì họ có thể tham gia đánh giá xếp hạng, được quyền bình luận và xem các bình luận của những thành viên khác. Thông tin đánh giá bao gồm: *địa điểm du lịch được đánh giá của người dùng, các thông tin ngữ cảnh, kết quả đánh giá, ngày đánh giá.* Và các thông tin bình luận như: *địa điểm được bình luận, nội dung bình luận, ngày đăng.*

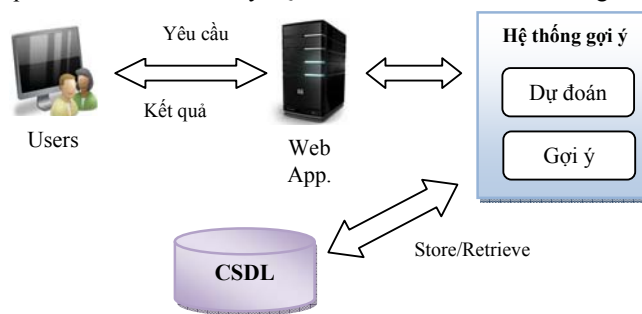
Hệ thống được phân quyền cho 2 nhóm người dùng chính là thành viên và quản trị. Trong đó *nhóm người quản trị* có đầy đủ quyền trên hệ thống như: cập nhật địa điểm du lịch, cập nhật tin tức/ sự kiện, thống kê số lượt truy cập và trung bình đánh giá của từng địa điểm du lịch, thống kê số lượt đánh giá và liệt kê các đánh giá của từng thành viên, thống kê số lượt đánh giá theo từng nhóm ngữ cảnh, và quản trị mô hình gợi ý như huấn luyện lại, điều chỉnh các siêu tham số,... còn *nhóm thành viên* thì sẽ có một số quyền trên hệ thống như: Xem thông tin địa điểm du lịch muốn đi, đánh giá xếp hạng và bình luận, xem tin tức/sự kiện, được hệ thống gợi ý và chỉ đường.

Khi sử dụng chức năng gợi ý, nếu người dùng là thành viên mới (chưa có bất kỳ đánh giá nào) thì hệ thống sẽ gợi ý dựa theo chủ đề mà họ thích như: Kiến trúc – Văn hóa – Lịch sử; Hành hương; Mua sắm; Vui chơi giải trí,... Hệ thống sẽ gợi ý cho người dùng những địa điểm du lịch phù hợp với chủ đề mà người dùng đã chọn và có nhiều người đánh giá cao nhất (trung bình đánh giá cao nhất).

Bên cạnh khả năng gợi ý theo ngữ cảnh, thì đây cũng là một hệ thống thông tin quản lý, vì vậy khi xây dựng chúng tôi cũng đã thực hiện các giai đoạn như trong phân tích và thiết kế hệ thống thông tin như: xác định yêu cầu, phân tích (các sơ đồ use case, sơ đồ lớp, sơ đồ tuần tự,...), thiết kế cơ sở dữ liệu, thiết kế chức năng hệ thống,... *tuy nhiên do giới hạn về số trang của bài viết, nên những phần này chúng tôi không trình bày trong bài viết này.*

A. Môi trường cài đặt hệ thống

Hệ thống được cài đặt trên nền Web và được thiết kế theo mô hình MVC (Model View Controller) dùng ngôn ngữ lập trình PHP kết hợp với hệ quản trị cơ sở dữ liệu MySQL. Sơ đồ kiến trúc của hệ thống được mô tả như trong Hình 6.



Hình 6. Kiến trúc tổng thể của hệ thống

B. Một vài giao diện minh họa cho hệ thống

Sau khi người dùng chọn thông tin ngữ cảnh của mình và chủ đề mà mình quan tâm thì hệ thống sẽ căn cứ vào đó để gợi ý. Người dùng có thể thay đổi phạm vi hoặc vị trí hoặc cả hai để được những gợi ý khác phù hợp hơn. Giao diện cho phần gợi ý được minh họa như trong Hình 7.

