

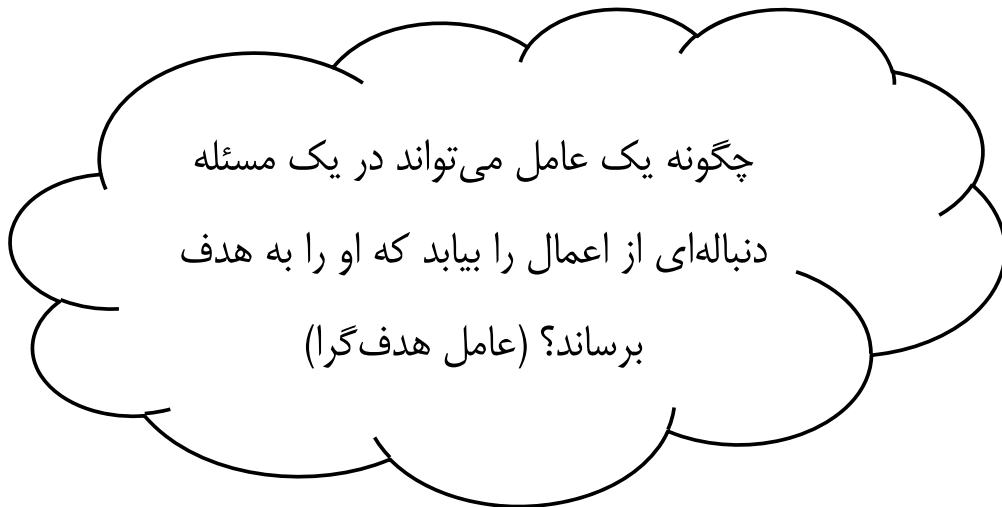
## هوش مصنوعی

درس سوم: مسائلی که از طریق جستجو حل می‌شوند

سید کاوه احمدی

### جستجو (Search)

- برای عاملی که گزینه‌های متعددی را برای انتخاب پیش روی خود دارد به طوری که نتیجه نهایی انتخاب آنها نامشخص است، آزمودن توالی‌های ممکن از اعمال و در نهایت انتخاب بهترین توالی یک روش برای حل مسئله است. اینکار جستجو (Search) نام دارد.



## عامل‌های حل مسئله (Problem Solving Agents)

- یک نوع عامل هدف‌گرا که توسط یافتن ترتیب عملیات تصمیم می‌گیرد که چه انجام دهند تا به حالت‌های مطلوب برسند.
- هدف یافتن دنباله‌ای از عملیات که به حالات مطلوب منجر می‌شود.
- عامل‌های هدف‌گرا با در نظر گرفتن اعمال آینده و مطلوبیت نتایج آنها می‌توانند موفق باشند.

## مسائلی که از طریق جستجو حل می‌شوند

- این دسته از مسائل، با تعریف یک گراف فضای حالت (State Space Graph) و با مشخص کردن حالت هدف و از طریق جستجو قابل حل هستند.
- الگوریتم جستجو مسئله را به عنوان ورودی می‌گیرد و پاسخی به شکل یک دنباله از عمل‌ها باز می‌گراند.
- این دنباله از عمل‌ها باید ما را از نقطه آغازین به هدف برساند!

## فرموله‌سازی، جستجو، اجرا

## فرموله‌سازی، جستجو، اجرا (گام‌های اساسی حل مسئله)

- **فرموله سازی**
  - **فرموله کردن هدف:** وضعیت مطلوب نهایی چیست؟
    - هدف صریح: در رسیدن به تهران
    - هدف انتزاعی: رسیدن به حالت کیش و مات در شطرنج
  - **فرموله کردن مسئله:** وضعیت‌هایی که در مسئله و در راستای رسیدن به هدف موجود است.
    - حالت آغازین (وضعیت فعلی) را می‌شناسیم.
- **جستجو:** پیدا کردن بهترین دنباله از عمل‌ها که ما را به هدف می‌رساند.
- **اجرا:** هنگامی که پاسخ الگوریتم مشخص شد، اعمال پیشنهادی اجرا می‌شود.
- تفاوت جستجو و راه حل در چیست؟

