گزارش نهایی پروژه Wumpus World

مقایسه A-Star، عامل قاعده‌محور و عامل ژنتیکی ترکیبی

نسخه عمومی GitHub

پروژه: Wumpus World Genetic Agents

نویسنده: Mahan Varmazyar

درس/محیط: Artificial Intelligence

ناشر/منبع: GitHub Public Edition

نسخه نرم‌افزار: 8.1.0

چکیده

در این پروژه محیط Wumpus World روی گرید 8×8 پیاده‌سازی شد و سه روش متفاوت روی یک محیط و مجموعه معیار مشترک مقایسه شدند. A-Star به کل نقشه دسترسی دارد و نقش Oracle را ایفا می‌کند. عامل قاعده‌محور و عامل ژنتیکی ترکیبی فقط از ادراک‌های محلی، حافظه و مختصات عمومی خروج استفاده می‌کنند. وزن‌های روش ژنتیکی روی 12 نقشه آموزش تکامل یافتند و ارزیابی نهایی روی 30 نقشه تست جداگانه انجام شد.

نتیجه اصلی: A-Star به 100.0٪، Rule-Based به 90.0٪ و Hybrid Genetic به 83.33٪ موفقیت رسید. در میان عامل‌های آنلاین، Rule-Based با نرخ موفقیت 90.0٪ نسبت به Hybrid Genetic (83.33٪) عملکرد مطمئن‌تری ثبت کرد. Hybrid Genetic در اپیزودهای موفق با میانگین 24.6 حرکت در مقایسه با Rule-Based (32.3 حرکت) مسیر کوتاه‌تری را طی کرد.

۱. تعریف مسئله و قوانین

عامل از خانه (1,1) شروع می‌کند، باید حداقل یک طلا جمع‌آوری کند و پیش از تمام‌شدن جان به خروج برسد. هر تلاش برای حرکت یک واحد جان کم می‌کند. دیوار حرکت را مسدود می‌کند، چاه پس از هزینه حرکت جان را نصف می‌کند، غول مرگ فوری ایجاد می‌کند و خروج بدون طلا شکست است.

- Breeze: وجود چاه در همسایگی چهارجهته
- Stench: وجود غول در همسایگی چهارجهته
- Pit here: تشخیص چاه پس از زنده‌ماندن و ورود
- حرکت‌های معتبر، جان، داشتن طلا و مختصات خروج

۲. معماری

parser، محیط، عامل‌ها، پایگاه دانش، آموزش ژنتیک، مولد نقشه و benchmark در ماژول‌های مستقل قرار گرفته‌اند. تمام عامل‌ها از تابع اجرای مشترک استفاده می‌کنند. در نسخه 8.1.0 ساختار پکیج با مسیرهای استاندارد، نصب‌پذیری، و دستورات یکپارچه CLI بهینه‌سازی شده است.

۳. روش A-Star

حالت جست‌وجو شامل موقعیت، جان باقی‌مانده و داشتن طلاست. دیوار و غول از فضای حالت حذف می‌شوند. ورود به چاه در صورت زنده‌ماندن مجاز است، اما کاهش واقعی جان و جریمه چاه در هزینه مسیر لحاظ می‌شود. heuristic فاصله منهتن یک lower bound معتبر است.

۴. عامل قاعده‌محور

این عامل از Breeze و Stench پایگاه دانش می‌سازد. نبود ادراک خطر، همسایه‌ها را از همان خطر مبرا می‌کند. clause تک‌عضوی محل خطر قطعی را مشخص می‌کند. عامل خانه امن بازدیدنشده را ترجیح می‌دهد، در بن‌بست backtracking می‌کند و در نبود گزینه امن، کم‌خطرترین frontier را انتخاب می‌کند.

