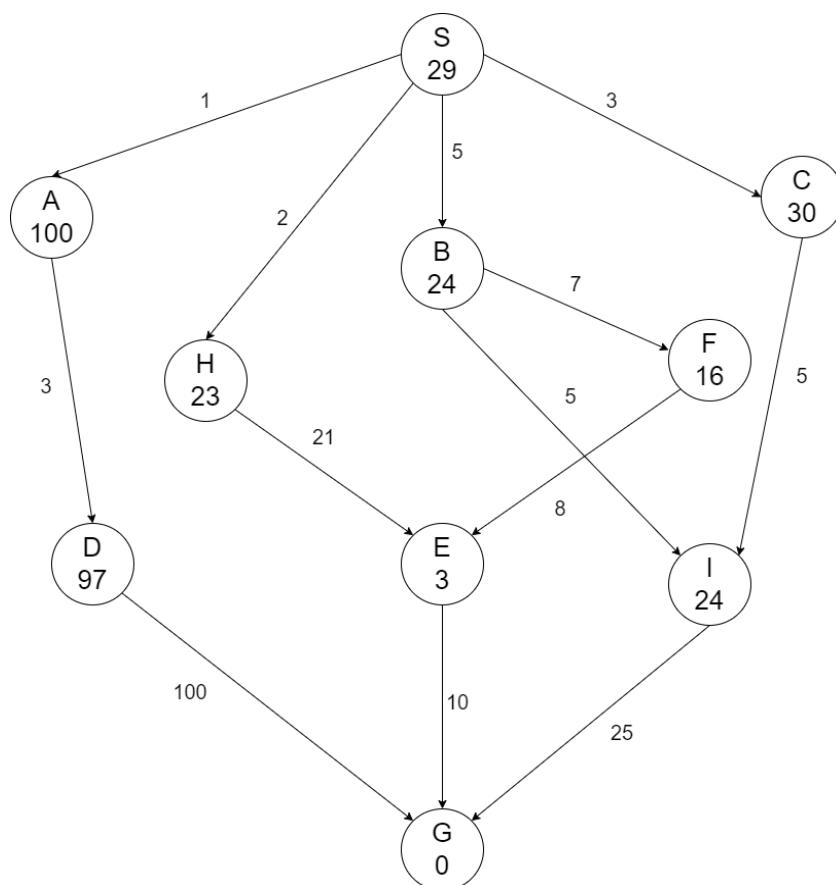




Search

سوال اول

گراف زیر را در نظر بگیرید.



الف) حداقل هزینه برای رسیدن از راس S به G را با استفاده از الگوریتم Uniform Cost Search محاسبه کنید. به ازای تمام state های دیده شده، راسی که روی آن قرار دارید، مسیر طی شده و هزینه صرف شده را به صورت یک جدول بنویسید. اگر در هر مرحله چند انتخاب داشتید، راسی که از لحاظ

ترتیب الفبایی کوچکتر است را انتخاب کنید و از روش tree search استفاده کنید (تکرار در دیدن راس ها مجاز است).

ب) به هر راس یک مقدار هیوریستیک نسبت داده شده است. الگوریتم A^* را روی گراف اجرا کنید و حداقل هزینه و بهترین مسیر برای رسیدن از راس S به G را به دست آورید. این الگوریتم از نظر تعداد expanded nodes چه تفاوتی با الگوریتم بخش الف دارد؟ دلیل این اختلاف چیست؟

پ) آیا اجرای A^* graph search برای این گراف، جواب بهینه را به ما می‌دهد؟ اگر بله، مراحل اجرا را بنویسید و اگر خیر دلیل آن را توضیح دهید.

پاسخ:

(الف)

Current Node	Path	Cost
S	S	0
A	SA	1
H	SH	2
C	SC	3
D	SAD	4
B	SB	5
I	SCI	8
I	SBI	10
F	SBF	12
E	SBFE	20
E	SHE	23
G	SBFEG	30

(ب)

Current Node	Path	Cost
S	S	0
H	SH	2
E	SHE	23
B	SB	5
F	SBF	12
E	SBFE	20
G	SBFEG	30

در اجرای A^* ، همانطور که از تعداد سطر های جدول نیز مشخص است، تعداد گره های گسترش یافته به شکل قابل توجهی کاهش یافته است. دلیل اصلی این تفاوت استفاده از هیوریستیک است که به الگوریتم کمک می کند گره هایی را انتخاب کند که به هدف نزدیک تر هستند و نیازی به گسترش تمامی گره های موجود در مسیرهای ممکن نیست. در حالی که UCS فقط بر اساس هزینه واقعی ($g(n)$) عمل می کند و نیاز به گسترش تمامی گره های ممکن برای پیدا کردن کوتاه ترین مسیر دارد، A^* با اضافه کردن هزینه تخمینی ($h(n)$) به جستجو، مسیرهای کم هزینه تر و نزدیک تر به هدف را زودتر بررسی می کند. این مسئله باعث کاهش تعداد گره های گسترش یافته می شود.