## فضای حالت (State Space)

- در هر مسئله‌ی دنیای واقعی، تلاش می‌کنیم واقعیت‌های پیرامون را تبدیل به یک مدل انتزاعی کنیم (Problem Abstraction).
- در این مدل انتزاعی، وضعیت‌های ممکن و روش‌های دستیابی به این وضعیت‌ها مشخص است.
- هدف ایجاد مدل ریاضی که برای حل مسئله مناسب باشد (قابل پیاده‌سازی)
- لزومی ندارد همه‌ی واقعیت را مدل کنیم، بخش‌هایی از آن که در حل مسئله اهمیت دارد برای ما مهم است.
- در هنگام فرموله‌سازی هدف، جزئیات نامربوط مسئله را حذف می‌کنیم و بر پایه‌ی هدف مشخص شده مسئله فرموله‌سازی می‌شود.
  - فرآیندی تکرار است

## فضای حالت (State Space)

- در حالت کلی فضای حالت در مسائل جستجو به شکل گراف فضای حالت (State Space Graph) و به منظور قرار دادن مسائل در یک قالب کلی نمایش داده می‌شود.
  - بیان مجموعه‌ای از حالت‌ها در یک فضای گسسته (گره‌های گراف) و امکان گذر (انتقال) به وسیله عمل‌ها بین حالت‌های مختلف (یال‌های گراف)
- گراف فضای حالت معمولا فقط یک توصیف از مسئله است و به خاطر بزرگ بودن شاید قابل رسم نباشد یا اساسا نامنتاهی باشد.

## فرموله سازی مسئله

- گراف فضای حالت از طریق ۵ مولفه (مطابق ویرایش سوم کتاب) توصیف می‌شود و به آن فرموله‌سازی مسئله اطلاق می‌شود.

فرموله سازی مسئله: ایجاد مدل انتزاعی + توصیف گراف فضای حالت

## فرموله سازی مسئله

1. توصیف وضعیت آغازین (Initial State):
  - حالت شروع مسئله در گراف فضای حالت که عامل از بودن در آن آگاه است.
2. توصیف اعمال ممکن (Actions):
  - توصیف اعمال ممکن در فضای حالت (مدل انتزاعی)
  - (یال‌های ممکن در گراف)
3. مدل انتقال (Transition Model):
  - نتیجه خروجی انجام اعمال روی یک وضعیت معین.
  - (یال‌های خروجی هر گره در گراف)
  - تابع مابعد (Successor Function) می‌تواند از روی یک وضعیت، وضعیت‌های بعدی مجاز را تولید کند که منجر به تولید گراف می‌شود (می‌توان گراف فضای حالت مسئله که شامل کل حالت‌های قابل دسترس است را توصیف کرد).

## فرموله سازی مسئله

### 4. آزمون هدف (Goal Test):

- تعیین می‌کند که آیا حالت فعلی که براساس اعمال و مدل انتقال به آن رسیده‌ایم، وضعیت هدف است یا خیر.

### 5. تابع هزینه مسیر (Path Cost Function):

- انجام هر انتقال (رفتن از یک وضعیت به وضعیت دیگر) دارای هزینه‌ای است (Step Cost) که در گراف‌ها به شکل وزن یال مشخص می‌شود.

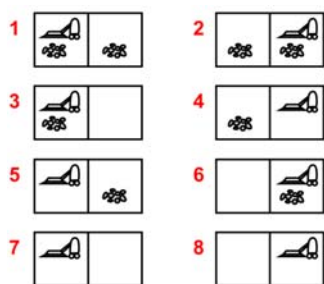
▪ Step Cost با توجه به معیار کارایی مسئله برای هر انتقال مشخص می‌شود.

- هزینه مسیر با توجه به هزینه‌های انتقال از حالت آغازین تا وضعیت فعلی محاسبه می‌شود.

▪ با حرف  $g$  مشخص می‌شود.

▪ هزینه مسیر از شروع تا نود  $n$ :  $g(n)$

## یک مثال: دنیای مکش



- دو اطاق که هر یک ممکن است کثیف یا تمیز باشند و جاروبرقی در یکی از اطاق‌ها است.