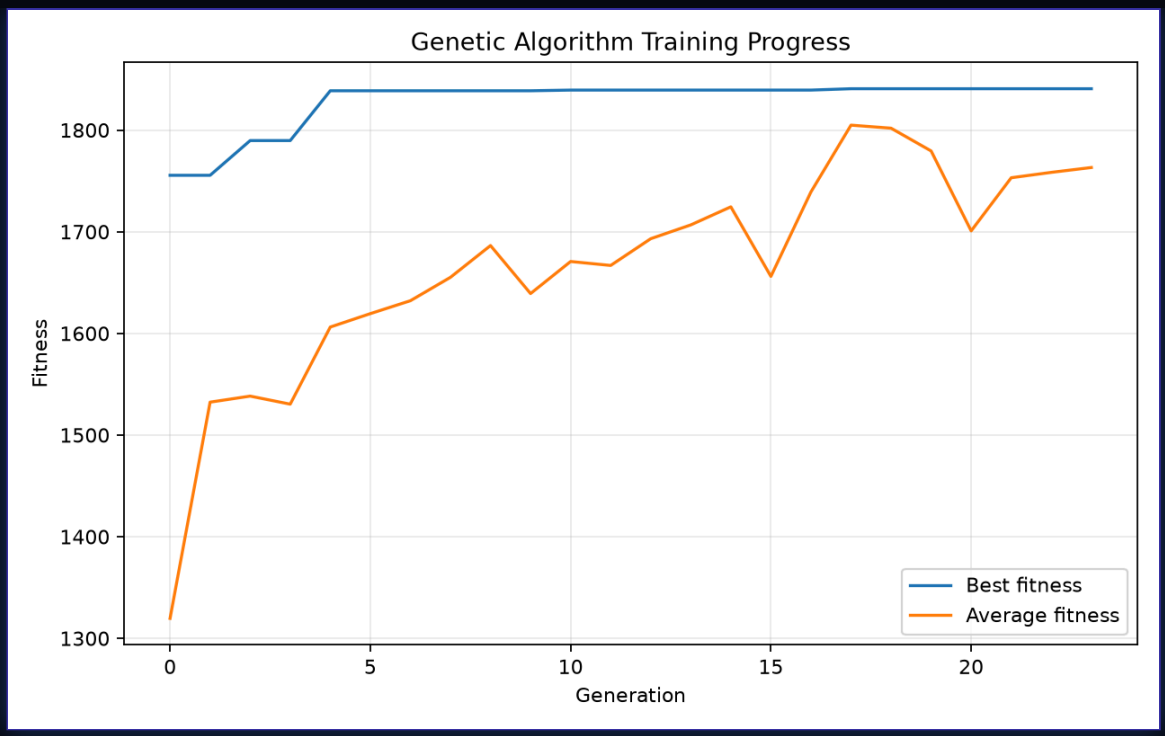
۵. عامل ژنتیکی ترکیبی

روش سوم یک عامل ترکیبی است. پایگاه دانش محلی شواهد خطر را فراهم می‌کند؛ یک سیاست خطی با 10 وزن تکامل‌یافته، حرکت‌های مرحله اکتشاف را امتیازدهی می‌کند؛ و پس از گرفتن طلا، عامل از کوتاه‌ترین مسیر شناخته‌شده امن به خروج بازمی‌گردد.

```
score(action) = Σ weight_i × feature_i(action)
```

۶. آموزش الگوریتم ژنتیک

- 12 نقشه آموزش جدا
- Population = 24
- Maximum generations = 24
- Generations executed = 24
- Elitism = 2
- Tournament size = 3
- Mutation rate = 0.1
- Mutation sigma = 0.2
- Seed = 17
- Best fitness = 1840.67



