



## هوش مصنوعي

# Artificial Intelligence

نام کتاب : هوش مصنوعي رهياتي نوين

مؤلف : راسل و نورويگ

مترجم : رامين رهنمون آناهيتا هماوندي

ارايه کننده : حسن عسکرزاده





AI: به طور رسمي در سال ۱۹۵۶ مطرح شده است.

علل مطالعه AI:

• AI سعی دارد تا موجودیت‌های هوشمند را درک کند. از این رو یکی از علل مطالعه آن یادگیری

بیشتر در مورد خودمان است.

• جالب و مفید بودن موجودیت‌های هوشمند .

دانشگاه پیام نور



## AI چیست؟

تعاریفی از AI که به چهار قسمت تقسیم شده‌اند:

- پردازش فکری و استدلالی
- پردازش رفتاری
- ایده‌آل هوشمندی (منطقی بودن)
- ارائه انسانی

دانشگاه پیام نور

## پردازش‌های فکری و استدلالی

ارائه انسانی

سیستم‌هایی که مانند  
انسان فکر می‌کنند

سیستم‌هایی که به  
طور منطقی فکر  
می‌کنند

ایده‌آل هوشمندی

سیستم‌هایی که مانند  
انسان عمل می‌کنند

سیستم‌هایی که به  
طور منطقی عمل  
می‌کنند

تمرکز بر روی پردازش‌های رفتاری



## ۱. انسان گونه عمل کردن: رهیافت آزمون تورینگ

آزمونی از کامپیوتر به عمل آید، و آزمون گیرنده نتواند دریابد که در آن طرف انسان قرار دارد یا کامپیوتر.

برای این کار کامپیوتر باید قابلیت‌های زیر را داشته باشد:

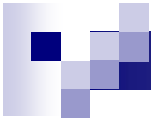
❖ پردازش زبان طبیعی = محاوره

❖ بازنمایی دانش = ذخیره اطلاعات

❖ استدلال خودکار = استدلال و استخراج

❖ یادگیری ماشینی = کشف الگو و برون ریزی

شکوه پیام نور



**تست تورینگ:** این آزمون از ارتباط فیزیکی مستقیم بین کامپیوتر و محقق اجتناب می کند.

به منظور قبول شدن در تست تورینگ کلی ، کامپیوتر به موارد زیر احتیاج دارد:

❖ بینایی ماشین برای درک اشیاء

❖ رباتیک به منظور حرکت آنها

دانشگاه پیام نور



## ۲. انساني فکر کردن :- رهيافت مدلسازي شناختي:

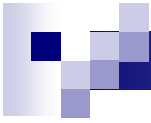
چگونگي شناسايي عملکرد افکار انسان:

۱- درون گرایی

۲- تجارب روانشناسي

**علوم شناختي** : مدل هاي کامپيوتر از AI و همچنين تکنیک هاي روانشناختي را گرد هم مي آورد تا

بتواند تئوري هاي دقيقی از کارکرد ذهن انسان به دست آورند.



### ۳. منطقي فکر کردن: قوانین رهیافت تفکر

رمز «تفکر درست»: ارسطو سعی در کشف آن داشت.

قیاس: از موضوعات مطرح شده توسط ارسطو می‌باشد، که الگوهایی برای ساختار توافقی ایجاد کرد که

همواره نتایج صحیحی به اندازه مقدمات صحیح به دست می‌آورد.

مثال: «سقراط انسان است، تمام انسان‌ها می‌میرند، پس سقراط خواهد مرد.»





دو مشکل عمده در این رسم منطق‌گرایی وجود دارد:

- تبدیل دانش غیر رسمی به شکل رسمی توسط اعلام، منطقی ساده نیست.
- تفاوت عمده‌ای بین قادر به حل مسئله بودن در اصول و انجام آن در عمل وجود دارد.

دانشگاه پیام نور



#### ۴. منطقي عمل کردن: رهیافت عامل منطقي

**عامل:** در اصل چیزی است که ابتدا درک می کند و سپس عمل می کند.

در نگرش «قوانین تفکر» تأکید عمده بر روی استنتاج‌های صحیح بوده است.

