

# Filtros Colaborativos para recomendaciones con PySpark

Ignacio Soto Zamorano

*Big Data Week - SCL 2019*

# Sobre la charla

## Objetivos

- Entender el uso de los filtros colaborativos para generar recomendaciones.
- Identificar los rudimentos del método Alternating Least Squares (ALS).
- Implementar ALS utilizando `pyspark.ml.recommendation.ALS`.
- Generar recomendaciones a partir de un modelo entrenado.
- **Los ejemplos se ejecutarán en modo local.**

## Datos

- Yelp Challenge Dataset:  
<https://www.yelp.com/dataset/download>

## Replicación

- Los archivos se encuentran disponibles en <https://github.com/ignaciosotoz/collaborative-filtering-using-pyspark>

# I. Motivación

Objetivos a responder - Soluciones Alternativas

# Recomendación I 0 I

- **Objetivo:** En base a un registro de usuarios e items evaluados, generar sugerencias.
- **Principio basal:** *Si existen dependencias significativas entre usuarios y actividad centrada en el item, podemos utilizarlas para generar nuevas entradas (Aggarwal 2016, 2).*
- La recomendación puede tener objetivos centrados en la **predicción** o en el **ranking** de items.
- Variantes de recomendación:
  - Content-based
  - Knowledge-based
  - Collaborative filtering

# Collaborative Filtering

- El filtro colaborativo se puede entender como una generalización al problema de clasificación seminal en Machine Learning.
- Variantes:
  1. **Basados en regresión y decisión:** Árbol de Decisión, Regresión Logística.
  2. **Basados en reglas de asociación:** Algoritmo Apriori.
  3. **Basados en coocurrencias:** , Similitudes de Coseno/Jaccard, Algoritmos Aglomerativos, Bayes Ingenuo.
  4. **Basados en modelos de caja negra:** Random Forest, SVM, (Wide and) Deep Learning.
  5. **Basados en factores latentes.**

# Modelos de factores latentes

- Los modelos de factores latentes se consideran *state of the art* (Aggarwal 2016).
- Los modelos de factores latentes presentan dos ventajas:
  - Superan el problema de matrices dispersas.
  - Reexpresan la dimensionalidad excesiva en nuevos vectores.

# II. Rudimentos

Reducción de Dimensiones - Alternating Least Squares

# Problema fundamental

## Clasificación

Demarcación clara de los elementos

$X$							$y$
$X_{\text{train}}$	1	4	2	3	2	3	1
	2	5	4	6	2	5	3
	6	2	5	2	3	2	3
	2	6	2	5	2	3	5
	5	3	6	2	5	2	2
$X_{\text{test}}$	6	2	5	2	3	3	3
	6	2	5	2	3	3	2
	5	2	5	2	3	3	3

