



南京大學

NANJING UNIVERSITY

# 人工智能导论

## 局部搜索 (Local Search)

郭兰哲

南京大学 智能科学与技术学院

<https://www.lamda.nju.edu.cn/guolz>

Email: [guolz@nju.edu.cn](mailto:guolz@nju.edu.cn)

# 两个建议

---

多动手、多折腾

多读论文、拓宽信息获取渠道

# AutoResearch

## Auto-claude-code-research-in-sleep (ARIS 🌙)

### ARIS

Adversarial Research in Sleep  
Claude Code × GPT-5.4 xhigh  
speed × rigor

The diagram illustrates the ARIS workflow in two main stages:

- Workflow 1: Idea Discovery**
  - Step 1: DLLMs post training (Claude Code)
  - Step 2: 12 ideas ranked
  - Step 3: 3 passed novelty check
  - Step 4: Idea 1 wins review
  - Step 5: Pilots on GPU 0,1,2
  - Step 6: IDEA\_REPORT.md ready!
- Workflow 1.5: Implement & Deploy**
  - Step 1: Results collected: Eval CE: 2.798 → 2.651 (+5.3%), TC: 188.4 → 112.7 (+4.0%)
  - Step 2: Code snippets for `model.py` and `Your_Server` are shown.

<https://github.com/wanshuiyin/Auto-claude-code-research-in-sleep>

## AutoResearchClaw

Chat an Idea. Get a Paper. Fully Autonomous & Self-Evolving.

Just chat with [OpenClaw](#): "Research X" → done.

### Autonomous Iterative Improvement

RL for Physical Law Discovery

The graph shows the performance of the system over iterations, with the y-axis representing 'Primary Metric (GSE) - lower is better' ranging from 0 to 30. The x-axis shows iterations from 'Initial Code' to 'MetaClaw Iter 2 - Converge'. Key milestones include:

- Initial Code: Baseline ~70.7%
- Iter 1 - Full Fix: -40.9% improvement
- Iter 2 - Focus: -47.4% improvement
- Iter 3 - Tune: -47.9% improvement
- Iter 4 - Explore: -3.9% improvement
- MetaClaw Iter 1 - Skill Boost: -18.3% improvement
- MetaClaw Iter 2 - Converge: -10.9% improvement
- Total improvement: -78.7%

MetaClaw - Enabled Evolve

Chat an idea. Get a paper.  
AutoResearchClaw × OpenClaw

UNC-Chapel Hill UC Berkeley CMU UC Santa Cruz

<https://github.com/aiming-lab/AutoResearchClaw>

# AutoResearch

## Awesome Automated Research

awesome

STARS

43

ISSUES

0 OPEN

PROJECTS

39

SNAPSHOT

2026-03-22

LICENSE

MIT

一份关于自主科研系统与工具的精选清单。

39 个项目 · 8 个类别 · 端到端 AI Scientist · 实验循环 · 科研副驾 · 技能包 · 论文工具 · 基准评测

[English](#) | [中文](#)

### 这是什么？

AI 现在已经可以自主承担科研流程中的很多关键环节，从生成想法、运行实验，到撰写完整论文。这份仓库追踪的就是推动这件事发生的开源生态。

没有这些工具时	有了这些工具后
你要花几周读文献	AI 可以在 10 分钟内读完 500 篇论文
你手动迭代实验	AI 可以整夜循环：修改 → 运行 → 打分 → 保留或回滚
你从零开始写论文	AI 可以生成带图表的接近 camera-ready 的 LaTeX 草稿
你只能靠自己发现盲点	AI 可以自我审阅、交叉核对并继续迭代

截至 2026-03-22，当前共收录 39 个项目。

# OpenMAIC

## OpenMAIC

Generative Learning in Multi-Agent Interactive Classroom

GitHub

嗨, 同学

准备好一起学习了吗?

输入你想学的任何内容, 例如:

- 「从零学 Python, 30 分钟写出第一个程序」
- 「用白板给我讲解傅里叶变换」
- 「阿瓦隆桌游怎么玩」

中文

知性灿灿...

进入课堂 2/3

### 精选课程

#### 课程导入：OpenClaw 终极指南

讲师：甲木老师 | 资深开源技术专家

- GitHub 史上增速最快的开源项目
- 从起源到架构的全链路实战覆盖

编程

#### OpenClaw 介绍与部署

甲木老师带你入门 OpenClaw

“让AI从浏览器走出来，活进你的日常生活”

### 我的课程

#### 年度“开盲盒”：你的2025退税了吗？

- 什么是年度汇算？**  
通俗讲就是“合并全年收入，按年计算税款，多退少补”。
- 时间线敲黑板**  
2026年3月1日至6月30日（办理2025年度的个税）

趣味灵魂拷问

#### 个人所得税汇算清缴

2026年个税汇算清缴实操指南

期待2026年的“开盲盒”时刻

<https://open.maic.chat/>

# Daily Papers

The screenshot displays the 'Daily Papers' interface on Hugging Face, featuring a dark theme. At the top, the title 'Daily Papers' is followed by 'by 🤖👤 AK and the research community'. A search bar contains the text 'Search any paper with AI'. Navigation options include 'Daily', 'Weekly', 'Monthly', and a date selector for 'Mar 20'. The main content area is a grid of paper cards. Each card includes a title, authors, a thumbnail image, a submission date, and a submitter. The visible cards are:

- Generation Models Know Space: Unleashing Implicit 3D Priors for Scene Understanding** (Submitted by dkliang, 19 Mar 2026, 84 upvotes, H-EmbodVis, 169 likes, 4 comments)
- SAMA: Factorized Semantic Anchoring and Motion Alignment for Instruction-Guided Video Editing** (Submitted by syxbb, 19 Mar 2026, 62 upvotes, BAIDU, 40 likes, 3 comments)
- 3DreamBooth: High-Fidelity 3D Subject-Driven Video Generation Model** (Submitted by lanikoworld, 19 Mar 2026, 51 upvotes, Yonsei University, 30 likes, 3 comments)
- FASTER: Rethinking Real-Time Flow VLAs** (Submitted by yxl0, 19 Mar 2026, 19 Mar 2026, 19 Mar 2026)
- Nemotron-Cascade 2: Post-Training LLMs with Cascade RL and Multi-Domain On-Policy Distillation** (Submitted by taesiri, 19 Mar 2026, 19 Mar 2026)
- Bridging Semantic and Kinematic Conditions with Diffusion-based Discrete Motion Tokenizer** (Submitted by hzxie, 19 Mar 2026, 19 Mar 2026)

<https://huggingface.co/papers>

# 会议论文

## 虚假的三大会

ICML



NeurIPS



ICLR



## 真正的三大会



机器之心

专业的人工智能媒体和产业服务平台

北京极客伙伴科技有限公司 [已关注](#)

课程资源

2024秋招



量子位

追踪人工智能新趋势，关注科技行业新突破

北京极客伙伴科技有限公司 [已关注](#)

智库

文章搜索

AI年度评选

投稿爆料

新智元 - 公众号

[更多 >](#)



新智元

智能+中国主平台，致力于推动中国从互联网+迈向智能+新纪元。重点...

北京中经智元科技发展有限... [已关注](#)

搜索

投稿

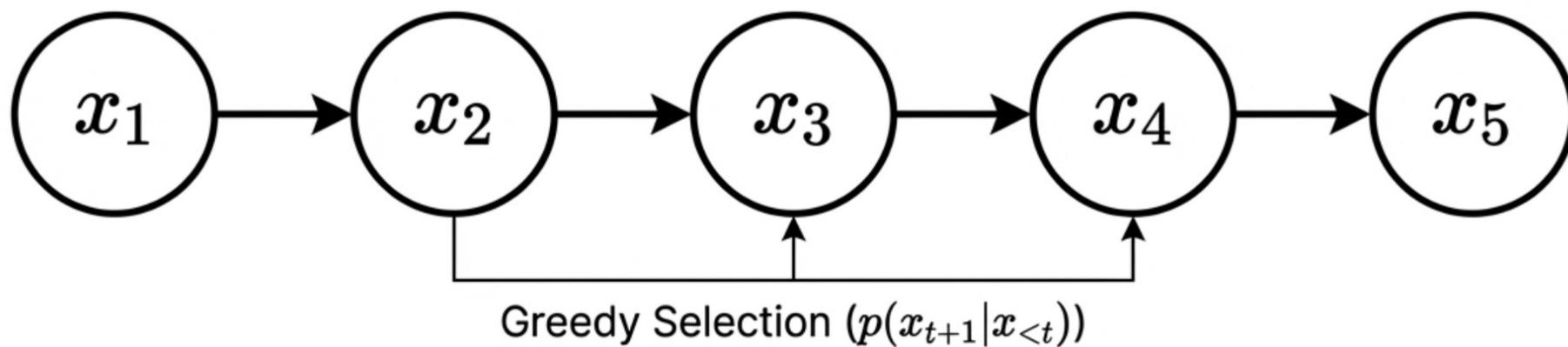
# Recall

- 搜索问题及求解方式
- 无信息搜索(Uninformed Search)
  - 宽度优先搜索(BFS)
  - 广度优先搜索(DFS)
  - 迭代加深的深度优先搜索(IDDFS)
  - 一致性代价搜索(UCS)
- 有信息/启发式搜索(Informed Search)
  - 启发式信息：关于当前状态到目标状态的代价估计
  - 贪心搜索(Greedy Search)
  - A\*搜索：关键在于如何设计启发式函数