«مهارت‌های شناخت» که برای آزمون تورینگ مورد نیاز است، برای انجام فعالیت‌های منطقي

وجود دارند.

دانشگاه پیام نور



مزایای مطالعه AI به عنوان طراحی عامل منطقی:

❖ عمومی تر از رهیافت «قوانین تفکر»

❖ پیشرفت علمی ، بسیار قانون پذیرتر از رهیافت هایی است که بر تفکر یا رفتار

انسانی متکی هستند.

دانشگاه پیام نور

## زیربنای هوش مصنوعی:

AI، از علوم مختلفی بهره می برد که از میان آنها علوم زیر مهم تر شناخته شده اند:

- علم فلسفه
- علم ریاضی
- علم روانشناسی
- علم زبان شناسی
- علم کامپیوتر

دانشگاه پیام نور



## فلسفه: (۴۲۸ قبل از میلاد مسیح – تاکنون)

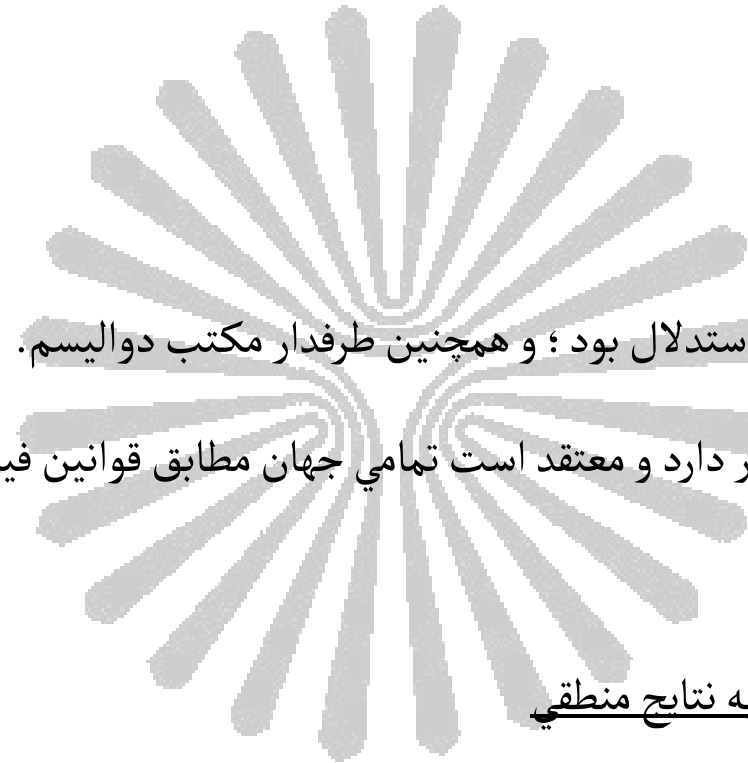
پایه‌های تفکر و فرهنگ غرب تشکیل شده است از: افلاطون، استادش سقراط، و شاگردش ارسطو.

□ **قیاس:** ارسطو، سیستمی غیررسمی از قیاس برای استدلال مناسب توسعه داد، امکان تولید نتایج، بر

پایه فرضیات اولیه به طور مکانیکی وجود داشت.

□ **در نظر گرفتن ذهن به عنوان سیستمی فیزیکی**





رنه دکارت مدافع سرسخت قدرت استدلال بود؛ و همچنین طرفدار مکتب دوالیسم.


ماتریالیسم: در مقابل دوالیسم قرار دارد و معتقد است تمامی جهان مطابق قوانین فیزیکی عمل می کنند.

ویلهم لاینیز:

■ تبدیل موقعیت ماتریالیستی به نتایج منطقی

■ ساخت ابزاری مکانیکی برای انجام عملیات منطقی

دانشگاه پیام نور



ایجاد منبع دانش: □

فرانسیس بیکن ، جنبش آزمون گرایان را آغاز کرد. و با شعار جان لاک مفهوم یافت:

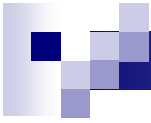
«هیچ چیز قابل فهم نیست اگر ابتدا در حس نباشد.»

