

## Processament del Llenguatge Humà 10. Resolució de la coreferència

Introducció

Metodologia  
general

Detecció de  
mencions

Predicció de  
coreferents  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicció de  
coreferents  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat d'Informàtica de Barcelona



# Outline

- 1** Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2** Metodología general
- 3** Detección de menciones
- 4** Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5** Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6** Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 **Introducción**
  - **Objetivo y motivación**
  - **Previos**
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Objetivo y  
motivación

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Objetivo de la resolución de coreferencias

**Determinar qué menciones se refieren a la misma entidad, propiedad o evento del mundo.**

Ejemplo:

FC Barcelona president Joan Laporta has warned Chelsea off star strike Lionel Messi.

This warning has generated dicouragement in Chelsea.

Aware of Chelsea owner Roman Abramovich's interest in the young Argentine, Laporta said last night: " I will answer as always, Messi is not for sale and we do not want to let him go."

Introducción

Objetivo y motivación

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

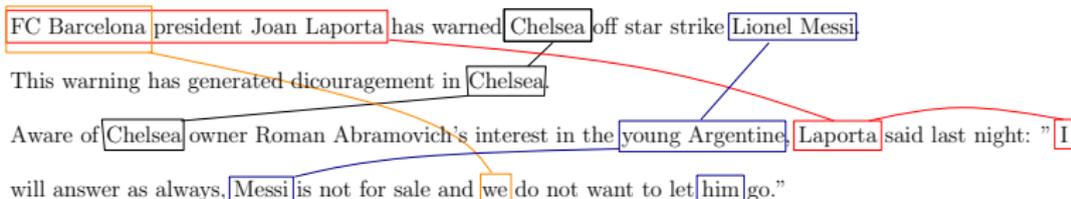
Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Objetivo de la resolución de coreferencias

**Determinar qué menciones se refieren a la misma entidad, propiedad o evento del mundo.**

Ejemplo:



Introducción

Objetivo y motivación

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Objetivo de la resolución de coreferencias

**Determinar qué menciones se refieren a la misma entidad, propiedad o evento del mundo.**

Ejemplo:

FC Barcelona president Joan Laporta has warned Chelsea off star strike Lionel Messi

This warning has generated discouragement in Chelsea.

Aware of Chelsea owner Roman Abramovich's interest in the young Argentine, Laporta said last month that Messi  
will answer as always, Messi is not for sale and we do not want to let him go."

Introducción

Objetivo y  
motivación

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Resolución de coreferencias entre sintagmas nominales

- Tipo de coreferencia más estudiado en el estado del arte.
- **Objetivo:** determinar qué **sintagmas nominales (SN)** se refieren a la **misma entidad del mundo**.
  - P.e.: [Messi]<sub>1</sub> is not for sale. We do not want to let [him]<sub>1</sub> go.
  - P.e.: [The car]<sub>1</sub> hit a tree. [The vehicle]<sub>1</sub> was found one day later.
  - P.e.: [Bruce Springsteen]<sub>1</sub> will play in Barcelona. [The Boss]<sub>1</sub> is well liked in that place.

En este curso nos enfocaremos solo en este tipo de resolución de coreferencias.

(Por brevedad, nos referiremos a ella simplemente como *resolución de coreferencias*).

Introducción

Objetivo y motivación

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Motivación

La resolución de coreferencias está involucrada en muchas tareas de PLN:

- *Reading machine*: requiere la interpretación completa del texto
- Extracción de información  
P.e.: Extraer organizaciones en las que trabaja una persona concreta
- Generación automática de resumen  
P.e.: Encontrar las oraciones relevantes relacionadas con una persona concreta
- *Question Answering*:  
P.e.: Responder preguntas factuales como *Dónde ha trabajado su esposa?*  
*La Sra. Sánchez entró en IBM en 1976*

Introducción

Objetivo y motivación

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

## 1 Introducción

- Objetivo y motivación
- **Previos**

## 2 Metodología general

## 3 Detección de menciones

## 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

- Modelo de par de menciones
- Modelo de ranking de menciones
- Modelo entidad-mención

