데이터 과학

L09: Latent Factor Model

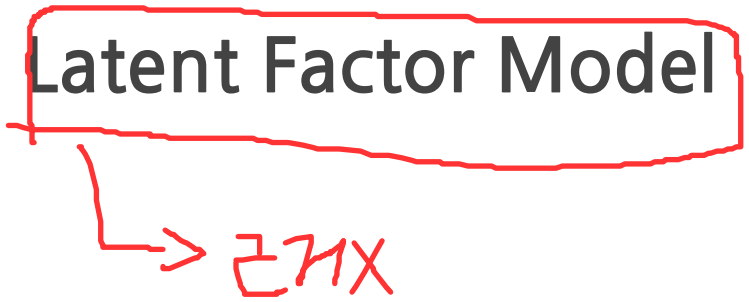
Kookmin University

추천시스템

내가 이 드라마를 본다면, **별점을 몇점을 줄까**?
내 예상별점이 높은 드라마를 추천해줘..!

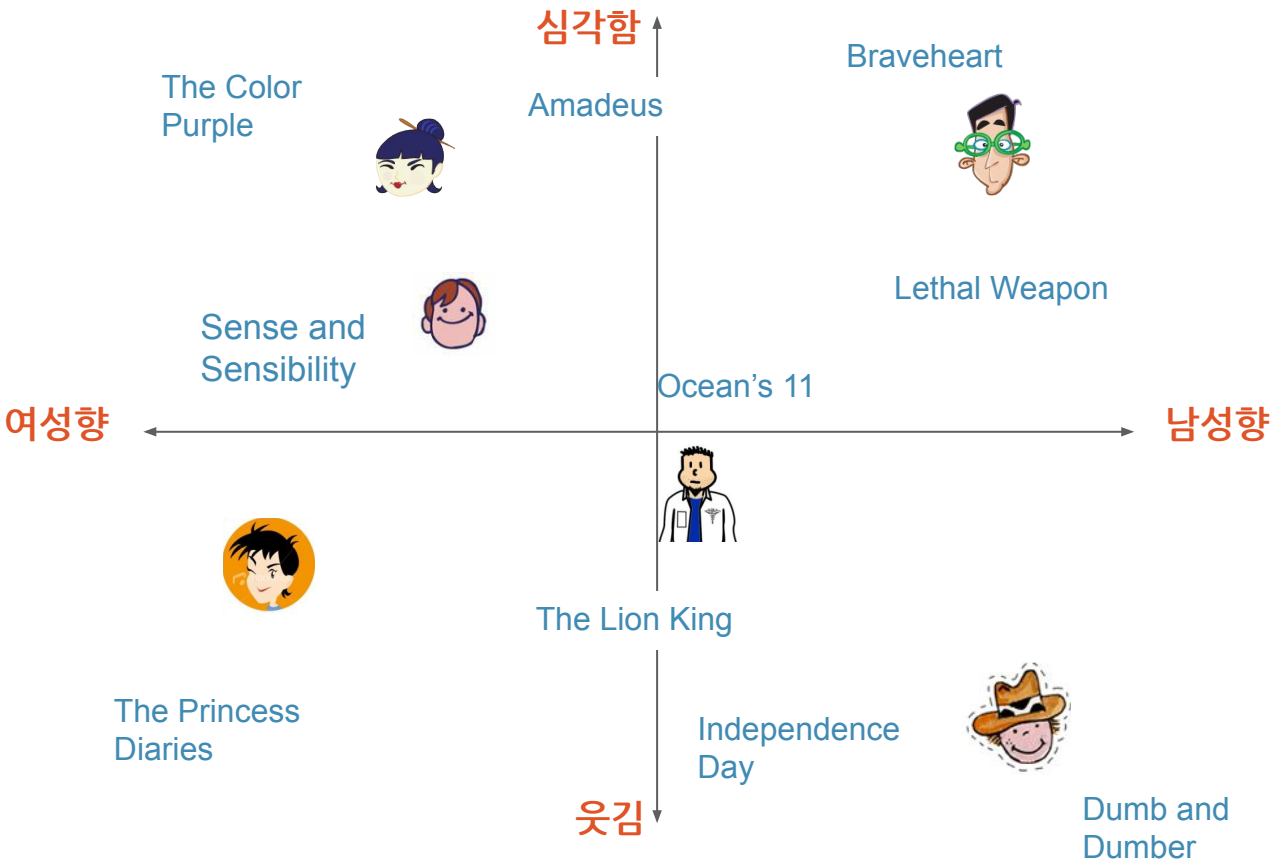
별점 예측 방법

- Collaborative Filtering
  - Item-Item Collaborative Filtering
  - User-User Collaborative Filtering
- Latent Factor Model



