#### بسمه تعالى

هوش مصنوعی عدم قطعیت – ۱ نیمسال اوّل ۱۴۰۲–۱۴۰۱

د کتر مازیار پالهنگ آزمایشگاه هوش مصنوعی دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان

#### مقدمه

- هنگامی که عامل واقعیتهای کافی در مورد محیطش می داند روش منطقی عامل را قادر می سازد که طرحهائی را بدست آورد که ضمانت می دهند که کار کنند.
  - در عمل اینگونه نیست.
  - در این حالت، عمل تحت عدم قطعیت
    - مثال دنیای دیو:
    - محیط نیمه مشاهده پذیر
  - عامل همیشه نمی داند کدام خانه گودال است
    - ممکن است مجبور به قبول <mark>ریسک</mark> شود

مازيار يالهنگ

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٤٠١

- قبلاً از فضای باور برای برخورد با عدم قطعیت استفاده می کردیم.
  - مشكلات:
  - فضای باور شامل همه حالتهای ممکن است که می تواند بسیار بزرگ بوده و شامل حالاتی باشد که کمتر احتمال وقوع دارند.
- ایجاد یک طرح اقتضائی که همه شرایط را در نظر بگیرد می تواند بسیار پیچیده باشد و شامل وضعیتهائی باشد که کمتر محتمل
- گاهی طرحی که صددرصد به هدف برسد وجود ندارد ولی باید کاری انجام داد. باید راهی برای مقایسه شایستگی چنین طرحهائی و جود داشته باشد.

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٤٠١

مازيار پالهنگ

- دنیای واقعی بسیار پیچیده تر
- فرض کنید عامل می خواهد کسی را به فرودگاه برساند تا به پروازش به موقع برسد.
  - طرح A90: ترک خانه ۹۰ دقیقه قبل از پرواز و رانندگی با سرعت معقول
- اگرچه فرودگاه دور نیست ولی عامل با قطعیت نمی تواند نتیجه بگیرد که A90 او را به موقع به فرودگاه خواهد رساند.
  - در واقع طرح A90 به فرودگاه می رساند، اگر خودرو خراب نشود، سوخت تمام نشود، هواپیما زودتر نرود، ...

- عامل منطقی که نتواند استنتاج کند که دنبالهٔ اعمالی او را به اهدافش می رساند نمی تواند عمل کند.
  - مثال: تشخیص بیماری، عیب یابی وسایل، ... دندان درد

ولی همهٔ دندان دردها به دلیل کرم خوردگی نیست.

■ دلیلهای دیگر هم ممکن است:

 $Toothache \Rightarrow Cavity \lor GumProblem \lor Abscess ...$ 

تالی لیست نامحدودی از سببها

ماز بار يالهنگ

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٢٠١

- قانون بصورت فوق، <mark>قانون تشخیصی</mark> گفته می شود.
  - می توان قانون سببی نوشت:

 $Cavity \Rightarrow Toothache.$ 

- همهٔ کرم خوردگیها باعث درد نمی شوند.
- لیست کردن تمام عواملی که کرم خوردگی باعث دندان درد می شود در مقدم قانون
  - امکان این وجود دارد که کرم خوردگی و دندان درد هر دو وجود داشته باشند و به هم مربوط نباشند.

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٤٠١

- منطق شکست می خورد به دلایل:
- تنبلی: کار زیاد برای کامل کردن لیست مقدم و تالی، سختی استفاده از چنین قانونی
- نادانی نظری: عمل پزشکی ممکن است به دانش کامل نرسیده باشد.
  - نادانی عملی: حتی اگر همهٔ قانونها را بدانیم ممکن است در مورد بیمار خاصی همهٔ آزمونها انجام نشده یا نتواند انجام شود.

- در این حالت دانش عامل در بهترین حالت می تواند یک درجهٔ باور به جملات داشته باشد.
  - بهترین ابزار: نظریهٔ احتمال
- مثال: احتمال آنکه بیماری کرم خوردگی دندان داشته باشد ۸،۰ است.
  - عقاید بستگی به ادراکاتی دارد که عامل تا آن لحظه دریافت کرده است.
    - با رسیدن ادراکات بیشتر، درجهٔ اعتقاد عامل تغییر می کند.