## 5 Predicción de coreferentes basada en reglas

## 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Previos

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Tipos de referentes

Introducción

Previos

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

- Expresiones: pueden requerir conocimiento del mundo para su resolución
  - Ex: Laporta, the president, FC Barcelona president Joan Laporta
  - Ex: Lionel Messi, the young Argentine
- Pronombres: puede ser útil información lingüística para su resolución (número, género, restricciones gramaticales)
  - Ex: Laporta said: "I will answer"
  - Ex: the president said: "I will answer"

# Coreferente, Anáfora, Catáfora

- Coreferente: dos menciones se refieren a la misma entidad del mundo

Introducción

Previos

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Coreferente, Anáfora, Catáfora

- Coreferente: dos menciones se refieren a la misma entidad del mundo
- Anáfora: una mención (*anáfora*) se refiere a una mención precedente (*antecedente*) y la interpretación de la anáfora depende del antecedente.

*John Smith* had been writting for months. *He* ended up sleeping on the bed.

Introducción

Previos

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Coreferente, Anáfora, Catáfora

- Coreferente: dos menciones se refieren a la misma entidad del mundo

- Anáfora: una mención (*anáfora*) se refiere a una mención precedente (*antecedente*) y la interpretación de la anáfora depende del antecedente.

*John Smith* had been writting for months. *He* ended up sleeping on the bed.

- Catáfora: el antecedente ocurre después

*He* had been writting for months. *John Smith* ended up sleeping on the bed.

Introducción

Previos

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Coreferente, Anáfora, Catáfora

- Coreferente: dos menciones se refieren a la misma entidad del mundo
- Anáfora: una mención (*anáfora*) se refiere a una mención precedente (*antecedente*) y la interpretación de la anáfora depende del antecedente.

*John Smith* had been writting for months. *He* ended up sleeping on the bed.
- Catáfora: el antecedente ocurre después

*He* had been writting for months. *John Smith* ended up sleeping on the bed.
- La anáfora ocurre con mucha más frecuencia que la catáfora

Introducción

Previos

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Coreferencia vs Anáfora

La resolución anafórica es diferente de la resolución de coreferencias

Ejemplo	Anáfora	Coreferencia
[ <i>John</i> ] <sub>1</sub> wrote [ <i>his</i> ] <sub>1</sub> book.	X	X
[ <i>Steve Jobs</i> ] <sub>2</sub> set up Apple in 1976. [ <i>The genius</i> ] <sub>2</sub> died in 2011.	X	X
[ <i>The man</i> ] <sub>3</sub> wrote [ <i>his</i> ] <sub>3</sub> book.	X	X
(1) [ <i>Every dog</i> ] <sub>3</sub> has [ <i>its</i> ] <sub>3</sub> day.	X	
(2) The boy entered [ <i>the room</i> ] <sub>4</sub> . The [ <i>door</i> ] <sub>4</sub> closed automatically.	X	
(3) [ <i>Apple</i> ] <sub>5</sub> launched the iPhoneX today. [ <i>Apple</i> ] <sub>5</sub> has already won 100 millions.		X

Introducción

Previos

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Metodología general de un resolvedor de coreferencias



## Detección de menciones:

- Detectar las fronteras de las menciones en el texto de entrada.
- $m = (m_1, m_2, \dots, m_n)$  por orden de ocurrencia.

## Predicción de coreferencias:

- Encontrar las cadenas de coreferentes.
- Reglas hechas a mano
- Métodos basados en aprendizaje automático

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Detección de menciones

Dos opciones:

- Usar un modelo de reconocimiento de SNs (Sesión 7)
- Usar el resultado de un analizador sintáctico

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Detección de menciones

Dos opciones:

- Usar un modelo de reconocimiento de SNs (Sesión 7)
- Usar el resultado de un analizador sintáctico
  - Preproceso: PoS tagging, NERC y análisis sintáctico (de constituyentes o de dependencias).

