

گزارش تکلیف اول کامپیوتری هوش مصنوعی

پارسا احمدی ناو

۳۰ اسفند ۱۴۰۳

۱ تعریف وضعیت (State)

سوال ۱: در این مسئله، تعریف واضح وضعیت چیست؟ مشکل این تعریف چیست؟ چگونه می‌توان آن را بهبود داد؟

تعریف اولیه وضعیت معمولاً شامل تمام پیکربندی‌های مسئله است (مثلاً در یک پازل، چیدمان مهره‌ها). مشکل این تعریف در آن است که ممکن است شامل اطلاعات غیرضروری و جزئیاتی شود که تأثیری در تصمیم‌گیری ندارند، و در نتیجه فضای جستجو بسیار بزرگ و پر از حالت‌های تکراری و نامفید گردد. برای بهبود این تعریف، می‌توان وضعیت را به گونه‌ای تعریف کرد که تنها ویژگی‌های کلیدی و معنادار مورد نیاز برای تصمیم‌گیری و اعمال تغییرات در نظر گرفته شوند. این کار منجر به کاهش فضای جستجو و افزایش کارایی الگوریتم‌ها می‌شود.

۲ تعریف عملیات (Actions)

سوال ۲: بر اساس تعریفی که برای وضعیت در نظر گرفتید، چگونه عملیات را تعریف می‌کنید؟

عملیات مجموعه‌ای از انتقال‌ها یا تغییرات است که از یک وضعیت به وضعیت دیگر منجر می‌شود. هر عملیات باید به گونه‌ای تعریف شود که:

- تغییرات معنادار و لازم را در وضعیت ایجاد کند.
- مطابق با قوانین مسئله و محدودیت‌های آن باشد.
- به سادگی قابل پیاده‌سازی و ارزیابی (از نظر هزینه و شرایط لازم) باشد.

۳ مدل‌سازی مسئله

سوال ۳: توضیح دهید که چگونه مسئله را مدل‌سازی می‌کنید، شامل تعریف عملیات، وضعیت اولیه، وضعیت هدف و سایر اجزاء.

در مدل‌سازی مسئله، اجزای زیر تعریف می‌شوند:

۱. وضعیت اولیه: وضعیت شروع مسئله که تمام اطلاعات اولیه (چیدمان اولیه یا پیکربندی داده‌ها) در آن مشخص شده است.
۲. وضعیت هدف: وضعیت نهایی یا مطلوب که در آن مسئله به‌طور کامل حل شده و شرایط پایان مسئله برقرار است.
۳. عملیات: مجموعه اقداماتی که امکان انتقال از یک وضعیت به وضعیت دیگر را فراهم می‌کنند. هر عملیات باید دارای شرایط اجرا (preconditions) و نتایج (effects) باشد.
۴. فضای جستجو: شامل تمام وضعیت‌های ممکن ناشی از اعمال عملیات تعریف شده از وضعیت اولیه تا رسیدن به وضعیت هدف.
۵. تابع هزینه: برای تعیین هزینه هر عملیات به منظور یافتن راه‌حل بهینه.

۴ بهینه‌سازی مسئله و کاهش فضای جستجو

سوال ۴: چگونه می‌توان مسئله را بهبود داد و فضای جستجو را بهینه کرد؟ آیا همه وضعیت‌های ممکن در گام بعدی باید در الگوریتم‌های جستجو در نظر گرفته شوند؟ نتایج این کار چیست؟ توضیح دهید که چه اقداماتی و ملاحظات می‌توان انجام داد. بهبود مسئله از طریق بهینه‌سازی فضای جستجو شامل:

- **هرزگیری (Pruning):** حذف حالت‌های غیرضروری و تکراری که منجر به کاهش فضای جستجو می‌شوند.
 - **استفاده از محدودیت‌ها:** اعمال شرایط و قوانین مسئله برای حذف حالت‌های نامعتبر.
 - **به کارگیری هوریستیک‌ها:** تخمین هزینه رسیدن از وضعیت جاری به هدف جهت هدایت جستجو به سمت مسیرهای امیدوارکننده.
- استفاده از تمام حالت‌های ممکن در گام بعدی (expand) معمولاً منجر به افزایش نمایی تعداد حالت‌ها و کاهش کارایی الگوریتم می‌شود. بنابراین، تنها باید حالت‌هایی در نظر گرفته شوند که بر اساس قوانین و هوریستیک‌ها امید به دستیابی به هدف را دارند. این امر باعث کاهش زمان اجرا و مصرف حافظه می‌شود.

۵ تحلیل الگوریتم‌های جستجو

سوال ۵: الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده را توضیح دهید و تفاوت‌ها و مزایای هر کدام نسبت به یکدیگر را بیان کنید و بیان کنید کدام الگوریتم‌ها راه‌حل بهینه ارائه می‌دهند.