NHỮNG ĐỊA ĐIỂM ĐƯỢC ĐÁNH GIÁ CAO

Nhà lao Cây Dừa (nhà tù PQ) ★★★★★
 Khu du lịch Núi Đền ★★★★★
 Quần đảo Hải Tặc ★★★★★
 Khu Mộ Chử Sứ ★★★★★

NGŨ CẢNH HIỆN TẠI CỦA BẠN:

- Bạn đi với: Gia đình
 - Vào: Ngày cuối tuần
 - Thời tiết hiện tại là: trời nắng
 - Vị trí hiện tại của bạn: 100 Trần Hưng Đạo, Khu 3, Dương Tơ, Phú Quốc
 - Trong phạm vi: 50 km Thay đổi: 1 Km
 (Sau khi thay đổi vị trí và khoảng cách)
 Gợi ý lại

Các gợi ý dành cho bạn

Nhà lao Cây Dừa (nhà tù PQ)
 Mũi Gành Dầu
 Vườn tiêu Phú Quốc

Trang chủ
 Tin tức - Sự kiện
 Hệ thống gợi ý
 Các địa điểm du lịch tại Rạch Giá
 Các địa điểm du lịch tại Hà Tiên
 Các địa điểm du lịch tại Phú Quốc
 Một số địa điểm du lịch Khác

HỆ THỐNG GỢI Ý CHO BẠN

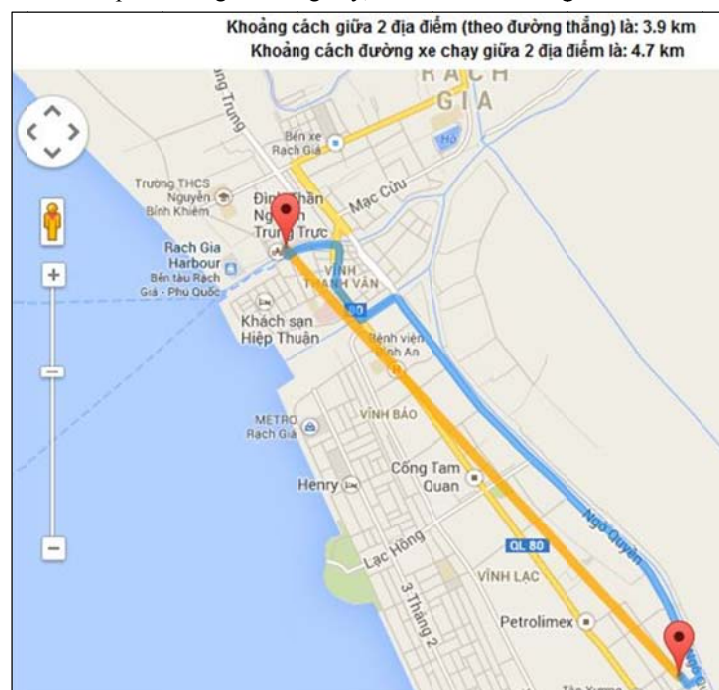
Nhà lao Cây Dừa... Khoảng cách: 18.6 km
 Mũi Gành Dầu Khoảng cách: 23.6 km
 Vườn tiêu Phú Quốc Khoảng cách: 1.8 km

Thời tiết

Kiên Giang: Sun 27°
 Kiên Giang, Vietnam
 Phú Quốc: Lightrain

Hình 7. Gợi ý địa điểm du lịch theo ngữ cảnh

Sau khi người dùng chọn địa điểm đã được gợi ý từ hệ thống, họ có thể xem đường đi và khoảng cách đến nơi đó thông qua Google Map được tích hợp sẵn trong hệ thống này, minh họa như trong Hình 8.



Hình 8. Hướng dẫn đường đi sau khi đã gợi ý

The screenshot shows a web interface for recommending locations. At the top, it says "NHỮNG ĐỊA ĐIỂM ĐƯỢC ĐÁNH GIÁ CAO" (Highly Rated Locations). Below this, there are two featured locations: "Nhà lao Cây Dừa (nhà tù PQ)" and "Khu du lịch Núi Đền", both with 5-star ratings. A red banner asks "BẠN HẸY CHỌN CHỦ ĐỀ MÀ BẠN QUAN TÂM" (Choose the topic you are interested in). Below the banner are several filter checkboxes: "Kiến trúc - Văn hóa - Lịch sử" (checked), "Du lịch sinh thái" (checked), "Vui chơi giải trí", "Tôn giáo", "Tắm biển - Bơi lội", "Leo núi", and "Mua sắm". At the bottom, there is a location input field with "Vị trí của bạn: 217 Chu Văn An, Rạch Giá, Kiên Giang" and a radius dropdown set to "Trong phạm vi: 20 Km". A "Gợi ý" (Suggest) button is at the bottom right.

