篇章（内）的计算

杨沐昀

哈工大教育部-微软语言语音重点实验室

MOE-MS Joint Key Lab of NLP and Speech (HIT)

目录

- **语篇分析简介**
- 指代和指代消解
- 衔接和连贯
- 篇章表示和相似度计算

自然语言处理的不同层次

- Morphology
  - 词的构成问题
- Syntax(Parsing)
  - 词与词之间的结构关系
- Semantics
  - 词的意义、词与词组合（短语/句子）意义
- **Discourse**
  - **句子之间的关系，上下文的意义。**

语篇（ Discourse ）

- 前后意义关联的句子序列。
- 几种说法：
  - 话语、语篇、篇章、文本 (英文：**discourse, text**)
- 两个例子：
  - Ex1: 比尔来自于美国。今天交通非常拥挤。长江贯穿中国的多个省市。因此，计算语言学是计算机科学与语言学的交叉。

    4 correct sentences but collectively do not make meaning
  - Ex2: 这里的交通非常拥挤。张先生早上**6：40**之前就得出发去上班，常常会提前半小时到单位；如果稍晚一点，他就很可能迟到。

    it makes meaning

目录

- 语篇分析简介
- **指代和指代消解**
- 衔接和连贯
- 篇章表示和相似度计算

关于指代

- 为什么需要指代？
  - 假设有这样一组句子：

    张三一大早就赶到了学校。张三先到食堂吃早餐，然后张三到张三的宿舍拿张三自己的教材和张三自己的笔记本。当张三匆忙来到教室时，张三发现张三的课本拿错了。
  - 设想修改为这样表达：

    张三一大早就赶到了学校。他先到食堂吃早餐，然后[X]到[X]宿舍拿自己的教材和[X]笔记本。当[X]匆忙来到教室时，他发现[X]课本 拿错了。
  - 哪一种表达更符合人们的习惯？
- 语言的表达追求“经济”与“变化”

指代的定义

- 指代(anaphora) 的定义(Hirst, 1981)：

指代语（Anaphor） 先行语（Antecedent）

Anaphora is the device of making in discourse an abbreviated **reference** to some **entity** in the expectation that the perceiver will be able to disabbreviate the reference and thereby determine the identity of the entity.

六类指称表示

- Indefinite NPs（不定名词）: 一辆汽车
- Definite NPs （有定名词）: 那个人
- Pronouns （人称代词）: 它，他
- Demonstratives （指示代词）: 这，那
- One-anaphora （one指代）: one (in English)
- Zero anaphora （0型指代）: 省略

Indefinite NPs

- 为读者引入一个新的实体时常用无定形式；
- 引入的实体，可能的确存在（明确的），也可能不明确；
- 两个例子：
  - 张先生娶了一位法国太太 (Specific)
  - 史密斯想娶一位中国姑娘 (non-specific)

Definite NPs

- 无论读者知道否，一定存在
  - 首位进入太空的宇航员 (即前苏联宇航员尤里·加加林，通过某些知识可以知道)
  - Look, how beautiful the girl is! (实际存在)
  - 为了消除小士兵对生人的陌生感，两位女记者带着这个小男孩逛街…(在上下文中)
- 已经在上下文中出现时，需要指代消解
  - 特点：定冠词（这/那）引导的名词短语

Demonstratives

- 典型的指示代词包括：**那, 这**,...
- 当指示代词与后面的名词(短语)连用时，此时变为了定冠词，形成有定表示

- Ex: 刘博士刚买了一套房子，那是一套性价比相当好的房子。

One-anaphora (替换)

- 出现在英语中
- 表示某集合中的一个元素.
- Ex:
  - He had a BMW before, now he got another **one**.
  - John has two BMWs, but I have only **one**.

省略-零指代(Zero anaphora)

- 一个例子
  - 张三一大早就赶到了学校。他先到食堂吃早餐，然后[X] 到宿舍拿自己的教材和[X]笔记本。当[X]匆忙来到教室时，他发现[X]课本拿错了。
- 英语中的零指代很少见，但汉语中十分常见:
  - They said **they** were coming to help us with **our** house repair today.
  - 他们说[X]今天来帮我们修[X]房子
  - 他们说**他们**今天来帮我们修**我们的**房子（很少这样说）

回指与共指

- 指代一般包括两种情况：
  - 前指(Anaphora)：强调指代语与另一个表述之间的关系。指代语的指称对象通常不明确，需要确定其与先行语之间的关系来解释指代语的语义
    - **张先生**走过来，给大家看**他**的新作品
  - 共指(coreference)：强调一个表述与另一个表述是否指向相同的实体，可以独立于上下文存在
    - **第44任美国总统** 与 **奥巴马**
- 有时候回指和共指并没有严格的区分，可以简单的统称为指代