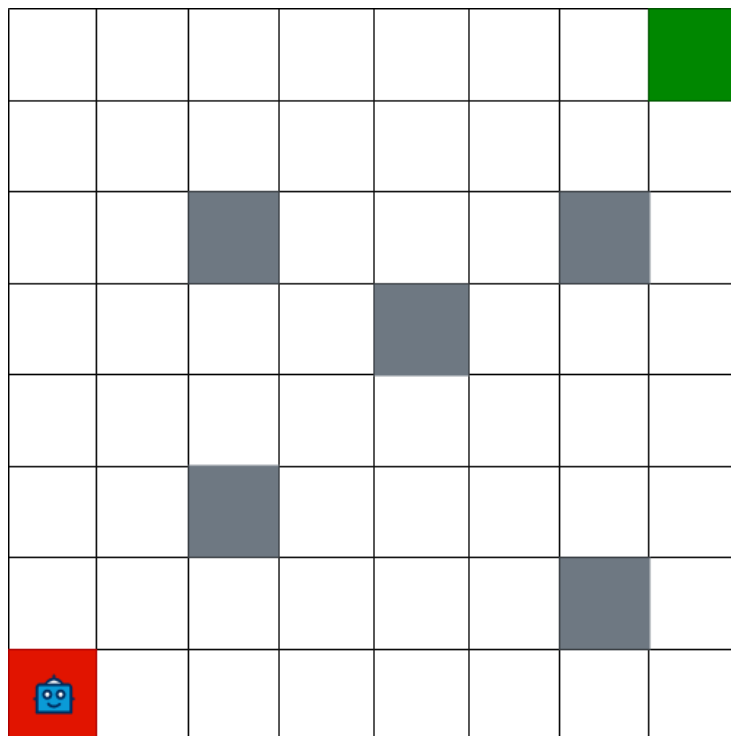
(پ)

در این مثال، A^* جواب بهینه را نمی دهد، زیرا هیوریستیک استفاده شده consistent نیست. به طور خاص، بین گره های F و E هیوریستیک سازگار نیست و این باعث می شود که گره E پیش از گره F گسترش یابد. این موضوع مشکل ساز است، زیرا در ادامه یکی از گره های مسیر بهینه گره E می باشد، اما از آنجا که در ابتدای جستجو گسترش یافته است، دیگر نمی تواند در مسیر بهینه مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، A^* به دلیل ناسازگاری هیوریستیک در این گراف، جواب بهینه را ارائه نمی دهد.

سوال دوم

الف) شکل زیر را در نظر بگیرید. رباتی در یک شبکه $n \times n$ باید از نقطه شروع $(0, 0)$ به نقطه هدف (n, n) برسد. شبکه شامل برخی موانع غیرقابل عبور است (خانه ها با رنگ خاکستری). هزینه حرکت در هر قدم ۱ واحد است و ربات فقط می تواند به چهار جهت بالا، پایین، چپ و راست حرکت کند. برای این مسئله یک heuristic تعریف کنید که $admissible$ و $consistent$ باشد. برای این کار می توانید از relaxed problem استفاده کنید.

ب) توضیح دهید که چگونه انتخاب هیوریستیک بر عملکرد الگوریتم A^* تاثیر می گذارد. منظور از انتخاب هیوریستیک، مواردی از قبیل میزان زمان صرف شده برای پیدا کردن یک هیوریستیک و پیچیدگی یا سادگی آن است.



