

## <sup>1</sup>LIACS, Leiden University, The Netherlands

## 基于遗忘的反应式系统最弱充分条件研究

May 1, 2022

姓名: $_{\sim}$	冯仁艳
导师: $_{\sim}$	<b>王以松</b>
联合导师:	Erman Acar <sup>1</sup>
学科专业:	<b>软件工程</b>
研究专向.	<b>软</b> 供工程技术与人工短能

990



# 目录

1 研究背景和意义

• Kripke 结构和计算树逻辑(CTL)

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



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和音》

研究现状

四外町九現4

研究内容

alle till Am Yr

Kripke 结构和计算

μ-演第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTL 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算法

实验比较结果

实验比较结果

合作问题分析







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	







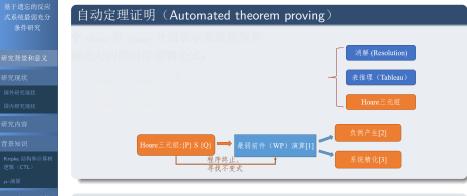


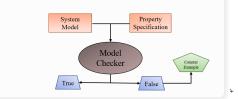
图 1: 系统故障引起的系列灾难现场

### 系

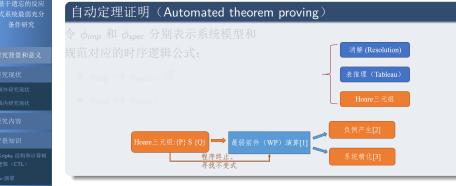
统正确对国防、太空勘测和交通运输至关重要。



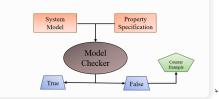








### 「模型检测(Model Checking)





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

训儿兆机

P471 9176250

\_\_\_

\_

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛柯搜索算

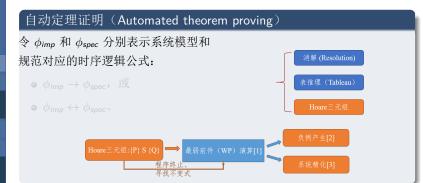
基士手牌拆分的家 卡洛树搜索算法

实验比较纪

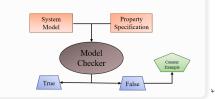
**会作问题分析** 

合作问题分析

A A MATERIAL CONTRACT



### 模型检测(Model Checking)







 $\phi_{imp}$  和  $\phi_{spec}$  分别表示系统模型和

规范对应的时序逻辑公式:

•  $\phi_{imp} \rightarrow \phi_{spec}$ ,  $\vec{\mathfrak{D}}$ 

 $\bullet$   $\phi_{imp} \leftrightarrow \phi_{spec} \circ$ 

Hoare三元组:{P} S {Q} → 最弱前件 (WP) 演算[1]

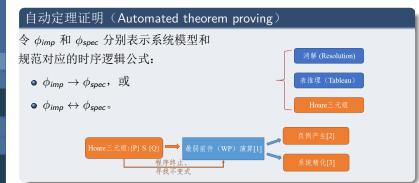
程序终止、 寻找不变式

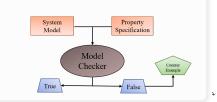
消解 (Resolution) 表推理 (Tableau)

System Property Specification Model Model Checker Counter Example True False



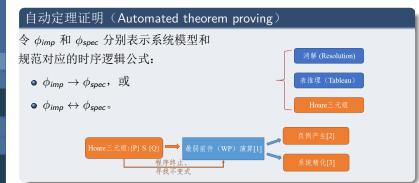


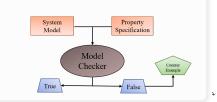








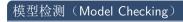


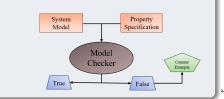




# 

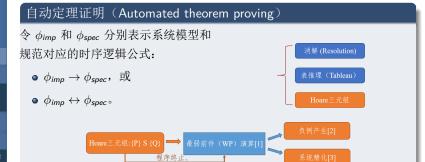
寻找不变式





基于手牌拆分的 卡洛树搜索算 实验比较结果 合作问题分析 算法缺点





寻找不变式

## 模型检测(Model Checking)





# 自动定理证明(Automated theorem proving)

 $\phi_{imp}$  和  $\phi_{spec}$  分别表示系统模型和

规范对应的时序逻辑公式:

- $\phi_{imp} \rightarrow \phi_{spec}$ ,  $\mathfrak{R}$
- $\phi_{imp} \leftrightarrow \phi_{spec}$  •

Hoare三元组:{P} S {Q} → 最弱前件 (WP) 演算[1] 程序终止、 寻找不变式

消解 (Resolution)

表推理 (Tableau)

## 模型检测(Model Checking)

- $\mathcal{M} \models^? \phi_{spec}$ .
- 反应式系统 (reactive system): 是

System Property Specification Model Model Checker Counter Example True False





 $\phi_{imp}$  和  $\phi_{spec}$  分别表示系统模型和

规范对应的时序逻辑公式:

- $\phi_{imp} \rightarrow \phi_{spec}$ ,  $\mathfrak{R}$
- $\phi_{imp} \leftrightarrow \phi_{spec}$  •

Hoare三元组:{P} S {Q} → 最弱前件 (WP) 演算[1] 程序终止、 寻找不变式

消解 (Resolution)

表推理 (Tableau)

## 模型检测(Model Checking)

- $\mathcal{M} \models^? \phi_{\mathsf{spec}}$ .

