

Lec 7

1. 基本逻辑

写出复合命题 $(p \vee \neg q) \rightarrow (p \wedge q)$ 的真值表.

p	q	$\neg q$	$p \vee \neg q$	$p \wedge q$	$(p \vee \neg q) \rightarrow (p \wedge q)$
T	T	F	T	T	T
T	F	T	T	F	F
F	T	F	F	F	T
F	F	T	T	F	F

2. 假言推理

给定知识库中的句子:

- $P \rightarrow Q$
- $Q \rightarrow R$
- P

使用 Modus Ponens 推理规则证明 R .

我们知道, Modus Ponens (假言推理) 的形式是:

$$\frac{P, P \rightarrow Q}{\therefore Q}$$

现在, 运用 Modus Ponens 来推导 R :

- 从 $P \rightarrow Q$ 和 P 推导出 Q :

$$\frac{P, P \rightarrow Q}{\therefore Q}$$

- 从 $Q \rightarrow R$ 和 Q 推导出 R :

$$\frac{Q, Q \rightarrow R}{\therefore R}$$

到此, 我们已经证明了 R .

Lec 8

1. 全称量词和存在量词的应用

使用一阶逻辑的全称量词和存在量词来表达以下两个句子:

- (1) 所有的国王都是富有的.

$$\forall x \text{ King}(x) \Rightarrow \text{Rich}(x)$$

(2) 有些国王是富有的.

$$\exists x \text{ King}(x) \wedge \text{Rich}(x)$$

2. 等词应用

等词用于表达两个项指代同一对象或不同对象（加否定词时表示两个项不是同一个对象）：

(1) Richard 至少有两个兄弟.

$$\exists x, y \text{ Brother}(x, \text{Richard}) \wedge \text{Brother}(y, \text{Richard}) \wedge \neg(x = y)$$

(2) Richard 有两个兄弟 x 和 y .

$$\text{Brother}(x, \text{Richard}) \wedge \text{Brother}(y, \text{Richard}) \wedge (x = y) \wedge \forall i \text{ Brother}(i, \text{Richard}) \Rightarrow (i = x \vee i = y)$$

3. 推理

使用前向链接和后向链接，从已知事实推导出新事实：

(1) 已知知识库中有以下信息：

- $\forall x \text{ King}(x) \Rightarrow \text{Rich}(x)$ （所有国王都是富有的）
- $\text{King}(\text{Charles})$ （查尔斯是国王）

问题：使用前向链接推理出查尔斯是富有的.

首先消去全称量词，得 $\text{King}(x) \wedge \text{Rich}(x)$ ；

再由已知 $\text{King}(\text{Charles})$ 得 $\text{King}(\text{Charles}) \wedge \text{Rich}(\text{Charles})$ ，也即 $\text{Rich}(\text{Charles})$ ；

所以我们证明了 Charles 是富有的.

(2) 在 A 国家，任何违反环境保护法的行为都被视为犯罪行为. 未经授权倾倒有毒废物至环境中是违法的. 如果企业能证明其行为是为了防止更大的环境灾害，可以申请倾倒有毒废物的紧急授权.

某湖泊被政府指定为自然保护区. 企业家 E 在该湖泊中倾倒了有毒废物. E 声称其行为是为了防止更严重的环境灾害. 此外，没有证据直接表明 E 申请了紧急授权.

问题：使用逻辑推理，分析 E 是否犯了罪.

首先，我们可以将这些已知的内容转化为一些一阶确定子句：

- 违反环境保护法的行为是犯罪行为： $\text{AgainstLaw}(x) \Rightarrow \text{Criminal}(x)$

- 倾倒有毒废物至环境中: $PourPoison(x, env) \wedge Environment(env)$
- 湖泊属于环境: $Lake(L) \Rightarrow Environment(L)$
- 未经授权倾倒有毒废物是违法的: $PourPoison(x, env) \wedge \neg EmergencyAuth(x) \Rightarrow AgainstLaw(x)$
- 声称为了防止更严重的环境灾害: $Claim(x)$
- 证明为了防止更严重的环境灾害: $Prove(x)$
- 证明后, 企业可以申请紧急授权来倾倒有毒废物以防止更大的环境灾害, 不能证明则无效:
- $Prove(x) \Rightarrow EmergencyAuth(x)$
- $\neg Prove(x) \Rightarrow \neg EmergencyAuth(x)$