## Filtro colaborativo

No existe demarcación clara  
Problema de matriz dispersa

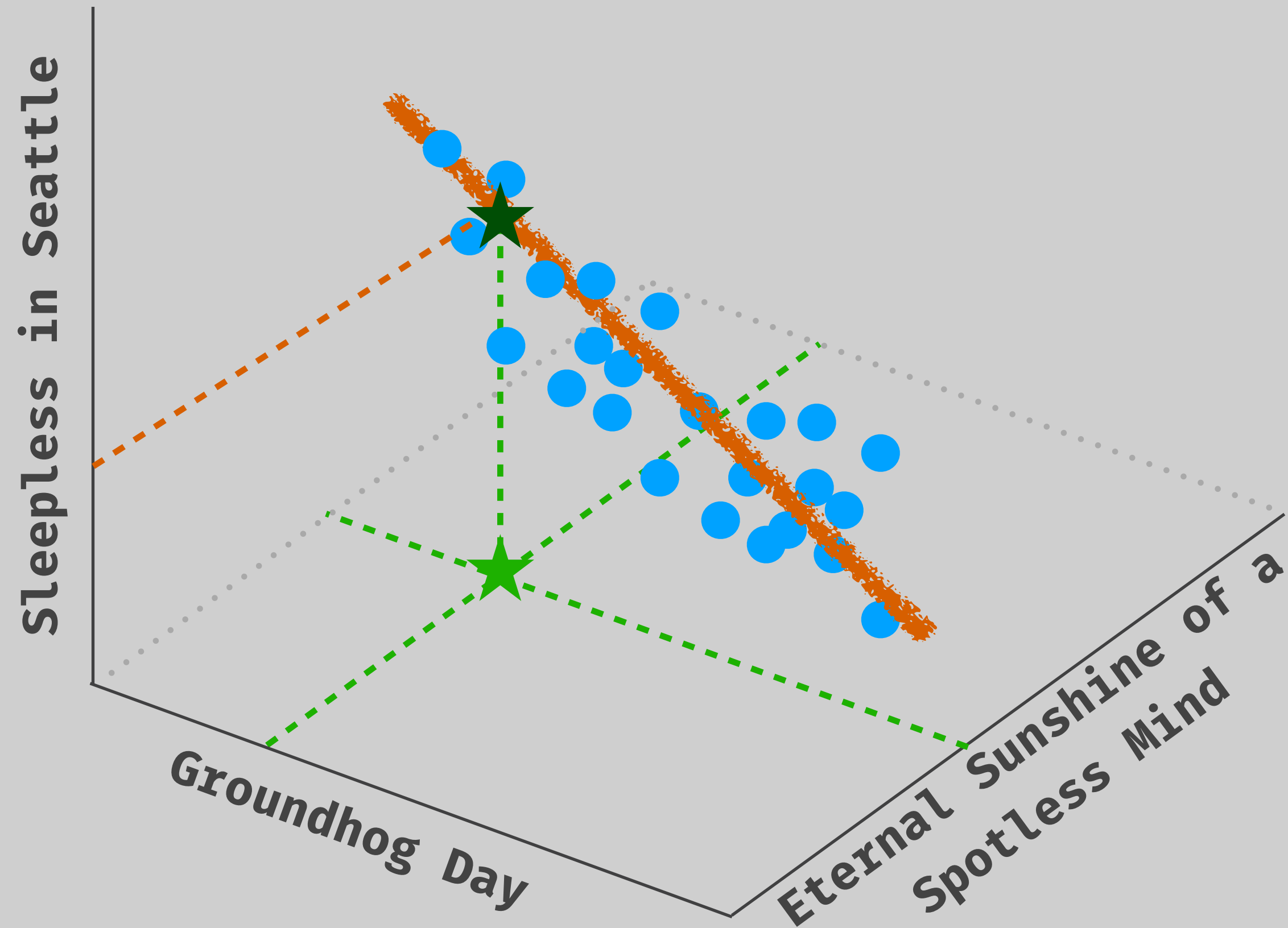
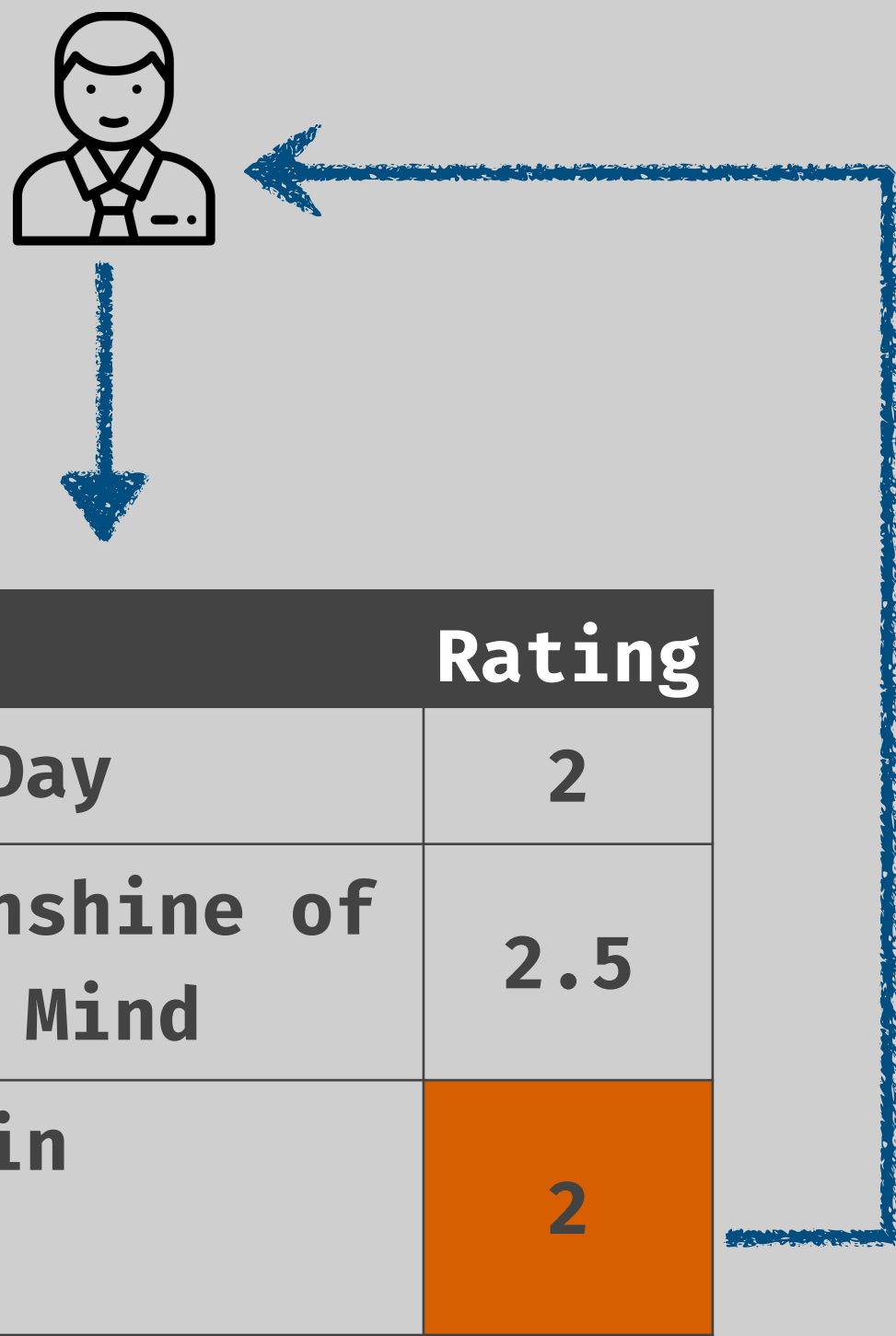
	$i_1$	$i_2$	$i_3$	...	...	...	$i_{k-1}$	$i_k$
$u_1$	1	?	2	?	?	3	3	?
$u_2$	?	5	?	?	2	?	?	3
$u_3$	?	?	4	?	?	?	1	?
$\vdots$	2	?	?	?	1	?	?	?
$\vdots$	?	3	?	?	?	?	?	1
$\vdots$	?	?	?	1	?	3	?	?
$u_{j-1}$	?	3	?	?	5	?	?	?
$u_j$	5	?	?	4	?	?	2	?