指代消解问题

- **回指消解**：寻找指代语对应的先行语
- **共指消解**：发现指向相同实体的语言表示单元

- 可用的解决方案：
  - 中心理论
  - 分类方法
  - 等等

中心理论(Centering Theory)

- 语篇由不同的语段组成
  - 通常用U_i表示语段，$\{U_1, U_2, \ldots, U_n\}$表示$n$个语段组成的篇章
- 中心（center）：在篇章片段中，联系不同语段的实体
  - 一般用C表示中心

中心的类型

- **前看中心**(forward-looking center)：当前话语中所提及的名词性实体
  - 表示一个语段可能存在的会话焦点，可能会有多个
  - 通常用$C_f(U_i)$表示，是一个有序列表
  - 排序关系：主语＞ 直接宾语＞ 间接宾语＞ 其他实体
- **回看中心**(backward-looking center)：前看中心的特殊成分，表示当前话语所谈论的中心
  - 只能有一个实体，通常用$C_b(U_i)$表示
- **优选中心**(Preferred Center)：$C_f(U_i)$中排序最靠前的实体
  - 只能有一个实体，通常用$C_p(U_i)$表示

回看中心的确定

- 回看中心的构造规则：
  - 如果 $C_f(U_{i-1})$的某实体以代词形式出现在U_i，那么，这个元素就是 $C_b(U_i)$
  - 如果有多个代词，那么其中排序最为靠前的是 $C_b(U_i)$
  - 如果只有一个代词，那么一定是 $C_b(U_i)$
- 解释： $C_b(U_i)$的确定依赖于两个条件：

(1) 一定是在U_i中出现的语义实体；

(2) 该实体也一定在$C_f(U_{i-1})$中出现过，如果U_i有多个实体也在U_{i-1}中出现，那么，作为$C_b(U_i)$的实体在$C_f(U_{i-1})$中应有更高的排位。

中心理论：示例

语段		中心
U_1	**小明**和**妈妈**去**逛街**。	C_f：小明、妈妈、街 C_p：小明 C_b：Null
U_2	**他**看中了一件**衣服**。	C_f：小明（他）、衣服 C_p：小明（他） C_b：小明（他）
U_3	但**小明**太胖了，	C_f：小明 C_p：小明 C_b：小明
U_4	所以**妈妈**没给**小明**买那件**衣服**。	C_f：妈妈、衣服、小明 C_p：妈妈 C_b：小明

基于中心理论的指代消解算法

1. 为每个语段中的实体生成可能的C_b、C_f组；
2. 通过各种约束条件来过滤（比如：句法位置约束、语义选择限制，等等）；
3. 通过连贯性来评级：如果一个代词R的指代成分为A所得到的篇章连贯性高于指代成分为B时得到的篇章连贯性，则将R的指代成分确定为A。

如何比较连贯性的高低？

中心转换关系

	$C_b(U_i) = C_b(U_{i-1})$ 或 $C_b(U_{i-1})$ =Null	$C_b(U_i) \neq C_b(U_{i-1})$
$C_b(U_i) = C_p(U_i)$	CONTINUING	SMOOTH SHIFT
$C_b(U_i) \neq C_p(U_i)$	RETAINING	ROUGH SHIFT

- 连贯性比较 ***CON > RET > SSH > RSH***

连贯性比较示例

U_1. John went to his favorite music store to buy a piano.
U_2. He had frequented the store for many years.
U_3. He was excited that he could finally buy a piano.
U_4. He arrived just as the store was closing for the day.

U_1. John went to his favorite music store to buy a piano.
U_2. It was a store John had frequented for many years.
U_3. He was excited that he could finally buy a piano.
U_4. It was closing just as John arrived.

- 由中心理论可以推断，**第一段比第二段连贯**

第一段的中心转换

- U_1. John went to his favorite music store to buy a piano.
  $C_f(U_1)$ = (John, store, piano). $C_p(U_1)$ = John
- U_2. He had frequented the store for many years.
  $C_b(U_2)$ = John. $C_f(U_2)$ = (John, store). $C_p(U_2)$ = John

  CONTINUATION
- U_3. He was excited that he could finally buy a piano.
  $C_b(U_3)$ = John. $C_f(U_3)$ = (John, piano). $C_p(U_3)$ = John

  CONTINUATION
- U_4. He arrived just as the store was closing for the day.
  $C_b(U_4)$ = John. $C_f(U_4)$ = (John, store). $C_p(U_4)$ = John