- **حالت اولیه:** هر کدام از حالت‌ها ممکن است حالت اولیه باشد.

▪ تعداد حالت‌ها؟  $2 * (2^2) = 8$

- **اعمال:** چپ، راست، مکش

- **مدل انتقال:** حالت‌های معتبر از اعمال

- **آزمون هدف:** تمیزی هر دو مکان

- **هزینه مسیر:** تعداد مراحل در مسیر

# سوال؟

■ اگر سه اتاق داشته باشیم، فضای حالت چند وضعیت خواهد داشت؟

همه‌ی حالت‌های ممکن برای اتاق‌ها

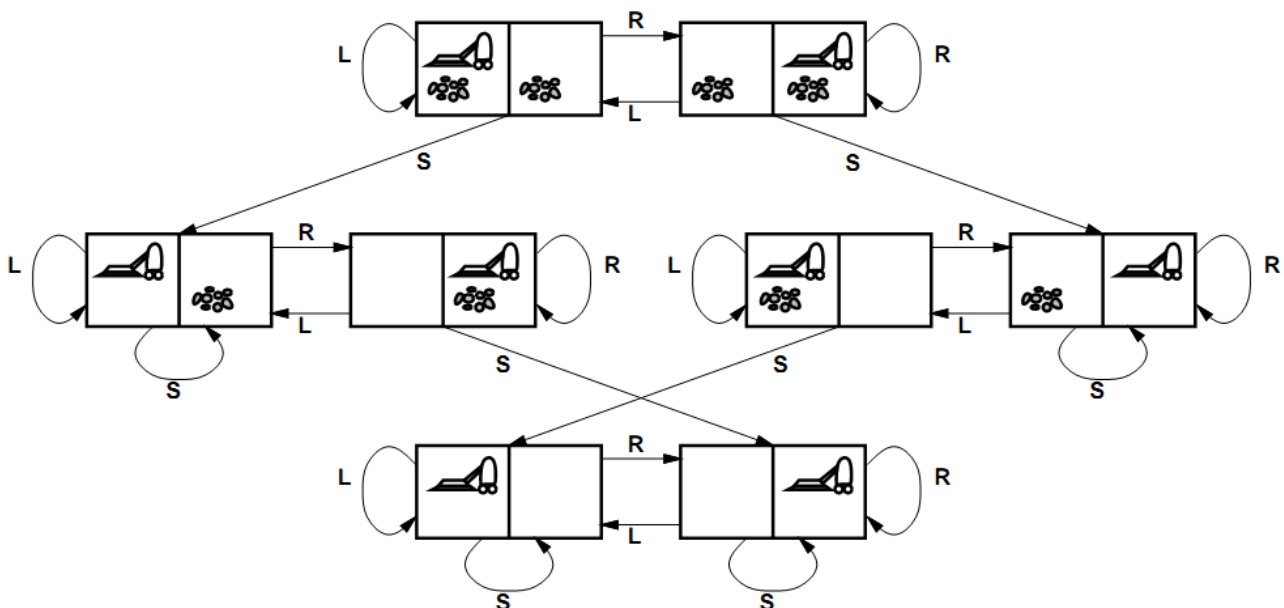
تعداد اتاق‌ها

$$a * (b^c) = 3 * 2^3 = 24$$

تعداد حالت‌های معرف وضعیت اتاق (اتاق‌ها یا تمیز است یا کثیف: ۲ حالت)

تعداد حالت‌های مربوط به قرارگیری جاروبرقی در اتاق‌ها (یک جارو داریم که در یکی از ۳ اتاق است: ۳ حالت)

## یک مثال: دنیای مکش - گراف فضای حالت



## مسائل نمونه (Toy Problems)

- هدف: نمایش و تمرین روش‌های مختلف حل مسئله.
- دارای توصیف دقیق و مشخص.
- می‌توانند برای مقایسه کارایی الگوریتم‌ها به کار گرفته می‌شوند.