اصل استقرای امروزی ، در حقیقت از کتاب دیوید هیوم نشأت می گیرد: "رسانه‌ای از طبیعت انسان"

برتراند راسل ، پایه گذار پوزیوتیزم منطقی ، ارائه دهنده این تئوری بود که:

«قوانین عمومی توسط تکرار ارتباطات بین عناصر آنها به وجود می آیند.»

دانشگاه پیام نور



ارتباط بین دانش و عمل 

اشیاء را با تحلیل ، دسته‌بندی می‌کنیم و در اطراف آنها ، کارکرد مورد نیازشان نوسان می‌نماید.  
در این میان پایه سیستم‌مکاشفه‌ای GPS بنیان گذارده می‌شود.

دانشگاه پیام نور





## ریاضیات (C.۸۰۰-تاکنون)

برای ارتباط فلسفه با دانش نظری ، نیاز به فرمول سازی ریاضی در سه زمینه اصلی است:

❖ محاسبات

❖ منطق

❖ احتمالات

دانشگاه پیام نور



## محاسبات:

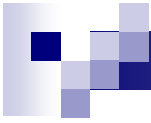
نظریه اظهار محاسبات به عنوان الگوریتمی رسمی به خوارزمی برمی گردد ، ریاضیدان عربی قرن نهم که نوشته‌های وی ، جبر و تئوری اعداد عربی را به اروپا معرفی کرد.

دانشگاه پیام نور

## منطق:

در این زمینه ، دانشمندان زيادي بر چگونگي شکل گيري و هدايت آن ، نقش داشته اند که به چند نفر از آنها اشاره مي کنيم:

- ارسطو: دانشمندی که بیشترین شکل گيري نگرش فلسفي منطق را به او نسبت مي دهند.
- جورج بول: یک زبان رسمي براي ساخت استنتاج منطقي ارائه داد.
- FREGE: منطق مرتبه اول را به شکلي مطرح نمود که در بیشتر سیستم هاي نمايش دانش پایه استفاده مي شود.
- آلفرد تارسکي: تئوري چگونگي ارتباط بين اشیاء موجود در محیط منطقي ، و اشیاء موجود در دنياي واقعي را ارائه نمود.



■ دیوید هیلبرت: ریاضیدان بزرگی بود که شهرت وی به دلیل مسائلی است که نتوانست حل کند.

■ راسل: قضیه کامل نبودن (incompleteness) را مطرح نمود.

■ تورینگ: ماشین تورینگ قادر به محاسبه هر تابع محاسبه پذیر است.

تئوری پیچیدگی:

۱. انجام ناپذیری

۲. استحاله

■ استیون کوک و ریچارد کارپ: تئوری NP-completeness را مطرح کردند.

## احتمالات:

گاردنیوی: اولین کسی بود که ایده احتمال را مطرح کرد.

- پیر فرمت ، باسکال ، برنولی ، لابلایس و دیگر دانشمندان بر رشد و توسعه این ایده تأثیر داشتند.
- برنولی: دیدگاه «درجه باور» ذهنی را در مقایسه با نرخ نتایج عینی مطرح کرد.
- بیس: قانونی برای بهنگام سازی احتمالات ذهنی را به وجود آورد.
- نیومن و مورگنسترن: تئوری تصمیم گیری را آغاز کردند. و از ترکیب تئوری احتمال ، و تئوری سودمندی حاصل می شود.

دانشگاه پیام نور

## روانشناسي (۱۸۷۹- تاکنون):

- هلمولتز: روشي علمي براي مطالعه بينايي انسان به کار برد ؛ که اين کتاب به عنوان مرجع بينايي فيزيولوژيک و حتي به عنوان «مهمترين رساله فيزيکي و روانشناختي بينايي انسان تا به امروز» شناخته مي شود.
- وندت: اولين آزمایشگاه روانشناسي تجريبي را در دانشگاه لايپزيک راه اندازي کرد.
- داتسون و تورن دايک: حرکت رفتارگرايي (behaviorism) را مطرح کردند.
- اساس مشخصه روانشناسي شناختي (cognitive psychology) ، اين نگرش است که مغز دارنده و پردازش کننده اطلاعات است.