  CONTINUATION

第二段的中心转换

- U_1. John went to his favorite music store to buy a piano. $C_f(U_1)$ = (John, store, piano). $C_p(U_1)$ = John
- U_2. It was a store John had frequented for many years. $C_b(U_2)$ = John. $C_f(U_2)$ = (store, John). $C_p(U_2)$ = store **RETAINING.**
- U_3. He was excited that he could finally buy a piano. $C_b(U_3)$ = John. $C_f(U_3)$ = (John, piano). $C_p(U_3)$ = John **CONTINUATION.**
- U_4. It was closing just as John arrived. $C_b(U_4)$ = John. $C_f(U_4)$ = (store, John). $C_p(U_4)$ = store **RETAINING.**

算法例子

U_1：John saw a beautiful Acura Integra at the dealership.

U_2：He showed it to Bob.

U_3：He bought it.

指代消解问题：

U_2 : he = ? it = ?

U_3 : he = ? it = ?

例子分析（1）

语段		中心	跳转类型
U_1	John saw a beautiful Acura Integra at the dealership.	C_f：John、Integra、dealership C_p：John C_b：Null	无
U_2	He showed it to Bob.	C_f：He=John、it={Integra, dealership}、Bob C_p：John C_b：John	continue
U_3	He bought it.	C_f：He=John、it={Integra, dealership} C_p：John C_b：John	continue

例子分析（2）

语段		中心	跳转类型
U_1	John saw a beautiful Acura Integra at the dealership.	C_f：John、Integra、dealership C_p：John C_b：Null	无
U_2	He showed it to Bob.	C_f：He=John、it={Integra, dealership}、Bob C_p：John C_b：John	continue
U_3	He bought it.	C_f：He=Bob、it={Integra, dealership} C_p：Bob C_b：Bob	smooth

基于分类（ML）的指代消解

- 利用机器学习方法建立分类器：
- 方法：
  - 选取对共指消解产生影响的特征，主要包括：
  - 两者的距离，字符的匹配程度，单复数一致性，性别一致 性，语义类的一致性，是否是别称....
  - 例子：

[聂/nr 卫平/nr] 今天/t 取胜/v 不易/a 。/w 布局/vn 阶段/n 便/d 与/p [实力派/n 人物/n] [刘/nr 小光/nr] 九/m 段/q 展开/v 激战/vn ，/w 棋局/n 跌宕起伏/l ，/w 互/d 有/v 优劣/n 。/w 直到/v 官子/vn 阶段/n ，/w [聂/nr 卫平/nr] 才/d 因/c [对手/n] 的/u 缓/a 手/n 而/c 最终/d 取胜/v 。/w

[对手/n] => [聂/nr 卫平/nr] 属于一类吗 ？

[对手/n] => [刘/nr 小光/nr] 属于一类吗 ？

指代消解的应用

- 基本上文本处理相关的一切应用都需要用到指代消解
- 机器翻译：
  - They 是翻译成“他们”，“她们”，还是“它们”？
- 文本摘要：
  - 避免名字（同一个词）的反复使用，用代词（或0-形式）表示，以便符合习惯
- 实体链指：
  - 实体常常用代词表示，关系的建立需要明确代词的指向

目录

- 语篇分析简介
- 指代和指代消解
- **衔接和连贯**
- 篇章表示和相似度计算

意义相关性

- **语篇**：前后意义相关的句子序列
- 语篇应该是“合理”的，所有的句子应当围绕某个话题或中心展开，具有语义上的相关性
- 语篇应该是“简洁易懂”的，不仅在语义上相关，还应该在形式上关联

意义相关性的体现（1）

- 例子：
  - 张三擅长素描。他给家里的每个人都画了一幅[]，挂在房间的[]是自画像。
- 意义上是如何关联的？
  - 通过词汇语义表达关联：
    - 围绕着“画”而展开：素描、画像、一幅[ ]
    - 通过“指代”形成关联
      - ’ 人称代词“他”；
      - ’ 零型代词[ ]所表示的对象
  - 以词汇表示的关联，通常称为“衔接(cohesion)”

意义相关性的体现（2）

- 例子：
  - [s1]张三把李四的车钥匙藏起来了。[s2]他喝醉了。
  - [s3]张三把李四的车钥匙藏起来了。[s4]他喜欢逗乐。
  - [s5]张三把李四的车钥匙藏起来了。[s6]他爱看电影。
- 意义上是如何关联的？
  - 通过句子的意义表示关联
    - [s1]和[s2]构成合理的篇章：两个句子表示“因果关系”
    - [s3]和[s4]也构成合理篇章：同样表示“因果关系”
    - [s5]和[s6]构成合理篇章吗？
  - **通过句子意义表示的关联称为连贯(coherence)**
    - **如何解释[s5] 和 [s6]**
    - 一种推断：“他希望李四请他看电影”（可能需要更大的上下文）