大模型时代，搜索算法有哪些  
用武之地？

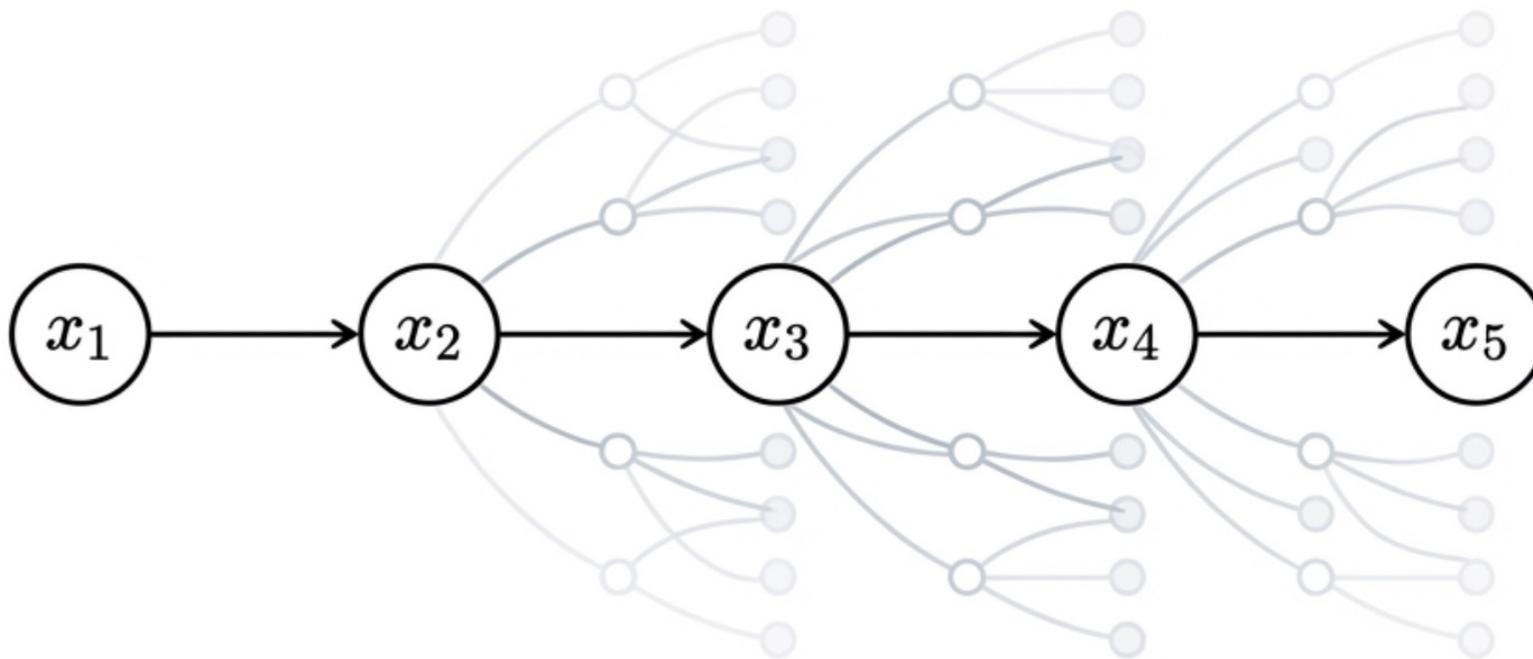
# 搜索算法增强大模型推理

标准LLM输出方式：贪心解码



# LLM + Search: Test-Time Scaling

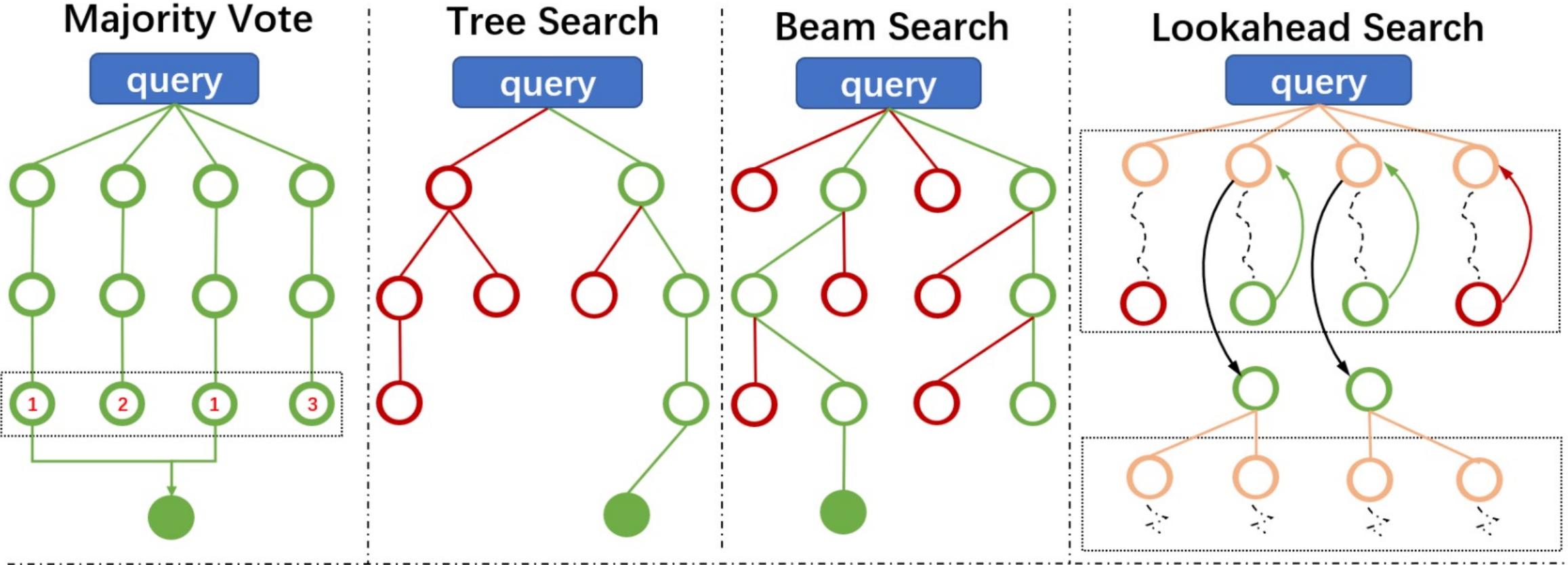
将解码过程建模成搜索过程



**State:** The current context **Action:** Next-Token **Space:** All possible sequences

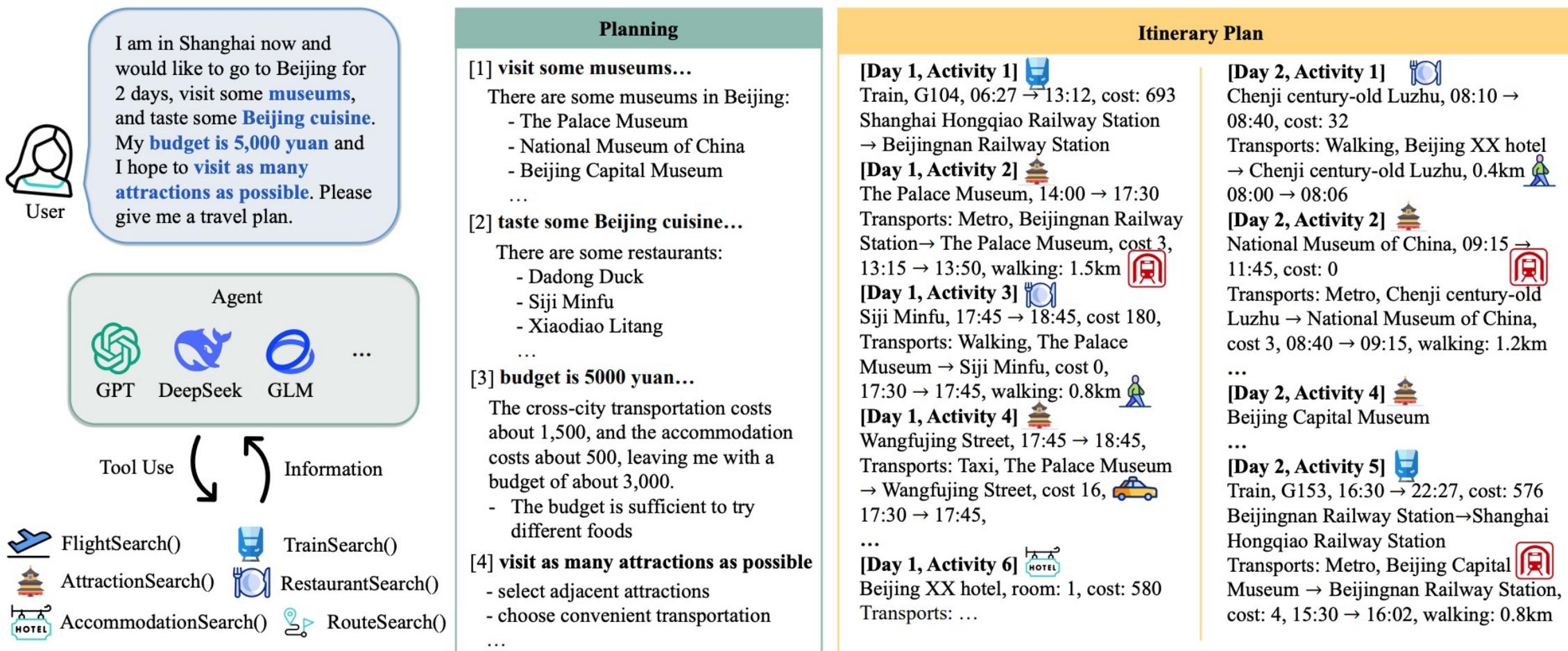
# LLM + Search: Test-Time Scaling

Exploiting Various Search Methods to achieve “**Test-Time Scaling**”



[1] [Towards Large Reasoning Models: A Survey of Reinforced Reasoning with Large Language Models](#). Xu et al., Arxiv 2025.