دانشگاه پیام نور



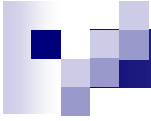
■ کریک ، کتاب ماهیت بیان را منتشر کرد. و سه مرحله کلیدی را برای عامل مبتنی بر دانش معین کرد:

❖ محرک‌ها باید به شکل درونی تبدیل شوند.

❖ بازنمایی توسط پردازش‌های شناختی بازنمایی‌های داخلی جدیدی را مشتق کند.

❖ اینها دوباره به صورت عمل برگردند.

دانشگاه پیام نور



مهندسي کامپيوتر (۱۹۴۰- تاکنون)

براي پيشرفت هوش مصنوعي ، به دو چيز احتياج داريم:

■ هوش

■ محصول مصنوعي

در اين تقسيم بندي ، کامپيوتر مي تواند به عنوان محصول مصنوعي محسوب گردد.





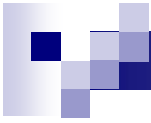
■ Heath Robinson: اولین کامپیوتر مدرن عملیاتی بود که در سال ۱۹۴۰ توسط تیم آلن تورینگ

به منظور کدگشایی پیام‌های آلمان‌ها ساخته شد.

■ Colossus: نام ماشین بعدی بود که تیوپ‌های مکنده در آن به کار برده شد.

■ Z-3: اولین کامپیوتر قابل برنامه‌ریزی که توسط کنراد زوس در ۱۹۴۱ اختراع شد.

دانشگاه پیام نور



- اعداد با ممیز شناور و زبان Plankalkul نیز توسط زوس اختراع شدند.
- ABC: اولین کامپیوتر الکترونیک در آمریکا توسط جان آتاناسف و کلیفورد در دانشگاه ایالتی ایوا ساخته شد.
- MARK I, II, III: توسط تیمی به رهبری هوراد ایکن در هاروارد توسعه داده شد.
- ENIAC: اولین کامپیوتر دیجیتال الکترونیک چند منظوره، توسط تیمی به سرپرستی ماچلی و اکرت در دانشگاه پنسیلوانیا ساخته شد.

دانشگاه پیام نور



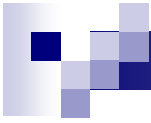
▪ IBM 701: اولین کامپیوتر سودآور ، توسط ناتانیل روچتر در ۱۹۵۲ ساخته شد.

▪ چارلز بابیج: طراحی ماشینی که جداول لگاریتمی را محاسبه کند.

❖ طراحی موتور آنالیتیکی

❖ طرح حافظه قابل آدرس دهی ، برنامه ذخیره شده و پرس های شرطی

دانشگاه پیام نور



- کار در زمینه AI منجر به ایده‌های بسیار متعددی شد که به علوم کامپیوتر برگشت؛ مانند:
- اشتراک زمانی – مفسرهای دوسویه – نوع داده لیست پیوندی – مدیریت حافظه خودکار و برخی نکات کلیدی برنامه‌نویسی شیء‌گرا و محیط‌های توسعه برنامه مجتمع با واسط کاربر گرافیکی.

دانشگاه پیام نور

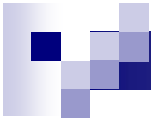


## زبان‌شناسی (۱۹۷۵- تاکنون)

اسکینر در سال ۱۹۷۵ کتابی در زمینه رفتارگرایان برای یادگیری زبان ، با نام «رفتار زبانی» منتشر کرد.  
نوآم چامسکی بر اساس تئوری خودش یعنی ساختارهای ترکیبی ، این کتاب را تجدید نظر و چاپ کرد. که به اندازه  
اصل کتاب شهرت پیدا کرد.

تئوری چامسکی بر اساس مدل‌های نحوی قرار دارد.

دانشگاه پیام نور



■ زبان‌شناسی مدرن و AI در یک زمان متولد شدند، بنابراین زبان‌شناسی نقش مهمی در رشد AI بازی نمی‌کند.