衔接和连贯

- Cohesion(衔接)：强调其构成成分(主要是词或短语)之间的关联性.
  - 例子：
    - [s1]张三喜欢**骑单车**上班，[s2]李四通常**步行**去办公室
  - **在词汇层面上相对容易处理**
- Coherence(连贯)：强调整体上表达某种意义
  - 例子：
    - [s3] A: 我有两张票，想请你**今晚看电影**。
    - [s4-1] B:很遗憾，我**今晚**不能**看电影**（衔接+连贯，简洁易懂）
    - [s4-2] **B:我还有一大堆的作业没有完成**（连贯，**没有衔接**）
    - [s4-3] **B:我就不客气了** （连贯，**没有衔接**）
    - **[s4-4] B: 武汉又称江城（不衔接、不连贯）**
  - **在处理上相对困难，不容易切入**

衔接的进一步解释

- ***Cohesion***: Five cohesive relations (Halliday & Hasan,1976)
  - Reference（指代）
  - Substitution（替换）
  - Ellipsis（省略）
  - Conjunction（连接）
  - Lexical cohesion（词汇衔接）
- 语篇中为什么会有衔接现象？
  - 追求表达的经济（省略、指代）；
  - 追求表达的变化（指代、替换、词汇衔接）；

词汇衔接

- 复现关系（ reiteration ）
  - 重复
  - 同义词和近义词
  - 上下义词
  - 泛指词
- 搭配关系（ collocation ）

词汇衔接的例子

- 社交的吃饭种类虽然复杂，性质极其简单。把饭给自己有饭的人吃，那是请饭；自己有饭可吃而去吃人家的饭，那是赏面子。交际的微妙不外乎此。反过来说，把饭给没饭吃的人吃，那是施食，赏面子就一变而成丢脸。这便是慈善救济，算不上交际了。（钱钟书：《吃饭》）。
- 起衔接作用的词
  - 饭
  - 交际（社交）
  - 面子（赏面子、丢脸）
  - 施舍（施食、救济）
  - 复杂（简单）
- 应用：通过衔接关系，可以用于提取文本的关键词

连贯关系（coherence）

- 语段（如句子）之间可能的语义连接关系称为**连贯关系**。
- Hobbs(1979)提出的连贯关系（设S0和S1为两个相关的句子的**意义**）：
  - 结果关系(Result)：推测S0所声明的状态或事件（可能）导致S1所声明的状态或事件；
  - 解释关系(Explanation)：推测S1所声明的状态或事件（可能）导致S0所声明的状态或事件；
  - 平行关系(Parallel)：推测S0所声明的$P(a_1,a_2,\ldots)$与S1所声明的$P(b_1, b_2,\ldots)$是类似的；
  - 细化关系(Elaboration)：推测S1和S0所声明的是同一命题P；
  - 时机关系(Occasion)：推测由S0所声明的状态到S1最终状态的 变化，或者由S1所声明的状态到S0的最初状态的变化；

一个连贯的例子

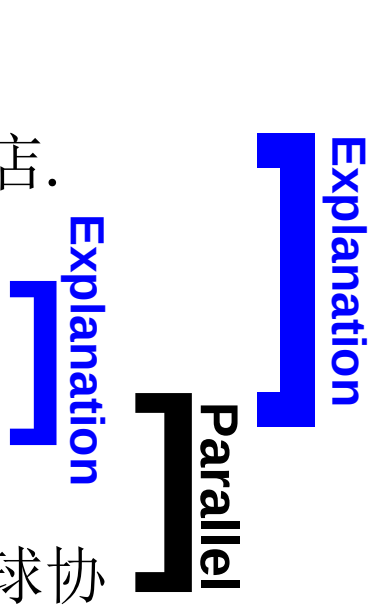
S1: 张三去银行办理支票.

S2: 然后他乘车到了李四的汽车销售店.

S3: 他想买一部车.