# Reducción de Dimensiones

- **Objetivo:** En base a una matriz, generar una representación tratable de los datos mediante un vector latente que represente la relación entre datos.
- Variantes
  - **Principal Components Analysis.**
  - (Truncated) Singular Value Decomposition.
  - Non Negative Matrix Factorization.

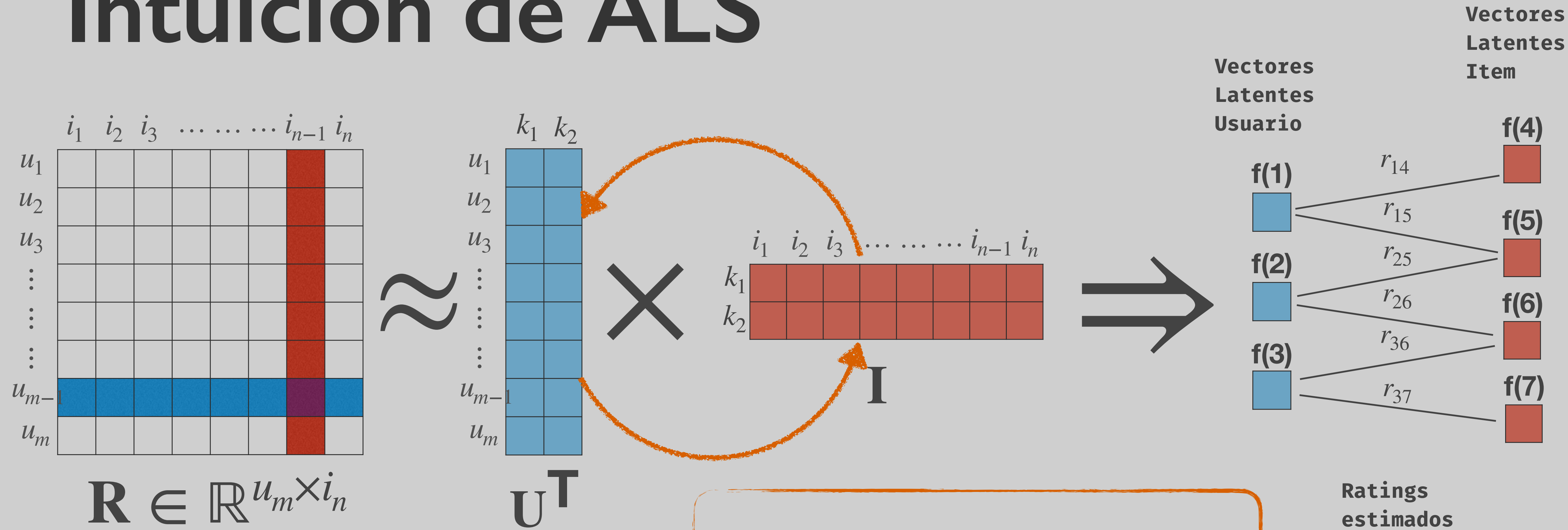
# Interpretación geométrica



# Alternating Least Squares

- **Objetivo:** Dado una matriz de ratings  $R \approx U^T I$ , completar las celdas vacías.
- ALS obtiene un número pequeño de factores ( $k \approx 10$ ) con los cuales vamos a resumir la matriz de rating a lo largo de usuarios e items.
- En base a estos factores, podemos aproximarnos a la imputación de los ratings a completar.

# Intuición de ALS



- **Dado una matriz a completar:**

- Resolvemos un problema de mínimos cuadrados para la matriz  $\mathbf{U}$ , manteniendo  $\mathbf{I}$  fijo.
- Resolvemos un problema de mínimos cuadrados para la matriz  $\mathbf{I}$ , manteniendo  $\mathbf{U}$  fijo.
- Iteramos hasta alcanzar convergencia.