# 搜索算法增强大模型Agent规划能力



# 搜索算法增强大模型Agent规划能力

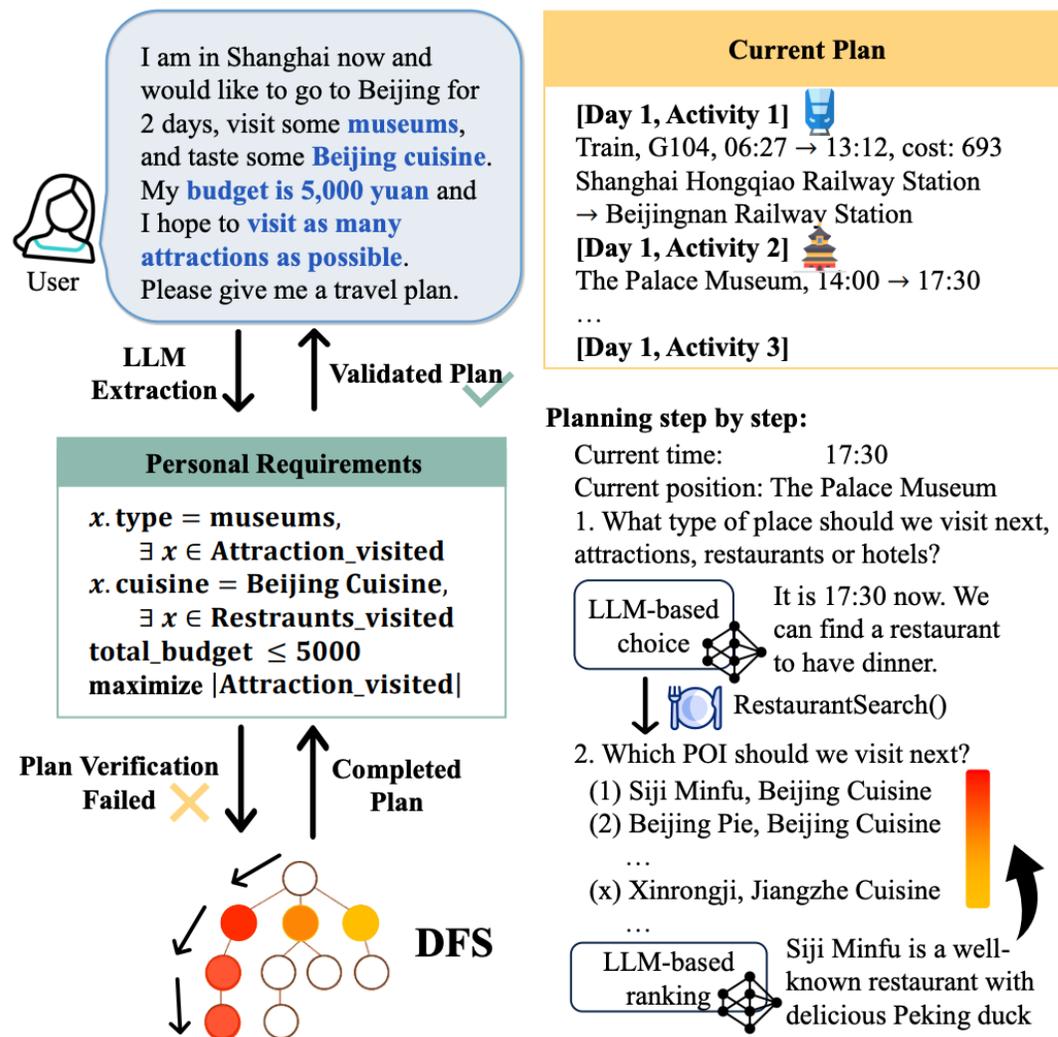
## SOTA LLMs struggle for such Travel planning problems

	Validation (#180)						Test (#1,000)						Final Pass Rate
	Delivery Rate	Commonsense Pass Rate		Hard Constraint Pass Rate		Final Pass Rate	Delivery Rate	Commonsense Pass Rate		Hard Constraint Pass Rate			
		Micro	Macro	Micro	Macro			Micro	Macro	Micro	Macro		
Greedy Search	100	74.4	0	60.8	37.8	0	100	72.0	0	52.4	31.8	0	
<i>Two-stage</i>													
Mistral-7B-32K (Jiang et al., 2023)	8.9	5.9	0	0	0	0	7.0	4.8	0	0	0	0	
Mixtral-8x7B-MoE (Jiang et al., 2024)	49.4	30.0	0	1.2	0.6	0	51.2	32.2	0.2	0.7	0.4	0	
Gemini Pro (G Team et al., 2023)	28.9	18.9	0	0.5	0.6	0	39.1	24.9	0	0.6	0.1	0	
GPT-3.5-Turbo (OpenAI, 2022)	86.7	54.0	0	0	0	0	91.8	57.9	0	0.5	0.6	0	
GPT-4-Turbo (OpenAI, 2023)	<b>89.4</b>	<b>61.1</b>	<b>2.8</b>	<b>15.2</b>	<b>10.6</b>	<b>0.6</b>	<b>93.1</b>	<b>63.3</b>	<b>2.0</b>	<b>10.5</b>	<b>5.5</b>	<b>0.6</b>	
<i>Sole-planning</i>													
Direct <sub>GPT-3.5-Turbo</sub>	100	60.2	4.4	11.0	2.8	0	100	59.5	2.7	9.5	4.4	0.6	
CoT <sub>GPT-3.5-Turbo</sub>	100	66.3	3.3	11.9	5.0	0	100	64.4	2.3	9.8	3.8	0.4	
ReAct <sub>GPT-3.5-Turbo</sub>	82.2	47.6	3.9	11.4	6.7	0.6	81.6	45.9	2.5	10.7	3.1	0.7	
Reflexion <sub>GPT-3.5-Turbo</sub>	93.9	53.8	2.8	11.0	2.8	0	92.1	52.1	2.2	9.9	3.8	0.6	
Direct <sub>Mixtral-8x7B-MoE</sub>	100	68.1	5.0	3.3	1.1	0	99.3	67.0	3.7	3.9	1.6	0.7	
Direct <sub>Gemini Pro</sub>	93.9	65.0	8.3	9.3	4.4	0.6	93.7	64.7	7.9	10.6	4.7	2.1	
Direct <sub>GPT-4-Turbo</sub>	<b>100</b>	<b>80.4</b>	<b>17.2</b>	<b>47.1</b>	<b>22.2</b>	<b>4.4</b>	<b>100</b>	<b>80.6</b>	<b>15.2</b>	<b>44.3</b>	<b>23.1</b>	<b>4.4</b>	

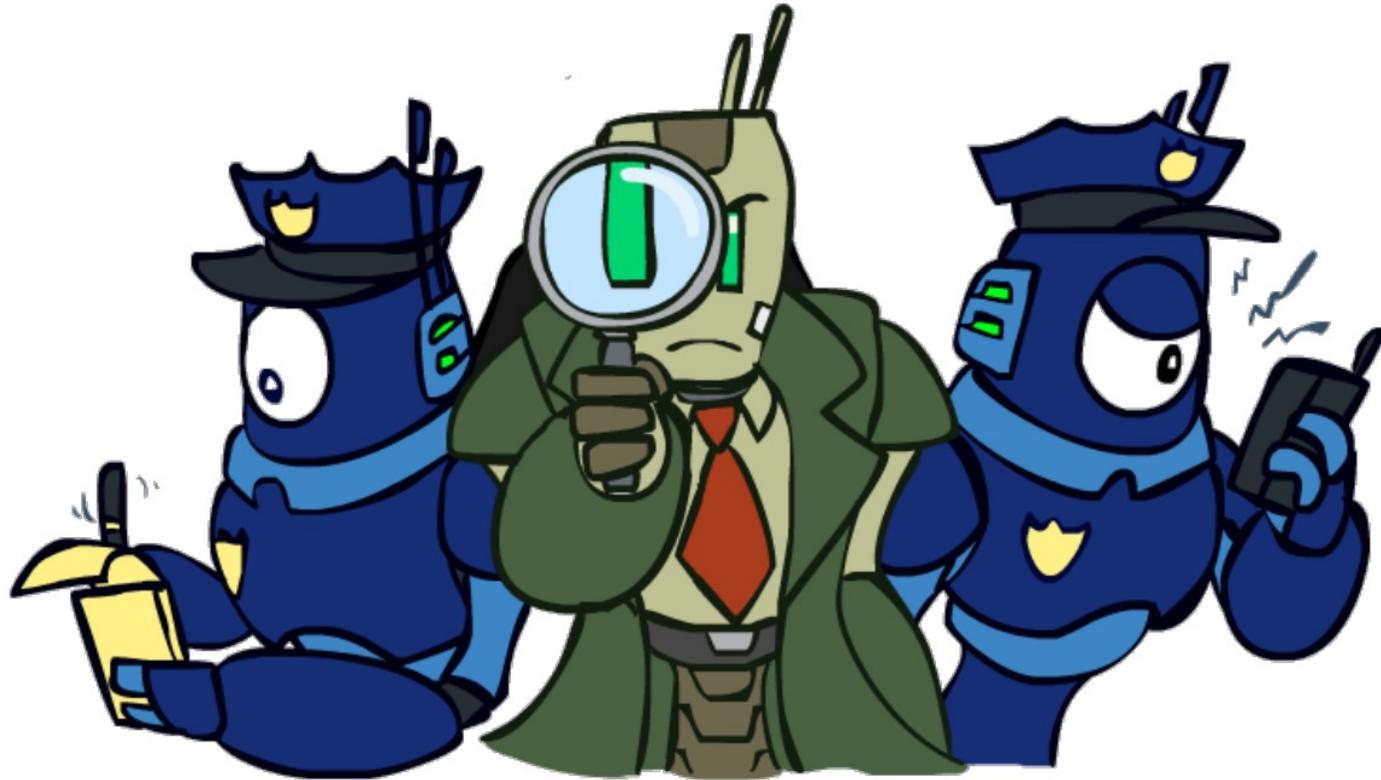
# 搜索算法增强大模型Agent规划能力

## LLM + DFS

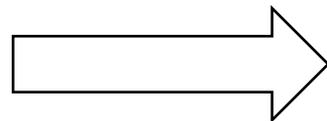
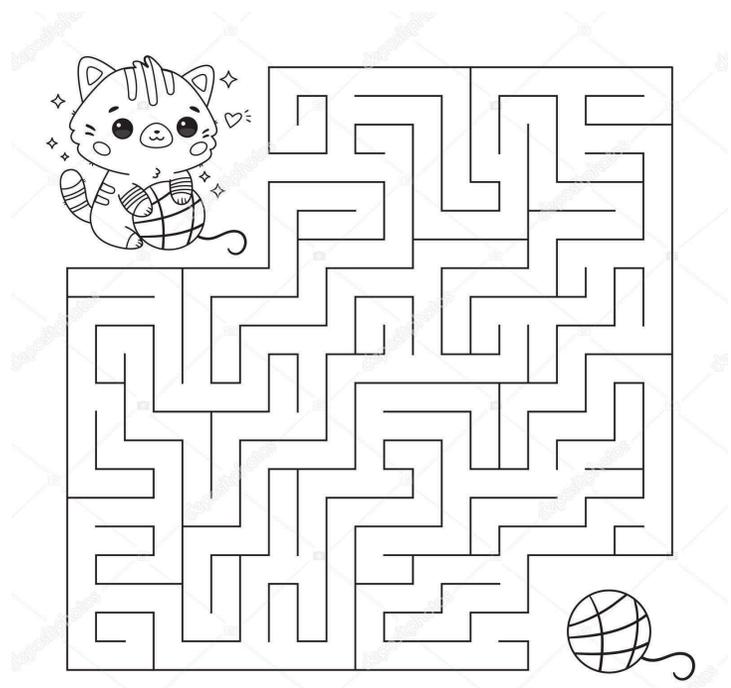
大语言模型理解用户的旅行需求  
将旅行规划问题建模为“下一步  
兴趣点(POI)选择”的预测问题，  
并结合搜索算法（如深度优先搜  
索）逐步探索可能的行程路径，  
从而生成满足约束的旅行方案