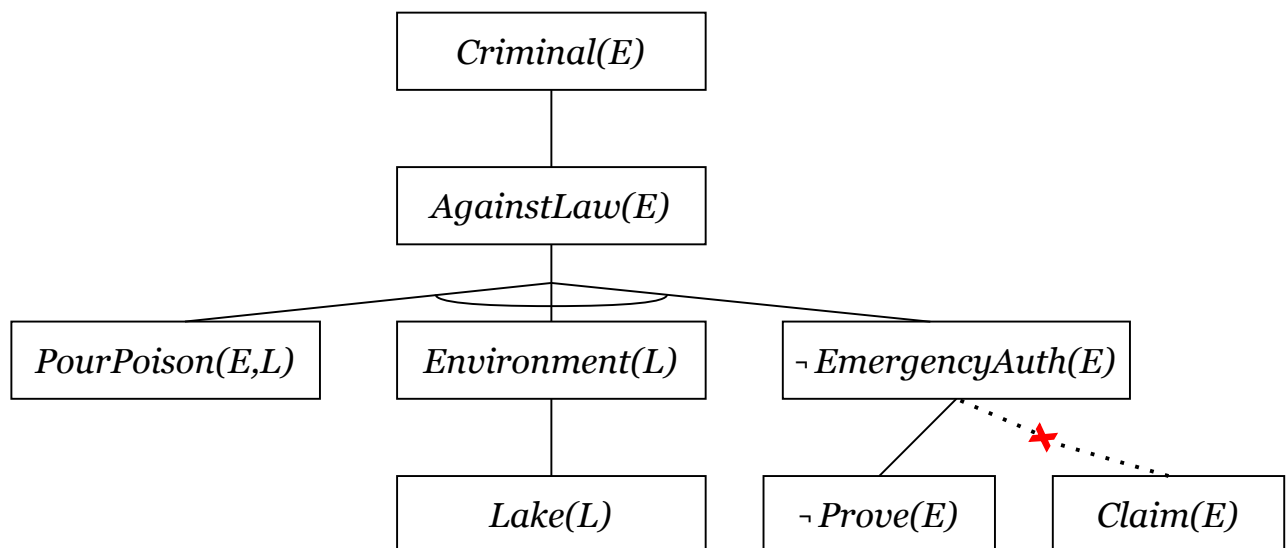
接下来, 我们可以使用后向链接推理来分析 E 是否犯了罪, 假定该湖泊名称为 L, 我们已知 $PourPoison(E, L)$, $Claim(E)$, $\neg Prove(E)$.

我们的**目标结论**: 企业家 E 犯罪了, 即 $Criminal(E)$.

为了使用后向链接进行推理, 要先逐步确定达成这个结论所需的必要前提条件, 然后检查这些条件是否被满足.

- (a) **必要条件1**: 在 A 国, 违反环境保护法的行为是犯罪, 即要证明 $AgainstLaw(E)$;
- (b) **必要条件2**: E 实施了倒入有毒废物进入湖泊 L 的行为, 即 $PourPoison(E, L)$;
- (c) **必要条件3**: E 未获得紧急授权, 即 $\neg EmergencyAuth(E)$;
- (d) **必要条件4**: 湖泊 L 属于环境的范畴, 即 $Environment(L)$.

证明树如下所示:



现在, 我们逆向验证这些条件:

- 从结论 $Criminal(E)$ 出发;
- 我们检查 E 的行为是否违反了环境保护法 $AgainstLaw(E)$, 这需要 E 进行非法倾倒有毒废物的行为 $PourPoison(E, L)$, 并且没有证据获取紧急授权 $\neg EmergencyAuth(E)$;
- 对于第一项条件, E 确实倾倒了有毒废物进入湖泊, 湖泊属于环境, 也即 $PourPoison(E, L) \wedge Environment(L)$;
- 接着, 我们验证第二项条件. 由于没有证据表明 E 有紧急授权, 这一条件不成立, 意味着没有合法理由豁免 E 的行为. 而且通过 E 的声明 $Claim(E)$ 且没有证据证明其为了避免更大危害, 即 $\neg Prove(E)$, 也不足以获取紧急授权, 所以没有例外情况, 我们证明了 $\neg EmergencyAuth(E)$.

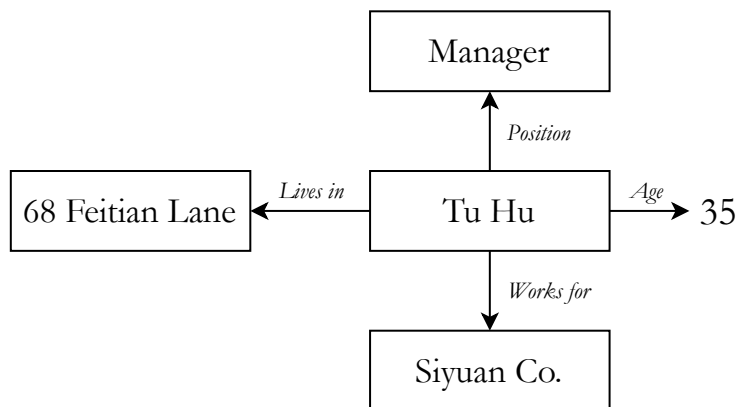
综上，以上条件均能满足，我们证明了 E 确实犯罪了，即 $Criminal(E)$.