# III. Práctico

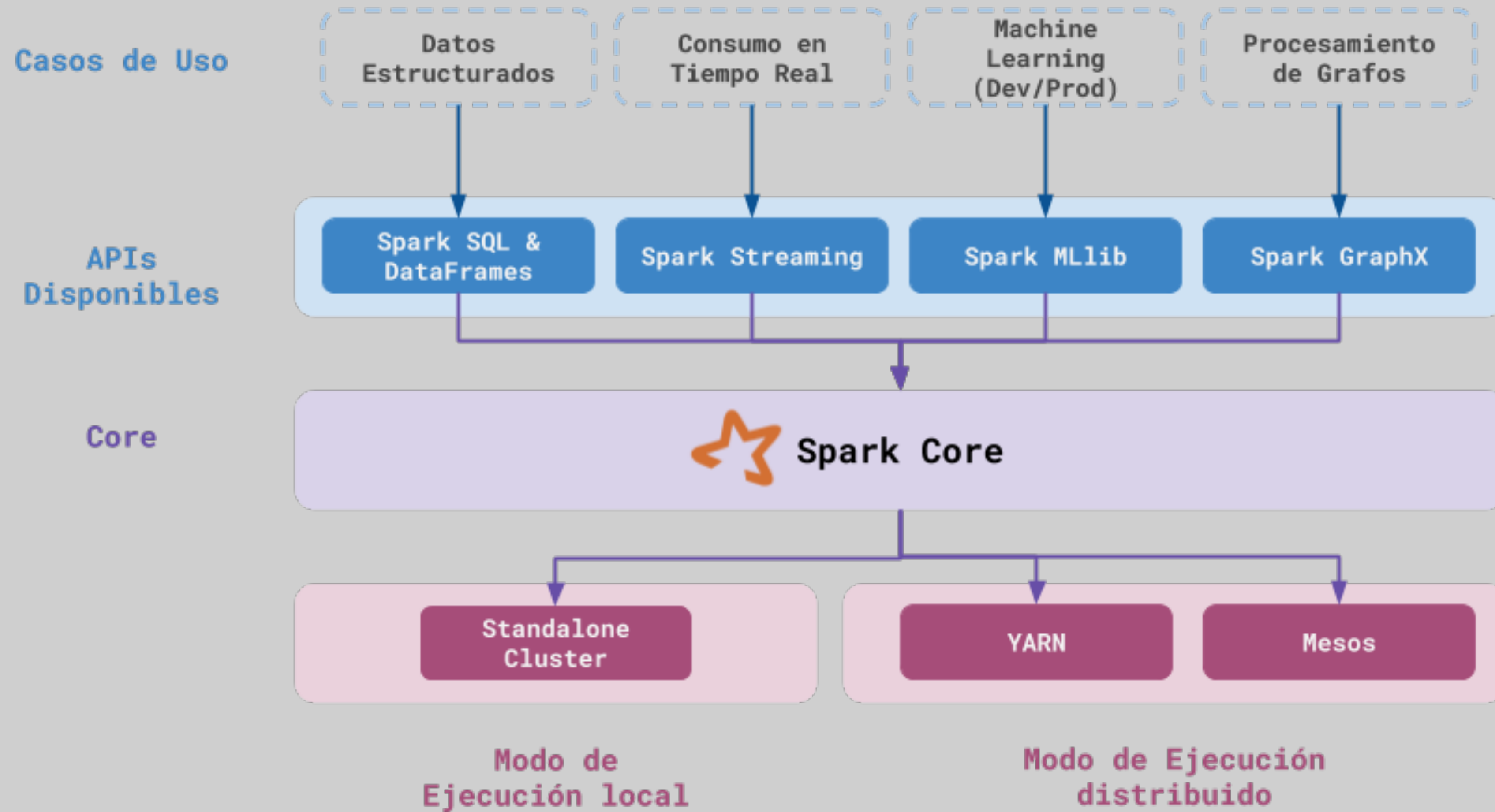
Yelp Data - `pyspark.ml.recommendation.ALS`

# Registro ejemplo

```
1 {"review_id":"Q1sbwvVQXV2734tPgoKj4Q",  
2  "user_id":"hG7b0MtEbXx5QzbzE6C_VA",  
3  "business_id":"ujmEBvifdJM6h6RLv4wQIg",  
4  "stars":1.0,  
5  "useful":6,  
6  "funny":1,  
7  "cool":0,  
8  "text":"Total bill for this horrible service? ...",  
9  "date":"2013-05-07 04:34:36"}
```

...	...	ujmEBvifdJM6h6RLv4wQIg	...
...	...	...	...
hG7b0MtEbXx5QzbzE6C_VA	...	1.0	...
...	...	...	...
...	...	...	...

# Consideraciones



# `pyspark.sql.dataframe.DataFrame`

- Son similares a la estructura `pandas.DataFrame` (que se inspira en el `data.frame` de R).
  - Almacenan datos bidimensionales.
  - Columnas con un tipo de dato, filas que representan un registro.
- Tienen el concepto de **lazy evaluation** de los RDD.
- Presenta una buena integración con `pyspark.ml`.



# pyspark.ml

- Spark es una plataforma de uso general para problemas de Big Data.
- MLlib es un componente estándar que provee de primitivos de Machine Learning sobre Spark.
- `pyspark.mllib`: Versión orientada a RDD.
- `pyspark.ml`: Versión orientada a `pyspark.sql.dataframe.DataFrame`.