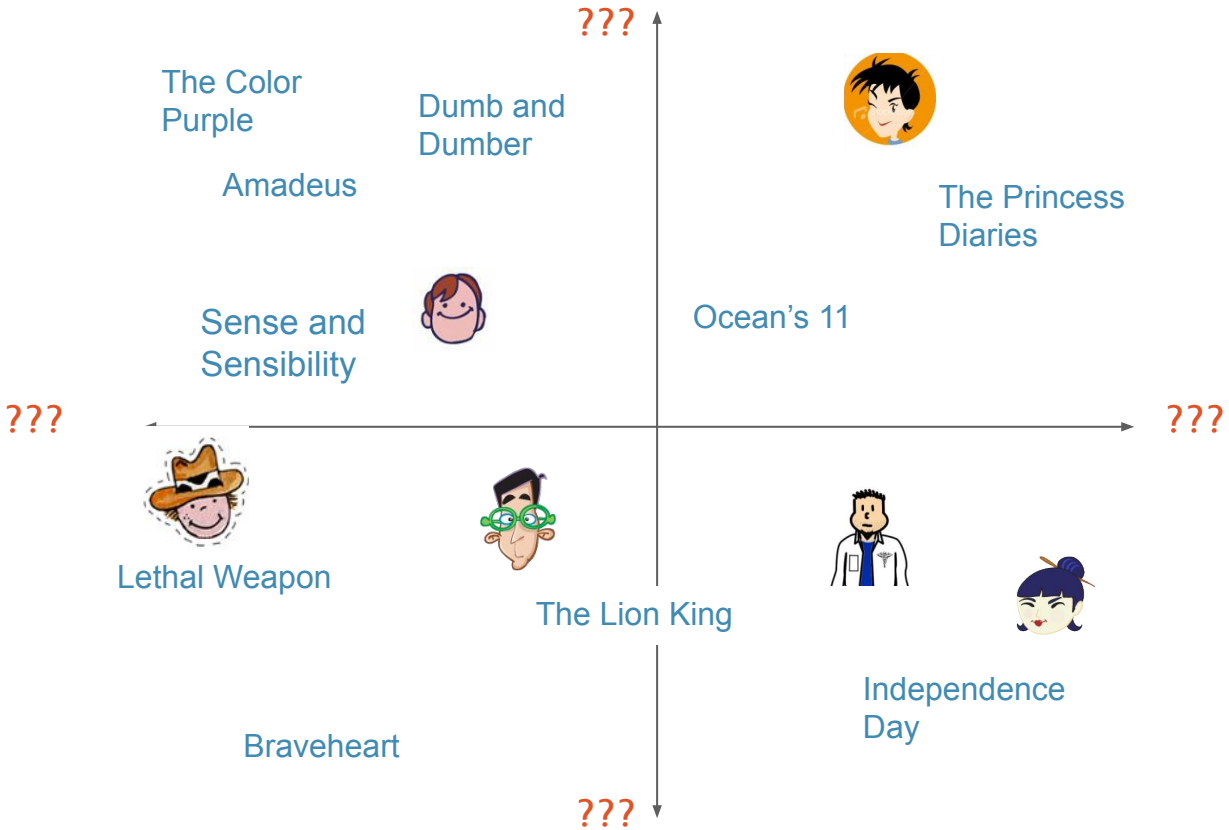
Factor Model

- 사용자와 아이템을 **요소(Factor)**들로 나타낼 수 있다고 보는 모델



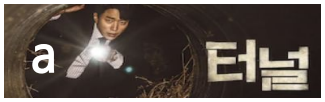
Latent Factor Model

- 사용자와 아이템을 **잠재적인 요소(Factor)**들로 나타낼 수 있다고 보는 모델
  = 뭔진 모르겠지만 아무튼 어떤 요소 ???



Matrix Factorization

- 사용자와 영화를 같은 차원의 공간에 매핑한다.
  = 각각의 사용자와 영화를 같은 차원의 벡터로 표현한다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
a 		4		5			5			3		1
b 	3	1	2			4			4	5		
c 		5	3	4		3		2	1		4	2
d 		2			4			5		4	2	
e 	5	2					2	4	3	4		
f 		4			2			3		3		1

Matrix Factorization

- 각각의 사용자와 영화를 같은 차원의 벡터로 표현한다.

User Matrix Q^T

0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	0.4	0.1
0.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.6	0.1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2
0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0.7

Item Matrix P

0.3	0.4	0.4		4		5			5	?		3		1
0.4	0.4	0.1	3	1	2			4			4	5		
0.4	0.2	0.8		5	3	4		3		2	1		4	2
0.7	0.5	0.9		2			4			5		4	2	
0.1	0.1	0.6	5	2					2	4	3	4		
0.1	0.3	0.1		4			2			3		3		1

Matrix Factorization

- 사용자와 영화가 벡터로 표현됐다면, 평점을 예측할 수 있다.