مازيار يالهنگ

- ادار کات دلایلی را تشکیل می دهند که محاسبهٔ احتمالات بر اساس آنها انجام می گیرد.
- قبل از دریافت دلیل دربارهٔ احتمال پیشین یا بدون شرط صحبت می کنیم.
  - بعد از دریافت دلیل دربارهٔ احتمال پسین یا شرطی صحبت می کنیم

## عدم قطعیت و تصمیم معقول

- عامل منطقی هر طرحی که او را به هدفش برساند اجرا می کند.
- هر عمل بر حسب اینکه او را به هدفش می رساند قبول یا پذیرش می شود.
  - عدم قطعیت و ضعیت را تغییر می دهد.
    - طرح A90 با احتمال ۹۵٪
    - طرح A120 با احتمال ۹۸٪
  - طرح A1440 (۲۴ ساعت قبل) با احتمال بیشتر
    - کدام را عامل انتخاب کند؟

مازيار يالهنگ

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٤٠١

- انتخاب بستگی به ترجیح از دست دادن پرواز در مقابل زمان انتظار دارد.
- نظریهٔ سودمندی برای نمایش و استنتاج ترجیحها استفاده می شود.
  - نظریهٔ تصمیم = نظریهٔ احتمال + نظریهٔ سودمندی

# <mark>دستور زبان</mark>

- درجات باور به گزاره ها اعمال می شوند.
  - عنصر بنیادی: متغیر تصادفی
- رجوع به بخشی از دنیا که وضعیت آن در ابتدا نامعلوم است.
  - هر متغیر تصادفی <mark>دامنه ای</mark> دارد.
  - ◄ بولی: همانند کرم خوردگی با دامنهٔ <درست، نادرست>
    - Cavity=true را با cavity نمایش می دهیم
    - Cavity=false را با Cavity نمایش می دهیم.

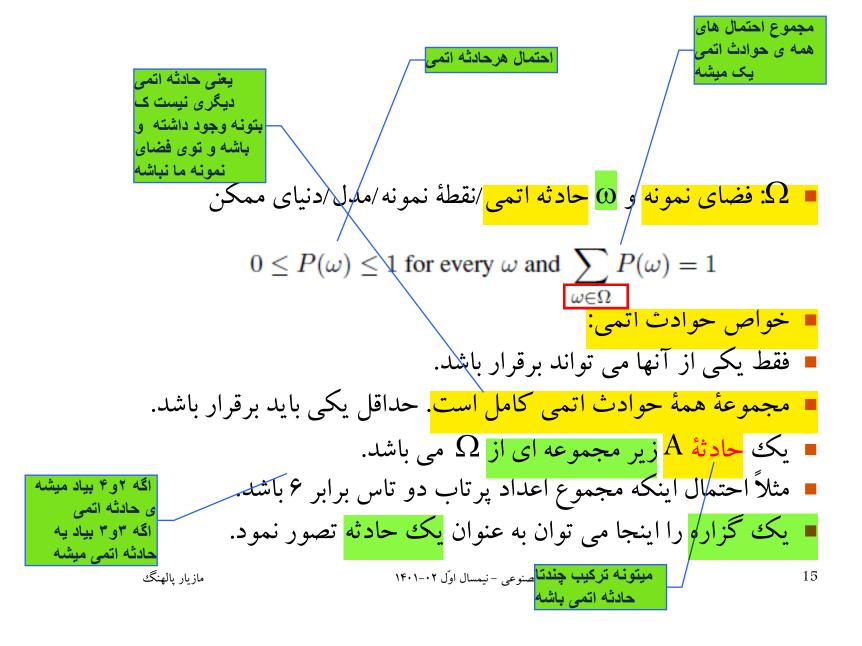
- گسسته: همانند هوا با دامنهٔ <آفتابی، بارانی، ابری، برفی >
  - مقادیر دامنه منفصل و کامل هستند.
  - Weather=snow را با Snow نمایش می دهیم.
    - پیوسته
- گزاره های بنیادی توسط رابطهای منطقی می توانند تر کیب شوند.
  - Weather=sunny ∧ Cavity=false مثال
    - نمایش sunny∧¬cavity