Lec 9

1. 语义网络

用语义网络表示下列信息：

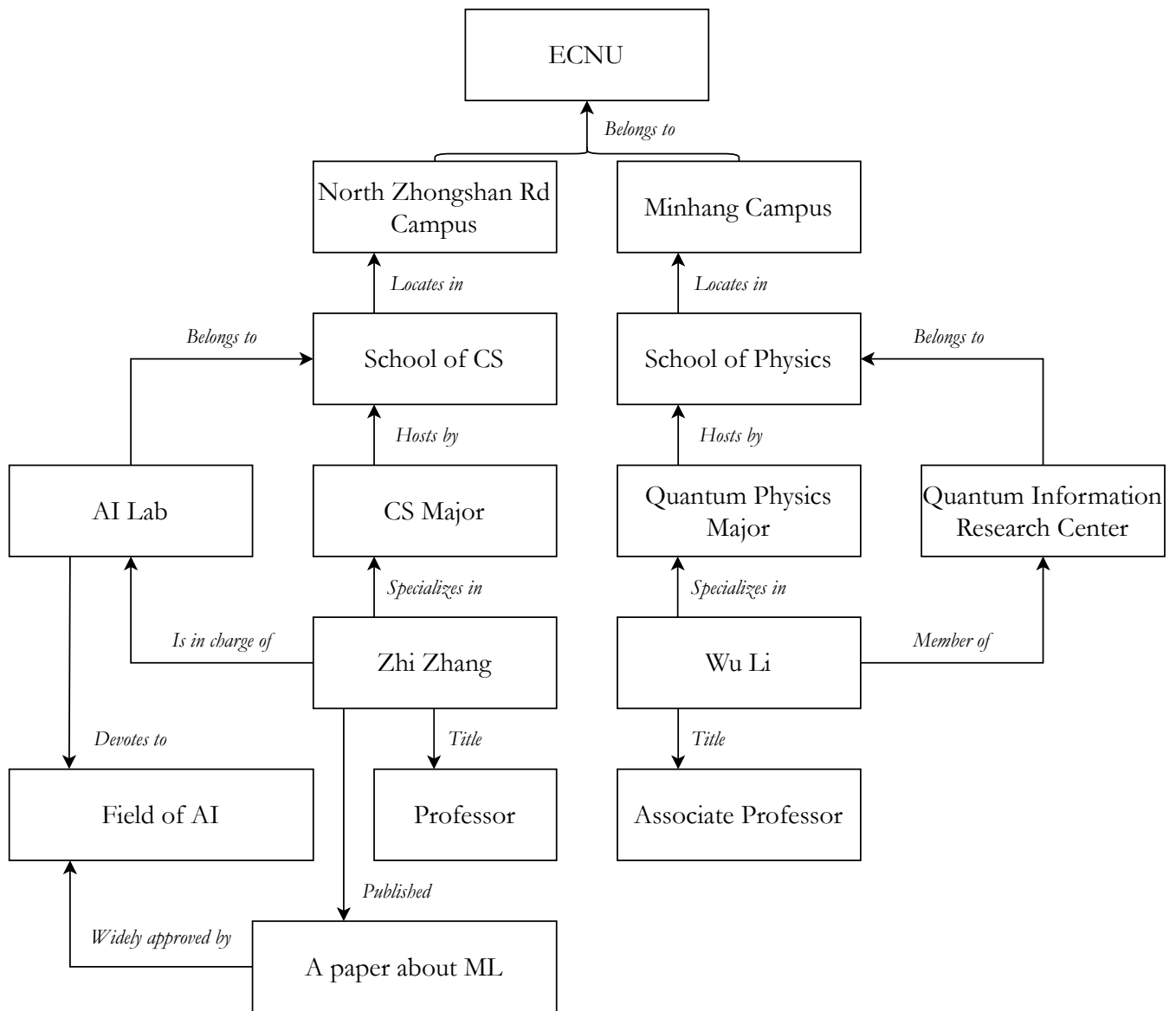
(1) 胡途是思源公司的经理，他 35 岁，住在飞天胡同 68 号.



(2) 华东师范大学有两个校区：中北校区和闵行校区.