User Matrix Q^T

0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	0.4	0.1
0.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.6	0.1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2
0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0.7

Item Matrix P

0.3	0.4	0.4		4		5			5	4.2		3		1
0.4	0.4	0.1	3	1	2			4			4	5		
0.4	0.2	0.8		5	3	4		3		2	1		4	2
0.7	0.5	0.9		2			4			5		4	2	
0.1	0.1	0.6	5	2					2	4	3	4		
0.1	0.3	0.1		4			2			3		3		1

Matrix Factorization

- 사용자 매트릭스와 아이템 매트릭스를 어떻게 구할 수 있을까?
  ⇒ 예측 결과가 실제 값과 비슷해지도록 최적화!

$$\arg\min_{P,Q} \sum_{(i,x)\in R} \left(r_{xi} - p_i \cdot q_x\right)^2$$

SSE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
a 터널		4		5			5			3		1
b SKY캐슬	3	1	2			4			4	5		
c 보이스		5	3	4		3		2	1		4	2
d 상속자들		2			4			5		4	2	
e 이태원 클라쓰	5	2					2	4	3	4		
f 치즈인더트랩		4			2			3		3		1

P

$$\approx \begin{bmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.4 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 \\ 0.4 & 0.2 & 0.8 \\ 0.7 & 0.5 & 0.9 \\ 0.1 & 0.1 & 0.6 \\ 0.1 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.4 & 0.1 & 0.4 & 0.1 & 0.4 & 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.4 & 0.1 & 0.4 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.5 & 0.6 & 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.7 & 0.3 & 0.7 & 0.3 & 0.7 & 0.3 & 0.7 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.7 \end{bmatrix}$$

Q

가설, 비용, 업데이트

- 가설함수:

$$H(i,x) = p_i \cdot q_x$$

- 비용:

$$cost(P,Q) = \sum_{(i,x)\in R} (r_{xi} - H(i,x))^2$$

- 업데이트:

$$P = P - \alpha \frac{\partial cost(P,Q)}{\partial P}$$

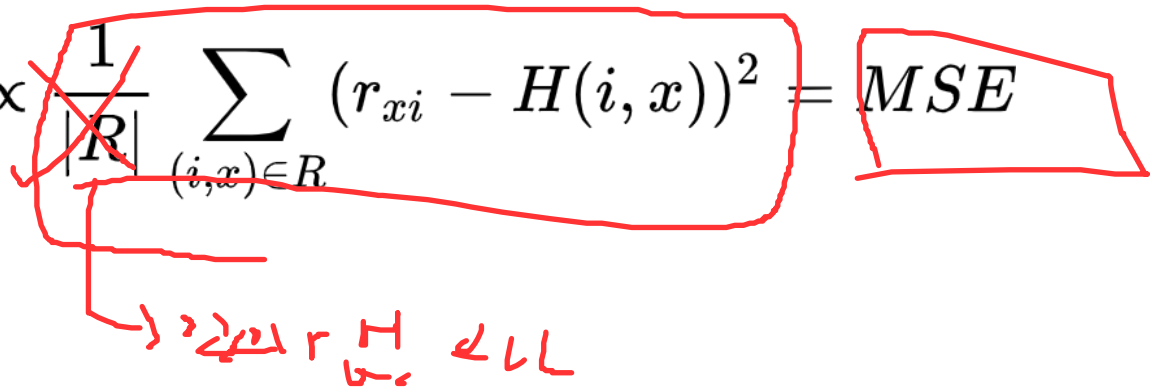
$$Q = Q - \alpha \frac{\partial cost(P,Q)}{\partial Q}$$

가설, 비용, 업데이트

- 비용:

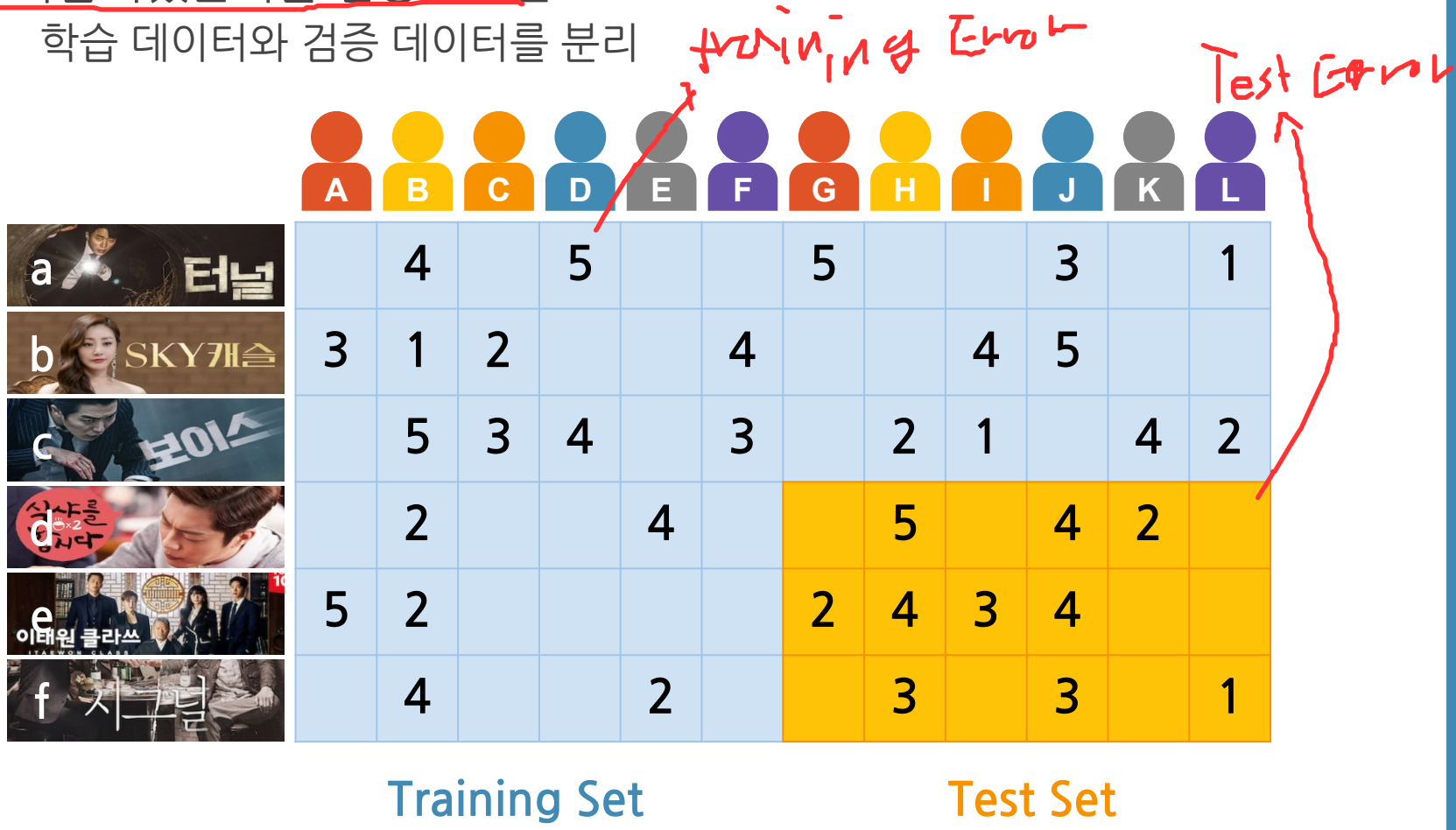
$$cost(P,Q) = \sum_{(i,x)\in R} (r_{xi} - H(i,x))^2$$