## مسائل نمونه: معمای ۸

- یک صفحه  $3 \times 3$  با ۸ مهره شماره‌دار و یک مهره خالی
- می‌توان مهره خالی را حرکت داد.
- هدف رسیدن به ساختاری است که به عنوان هدف مشخص شده.

**Start State**

5	4	
6	1	8
7	3	2

**Goal State**

1	2	3
8		4
7	6	5



## مسائل نمونه: معمای ۸

### ■ فرموله سازی مسئله

- **وضعیت آغازین (حالت اولیه):** هر حالت تصادفی از چیدمان مهره‌ها در صفحه می‌تواند به عنوان وضعیت آغازین در نظر گرفته شود.
- **اعمال:** حرکت مهره خالی به بالا، پایین، چپ، راست.
- **مدل انتقال:** خروجی هر عمل یک وضعیت جدید خواهد بود که نتیجه انتقال است (یک حالت جدید در فضای حالت است).
- **آزمون هدف:** آیا وضعیت با ساختار هدف مطابقت می‌کند.
- **هزینه مسیر:** هر انتقال ارزش ۱ دارد، بنابراین هزینه مسیر همان طول مسیر است.

## مسائل نمونه: معمای ۸

### ■ تعداد حالت‌ها: هر چیدمان از ۹ مهره موجود در صفحه = $9!$

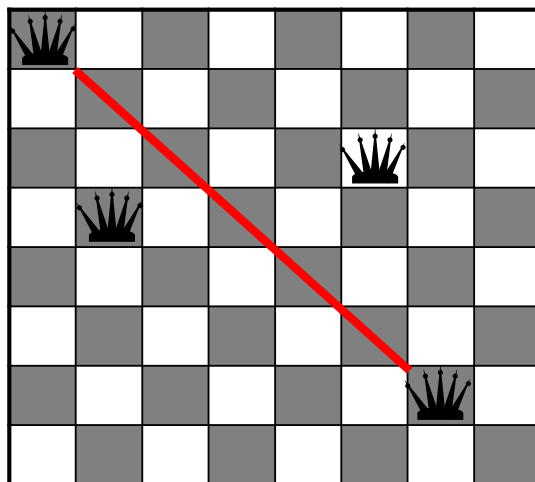
- می‌توان نشان داد که تعداد حالت‌های قابل دسترس (Reachable States) از یک وضعیت اولیه مشخص فقط نیمی از حالت‌های مسئله ( $9!/2 = 181440$ ) است (تمرین کتاب است).

### ■ گراف فضای حالت:

- ترسیم گراف مسئله پیچیده است اما فرموله سازی صورت گرفته به خوبی آنرا توصیف می‌کند.

## مسائل نمونه: مسئله ۸ وزیر

- قرار دادن ۸ وزیر بر روی صفحه شطرنج به صورتی است که هیچ وزیری دیگری را تهدید نکند.



## مسائل نمونه: مسئله ۸ وزیر

- فرمول بندی حالت کامل (Complete State Formulation):
  - **حالت اولیه:** هر حالت قرارگیری ۸ وزیر در صفحه شطرنج (کل حالتها)
  - **اعمال:** حرکت عرضی، طولی یا قطری یک وزیر
  - **مدل انتقال:** حرکت یک وزیر در صفحه و رفتن به یک حالت جدید.
  - **آزمون هدف:** هیچ وزیری وزیر دیگری را تهدید نمی کند.
  - **هزینه مسیر:** آیا اهمیت دارد؟

## مسائل نمونه: مسئله ۸ وزیر

- فرمول بندی افزایشی/تدریجی (Incremental Formulation)
  - **حالت اولیه:** هیچ وزیری در صفحه نیست
  - حالات: هر ترتیب از صفر تا ۸ وزیر در صفحه
  - **اعمال:** اضافه کردن یک وزیر به صفحه.
  - **مدل انتقال:** وضعیت جدید پس از اضافه شدن یک وزیر جدید.
  - **آزمون هدف:** ۸ وزیر روی صفحه هستند که یکدیگر را تهدید نمی کنند.
  - چند هدف داری