پاسخ:

الف)

:relaxed problem

می‌توانیم موانع موجود در شبکه را نادیده بگیریم و فرض کنیم که ربات می‌تواند از هر خانه به خانه‌ی بعدی بدون هیچ محدودیتی عبور کند. همچنین فرض می‌شود که ربات می‌تواند به صورت اریب نیز حرکت کند. در این صورت، ربات هیوریستیک مناسب برای این مسئله می‌تواند فاصله اقلیدسی باشد:

$$h(n) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

که در آن (x_1, y_1) مکان فعلی ربات و (x_2, y_2) مکان هدف است. فاصله اقلیدسی کوتاه‌ترین مسیر و تعداد قدم‌های مورد نیاز برای رسیدن به هدف را بدون توجه به موانع و با حرکت اریب نشان می‌دهد.

:Admissibility

یک هیوریستیک زمانی قابل قبول است که هرگز هزینه واقعی رسیدن به هدف را بیش از اندازه تخمین نزند. در این مورد، فاصله اقلیدسی کوتاه‌ترین مسیر و کمترین تعداد قدم‌های ممکن برای رسیدن به هدف را تخمین می‌زند، زیرا موانع نادیده گرفته شده‌اند و حرکت به صورت اریب نیز ممکن است. در واقع، به دلیل وجود موانع، هزینه واقعی ممکن است بیشتر از مقدار هیوریستیک باشد، اما هرگز کمتر نخواهد بود. بنابراین، این هیوریستیک admissible است، زیرا هرگز هزینه واقعی را بیش از حد تخمین نمی‌زند.

:Consistency

هیوریستیک زمانی سازگار است که شرط زیر را رعایت کند:

$$h(n) \leq c(n, n') + h(n')$$

در اینجا $h(n)$ هیوریستیک در گره n و $c(n, n')$ هزینه واقعی حرکت از گره n به گره n' است. از آنجا که فاصله اقلیدسی همیشه کوتاه‌ترین مسیر را بدون توجه به موانع محاسبه می‌کند، این هیوریستیک نابرابری مثلثی را رعایت می‌کند. بنابراین consistent نیز هست.

ب)

پیدا کردن یک هیوریستیک بسیار دقیق‌تر (مثلاً با استفاده از دانش بیشتری از موانع یا استفاده از محاسبات پیچیده‌تر) می‌تواند تعداد گره‌های گسترش یافته (expanded nodes) را در طول جستجوی

A* کاهش دهد. با این حال، طراحی و محاسبه چنین هیوریستیکی ممکن است به زمان و منابع محاسباتی بیشتری نیاز داشته باشد.

- **هیوریستیک‌های ساده** مانند فاصله منتهن سریع محاسبه می‌شوند اما ممکن است منجر به گسترش تعداد بیشتری از گره‌ها شوند.
- **هیوریستیک‌های پیچیده‌تر** که به موانع و سایر شرایط محیطی توجه بیشتری می‌کنند، معمولاً تعداد گره‌های گسترش‌یافته را کاهش می‌دهند، اما زمان بیشتری برای محاسبه خود هیوریستیک نیاز دارند.

تعداد در اینجا است که اگر به زمان بیشتری برای محاسبه هیوریستیک بپردازید، ممکن است از زمان کلی جستجو کاسته شود، اما اگر هیوریستیک خیلی ساده باشد، الگوریتم گره‌های بیشتری گسترش می‌دهد و زمان جستجو طولانی‌تر می‌شود.

بنابراین، بسته به ماهیت مسئله، باید تصمیم بگیرید که آیا ارزش دارد زمان بیشتری را برای پیدا کردن یک هیوریستیک دقیق‌تر صرف کنید یا نه.

مسئله ساخت (نه حل کردن) جدول‌های کلمات متقاطع¹ را در نظر بگیرید، grid که به عنوان بخشی از مسئله داده می‌شود، مشخص می‌کند کدام مربع‌ها خالی و کدام مربع‌ها سایه‌دار هستند. فرض کنید که فهرستی از کلمات (یعنی یک لغت‌نامه) داده شده است و وظیفه این است که با استفاده از هر زیرمجموعه‌ای از لیست، مربع‌های خالی را پر کنید. این مسئله را به دو روش دقیق بیان کنید:

الف) به عنوان یک مسئله جستجوی عمومی. یک الگوریتم جستجوی مناسب انتخاب کنید و روش خود را توضیح دهید. آیا بهتر است که مربع‌های خالی را یک حرف در یک زمان پر کنیم یا یک کلمه در یک زمان؟

ب) به عنوان یک CSP، آیا متغیرها باید کلمات باشند یا حروف؟ نحوه حل مسئله (نحوه تعریف متغیرها و محدودیت‌ها و ...) را با این دو روش توضیح دهید و با یکدیگر مقایسه کنید.