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Detección de menciones

Dos opciones:

- Usar un modelo de reconocimiento de SNs (Sesión 7)
- Usar el resultado de un analizador sintáctico
  - Preproceso: PoS tagging, NERC y análisis sintáctico (de constituyentes o de dependencias).
  - Recursivamente, visitar el árbol sintáctico y aceptar las siguientes menciones:
    - Pronombres (filtrar algunos - p.e., *It is raining*)
    - Nombres propios
    - Proyecciones máximas de SNs
    - SNs coordinados

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

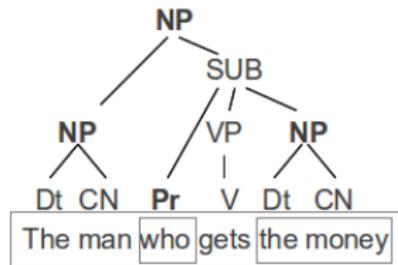
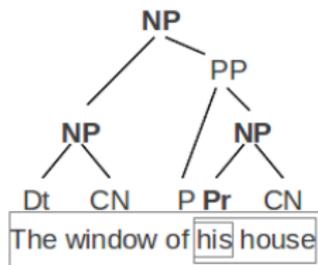
Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Detección de menciones - Ejemplos

Ejemplos de proyecciones máximas de SNs con árboles de constituyentes:



Eliminar SNs que comparten el mismo *head*  
(*head*: esencialmente, el nombre mas a la derecha -inglés- del primer sub-constituyente)

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Modelo de pares de menciones

- Ejemplos: pares  $(m_i, m_j)$  clasificados como CO/NC.
- Dos pasos:
  - 1 Aprender un clasificador de pares de menciones. P.e.:
    - Árboles de decisiones [McCarthy & Lehnert, 95], [Soon et al., 01]
    - Inducción de reglas (RIPPER) [Ng & Cardie, 02]...
    - Máxima entropía [Denis & Baldrige, 07], [Ji et al., 05]...
    - SVMs [Yang et al., 06]...
    - Deep learning [Lee et al., 17]...
    - ...
  - 2 Generar cadenas. P.e.:
    - Estrategia *closest-first* [Soon et al., 01]
    - Estrategia *best-first* [Ng & Cardie, 02]...
    - *Clustering* [Klenner & Ailloud 2008]...
    - Optimización global (ILP) [Finkel & Manning, 08]...
    - Particionado de grafos [Sapena & Padró & Turmo, 10]...
    - Deep learning [Clark & Manning, 16], [Lee et al., 17]...

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# 1) Aprender un clasificador de pares de menciones

Obtenemos los ejemplos de entrenamiento (pares de menciones) a partir de cadenas de coreferentes anotadas en el corpus:

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# 1) Aprender un clasificador de pares de menciones

Obtenemos los ejemplos de entrenamiento (pares de menciones) a partir de cadenas de coreferentes anotadas en el corpus:

## ■ Estrategia closest-first

- el clasificador se sesga hacia la selección del antecedente mas próxima a la anáfora
- $e^+ \implies (m_i, m_j)$  Anáfora  $m_j$  y antecedente más cercano  $m_i$
- $e^- \implies \forall k : i < k < j : (m_k, m_j)$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# 1) Aprender un clasificador de pares de menciones

Obtenemos los ejemplos de entrenamiento (pares de menciones) a partir de cadenas de coreferentes anotadas en el corpus:

## ■ Estrategia closest-first

- el clasificador se sesga hacia la selección del antecedente mas próxima a la anáfora
- $e^+ \implies (m_i, m_j)$  Anáfora  $m_j$  y antecedente más cercano  $m_i$
- $e^- \implies \forall k : i < k < j : (m_k, m_j)$

## ■ Estrategia best-first

- el clasificador se sesga hacia la selección del mejor antecedente
- $e^+ \implies (m_i, m_j)$  Anáfora  $m_j$  y antecedente mas cercano  $m_i$   
pero para anáforas no pronominales  $m_j$  seleccionar el antecedente no pronominal mas cercano  $m_i$
- $e^- \implies \forall k : i < k < j : (m_k, m_j)$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

1. Identifica todas las menciones relacionadas con resolución de coreferencias de sintagmas nominales de identidad en el siguiente texto:

Mr. Smith was traveling when Lara came back home. He had never been far from his wife. Mrs. Smith closed the door and went to bed thinking of John.

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

1. Identifica todas las menciones relacionadas con resolución de coreferencias de sintagmas nominales en el siguiente texto:

Mr. Smith was traveling when Lara came back home. He had never been far from his wife. Mrs. Smith closed the door and went to bed thinking of John.