■ این دو در یک زمینه مشترک به نام

زبان‌شناسی محاسباتی (Computational linguistics) یا

پردازش زبان طبیعی (natural language processing)

به هم تنیده شده‌اند که در آن بر روی مسئله استفاده زبان تمرکز شده است.

دانشگاه پیام نور

## تاریخچه هوش مصنوعی

پیدایش هوش مصنوعی (۱۹۴۳-۱۹۵۶)

▪ اشتیاق زودهنگام، آرزوهای بزرگ (۱۹۵۲-۱۹۶۹)

▪ مقداری واقعیت (۱۹۶۶-۱۹۷۴)

▪ سیستم‌های مبتنی بر دانش: کلید قدرت؟ (۱۹۶۹-۱۹۷۹)

▪ بازگشت شبکه‌های عصبی (۱۹۸۶- تاکنون)

▪ حوادث اخیر (۱۹۸۷- تاکنون)

دانشگاه پیام نور

## پیدایش هوش مصنوعی

▪ اولین کار جدی در حیطه AI، توسط وارن مک کلود و والتر پیتز انجام شد.

▪ سه منبع استفاده شده توسط آنها:

❖ دانش فیزیولوژی پایه و عملکرد نرون در مغز

❖ تحلیل رسمی منطق گزاره‌ها متعلق به راسل و وایت هد

❖ تئوری محاسبات تورینگ

دانشگاه پیام نور



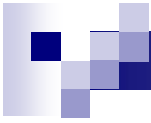


■ در ۱۹۴۹ دونالد هب ، قانون ساده بهنگام‌سازي براي تغيير تقويت اتصالات بين نرون‌ها را تعريف کرد که از طريق آن يادگيري ميسر مي‌گردد.

■ در زماني که کلود شانون و آلن تورينگ ، برنامه بازي شطرنج را نوشتند ، **SNARC** ، اولين کامپيوتر شبکه عصبي در دانشگاه پرينستون توسط مينسکي و ادموندز ساخته شد.

این کامپيوتر ، از ۳ هزار تيوپ مکشي و مکانيزم خللاني خودکار اضافي که مربوط به بمب افکن‌هاي B24 مي‌باشد براي شبیه‌سازي شبکه ۴۰ نروني استفاده کرد.

دانشگاه پیام نور



■ محققین علاقمند به تئوری اتوماتا، شبکه‌های عصبی و مطالعه هوش، گرد یکدیگر جمع شدند و در کارگاهی در دورت موند مشغول فعالیت شدند. که در این میان نام هوش مصنوعی برای حیطة فعالیت آنها انتخاب شد.


دانشگاه پیام نور



اشتیاق زودهنگام ، آرزوهای بزرگ (۱۹۵۲-۱۹۶۹)

- فعالان در عرصه AI:
- روچستو و تیمش در IBM
- هربرت جلونتر: با ساخت Geometry Theorem Prover
- آرتور ساموئل: ساخت برنامه برای بازی چکر

دانشگاه پیام نور



- جان مک کارتی در MIT:

- تعریف زبان لیسپ (Lisp) مهمترین زبان هوش مصنوعی

  - ❖ مفهوم اشتراک زمانی (time sharing)

  - ❖ نشر مقاله‌ای با عنوان "برنامه‌ها با حواس مشترک"

  - ❖ تشریح یک سیستم فرضی به نام Advice Taker ، که به اصول پایه بازنمایی معرفت

    - و استدلال تجسم بخشید ؛

    - ❖ کار بر روی سیستم برنامه‌ریزی سؤال-جواب

    - ❖ کار بر روی پروژه روبات‌های shakey



■ مینسکی: کار بر روی میکرو ورلدها و همکاری با مک کارتی ، ولی بر سر اختلاف بر نگرش منطقی و ضدمنطقی کار تحقیقاتی خود را از هم جدا کردند.