پاسخ

الف)

ساخت جدول کلمات متقاطع را می‌توان به روش‌های مختلفی حل کرد. یک انتخاب ساده جستجوی عمق‌اول² است. در هر مرحله یک کلمه را از لغت‌نامه در جدول قرار می‌دهد. بهتر است که یک کلمه در یک زمان قرار دهیم تا تعداد مراحل به حداقل برسد.

ب)

می‌توانید برای هر خانه در جدول کلمات متقاطع یک متغیر در نظر بگیرید؛ در این حالت مقدار هر متغیر یک حرف است و محدودیت‌ها این است که حروف باید کلمات معناداری را تشکیل دهند. این روش با یک تابع ارزیابی³ بیشترین محدودیت امکان‌پذیر است. یا می‌توانیم هر رشته‌ای از خانه‌های افقی یا عمودی متوالی را به عنوان یک متغیر در نظر بگیریم و دامنه متغیرها کلماتی از لغت‌نامه با طول مناسب باشد. محدودیت‌ها می‌گویند که دو کلمه‌ی متقاطع باید حرف مشترکی در خانه تلاقی داشته باشند. حل مسئله در این روش به مراحل کمتری نیاز دارد، اما دامنه‌ها بزرگ‌تر هستند (با فرض وجود یک لغت‌نامه بزرگ) و محدودیت‌های کمتری وجود دارد. هر دو امکان‌پذیر هستند.

¹ crossword puzzle

² DFS

³ heuristic

سوال دوم

در این معمای منطقی که به معمای انیشتین معروف است، پنج خانه وجود دارد که هر یک رنگ متفاوتی دارند و در هر خانه شخصی با ملیت متفاوت زندگی می‌کند. هر کدام از این افراد یک نوع شکلات خاص، نوشیدنی متفاوت و حیوان خانگی متفاوتی را ترجیح می‌دهند. با توجه به اطلاعات زیر، سوالاتی که باید پاسخ داده شوند این است: "گورخر در کدام خانه زندگی می‌کند و در کدام خانه آب می‌نوشند؟"

1. انگلیسی در خانه قرمز زندگی می‌کند.
 2. اسپانیایی صاحب سگ است.
 3. نروژی در اولین خانه از سمت چپ زندگی می‌کند.
 4. خانه سبز دقیقاً در سمت راست خانه عاجی قرار دارد.
 5. مردی که شکلات Hershey می‌خورد، در خانه‌ای زندگی می‌کند که در کنار خانه‌ای است که مردی با یک روباه در آن زندگی می‌کند.
 6. شکلات Kit Kats در خانه زرد خورده می‌شود.
 7. نروژی در کنار خانه آبی زندگی می‌کند.
 8. فردی که Smarties می‌خورد، صاحب حلزون است.
 9. کسی که Snickers می‌خورد، آب پرتقال می‌نوشد.
 10. اوکراینی چای می‌نوشد.
 11. ژاپنی Milky Ways می‌خورد.
 12. شکلات Kit Kats در خانه‌ای خورده می‌شود که در کنار خانه‌ای است که در آن اسب نگهداری می‌شود.
 13. در خانه سبز قهوه نوشیده می‌شود.
 14. در خانه وسطی شیر نوشیده می‌شود.
- این مسئله را به عنوان یک CSP چگونه می‌توان حل کرد؟ روش‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید و با روش انتخابی خود مسئله را حل کنید.

پاسخ

مسئله "معمای گورخر" را می‌توان به عنوان یک CSP با معرفی یک متغیر برای هر رنگ، حیوان خانگی، نوشیدنی، ملیت، و برند شکلات (در مجموع 25 متغیر) بازنمایی کرد. مقدار هر متغیر یک عدد بین 1 تا 5 است که شماره خانه را نشان می‌دهد. یک بازنمایی دیگر این است که پنج متغیر برای هر خانه در نظر بگیریم؛ یکی با دامنه رنگ‌ها، یکی با حیوانات، و همین‌طور ادامه پیدا می‌کند. با بازنمایی اول سوال را حل می‌کنیم.

