

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Kripke 🕏

CTL 的语法和语

μ-演領

CTL 和 mu-演算 进亡理论

*TI 港台和3

家特卡洛柯搜索界/

卡洛柯搜塞列

实验比较结果

合作问题分析

什人类和她好區

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

基于遗忘的反应式系统最弱充分条件研究

May 2, 2022

姓名: 冯仁艳

导师: 王以松

联合导师: Erman Acar¹

学科专业: 软件工程

研究方向: 软件工程技术与人工智能



目录

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

ザ九月京和思义

国内外研究现状

研究内容

背景知i

CTI 的语注和语

μ-演第

CTL 和 mu-演算 溃忘理论

TL 遗忘理i

東村下沿門役系界:

其干王施折公的费!

かねいか 仕

合作问题分

管注绘占

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

- ① 研究背景和意义
- 2 国内外研究现状
- ③ 研究内容
- 4 背景知识
 - Kripke 结构
 - CTL 的语法和语义
 - μ-演算
- CTL 和 mu-演算遗忘理论
- 6 结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索
- ② 总结与展望



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Klipke spin

μ-演

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算法

PH1713.81 9F1A

实验比较结果

合作问题分析

算法缺点

结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索







图 1: 系统故障引起的系列灾难现场

表 1: 由系统故障引起的重大事件概览

时间	事故原因	损失
1991年	美国爱国者导弹系统舍入错误	28 名士兵死亡、100 人受伤等
1996年	阿丽亚娜 5 火箭代码重用	火箭与其它卫星毁灭
1999 年	火星探测器用错度量单位	探测器坠毁并造成了 3.27 亿美元的损失
2011年	温州 7.23 动车 <u>信号设备</u> 在设计	动车脱节脱轨、多人失去生命
	上存在严重的缺陷	



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

als III. And

月 泉 和 1

CTI (SIJESEE ENGR

μ-γη

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTI 港岸理報

蒙特卡洛树搜索算

卡洛树搜索算法

nderstation for the

A 26-23 BH A 3

H IFFVAZ.

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索







图 1: 系统故障引起的系列灾难现场

系

统正确对国防、太空勘测和交通运输至关重要。

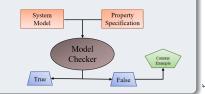


研究背景和意义:形式化验证为系统的正确提供了有力依据

自动定理证明(Automated theorem proving) 令 φ_{imp} 和 φ_{spec} 分别表示系统模型 消解 (Resolution) 和规范对应的时序逻辑公式: • $\phi_{imp} \rightarrow \phi_{spec}$,或 • $\phi_{imp} \leftrightarrow \phi_{spec}$ Hoare三元组:{P} S {Q} → 最弱前件 (WP) 演算[1] 程序终止、

模型检测(Model Checking)

- $\mathcal{M} \models^? \phi_{spec}$.
- 反应式系统 (reactive system): 是 指与环境有着持续不断交互的系统。
- 如何计算反应式系统的 WP?



结合卷积神经网 的蒙特卡洛树搜



基于遗忘的反应 式系统最弱充分

研究背景和意义

国内外研究现状

EII obe "I» obe

北里和

CTL 的语法和i

μ-演第

CTL 和 mu-演 溃忘理论

CTL 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算

分野小砂件間

会作问题分析

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

研究背景和意义:简单的例子

Example (汽车制造企业模型)

一个汽车制造企业能够生产两种汽车: 小轿车 (se) 和跑车 (sp)。每隔一段时间,该企业都会做一个生产决策 (d),即: 合理的生产计划。刚开始的时候,该企业做出了具有三个选择 (s) 的方案:

- (1) 先生产足够的 se, 然后在再生产 sp;
- (2) 先生产足够的 sp,然后再生产 se;
- (3) 同时生产 se 和 sp。

这一过程可以由图 2中的 Kripke 结构(带标签的状态转换图) $\mathcal{M} = (S, R, L)$ 形式化地展现出来,其中:

- V={d,s,se,sp} 为该工厂所需要考虑的原子命 题集;
- $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4\}$ 为状态空间;
- $R = \{(s_0, s_1), (s_1, s_2), (s_1, s_3), (s_1, s_4), (s_2, s_0), (s_3, s_0), (s_4, s_0)\}$ 为状态转换关系集;
- $L: S \to 2^V$ 为标签函数,具体地: $L(s_0) = \{d\}$ 、 $L(s_1) = \{s\}$ 、 $L(s_2) = \{se\}$ 、 $L(s_3) = \{sp\}$ 和 $L(s_4) = \{se, sp\}$ 。

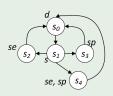


图 2: 汽车制造企业模型

假定,由于经济危机或者战略调整,导致该企业不能再生产跑车。这意味着所有规范和 Kripke 结构都不再需要考虑 sp 的,因此应该"移除"。



研究背景和意义:知识表示与推理(KR)中的SNC和WSC

基于 题 忘 的 反 应 式 系 统 最 弱 充 分 条 件 研 究

研究背景和意义

国内外研究现状

切九内台

育京知り

CTL 的语法和语

.. 302.407

_

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTL 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算法

卡洛树搜索算法

实验比较结果

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

最强必要条件(SNC)和最弱充分条件(WSC)

SNC 和 WSC 分别用于描述给定理论下的最一般的结果(consequence)和最一般的诱因(abduction)[4]。满足下面两个条件的 φ 称为 q 在理论 Σ 下的 SNC:

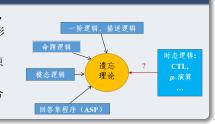
- (1) $\Sigma \models q \rightarrow \varphi$;
- (2) 对任意 φ' 且 $\Sigma \models q \rightarrow \varphi'$,有 $\Sigma \models \varphi \rightarrow \varphi'$ 。

满足下面两个条件的 ψ 称为 q 在理论 Σ 下的 (WSC):

- (1) $\Sigma \models \psi \rightarrow q$;
- (2) 对任意 ψ' 且 $\Sigma \models \psi' \rightarrow q$,有 $\Sigma \models \psi' \rightarrow \psi$ 。

遗忘理论(Forgetting)

遗忘是一种从理论中抽取知识的技术 [5],被用于规划[6,7] 和知识更新 中 [8]。非形式化地,对于逻辑语言 L 中的任意公式和原子集合,如果从该公式中遗忘掉该原子集合后得到的结果仍然在 L 中,则称遗忘存在,同时也称该公式和原子集合的遗忘存在。





目录

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内

背景知道

K-i-li-

CTL 的语法和i

μ-演

CTL 和 mu-演算 溃忘理论

TL 遗忘理i

東村下沿門役系界:

其干王施折公的费!

合作问题分

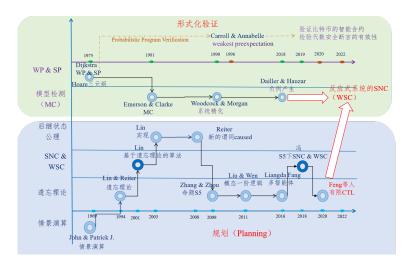
管注語占

结合卷积神经网络

- 1 研究背景和意义
- ② 国内外研究现状
- ③ 研究内容
- 4 背景知识
 - Kripke 结构
 - CTL 的语法和语义
 - μ-演算
- CTL 和 mu-演算遗忘理论
- 6 结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索
- ② 总结与展望



国内外研究现状





目录

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意 ジ

国内外研究现状

TTT she I she

als Ht And

日水州

CTI (http://www.

μ-\(\mathcal{M}\)

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理i

蒙特卡洛柯搜索算?

卡洛树搜索第

A VII FUTA-H /

百作円處2

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

- 研究背景和意义
- ② 国内外研究现状
- ③ 研究内容
- 4 背景知识
 - Kripke 结构
 - CTL 的语法和语义
 - μ-演算
- CTL 和 mu-演算遗忘理论
- 6 结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索
- ☑ 总结与展望

研究内容

本论文研究反应式系统下, CTL 和 μ-演算的遗忘理论, 并使用遗忘计 算 WSC。具体为:

- 计算 CTL 遗忘的算法



研究内容

本论文研究反应式系统下, CTL 和 μ-演算的遗忘理论, 并使用遗忘计 算 WSC。具体为:

- CTL 和 μ-演算的遗忘理论
 - CTL 的遗忘理论
 - μ-演算的遗忘理论
- 计算 CTL 遗忘的算法

2000

明九日泉和思入

国内外研究现制

研究内容

背景知i

Kripke ⋬

CTL 的语法和语

μ-演3

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算

卡洛树搜索算

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

研究内容

本论文研究反应式系统下,CTL 和 μ -演算的遗忘理论,并使用遗忘计算 WSC。具体为:

- \bullet CTL 和 μ -演算的遗忘理论
 - CTL 的遗忘理论
 - μ-演算的遗忘理论
- 遗忘理论在反应式系统的形式化验证和知识更新中的应用
 - 计算 WSC 和 SNC
 - 定义知识更新
- 计算 CTL 遗忘的算法
 - 基于模型的计算方法
 - 基于消解 (resolution) 的计算方法
 - 实现与实验分析

式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意〉

国内外研究现制

研究内容

背景知i

Kripke ⋬

CTL 的语法和语

11-演算

CTI 和 mi

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理i

蒙特卡洛柯搜索算法 基于手牌拆分的蒙特

实验比较结果

合作问题分

结合卷积神经网:

研究内容

本论文研究反应式系统下,CTL 和 μ -演算的遗忘理论,并使用遗忘计算 WSC。具体为:

- \bullet CTL 和 μ -演算的遗忘理论
 - CTL 的遗忘理论
 - μ-演算的遗忘理论
- 遗忘理论在反应式系统的形式化验证和知识更新中的应用
 - 计算 WSC 和 SNC
 - 定义知识更新
- 计算 CTL 遗忘的算法
 - 基于模型的计算方法
 - 基于消解 (resolution) 的计算方法
 - 实现与实验分析



研究内容

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

背景知识

Kripke 🛭

CTL 的语法和i

u-演算

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTI 遗忘理

蒙特卡洛树搜索算:

nhe WA LLA bio Arb 199

스作品期公

....