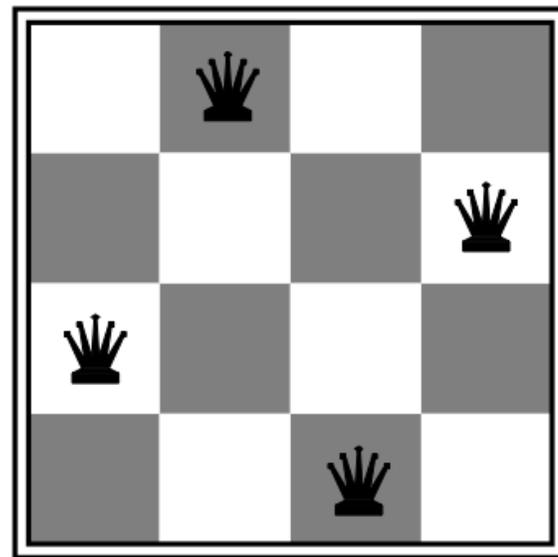
# 局部搜索 (Local Search)



# 两类搜索问题



N皇后

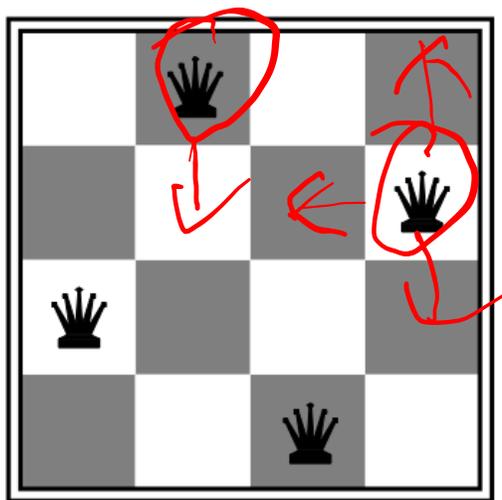


数独

5	3			7			
6			1	9	5		
	9	8					6
8				6			3
4			8		3		1
7				2			6
	6					2	8
			4	1	9		5
				8			7
						7	9

# 局部搜索 (Local Search)

在很多问题中，我们只关心最终返回的状态是否达到目标，而不关心路径



N皇后问题

- ▶ 无需搜索从初始状态开始的各条路径
- ▶ 局部搜索：从一个状态开始，每次对当前状态邻域 (**neighborhood**) 内的近邻解进行评价，并移动到其中一个近邻解，以获得越来越好的解

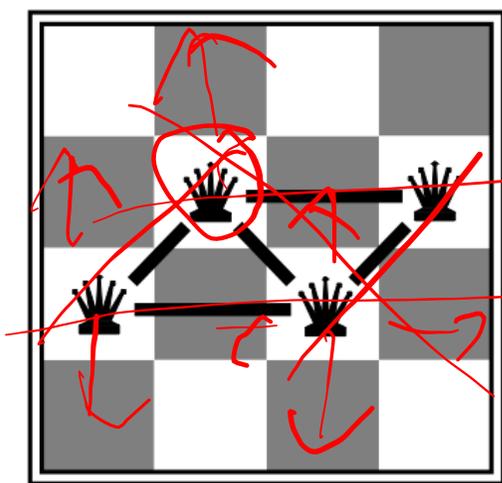
# 爬山法 (Hill Climbing)

1. 从初始状态开始
2. Repeat: 移动到邻域内最好的解
3. 如果没有更好的解, 则停止搜索

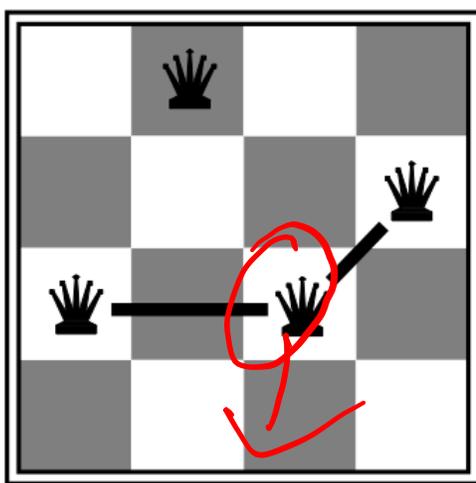
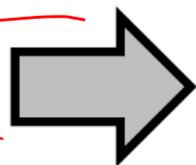


# 爬山法求解N皇后问题

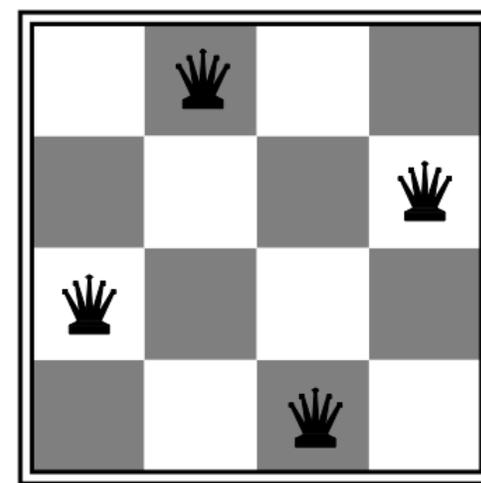
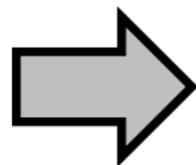
- 目标：N个皇后之间没有冲突（不在同一行，同一列，对角线）
- 评估函数：冲突的个数



**$h = 5$**

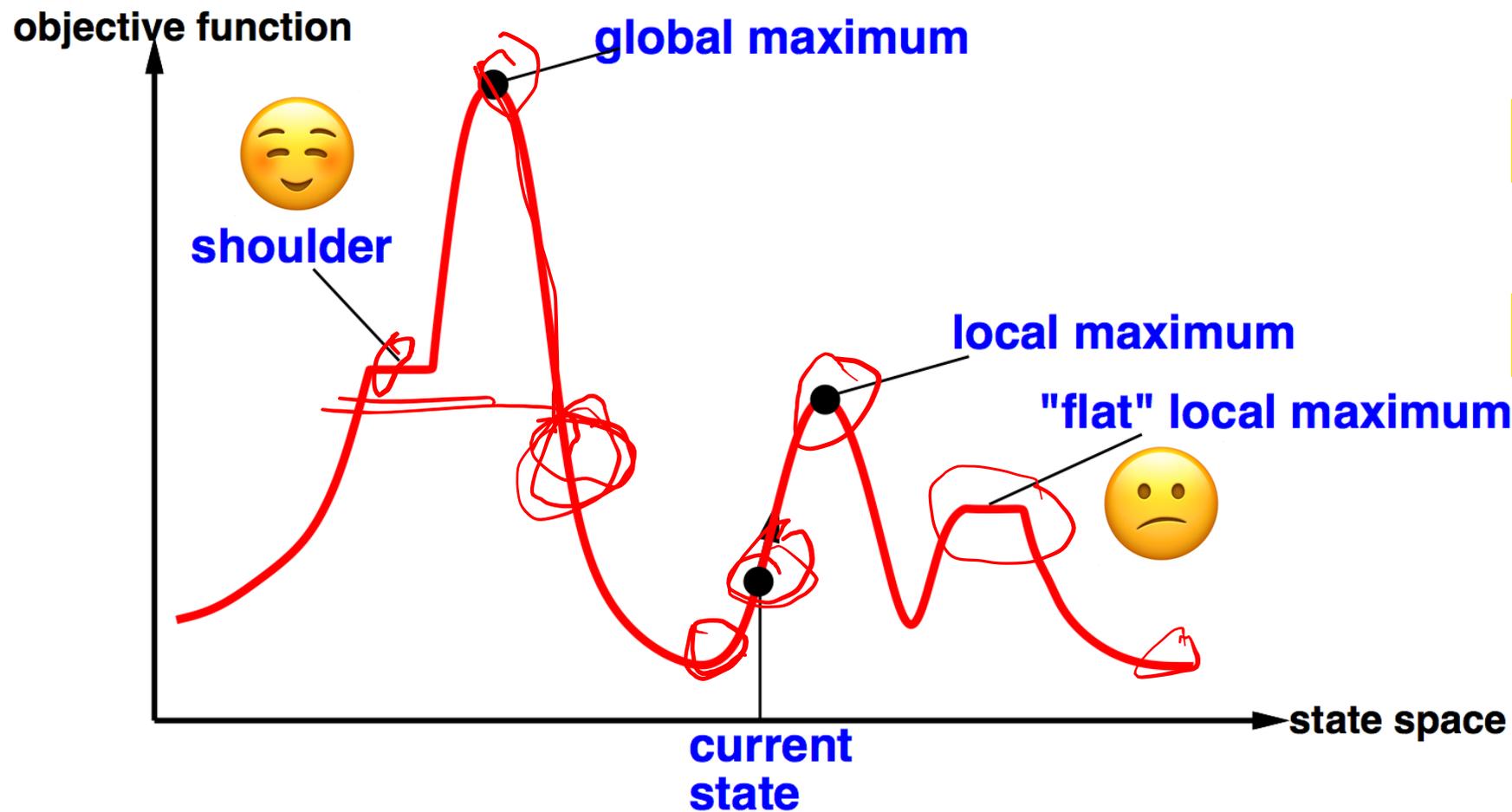


**$h = 2$**



**$h = 0$**

# 爬山法的局限



- 允许横向移动

- 随机重启(Random-Start)

# 爬山法的其它变体

- **随机爬山法 (Stochastic Hill Climbing)**
  - 不是总挑最好的邻居，而是从邻居中随机挑一个更好的
  - 类比：在一条山坡上，你不是永远走最陡的方向，而是随便挑一个能往上走的台阶
- **首选爬山法 (First-Choice Hill Climbing)**
  - 随机生成后继状态，只要找到一个更好的，就立刻接受并跳过去
  - 类比：你不需要看清楚整座山，只要看到旁边有一块更高的石头，就马上跳过去

# 爬山法的局限

- 爬山法：容易陷入最优解，通过引入随机性缓解该问题
- 如果完全随机呢？
- 随机游走(random walk)：不考虑状态值，随机移动到一个后继状态，最终总能找到全局极大值，但是效率非常低

能否结合一下？

# 模拟退火(simulated annealing)

- 爬山法：容易陷入最优解，通过引入随机性缓解该问题，如果完全随机呢？
- 随机游走(random walk)：不考虑状态值，随机移动到一个后继状态，最终总能找到全局极大值，但是效率非常低

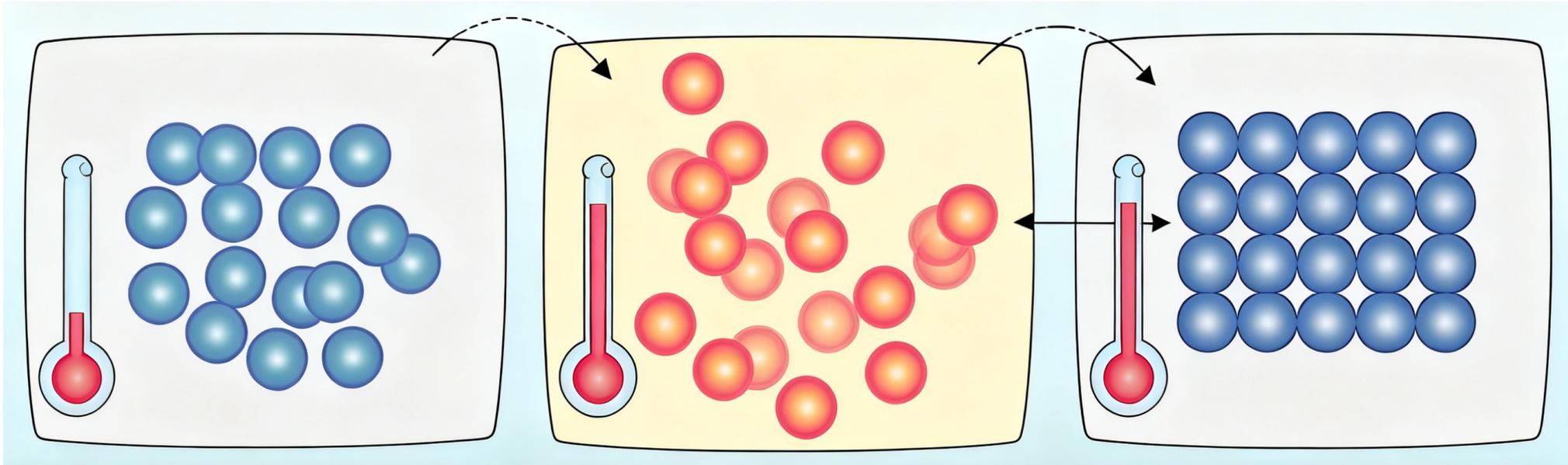
能否结合一下？

在冶金学中，退火是一种通过将金属加热到高温然后逐渐冷却的方法，是材料到达低能量结晶态以进行硬化的过程

一开始，随机性强一点，后面，随机性弱一点

# 模拟退火 (simulated annealing)

在冶金学中，退火是一种通过将金属加热到高温然后逐渐冷却的方法，是材料到达低能量结晶态以进行硬化的过程



# 模拟退火 (simulated annealing)

一开始，随机性强一点，后面，随机性弱一点

**function** SIMULATED-ANNEALING(*problem*, *schedule*) **returns** a solution state

*current*  $\leftarrow$  *problem*.INITIAL

**for**  $t = 1$  **to**  $\infty$  **do**

$T \leftarrow \text{schedule}(t)$

温度T是一个关于时间的函数

**if**  $T = 0$  **then return** *current*

*next*  $\leftarrow$  a randomly selected successor of *current*

$\Delta E \leftarrow \text{VALUE}(\text{current}) - \text{VALUE}(\text{next})$

**if**  $\Delta E > 0$  **then** *current*  $\leftarrow$  *next*

如果后继状态更优，则直接跳转

**else** *current*  $\leftarrow$  *next* only with probability  $e^{-\Delta E/T}$

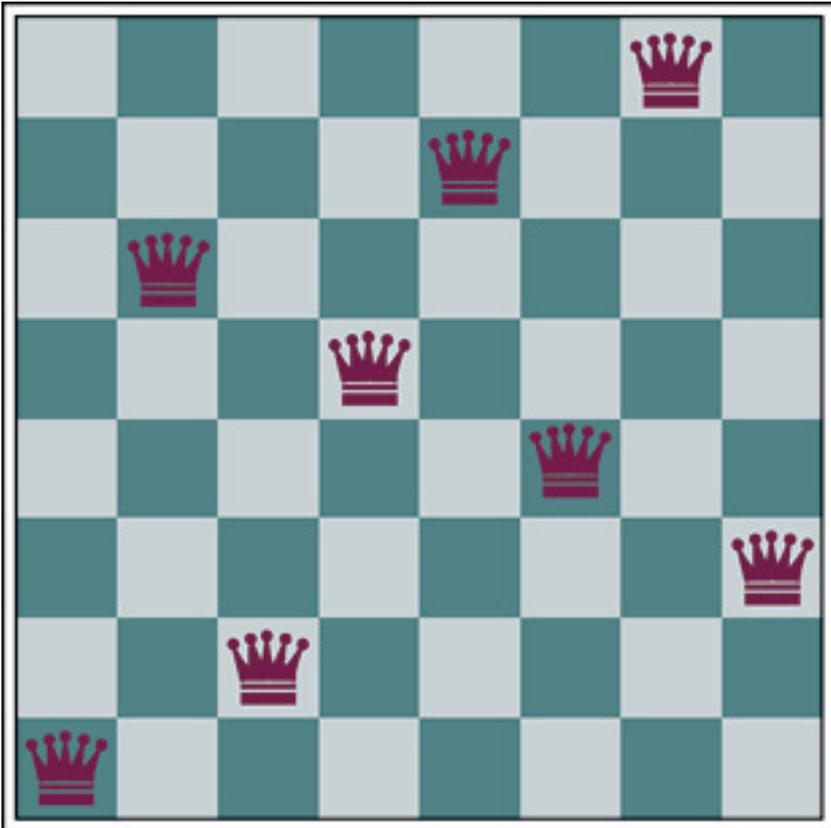
否则按照概率决定是否跳转

# 演化算法

- 一个由个体（状态）组成的种群，其中最适应环境（值最高）的个体，可以生成后代（后继状态）来繁衍下一代
- 不断对种群进行选择、杂交、突变，一直到最优解
- 关键概念：
  - 种群规模、个体表示、选择、杂交、突变

# 演化算法

人类个体DNA序列可以用ACGT字符串表示，搜索问题中的个体如何表示？



16257483

# 演化算法

生成多个个体，模拟初始种群

24748552

32752411

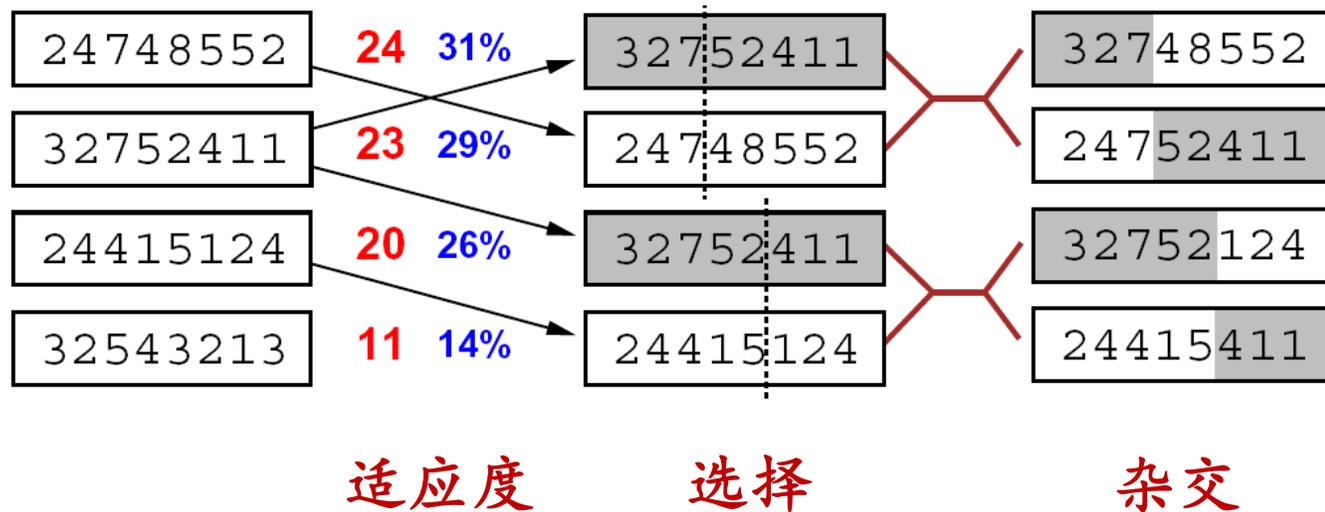
24415124

32543213

# 演化算法

选择成为下一代亲本的个体，被选中的概率与适应度成正比

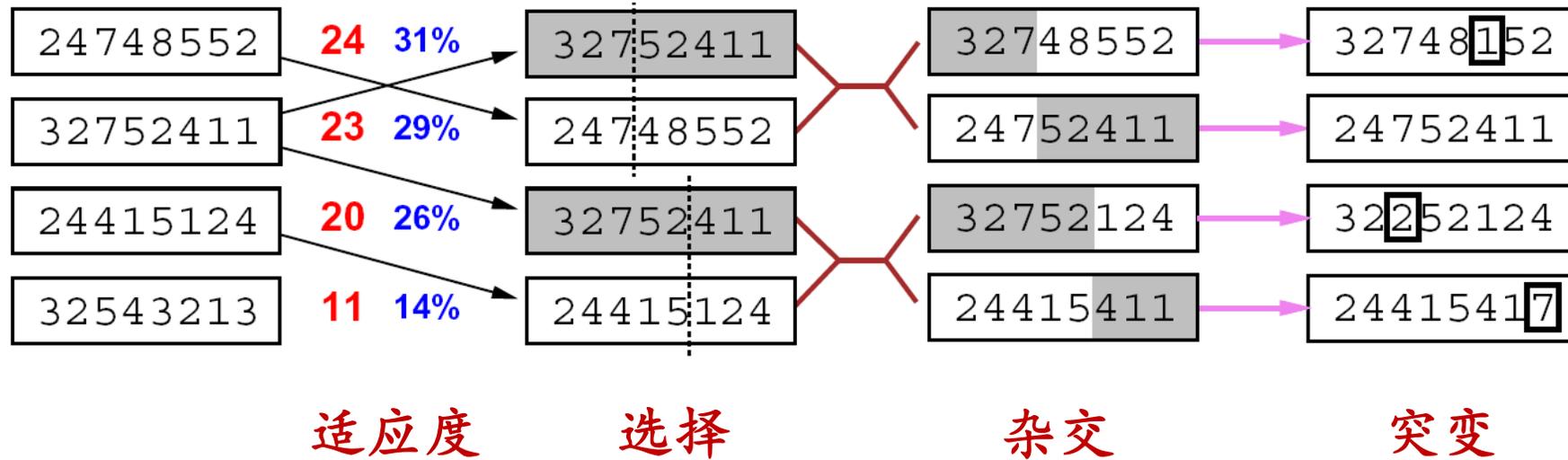
随机选择一个杂交点进行重组



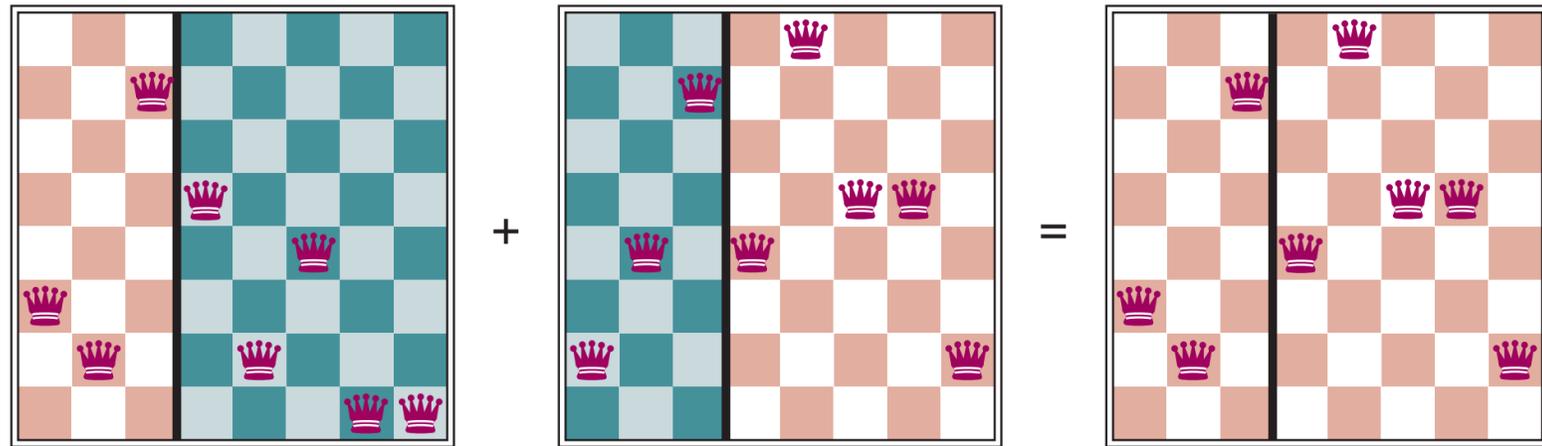
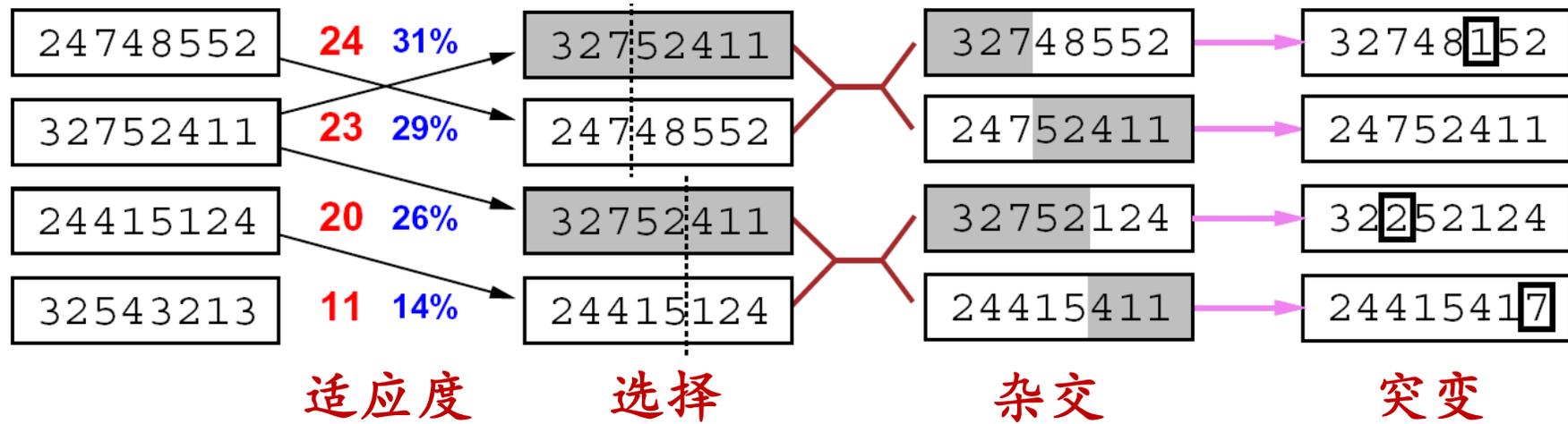
适应度越高的个体，产生后代的概率越大

# 演化算法

后代在其表示上有发生随机突变的概率



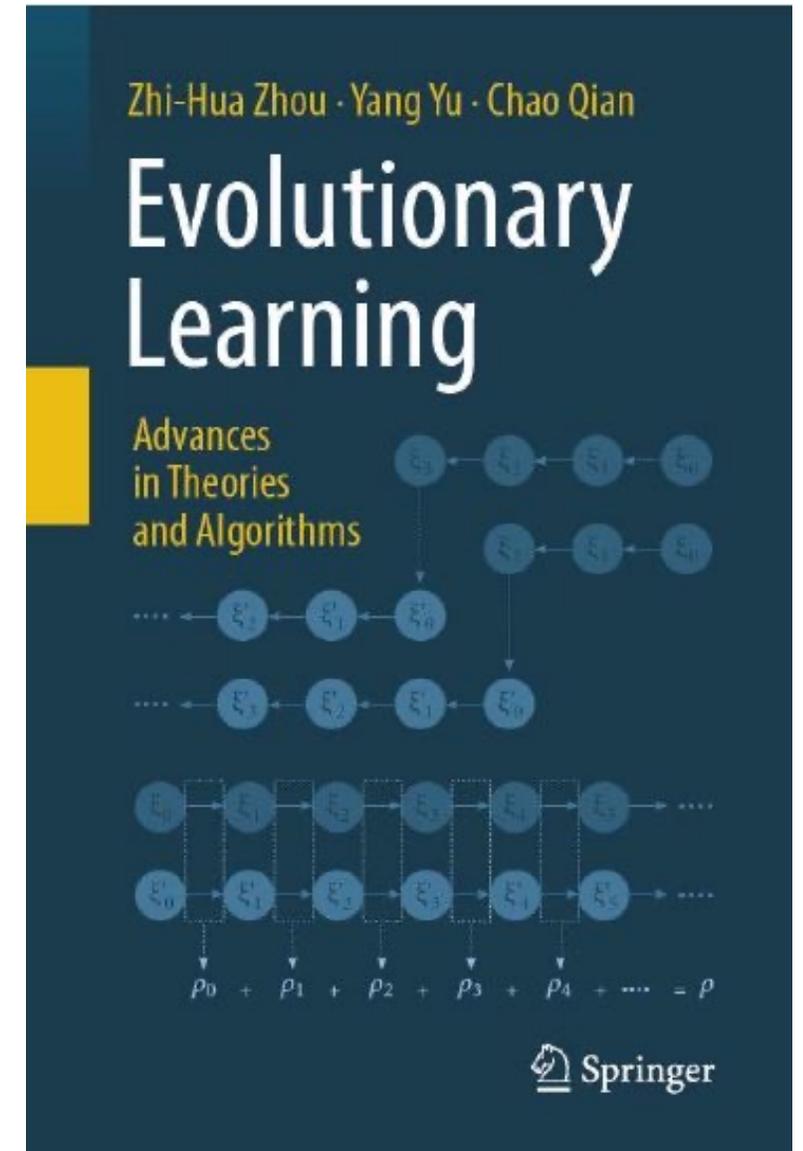
# 演化算法



# 演化算法

## 演化算法的应用

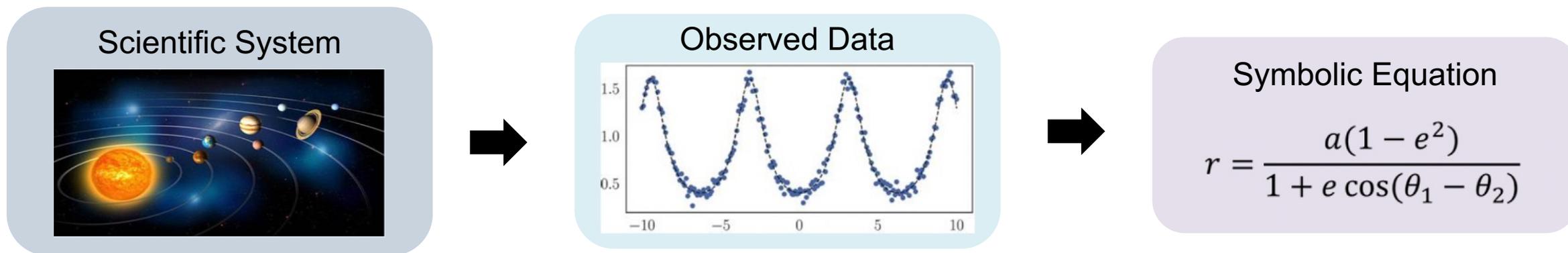
- 电路布图
- 作业车间调度
- 神经网络架构搜索
- ...