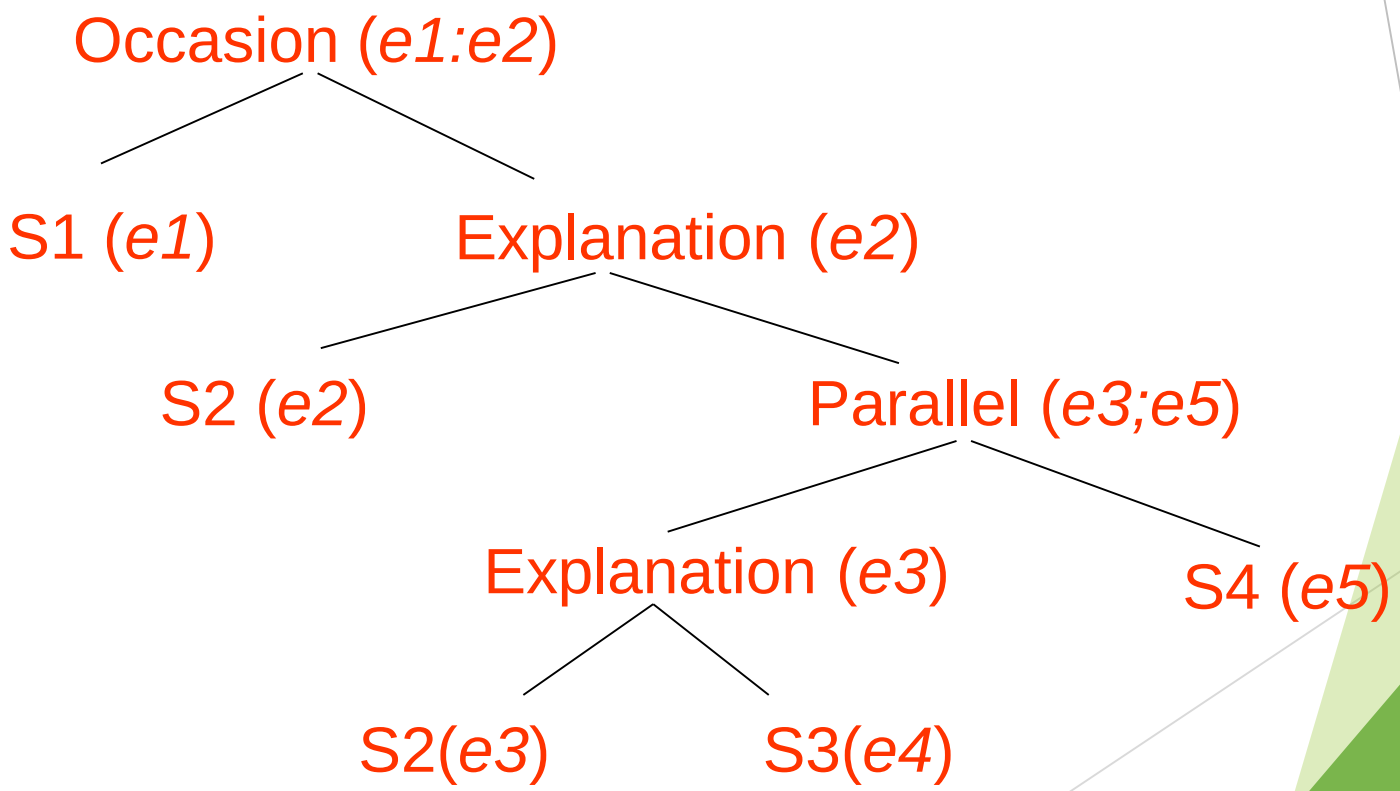
S4: 他的工作单位距公交站较远

S5: 他也想同李四讨论一下他们的垒球协会的事情



基于连贯的篇章层次结构

- 建立句间语义关系（以前面5个句子为例）



修饰结构理论RST

- **修饰结构理论**：认为语篇的构成具有层次结构关系（树形图），通过修饰结构表示语篇结构
- 层次结构关系由**修饰关系**刻画
- 修饰关系是对前面Hobbs连贯关系的细化
  - 共23种关系；
  - 关系的双方： **Nucleus** 与 **Satellite**
    - 具有支配作用： **Nucleus - Satellite**
    - 平等关系： **Nucleus - Nucleus**

RST中的关系

Subject matter (informational)