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

- \bullet CTL 和 μ -演算的遗忘理论
- 遗忘理论在反应式系统的形式化验证和知识更新中的应用
- 计算 CTL 遗忘的计算方法

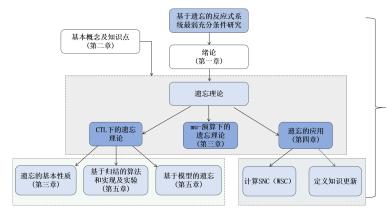


图 3: 文章组织结构示意图



目录

- 2 国内外研究现状
- 4 背景知识
 - Kripke 结构
 - CTL 的语法和语义
 - μ-演算
- CTL 和 mu-演算遗忘理论
- 结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索



Kripke 结构

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

vert also I - also

36 W. An21

CTL 的语法和i

CIL HIHIZANI

μ-演3

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛柯搜索第

卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 ②: 原子命题的集合 Ind: 索引的集合

Definition (初始 Ind-Kripke 结构)

一个初始 Ind-Kripke 结构是一个五元组 $\mathcal{M} = (S, R, L, [_], s_0)$,其中:

- S 是状态的非空集合, s_0 是 M 的初始状态 (参见下文);
- $R \subseteq S \times S$ 是状态转换函数,且对任意 $s \in S$,存在 $s' \in S$ 使得 $(s,s') \in R$;
- L:S→2^A 是一个标签函数;
- [_]: $\operatorname{Ind} \to 2^{S \times S}$ 是一个函数,其使得对任意 $\operatorname{ind} \in \operatorname{Ind}$,若 $s \in S$,则存在唯一一个 $s \in S$ 使得 $(s,s') \in [\operatorname{ind}] \cap R$ 。

相关概念

- 初始 Kripke 结构 $\mathcal{M} = (S, R, L, s_0)$: 从初始 Ind-Kripke 结构 \mathcal{M} 中去掉 [_] 元素得到;
- Ind-Kripke 结构 *M* = (S,R,L,[_]): 从初始 Ind-Kripke 结构 *M* 中去掉初始状态 s₀ 得到;
- Kripke 结构 $\mathcal{M} = (S, R, L)$: 从初始 Ind-Kripke 结构 \mathcal{M} 中同时去掉 [_] 和 s_0 得到。



Kripke 结构

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

CTI (SISSEE)

μ-演算

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理

蒙特卡洛柯搜索算法

下疳例投系界

头短几钗珀米

百作问题勿

结合卷积神经网络

A: 原子命题的集合

Ind: 索引的集合

Definition (初始 Ind-Kripke 结构)

一个初始 Ind-Kripke 结构是一个五元组 $\mathcal{M} = (S, R, L, [_], s_0)$, 其中:

- S 是状态的非空集合, s_0 是 M 的初始状态 (参见下文);
- $R \subseteq S \times S$ 是状态转换函数,且对任意 $s \in S$,存在 $s' \in S$ 使得 $(s,s') \in R$;
- L:S→2^A 是一个标签函数;
- [_]: $\operatorname{Ind} \to 2^{S \times S}$ 是一个函数,其使得对任意 $\operatorname{ind} \in \operatorname{Ind}$,若 $s \in S$,则存在唯一一个 $s \in S$ 使得 $(s,s') \in [\operatorname{ind}] \cap R$ 。

相关概念

令 $\mathcal{M} = (S, R, L)$ 为 Kripke 结构, $\mathcal{M}' = (S, R, L, [_])$ 为 Ind-Kripke 结构:

- 路径: M 上的<u>路径</u>是 M 上的状态构成的无限序列 $\pi = (s_0, s_1, s_2, ...)$,且满足对任意 $j \ge 0$, $(s_j, s_{j+1}) \in R$;
- $s' \in \pi$: 表示 s' 是路径 π 上的一个状态; π_s : 表示以 s 为起点的 \mathscr{M} 上的一条路径;
- 初始状态: 如果对任意 $s' \in S$,都存在路径 π_s 使得 $s' \in \pi_s$,那么称 s 为<u>初始状态</u>;
- 索引路径: \mathcal{M}' 上的一条<u>索引路径</u> $\pi_s^{(ind)}$ ($ind \in \text{Ind}$) 是一条路径 ($s_0(=s), s_1, s_2, ...$), 且对任意 $j \geq 0$,有 (s_i, s_{i+1}) $\in [ind]$ 。



Kripke 结构

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

背景知识

Kripke 结构

CTI 的语注和语

_

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛柯搜索算:

卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分

day of the str

结合卷积神经网:

A: 原子命题的集合 Ind: 索引的集合

Definition (初始 Ind-Kripke 结构)

一个初始 Ind-Kripke 结构是一个五元组 $\mathcal{M} = (S, R, L, [_], s_0)$,其中:

- S 是状态的非空集合, s_0 是 M 的初始状态 (参见下文);
- $R \subseteq S \times S$ 是状态转换函数,且对任意 $s \in S$,存在 $s' \in S$ 使得 $(s,s') \in R$;
- L:S→2[∞] 是一个标签函数;
- [_]: $\operatorname{Ind} \to 2^{S \times S}$ 是一个函数,其使得对任意 $\operatorname{ind} \in \operatorname{Ind}$,若 $s \in S$,则存在唯一一个 $s \in S$ 使得 $(s,s') \in [\operatorname{ind}] \cap R$ 。

相关概念

一个(Ind-) 结构是一个二元组 $\mathcal{X}=(\mathcal{M},s)$,其中 \mathcal{M} 是一个初始 (Ind-)Kripke 结构,s 是 \mathcal{M} 中的一个状态。如果 s 是 \mathcal{M} 的初始状态,则称 \mathcal{X} 是初始 (Ind-) 结构。

在这些结构中,(索引)路径这一概念可以类似地定义。



CTL 的语法

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现构

......

_

CTI 的语注和语

- I L DJ 10 (2/14 to

μ-190, 91

CTL 和 mu-海 遗忘理论

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算

基于手腕板分的蒙

宏贴比较结果

合作问题分析

结合卷积神经网络

CTL 的语言符号

- 原子命题集 刘; 可数无限索引集合 Ind; 命题常量 start;
- 常量符号: ⊤和 ⊥,分别表示"真"和"假";
- 联结符号: ∨和「,分别表示"析取"和"否定";
- 路径量词: A、E 和 E_{ind},分别表示"所有"、"存在"和"存在索引为 ind∈ Ind"的路径;
- 时序操作符: X、F、G、U 和 W, 分别表示"下一个状态"、"将来某一个状态"、"将来 所有状态"、"直到"和"除非";
- 标点符号: "("和")"。

Definition (带索引的 CTL)

带索引的 CTL 公式的存在范式 (existential normal form, ENF)可以用巴科斯范式递归定义如下:

 $\phi ::= \textbf{start} \mid \bot \mid \rho \mid \neg \phi \mid \phi \lor \phi \mid \texttt{EX}\phi \mid \texttt{EG}\phi \mid \texttt{E}(\phi \ \texttt{U} \ \phi) \mid \texttt{E}_{\langle \textit{ind} \rangle} \texttt{X}\phi \mid \texttt{E}_{\langle \textit{ind} \rangle} \texttt{G}\phi \mid \texttt{E}_{\langle \textit{ind} \rangle}(\phi \ \texttt{U}\phi)$

其中, $p \in \mathcal{A}$, $ind \in Ind$ 。

没有索引和 start 的公式称为 CTL 公式。



CTL 的语法

Definition (带索引的 CTL)

带索引的 CTL 公式的存在范式 (existential normal form, ENF)可以用巴科斯范式递归定义如 下:

$$\phi ::= \mathsf{start} \mid \bot \mid p \mid \neg \phi \mid \phi \lor \phi \mid \mathsf{EX}\phi \mid \mathsf{EG}\phi \mid \mathsf{E}(\phi \cup \phi) \mid \mathsf{E}_{(\mathit{ind})} \mathsf{X}\phi \mid \mathsf{E}_{(\mathit{ind})} \mathsf{G}\phi \mid \mathsf{E}_{(\mathit{ind})}(\phi \cup \phi)$$

其中, $p \in \mathcal{A}$, $ind \in Ind$ 。

没有索引和 start 的公式称为 CTL 公式。

CTL 中其它形式的公式可以通过如下定义(使用上述定义中的形式)得到:

 $\phi
ightarrow \psi \stackrel{\mathit{def}}{=} \neg \phi \lor \psi$

 $\varphi \wedge \psi \stackrel{\text{def}}{=} \neg (\neg \varphi \vee \neg \psi)$

 $A(\varphi \cup \psi) \stackrel{def}{=} \neg E(\neg \psi \cup (\neg \varphi \land \neg \psi)) \land \neg EG \neg \psi$

 $A(\varphi W \psi) \stackrel{def}{=} \neg E((\varphi \wedge \neg \psi) U(\neg \varphi \wedge \neg \psi))$

 $E(\varphi W \psi) \stackrel{def}{=} \neg A((\varphi \land \neg \psi)U(\neg \varphi \land \neg \psi))$

 $AF\phi \stackrel{def}{=} A(\top U\psi)$ $EF\varphi \stackrel{def}{=} E(\top U \psi)$

 $AX\phi \stackrel{def}{=} \neg EX \neg \phi$

 $AG\boldsymbol{\varphi} \stackrel{def}{=} \neg EF \neg \boldsymbol{\varphi}$

(8)

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)



CTL 的语法

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Klipke sping

TL 的语法和语

μ-演!