# 扩展：符号回归

## 符号回归(Symbolic Regression)

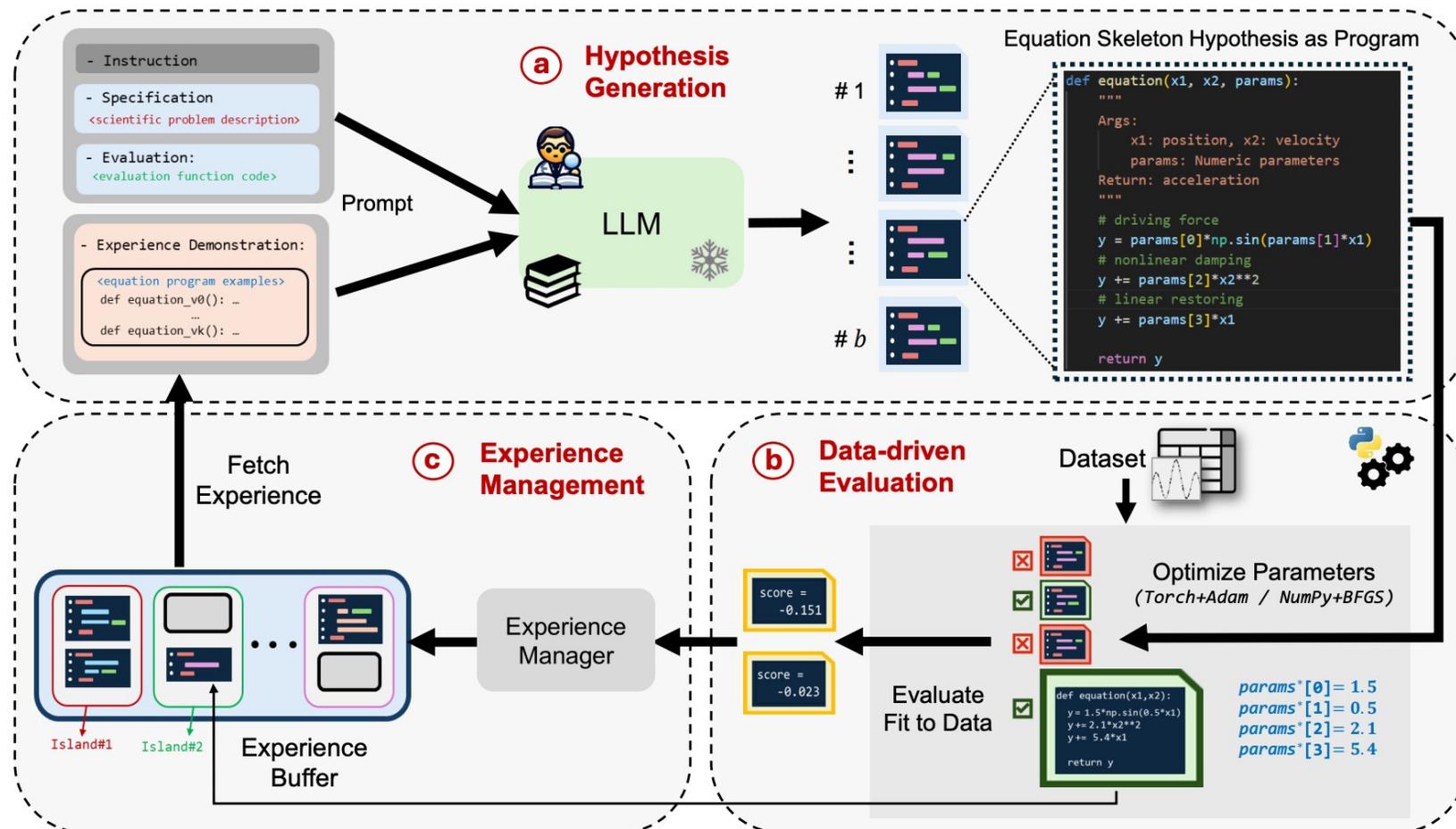
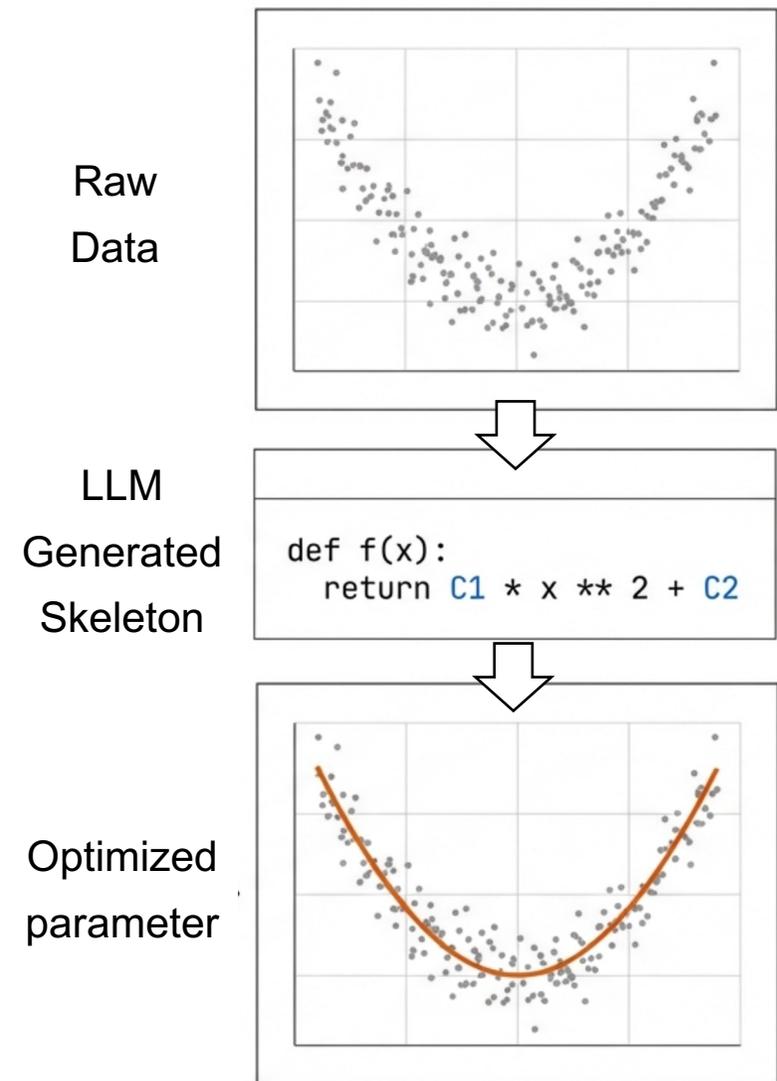
给AI模型牛顿的所有实验数据，能否自动发现牛顿定律？



传统的符号回归主要基于演化计算：

随机初始化大量公式  $\rightarrow$  评估适应度  $\rightarrow$  交叉变异

# LLM加速演化算法

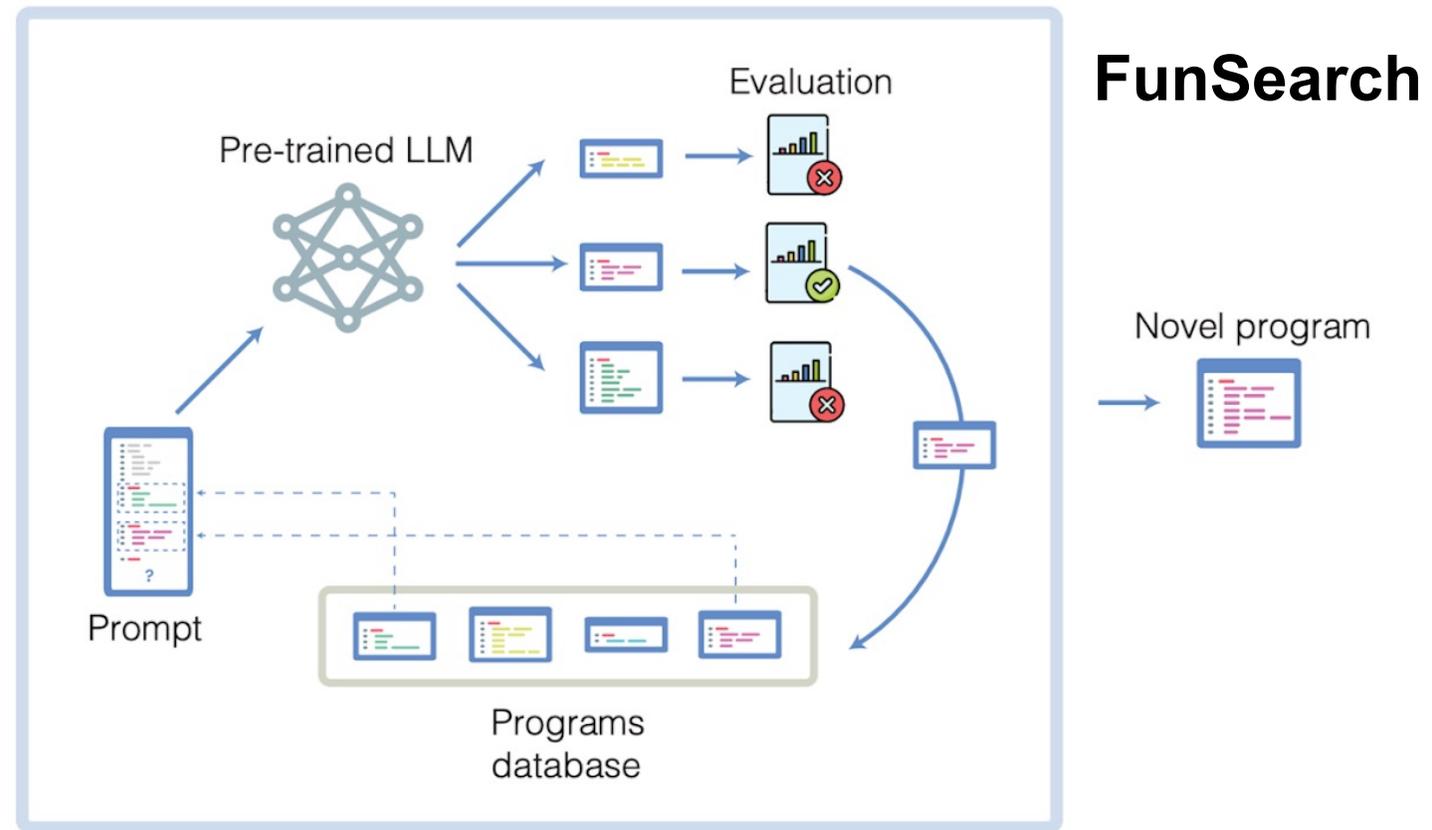
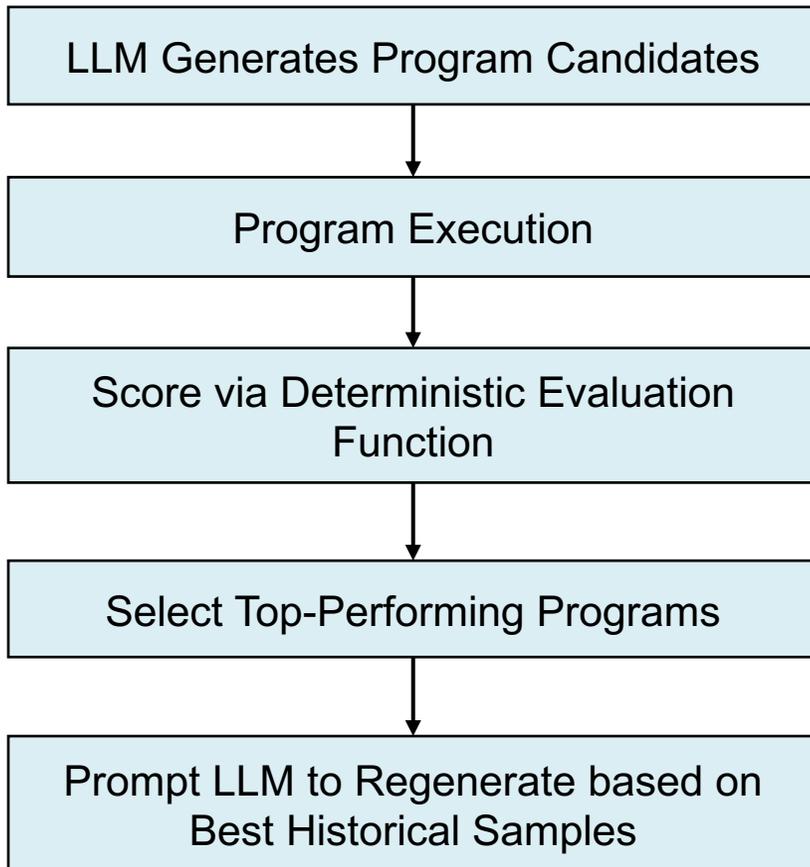


[1] [LLM-SR: Scientific Equation Discovery via Programming with Large Language Models](#). Shojaee et al., ICLR 2025.