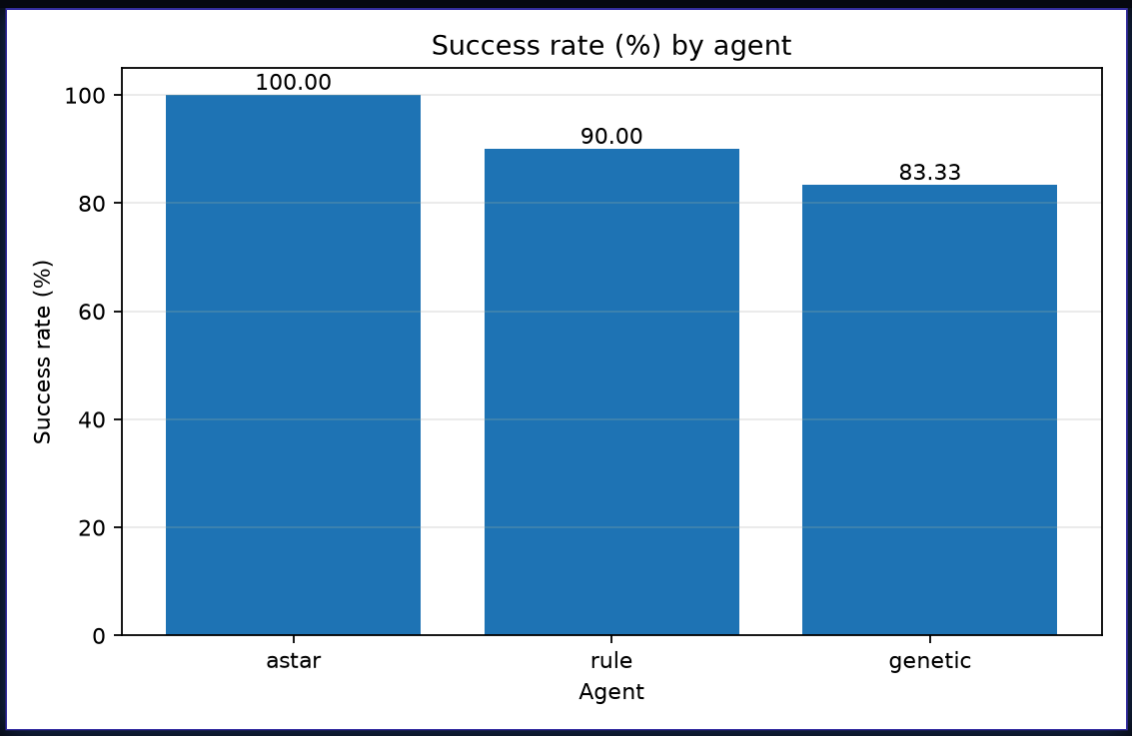
روند بهترین و میانگین Fitness در طول آموزش

۷. طراحی آزمایش

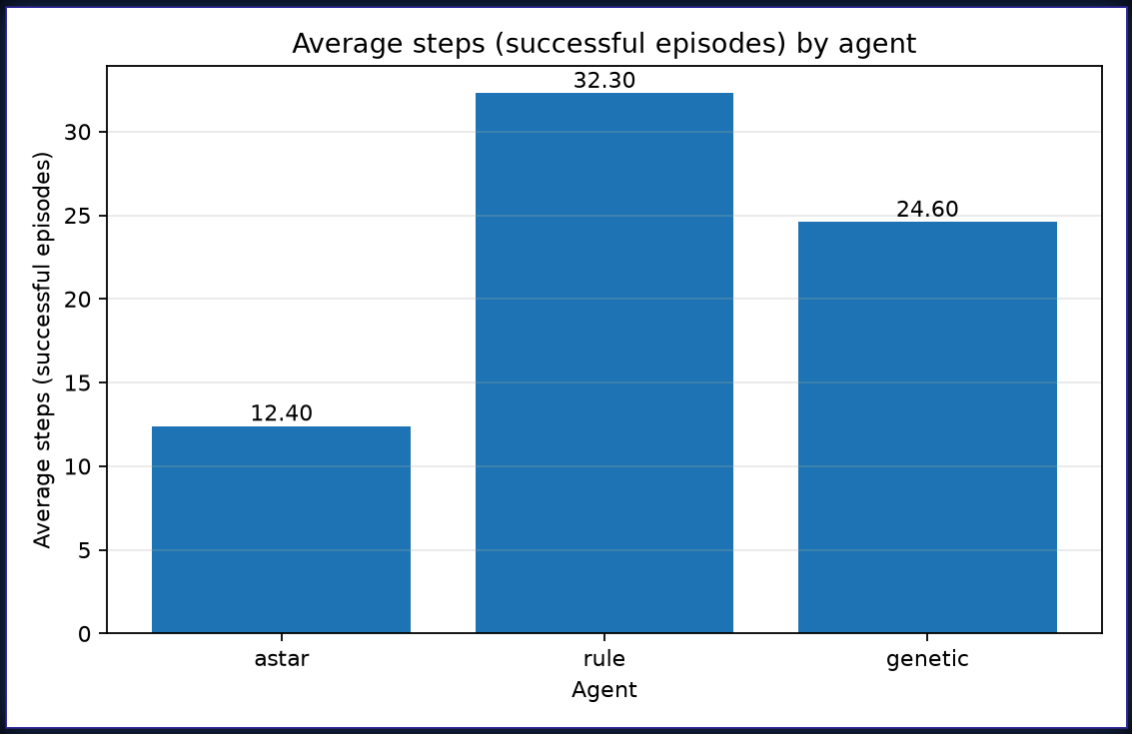
30 نقشه تست دیده‌نشده شامل 10 نقشه آسان، 10 متوسط و 10 سخت با seed ثابت تولید شدند. خروج، محل طلا و طول مسیرها متنوع است. جان اولیه همه سطوح برابر 120 است تا امتیاز بین دشواری‌ها قابل مقایسه باشد. زمان اجرا median 3 اجرای کامل است و تعداد حرکت موفق جداگانه گزارش می‌شود.