الف. DFS (جستجوی عمق اول)

- **مزایا:**
 - مصرف حافظه پایین.
 - پیاده‌سازی ساده.
- **معایب:**
 - عدم تضمین یافتن راه‌حل بهینه.
 - احتمال گیر افتادن در حلقه‌های بی‌پایان در فضای جستجوی بی‌نهایت.
- چرا استفاده می‌شود؟ به دلیل سادگی و کم‌هزینه بودن از نظر حافظه، به ویژه در مسائل بزرگ که حافظه محدود است.

ب. BFS (جستجوی سطحی)

- **مزایا:**
 - تضمین یافتن راه‌حل بهینه (در صورت هزینه‌های یکنواخت).
 - کامل بودن (یافتن راه‌حل در فضای محدود).
- **معایب:**
 - مصرف حافظه بسیار بالا.

ج. IDS (جستجوی عمق اول افزایشی)

- **ترکیب مزایا:** این الگوریتم از مزایای DFS (مصرف حافظه پایین) و BFS (کامل بودن) بهره می‌برد.
- **عملکرد:** با افزایش تدریجی عمق مجاز جستجو، هم از نظر حافظه بهینه بوده و هم تضمین می‌کند که در نهایت راه‌حل بهینه (در صورت وجود) یافت شود.

د. A^* و A^* Weighted

• A^* :

- از ترکیب هزینه طی شده ($g(n)$) و هزینه تخمینی از وضعیت فعلی تا هدف ($h(n)$) استفاده می‌کند.
- تضمین یافتن راه‌حل بهینه در صورت استفاده از هوریستیک admissible.

• A^* Weighted

- با اعمال ضربایی به قسمت هوریستیک جستجو، سرعت را افزایش می‌دهد.
- ممکن است تضمین بهینگی از دست برود.

۶ پیاده‌سازی الگوریتم‌ها و نتایج تجربی

سوال ۶: الگوریتم‌های مشخص شده را پیاده‌سازی کنید و پاسخ‌های سؤال ۵ را با نتایج خود توجیه کنید.

در این بخش، پیاده‌سازی الگوریتم‌های A^* IDS، BFS، DFS، و A^* Weighted انجام شده و نتایج تجربی حاصل از اجرای مکرر بر روی تست‌های مختلف ثبت شده است. نتایج نشان می‌دهد:

- الگوریتم BFS راه‌حل بهینه ارائه می‌دهد اما به دلیل مصرف حافظه بالا در مسائل بزرگ مناسب نیست.
- الگوریتم DFS سریع عمل می‌کند اما تضمین بهینگی ندارد و ممکن است در فضای بی‌پایان گیر کند.
- الگوریتم IDS ترکیبی از مزایای دو روش فوق است و تعادلی بین حافظه و کامل بودن برقرار می‌کند.
- الگوریتم A^* با استفاده از هوریستیک‌های مناسب به سرعت راه‌حل بهینه را پیدا می‌کند.
- الگوریتم A^* Weighted سرعت جستجو را افزایش می‌دهد ولی ممکن است از نظر بهینگی قربانی شود.

۷ هوریستیک‌ها در جستجوی آگاهانه

سوال ۷: هوریستیک‌های معرفی شده در بخش جستجوی آگاهانه را توضیح دهید و از نظر consistency و admissibility بررسی کنید.

هوریستیک‌ها تابعی هستند که هزینه تخمینی رسیدن از وضعیت فعلی به وضعیت هدف را برآورد می‌کنند. دو ویژگی مهم هوریستیک‌ها عبارتند از:

- **Admissibility (مجاز بودن):** هوریستیک هیچ‌گاه هزینه واقعی را بیش از حد تخمین نزنند.
 - **Consistency (سازگاری):** هوریستیک باید نابرابری مثلثی را رعایت کند؛ یعنی تفاوت تخمین هزینه بین دو وضعیت متوالی نباید بیش از هزینه واقعی انتقال باشد.
- در این گزارش، از هوریستیک‌هایی مانند فاصله منهتن، فاصله اقلیدسی و سایر معیارهای مرتبط استفاده شده است که از نظر فوق به دقت بررسی شده‌اند.

۸ مقایسه نتایج الگوریتم‌ها با هوریستیک‌ها

سوال ۸: الگوریتم‌ها را با استفاده از تمام هوریستیک‌های معرفی شده اجرا کنید و نتایج آنها را با یکدیگر مقایسه نمایید.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد:

- عملکرد الگوریتم A^* به شدت وابسته به دقت هوریستیک به کار رفته است.
- هوریستیک‌های admissible و consistent عملکرد بهتری از نظر تضمین یافتن راه‌حل بهینه ارائه می‌دهند.
- برخی هوریستیک‌ها در شرایط خاص سریع‌تر به هدف می‌رسند در حالی که در شرایط دیگر از دقت کمتری برخوردارند.

۹ جدول نتایج تجربی

سوال ۹: برای هر الگوریتم، تست‌های انجام شده را اجرا کرده و زمان اجرای میانگین، خروجی راه‌حل و تعداد حالت‌های دیده شده را ثبت کنید.