# LLM加速演化算法



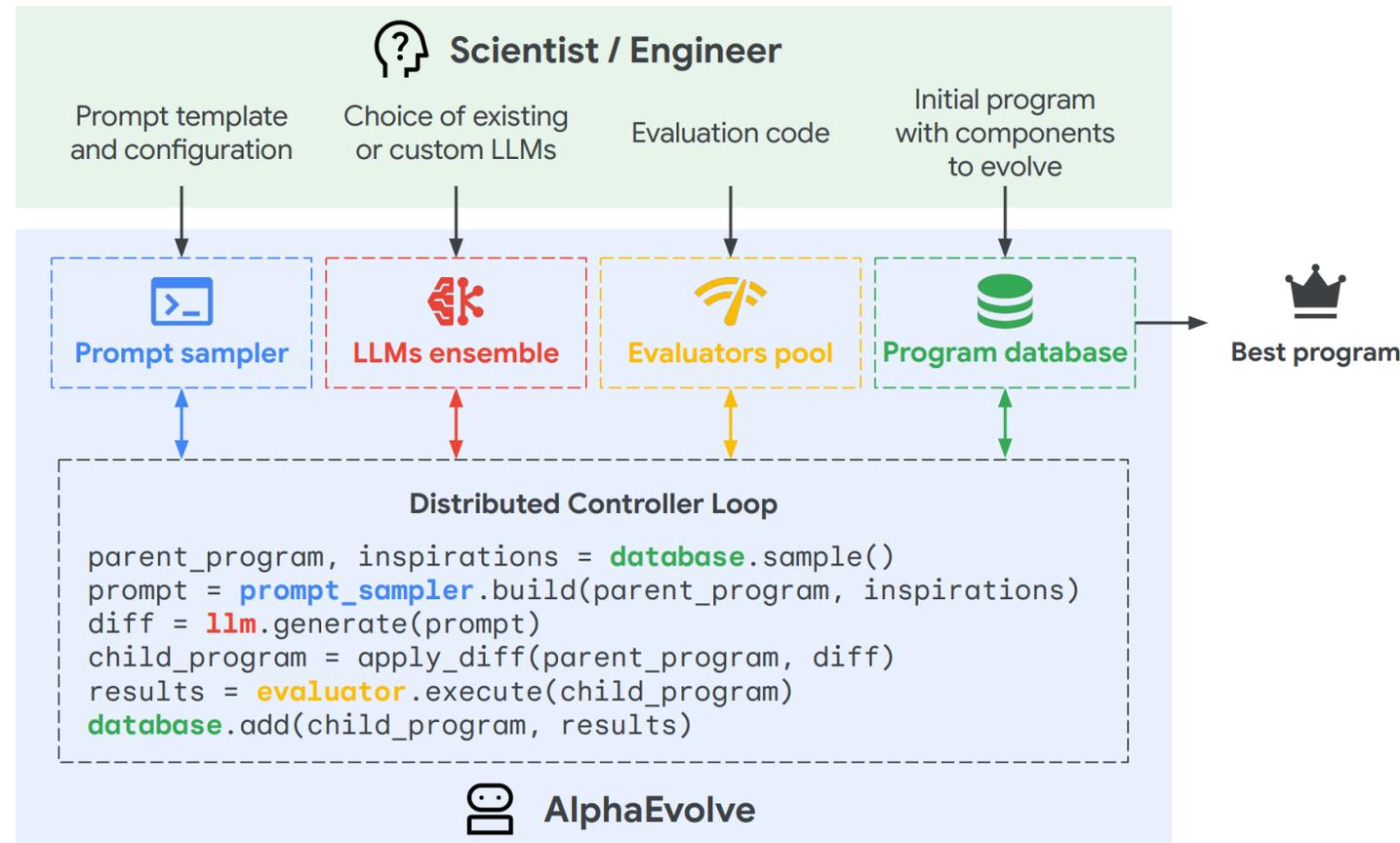
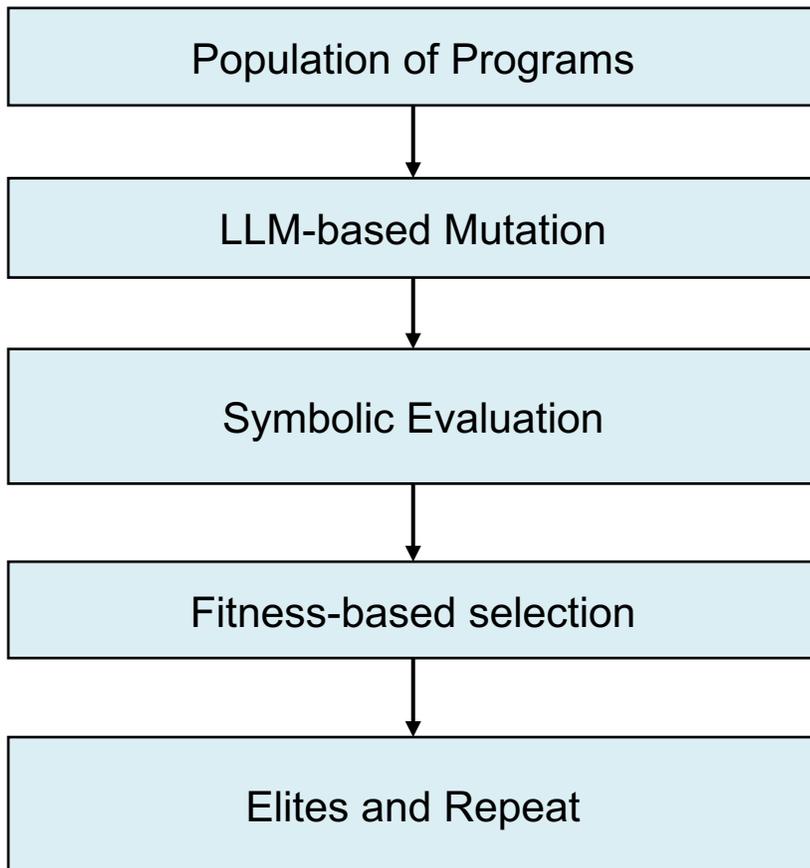
**Goal: Automatically discovering algorithms** that satisfy specific objectives by **searching** through a massive discrete program space



# LLM加速演化算法



**Goal:** Automatically discovering algorithms via **LLM-guided evolutionary search** over a vast discrete program space



# LLM加速演化算法

刚刚，谷歌AI破解外星人难题！打破十年纪录，自己写算法震撼诺奖得主

新智元 新智元 2026年3月14日 16:50 北京 906人

 **Pushmeet Kohli**    
@pushmeet

很高兴分享在 @GoogleDeepMind 数学 AI 方面的最新进展。

在极值组合学中，AlphaEvolve 帮助为五个经典的拉姆齐数建立了新的下界——这个问题难度极大，连 Erdős 都曾评论过它的困难程度。

以往，从计算上推导这些界限需要专门定制、由人工设计的搜索算法。对于其中许多界限，以往的最佳结果至少已经是十年前的了。AlphaEvolve 改变了这一点，它作为一个单一的元算法，自动发现用于寻找这些新界限所需的搜索过程。 

9:44 PM · Mar 11, 2026 · 407.1K Views  公众号 · 新智元

 **Demis Hassabis**   
@demishassabis

拉姆齐数出了名的难。看到 AlphaEvolve 能自己发现搜索流程，把 5 个经典拉姆齐数的界限往前推进——有些是十多年来首次——真令人惊叹。这是 AI 在数学领域的一个重大里程碑——恭喜团队！  公众号 · 新智元

 **Aakash Gupta**   
@aakashgupta   

这条推文里的数学题难到连历史上最伟大的数学家之一都说，如果外星人威胁要摧毁地球除非我们解出来，人类应该直接投降。

那是他对拉姆齐数  $R(5,5)$  的评估，一个特定的拉姆齐数。仅这个问题的搜索空间就包含大约  $10^{271}$  种可能的图。暴力求解所需的时间会比宇宙的年龄还长得多，倍数大到这个数字本身已经毫无意义。

几十年来，每当数学家想在任何一个拉姆齐数上取得进展时，他们都不得不从零开始设计一个定制的搜索算法。一个研究者，一种算法，一个结果。之前对某些这些数的最佳界限已经超过十年没有变化了。

AlphaEvolve 一次性改进了其中五个。一个系统。一次部署。五项新纪录，而且还全面匹配或恢复了所有之前已知的结果，包括那些原作者甚至从未公开过他们做法的案例。

这正是打破了矩阵乘法保持 56 年纪录的同一套系统，这项运算基本上是现代 AI 训练的基础。也正是优化了谷歌数据中心调度、回收了他们全球 0.7% 计算资源的那套系统。还是简化了支撑谷歌自家 AI 硬件芯片设计的那套系统。

一种搜索策略的元算法。指向纯数学时，它能破解存在数十年的猜想；指向基础设施时，它节省了数亿美元的计算成本；指向芯片设计时，它发现了人类工程师错过的简化方案。

当能够发现更优算法的工具，也能改进驱动它自身的 AI 模型的训练流程时，它能接下来解决的问题的上限就会不断升高。  公众号 · 新智元

# 小结

## □ 无信息搜索

- ✓ 宽度优先搜索：逐层扩展节点
- ✓ 深度优先搜索：优先扩展最深的节点
- ✓ 迭代加深的深度优先搜索：限制深度的DFS
- ✓ 一致性代价搜索：优先扩展路径代价最小的节点

## □ 有信息搜索：距离目标状态的估计信息

- ✓ 贪心搜索：优先扩展离目标状态更近的节点
- ✓ A\*搜索：综合考虑当前路径消耗和到目标状态的代价估计

## □ 局部搜索

- ✓ 爬山法：每次跳转到更优的邻域状态
- ✓ 模拟退火：引入随机性的爬山法，随机性通过温度参数控制
- ✓ 演化算法：模拟生物进化，两个状态杂交产生新状态，越优的状态有更大的概率产生后代