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

1. Identifica todas las menciones relacionadas con resolución de coreferencias de sintagmas nominales en el siguiente texto:

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$e^+$  (1,2)

$e^-$

Estrategia *best-first*:

$e^+$  (1,2)

$e^-$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$e^+$  (1,2)

$e^-$

Estrategia *best-first*:

$e^+$  (1,2)

$e^-$

1 y 2 no esta en la misma cadena

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$e^+$  (?,3)

$e^-$

Estrategia *best-first*:

$e^+$  (?,3)

$e^-$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$e^+$  (?,3)

$e^-$

Estrategia *best-first*:

$e^+$  (?,3)

$e^-$

3 es *singleton*

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$e^+$  (1,4)

$e^-$  (2,4) (3,4)

Estrategia *best-first*:

$e^+$  (1,4)

$e^-$  (2,4) (3,4)

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5)$$

$$e^- (2,4) (3,4)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5)$$

$$e^- (2,4) (3,4)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5)$$

$$e^- (2,4) (3,4)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5)$$

$$e^- (2,4) (3,4)$$

5 es un pronombre. El antecedente puede ser un pronombre. No se obtienen  $e^-$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (5,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (5,6)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (5,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (5,6)$$

5 no precede a 6 (empiezan en la misma posición). No es  $e^-$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6)$$

6 no es pronombre y 4 lo es. Es  $e^-$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

No hay menciones entre 6 y 7. Ningún  $e^-$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (?,8)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (?,8)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (?,8)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (?,8)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

8 es *singleton* igual que 9

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (5,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (5,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (5,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (5,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

10 no es pronombre pero 5 sí, así como 4. No son  $e^+$  para *best-first*

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (5,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6) + (6,10) (7,10) (8,10) (9,10)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (5,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# Ejercicio

2. Extrae todos los ejemplos positivos y negativos de pares de menciones coreferentes para las estrategias *closest-first* y *best-first*

1:[Mr. Smith]<sub>1</sub> was traveling when 2:[Lara]<sub>2</sub> came back  
3:[home]<sub>3</sub>. 4:[He]<sub>1</sub> had never been far from 6:[5:[his]<sub>1</sub> wife]<sub>2</sub>.  
7:[Mrs. Smith]<sub>2</sub> closed 8:[the door]<sub>4</sub> and went to 9:[bed]<sub>5</sub>  
thinking of 10:[John]<sub>1</sub>.

Estrategia *closest-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (5,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6) + (6,10) (7,10) (8,10) (9,10)$$

Estrategia *best-first*:

$$e^+ (1,4) + (4,5) + (2,6) + (6,7) + (1,10)$$

$$e^- (2,4) (3,4) + (4,6) (3,6) + (2,10) (3,10) (6,10) (7,10) (8,10) (9,10)$$

Introducción

Metodología  
general

Detección de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
aprendizaje  
automático

Modelo de par de  
menciones

Predicción de  
coreferentes  
basada en  
reglas

Uso de  
recursos  
complejos

# 1) Aprender un clasificador de pares de menciones

Ejemplos de funciones de atributos para pares de menciones  $(m_i, m_j)$ :

Tipo	Atributo	Descripción
Estructural	DIST_SEN_ $\leq$ k	Distancia en oraciones no mayor que k: y,n
	DIST_SEN_ $>$ 2	Distancia en oraciones mayor que 2: y,n
	DIST_MEN_ $\leq$ k	Distancia en menciones no mayor que k: y,n
	DIST_MEN_ $>$ 2	Distancia en menciones mayor que 2: y,n
	APPOSITIVE	Una es aposición de la otra: y,n
Morphológico	NUMBER	Concuerdan en número: y,n,u
	GENDER	Concuerdan en género: y,n,u
Léxico	STR_MATCH	Son la misma cadena de palabras: y,n
	ALIAS	Una es alias de la otra: y,n,u
Morfosint.	k_PRON	$m_k$ (k=i o j) es un pronom: y,n
Sintáctico	DEF_NP	$m_i$ es un SN definido: y,n
	DEM_NP	$m_i$ es un SN demostrativo: y,n
Semántico	SEMCLASS	Concuerdan en clase semántica: y,n,u
	ANIMACY	Concuerdan en animación: y,n