System Property Specification Model Model Checker Counter Example True False



### 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

### 研究现状

国外研究现状

国内研究现

### 研究内容

### 背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

### μ-演算

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理论

蒙特卡洛柯搜索算法

基于手牌拆分的蒙特

实验比较结

**矢短に収**箱米

合作问题分析

算法缺点

# 自动定理证明(Automated theorem proving)

 $\diamondsuit$   $\phi_{imp}$  和  $\phi_{spec}$  分别表示系统模型和

规范对应的时序逻辑公式:

- $\phi_{imp} \rightarrow \phi_{spec}$ ,  $\bar{g}$

负例产生[2]

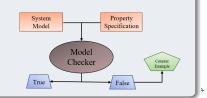
消解 (Resolution)

表推理 (Tableau)

系统精化[3]

## 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?





### 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

### 研究现状

国外研究现状

国内研究现状

### 研究内容

### 背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑 (CTI)

### μ-演算

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理说

蒙特卡洛柯搜索算法

基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分析

算法缺点

并広吹品

## 自动定理证明(Automated theorem proving)

 $\phi$   $\phi$ <sub>imp</sub> 和  $\phi$ <sub>spec</sub> 分别表示系统模型和

规范对应的时序逻辑公式:

- $\phi_{imp} \rightarrow \phi_{spec}$ ,  $\bar{\mathbb{R}}$

负例产生[2]

消解 (Resolution)

表推理 (Tableau)

系统精化[3]

## 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?

System Model Specification

Model Checker Country True

False



### 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

### 研究现状

国外研究现状

国内研究现状

### 研究内容

### 背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑 (CTI)

### μ-演算

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理说

蒙特卡洛柯搜索算法

基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分析

算法缺点

并広吹品

## 自动定理证明(Automated theorem proving)

 $\phi$   $\phi$ <sub>imp</sub> 和  $\phi$ <sub>spec</sub> 分别表示系统模型和

规范对应的时序逻辑公式:

- $\phi_{imp} \rightarrow \phi_{spec}$ ,  $\bar{\mathbb{R}}$

负例产生[2]

消解 (Resolution)

表推理 (Tableau)

系统精化[3]

## 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?

System Model Specification

Model Checker Country True

False



### 基于 题 忌 的 反 应 式 系 统 最 弱 充 分 条 件 研 究

研究背景和意义

研究现状

国外研究现:

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算

μ-演第

CTL 和 mu-演算 澳宁理込

TL 遗忘理论

旅行下价约12款:

基于手牌拆分的蒙

实验比较给

A #- 23 HH / AC

合作问题分析

\_

## 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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 (WSC):

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





## 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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

- (1)  $\Sigma \models q \rightarrow \varphi$ ;

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 (WSC):





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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的(WSC):





### 至丁愿忘时及应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

1911 71.3921/

PH 21 91 2000

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理说

家特卡洛柯搜索》

基于手牌拆分的蒙

字验比较

**△作品期公**類

合作问题分析

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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 (WSC):

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





研究背景和意义

妍九戏仏

PHOTO STOCK

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演》

CTL 和 mu-演

TI 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索第

基于手牌拆分的蒙 上沒好地去質注

实验比较

合作问题分析

合作问题分析

# 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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 (WSC):

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





### 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

研究现状

国外研究现

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演算

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理论

蒙特卡洛柯搜索算法

基于手牌拆分的蒙

合作问题分析

合作问题分析

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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 (WSC):

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





## 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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的(WSC):

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





### 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

妍九现仏

PH 71 - W1 76-250\*

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-澳界

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙

实验比较给

△作品期分析

合作问题分析

算法缺点

## 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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 (WSC):

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

## 遗忘理论(Forgetting)

在一阶逻辑中,从公式  $\varphi$  中遗忘掉一个 n 元谓词 P 的结果是  $\exists R.\varphi[P/R]$ ,即将 公式  $\varphi$  中的所有 P 的出现都用一个新的 n 元谓词 R 来替代。





### 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

妍九现仏

PH 71 - W1 76-250\*

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-澳界

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙

实验比较给

△作品期分析

合作问题分析

算法缺点

## 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  $\varphi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 SNC:

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

满足下面两个条件的  $\psi$  称为 q 在理论  $\Sigma$  下的 (WSC):

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

## 遗忘理论(Forgetting)

在一阶逻辑中,从公式  $\varphi$  中遗忘掉一个 n 元谓词 P 的结果是  $\exists R.\varphi[P/R]$ ,即将 公式  $\varphi$  中的所有 P 的出现都用一个新的 n 元谓词 R 来替代。





# 目录

② 研究现状

背景知识

• Kripke 结构和计算树逻辑(CTL)

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



## • 完备信息博弈

### 不完备信息博弈



基于遗忘的反应 式系统最弱充分

研究背景和意

研究现状

国外研究现制

国内研究现象

研究内容

dis till der S

Kripke 结构和计算

μ-演第

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索第

基于手牌拆分的覆

宏粉比较

失业儿状和

合作问题分析

算法缺

# 国外研究现状

- 1997 年超级电脑"深蓝"击败国际象棋特级大师卡斯帕罗夫
- 2016 年,google 的 AlphaGo 第一次击败人类坝级职业选手
- 2017 年,google 的 AlphaZero 在无任何人类数据训练的条件下,自学习后并以 100:0 的战绩击败 AlphaGo
- 不完备信息博弈
  - 2008年, Zinkevich 等提出虚拟遗憾最小化算法, 并在 2009年的世界年度补京机器随恋大赛的三人限注德州朴京中取得冠军
  - 2017 年卡内基梅隆大学的 Libratus,在两人不限注的德州扑克中击败了 人类顶级洗手



基于遗忘的反应 式系统最弱充分

研究背景和意义

研究现状

国外研究现状

国内研究现

\_

研光内?

背景知じ

Kripke 结构和计算

μ-演第

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索第

于手牌拆分的蒙

字验比较

合作问题分析

21 124-24

# 国外研究现状

## 完备信息博弈

- 1997 年超级电脑"深蓝"击败国际象棋特级大师卡斯帕罗夫
- 2016 年,google 的 AlphaGo 第一次击败人类顶级职业选手
- 2017 年,google 的 AlphaZero 在无任何人类数据训练的条件下,自学习后并以 100:0 的战绩击败 AlphaGo
- 不完备信息博弈
  - 2008年, Zinkevich 等提出虚拟遗憾最小化算法, 并在 2009年的世界年度扑克机器博弈大赛的三人限注德州扑克中取得冠军
  - 2017 年卡内基梅隆大学的 Libratus,在两人不限注的德州扑克中击败了 人类顶级选手



- 完备信息博弈
  - 1997 年超级电脑"深蓝"击败国际象棋特级大师卡斯帕罗夫
  - 2016 年, google 的 AlphaGo 第一次击败人类顶级职业选手
  - 2017 年, google 的 AlphaZero 在无任何人类数据训练的条件下, 自学 习后并以 100:0 的战绩击败 AlphaGo
- 不完备信息博弈



- 1997 年超级电脑"深蓝"击败国际象棋特级大师卡斯帕罗夫
- 2016 年, google 的 AlphaGo 第一次击败人类顶级职业选手
- 2017 年, google 的 AlphaZero 在无任何人类数据训练的条件下, 自学 习后并以 100:0 的战绩击败 AlphaGo
- 不完备信息博弈



- 1997 年超级电脑"深蓝"击败国际象棋特级大师卡斯帕罗夫
- 2016 年, google 的 AlphaGo 第一次击败人类顶级职业选手
- 2017 年, google 的 AlphaZero 在无任何人类数据训练的条件下, 自学 习后并以 100:0 的战绩击败 AlphaGo
- 不完备信息博弈
  - 2008 年, Zinkevich 等提出虚拟遗憾最小化算法, 并在 2009 年的世界年 度扑克机器博弈大赛的三人限注德州扑克中取得冠军



- 1997 年超级电脑"深蓝"击败国际象棋特级大师卡斯帕罗夫
- 2016 年, google 的 AlphaGo 第一次击败人类顶级职业选手
- 2017 年, google 的 AlphaZero 在无任何人类数据训练的条件下, 自学 习后并以 100:0 的战绩击败 AlphaGo
- 不完备信息博弈
  - 2008 年, Zinkevich 等提出虚拟遗憾最小化算法, 并在 2009 年的世界年 度扑克机器博弈大赛的三人限注德州扑克中取得冠军
  - 2017 年卡内基梅隆大学的 Libratus, 在两人不限注的德州扑克中击败了 人类顶级选手



# 国内研究现状

基丁题总的及应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

研究现状

国外研究现状

国内研究现:

TIT silve alla silve

\_

背景知识

Kripke 结构和计 逻辑 (CTI)

μ-演第

CTL 和 mu-演算 <sup>沸亡理论</sup>

TL 遗忘理论

家特卡洛柯搜索算

于手牌拆分的蒙特

skt Web Hz 40/4

400 SH AND .

日1日内区211

- 2006年,东北大学的象棋程序"棋天大圣"战胜了有中国象棋第一人之 称的许银川
- 不完备信息博弈
  - 2013 年哈尔滨工业大学在 ACPC 大赛中的三人限注德州扑克项目上获 得了第四名的成绩
  - 2017年世界计算机桥牌锦标赛中,北京新睿桥科技有限公司的新睿桥附程序取得了第二名的好成绩
  - 2019 年,上海交通大学的 You Y 等人针对"斗地主"博弈中每次出牌时,存在可能组合牌型较多的情况,提出一种处理组合动作的新方法组合 Q 学习(COL)



基于遗忘的反应 式系统最弱充分

研究背景和意

研究现:

国外研究现4

国内研究现:

\_

\_

日泉州区

Kripke 结构和计算

山-演算

CTL 和 mu-演算 <sup>沸亡理论</sup>

TI 潜意理论

家特卡洛柯搜索算:

于手牌拆分的雾

宏粉比较

合作问题分析

算法缺;

# 国内研究现状

- 完备信息博弈
  - 2006 年, 东北大学的象棋程序"棋天大圣"战胜了有中国象棋第一人之 称的许银川
- 不完备信息博弈
  - 2013 年哈尔滨工业大学在 ACPC 大赛中的三人限注德州扑克项目上获 得了第四名的成绩
  - 2017年世界计算机桥牌锦标赛中,北京新睿桥科技有限公司的新睿桥牌 程序取得了第一夕的好成绩
  - 2019 年,上海交通大学的 You Y 等人针对"斗地主"博弈中每次出牌时,存在可能组合牌型较多的情况,提出一种处理组合动作的新方法组



- 完备信息博弈
  - 2006 年, 东北大学的象棋程序"棋天大圣"战胜了有中国象棋第一人之 称的许银川
- 不完备信息博弈



### • 完备信息博弈

- 2006 年, 东北大学的象棋程序"棋天大圣"战胜了有中国象棋第一人之 称的许银川
- 不完备信息博弈
  - 2013 年哈尔滨工业大学在 ACPC 大赛中的三人限注德州扑克项目上获 得了第四名的成绩



### • 完备信息博弈

- 2006 年, 东北大学的象棋程序"棋天大圣"战胜了有中国象棋第一人之 称的许银川
- 不完备信息博弈
  - 2013 年哈尔滨工业大学在 ACPC 大赛中的三人限注德州扑克项目上获 得了第四名的成绩
  - 2017年世界计算机桥牌锦标赛中,北京新睿桥科技有限公司的新睿桥牌 程序取得了第二名的好成绩



### • 完备信息博弈

- 2006 年, 东北大学的象棋程序"棋天大圣"战胜了有中国象棋第一人之 称的许银川
- 不完备信息博弈
  - 2013 年哈尔滨工业大学在 ACPC 大赛中的三人限注德州扑克项目上获 得了第四名的成绩
  - 2017年世界计算机桥牌锦标赛中,北京新睿桥科技有限公司的新睿桥牌 程序取得了第二名的好成绩
  - 2019 年, 上海交通大学的 You Y 等人针对"斗地主"博弈中每次出牌 时,存在可能组合牌型较多的情况,提出一种处理组合动作的新方法组 合 Q 学习(CQL)



## 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

研究现状

国内研究型:

EII s/s rh s/s

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑 (CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理说

家符下沿柯搜案界

基于手牌拆分的蒙卡洛树搜索算法

实验比较

会作问题分析

合作问题分

1 研究背景和意义

② 研究现状

③ 研究内容

4 背景知识

• Kripke 结构和计算树逻辑(CTL)

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

研究背景和意义

妍九现仏

国外研究现:

国内研究现

研究内容

**哲界知**证

Kripke 结构和计算

 $\mu$ -演第

CTL 和 mu-演》 遗忘理论

TL 遗忘理说

**家村下沿門投系**列

基于手牌拆分的蒙 卡洛树搜索算法

实验比较给

合作问题分

MALL L

研究内容

- CTL 和  $\mu$ -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
  - a 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

研究背景和意义

サリノレール

国外研究规制

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算

μ-演第

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算

基于手牌拆分的蒙

实验比较

会作问题分:

合作问题分

## 研究内容

本论文研究反应式系统下,CTL 和  $\mu$ -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
- 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
  - 定义知识更新
- 计算 CTL 遗忘的算法

• 基于模型的计算方法

a 基于消解(resolution)的计算方法

• 实现与实验分析

- 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
- 计算 CTL 遗忘的算法

- 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



- 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



**涂**件研光

研究背景和意

国由研究期

\_

**研**究内容

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙特

实验比较约

合作问题分析

### 研究内容

- 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



- 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



CTL下的遗忘 理论 基于归结的算法 遗忘的基本性质 和实现及实验 (第三章) (第五章)

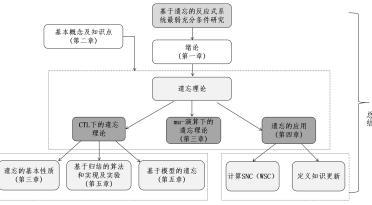


图 2: 文章组织结构示意图

- CTL 和  $\mu$ -演算的遗忘理论
- 计算 CTL 遗忘的计算方法



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意

研究现2

国外研究现:

国内研究现

研究内容

背景知じ

Kripke 结构和计算

14-浦第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理:

蒙特卡洛树搜索算?

基于手牌拆分的蒙

实验比较

合作问题分析

合作问题分析

• 计算 CTL 遗忘的计算方法

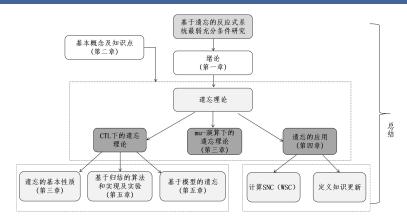


图 2: 文章组织结构示意图

- 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



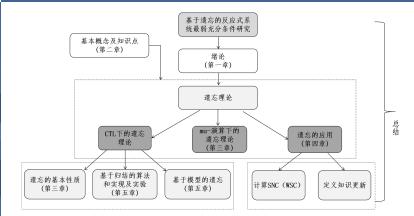


图 2: 文章组织结构示意图

- CTL 和  $\mu$ -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



## 目录

4 背景知识

• Kripke 结构和计算树逻辑(CTL)

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



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意

研究現状

国外研究现状

国内研究现状

研究内容

. . . . .

月泉州が

Kripke 结构和计算

μ-演第

CTL 和 mu-演算

CTI 遗忘理论

家特卡洛柯搜索斯

于手牌拆分的蒙特

ole EA LIV foli

24 22 - 0 22 - 11

**스作词期公**は

H IFFYAGA

91-124-947

- ♠ A: 原子命题的集合
- Ind: 索引的集合



• A: 原子命题的集合

• Ind: 索引的集合



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

研究现状

国外研究现法

国内研究現場

研究内容

5景知识

Kripke 结构和计算模型辑(CTL)

11-演算

CTL 和 mu-演算

CTI 遗忘理说

蒙特卡洛树搜索算:

基于手牌拆分的蒙特

obert A Livido

算法缺点

content...



## 目录

背景知识

• Kripke 结构和计算树逻辑(CTL)

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

基于手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模型

手牌拆分算法

蒙特卡洛树搜索算法

基于手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模型

手牌拆分算法

蒙特卡洛树搜索算法

### • 手牌拆分算法

- 思想

	L <sub>max</sub>	$L_{min}$	$L_{min}+1$	$L_{min}+2$	$L_{min} + 3$
	21130	18289	20204	20907	20989
	100%		95.62%	98.94%	99.33%

基于手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模型

手牌拆分算法

蒙特卡洛树搜索算法

- 手牌拆分算法
  - 思想
  - 通过对人类玩家历史数据的分析, 得出牌包含于对应长度的拆分结果中的 比例:

长度	L <sub>max</sub>	L <sub>min</sub>	$L_{min}+1$	L <sub>min</sub> +2	$L_{min}$ +3
次数	21130	18289	20204	20907	20989
比例	100%	85.55%	95.62%	98.94%	99.33%

Lmin 表示拆分后,所有拆分结果中牌集长度的最小值

基于"斗地主"规则的拆分 Split 算法

function Split(F,X)

if  $X = \emptyset$ 

then return F;

else

 $\Rightarrow \Gamma(X) = \{Y_1, Y_2, ..., Y_n\} - \{\emptyset\};$ 

Return (Split(F+Y<sub>1</sub>, X-Y<sub>1</sub>)  $\bigcup$  Split(F+Y<sub>2</sub>, X-Y<sub>2</sub>)  $\bigcup \cdots \bigcup$  Split(F+Y<sub>n</sub>, X-Y<sub>n</sub>))

,其中 F+Y,={z∪{Y,}|z∈ F};

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)

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

$$S=Split(F,X);$$

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

for each s in S:

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

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

return MS;

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

研究现状

国外研究现状

国内研究现法

研究内容

als no kno

Kripke 结构和计算标

μ-演第

CTL 和 mu-演 遗忘理论

CTL 遗忘理论

基于手牌拆分的蒙

卡洛树搜索算法

**头**验比较给非

合作问题分析

算法缺点

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

```
\bullet s_1 = \{3, 4, 5, 5, 6, 7, 8, 9, L, B\}
```

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

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

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

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

• 
$$s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 56789\}$$

• 
$$s_8 = \{3, 5, 9, L, B, 45678\}$$

• 
$$s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$$

• 
$$s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$$

• 
$$s_{11} = \{5, 8, 9, LB, 34567\}$$

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

• 
$$s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$$

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

• 
$$s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$$

• 
$$s_{16} = \{5, L, B, 3456789\}$$

● 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:

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

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

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

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

•  $s_5 = \{3, 4, 5, LB, 56789\}$ 

•  $s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 56789\}$ 

•  $s_7 = \{3, 5, 9, LB, 45678\}$ 

•  $s_8 = \{3, 5, 9, L, B, 45678\}$ 

•  $s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$ 

•  $s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$ 

•  $s_{11} = \{5, 8, 9, LB, 34567\}$ 

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

•  $s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$ 

•  $s_{14} = \{5, 9, L, B, 345678\}$ 

•  $s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$ 

● 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:

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

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

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

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

•  $s_5 = \{3, 4, 5, LB, 56789\}$ 

•  $s_6 = \{3, 4, 5, L, B, 56789\}$ 

•  $s_7 = \{3, 5, 9, LB, 45678\}$ 

•  $s_8 = \{3, 5, 9, L, B, 45678\}$ 

•  $s_9 = \{3, 5, LB, 456789\}$ 

•  $s_{10} = \{3, 5, L, B, 456789\}$ 

•  $s_{11} = \{5, 8, 9, LB, 34567\}$ 

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

•  $s_{13} = \{5, 9, LB, 345678\}$ 

•  $s_{14} = \{5, 9, L, B, 345678\}$ 

•  $s_{15} = \{5, LB, 3456789\}$ 



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

切九现仏

国外研究现4

国内研究现

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算

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

卡洛树搜索算法

**스作词期公**数

合作问题分析

# 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





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

研究现状

国外研究现

国内研究现

研究内容

非暴加油

Kripke 结构和计算

逻辑 (CTL)

μ-1903

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算法

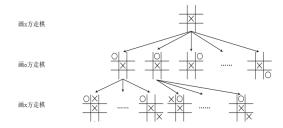
基于手牌拆分的蒙特

9FEA1140

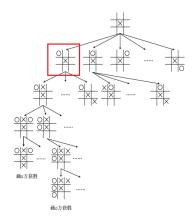
合作问题分析

## 蒙特卡洛树搜索算法

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









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

研究现状

国外研究现:

国内研究现

研究内容

**港界**和

17 1 644

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理i

蒙特卡洛柯搜索算法

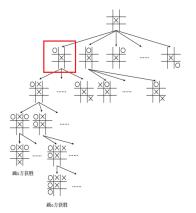
MIN PHINIZMANIA

J-98 11.43

实验比较

**스作词期公** 

合作问题分析



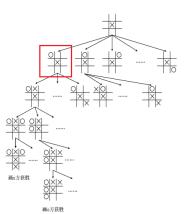
### 思想

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  $G_1(s),\cdots,G_n(s)$ . 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

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

 $\stackrel{\text{def}}{=} n \to \infty \text{ prior}, v(s) \to v_{\pi}(s)$ 





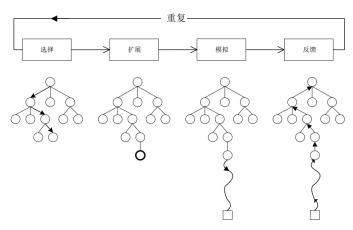
### 思想

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  $G_1(s), \cdots, G_n(s)$ . 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, $v(s) \to v_{\pi}(s)$ 

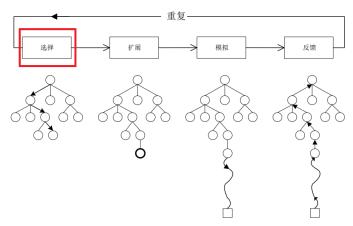
### 蒙特卡洛树搜索算法过程





# 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





#### 基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意

#### 研究现状

国由亚农亚

-----

研究内容

#### 背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算

TL 遗忘理i

蒙特卡洛树搜索算

于手牌拆分的雾

定验比较的

A作品照A1

合作问题分析

# 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

研究现状

国外研究现状

\_

研光内容

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

 $\mu$ -演算

CTL 和 mu-演算 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 卡洛树搜索算法

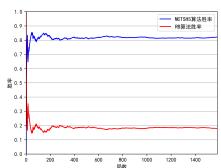
合作问题分析

## 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:



#### 研究背景和意义

明几日尽和思

切九现仏

El de est aberta

EII 857 rft 92

肖景知记

Kripke 结构和计算 逻辑 (CTI)

μ-演第

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理证

蒙特卡洛柯搜索算:

基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法

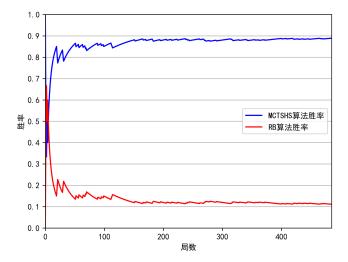
实验比较红

合作问题分析

合作问题分

## 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

研究现状

国外研究规:

\_

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理说

蒙特卡洛柯搜索算法

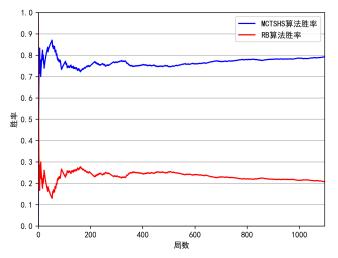
基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法

实验比较给

合作问题分

合作问题分

## 农民 MCTSHS 对地主 RB:





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

研究现状

国外研究现状

国内研究现状

研究内容

#E ## Am 21

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演算

CTL 和 mu-演算 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 卡洛树搜索算法

失短几权销

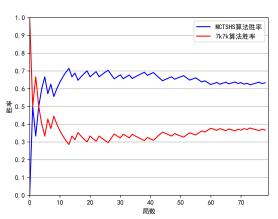
合作问题分析

## 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

#### 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.

研究背景和意义

研究现状

国外研究现:

国内研究现

研究内容

-----

HARAHV

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演算

CTL 和 mu-演

CTI 潜定理法

蒙特卡洛柯搜索算

基于于牌拆分的家 卡洛树搜索算法

实验比较结果

合作问题分:

Mark Co. I.

算法缺点

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

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

研究现状

国外研究现

国内研究现

研究内容

背景知じ

Kripke 结构和计算

μ-演算

CTL 和 mu-演引 法亡理论

TL 遗忘理说

蒙特卡洛柯搜索算

基于手牌拆分的蒙 上次₩地宏質法

实验比较纪

会作问题分

做社结儿

算法缺点

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

背景知识

• Kripke 结构和计算树逻辑(CTL)

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

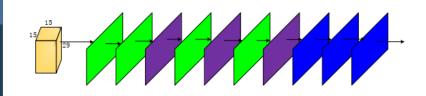


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块



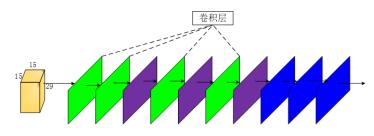


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块



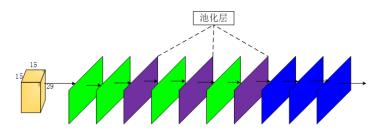


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块



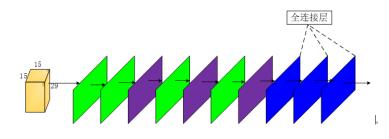


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块



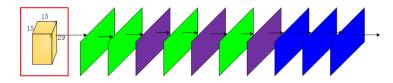


手牌拆分的蒙特卡洛树搜索模块

MCM 模型

CNN 策略学习模块

改善策略模块





研究背景和音》

切儿戏小

国外研究现

国内研究现

研究内容

----

背景知识

Kripke 结构和计算 逻辑 (CTL)

μ-演算

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理i

**家村下沿門投影界** 

基于手牌拆分的蒙

91-10-11-40

合作问题分析

界法狀点

● 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) 表示扑克是合参与组成出牌类型

....



● X 维度:表示 15 种扑克

Y 维度:

• 4-13(下标) 表示扑克是否参与组成出牌类型



研光現状

国外研究现

国内研究现

研究内容

背界知道

Kripke 结构和计算

22,00 (0.12)

μ-顶男

CTL 和 mu-演

TL 遗忘理》

家村下沿門役系昇

基于手牌拆分的蒙

3年龄 比较

合作问题分析

百作円燃が

● 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



● 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



● 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。



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

and the state of the state of

研究现状

国外研究现

国内研究现

研究内容

.....

当景知识

Kripke 结构和计算 逻辑 (CTI)

μ-演第

CTL 和 mu-演算 連立理込

TL 遗忘理论

家特卡洛柯搜索斯

于手牌拆分的蒙

31 11.10 13.11

合作问题分析

算法缺点

• 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

and the side of the side of

研光现状

国外研究现

国内研究现

研究内容

die int Am Y

Kripke 结构和计算

逻辑 (CTL)

μ-演導

CTL 和 mu-演算 連立理込

TL 遗忘理说

**米打下付門12系列** 

基于手牌拆分的蒙?

91-10-11-40

合作问题分析

界法狀!

• 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



# • 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

#### • 学习样本处理

- 将 MCTSHS 决策结果的数据讲行去重
- 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:

46TTJJQQKKAAA2 15874 11639 0.733259

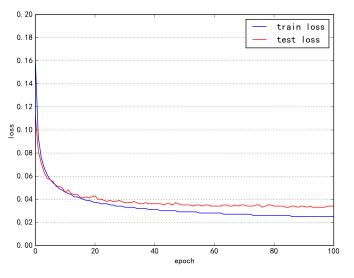
46TTJJOOKKAAA2 2087 1393 0.667613

46TTJJOOKKAAA2 997 395 0.397019

46TTJJOOKKAAA2 1042 413 0.396792

#### 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

研究背景和音》

切九现仏

国外研究规:

国内研究现

研究内容

**背景知证** 

Kripke 结构和计算

μ-演第

CTL 和 mu-演算 連立理込

TL 遗忘理论

**家村下沿門投票界** 

于手牌拆分的蒙

-----

合作问题分析

......