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算:

卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分

887.54 Ark .3v

结合卷积神经网 的蒙特卡洛树搜

Definition (带索引的 CTL)

带索引的 CTL 公式的存在范式 (existential normal form, ENF)可以用巴科斯范式递归定义如下:

 $\phi ::= \mathbf{start} \mid \bot \mid \rho \mid \neg \phi \mid \phi \lor \phi \mid \mathsf{EX}\phi \mid \mathsf{EG}\phi \mid \mathsf{E}(\phi \ \mathsf{U} \ \phi) \mid \mathsf{E}_{(\mathit{ind})} \mathsf{X}\phi \mid \mathsf{E}_{(\mathit{ind})} \mathsf{G}\phi \mid \mathsf{E}_{(\mathit{ind})}(\phi \mathsf{U}\phi)$

其中, $p \in \mathcal{A}$, $ind \in Ind$ 。

没有索引和 start 的公式称为 CTL 公式。

符号优先级

带索引的 CTL 中各类符号的优先级如下,且从左到右优先级逐渐降低:

 $\neg, \mathrm{EX}, \mathrm{EF}, \mathrm{EG}, \mathrm{AX}, \mathrm{AF}, \mathrm{AG}, \mathrm{E}_{\langle \mathit{ind} \rangle} \mathrm{X}, \mathrm{E}_{\langle \mathit{ind} \rangle} \mathrm{F}, \mathrm{E}_{\langle \mathit{ind} \rangle} \mathrm{G}, \wedge, \vee, \mathrm{EU}, \mathrm{AU}, \mathrm{EW}, \mathrm{AW}, \mathrm{E}_{\langle \mathit{ind} \rangle} \mathrm{U}, \mathrm{E}_{\langle \mathit{ind} \rangle} \mathrm{W}, \rightarrow.$

此外,给定一个不包含" \rightarrow "的公式 φ 和原子命题 p。在 φ 中,若 p 的前面有偶数个否定 ¬,则称 p 在 φ 中的出现为正出现,否则为负出现。若 φ 中所有 p 的出现都为正出现(或负出

现),则称 φ 关于 p 是正的 (或负的)。



CTL 的语义

Definition (带索引的 CTL 的语义)

给定公式 φ ,初始 Ind-Kripke 结构 $\mathscr{M}=(S,R,L,[_],s_0)$ 和状态 $s\in S$ 。 (\mathscr{M},s) 与 φ 之间的可满足关系 (\mathscr{M},s) 는 φ 定义如下:

- $(\mathcal{M},s) \not\models \bot$;
- $(\mathcal{M},s) \models p$ 当且仅当 $p \in L(s)$;
- $(\mathcal{M},s) \models \varphi_1 \lor \varphi_2$ 当且仅当 $(\mathcal{M},s) \models \varphi_1$ 或 $(\mathcal{M},s) \models \varphi_2$;
- $(\mathcal{M},s) \models \neg \varphi$ 当且仅当 $(\mathcal{M},s) \not\models \varphi$;
- $(\mathcal{M},s) \models \text{EX} \varphi$ 当且仅当存在 S 中的一个状态 s_1 ,使得 $(s,s_1) \in R$ 且 $(\mathcal{M},s_1) \models \varphi$;
- $(\mathcal{M}, s) \models EG \varphi$ 当且仅当存在 \mathcal{M} 上的一条路径 $\pi_s = (s_1 = s, s_2, ...)$,使得对每一个 $i \ge 1$ 都有 $(\mathcal{M}, s_i) \models \varphi$:
 $(\mathcal{M}, s) \models E(\varphi \cup \psi)$ 当且仅当存在 \mathcal{M} 上的一条路径 $\pi_s = (s_1 = s, s_2, ...)$,使得对某一个
- $i \ge 1$ 有 $(\mathcal{M}, s_i) \models \psi$,且对任意 $1 \le j < i$,有 $(\mathcal{M}, s_j) \models \varphi$:

 $(\mathcal{M}, s) \models \mathbb{E}_{(ind)} \times \psi$ 当且仅当对索引路劲 $\pi_s^{(ind)} = (s, s', ...)$,有 $(\mathcal{M}, s') \models \psi$;

 $\models \psi_2$ 且对任意 $s_k \in \pi_s^{(ind)}$,若 $1 \leq k < j$,则 $(\mathcal{M}, s_k) \models \psi_1$ 。

- $(\mathcal{M},s) \models \mathbb{E}_{(ind)} G \psi$ 当且仅当对任意 $s' \in \pi_s^{(ind)}$, $(\mathcal{M},s') \models \psi$; • $(\mathcal{M},s) \models \mathbb{E}_{(ind)} (\psi_1 \cup \psi_2)$ 当且仅当存在 $\pi_s^{(ind)} = (s = s_1, s_2, \dots)$ 中的 s_i $(1 \le j)$ 使得 (\mathcal{M},s_i)
- 结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

CTL 的语义

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现料

EII six et six

現と 150. Arm 3 F

_

em Wittelfann

.IL 的谐法和谐。

μ-演第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算法 基于手腕振分的蒙集

字验比较结果

失担儿权和不

合作问题分析

结合卷积神经网

记号

令 φ 、 φ_1 和 φ_2 为公式,这里列出文中出现的一些记号及其含义。

- Mod(φ): 公式 φ 的所有模型构成的集合;
- 可满足: 如果 Mod(φ) ≠ 0, 则称 φ 是<u>可满足</u>的;
- 逻辑蕴涵: 若 $Mod(\varphi_1) \subseteq Mod(\varphi_2)$,则称 φ_1 逻辑地蕴涵 φ_2 ,记为 $\varphi_1 \models \varphi_2$;
- 逻辑等值: 当 φ₁ |= φ₂ 且 φ₂ |= φ₁ 时, 即 Mod(φ₁) = Mod(φ₂), 则称 φ₁ 和 φ₂
 为逻辑等值公式 (简称为等值公式), 记作 φ₁ ≡ φ₂;
- Var(φ): 出现在 φ 中的原子命题集;
- VП 和 ∧П 分别表示有限集 П 中公式的析取和合取;
- <u>V-无关</u> (<u>V-irrelevant</u>): 给定公式 φ 和原子命题集 V, 如果存在一个公式 ψ 使得 $Var(\psi) \cap V = \emptyset$ 且 $\varphi = \psi$, 那么说 φ 与 V 中的原子命题<u>无关</u>,简称为<u>V-无关</u> (<u>V-irrelevant</u>),写作 IR(φ , V)。
- 文字(literal)、子句(clause)、析取范式等跟经典命题情形中的定义一样。



CTL 的标准形式法

式系统最弱充分 条件研究

917619287

国内外研究现构

研究内:

背景知识

Kripke 紹

CTL 的语法和i

μ-演

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理

蒙特卡洛树搜索算

卡洛树搜索算

实验比较结果

合作问题分

结合卷积神经网 的蒙特卡洛树搜

SNFg 子句

具有下面几种形式的公式称为 CTL 全局子句分离范式(separated normal form with global clauses for CTL,SNF ξ_{TL} 子句)[?, ?]:

AG($\mathsf{start} \to \bigvee_{j=1}^k m_j$) (初始句,initial clause) $\mathsf{AG}(\mathsf{T} \to \bigvee_{j=1}^k m_j) \qquad \qquad (全局子句, \mathsf{global clause})$ $\mathsf{AG}(\bigwedge_{i=1}^n l_i \to \mathsf{AX} \bigvee_{j=1}^k m_j) \qquad \qquad (\mathsf{A}\text{-步子句, A-step clause})$ $\mathsf{AG}(\bigwedge_{i=1}^n l_i \to \mathsf{E}_{(ind)} \mathsf{X} \bigvee_{j=1}^k m_j) \qquad (\mathsf{E}\text{-步子句, E-step clause})$ $\mathsf{AG}(\bigwedge_{i=1}^n l_i \to \mathsf{AF}) \qquad (\mathsf{A}\text{-X}\text{F}) \to \mathsf{AF})$

 $AG(\bigwedge_{i=1}^{m} I_i \to E_{(ind)}FI)$ (E-某时子句,E-sometime clause)

其中 k 和 n 都是大于 0 的常量, l_i $(1 \le i \le n)$ 、 m_j $(1 \le j \le k)$ 和 l 都是文字且 $ind \in Ind$ 。



CTL 的标准形式法

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

EII obe 444 obe

月 泉 和 に

....

CTL 的语法和语)

μ-演第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTL 遗忘理i

蒙特卡洛柯搜索算

卡洛树搜索算

实验比较结果

H IFPIREZ

算法缺点

结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索

转换规则

一个 CTL 公式 φ 可以通过下表中的规则转换为一个 SNF $_{\scriptscriptstyle \mathrm{CTL}}^g$ 子句集,记为 T_{φ} 。

表 1: 转换规则

其中, $T \in \{x, G, F\}$,ind 是规则中引入的新索引且 $Q \in \{A, E_{(ind)}\}$; q 是一个原子命题,I 是一个文字,D 是文字的析取(即子句),p 是新的原子命题; φ , φ ₁,和 φ ₂ 都是 CTL 公式。



CTL 的标准形式法

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

_

13.23.2...

CTI WORKS

CIL的暗弦和语

μ-190, 91

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理i

蒙特卡洛柯搜索算? 基于手牌拆分的蒙特

实验比较结果

合作问题分析

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

转换步骤

给定一个 CTL 公式 φ ,将其转换为一个 SNF $_{CTL}^g$ 字句集合的主要步骤如下:

- (1) 将公式 CTL 转换为其 NNF ^a 形式, 记为 nnf(φ);
- (2) 使用等值公式化简 $nnf(\varphi)$, 得到 $simp(nnf(\varphi))$;
- (3) 使用转换规则将 $\{AG(\mathbf{start} \to \mathbf{z}), AG(\mathbf{z} \to \mathbf{simp}(\mathbf{nnf}(\varphi)))\}$ 化简为 SNF_{CTL}^g 子句集 T_{φ} ,其中 T_{φ} 由如下导出(derivation)序列生成:

$$\mathcal{T}_0 = \{ \mathrm{AG}(\mathsf{start} \to \rho), \mathrm{AG}(\rho \to \mathsf{simp}(\mathsf{nnf}(\phi))) \}, \mathcal{T}_1, \dots, \mathcal{T}_n = \mathcal{T}_\phi$$

使得

- *p* 是一个新的原子命题,即: *p* ∉ {start} ∪ *Var*(φ);
- $T_{t+1} = (T_t \{\psi\}) \cup R_t \ (t \ge 0)$,其中 ψ 为 T_t 中的非 SNF $^g_{CTL}$ 子句,且 R_t 是使用一条匹配的归则作用到 ψ 上得到的结果集;
- T_n 中的每个公式都是 SNF_{CTL}^g 子句形式。

 a 对于给定的公式 φ ,其否定范式(negation normal form, NNF)是将否定联结词 "¬"的 出现通过上述定义变化到只出现在原子命题之前的形式。

Example

 $\phi \varphi = \neg AF p \land AF (p \land \top)$, 下面给出将 φ 转换为 SNF_{CTL}^g 子句集的详细步骤。

- (2) 化简 (1) 中的公式为: EG¬p∧AFp;

3. $z \rightarrow EG \neg p$

6. $z \rightarrow x$

9. $\top \rightarrow \neg z \lor x$

因此,得到的 φ 对应的 SNF $_{\mathrm{CTL}}^{g}$ 子句集为:

1. $start \rightarrow z$

2. $z \rightarrow AFp$

3. $x \to E_{\langle 1 \rangle} Gx$

5. $\top \rightarrow \neg x \lor \neg p$.

(1) 将公式 φ 转换为其 NNF 形式: EG¬p∧ AF(p∧⊤);

(3) 使用转换规则转换 {AG(start → z),AG(z → (EG¬p ∧ AFp))}, 详细步骤如下:

1. start $\rightarrow z$

2. $z \rightarrow \text{EG} \neg p \land \text{AF} p$

4. $z \rightarrow AFD$

5. $z \to E_{\langle 1 \rangle} G \neg p$

7. x → ¬I

8. $x \to \mathrm{E}_{\langle 1 \rangle} \mathrm{G} x$

10. $\top \rightarrow \neg x \lor \neg p$

(7, Trans(5))

4. $\top \rightarrow \neg z \lor x$

(2, Trans(3))

(2, Trans(3))

(3, Trans(1))

(5, Trans(10))

(5, Trans(10))

(5, Trans(10))

(6, Trans(5))



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现

TII site of site

沙思加

14 . 1 . 64

CTL 的语法和语

μ-演

CTL 和 mu-演

CTL 遗忘理记

蒙特卡洛树搜索算法

卡洛柯搜索界

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

μ-演算的语法

不动点符号: μ 和 ν , 分别表示"最小不动点"和"最大不动点"。 ν : 变元符号的可数集。

各类符号之间的优先级如下(从左到右优先级逐渐变低):

 \neg EX AX \wedge \vee μ ν .

Definition (μ-演算公式)

 μ -演算公式(简称为 μ -公式或公式)递归定义如下:

$$\varphi ::= \rho \mid X \mid \neg \varphi \mid \varphi \lor \varphi \mid AX\varphi \mid \nu X.\varphi$$

其中 $p \in \mathcal{A}$ 且 $X \in \mathcal{V}$ 。

约定

- ullet 公式 $vX.\phi$ 中的 X 总是正出现在 ϕ 中,即: ϕ 中 X 的每一次出现之前都有偶数个否定符号 "¬"。
- 称出现在 $\mu X. \varphi$ 和 $\nu X. \varphi$ 中的变元 X 是<u>受约束的</u>(bound),且受约束的变元称为约束变元,不受约束的变元称为自由变元;
- 文字 (literal): 原子命题和变元符号及其各自的否定;
- 这里所谈到的公式指的是取名恰当的(well-named)、受保护(guarded)的 μ -公式。



μ-演算的语法

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景4mi

CTL 的语法和语

μ-演第

CTL 和 mu-演 溃忘理论

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛柯搜索算

卡洛树搜索罪法

A.作品期A.t

H IFFYAD

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 不动点符号: μ 和 ν , 分别表示"最小不动点"和"最大不动点"。 ν : 变元符号的可数集。

各类符号之间的优先级如下(从左到右优先级逐渐变低):

TV 4V 4 1/

 \neg EX AX \wedge \vee μ ν .

Definition (*μ*-演算公式)

 μ -演算公式(简称为 μ -公式或公式)递归定义如下:

$$\varphi ::= \rho \mid X \mid \neg \varphi \mid \varphi \lor \varphi \mid \mathsf{AX}\varphi \mid \nu X.\varphi$$

其中 $p \in \mathcal{A}$ 且 $X \in \mathcal{V}$ 。

注意

在 μ-演算公式的定义中,通常考虑动作集 Act 和一组与 $a \in Act$ 相关的模态词 " $\langle a \rangle$ " [?, ?, ?]。 为了方便,本文考虑公式里只有一个动作的情形,但是本文的结论可以扩展到一般的情形。此时,模态词中的动作 a 可以省略,且公式 exp (或 exp) 与公式 exp (或 exp) 与公式 exp (或 exp) [?] 相同。



μ-演算的语义

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Kripke #

CTL 的语法和语

μ-演

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算

卡洛树搜索算

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网 的蒙特卡洛树搜

Definition

给定 μ -演算公式 φ 、Kripke 结构 $\mathcal{M} = (S,R,L,r)$ 和一个从 \mathcal{V} 中的变量到 \mathcal{M} 中状态的赋值函数 $\mathbf{v}: \mathcal{V} \to 2^S$ 。公式在 \mathcal{M} 和 \mathbf{v} 上的解释是 S 的一个子集 $\|\varphi\|_v^{\mathcal{M}}$ (如果在上下文中 \mathcal{M} 是明确的,则可以省去上标):

$$\|p\|_v = \{s \mid p \in L(s)\},\$$

$$\|X\|_{v}=v(X),$$

$$\left\|\phi_1\vee\phi_2\right\|_{\nu}=\left\|\phi_1\right\|_{\nu}\cup\left\|\phi_2\right\|_{\nu},$$

$$\|\mathbf{A}\mathbf{X}\boldsymbol{\varphi}\|_{\mathbf{v}} = \{s \mid \forall s'.(s,s') \in R \Rightarrow s' \in \|\boldsymbol{\varphi}\|_{\mathbf{v}}\},\$$

$$\|vX.\phi\|_v = \bigcup \{S' \subseteq S \mid S' \subseteq \|\phi\|_{v[X:=S']}\}.$$

其中,v[X:=S'] 是一个赋值函数,它除了 v[X:=S'](X)=S' 之外,和 v 完全相同。

注意:虽然这里的 Kripke 结构不要求其二元关系是完全的,但是这里的情况更加一般化, 其结论也能推广到二元关系是完全的情形。



μ-演算的语义

Definition

给定 μ -演算公式 φ 、Kripke 结构 $\mathcal{M} = (S, R, L, r)$ 和一个从 \mathscr{V} 中的变量到 \mathscr{M} 中状态的赋值函 数 $v: \mathcal{V} \to 2^{S}$ 。公式在 \mathcal{M} 和 v 上的解释是 S 的一个子集 $\|\varphi\|_{v}^{\mathcal{M}}$ (如果在上下文中 \mathcal{M} 是明确 的,则可以省去上标):

$$\|p\|_v = \{s \mid p \in L(s)\},\$$

$$\|X\|_{\nu}=\nu(X),$$

$$\|\varphi_1 \vee \varphi_2\|_{v} = \|\varphi_1\|_{v} \cup \|\varphi_2\|_{v},$$

$$\|\operatorname{AX} \varphi\|_{v} = \{s \mid \forall s'.(s,s') \in R \Rightarrow s' \in \|\varphi\|_{v}\},$$
$$\|vX.\varphi\|_{v} = \{\int \{S' \subseteq S \mid S' \subseteq \|\varphi\|_{v|X:=S'1}\}.$$

其中,
$$v[X:=S']$$
 是一个赋值函数,它除了 $v[X:=S'](X)=S'$ 之外,和 v 完全相同。

记号和约定

- 赋值:由 ℳ、其赋值函数 v 和 ℳ 上的状态 s 构成的三元组 (ℳ,s,v) 称为为赋值(当 s 为 \mathcal{M} 的根时, (\mathcal{M}, s, v) 简写为 (\mathcal{M}, v) ,也称其为一个赋值);
- 若 $s \in \|\varphi\|_{\mathcal{A}}$,则称 s "满足" φ ,记为 (\mathcal{M}, s, v) $\models \varphi$;
- Mod(φ): φ 的模型的集合,即 Mod(φ) = {(ℳ,ν) | (ℳ,r,ν) |= φ} (当 φ 为 μ-句子时, 也可简写为 $Mod(\varphi) = \{ \mathcal{M} \mid (\mathcal{M}, r, v) \models \varphi \});$
- 当公式 φ 为 μ-句子时,可以将赋值函数 ν 省略。



u-公式的析取范式

u-演算的覆盖 -语法

在覆盖 -语法语法中,用覆盖操作(cover operator)集替换上述 μ -公式的定义中的 EX,且满 足

- Cover(0) 是公式;
- 对任意 n ≥ 1, 若 φ₁,..., φ_n 是公式,则 Cover(φ₁,..., φ_n) 是公式。

Definition

对于给定的初始结构 $\mathcal{M} = (S, R, L, r)$ 和赋值函数 v:

- $(\mathcal{M}, r, v) \models Cover(\emptyset)$ 当且仅当 r 没有任何的后继状态;
- $(\mathcal{M}, s, v) \models Cover(\varphi_1, \dots, \varphi_n)$ 当且仅当
 - 对任意 i=1,...,n,存在 $(s,t) \in R$ 使得 $(\mathcal{M},t,v) \models \varphi_i$;
 - 对任意 $(s,t) \in R$,存在 $i \in \{1,...,n\}$ 使得 $(\mathcal{M},t,v) \models \varphi_i$ 。



μ-公式的析取范式

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Kripke ∉

TL 的语法和语:

μ-演第

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理i

蒙特卡洛柯搜索算

实验比较结果

合作问题分

百11円地2

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

μ-演算的覆盖 -语法

在覆盖 -语法语法中,用<u>覆盖操作</u>(cover operator)集替换上述 μ -公式的定义中的 EX ,且满足

- Cover(∅) 是公式;
- 对任意 $n \ge 1$,若 $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$ 是公式,则 $Cover(\varphi_1, \ldots, \varphi_n)$ 是公式。

等价关系

覆盖 -语法与上述 μ-演算的语法是等价的 [?],且 *Cover* 公式与 EX 公式之间可以通过下面的等式转换:

 $\mathit{Cover}(\varphi_1,\ldots,\varphi_n) \Leftrightarrow \mathrm{EX}\varphi_1 \wedge \cdots \wedge \mathrm{EX}\varphi_n \wedge \mathrm{AX}(\varphi \vee \cdots \vee \varphi_n),$

反之,

 $\text{EX} \varphi \Leftrightarrow \textit{Cover}(\varphi, \top).$



μ-公式的析取范式

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

TIT she als she

おり思かれる

....

CTI 的语法和语

μ-演

CTL 和 mu-演 遗忘理论

TL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算法

卡洛树搜索罪?

失短几权珀米

合作问题分

day of the late

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

μ -演算的覆盖 -语法

在覆盖 -语法语法中,用 $\overline{\underline{g}}$ 盖操作(cover operator)集替换上述 μ -公式的定义中的 EX ,且满足

- Cover(∅) 是公式;
- 对任意 $n \ge 1$,若 $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$ 是公式,则 $Cover(\varphi_1, \ldots, \varphi_n)$ 是公式。

Definition (析取 μ-公式 [?])

析取 μ-公式集 \mathscr{F}_d 是包含 \top 、 \bot 和不矛盾的文字的合取且封闭于下面几条规则的最小集合:

- (1) 析取式 (disjunctions): 若 $\alpha, \beta \in \mathscr{F}_d$, 则 $\alpha \lor \beta \in \mathscr{F}_d$;
- (2) 特殊合取式(special conjunctions): 若 $\varphi_1, \ldots, \varphi_n \in \mathscr{F}_d$ 且 δ 为不矛盾的文字的合取,则 $\delta \wedge Cover(\varphi_1, \ldots, \varphi_n) \in \mathscr{F}_d$;
- (3) 不动点操作 (fixpoint operators): 若 φ∈ ℱ_d, 且对任意公式 ψ, φ 不含有形如 X∧ψ 的子公式, 则 μX.φ 和 νX.φ 都在 ℱ_d 中。



目录

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现料

-110 Hel Jun 3

日从州

CTL 的语法和语

μ-演(3

CTL 和 mu-演算 溃忘理论

TL 遗忘理

家特卡洛柯搜索斯

基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分

曾法独占

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜翼

- 1 研究背景和意义
- 2 国内外研究现状
- ③ 研究内容
- 4 背景知识
 - Kripke 结构
 - CTL 的语法和语义
 - μ-演算
- 5 CTL 和 mu-演算遗忘理论
- 6 结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索
- 7 总结与展望



CTL 遗忘理论

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知i

respectively

CTL 的语法和语

μ-演3

CIL 和 m 遗忘理论

CTL 遗忘理

蒙特卡洛树搜索算法

North Lively Se Hi

合作问题分析

合作问题分析

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

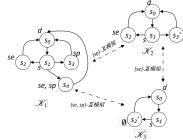
Definition (V-互模拟)

给定原子命题集 $V\subseteq\mathscr{A}$ 、索引集合 $I\subseteq \mathrm{Ind}$ 和初始 Ind -结构 $\mathscr{M}_i=(S_i,R_i,L_i,\bigcup_j,s_0^i)$ (i=1,2)。 $\mathscr{B}_V\subseteq S_1\times S_2$ 为二元关系,对任意 $s_1\in S_1$ 和 $s_2\in S_2$,若 $(s_1,s_2)\in\mathscr{B}_V$,则:

- (i) $L_1(s_1) V = L_2(s_2) V$;
- (ii) $\forall r_1 \in S_1$, $\ddot{\pi}(s_1, r_1) \in R_1$, $M \exists r_2 \in S_2 \notin (s_2, r_2) \in R_2 \Rightarrow (r_1, r_2) \in \mathscr{B}_V$;
- (iii) $\forall r_2 \in S_2$,若 $(s_2, r_2) \in R_2$,则 $\exists r_1 \in S_1$ 使得 $(s_1, r_1) \in R_1$ 和 $(r_1, r_2) \in \mathcal{B}_{V^\circ}$

那么,称 \mathcal{B}_V 是 \mathcal{M}_1 和 \mathcal{M}_2 之间的一个 V-互模拟关系。

- 结构互模拟: 若 ℳ₁ 和 ℳ₂ 之间存在一个 V-互 模拟关系 ℋ_V 使得 (s₁,s₂) ∈ ℋ_V, 则称两个 Ind-结构 ℋ₁ = (ℳ₁,s₁) 和 ℋ₂ = (ℳ₂,s₂) 是 V-互模拟的,记为 ℋ₁ ↔_V ℋ₂;
- 路径互模拟: 令 $i \in \{1,2\}$, $\pi_i = (s_{i,1}, s_{i,2},...)$ 为 \mathcal{M}_i 上的路径,若对任意 $j \ge 1$ 都有 $\mathcal{X}_{1,j} \leftrightarrow_{V} \mathcal{X}_{2,j}$,则称这两条路径是 $V \underline{\Pi}_i \underline{\Psi}_i$ 的,记为 $\pi_1 \leftrightarrow_{V} \pi_2$,其中 $\mathcal{X}_{i,j} = (\mathcal{M}_i, s_{i,j})$ 。





CTL 遗忘理论

Definition (V-互模拟)

给定原子命题集 $V \subseteq \mathcal{A}$ 、索引集合 $I \subseteq Ind$ 和初始 Ind-结构 $\mathcal{M}_i = (S_i, R_i, L_i, [_]_i, s_0^i)$ (i = 1, 2)。 $\mathcal{B}_V \subseteq S_1 \times S_2$ 为二元关系,对任意 $s_1 \in S_1$ 和 $s_2 \in S_2$,若 $(s_1, s_2) \in \mathcal{B}_V$,则:

- (i) $L_1(s_1) V = L_2(s_2) V$;
- (ii) $\forall r_1 \in S_1$, 若 $(s_1, r_1) \in R_1$, 则 $\exists r_2 \in S_2$ 使得 $(s_2, r_2) \in R_2$ 和 $(r_1, r_2) \in \mathcal{B}_{V}$;
- (iii) $\forall r_2 \in S_2$,若 $(s_2, r_2) \in R_2$,则 $\exists r_1 \in S_1$ 使得 $(s_1, r_1) \in R_1$ 和 $(r_1, r_2) \in \mathcal{B}_{V^\circ}$

那么,称 \mathcal{B}_V 是 \mathcal{M}_1 和 \mathcal{M}_2 之间的一个 V-互模拟关系。

定义

给定集合 $V_i\subseteq\mathscr{A}$ 、状态 s_i' 、路径 π_i' 和 Ind-结构 $\mathscr{K}_i=(\mathscr{M}_i,s_i)$,其中 i=1,2,j=1,2,3。如果 $\mathscr{K}_1\leftrightarrow_{V_1}\mathscr{K}_2$ 且 $\mathcal{K}_2 \leftrightarrow_{V_2} \mathcal{K}_3$, 则:

- (i) $\mathcal{K}_1 \leftrightarrow_{V_1 \cup V_2} \mathcal{K}_3$;
- (ii) 若 $V_1 \subseteq V_2$, 则 $\mathcal{K}_1 \leftrightarrow_{V_2} \mathcal{K}_2$;
- (iii) $s'_1 \leftrightarrow_{V_i} s'_2$ (i = 1, 2) 蕴涵 $s'_1 \leftrightarrow_{V_1 \cup V_2} s'_2$;
- (iv) $\pi'_1 \leftrightarrow_{V_i} \pi'_2$ (i = 1,2) 蕴涵 $\pi'_1 \leftrightarrow_{V_1 \cup V_2} \pi'_2$;
- (v) 对 \mathcal{M}_1 上的每条路径 π_{s_1} , 存在 \mathcal{M}_2 上的一条路径 π_{s_2} 使得 $\pi_{s_1} \leftrightarrow_{V_1} \pi_{s_2}$, 反之也成立。



CTL 遗忘理论

式系统最弱充分 条件研究

明儿日从和心人

国内外研究现2

研究内容

背景知识

_

CTI 的语法和证

NA AA

μ-190, 9

CTL 和 mu-演 遗忘理论

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算

左 1 丁序 15 卡洛树搜索!

实验比较结果

合作问题分析

質注錄占

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

Definition (V-互模拟)

给定原子命题集 $V\subseteq\mathscr{A}$ 、索引集合 $I\subseteq\operatorname{Ind}$ 和初始 Ind -结构 $\mathscr{M}_i=(S_i,R_i,L_i,\bigsqcup_j,s_0^i)$ (i=1,2)。 $\mathscr{B}_V\subseteq S_1\times S_2$ 为二元关系,对任意 $s_1\in S_1$ 和 $s_2\in S_2$,若 $(s_1,s_2)\in\mathscr{B}_V$,则:

- (i) $L_1(s_1) V = L_2(s_2) V$;
- (ii) $\forall r_1 \in S_1$, \ddot{A} $(s_1, r_1) \in R_1$, $y_1 \exists r_2 \in S_2$ 使得 $(s_2, r_2) \in R_2$ 和 $(r_1, r_2) \in \mathcal{B}_V$;
- (iii) $\forall r_2 \in S_2$,若 $(s_2, r_2) \in R_2$,则 $\exists r_1 \in S_1$ 使得 $(s_1, r_1) \in R_1$ 和 $(r_1, r_2) \in \mathcal{B}_{V^\circ}$

那么,称 \mathcal{B}_V 是 \mathcal{M}_1 和 \mathcal{M}_2 之间的一个 V-互模拟关系。

Theorem

令 V⊆ \varnothing 是原子命題集, \mathscr{K}_i (i=1,2) 是两个具有 V-互模拟关系的 Ind-结构,即: $\mathscr{K}_1 \leftrightarrow_V \mathscr{K}_2$ 。若 Φ 是一个 CTL 公式且 IR(Φ , V),则有 \mathscr{K}_1 \models Φ 当且仅当 \mathscr{K}_2 \models Φ 。



Definition (互模拟等价,bisimilar equivalence)

给定原子命题集 $V \subseteq \mathcal{A}$,公式 φ 和 ψ 。若对任意 $\mathcal{X} \models \varphi$,都存在一个 $\mathcal{X}' \models \psi$,使得 $\mathscr{K} \leftrightarrow_{V} \mathscr{K}'$; 且对任意 $\mathscr{K}' \models \psi$, 都存在一个 $\mathscr{K} \models \varphi$, 使得 $\mathscr{K} \leftrightarrow_{V} \mathscr{K}'$, 则称公式 φ 和 ψ 是*V*-互模拟等价的(bisimilar equivalence),记为 $φ \equiv_V ψ$ 。

Lemma

对任意 $V \subset \mathcal{A}$, \leftrightarrow_V 和 \equiv_V 为等价关系。



互模拟等价

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现

研究内容

背景知识

_

CTI 的语法和:

μ-1903

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CIL 適心埋化

家村下治門役系界:

卡洛树搜索算

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

Definition (互模拟等价,bisimilar equivalence)

给定原子命题集 $V\subseteq \mathcal{A}$, 公式 φ 和 ψ 。若对任意 $\mathscr{K}\models \varphi$,都存在一个 $\mathscr{K}'\models \psi$,使得 $\mathscr{K}\leftrightarrow_{V}\mathscr{K}'$; 且对任意 $\mathscr{K}'\models \psi$,都存在一个 $\mathscr{K}\models \varphi$,使得 $\mathscr{K}\leftrightarrow_{V}\mathscr{K}'$,则称公式 φ 和 ψ 是V-互模拟等价的(bisimilar equivalence),记为 $\varphi\equiv_{V}\psi$ 。

Corollary

令 V、 V_1 、 V_2 为 \mathscr{A} 的子集, φ 和 ψ 为公式。

- (i) 若 $\varphi \equiv \psi$, 则 $\varphi \equiv_V \psi$ 。
- (ii) 若 φ 和 ψ 不包括索引, 且 $\varphi \equiv_0 \psi$, 则 $\varphi \equiv \psi$ 。
- (iii) 若 $\varphi \equiv_{V_i} \psi$ (i = 1, 2),则 $\varphi \equiv_{V_1 \cup V_2} \psi$ 。
- (iv) 若 $\varphi \equiv_{V_1} \psi$ 和 $V_1 \subseteq V_2$,则 $\varphi \equiv_{V_2} \psi$ 。





研究背景和意义

国内外研究现法

研究内:

背景知道

13.240....

CTI (SINKER)

....

μ-ως

CTL 和 mu-演

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算?

F (17911X.8c)

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

Definition (互模拟等价,bisimilar equivalence)

给定原子命题集 $V\subseteq \mathscr{A}$,公式 φ 和 ψ 。若对任意 $\mathscr{K}\models \varphi$,都存在一个 $\mathscr{K}'\models \psi$,使得 $\mathscr{K}\leftrightarrow_{V}\mathscr{K}'$;且对任意 $\mathscr{K}'\models \psi$,都存在一个 $\mathscr{K}\models \varphi$,使得 $\mathscr{K}\leftrightarrow_{V}\mathscr{K}'$,则称公式 φ 和 ψ 是V-互模拟等价的(bisimilar equivalence),记为 $\varphi\equiv_{V}\psi$ 。

定义

令 φ 为一个 CTL 公式。则 $\varphi \equiv_U T_{\varphi}$,其中 $T_{\varphi} = \mathrm{SNF}_{\mathrm{CTL}}^{\mathsf{g}}(\varphi)$ 和 $U = \mathsf{Var}(T_{\varphi}) - \mathsf{Var}(\varphi)$ 。



手牌拆分算法模块

基于"斗地主"规则的拆分 Split 算法

function Split(F,X)

if
$$X = \emptyset$$

then return F;

else

Return (Split(F+Y₁, X-Y₁) \bigcup Split(F+Y₂, X-Y₂) $\bigcup \cdots \bigcup$ Split(F+Y_n, X-Y_n))

,其中
$$F+Y_i=\{z \cup \{Y_i\} \mid z \in F\};$$

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

36 N. An 20

14 . 1 .

CTL 的语法和语

μ-演

CTL 和 mı

energy to the observer 12

崇特卡洛树物安等

基于手牌拆分的蒙特

曾法執占

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 基于"斗地主"规则的手牌较小拆分算法 (LessSplit)

Input: handpoker X

Output: handpoker smaller split set MS

function LessSplit(X)

$$F = \{\emptyset\}$$
, $MS = \emptyset$;

$$L_{min} = \operatorname{Min}(\{\operatorname{len}(z) \mid z \in S\});$$

for each s in S:

if
$$len(s) \le (L_{min} + 3)$$

then
$$MS = MS \cup s$$
:

return MS;

● 玩家的手牌为: 34556789LB。对玩家手牌进行拆分, 所有拆分结果 为:

•
$$s_2 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, LB\}$$

•
$$s_3 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, L, B\}$$

$$s_4 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, LB\}$$

$$5_5 = \{5, 4, 5, LD, 50709\}$$

$$s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 50789\}$$

$$\bullet$$
 $s_7 = \{3, 5, 9, LB, 45678\}$

•
$$s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$$

•
$$s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$$

$$s_{12} = \{5, 8, 9, L, B, 34567\}$$

•
$$s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$$

$$s_{14} = \{5, 9, L, B, 345678\}$$

•
$$s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$$

•
$$s_{16} = \{5, L, B, 3456789\}$$

● 玩家的手牌为: 34556789LB。对玩家手牌进行拆分, 所有拆分结果 为:

• $s_1 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_2 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, LB\}$

• $s_3 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_4 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, LB\}$

 $s_5 = \{3, 4, 5, LB, 56789\}$

• $s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 56789\}$

• $s_7 = \{3, 5, 9, LB, 45678\}$

• $s_8 = \{3, 5, 9, L, B, 45678\}$

• $s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$

• $s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$

• $s_{11} = \{5, 8, 9, LB, 34567\}$

• $s_{12} = \{5, 8, 9, L, B, 34567\}$

• $s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$

• $s_{14} = \{5, 9, L, B, 345678\}$

• $s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$

● 玩家的手牌为: 34556789LB。对玩家手牌进行拆分, 所有拆分结果 为:

• $s_1 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_2 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, LB\}$

• $s_3 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_4 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, LB\}$

 $s_5 = \{3, 4, 5, LB, 56789\}$

• $s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 56789\}$

• $s_7 = \{3, 5, 9, LB, 45678\}$

• $s_8 = \{3, 5, 9, L, B, 45678\}$

• $s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$

• $s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$

• $s_{11} = \{5, 8, 9, LB, 34567\}$

• $s_{12} = \{5, 8, 9, L, B, 34567\}$

• $s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$

• $s_{14} = \{5, 9, L, B, 345678\}$

• $s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$

手牌拆分算法实例

● 玩家的手牌为: 34556789LB。对玩家手牌进行拆分, 所有拆分结果 为:

• $s_1 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_2 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, LB\}$

• $s_3 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_4 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, LB\}$

 $s_5 = \{3, 4, 5, LB, 56789\}$

• $s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 56789\}$

• $s_7 = \{3, 5, 9, LB, 45678\}$

• $s_8 = \{3, 5, 9, L, B, 45678\}$

• $s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$

• $s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$

• $s_{11} = \{5, 8, 9, LB, 34567\}$

• $s_{12} = \{5, 8, 9, L, B, 34567\}$

• $s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$

• $s_{14} = \{5, 9, L, B, 345678\}$

• $s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$

手牌拆分算法实例

● 玩家的手牌为: 34556789LB。对玩家手牌进行拆分, 所有拆分结果 为:

• $s_1 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_2 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, LB\}$

• $s_3 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, L, B\}$

• $s_4 = \{3, 4, 55, 6, 7, 8, 9, LB\}$

 $s_5 = \{3, 4, 5, LB, 56789\}$

• $s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 56789\}$

• $s_7 = \{3, 5, 9, LB, 45678\}$

• $s_8 = \{3, 5, 9, L, B, 45678\}$

• $s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$

• $s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$

• $s_{11} = \{5, 8, 9, LB, 34567\}$

• $s_{12} = \{5, 8, 9, L, B, 34567\}$

• $s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$

• $s_{14} = \{5, 9, L, B, 345678\}$

• $s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

_

CTI 的语注和语

- I L H3 H3 124 1 H H3

μ-演!

遗忘理论

CTL 遗忘理

蒙特卡洛树搜索算法

卡洛柯搜案界

实验比较结果

合作问题分

....

结合卷积神经网: 的蒙特卡洛树搜:

蒙特卡洛树搜索算法

蒙特卡洛抽样法

为了求解问题,首先建立一个概率模型或随机过程,使它的参数或数字特征等于问题的解,然后通过对模型、过程的观察或者抽样试验来计算这些参数、数字特征,最后给出所求解的近似值。

如:Buffon's needle problem





蒙特卡洛树搜索算法

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

非思加证

Krinke

CTL 的语法和i

μ-演第

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理

蒙特卡洛柯搜索算

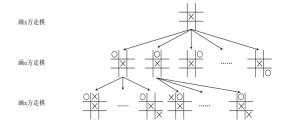
基丁于库拆分目

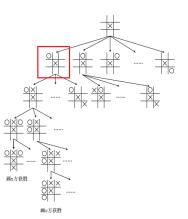
A.作品 棚 A.i

百作问题分

结合卷积神经网络

博弈树搜索算法: 将初始状态和所有可能的后续状态通过直接先 后关系连接在一起形成博弈树





思想

利用经验平均来代替随机变量的期 望。如在博弈状态 s 时期望值为 $v_{\pi}(s)$, 一般难以通过计算直接求出该 值, 但是可以通过蒙特卡洛方法获得 一系列收益 $G_1(s), \dots, G_n(s)$. 根据大 数定律, 当 n 趋于无穷大时, 抽样 收益的均值趋近于期望值。定义 v(s) 为系列收益的平均值,即

$$v(s) = \frac{G_1(s) + \cdots + G_n(s)}{n}$$

当
$$n \to \infty$$
 时, $v(s) \to v_{\pi}(s)$

蒙特卡洛树搜索算法

基于 题 忘 的 反 应 式 系 统 最 弱 充 分 条 件 研 究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Krinke

CTL 的语法和i

11-演算

CTL 和 mu-演 法亡理论

CTL 遗忘理

蒙特卡洛树搜索算法

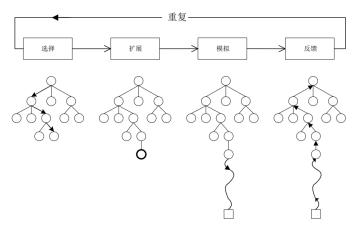
基于手牌拆分的蒙

本作品問点

......

结合卷积神经网

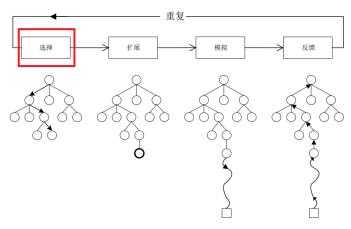
蒙特卡洛树搜索算法过程





基于手牌拆分的蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙特卡洛树搜索算法过程





与规则算法 (RB) 比较

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

....

CTI (thanks an

- I E H3 H3 H24-114 H

μ-演(3

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

L 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索第

基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法

字验比较结果

合作问题:

结合卷积神经网络

规则算法 (RB)

该算法分为主动策略和被动策略两种。主动策略中若上轮玩家取得主动权,那本轮该玩家可根据自己手牌主动选择出牌类型,而不需要考虑其他玩家的出牌类型;被动策略中玩家需要考虑本轮其他玩家的出牌,被动选择跟牌类型。

不区分角色比较结果:

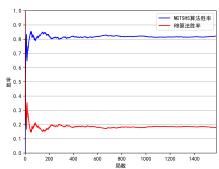


与规则算法 (RB) 比较

规则算法 (RB)

该算法分为主动策略和被动策略两种。主动策略中若上轮玩家取得主 动权,那本轮该玩家可根据自己手牌主动选择出牌类型,而不需要考虑其 他玩家的出牌类型;被动策略中玩家需要考虑本轮其他玩家的出牌,被动 选择跟牌类型。

不区分角色比较结果:





基于遗忘的反应 式系统最弱充分

研究背景和意义

国内外研究现制

_

背景知识

Kripke 结构

CTL 的语法和

μ-演第

CTL 和 mu-演

CTL 遗忘理

蒙特卡洛柯搜索

基于手牌拆分的蒙 卡洛树搜索算法

实验比较结果

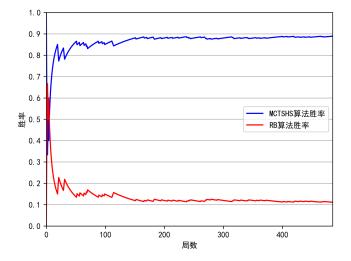
合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

与规则算法 (RB) 比较

地主 MCTSHS 对农民 RB:





与规则算法 (RB) 比较

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究由突

46 NJ Am 20

HARAH

CIL DIRECTOR

μ-演第

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理

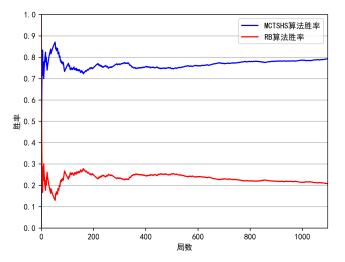
家特卡洛柯搜索)

ツケヨウトトキウチナ耳

A 24- 23 Hel / L-1

合作问题分 曾社编占

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 农民 MCTSHS 对地主 RB:





基于遗忘的反应 式系统最弱充分

研究背景和意义

国内外研究现状

背景知识

em Ahmahan

μ-ωςσι

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理

18.10 P (119913.819)

基于于屏拆分的家? 卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

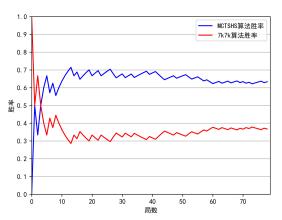
结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

与 7k7k 算法比较

7k7k 算法

该算法为北京迦游网络科技有限公司开发的"斗地主"智能算法。

不区分角色比较结果:





合作问题分析

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

were also also also

.

日水州は

CIL 的暗弦和语

μ-演3

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法

实验比较结果

百作円燃2

如外加加加

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

合作问题分析:

算法事例	合作问题算法事例
当前玩家手牌	334567QQKKA2B
当前玩家位置	1(其中0表示地主,1表示农民一,2表示农民二)
当前玩家角色	农民一
地主已出牌	339922789JQK666JJL
当前玩家已出牌	55TTB
农民二已出牌	77AA89TJQKA44488
本轮中地主出牌	L
	0 33, 1 55, 2 77; 0 99, 1 TT, 2 AA; 0 22, 1 pass, 2 pass; 0 7
博弈过程	89TJQK, 1 pass, 2 89TJQKA; 0 pass, 1 pass, 2 4448; 0 66
	6JJ, 1 pass, 2 pass; 0 L, 1 B, 2 pass; 0 pass, 1 3, 2 2.

研究背景和音》

国内外研究现状

研究内容

背景知识

13.240.41

CTI (himitania

CIL DIRECTOR

μ-演第

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算:

基于手腕拆分的蒙

.

34 000 000 000 000

合作问题分

Mark I I I

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 算法缺点:

- 每次决策思考时间过长
- 已搜索到的决策未能充分利用

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知记

....

CTI 的语注和语

. . . .

μ-演

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理

蒙特卡洛树搜索》

基于手牌拆分的蒙

A-98 11.42 64 W

A.作品 W.A.

Mark I I I

结合卷积神经网络

算法缺点:

- 每次决策思考时间过长
- 已搜索到的决策未能充分利用

改进算法!!



目录

- 2 国内外研究现状
- - Kripke 结构
 - CTL 的语法和语义
 - μ-演算
- CTL 和 mu-演算遗忘理论
- 6 结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索



研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Kripke 🕸

CTL 的语法和语

μ-)))

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算

基于手牌拆分的

实验比较结果

古11円成万を

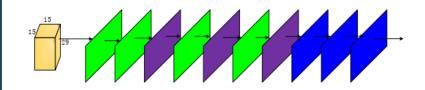
结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索

手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块



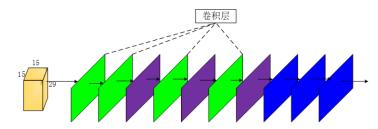


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块



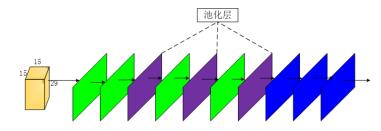


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块



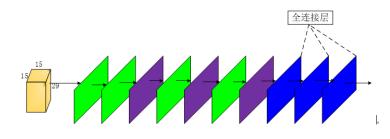


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块





研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Kripke

CTL 的语法和

μ-演第

CTL 和 mu-淮 溃忘理论

CTL 遗忘理记

家村下街門投票券 甘工平前折公的告

nh-EA LL bà de HI

.....

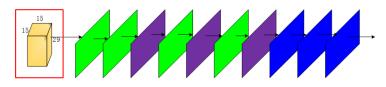
结合卷积神经网络

手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块





研究表界和音》

国内外研究现状

研究内容

背景知i

Krinke :

CTI (SIGNALERIA)

CILIDERATE

μ-演3

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索第

基于手牌拆分的雾

A#:20 88 A3

直法缺占

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

- X 维度:表示 15 种扑克
- Y 维度:

0-3(下标)表示扑克的张数

4-13(卜标)表示扑克是省参与组成出牌类型14(下标)表示该由键具否为抽主证案

Z 维度



研究背景和意义

国内外研究现制

研究内容

おより Man (1)

....

CTI 的语注和语

μ-1903

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索第

基于手牌拆分的覆

A#:ロ=ム

.....

(A. W. de

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

- X 维度:表示 15 种扑克
- Y 维度:
 - 0-3(下标)表示扑克的张数
 - 4-13(下标) 表示扑克是否参与组成出牌类型
 - ◆ 14(下标)表示该出牌是否为地主玩家。
- Z 维度



研究背景和意义

国内外研究现状

研究内突

at w. Andr

13 23 (74)

......

μ-1903

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理记

蒙特卡洛树搜索第

基于手腕板分的装

rarriza:

24 000 000 000 000

口下門吃

算法缺点

结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索

- X 维度:表示 15 种扑克
- Y 维度:
 - 0-3(下标) 表示扑克的张数
 - 4-13(下标) 表示扑克是否参与组成出牌类型
 - 14(下标) 表示该出牌是否为地主玩家。
- Z 维度



国内外研究现状

研究内容

背景知证

Kripke £

CTL 的语法和i

μ-演第

CTL 和

.....

蒙特卡洛树搜索?

基于手牌拆分的宽

A-98 11.42 64 W

스作问题公

结合卷积神经网络

● X 维度:表示 15 种扑克

Y 维度:

• 0-3(下标) 表示扑克的张数

• 4-13(下标) 表示扑克是否参与组成出牌类型

● 14(下标) 表示该出牌是否为地王坑豕

Z 维度



CNN 策略学习模块 ——输入表示

研究背景和音》

国内外研究现料

mark the Art of the

切几円1

背景知证

Kripke s

CTL 的语法和i

.. 30 60

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索领

基于手牌拆分的家

からいかけ用

A.作品 問 A.

.....

结合卷积神经网络

• X 维度:表示 15 种扑克

Y 维度:

0-3(下标)表示扑克的张数

• 4-13(下标) 表示扑克是否参与组成出牌类型

• 14(下标) 表示该出牌是否为地主玩家。

Z 维度



CNN 策略学习模块 ——输入表示

- X 维度:表示 15 种扑克
- Y 维度:
 - 0-3(下标) 表示扑克的张数
 - 4-13(下标) 表示扑克是否参与组成出牌类型
 - 14(下标) 表示该出牌是否为地主玩家。

Z 维度:

维度	意义
0-2	分别表示当前玩家、下家、上家8轮之前所有出牌的张数,不区
	分每次出牌类型。
3-5	分别表示当前玩家、下家、上家前第8轮的出牌
6-8	分别表示当前玩家、下家、上家前第7轮的出牌
9-11	分别表示当前玩家、下家、上家前第6轮的出牌
12-14	分别表示当前玩家、下家、上家前第5轮的出牌
15-17	分别表示当前玩家、下家、上家前第4轮的出牌
18-20	分别表示当前玩家、下家、上家前第3轮的出牌
21-23	分别表示当前玩家、下家、上家前第2轮的出牌
24-26	分别表示当前玩家、下家、上家前第1轮的出牌
27	表示本轮玩家出牌
28	表示当前玩家的手牌,只记录牌张数,不区分牌型



CNN 策略学习模块

研究背景和意味

国内外研究现象

erre she i Li she

育京知1

Kripke ##

TL 的语法和语

μ-演第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算

基于手牌拆分的蒙

A-98 11.42 64 99

스作问题公

合作问题?

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

- 学习样本处理
 - 将 MCTSHS 决策结果的数据进行去重
 - 随机打乱去重后的样本顺序,并从打乱的样本中,随机选择 90% 的样本组成训练集,10% 作为测试集



CNN 策略学习模块

28 11 9176

研究背景和意义

国内外研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构

IL 的谐法和i

μ-演!