# SparkSession

```
0 from pyspark.sql import SparkSession
1
2 spark = SparkSession\
3     .builder\
4     .master('local[*]')\
5     .appName('big-data-week')\
6     .enableHiveSupport()\
7     .getOrCreate()
```

Constructor de sesión

Asignación de recursos de modo local

Nombre de la aplicación

Habilitación de Motor Hive

Creación o sobrescritura de la sesión

# Preprocesamiento

```
0 from pyspark.ml.feature import StringIndexer
1 from pyspark.ml import Pipeline
2
3 user_id_indexer = StringIndexer(inputCol="user_id",
4                                outputCol="user_id_indexed")
5
6 business_id_indexer = StringIndexer(inputCol='business_id',
7                                     outputCol='business_id_indexed')
8
9 pipeline_proc = Pipeline(stages=[user_id_indexer, business_id_indexer])
10
11 yelp_review_proc = pipeline_proc\
12     .fit(yelp_review)\
13     .transform(yelp_review)
```

De string a numérico

Concatenación de pasos de trabajo

Definición de la columna a transformar

Concatenación secuencial

Generamos la transformación

Implementamos la transformación

# Entrenamiento del modelo

```
0 from pyspark.ml.recommendation import ALS
```

```
1
```

```
2 train_als = ALS(rank=5, ← Cantidad de vectores latentes a inferir  
3               userCol='user_id_indexed', ← Identificación de los usuarios  
4               itemCol='business_id_indexed', ← Identificación de los items  
5               ratingCol='stars', ← Escala de Evaluación  
6               regParam=0.01, ← Hiperparámetro de regularización (norma l2)  
7               coldStartStrategy='drop') ← Estrategia de datos perdidos
```

```
0 train_als_model = train_als.fit(yelp_review_proc) ← Entrenamiento del modelo
```

# Aspectos adicionales del modelo

## Regularización

- ALS regulariza los factores inferidos para evitar dominancia excesiva en los factores.
- En específico, utiliza norma L2 para disminuir pero no cancelar factores.

## Cold Start Problem

- Los filtros colaborativos funcionan bien en la medida que recopilan información de usuarios existentes.
- Para usuarios nuevos, las predicciones tenderán a ser inexactas.

# RegressionEvaluator

```
0 from pyspark.ml.evaluation import RegressionEvaluator
1
2 evaluate_als = RegressionEvaluator(predictionCol='prediction', ← Columna con predicciones (y_hat)
3                                     labelCol='stars', ← Etiqueta a comparar (y_test)
4                                     metricName='rmse') ← Métrica a implementar
5 get_rmse = evaluate_als.evaluate(get_predictions) ← Evaluación
6 print(f"RMSE promedio: {get_rmse}")
```

# RegressionMetrics

```
0 from pyspark.mllib.evaluation import RegressionMetrics
1
2 user_level_prediction = get_predictions\
3     .select('prediction','stars')\
4     .rdd\
5     .map(lambda x: (x[0], x[1]))
6
7 regression_metrics_output = RegressionMetrics(user_level_prediction)
```

Utilizando las predicciones

Seleccionamos lo predicho/observado

Coercionamos a un RDD

Implementamos un map

Ejecutamos

# Referencias

- Aggarwal, Charu. 2016. Recommender Systems. Springer.
- Chambers, Bill; Zaharia, Matei. 2018. Spark, The Definitive Guide: Big Data Processing Made Simple. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Karau, Holden; Warren, Rachel. 2017. High Performance Spark: Best Practices for scaling and optimizing Apache Spark. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Yang, Xiwang; Guo, Yang; Liu, Yong; Steck, Harald. 2014. A survey of collaborative filtering based social recommender systems. Computer Communications 41: 1-10.



# IV. Apéndice

# ALS para relleno de matrices

Inicializar U e I

Repetir

$$\forall j = \{1, \dots, n\} : \\ u_j = \left( \sum_{r_{jk} \in r_{j*}} i_k \cdot i_k^{\mathbf{T}} + \lambda \mathbb{I}_f \right)^{-1} \sum_{r_{jk} \in r_{j*}} r_{jk} i_k$$

$$\forall k = \{1, \dots, m\} : \\ i_k = \left( \sum_{r_{jk} \in r_{*k}} u_j \cdot u_j^{\mathbf{T}} + \lambda \mathbb{I}_f \right)^{-1} \sum_{r_{jk} \in r_{*k}} r_{jk} u_j$$

Hasta alcanzar convergencia