

$$b_u = \frac{\sum_{(u', i, r \in D^{train}) | u' = u} (r - \mu)}{|\{(u', i, r \in D^{train}) | u' = u\}|}$$

b_i : là giá trị thiên vị *item*

$$b_i = \frac{\sum_{(u, i', r \in D^{train}) | i' = i} (r - \mu)}{|\{(u, i', r \in D^{train}) | i' = i\}|}$$

s_{tk} : là hàm làm trơn hàm mũ

$$s_{tk} = \alpha r_{t-1} + (1 - \alpha) S_{(t-1)k}, \quad t \geq 2$$

q_{tk} : là véc tơ tiềm ẩn đại diện cho thời gian

L : là độ dài số giao dịch trong quá khứ sử dụng cho mô hình dự đoán

Với mô hình đề đã đề xuất ở trên, hàm mục tiêu của mô hình dự đoán trở thành

$$O^{TFES} = \sum_{(u, i, t) \in D^{train}} (r_{ui} - \hat{r}_{ui})^2 + \lambda (\|W\|_F^2 + \|H\|_F^2 + \|Q\|_F^2 + b_u^2 + b_i^2) \quad (10)$$

Trong đó W, H, Q lần lượt là các ma trận nhân tố tiềm ẩn đại diện cho *user*, *item*, và *time*. λ là hệ số chính tắc hóa ($0 \leq \lambda < 1$) tương tự như MF. Hàm mục tiêu (10) vẫn được tối ưu bằng phương pháp SGD, tức là các tham số w, h, q tương ứng sẽ được cập nhật theo công thức:

$$w_{uk}^{new} = w_{uk}^{old} - \beta \left(\frac{\partial O^{TFES}}{\partial w_{uk}^{old}} \right) \quad (11)$$

$$h_{ik}^{new} = h_{ik}^{old} - \beta \left(\frac{\partial O^{TFES}}{\partial h_{ik}^{old}} \right) \quad (12)$$

$$q_{tk}^{new} = q_{tk}^{old} - \beta \left(\frac{\partial O^{TFES}}{\partial q_{tk}^{old}} \right) \quad (13)$$

Với β là tốc độ học (learning rate, $0 < \beta < 1$).

Giá trị của $\frac{\partial O^{TFES}}{\partial w_{uk}}, \frac{\partial O^{TFES}}{\partial h_{ik}}$ và $\frac{\partial O^{TFES}}{\partial q_{tk}}$ được xác

định bởi công thức:

$$\frac{\partial O^{TFES}}{\partial w_{uk}} = -2(r_{ui} - \hat{r}_{ui})h_{ik}\Phi_{tk} + \lambda w_{uk} \quad (14)$$

$$\frac{\partial O^{TFES}}{\partial h_{ik}} = -2(r_{ui} - \hat{r}_{ui})w_{uk}\Phi_{tk} + \lambda h_{ik} \quad (15)$$

$$\frac{\partial O^{TFES}}{\partial q_{tk}} = -2(r_{ui} - \hat{r}_{ui})w_{uk}h_{ik}(\sum_{t=2}^L s_{tk}) + \lambda q_{tk} \quad (16)$$

Sau quá trình tối ưu, ta nhận được các tham số W, H, Q . Khi đó, chúng ta có thể dự đoán kết quả xếp hạng cho *user* u trên *item* i thông qua công thức (9).

4 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

4.1 Dữ liệu

Để thực nghiệm mô hình đề xuất ở trên chúng tôi sử dụng các tập dữ liệu từ hai lĩnh vực khác nhau là trong giải trí và trong giáo dục.

Cụ thể, tập dữ liệu Movielens 100k được công bố năm 1998 bởi nhóm GroupLens. Tập dữ liệu này có 100.000 đánh giá được thực hiện bởi 943 người dùng trên số lượng 1.682 phim, mỗi người dùng có đánh giá ít nhất 20 phim và đánh giá được gán 1 (tệ) đến 5 (tuyệt vời)...

Tập dữ liệu Assistments (2009-2010) trích từ hệ thống Assistments (Feng et al., 2009), tập dữ liệu này có nguồn gốc từ hệ thống trợ giảng thông minh, kết quả đạt được từ các lần sinh viên giải quyết các bài tập, câu hỏi sẽ được dùng để dự đoán khả năng thực hiện của sinh viên khi có một yêu cầu mới. Tập dữ liệu Algebra (2009 - 20010) có các thuộc tính tương tự tập Assistments và được công bố từ KDD Cup 2010 (Bennett et al., 2007). Hai tập dữ liệu này có thể được ánh xạ tương ứng qua các khái niệm trong RS như: sinh viên \rightarrow user; công việc \rightarrow item; và kết quả \rightarrow rating. Thông tin của 3 tập dữ liệu trên được mô tả cụ thể trong Bảng 1.

4.2 Kết quả thực nghiệm

Để kết quả thực nghiệm được khách quan, các tập dữ liệu dùng trong thực nghiệm sẽ được phân chia theo phương pháp Splitting (Kohavi, 1995), chọn ngẫu nhiên 70% số phần tử của tập dữ liệu dùng làm tập học và 30% còn lại dùng làm tập kiểm tra.

Bảng 1: Thông tin về dữ liệu sử dụng trong thực nghiệm

Tập dữ liệu	Số user	Số item	Số rating
Movielens 100k	943	1,682	100,000
Assistments (2009 – 2010)	8,519	35,798	1,011,079
Algebra (2009 – 2010)	3,310	1,422,200	8,918,054

Các siêu tham số (hyper-parameters) trong mô hình dự đoán như số lần lặp (Iter), số nhân tố tiềm ẩn K , tốc độ học β , hệ số chính tắc hóa λ và hằng số làm trơn mũ α được xác định bằng phương pháp tìm kiếm siêu tham số (hyper-parameter search) (Cen et al., 2006).

Tuy nhiên, do việc tìm kiếm bằng vét cạn sẽ mất nhiều thời gian nên đề tài chỉ thực hiện việc tìm kiếm thô cho các phương pháp này. Ví dụ: Iter $\in (50, 100, \dots, 1000)$, $K \in (2^3, 2^4, \dots, 2^8)$, $\beta \in (10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 5 \cdot 10^{-5}, 5 \cdot 10^{-4}, 5 \cdot 10^{-3})$, $\lambda \in (15 \cdot 10^{-4}, 15 \cdot 10^{-3}, 55 \cdot 10^{-5}, 55 \cdot 10^{-4}, 55 \cdot 10^{-3})$, $\alpha \in (0.1, 0.2, \dots, 0.9)$. Mỗi lần sẽ sử dụng một bộ siêu tham số (Iter, $K, \beta, \lambda, \alpha$) để xây dựng mô hình trên tập huấn luyện và dự đoán cho tập kiểm tra, tính độ lỗi RMSE. Sau khi thử hết các bộ siêu tham số sẽ