Hình 9. Gợi ý cho người dùng mới theo chủ đề

Một trong những thách thức đối với bất kỳ hệ thống gợi ý nào là vấn đề người dùng mới (new user) hoặc mục tin mới (new item) – hay còn được gọi là “cold-start problem” – do họ chưa có bất kỳ thông tin đánh giá nào trong quá khứ nên giải thuật không thể dự đoán được. Trong nghiên cứu này, chúng tôi cũng đề xuất giải quyết vấn đề người dùng mới bằng cách đưa ra những địa điểm được nhiều người đánh giá cao và phù hợp với sở thích của người dùng dựa vào ngữ cảnh hiện tại của những người dùng hoặc theo chủ đề mà họ quan tâm, minh họa như trong Hình 9.

V. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

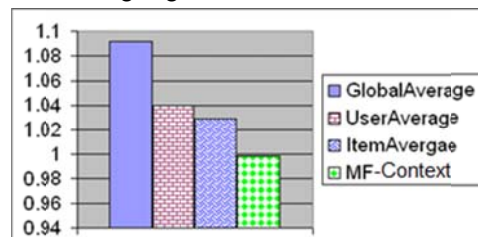
Dữ liệu: Chúng tôi thu thập dữ liệu đánh giá thực tế từ người dùng trong thời gian 1.5 tháng cho các điểm du lịch trong phạm vi tỉnh Kiên Giang. Tập dữ liệu thu được gồm 123 người dùng (users), 51 điểm du lịch (items) và 693 đánh giá (ratings - từ 1 đến 5 tương ứng với mức độ thích từ thấp đến cao). Các ngữ cảnh mà người dùng có thể chọn là “Bạn đồng hành”, “thời điểm”, “thời tiết”, “vị trí” và “phạm vi”.

Độ đo: Để đánh giá hiệu quả của giải thuật (hay tổng quát là của cả hệ thống), chúng tôi sử dụng độ đo phổ biến nhất mà cộng đồng người dùng trong lĩnh vực hệ thống gợi ý thường sử dụng là Root Mean Squared Error (RMSE) (Guy Shani and Asela Gunawardana, 2011). Đây là độ đo hay được dùng trong dự đoán xếp hạng (rating prediction) – là lĩnh vực của nghiên cứu này.

RMSE được xác định qua công thức:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{(u,i,r) \in D^{test}} (r - \hat{r}_{(u,i)})^2}{|D^{test}|}}$$

Trong đó: $D^{test} \subseteq (U \times I \times R)$ là tập dữ liệu dùng để đánh giá; (u, i, r) tương ứng là user, item và rating; r là giá trị đánh giá thực tế, còn $\hat{r}_{(u,i)}$ là giá trị dự đoán tương ứng của user u trên item i .



Hình 10. So sánh RMSE giữa các phương pháp

Kết quả đánh giá dựa trên độ đo RMSE: Kỹ thuật kiểm tra chéo (n-folds cross validation) đã được sử dụng khi đánh giá kết quả. Kết quả thực nghiệm trên tập dữ liệu thực với $n=3$ được minh họa trong Hình 10. Kết quả này cho thấy phương pháp gợi ý theo ngữ cảnh đã được sử dụng có độ tin cậy cao hơn các phương pháp baseline khác như Global Average, User Average, Item Average (xem thêm các phương pháp này trong Koren et al., 2009).

Rõ ràng rằng nếu gợi ý ngẫu nhiên một địa điểm nào đó (hoặc khi không có thông tin gì) cho người dùng, độ đo lỗi gần tương tự như Global Average, trong khi dùng phương pháp gợi ý theo ngữ cảnh (kết hợp với MF) thì kết quả cải thiện hơn rất nhiều, điều đó chứng tỏ những lời gợi ý có thể đáp ứng được cho sở thích của người dùng.

VI. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Bài viết này đã đề xuất một giải pháp trong xây dựng hệ thống gợi ý dựa vào thông tin ngữ cảnh, từ đó áp dụng vào bài toán gợi ý các điểm du lịch. Hệ thống gợi ý du lịch theo ngữ cảnh đã được xây dựng hoàn chỉnh và thực nghiệm từ phản hồi của người dùng cho thấy hệ thống có thể đưa ra những lời gợi ý khá phù hợp với ngữ cảnh hiện tại của người dùng.

Hệ thống này sẽ tiếp tục được mở rộng theo những hướng như: Phát triển hệ thống trên nền tảng các thiết bị di động thông minh; Ứng dụng GPS để có thể định vị chính xác hơn và giúp cho chức năng dẫn đường hiệu quả hơn; Phát triển thêm các chức năng khác kèm theo cho hệ thống như: gợi ý nhà hàng - ẩm thực, gợi ý khách sạn,...

Việc gợi ý theo ngữ cảnh cũng có thể được mở rộng sang nhiều lĩnh vực khác như: âm nhạc, phim ảnh, bán hàng trực tuyến,... Tuy nhiên ở mỗi ứng dụng cụ thể ta cần xác định các yếu tố ngữ cảnh sao cho phù hợp.

VII. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor (2011). *Recommender Systems Handbook*, pages 217-250.
- [2] José M. Noguera, Manuel J. Barranco, Rafael J. Segura, Luis Martínez (2012). *A Mobile 3D-GIS Hybrid Recommender System for Tourism*. Journal Information Sciences: an International Journal Volume 215, December, 2012, pp. 37-52.
- [3] Gediminas Adomavicius and Alexander Tuzhilin (2008). Context-aware recommender systems. In Proceedings of the 2008 ACM RecSys '08. ACM, New York, 335-336.
- [4] Nguyen Thai-Nghe, Tomáš Horváth, Lars Schmidt-Thieme (2011): *Context-Aware Factorization Models for Student's Task Recommendation*, in Proceedings of UMAP 2011.
- [5] Koren, Y., Bell, R., and Volinsky, C. (2009). Matrix factorization techniques for recommender systems. IEEE CS, 42(8): 30-37.
- [6] Nguyễn Thái Nghe (2013). *Kỹ thuật phân rã ma trận trong xây dựng hệ thống gợi ý*. Trang 44-53, số 06/2013. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Đà Lạt.
- [7] Guy Shani, Asela Gunawardana (2011). Evaluating Recommendation Systems. *Recommender Systems Handbook 2011*. Pages 257-297.
- [8] Francesco Ricci (2002). Travel Recommender Systems, IEEE Intelligent Systems, November/December, 55-57, 2002.
- [9] Damianos G., C. Konstantopoulos, K. Mastakas, G. Pantziou. *Mobile recommender systems in tourism*, Journal of Network and Computer Applications, Volume 39, March 2014, 319-333.
- [10] Gavalas, D.; Kasapakis, V.; Konstantopoulos, C.; Mastakas, K.; Pantziou, G., "A survey on mobile tourism Recommender Systems," 2013 Third International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT), pp.131-135, 19-21 June 2013.
- [11] Manuel J. Barranco, José M. Noguera, Jorge Castro, Luis Martínez. A Context-Aware Mobile Recommender System Based on Location and Trajectory. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Volume 171, 2012, pp 153-162.
- [12] Damianos Gavalas, Charalampos Konstantopoulos, Konstantinos Mastakas, Grammati Pantziou, Mobile recommender systems in tourism, Journal of Network and Computer Applications, Volume 39, March 2014, Pages 319-333.
- [13] Linaza, MariaTeresa and Agirregoikoa, Amaia and Garcia, Ander and Torres, JoseIgnacio and Aranburu, Kepa (2011). Image-based Travel Recommender System for small tourist destinations. In Books: Information and Communication Technologies in Tourism. Springer Vienna.

AN APPROACH FOR BUILDING CONTEXT - AWARE RECOMMENDER SYSTEMS

Lu Chan Thien, Nguyen Thai Nghe

Abstract - Recommender Systems are widely used in many areas, such as in e-commerce (for online shopping), in entertainments (for movie recommendation, music recommendation, etc) and so on, to predict users' preference based on their past preferences/behaviors.

In this work, we propose an approach for Building Context-Aware Recommender Systems. We then apply this approach for a Tourist recommendation system so that the system can recommend appropriate places to tourists. This system combines several approaches such as contextual pre-filtering, matrix factorization, and contextual post-filtering to improve the prediction accuracy of the model. Experimental results show that this is a promising approach for building Tourist Recommender Systems.

Keywords: Recommender Systems, Context-Aware Tourist Recommender Systems, matrix factorization, collaborative filtering.