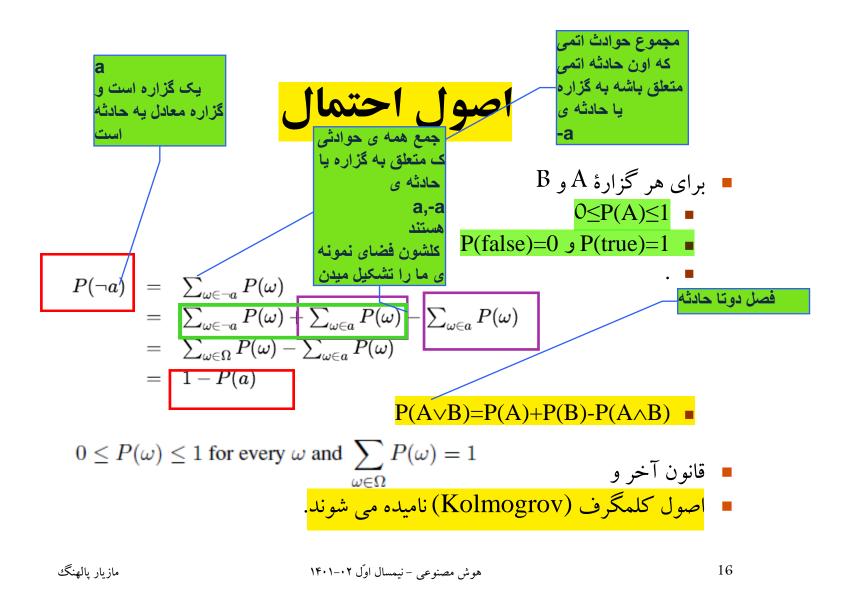
مازيار پالهنگ

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١۴٠١

متغیرها با اون مقادیری که بخودشون گرفتن دارن یه حالتی از دنیا را نشان میدن پس اگه مثلا دوتا متغیرتصادفی داریم مثل cavity, toothache اگ فر ض کنیم هردو بولین باشن پس ۴تا حادثه ی اتمی داریم یعنی ۴ تا وضعیت میتونه دنیای ما داشته باشه

- حادثهٔ اتمی: یک مشخص نمودن کامل حالت دنیا که عامل در مورد آن نامطمئن است (یک مدل).
- تصور از حادثهٔ اتمی: انتساب مقادیر خاصی به همهٔ متغیرهائی که دنیا از آن ترکیب شده است.
- اگر دنیائی فقط شامل متغیرهای Cavity و Toothache باشد در این صورت فقط ۴ حادثهٔ اتمی وجود دارند.
  - مجموعه همه دنیاهای ممکن: <mark>فضای نمونه (sample space)</mark>





# احتمال پیشین

- درجهٔ باور در غیاب هر اطلاعات دیگر
- مثال P(sunny)=0.78، یا P(cavity)=0.1
- گاهی در مورد احتمال تمام مقادیر یک متغیر تصادفی صحبت می کنیم.
  - مثال: P(Weather) برداری از مقادیر برای هر حالت هوا

احتمال اینکه هر مقداری از اون متغیر تصادفی چقدره را میخایم

مازيار پالهنگ

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٤٠١

یه بردار از مقادیر احتمال که جمعشون هم یکه

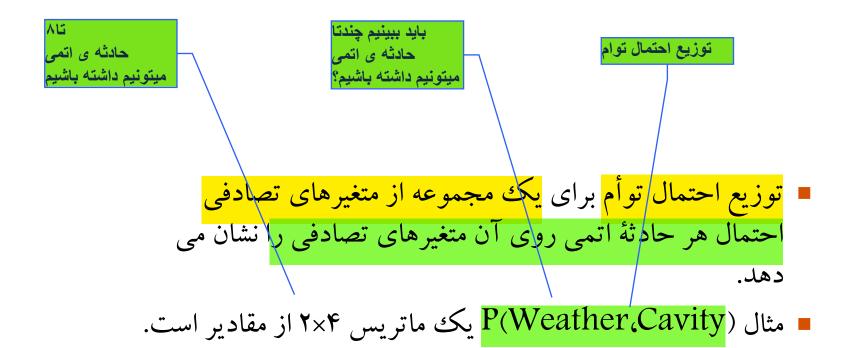
P(Weather = sun) = 0.6 P(Weather = rain) = 0.1 P(Weather = cloud) = 0.29P(Weather = snow) = 0.01,

خود متغیر تصادفی را نوشتیم

- P(Weather) = < 0.6, 0.1, 0.29, 0.01 >
- عبارت فوق توزیع احتمال متغیر تصادفی Weather را نشان می دهد.

مازيار يالهنگ

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٤٠١

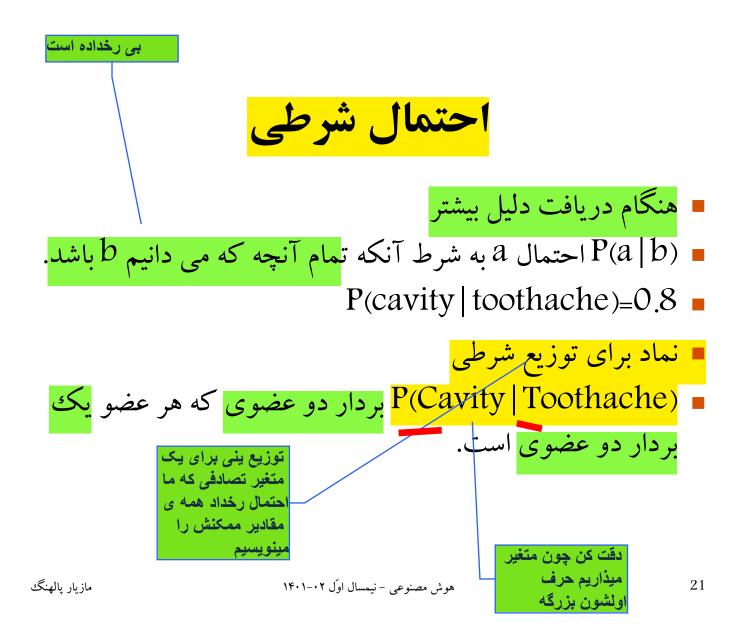


Weather	sunny	rainy	cloudy	snow
Cavity=true	0.144	0.02	0.016	0.02
Cavity=false	0.576	0.08	0.064	0.08

هوش مصنوعی – نیمسال اوّل ۱۴۰۱–۱۴۰۱ مازیار پالهنگ

داره احتمال رخداد یه حادثه ی اتمی را نشان میده

- توزیع احتمال توأم کامل شامل همهٔ متغیرهای موجود برای توصیف دنیا
- هر سؤال در مورد دامنه از این توزیع قابل پاسخگوئی است.



# احتمال شرطي

$$(p(b)\neq 0)$$
 هر گاه  $P(a \mid b)=P(a \land b)/P(b)$ 

$$P(a \land b) = P(a \mid b)P(b) = P(b \mid a)P(a)$$

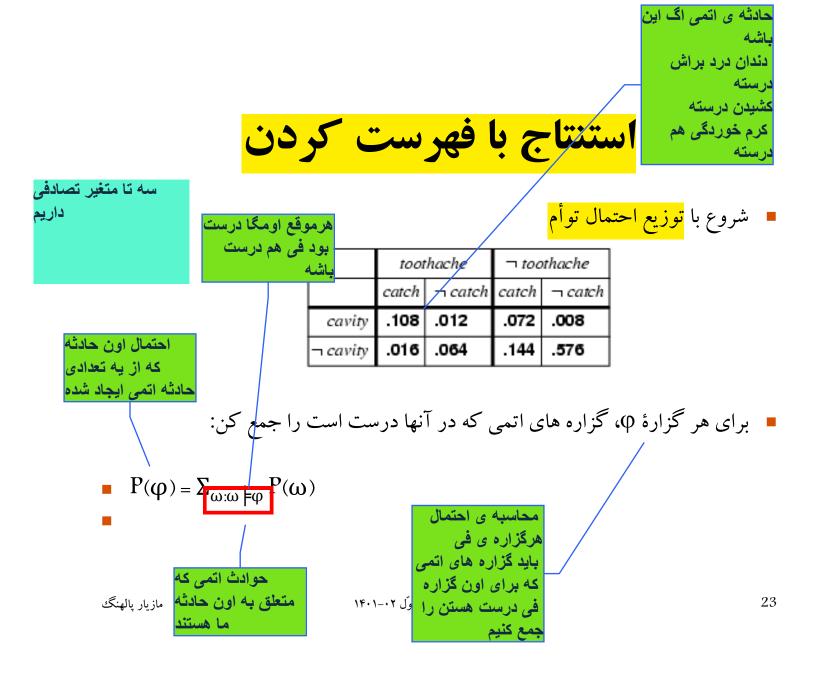
■ قانون ضرب

به این میگیم قانون ضرب

- حالت کلی تر برای کل توزیع
- P(Weather, Cavity)=P(Wather | Cavity)P(Cavity)

$$\frac{P(X_{1}, \dots, X_{n})}{P(X_{1}, \dots, X_{n-1})} = \frac{P(X_{1}, \dots, X_{n-1})}{P(X_{n} | X_{1}, \dots, X_{n-1})} P(X_{n} | X_{1}, \dots, X_{n-1}) \\
= \frac{P(X_{1}, \dots, X_{n-2})}{P(X_{n-1} | X_{1}, \dots, X_{n-2})} P(X_{n} | X_{1}, \dots, X_{n-1}) \\
= \dots$$