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



## 实验结果 ——实验比较设定

# 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



## 实验结果 ——实验比较设定

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



#### 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

#### 44 BIL 8/8 JIH

国外研究现状

国内研究现状

#### 研究内容

# EL km (Γ

Kripke 结构和计算模型操(CTL)

μ-演算

CTL 和 mu-演算

CTL 遗忘理论

3K19 P(II)931X.8R9F

基于手牌拆分的蒙

头短比较结果

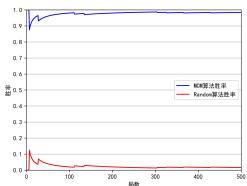
合作问题分析

# 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

开究背景和意:

研究现状

国外研究现:

国内研究现

研究内容

毕晃知证

Kripke 结构和计算 逻辑(CTL)

μ-演算

CTL 和 mu-演 遺忘理论

TL 遗忘理论

蒙特卡洛树搜索算:

基于手牌拆分的蒙华

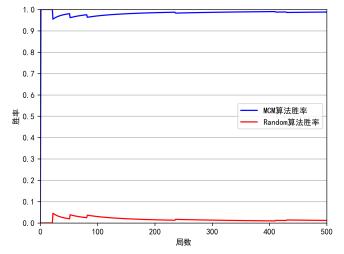
str 略 比較

3K-18E FU-EX-111

合作问题分

.....

农民 MCM 对地主 Random 的胜率变化图:



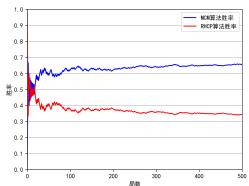


## 实验结果 ——与 RHCP 算法比较

#### RHCP 算法介绍

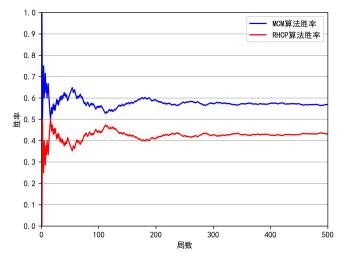
该算法引入手牌剩余价值的概念,其总体思路是将手牌按照"斗地主" 规则进行不同的组合,并选择使得出牌后手牌价值较高的出牌作为本轮最 佳出牌。

#### 地主 MCM 对农民 RHCP 的胜率变化图:



### 实验结果 ——与 RHCP 算法比较

#### 农民 MCM 对地主 RHCP 的胜率变化图:



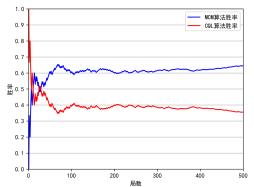


# 实验结果 ——与 CQL 算法比较

#### CQL 算法介绍

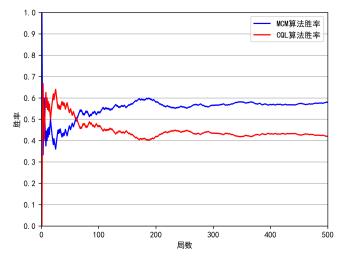
该算法由上海交通大学 You Y 等人提出。You Y 等人针对"斗地主" 博弈中,每次出牌时存在较多可能组合牌型的情况,提出一种处理组合动 作的新方法组合 Q 学习 (CQL)。

地主 MCM 对农民 CQL 的胜率变化图:



## 实验结果 ——与 CQL 算法比较

农民 MCM 对地主 CQL 的胜率变化图:





# 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%	МСМ	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%	MCM	21.6%



基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意义

研究现状 国外研究现状 国内研究现状

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算模型辑(CTL)

μ-演算

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

CTL 遗忘埋论 要蜂卡这种物委管

基于手牌拆分的蒙特 卡洛树搜索算法 实验比较结果

实验比较结果 合作问题分析

# 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%	MCM	21.6%



# 实验结果——CQL、RHCP、MCM 相互比较

基于遗忘的反应 式系统最弱充分 条件研究

研究背景和意

国外研究现状

国内研究现状

研究内容

背景知识

Kripke 结构和计算标逻辑(CTL)

μ-演算

TL 和 mu-演

CTL 遗忘理论 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 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%	MCM	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

背景知识

• Kripke 结构和计算树逻辑(CTL)

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

### 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

#### 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。

研究背景和意

研究现状

国外研究现:

国内研究现

研究内容

 皆 暑 知 证

Kripke 结构和计算模型辑(CTL)

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

于手牌拆分的蒙

合作问题分

界法跌.

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

研究背景和音》

研究現状

P471-9176861

国内研究现

研究内容

非思如 i

Kripke 结构和计算模型辑(CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算 遗忘理论

TL 遗忘理论

家符卡洛柯搜索界

于手牌拆分的蒙

宏粉比較

合作问题分析

算法缺点

## 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。



# 参与项目及成果

研究背景和音》

**妍九现仏** 

国外研究现

国内研究现

研究内容

**背景知证** 

Kripke 结构和计算

逻辑 (CTL)

μ-演第

CTL 和 mu-演算

\*TI 港定理;

家特卡洛柯搜索算:

于手牌拆分的蒙

A 122 PO 1A-H

合作问题分析

合作问题分析

ERE SIZ FILE SIZE HER

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



# 参与项目及成果

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

# 参与项目及成果

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



# 敬请各位老师批评指正 谢谢!