مینسکی با گروهی از دانشجویان بر روی میکروورلدها کار کرد که برخی از آنها عبارتند از:

■ جیمز اسلاگل ، **SAINT** ، قادر به حل مسائل انتگرال گیری فرم بسته

■ اوآنز: **ANALOGY** ، حل مسائل مشابهت هندسی در تست های هوش

■ رافائل: **SIR**: پاسخ به قضایای پرسشی جملات ورودی

■ بابرو: **STUDENT**: حل مسائل داستانی جبر

دانشگاه پیام نور



## مقداري واقعيت (۱۹۶۶-۱۹۷۴)

- مشکلات تقريباً تمام پروژه‌ها تحقيقي AI وقتي پديدار مي‌شدند که مسائل گسترده‌تري براي حل توسط آنها مطرح مي‌شد:
- برنامه‌هاي اوليه اغلب داراي دانش محدود يا فاقد دانش در مورد موضوع کار بودند.
- انجام ناپذيري بسياري از مسائل
- به دليل اعمال برخي محدوديت‌هاي پايه‌اي برروي ساختار پايه مورد استفاده براي توليد رفتار

هوشمند

دانشگاه پیام نور

## سیستم‌های مبتنی بر دانش: کلید قدرت؟ (۱۹۶۹-۱۹۷۹)

- **روش‌های ضعیف:** مبتنی بر یک جستجوی همه‌منظوره می‌باشند که قدم‌های اولیه یادگیری را برمی‌دارند اما تلاشی در جهت یافتن راه‌حل‌های کامل ندارند.
- به این دلیل که اطلاعات ضعیفی را در مورد دامنه فعالیت خود به کار می‌برند.
- پس برای حل مسائل دشوار، تقریباً جواب را از قبل باید بدانیم.
- برنامه DENDRAL از برنامه‌هایی است که از این رهیافت استفاده می‌کند.

- 
- 
- اهمیت برنامه DENDRAL در این بود که اولین سیستم موفق با دانش غنی بود ، یعنی تبحر سیستم بر پایه تعداد بسیار زیادی قانون ایجاد شده بود. سیستم‌های بعدی ایده اصلی رهیافت **Advice taker** مک کارتی را دنبال می‌کردند یعنی جداسازی دانش (در شکل قوانین) و مؤلفه استدلال.

دانشگاه پیام نور





MYCIN نسبت به DENDRAL دو تفاوت عمده دارد:

- برخلاف قوانین DENDRAL، هیچ مدل تئوری وار عمومی برای آنکه قوانین MYCIN استنتاج شود، وجود نداشت.
- قوانین می بایست عدم قطعیت مربوط به دانش پزشکی را منعکس می کرد.

دانشگاه پیام نور

## AI به یک صنعت تبدیل می شود (۱۹۸۰-۱۹۸۸)

- **RI**: اولین سیستم خبره تجاری موفق از شرکت DEC که سودآوری زیادی را برای شرکت به همراه داشت.
- پروژه «نسل پنجم»: این پروژه ژاپنی به منظور ساخت کامپیوترهای هوشمندی که پرولوگ را به جای کد ماشین اجرا می کردند، انجام شد.
- شرکت های دیگر جهان از جمله میکروالکترونیک، MCC، لیسپ ماشین، تگزاس اینسترومنت، سمبولیکس، زیراکس و غیره در ساخت ایستگاه های کاری بهینه شده در این عرصه فعالیت داشتند.

دانشگاه پیام نور



## بازگشت شبکه‌های عصبی:

دانشمندان فعال در این عرصه:

▪ هاب فیلد: که به آنالیز خواص ذخیره‌سازی و بهینه‌سازی شبکه‌ها پرداخت.

▪ راسل هارت و هینتون: مطالعه مدل‌های شبکه عصبی را ادامه دادند.

▪ بریسون و هو: الگوریتم یادگیری انتشار به عقب را مجدداً مطرح کردند.

دانشگاه پیام نور

## حوادث اخير:

▪ رهیافت HMM: رهیافت غالب در سال های اخیر می باشد که توسط مایکف به وجود آمده است.

این رهیافت از دو جنبه زیر حائز اهمیت است:

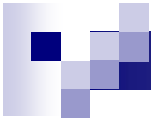
❖ مبتنی بر نظریه ریاضی محض است.

❖ طی فرایندی با یادگیری گروه عظیمی از داده گفتار واقعی خود را بهبود می بخشد.



- برنامه‌ریزی: در دهه ۷۰ فقط برای میکرووردها مناسب بودند، اکنون برای زمانبندی کار در کارخانه‌ها و مأموریت‌های فضایی استفاده می‌شوند.
- بیان شبکه باور: استدلال کار را در مورد ترکیب رویدادهای غیرمنطقی ممکن ساخت.

دانشگاه پیام نور



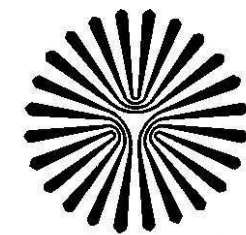
■ ایده سیستم‌های خبره فرماتیو توسط کار جوداپیر و اردیک هوروتیز و دیوید  
هکرمن مطرح شد:

"سیستم‌هایی که مطابق قوانین تئوری تصمیم‌گیری به طور منطقی عمل می‌کنند و  
سعی ندارند که تبحر انسانی را تقلید کنند."

دانشگاه پیام نور

## شرایط کنونی:

- برخی از سیستم‌هایی موجود در جهان که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند:
- HITECH: اولین برنامه کامپیوتری که موفق به شکست استاد بزرگ شطرنج جهان ، آرنولد دنکر شده است.
- PEGASUS: یک برنامه درک گفتار که سؤالات کاربر را جواب می‌دهد و تمامی برنامه‌های مسافرتی شخص را با یک برنامه‌ریزی درست ، مقرون به صرفه می‌کند.
- MARVEL: سیستم خبره‌ای که داده‌های ارسالی از سفینه فضایی را تحلیل نموده و در صورت بروز مشکلات جدی ، پیغام هشدار به تحلیلگران می‌دهد.



دانشگاه پیام نور

فصل دوم:

## عوامل‌های هوشمند





## عامل:

به هر چیزی اطلاق می‌شود، که قادر به درک محیط پیرامون خود از طریق حس‌گرها (sensor) و اثرگذاری بر روی محیط از طریق اثرکننده‌ها (effector) باشد.

## عامل نرم‌افزاری:

عامل نرم‌افزاری رشته‌های بی‌بی‌بی را به عنوان درک محیط و عمل، کدگذاری می‌کند.