مازيار پالهنگ



#### استنتاج با فهرست کردن

تا۴ حادثه ی اتمی هست که مقدار دندان درد که یه حادثه است توشون درست است شروع با توزیع احتمال توأم

	toothache		¬ toothache	
	catch	¬ catch	catch	¬ catch
cavity	.108	.012	.072	.008
¬ cavity	.016	.064	.144	.576

برای هر گزارهٔ φ، گزاره های اتمی که در آنها درست است را جمع کن:

$$P(\phi) = \sum_{\omega:\omega \models \phi} P(\omega)$$

$$P(toothache) = 0.108 + 0.012 + 0.016 + 0.064 = 0.2$$

$$\mathbf{P}(\mathbf{Y}) = \sum_{\mathbf{z} \in \mathbf{Z}} \mathbf{P}(\mathbf{Y}, \mathbf{z})$$

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١٤٠١

احتمال دندان درد

24

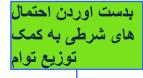
درنظر گرفتن همه ی مقادیر متغیرهای دیگه توی مسئله

متغیرهای دیگه ای ک توی مسئله وجود داره را هم باید درنظر گرفت

این یه توزیع توام  $P(Y) = \sum P(Y, z)$  ۲ مجموعهٔ متغیرهای دیگربه جز Z ■ مثال:  $\mathbf{P}(\mathit{Cavity}) \Rightarrow$  $P(Cavity, \mathbf{z})$  $x \in \{Catch, Toothache\}$  $\mathbf{P}(\mathbf{Y}) = \sum_{\mathbf{r}} \mathbf{P}(\mathbf{Y} | \mathbf{z}) P(\mathbf{z})$  تنوع دیگری از این قانون: متغیرهای دیگ توی متغیرهای نهان ■ به این کار به جاشیه بردن marginalization گفته می شود. مازيار يالهنگ 25 هو ش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١۴٠ چون داریم متغیرها*ی* 

### استنتاج با فهرست کردن

شروع با توزیع احتمال توأم



	toothache		¬ toothache	
	catch	¬ catch	catch	¬ catch
cavity	.108	.012	.072	.008
¬ cavity	.016	.064	.144	.576

■ همچنین می توان <mark>احتمالهای شرطی</mark> را محاسبه نمود:

$$P(\neg cavity \mid toothache)$$

$$P(\neg cavity \land toothache)$$

$$= \frac{0.016 + 0.064}{0.108 + 0.012 + 0.016 + 0.064} = 0.4.$$

# استنتاج با فهرست کردن

شروع با توزیع احتمال تو أم

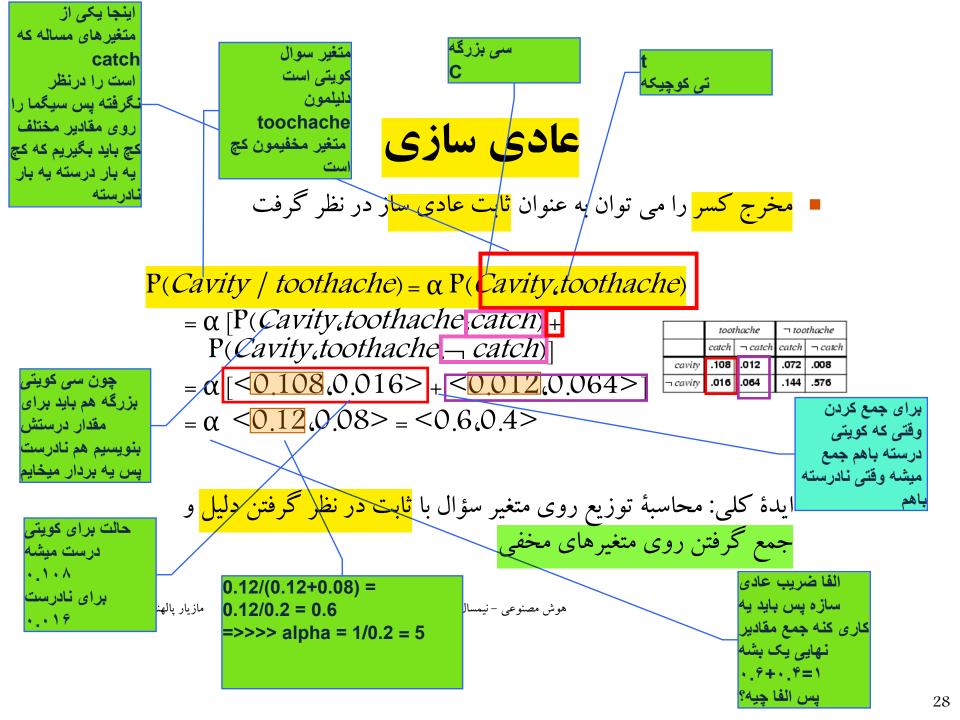
	toothache		¬ toothache	
	catch	¬ catch	catch	¬ catch
cavity	.108	.012	.072	.008
¬ cavity	.016	.064	.144	.576