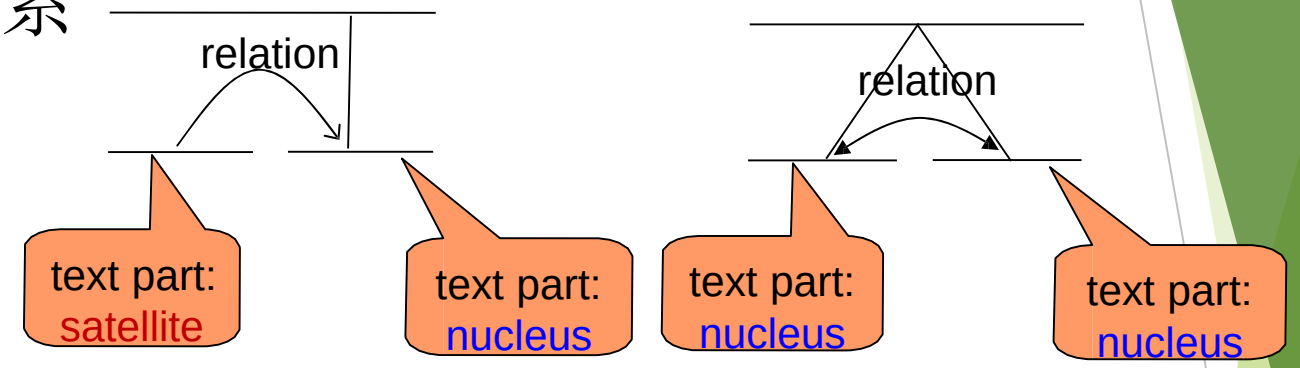
Elaboration
Circumstance
Solutionhood
Volitional Cause
Volitional Result
Non-Volitional Cause
Non-Volitional Result
Purpose
Condition
Otherwise
Interpretation
Evaluation
Restatement
Summary
Sequence
Contrast

Presentational (intentional)

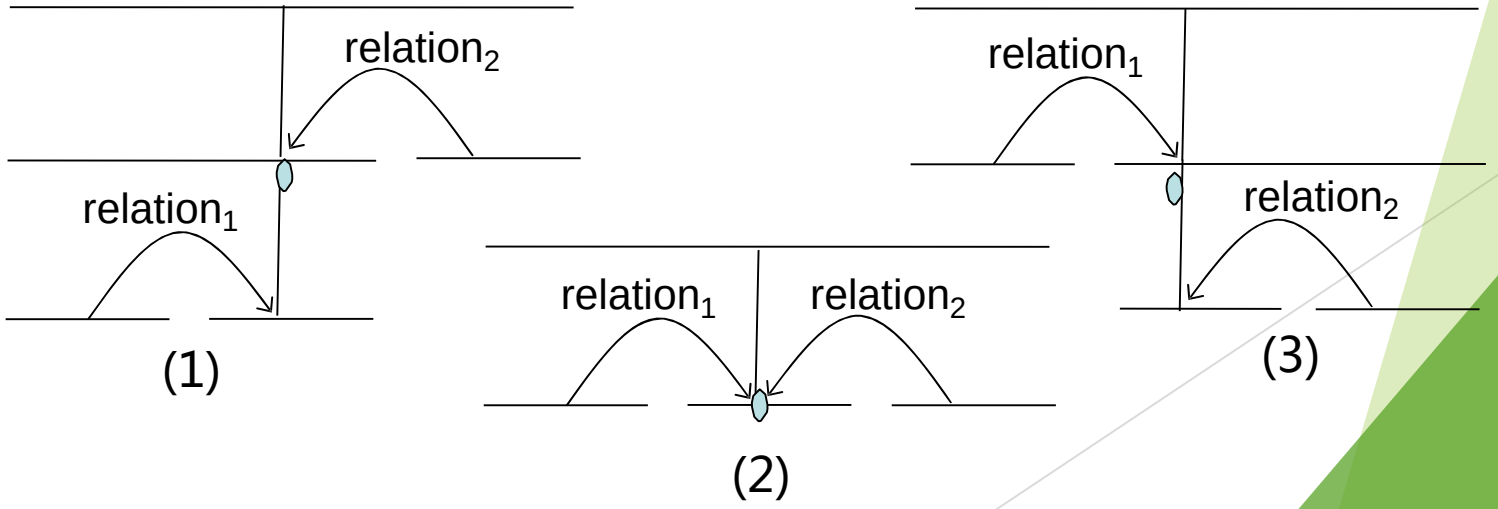
Motivation
Antithesis
Background
Enablement
Evidence
Justify
Concession