محدودیت‌های مسئله:

1. انگلیسی در خانه قرمز زندگی می‌کند.
- معادله: انگلیسی = قرمز
2. اسپانیایی صاحب سگ است.
- معادله: اسپانیایی = سگ
3. نروژی در اولین خانه از سمت چپ زندگی می‌کند.
- معادله: نروژی = 1
4. خانه سبز دقیقاً در سمت راست خانه عاجی قرار دارد.
- معادله: سبز = عاجی + 1
5. مردی که شکلات Hershey می‌خورد، در خانه‌ای زندگی می‌کند که در کنار خانه‌ای است که مردی با یک روباه در آن زندگی می‌کند.
- معادله: Hershey | روباه = 1
6. شکلات Kit Kats در خانه زرد خورده می‌شود.
- معادله: Kit Kats = زرد
7. نروژی در کنار خانه آبی زندگی می‌کند.
- معادله: نروژی - آبی = 1
8. فردی که Smarties می‌خورد، صاحب حلزون است.
- معادله: Smarties = حلزون
9. کسی که Snickers می‌خورد، آب پرتقال می‌نوشد.
- معادله: Snickers = آب پرتقال
10. اوکراینی چای می‌نوشد.
- معادله: اوکراینی = چای
11. ژاپنی Milky Ways می‌خورد.
- معادله: ژاپنی = Milky Ways
12. شکلات Kit Kats در خانه‌ای خورده می‌شود که در کنار خانه‌ای است که در آن اسب نگهداری می‌شود.
- معادله: Kit Kats | اسب = 1
13. در خانه سبز قهوه نوشیده می‌شود.
- معادله: سبز = قهوه
14. در خانه وسطی شیر نوشیده می‌شود.
- معادله: شیر = 3

حل مرحله به مرحله:

1. نروژی در خانه اول است و خانه دوم آبی است:

○ نروژی = 1

○ آبی = 2

2.

• خانه سبز باید در سمت راست خانه عاجی باشد، پس خانه سبز نمی‌تواند در خانه‌های اول یا دوم باشد.

• اگر خانه سبز در خانه پنجم باشد، خانه عاجی در خانه چهارم است:

○ سبز = 5

○ عاجی = 4

3. در خانه سبز قهوه نوشیده می‌شود:

○ قهوه = 5

4. در خانه وسطی شیر نوشیده می‌شود:

○ شیر = 3

5. انگلیسی در خانه قرمز زندگی می‌کند:

○ قرمز = 3

○ انگلیسی = 3

6. اوکراینی چای می‌نوشد:

○ اوکراینی = 2

○ چای = 2

7. Kit Kats در خانه زرد خورده می‌شود، پس خانه اول باید زرد باشد:

○ زرد = 1

○ Kit Kats = 1

8. اسپانیایی سگ دارد:

○ اسپانیایی = 4

○ سگ = 4

9. فردی که Milky Ways می خورد ژاپنی است، پس ژاپنی باید در خانه پنجم باشد:

○ ژاپنی = 5

○ Milky Ways = 5

10. فردی که Snickers می خورد آب پرتقال می نوشد:

○ Snickers = 4

○ آب پرتقال = 4

11. فردی که Smarties می خورد، حلزون دارد، پس Smarties در خانه سوم است:

○ Smarties = 3

○ حلزون = 3

12. فردی که Hershey می خورد در کنار فردی است که روباه دارد، پس روباه در خانه اول است و Hershey در خانه دوم:

○ روباه = 1

○ Hershey = 2

13. فردی که Kit Kats می خورد در کنار فردی است که اسب دارد، پس اسب باید در خانه دوم باشد:

○ اسب = 2

● جواب نهایی:

● خانه اول:

- ملیت: نروژی
- رنگ: زرد
- نوشیدنی: آب
- شکلات: Kit Kats
- حیوان: روباه

● خانه دوم:

- ملیت: اوکراینی
- رنگ: آبی
- نوشیدنی: چای
- شکلات: Hershey
- حیوان: اسب

● خانه سوم:

- ملیت: انگلیسی
- رنگ: قرمز
- نوشیدنی: شیر
- شکلات: Smarties
- حیوان: حلزون

● خانه چهارم:

- ملیت: اسپانیایی
- رنگ: عاجی
- نوشیدنی: آب پرتقال
- شکلات: Snickers
- حیوان: سگ

● خانه پنجم:

- ملیت: ژاپنی
- رنگ: سبز
- نوشیدنی: قهوه
- شکلات: Milky Ways
- حیوان: گورخر