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

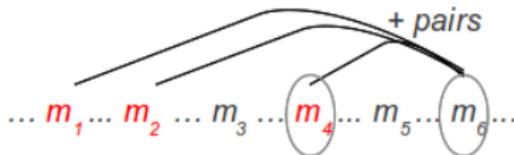
Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

## 2) Generar cadenas

### Estrategia closest-first [Soon et al., 01]



- Aplicar un clasificador binario de pares de menciones
- Para cada  $m_j$ , seleccionar como antecedente la  $m_k$  anterior más cercana (que supere una cota de aceptación en caso de usar un clasificador probabilístico)

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

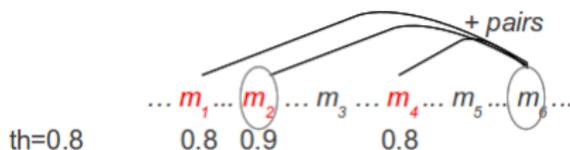
Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

## 2) Generar cadenas

### Estrategia best-first [Ng & Cardie, 02][Bengtson & Roth, 08]



- Aplicar un clasificador binario probabilístico de pares de menciones
- Para cada  $m_j$ , seleccionar como antecedente la  $m_k$  anterior con mayor probabilidad de las que alcanzan una cota de aceptación. En caso de empate entre las de mayor probabilidad se selecciona la mas cercana

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

Supón que tenemos un clasificador de pares de menciones que puede funcionar con estrategias *closest-first* y *best-first*. Supón, además, que tenemos la secuencia ordenada de menciones en un texto:  $m_1, \dots, m_9$  y las siguientes probabilidades para los pares de menciones:

$$\begin{aligned} P(CO | \langle m_1, m_7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m_2, m_7 \rangle) &= 0.7; \\ P(CO | \langle m_3, m_7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m_4, m_7 \rangle) &= 0.5; \\ P(CO | \langle m_5, m_7 \rangle) &= 0.7; & P(CO | \langle m_6, m_7 \rangle) &= 0.6; \\ P(CO | \langle m_7, m_8 \rangle) &= 0.9; & P(CO | \langle m_7, m_9 \rangle) &= 0.5; \end{aligned}$$

proporciona el antecedente de  $m_7$  que resulta de aplicar ambas estrategias con una cota de aceptación  $> 0.6$ .

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

Antecedente de  $m7$  usando *closest-first* y *best-first* suponiendo una cota de aceptación  $> 0.6$  .

$$\begin{aligned} P(CO | \langle m1, m7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m2, m7 \rangle) &= 0.7; \\ P(CO | \langle m3, m7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m4, m7 \rangle) &= 0.5; \\ P(CO | \langle m5, m7 \rangle) &= 0.7; & P(CO | \langle m6, m7 \rangle) &= 0.6; \\ P(CO | \langle m7, m8 \rangle) &= 0.9; & P(CO | \langle m7, m9 \rangle) &= 0.5; \end{aligned}$$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

Antecedente de  $m7$  usando *closest-first* y *best-first* suponiendo una cota de aceptación  $> 0.6$  .

$$\begin{array}{ll} P(CO | \langle m1, m7 \rangle) = 0.8; & P(CO | \langle m2, m7 \rangle) = 0.7; \\ P(CO | \langle m3, m7 \rangle) = 0.8; & P(CO | \langle m4, m7 \rangle) = 0.5; \\ P(CO | \langle m5, m7 \rangle) = 0.7; & P(CO | \langle m6, m7 \rangle) = 0.6; \\ P(CO | \langle m7, m8 \rangle) = 0.9; & P(CO | \langle m7, m9 \rangle) = 0.5; \end{array}$$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

Antecedente de  $m7$  usando *closest-first* y *best-first* suponiendo una cota de aceptación  $> 0.6$  .

$$\begin{aligned} P(CO | \langle m1, m7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m2, m7 \rangle) &= 0.7; \\ P(CO | \langle m3, m7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m4, m7 \rangle) &= 0.5; \\ P(CO | \langle m5, m7 \rangle) &= 0.7; & P(CO | \langle m6, m7 \rangle) &= 0.6; \\ P(CO | \langle m7, m8 \rangle) &= 0.9; & P(CO | \langle m7, m9 \rangle) &= 0.5; \end{aligned}$$

$m1$	$m2$	$m3$	$m4$	$m5$	$m6$	$m7$
0.8	0.7	0.8	0.5	0.7	0.6	

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Ejercicio

Antecedente de  $m_7$  usando *closest-first* y *best-first* suponiendo una cota de aceptación  $> 0.6$  .

$$\begin{aligned} P(CO | \langle m_1, m_7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m_2, m_7 \rangle) &= 0.7; \\ P(CO | \langle m_3, m_7 \rangle) &= 0.8; & P(CO | \langle m_4, m_7 \rangle) &= 0.5; \\ P(CO | \langle m_5, m_7 \rangle) &= 0.7; & P(CO | \langle m_6, m_7 \rangle) &= 0.6; \\ P(CO | \langle m_7, m_8 \rangle) &= 0.9; & P(CO | \langle m_7, m_9 \rangle) &= 0.5; \end{aligned}$$

$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	$m_6$	$m_7$
0.8	0.7	0.8	0.5	0.7	0.6	

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

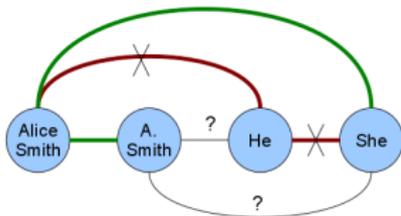
Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Problemas asociados al modelo de par de menciones

Falta de información.



Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Problemas asociados al modelo de par de menciones

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

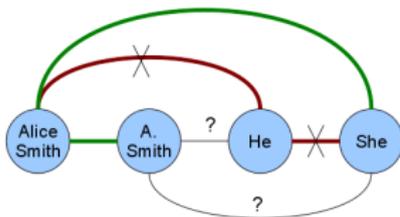
Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

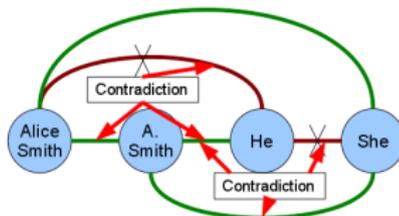
Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

## Falta de información.



## Contradicciones en la clasificación.



# Problemas asociados al modelo de par de menciones

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

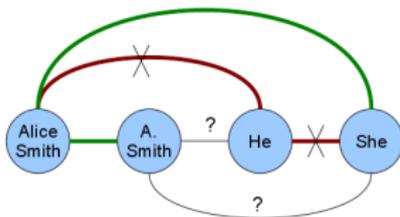
Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de par de menciones

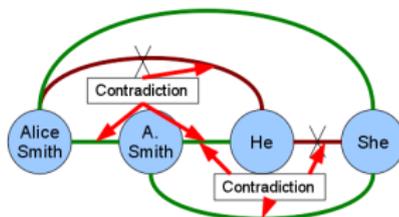
Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

Falta de información.



Contradicciones en la clasificación.



El **modelo de ranking de menciones** y el **modelo entidad-mención** son dos perspectivas para abordar esos problemas.

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - **Modelo de ranking de menciones**
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

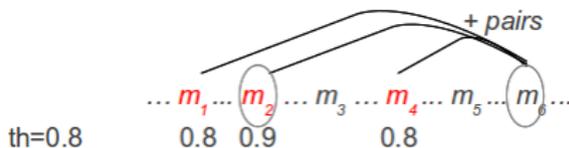
Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Modelo de ranking de menciones

- **Modelo de pares de menciones:** decisiones entre pares independientes de menciones entre  $m_j$  y cada posible antecedente.



Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

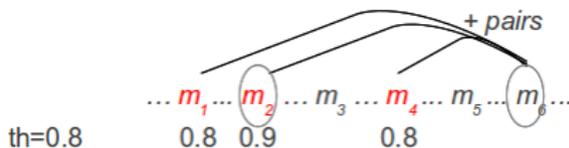
Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Modelo de ranking de menciones

- **Modelo de pares de menciones:** decisiones entre pares independientes de menciones entre  $m_j$  y cada posible antecedente.



- **Modelo de ranking de menciones:** decisiones entre  $m_j$  y TODOS sus posibles antecedentes.

El clasificador de pares de menciones es sustituido por un *ranker*.

Para cada  $m_j$  obtiene un ranking del conjunto de posibles antecedentes.

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Modelo de ranking de menciones

P.e: [Denis & Baldrige, 08]

- Aprender un *ranker* a partir de ejemplos
- Los ejemplos se extraen de las cadenas de coreferentes anotadas en un corpus
- Ejemplo =  $(m_j, \alpha_j, A_j)$ , donde:
  - $\alpha_j$ : primer antecedente de  $m_j$  (al estilo *best-first*)
  - $A_j$ : conjunto de no antecedentes en un contexto de  $\pm 2$  oraciones de  $\alpha_j$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Modelo de ranking de menciones

P.e: [Denis & Baldrige, 08]

- Aprender un *ranker* a partir de ejemplos
- Los ejemplos se extraen de las cadenas de coreferentes anotadas en un corpus
- Ejemplo =  $(m_j, \alpha_j, A_j)$ , donde:
  - $\alpha_j$ : primer antecedente de  $m_j$  (al estilo *best-first*)
  - $A_j$ : conjunto de no antecedentes en un contexto de  $\pm 2$  oraciones de  $\alpha_j$
- Modelo exponencial:

$$P(\alpha_j | m_j) = \frac{\exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, \alpha_j)}{\sum_{m_s \in A_j \cup \{\alpha_j\}} \exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, m_s)}$$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Mention-ranking models

**En fase de resolución:**

$$P(\alpha_j | m_j) = \frac{\exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, \alpha_j)}{\sum_{m_s \in A_j \cup \{\alpha_j\}} \exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, m_s)}$$

Dada una  $m_j$ ,

- 1.- Calcular  $P(m_s | m_j)$  para cada  $m_s$  en el contexto precedente a  $m_j$
- 2.- Seleccionar la  $m_s$  con mayor  $P(m_s | m_j)$

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Mention-ranking models

**En fase de resolución:**

$$P(\alpha_j | m_j) = \frac{\exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, \alpha_j)}{\sum_{m_s \in A_j \cup \{\alpha_j\}} \exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, m_s)}$$

Dada una  $m_j$ ,

- 1.- Calcular  $P(m_s | m_j)$  para cada  $m_s$  en el contexto precedente a  $m_j$
- 2.- Seleccionar la  $m_s$  con mayor  $P(m_s | m_j)$

**Pros:** las decisiones tienen en cuenta TODAS las menciones antecedentes candidatas.

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Mention-ranking models

En fase de resolución:

$$P(\alpha_j | m_j) = \frac{\exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, \alpha_j)}{\sum_{m_s \in A_j \cup \{\alpha_j\}} \exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, m_s)}$$

Dada una  $m_j$ ,

- 1.- Calcular  $P(m_s | m_j)$  para cada  $m_s$  en el contexto precedente a  $m_j$
- 2.- Seleccionar la  $m_s$  con mayor  $P(m_s | m_j)$

**Pros:** las decisiones tienen en cuenta TODAS las menciones antecedentes candidatas.

**Cons:** siempre selecciona una candidata como antecedente, aunque  $m_j$  no sea anafórica.

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Mention-ranking models

**En fase de resolución:**

$$P(\alpha_j | m_j) = \frac{\exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, \alpha_j)}{\sum_{m_s \in A_j \cup \{\alpha_j\}} \exp \sum_k \lambda_k f_k(m_j, m_s)}$$

Dada una  $m_j$ ,

- 1.- Calcular  $P(m_s | m_j)$  para cada  $m_s$  en el contexto precedente a  $m_j$
- 2.- Seleccionar la  $m_s$  con mayor  $P(m_s | m_j)$

**Pros:** las decisiones tienen en cuenta TODAS las menciones antecedentes candidatas.

**Cons:** siempre selecciona una candidata como antecedente, aunque  $m_j$  no sea anafórica.

(se mejoran los resultados con un clasificador de anaforicidad)

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo de ranking de menciones

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 **Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático**
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - **Modelo entidad-mención**
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

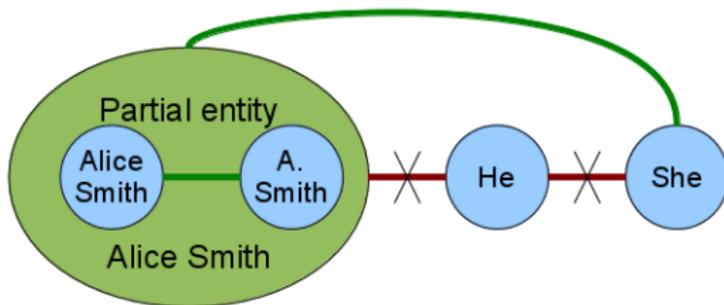
Modelo entidad-mención

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Modelo entidad-mención

- Se aprende un clasificador de pares (entidad parcial, mención) o (entidad parcial, entidad parcial) según el método
- Caracterización de las entidades:
  - **Entidad parcial:** conjunto de menciones consideradas coreferentes durante la resolución
  - Cada entidad parcial es representada como un conjunto de atributos compartidos por sus menciones.
  - Cada entidad parcial tiene asociada una mención representativa.



Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Modelo entidad-mención

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Predicción de coreferentes basada en reglas

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

- Utilizan conocimiento lingüístico general y heurísticas para obtener pares de menciones relacionadas ( $m_i, m_j$ )
- Anáfora pronominal: basados en teorías del discurso como la de centralidad [Grosz et al., 83, 95], [Walker et al., 98].
- Coreferencia: basada en reglas de clasificación de pares de menciones o pares entidad-mención. [Aproximación \*easy-first\* de Stanford](#) [Raghunathan et al., 10]

# Ejemplo: Aproximación *easy-first* de Stanford

- 1 Coincidencia exacta
- 2 Coincidencia relajada  
P.e.: "Clinton", "Clinton, whose term ends in January"
- 3 Construcciones precisas (aposiciones, predicados nominales, ...)  
P.e.: "[Donald Trump] is [the president of the USA]"
- 4 Coincidencia estricta del *head* (modelo entidad-mención)  
P.e.: {"the Florida Supreme Court"}, {"the Florida court"}
- 5 Coincidencia estricta del *head* – Variante 1  
P.e.: {"American President", "Clinton"}, {"President Clinton"}
- 6 Coincidencia estricta del *head* – Variante 2  
P.e.: {"an organization of journalists", "The Gridiron Club"}, {"The Gridiron Club at Greenbrier Hotel"}
- 7 Coincidencia estricta del *head* nombre propio  
P.e.: "southern Lebanon", "Lebanon"
- 8 Coincidencia relajada del *head* nombre propio (modelo entidad-mención)  
P.e.: {"the judge", "Circuit Judge N. Sanders Sauls"}, {"Sanders"}
- 9 Pronombres

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Outline

- 1 Introducción
  - Objetivo y motivación
  - Previos
- 2 Metodología general
- 3 Detección de menciones
- 4 Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático
  - Modelo de par de menciones
  - Modelo de ranking de menciones
  - Modelo entidad-mención
- 5 Predicción de coreferentes basada en reglas
- 6 Uso de recursos complejos

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos

# Uso de conocimiento de sentido común y representación compleja del lenguaje

Resultados (F1-score) en resolución de coreferencias pronominales usando el corpus CoNLL2012 (inglés)

Modelo	3º Per.	Pos.	Dem.	Todos
Reglas <i>easy-first</i> [Raghunathan, 10]	35.6	33.8	4.2	33.4
Estadístico ranking menciones [Clark & Manning,15]	36.5	40.0	7.6	36.5
Deep-RL [Clark & Manning,16]	70.5	71.5	5.5	68.0
Deep-end2end [Lee et al., 17]	74.1	74.8	49.5	72.1
+ Conocimiento [Zhang et al., 19]	77.7	76.7	<b>56.9</b>	75.9
+ SpanBERT [Joshi et al., 20]	<b>81.5</b>	<b>82.4</b>	56.4	<b>81.2</b>

Introducción

Metodología general

Detección de menciones

Predicción de coreferentes basada en aprendizaje automático

Predicción de coreferentes basada en reglas

Uso de recursos complejos