۸. نتایج کلی

Agent	Success	Score all	Steps all	Steps success	Health	Pit entries	Wumpus deaths
astar	100.0%	157.6	12.4	12.4	107.6	0.0	0
rule	90.0%	117.93	32.9	32.3	73.93	0.267	1
genetic	83.33%	120.97	31.8	24.6	75.63	0.133	2



نرخ موفقیت سه روش

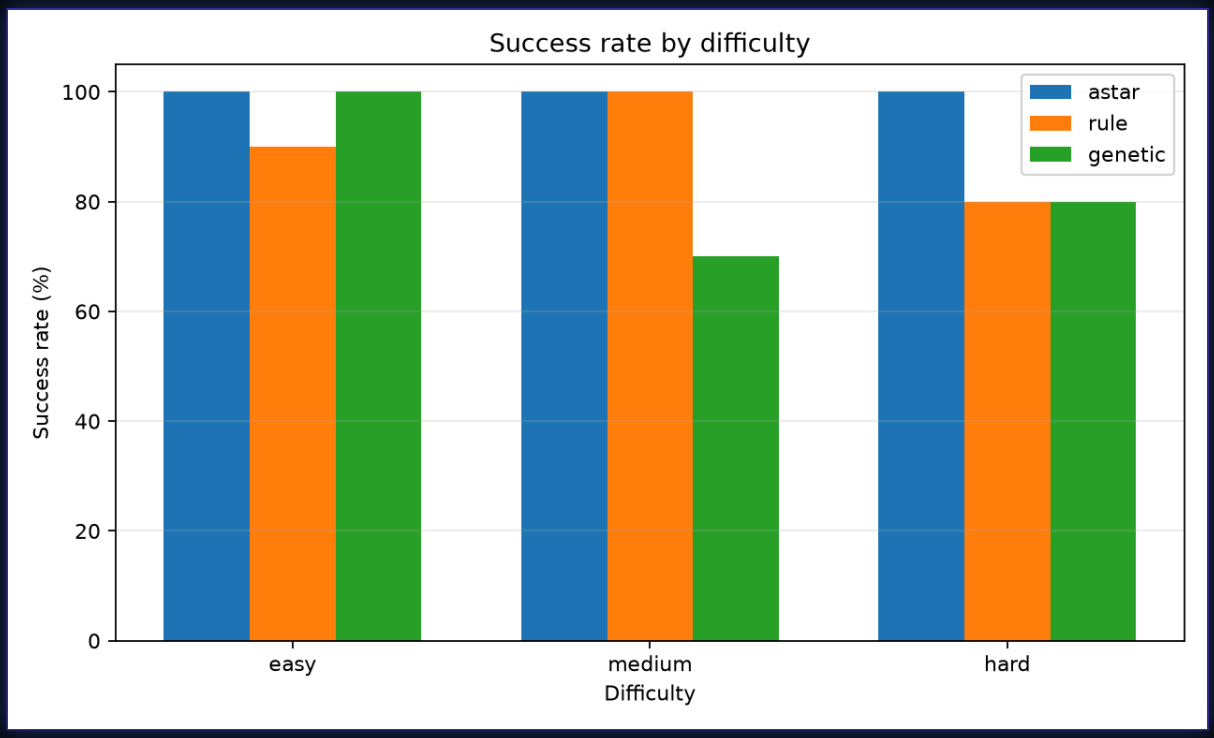


میانگین حرکت فقط در اپیزودهای موفق

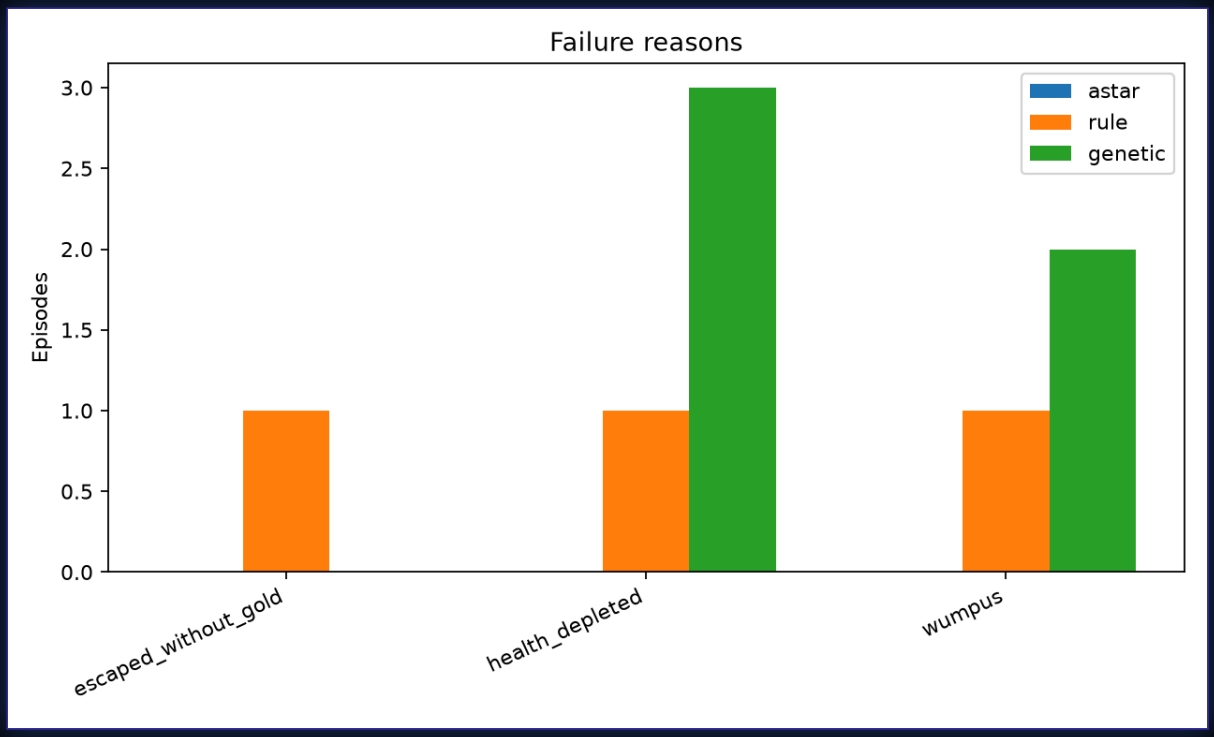
۹. تحلیل مقایسه‌ای

A-Star به دلیل اطلاعات کامل و وجود حداقل یک مسیر امن، کران بالای عملکرد است. در میان عامل‌های آنلاین، Rule-Based با نرخ موفقیت 90.0٪ نسبت به Hybrid Genetic (83.33٪) عملکرد مطمئن‌تری ثبت کرد. Hybrid Genetic در اپیزودهای موفق با میانگین 24.6 حرکت در مقایسه با Rule-Based (32.3 حرکت) مسیر کوتاه‌تری را طی کرد. بنابراین

نتیجه علمی، برتری مطلق یک روش نیست؛ بلکه تفاوت در trade-off میان اطمینان، توضیح‌پذیری و سرعت موفقیت است.



نرخ موفقیت بر اساس سطح دشواری



دلایل شکست

۱۰. محدودیت‌ها

- A-Star سطح اطلاعات متفاوتی دارد.

- نتایج برای seed و مجموعه تست ثبت‌شده معتبرند.
- عامل ژنتیکی تضمین بهینگی یا موفقیت ندارد.
- زمان اجرا به سخت‌افزار وابسته است.
- برای استنباط آماری قوی‌تر، چند seed و confidence interval لازم است.

۱۱. نتیجه‌گیری

نسخه 8.1.0 یک pipeline قابل‌بازتولید از تولید نقشه و آموزش تا تست، ارزیابی و گزارش فراهم می‌کند. A-Star بهترین عملکرد را در محیط کاملاً شناخته‌شده دارد. در میان عامل‌های آنلاین، Rule-Based با نرخ موفقیت 90.0٪ نسبت به Hybrid Genetic (83.33٪) عملکرد مطمئن‌تری ثبت کرد. Hybrid Genetic در اپیزودهای موفق با میانگین 24.6 حرکت در مقایسه با Rule-Based (32.3 حرکت) مسیر کوتاه‌تری را طی کرد.

۱۲. منابع

1. Russell, S. J., & Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach.