



基于特异性免疫原理的多词主体自主学习机制初探

报告人：董喜双（博士生）

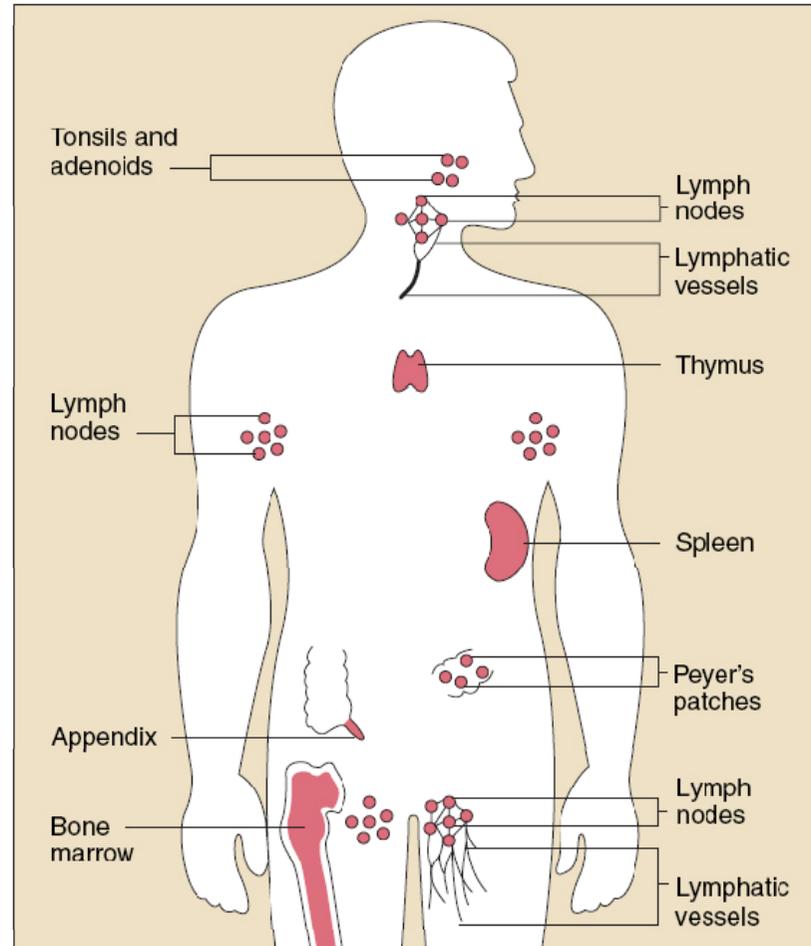
导师：关毅（教授）



内容

- 免疫系统
- 语言系统和免疫系统关系
- 基于特异性免疫原理的多词主体自主学习
- 初步实验结果
- 下一步工作

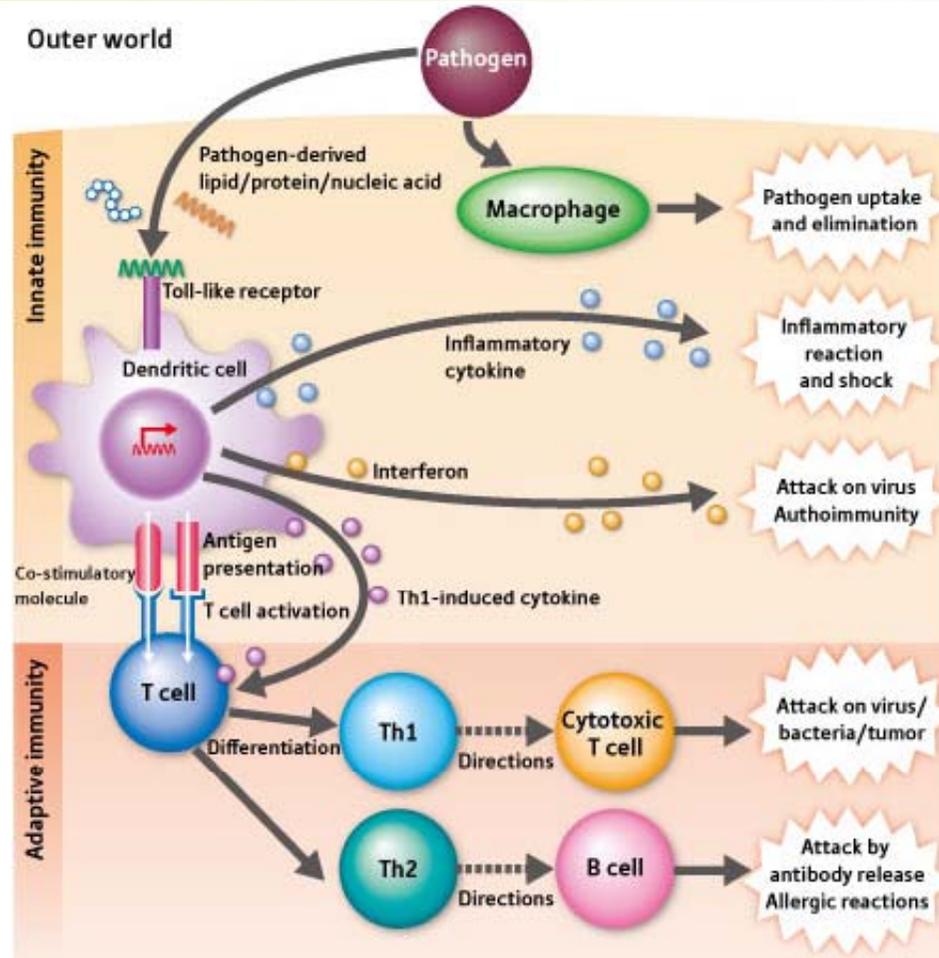
免疫系统



免疫系统

固有性免疫

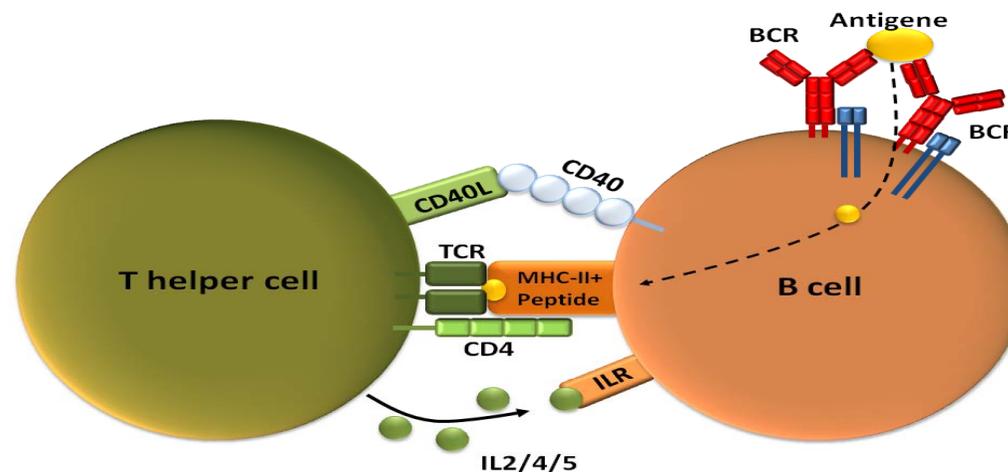
特异性免疫



免疫系统

➤ 特异性免疫

- ✓ 针对环境中变化的病菌不断调整保护机体
- ✓ 特异性识别

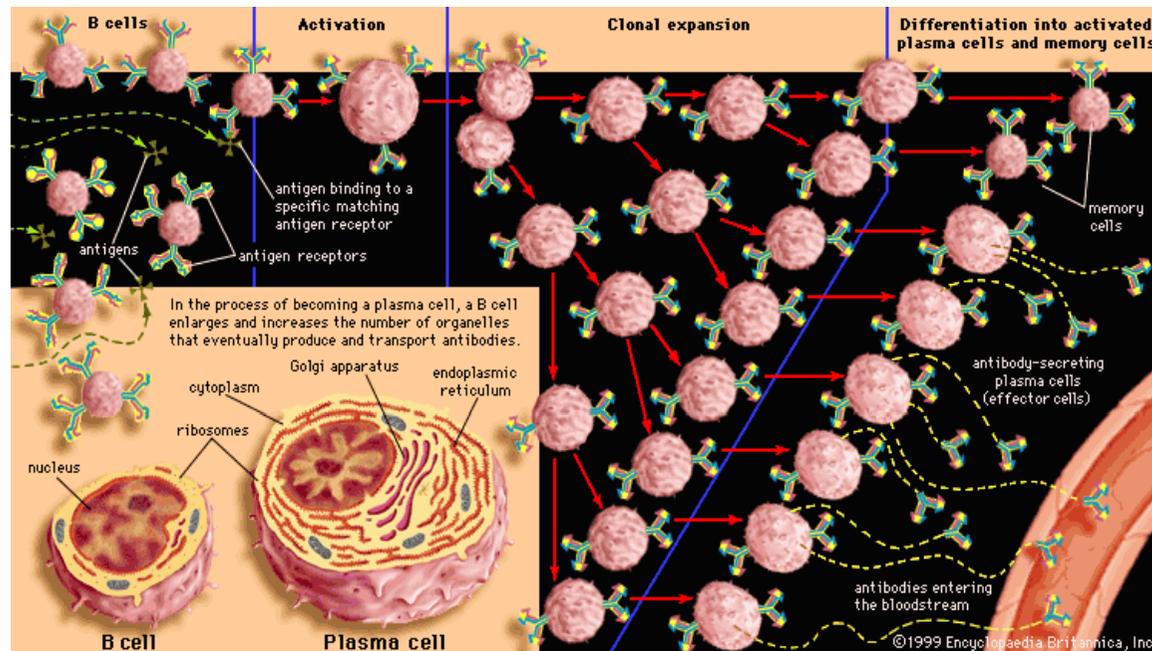


免疫系统

➤ 特异性免疫

✓ 特异性免疫原理

• 克隆选择

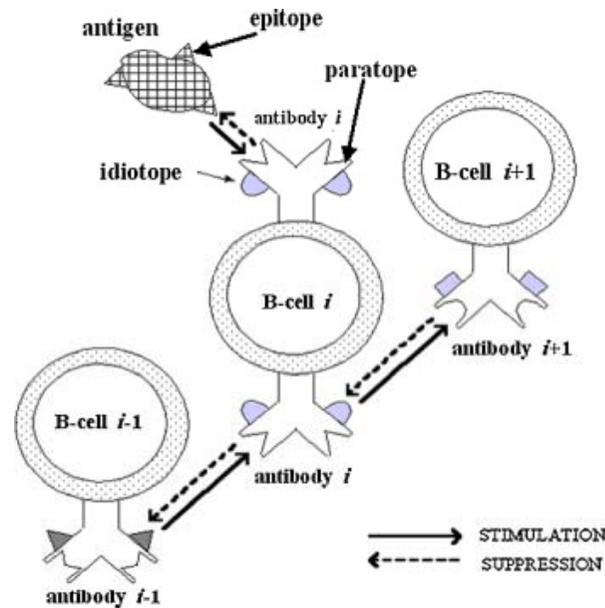


免疫系统

➤ 特异性免疫

✓ 特异性免疫原理

- 独特型免疫网络





免疫系统

➤ 特异性免疫

✓ 学习机制

- 在外来抗原刺激下，不断调整（受体结构等）更加高效的消灭抗原。
- 持续提升免疫能力
- 记忆能力
- 鲁棒性强
 - 无中心控制
 - 自组织



语言系统和免疫系统关系

➤ 语言系统和免疫系统相关性

✓ 1984年，诺贝尔生理学或医学奖金获得者Jerne揭示了语言学规律与人体的免疫机制之间内在机理的一致性

- 特异性
- 多样性
- 结合性
- 动态性
- 完备性



语言系统和免疫系统关系

➤ 语言系统和免疫系统相关性

✓ 独特型免疫网络和依存句法网络的复杂网络特性

- 小世界现象
 - 网络的平均径长度小于定值
 - 中文依存网络：3.8
- 无标度
 - 连接度分布具有幂律形式
 - 中文依存网络：入度和出度的服从幂律分布

...

语言系统和免疫系统关系

➤ 语言系统和免疫系统相关性

✓ 借助特异性免疫原理构建学习模型

- 借助用户反馈
- 持续调节参数
- 不断提升系统性能的学习机制

✓ 统计机器学习的不足

- 大规模标注语料
- 参数不能持续、高效调节
- 精度不能持续提高



基于特异性免疫原理的多 词主体强化学习

➤ 基本思想

- 采用多主体系统建模方法
 - 将词汇模拟为免疫反应中抗原和B淋巴细胞构建免疫词主体，将词汇之间的关系模拟为免疫词主体间的特异性关系。
- 在免疫词主体的识别、克隆、变异和选择等行为以及克隆选择和独特型免疫网络原理作用下，进行免疫词主体自主学习。
- 在不断自主学习作用下，实现优化词汇之间关系的目标（依存分析）。



基于特异性免疫原理的多词主体强化学习

➤ 多主体系统建模

✓ 免疫系统是多主体系统

✓ 要素：主体和环境

- 主体：通过感知环境信息不断修改策略来达到目标的个体
- 环境：主体间交互的区域

✓ 基于多主体系统建模的免疫系统模拟

- 将参与免疫反应的细胞和分子视为主体
- 将免疫反应发生的局部视为环境
- 通过主体间、主体与环境间交互实现系统目标

基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习



➤ 免疫词主体

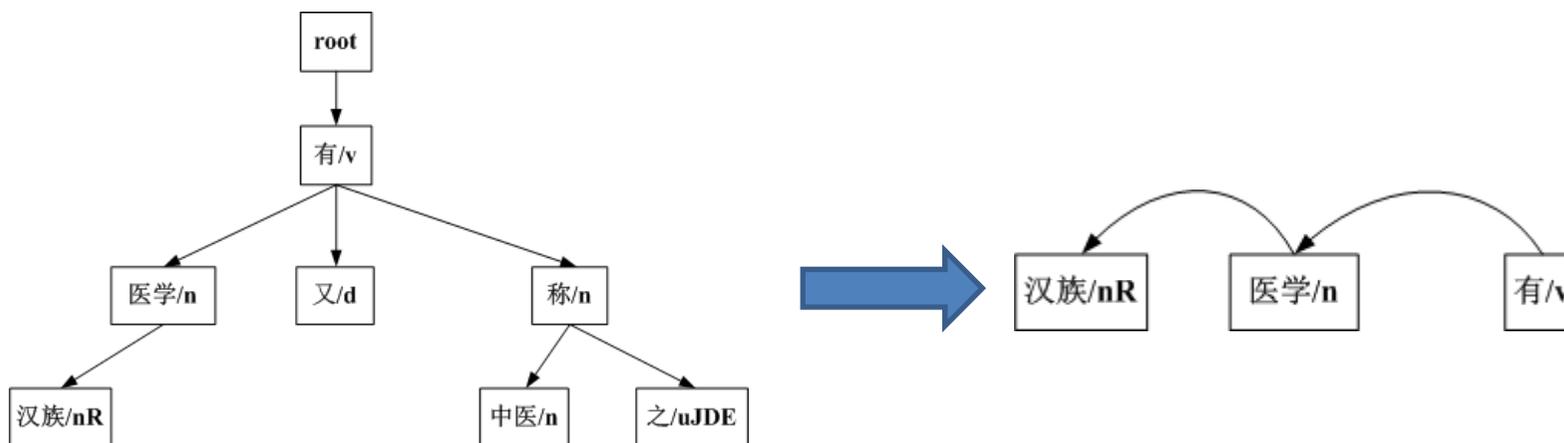
✓ 免疫词主体是五元组 $\langle \text{Rec}, \text{S}, \text{A}, \text{P}, \text{R} \rangle$

- **Rec**表示受体，词汇属性
- **S**表示状态集合
- **A**是所能执行的行为集合
- **P**是策略
- **R**是奖赏

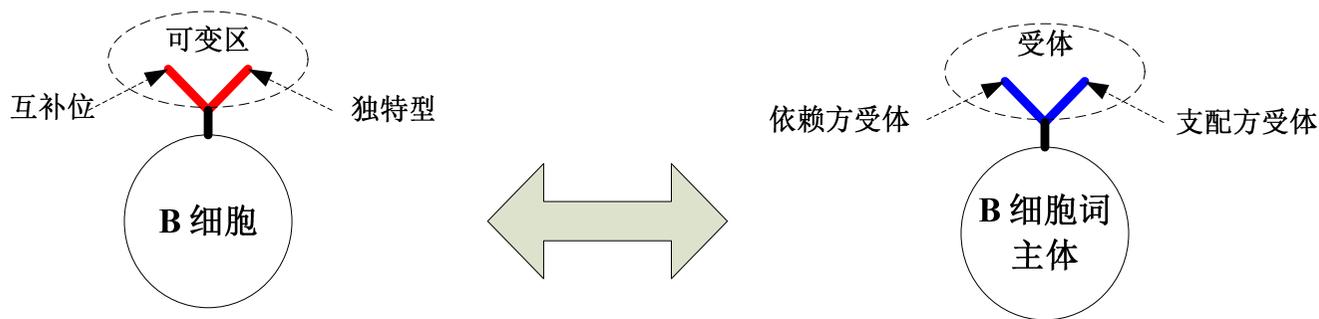
基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习



➤ 受体



➤ B细胞词主体受体





基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习

➤ B细胞词主体受体

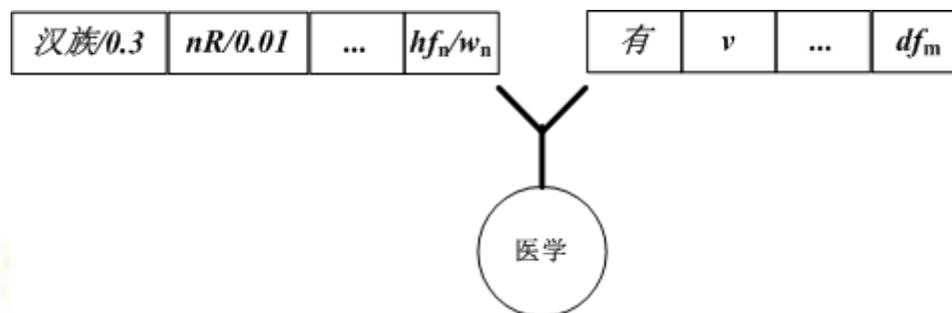
支配方受体
(Head Receptor)

hf_1/w_1	hf_2/w_2	...	hf_i/w_i	...	hf_n/w_n
------------	------------	-----	------------	-----	------------

依赖方受体
(Dependency Receptor)

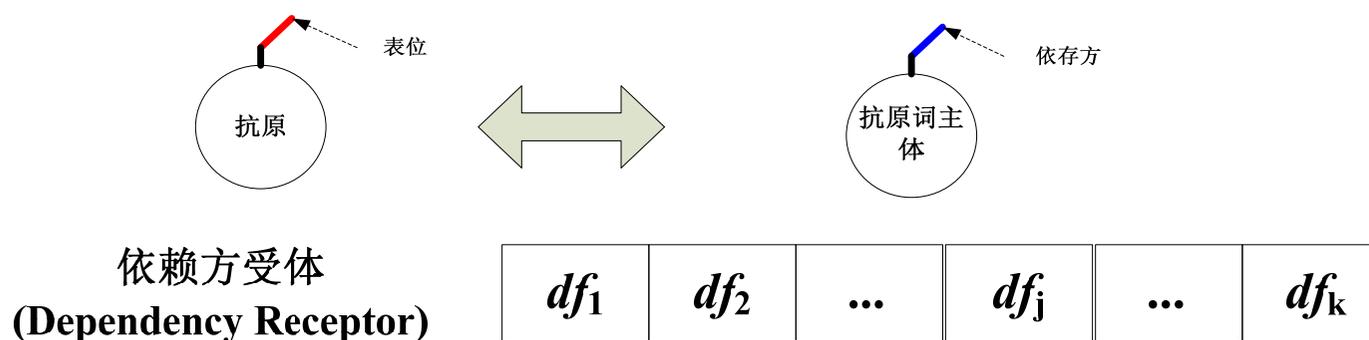
df_1	df_2	...	df_j	...	df_m
--------	--------	-----	--------	-----	--------

- hf_i 和 df_j 分别表示支配方特征和依赖方特征
- n 和 m 分别表示支配方和依赖方特征数量
- w_i 表示支配方受体对应特征的权重

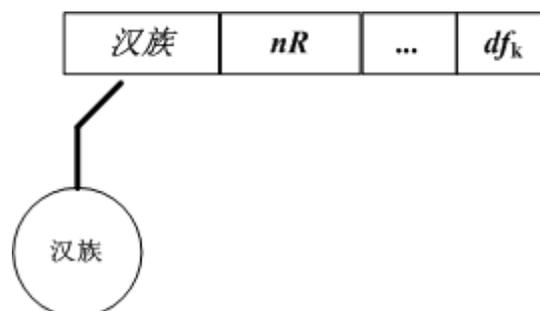


基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习

➤ 抗原主体受体



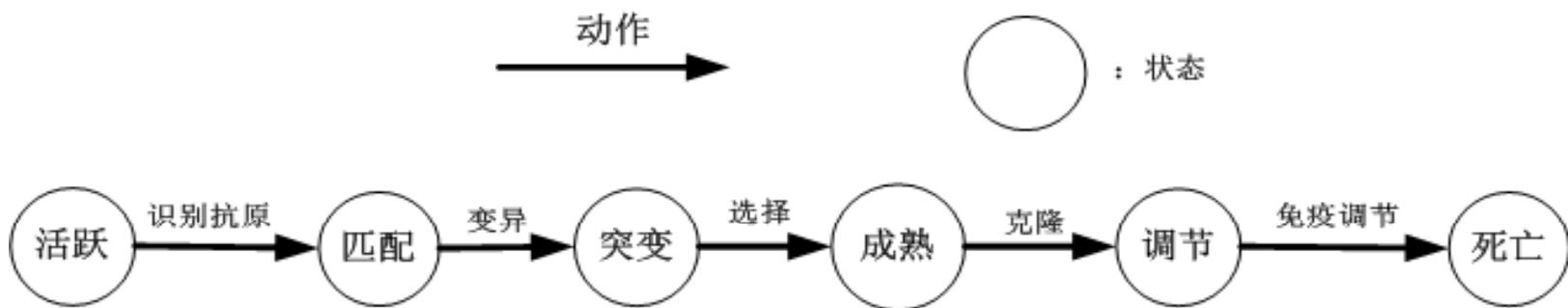
- ✓ df_j 分别表示依赖方特征
- ✓ k 表示依赖方特征数量



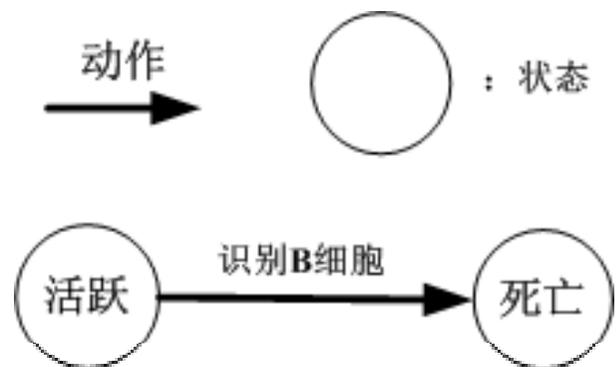


基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习

➤ B细胞词主体策略



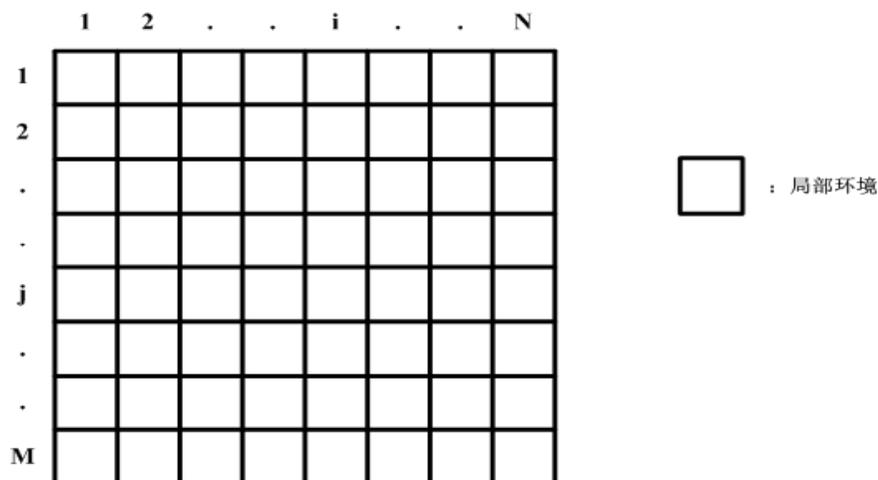
➤ 抗原词主体策略





基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习

➤ 免疫环境



- 环境是由 $M \times N$ 个局部环境组成的平面。
- 词主体交互区域是一个局部环境。



基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习

- ✓ 学习目标：通过词主体在特异性免疫原理作用下，调节词汇属性权重，进而实现调节词汇之间的依存关系，达到最大化学习样本的依存分析精度。

$$F = \operatorname{argmax} \sum_{i=1}^N \sum_{w, w' \in T} e(w, w')$$

$$e(w, w') = \begin{cases} 1 & \text{if correct dependency} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- 其中，**N**是学习样本数量，**T**是最大生成树

基于特异性免疫原理的多词主体 自主学习



➤ 学习算法

```
Immune_System_Intialization();  
  
For i : 0 - N  
  For j : 0 - M  
    Ag = construct_antigen_word-agents(sj);  
    Immune_Response(Ag);  
    j++;  
  end  
  i++;  
end
```

其中：N：学习次数，M：样本数量

初步实验结果

➤ 依存句法分析

✓ 数据

- 特征：依存关系中的词和词性特征

- 特征数量

 - 122314

- 样本（**CONLL06**）

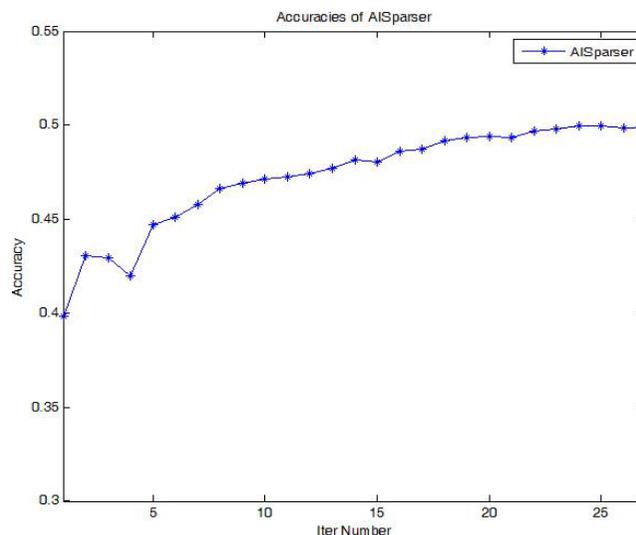
 - 学习：1000

 - 预测：300

- ✓ 对比系统：基于在线学习的依存句法分析（**MSTparser**）

初步实验结果

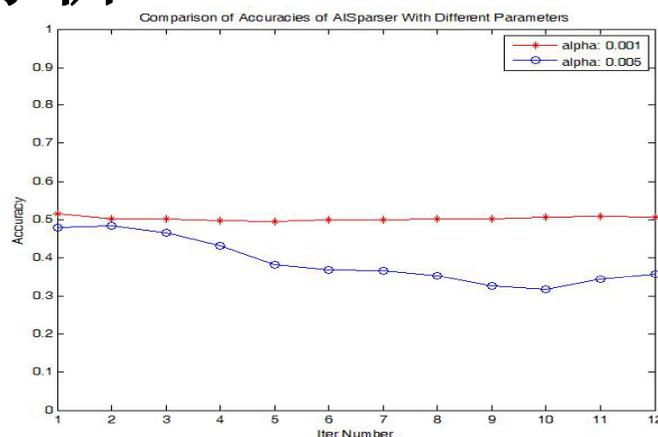
➤ 结果及分析



- 依存分析精度持续递增
- 收敛于较高精度

初步实验结果

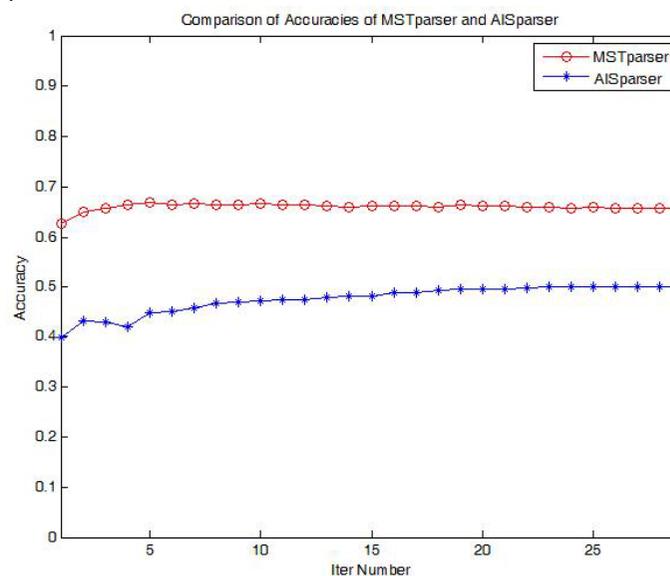
➤ 结果及分析



- alpha: 变异概率（受体中特征是否发生调整的阈值）
- 参数敏感
 - 预测精度最大值不同
 - 变化趋势不同
 - 收敛速度不同

初步实验结果

➤ 结果及分析



- 精度低于比较系统
 - 没有借助用户反馈
 - 参数调整困难

下一步工作

➤ 总结

- ✓ 有效解决依存句法分析问题
- ✓ 坚实的免疫原理作为理论基础
- ✓ 克服统计学习的不足
- ✓ 初步达到目标
 - 持续调节参数
 - 性能持续提升



下一步工作

➤ 适用性

- 信息检索
- 情感分析
- 问答系统

} 个性化

➤ 模型效率

- 并行