$$\propto \frac{1}{|R|} \sum_{(i,x)\in R} (r_{xi} - H(i,x))^2 = MSE$$



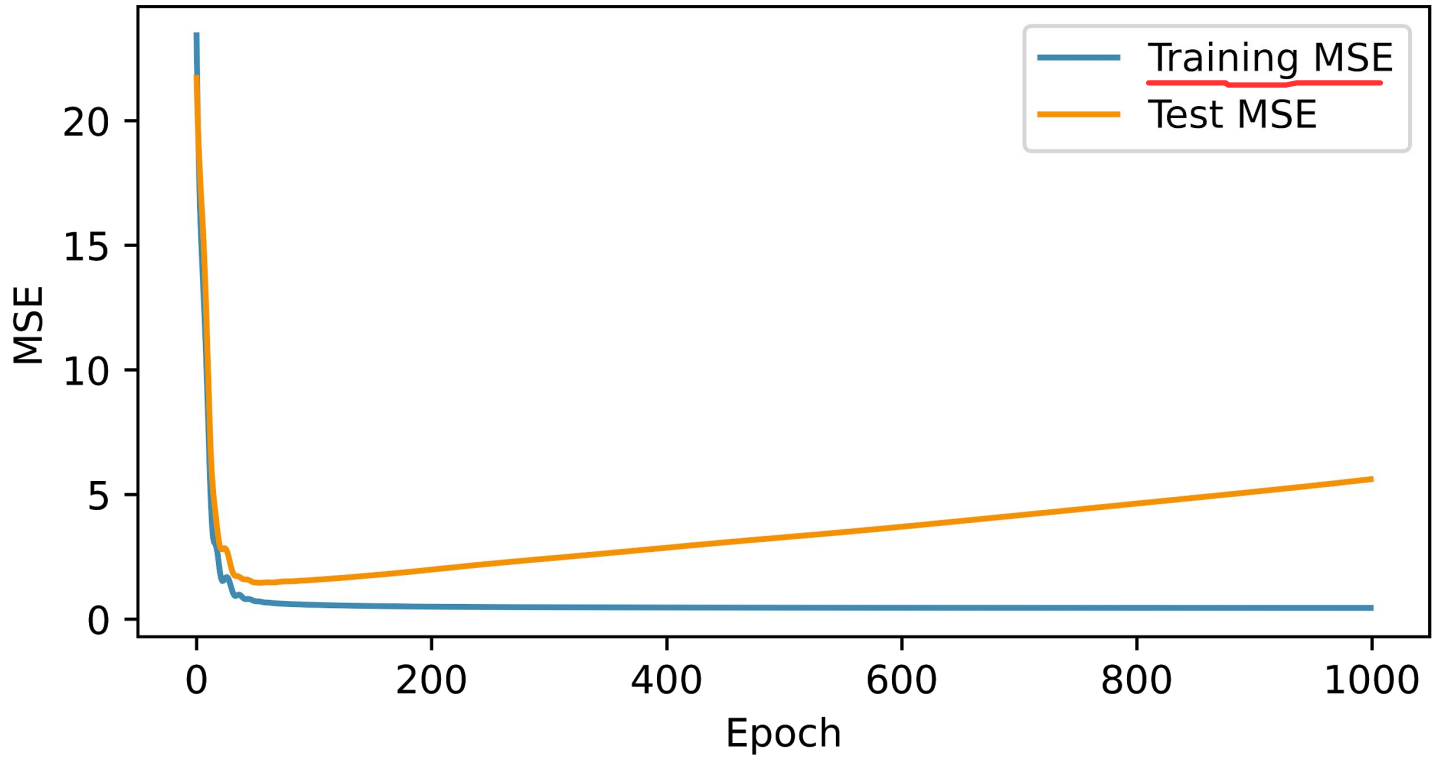
Training, Test

- 잘 학습되었는지를 검증하려면?
  - 학습 데이터와 검증 데이터를 분리



Overfitting

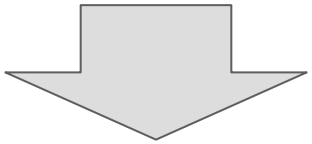
- 실제로 학습해보면, 학습이 잘 되는가 싶은데…
  - 학습이 진행될수록 MSE 값이 점점 증가한다…? → **Overfitting 발생**



Regularization 제약

- Training Data에 너무 매몰되지 않도록, latent vector가 너무 큰 값을 갖는 (범위를 벗어나는) 경우 패널티를 주자 → **정규화 (Regularization)**

$$cost(P,Q) = \sum_{(i,x)\in R} (r_{xi} - H(i,x))^2$$



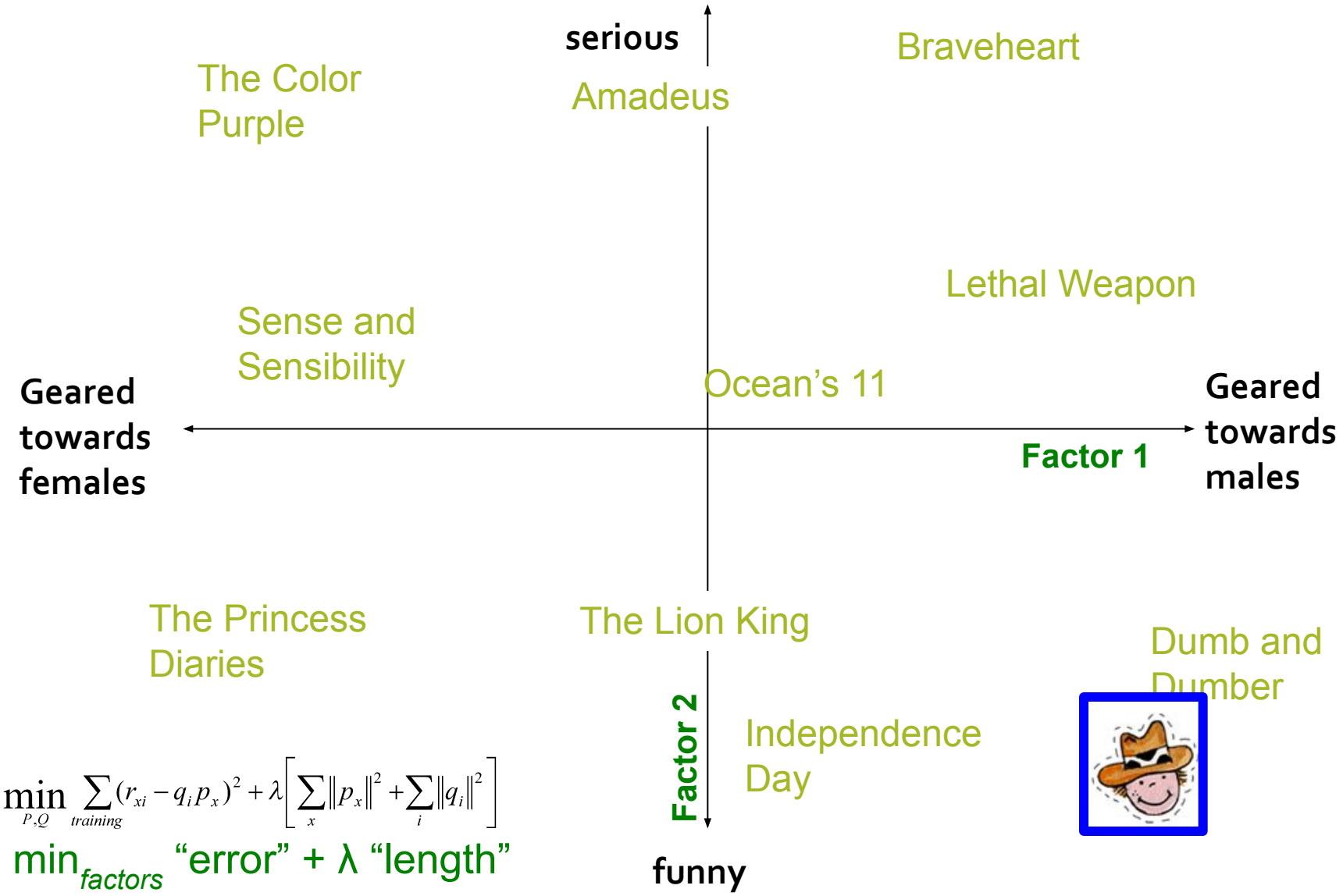
$$cost(P,Q) = \sum_{(i,x)\in R} (r_{xi} - H(i,x))^2 + \lambda_1 \sum_i ||p_i||_2^2 + \lambda_2 \sum_x ||q_x||_2^2$$

과도에서 해결책

(하이퍼파라미터)

원점으로 당겨줌

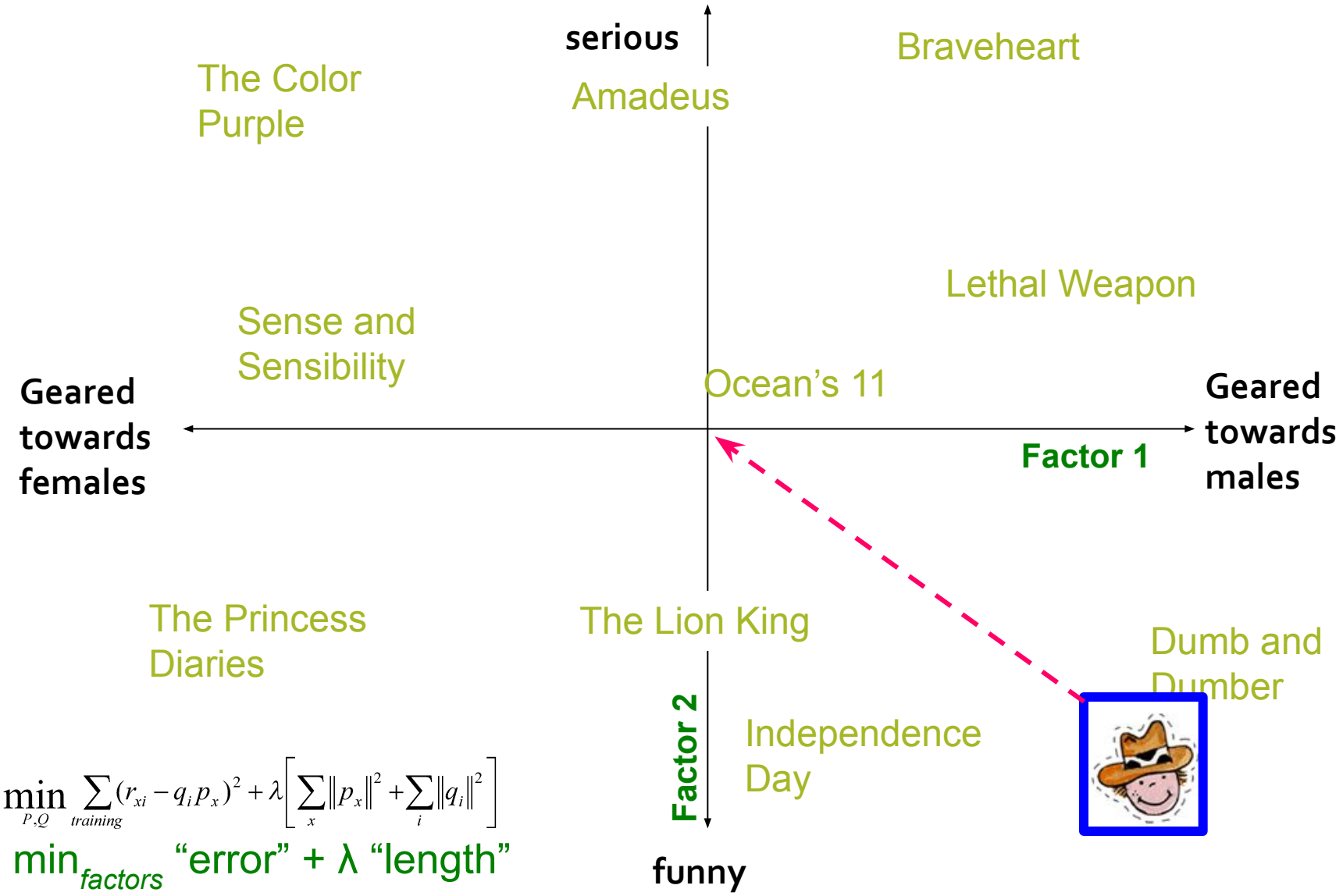
The Effect of Regularization



$$\min_{P,Q} \sum_{training} (r_{xi} - q_i p_x)^2 + \lambda \left[\sum_x \|p_x\|^2 + \sum_i \|q_i\|^2 \right]$$

$\min_{factors}$ "error" + λ "length"

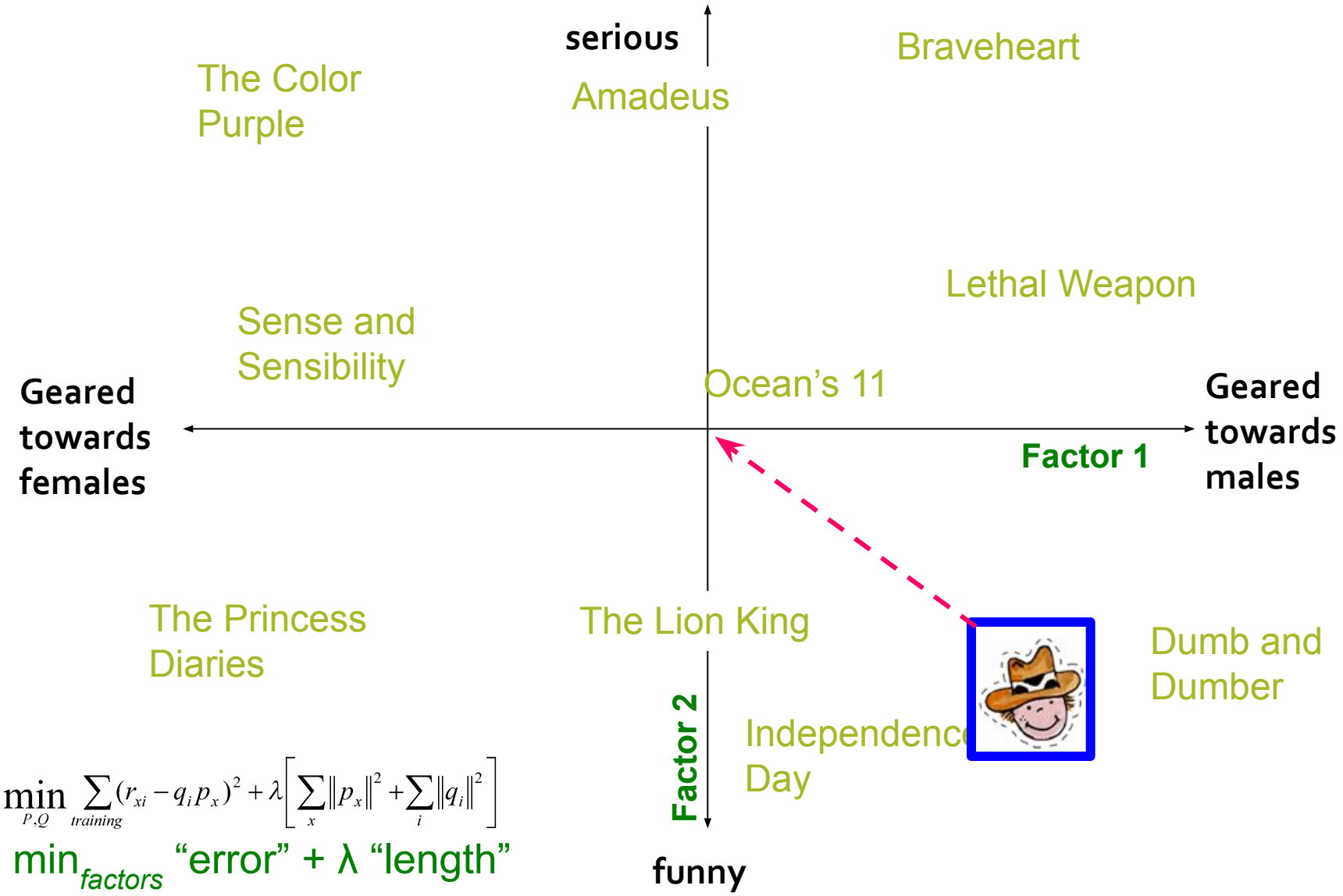
The Effect of Regularization



$$\min_{P,Q} \sum_{training} (r_{xi} - q_i p_x)^2 + \lambda \left[\sum_x \|p_x\|^2 + \sum_i \|q_i\|^2 \right]$$

$\min_{factors}$ "error" + λ "length"

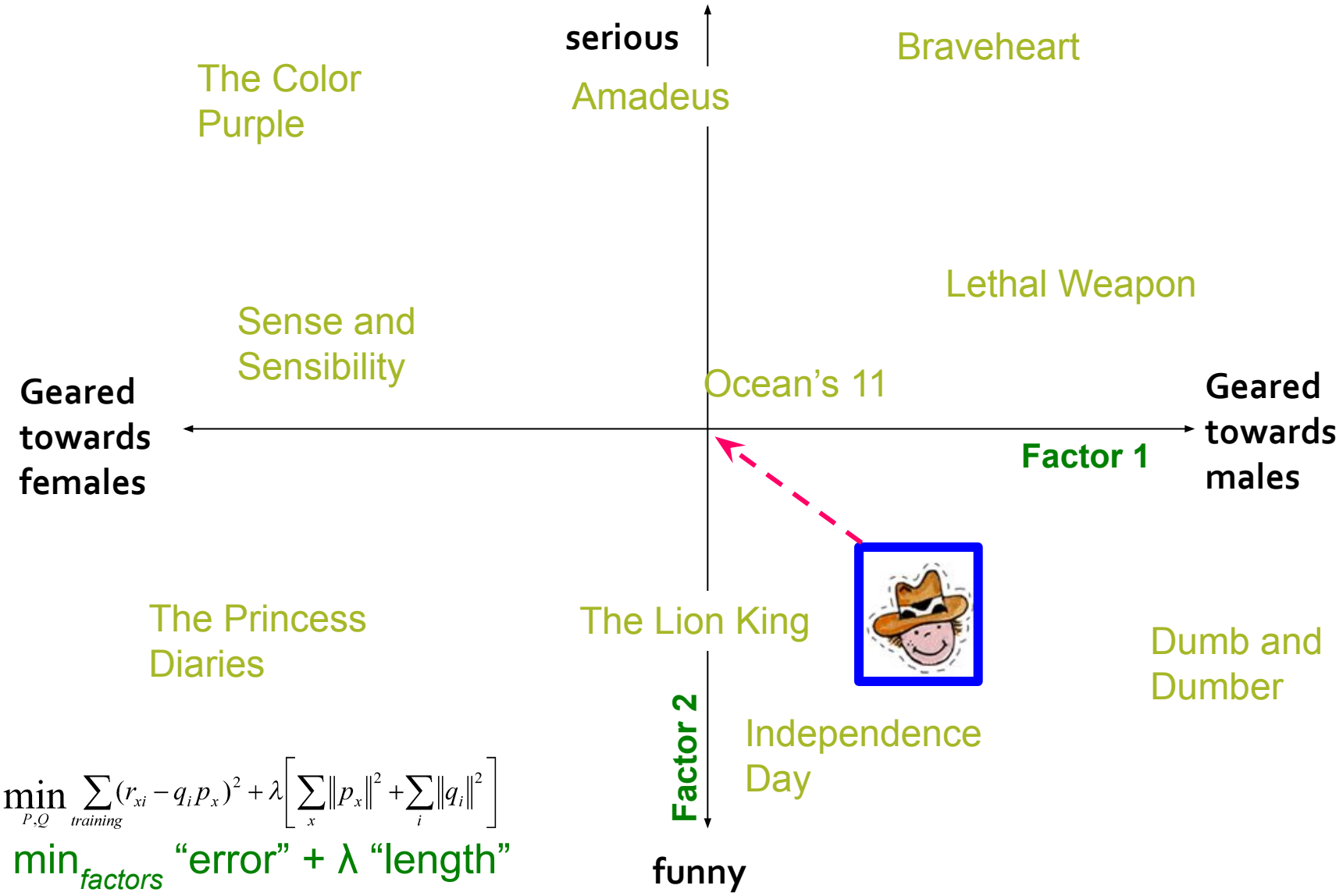
The Effect of Regularization



$$\min_{P,Q} \sum_{training} (r_{xi} - q_i p_x)^2 + \lambda \left[\sum_x \|p_x\|^2 + \sum_i \|q_i\|^2 \right]$$

$\min_{factors}$ "error" + λ "length"

The Effect of Regularization



$$\min_{P,Q} \sum_{training} (r_{xi} - q_i p_x)^2 + \lambda \left[\sum_x \|p_x\|^2 + \sum_i \|q_i\|^2 \right]$$

$\min_{factors}$ "error" + λ "length"

Global Baseline Estimate (다시보기)

이미 **높은 평점을 받은 드라마**에는 나도 높은 평점을 주지 않을까?

진원이는 깐깐한 편인데, 평균보다 조금 낮게 평점을 주지 않을까?

- 진원이가 드라마 "이태원 클라쓰"를 보고 매길 평점 예측하기
  - 문제: 진원이는 "이태원 클라쓰"와 비슷한 드라마를 본 적이 없다...!

- 평점 가늠해보기 (Global Baseline Estimate)
  - 평균 드라마 평점: 3.7점
  - "이태원 클라쓰" 의 평점 평균: 4.2점 (평균보다 0.5점 높음)
  - 진원이의 평점 평균: 3.5점 (평균보다 0.2점 낮음)
  - **기본 점수 (Global baseline) 예측**: 3.7 + 0.5 - 0.2 = 4.0점

Latent Factor Model + Bias

$$H(i,x) = \mu + b_i + b_x + p_i \cdot q_x$$

Overall mean rating

Bias for movie *i*

Bias for user *x*

User-Movie interaction

$$cost(P,Q) = \sum_{(x,i) \in R} (r_{xi} - H(i,x))^2$$

$$+ \left(\lambda_1 \sum_i ||p_i||_2^2 + \lambda_2 \sum_x ||q_x||_2^2 + \lambda_3 \sum_i ||b_i||_2^2 + \lambda_4 \sum_x ||b_x||_2^2 \right)$$

Questions?