همچنین می توان احتمالهای شرطی را محاسبه نمود:

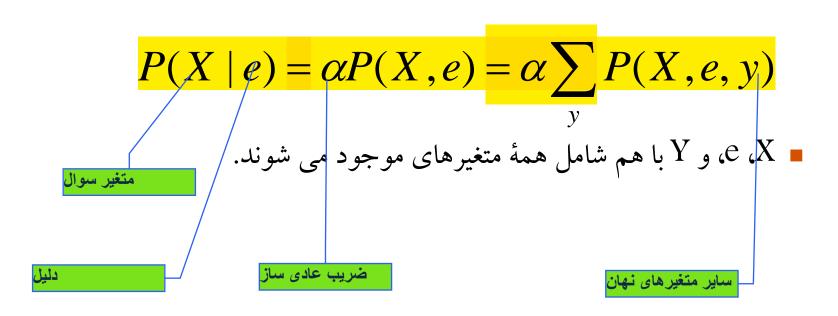
$$P(cavity \mid toothache) = \frac{P(cavity \land toothache)}{P(toothache)}$$
$$= \frac{0.108 + 0.012}{0.108 + 0.012 + 0.016 + 0.064} = 0.6$$

مازيار پالهنگ

هوش مصنوعی - نیمسال اوّل ۱۴۰۱–۱۴۰۱



اگ یه توزیع شرطی بمون دادن یه متغیرسوال داریم یه دلیل هم بمون دادن به شرط دلیل که دلیل را که بخایم حساب کنیم یه سری متغیرمخفی هم داریم که میشه سایر متغیرهایی که توی مساله هستند ولی ما استفاده نکردیم متغیر مخفی مثال قبل کچ است پس روی مقادیر مختلف کچ باید جمع را انجام بدیم



مازيار پالهنگ

هوش مصنوعي - نيمسال اوّل ١٤٠١-١۴٠١

#### خلاصه منظور از فهرست : کردن عدم موفقیت عامل منطقی در حالت عدم قطعیت پیداکردن حوادث اتمی عدم امكان استنتاج عملي كه با موفقيت او را به هدفش برساند. که حادثه ی موردنظر عدم امكان بوجود آوردن قوانيني كه كامل باشند بدلايل: ما براشون درست است را پیداکنیم نادانی نظری مقادیرشون را نادانی عملی فهرست كنيم و باهم نظريهٔ تصميم = نظريهٔ احتمال + نظريهٔ سودمندي جمع كنيم متغير تصادفي، فضاي نمونه، حادثه، حادثهٔ اتمي نظریه ی احتمال به اصول احتمال تنهایی کامل نیست و احتمال پيشين كافي نيست تا عامل توزيع احتمال تصمیم گیری را انجام توزيع احتمال توأم احتمال بدون داشتن هيچ اطلاعات قبلي احتمال شرطي توزيع شرطي استنتآج با فهر/ست كردن عادی سازی توزيع احتمال براى جندتا متغير یه سری دانش دیگه هم داريم منوعي - نيمسال اوّل ۱۴۰۱-۱۴۰۱ 30 مازيار پالهنگ استفاده از جدول وقتى ميخايم احتمال توزیع توام کامل تا شرطی را حساب کنیم استنتاج انجام دهيم این پارامتر عادی ساز به درد میخوره



اصفهان - بوستان شهرستان

مازيار پالهنگ

هوش مصنوعی - نیمسال اوّل ۱۴۰۱–۱۴۰

■ در تهیه این اسلایدها، از اسلایدهای سایت کتاب استفاده شده است.