基本关系模式

- 二元关系



- 多元素关系



RST-例子

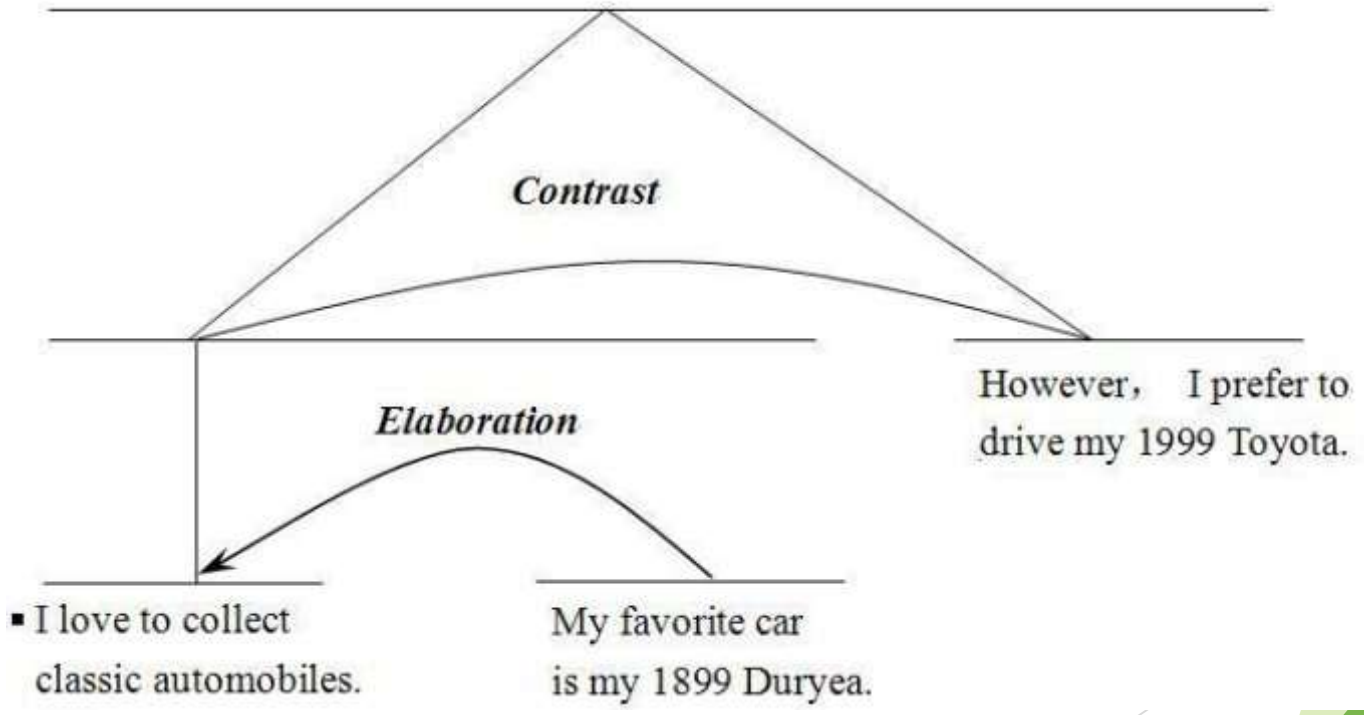
- 使用RST理论对下面的语篇进行连贯性分析：
  1. I love to collect classic automobiles.
  2. My favorite car is my 1899 Duryea.
  3. However, I prefer to drive my 1999 Toyota.
- 前两句话是什么关系？

  2对1进行了详细说明（Elaboration）
- 3与1和2是什么关系？

  *However*明显表示了两者之间的对照（ Contrast ）关系

RST-例 子

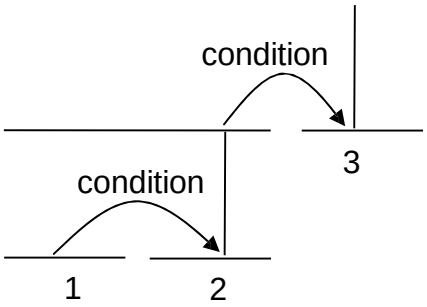
- 据此建立篇章结构树



多种解释

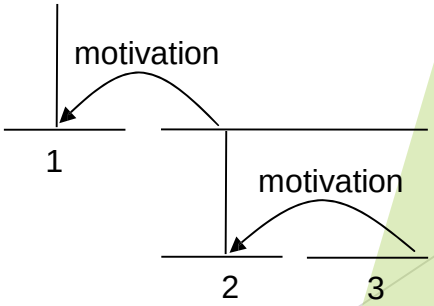
- *1. Come back at 5:00.*
- *2. Then we can go to the hardware store before it closes.*
- *3. This way we can finish the bookshelves tonight.*

Informational level



Condition: The satellite presents a situation which is necessary for the nucleus to obtain.

Intentional level



Motivation: Satellite presents information which should make the reader want to perform the action in the nucleus

RST Discourse Treebank

- **RST Discourse Treebank**：基于RST理论对385篇英语篇章进行分析得到的语料库
- catalog.ldc.upenn.edu/products/LDC2002T07
- 示例：

```
( Root (span 1 6)
  ( Nucleus (span 1 3) (rel2par span)
    ( Nucleus (span 1 2) (rel2par span)
      ( Satellite (leaf 1) (rel2par attribution) (text _!Westinghouse Electric Corp. said_!) )
      ( Nucleus (leaf 2) (rel2par span) (text _!it will buy Shaw-Walker Co._!) )
    )
    ( Satellite (leaf 3) (rel2par elaboration-additional) (text _!Terms weren't disclosed.<P>_!) )
  )
  ( Satellite (span 4 6) (rel2par elaboration-additional)
    ( Nucleus (span 4 5) (rel2par Same-Unit)
      ( Nucleus (leaf 4) (rel2par span) (text _!Shaw-Walker,_!) )
      ( Satellite (leaf 5) (rel2par elaboration-additional-e) (text _!based in Muskegon, Mich.,_!) )
    )
    ( Nucleus (leaf 6) (rel2par Same-Unit) (text _!makes metal files and desks._!) )
  )
)
```

目录

- 语篇分析简介
- 指代和指代消解
- 衔接和连贯
- **篇章表示和相似度计算**

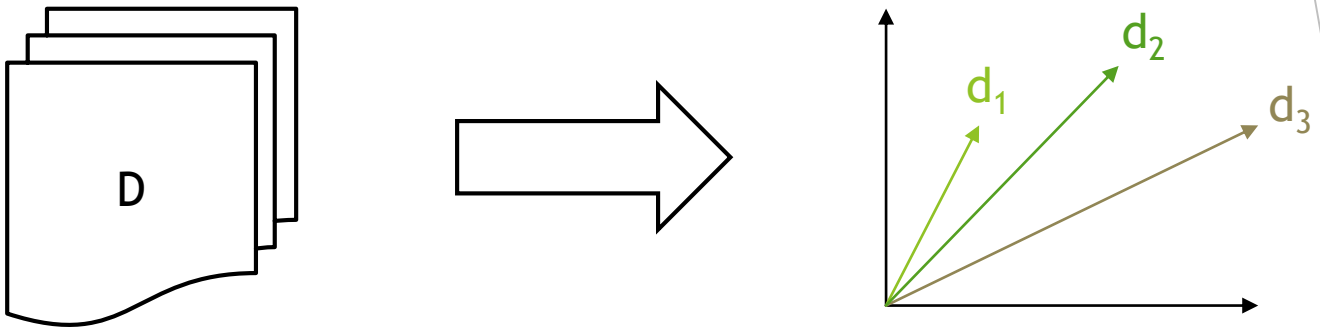
集合论

- 文本：词汇的集合
  - 单词是不是就够了？
  - 回想一下BLEU: n-gram的集合

- 问题：

向量空间模型

- **向量空间模型**是一个把文本文件表示为标识符向量的代数模型



- 将两个文本都表示为向量之后，就可以进行相似度的计算

向量的构造方法

- 将文档表示为如下所示的向量：

$$d_j = (w_{1,j}, w_{2,j}, w_{3,j}, \dots, w_{t,j})$$

  - 向量的每一维都对应于词表中的一个词。

    如果某个词出现在了文档中，那它在向量中的值就非零。

  - 这个值有很多计算方法，我们使用词语在文档中出现的次数表示。

向量空间模型的示例

- 对于下面三个文档：
  - d_1: “new york times”
  - d_2: “new york post”
  - d_3: “los angeles times”
- 统计词频：

	new	york	times	post	los	angeles
d_1	1	1	1	0	0	0
d_2	1	1	0	1	0	0
d_3	0	0	1	0	1	1

- 则文档对应的向量为：
  - d_1: (1,1,1,0,0,0)
  - d_2: (1,1,0,1,0,0)
  - d_3: (0,0,1,0,1,1)

相似度计算

- 余弦相似度

$$sim(\boldsymbol{d_i}, \boldsymbol{d_j}) = \frac{\boldsymbol{d_i} \cdot \boldsymbol{d_j}}{\| \boldsymbol{d_i} \| \| \boldsymbol{d_j} \|}$$

- 以之前的文档为例：

$$sim(d_1, d_2) = \frac{2}{\sqrt{3} \times \sqrt{3}} = 0.67$$

$$sim(d_1, d_3) = \frac{1}{\sqrt{3} \times \sqrt{3}} = 0.33$$

$$sim(d_2, d_3) = \frac{0}{\sqrt{3} \times \sqrt{3}} = 0$$

基于句子的语篇表示

- 分层的语篇表示方法
  1. 通过某种方法得到句子的编码表示
  2. 对句编码进行组合，得到篇章表示
- 对句子进行编码的方法：向量空间模型、N元语言模型、循环神经网络等等
- 对句编码进行组合的方法：TextRank、卷积神经网络、循环神经网络等等

篇章（外）的计算

- 文本分类
- 文本聚类　identify
- ----------
- 自动文摘　manipulate
- 文本生成　***