## مسائل نمونه: مسئله ۸ وزیر

- تعداد حالات در فرموله سازی افزایشی:
  - در حالت کلی (صفحه  $n \times n$  و با چین  $n$  وزیر):
$$n^2 \times (n^2 - 1) \times (n^2 - 2) \times \dots \times (n^2 - n + 1)$$
  - در مسئله ۸ وزیر این تعداد  $1.8 \times 10^{14}$  حالت است.
- زیاد بودن تعداد وضعیت‌ها، به معنی پیچیده تر بودن جستجو است.
- اگر بتوان با تغییر فرموله سازی مسئله تعداد حالات را کاهش دهیم، مسئله را ساده تر کرده ایم.
- می دانیم در هر ستون از مسئله ۸ وزیر فقط یک وزیر می تواند قرار گیرد. این مورد را در فرموله سازی مسئله وارد می کنیم.

## مسائل نمونه: مسئله ۸ وزیر

■ فرمول بندی افزایشی/تدریجی کارا

– **حالت اولیه:** هیچ وزیری در صفحه نیست

– **اعمال:** اضافه کردن یک وزیر به سمت چپ‌ترین ستون خالی به نحوی که تهدیدی ایجاد نکند.

■ **حالات:** هر ترتیب از صفر تا ۸ وزیر در صفحه – در هر ستون فقط یک وزیر قرار دارد.

– تعدا حالت‌ها به ۲۰۵۷ حالت کاهش می‌یابد. در حالت کلی  $\sqrt[3]{n!}$  حالت. (تمرین کتاب)

## مسائل نمونه: مسئله کشیش‌ها و آدمخوارها

■ سه کشیش و سه آدم‌خوار در یک طرف رودخانه قرار دارند و هم‌چنین قایقی که قادر

است یک یا دو نفر را حمل کند. راهی را بیابید که هر نفر به سمت دیگر رودخانه

برود، بدون آنکه تعداد کشیش‌ها در یکجا کمتر از آدم‌خوارها شود.

## مسائل نمونه: مسئله کشیش‌ها و آدمخوارها

- **حالات:** یک حالت شامل یک دنباله مرتب شده از عدد است که تعداد کشیش‌ها، تعداد آدمخوارها و محل قایق در ساحلی از رودخانه که از آنجا مسئله شروع شده را نمایش می‌دهد.
- **عمل‌ها:** حرکت قایق به سمت مخالف رودخانه
- **مدل انتقال:** از هر حالت، عملگرهای ممکن یک کشیش، یک آدمخوار، دو کشیش، دو آدمخوار، یا یکی از هر کدام را در قایق جا می‌دهند.
- **آزمون هدف:** رسیدن به حالت  $(0, 0, 0)$
- **هزینه مسیر:** تعداد دفعات عبور از رودخانه.

## مسائل دنیای واقعی

- **مسیریابی (Routing)**
  - مسیریابی در شبکه‌های کامپیوتری، سیستم‌های خودکار مسافرتی و سیستم‌های برنامه‌نویسی مسافرتی هوایی
- **مسئله فروشنده دوره گرد (TSP)**
  - هر شهر حداقل یکبار باید ملاقات شود هدف یافتن کوتاهترین مسیر است
- **طراحی VLSI**
  - هدف طراحی مداری روی تراشه است که کمترین مساحت و طول اتصالات و بیشترین سرعت را داشته باشد.
- **هدایت ربات**

## مهندسی فناوری اطلاعات ۸۷

### ■ کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟

۱. فرموله کردن مسأله همواره باید قبل از فرموله کردن هدف انجام گیرد.
۲. فرموله کردن هدف همواره باید قبل از فرموله کردن مسأله انجام گیرد.
۳. می‌توان فرموله کردن هدف را به اختیار قبل و بعد از فرموله کردن مسأله انجام داد.
۴. فرموله کردن هدف و مسأله اوامر اختیاری هستند، مهم اعمال الگوریتم‌های جستجو است و فرموله کردن این دو همیشه لازم نیست.

## مهندسی فناوری اطلاعات ۸۷

### ■ گزینه ۲ صحیح است.