- 中北校区设有计算机学院，其中张智是计算机科学与技术专业的教授，同时负责人工智能实验室.
- 闵行校区设有物理学院，李物是量子物理专业的副教授，同时是量子信息研究中心成员.
- 张智教授最近发表了一篇关于机器学习的研究论文，在人工智能领域获得了广泛认可.

以上信息的语义网络图如下：



问题：

(a) 给出华东师范大学在语义网络中的表示.

如上图所示.

(b) 说明张智教授和李物副教授在语义网络中的位置及其关联属性.

关系如上图所示，关联属性，都属于华东师范大学.

具体关联属性可以通过 张智 - 计算机科学与技术专业/人工智能实验室 - 计算机学院 - 中北校区 - 华东师范大学 - 闵行校区 - 物理学院 - 量子物理专业/量子信息研究中心 - 李物 进行联系.

2. 用概率来量化不确定性

假设你是应急管理部门的一名决策分析师，任务是为城市近期可能发生的自然灾害（例如洪水或地震）制定一个应急响应计划.

(1) 描述如何使用概率理论来估计接下来一年内城市发生大规模洪水的风险.

(2) 如果已知城市的不同区域对洪水的脆弱性不同，解释如何通过条件概率来评估特定区域受灾的可能性.

(3) 考虑多个因素（如降雨量、河流水位等）可能影响洪水发生的概率，如何构建一个概率模型来为应急响应计划提供决策支持.

1. 使用概率理论估计大规模洪水的风险

估计大规模洪水的总体风险

首先，收集和分析历史数据，以估计城市发生大规模洪水的先验概率 $P(Flood)$.

- **数据收集**：从网络或者资料中，获取过去若干年的具体洪水事件记录，包括每年发生大规模洪水的次数等.
- **频率估计**：使用历史数据计算大规模洪水的频率. 例如，如果在过去 20 年中有 5 次大规模洪水事件，那么我们可以算出估计的先验概率为：

$$P(Flood) = \frac{5}{20} = 0.25$$

2. 使用条件概率评估特定区域的受灾可能性

评估不同区域的脆弱性

假设城市被划分为具体的多个区域，每个区域对洪水的脆弱性不同. 可以通过条件概率评估每个区域在发生洪水时受灾的可能性.

- **数据收集**：获取各区域的地理、地质特征，以及历史上的受灾记录等必要信息.
- **计算条件概率**：根据历史数据计算各区域在洪水发生时受灾的条件概率. 假设 A 区的条件概率为 $P(A|Flood)$ ，由条件概率公式，我们可以表示为：

$$P(A|Flood) = \frac{P(A \wedge Flood)}{P(Flood)}$$

其中， $P(A \wedge Flood)$ 是 A 区发生洪水的联合概率，这一点可以通过历史数据估计.

3. 构建概率模型以提供决策支持

考虑影响洪水的多个因素

我们知道，多个因素（如降雨量、河流水位、地质条件等）都有可能影响洪水的发生. 因此，我们可以构建一个概率模型，纳入这些因素进行综合考量.

- **定义随机变量**：根据以上的分析，我们可以定义一些随机变量以便后续进行计算.
 - 降雨量： R
 - 河流水位： L
 - 地质条件： G
 - 大规模洪水： F
- **构建概率分布**：
 - 首先我们可以分别收集每个随机变量的历史数据，构建它们的概率分布. 例如，降雨量的概率分布可以通过历史降雨数据构建，河流水位等都可以通过历史数据进行获取.
 - 要注意的是，诸如地质条件这样重要，但是不能直接量化的内容，我们可以事先拟定一些标准，对不同的地质条件进行评分，实际上也即事先建立一种函数映射，从离散值映射到一个数，从而可以一并纳入考量. 例如说不易发生洪水的地质条件，我们给出相对低的变量值，反之亦然.
 - 在有了先前的准备工作之后，我们估计联合概率分布 $P(R, L, G, F)$ ，反映这些因素的相互关系.
- **贝叶斯网络**：
 - 由于这些变量并非独立，我们可以下一步就通过构建贝叶斯网络，将这些变量和它们的条件依赖关系表示出来. 例如，河流水位 L 可能依赖于降雨量 R ，洪水发生 F 可能依赖于河流水位 L 和地质条件 G 等.

- 这样我们的贝叶斯网络可以帮助推断在给定条件下洪水发生的概率.

- **条件概率:**

- 使用贝叶斯定理计算在特定条件下洪水发生的概率. 例如, 给定高降雨量和高河流水位, 计算大规模洪水的后验概率:

$$P(F|R, L) = \frac{P(R, L|F) \cdot P(F)}{P(R, L)}$$

有了以上的分析, 我们也不难制定应急响应计划了.