CTL 和 mu-演 遺忘理论

蒙特卡洛树搜索算法

卡洛树搜索算法

合作问题分析

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

• 学习样本处理

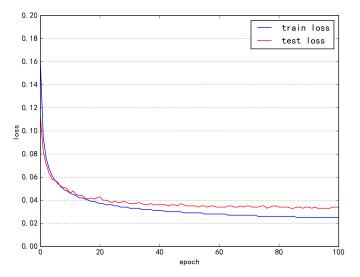
- 将 MCTSHS 决策结果的数据进行去重
- 随机打乱去重后的样本顺序,并从打乱的样本中,随机选择 90% 的样本 组成训练集,10% 作为测试集

MCTSHS 学习的部分历史数据记录:

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 556677 **JJQQKK** 46TTJJQQKKAAA2 2087 1393 0.667613

CNN 策略学习模块

CNN 网络学习策略损失变化图:





实验结果——实验比较设定

研究背景和意义

国内外研究现2

研究内容

背景知

Kripke 结构

CTL 的语法和语

11-演算

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索質

卡洛树搜索》

实验比较结界

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

实验比较设定

- 地主、农民使用不同的决策算法,其中农民一、农民二均使用农民的 决策算法
- 地主、农民一、农民二使用不同的决策算法
- 地主、农民一、农民二使用不同的决策算法进行相同牌局比较



5应 E分

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知证

日泉州は

em Almotain

C. C H. H. H. L. L.

μ-演導

CTL 和 mu-演 遗忘理论

TL 遗忘理论

蒙特卡洛柯搜索算法

基于手牌拆分的蒙特

分配中的社里

合作回避分析

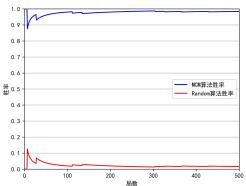
结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜

实验结果 ——与随机算法 (Random) 比较

随机算法 (Random) 介绍

思路为:根据玩家的手牌、本轮其它玩家出牌等信息按照博弈规则计算出当前状态下玩家可能的所有出牌,并从中随机选择一种可能出牌作为本轮的最终出牌。

地主 MCM 对农民 Random 的胜率变化图:



实验结果 ——与随机算法 (Random) 比较

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

H JK MI

CTL 的语法和i

μ-演第

CTL 和 mu-海 遗忘理论

CTL 遗忘理

家特卡洛柯役家》

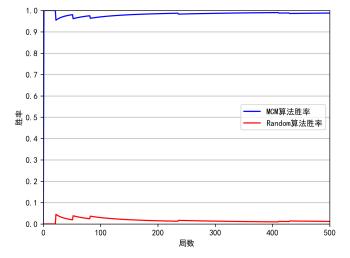
卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 农民 MCM 对地主 Random 的胜率变化图:





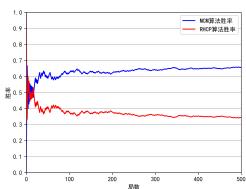
DUCD 管注 A

RHCP 算法介绍

该算法引入手牌剩余价值的概念,其总体思路是将手牌按照"斗地主" 规则进行不同的组合,并选择使得出牌后手牌价值较高的出牌作为本轮最 佳出牌。

地主 MCM 对农民 RHCP 的胜率变化图:

实验结果 ——与 RHCP 算法比较



研究背景和意义

国内外研究现状

_

背景知识

Kripke 结构

CTL 的语法和语

.. 362.407

μ-190 91

CTL 和 mu-演 遗忘理论

TL 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙

实验比较结果

A 16-27-180 11-12"

合作问题分析

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

ザ九月京和忌又

国内外研究现状

研究内容

背唇细证

.....

CTL 的语法和i

μ-演第

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理

家符下沿柯搜案界:

卡洛树搜索算法

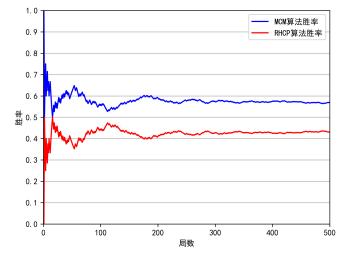
实验比较结果

合作问题分

er of the Je

结合卷积神经网络的蒙特卡洛姆地索

农民 MCM 对地主 RHCP 的胜率变化图:



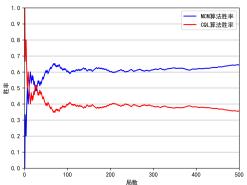


实验结果 ——与 CQL 算法比较

CQL 算法介绍

该算法由上海交通大学 You Y 等人提出。You Y 等人针对"斗地主" 博弈中,每次出牌时存在较多可能组合牌型的情况,提出一种处理组合动 作的新方法组合 Q 学习 (CQL)。

地主 MCM 对农民 CQL 的胜率变化图:



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

毕早知证

13 235741 6

CTI 的源注和ii

11-流質

CTL #n

遗忘理论

CTL 遗忘理

16.10 P (11.12.12.81.91

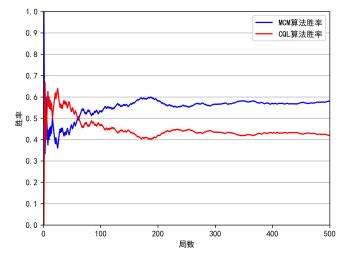
卡洛树搜索算法

失独儿权和不

HIFFINED

算法缺点

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索 农民 MCM 对地主 CQL 的胜率变化图:





素于 题 忘 时 反 应 式 系 统 最 弱 充 分 条 件 研 究

研究背景和意义

国内外研究现构

.

Krinke 结构

CTL 的语法和语

μ-演第

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算法 基于手牌拆分的蒙特

实验比较结果

合作问题分

结合卷积神经网络

实验结果 ——CQL、RHCP、MCM 相互比较

CQL、RHCP 以及 MCM 算法相互比较:

地主		农民一		农民二	
决策算法	胜率	决策算法	胜率	决策算法	胜率
CQL	44.4%	RHCP	21.6%	MCM	34%
CQL	44.8%	МСМ	21.6%	RHCP	33.6%
RHCP	52.6%	CQL	6.4%	MCM	41%
RHCP	46.4%	МСМ	28%	CQL	25.6%
MCM	63%	CQL	6%	RHCP	31%
MCM	59.2%	RHCP	26.6%	CQL	14.2%
МСМ	56%	МСМ	22.4%	МСМ	21.6%



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意

国内外研究现状

_

月京知り

Kripke 结构

CTL 的语法和语

μ-演第

CTL 和 mu-海 遗忘理论

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算法 基于手牌拆分的蒙特

实验比较结界

合作问题分

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

实验结果 ——CQL、RHCP、MCM 相互比较

CQL、RHCP 以及 MCM 算法相互比较:

地主		农民一		农民二	
决策算法	胜率	决策算法	胜率	决策算法	胜率
CQL	44.4%	RHCP	21.6%	MCM	34%
CQL	44.8%	МСМ	21.6%	RHCP	33.6%
RHCP	52.6%	CQL	6.4%	MCM	41%
RHCP	46.4%	МСМ	28%	CQL	25.6%
MCM	63%	CQL	6%	RHCP	31%
MCM	59.2%	RHCP	26.6%	CQL	14.2%
MCM	56%	МСМ	22.4%	МСМ	21.6%



实验结果 ——CQL、RHCP、MCM 相互比较 (相同牌局)

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义 国内外研究现状

Kripke 结构 CTL 的语法和语

CTL 和 mu-ii

週志埋化

蒙特卡洛柯搜索算法 基于手牌拆分的蒙特 卡洛柯搜索算法

合作问题分析

结合卷积神经网络

CQL、RHCP 以及 MCM 算法相互比较:

地主		农民一		农民二	
决策算法	胜率	决策算法	胜率	决策算法	胜率
CQL	42%	RHCP	19%	МСМ	40%
CQL	47%	МСМ	19%	RHCP	34%
RHCP	57%	CQL	10%	МСМ	32%
RHCP	52%	МСМ	31%	CQL	17%
MCM	66%	CQL	8%	RHCP	36%
МСМ	67%	RHCP	20%	CQL	13%

• 上述实验结果详见:

 $https://github.com/StarrySky3/experimental-result-\\/tree/master/experimental-result$



目录

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

THE sile of a sile

als Ht And

日水州

CTI (himitin

μ- ημ.

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理i

家符下沿柯搜案界? 基于丰施拆分的营业

卡洛树搜索测

会作问题分

おけれると

结合卷积神经网

- 1 研究背景和意义
- 2 国内外研究现状
- ③ 研究内容
- 4 背景知识
 - Kripke 结构
 - CTL 的语法和语义
 - μ-演算
- CTL 和 mu-演算遗忘理论
- 6 结合卷积神经网络的蒙特卡洛树搜索
- 7 总结与展望

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现:

研究内容

背景知证

.

CTI 的影響和

- IL DIRETZATUR

μ-演第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TI 遗忘理证

蒙特卡洛树搜索算

基于手牌拆分的蒙

1.验比较结果

合作问题分

合作问题分

结合卷积神经网络 的蒙特卡洛树搜索

总结:

- 论文提出 MCTSHS 算法对"斗地主"进行研究。实验表明该算法针对"斗地主"博弈能做出不错的决策。
- 针对基于 MCTSHS 算法的思考时间过长且已搜索策略未能充分利用的缺点,论文提出 MCM 算法。实验表明, MCM 算法相较于其它智能决策算法具有一定优势。

展望:

- 后续研究对玩家手牌信息进行预测处理。
- 在后续的工作中,可以对玩家进行对手建模。通过预测玩家手牌以实 现对手当前状态下的可能决策,从而找到最佳的应对之策以取得游戏 胜利。

作者在攻读硕士学位期间参与项目及成果

- 发表了一篇中文核心
- 申请了一项国家发明专利 (在审)
- 参加国家自然科学基金 1 项



切九月京和思义

国内外研究现状

研究内容

背景知识

Krinke ŝ

CTI 的语法和语

11-流言

CTL 和 mu-演算

....

蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙特

卡洛树搜索算

か 取り トキャキ 田

合作问题分:

....

结合卷积神经

敬请各位老师批评指正 谢谢!



References I

式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

国内外研究现状

研究内容

非暴加

Kripke 结核

CTL 的语法和语

11-流流

CTL 和 mu-演

CTI 港立市

蒙特卡洛树搜索算:

サナエ島に八め井

.

结合卷积神经网络的蒙特卡洛姆地名