دانشگاه پیام نور



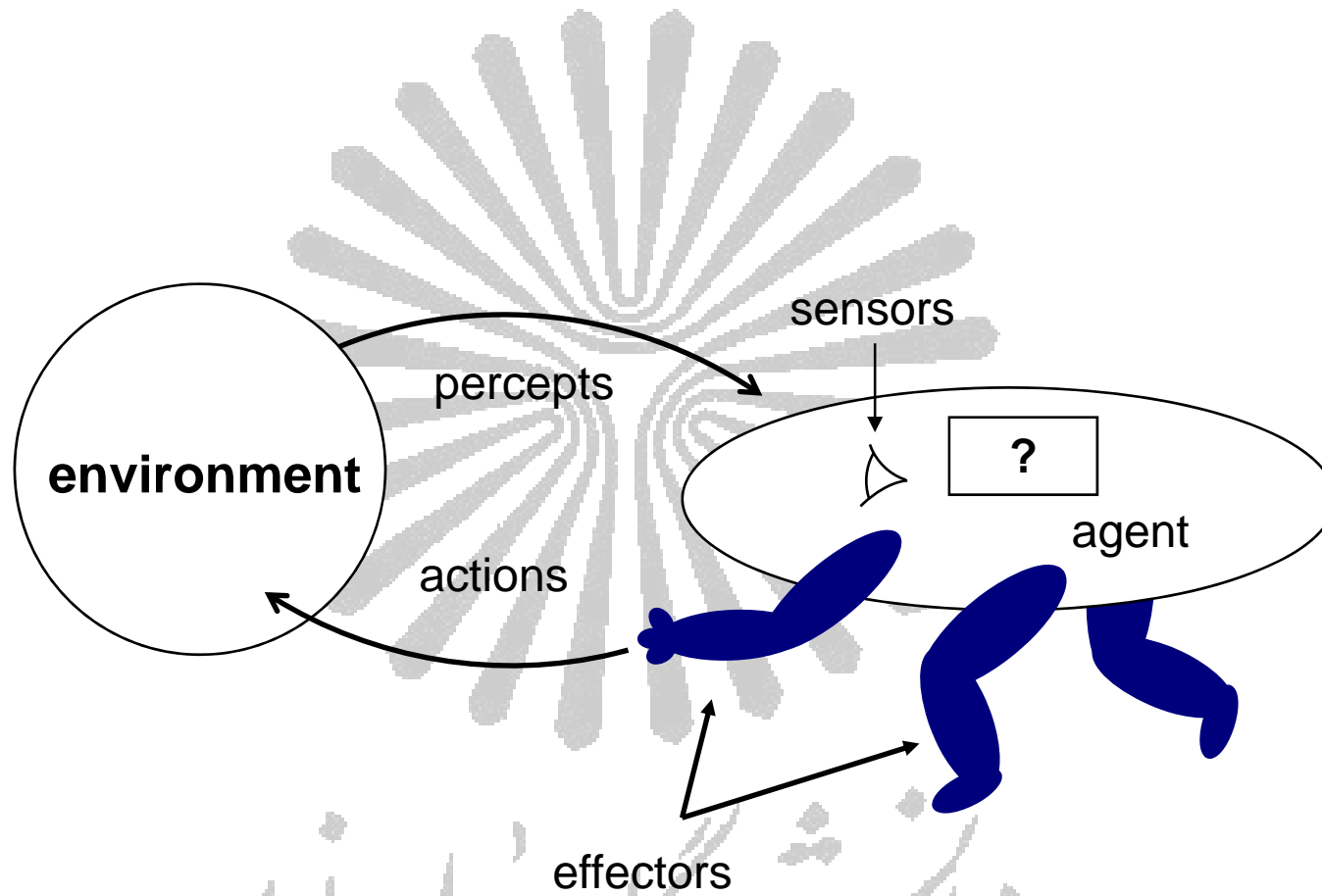
## عوامل انساني

۱. حس کردن: گوش ، چشم ، ديگر ارگان ها
۲. اثرگذاري: دست ، پا ، بيني ، اندام هاي ديگر

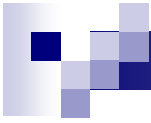
## عوامل روباتيک

۱. حس کردن: دوربين ، يابنده هاي مادون قرمز
۲. اثرگذاري: موتور

دانشگاه پیام نور  
پیام نور



دانشگاه پیام نور



عامل‌ها چگونه باید عمل کنند؟

**عامل منطقي:** چيزي است كه كار درست انجام مي‌دهد.

**عمل درست:** آن است كه باعث موفق‌ترين عامل گردد.

**كارايي:** چگونگي موفقيت يك عامل را تعيين مي‌كند.

دانشگاه پیام نور  
پیام

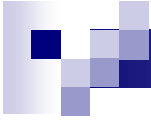


## تفاوت میان منطقی بودن و دانش کل (omniscience):

عامل دانای کل معنی خروجی واقعی اعمال خود را دانسته و بر پایه آن عمل می‌کند اما دانش کل در واقعیت غیرممکن است.

اگر معین کنیم که هر عامل هوشمند همواره باید همان کاری را انجام دهد که در عمل مناسب است، هیچگاه نمی‌توان عاملی را طراحی نمود که این مشخصات را مرتفع سازد.

دانشگاه پیام نور



آن چه در هر زمانی منطقی است به چهار چیز وابسته است:

- ❖ معیار کارایی که درجه موفقیت را تعیین می کند.
- ❖ هر چیزی که تا کنون عامل ، ادراک نموده است. ما این تاریخچه کامل ادراکی را دنباله ادراکی می نامیم.
- ❖ آنچه که عامل درباره محیط خود می داند.
- ❖ اعمالی که عامل می تواند صورت دهد.

دانشگاه پیام نور

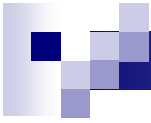


رفتار عامل وابسته به دنباله ادراكي تا حال است.

عامل را بايد به عنوان ابزاري براي تحليل سيستمها قلمداد کرد؛

نه شخصيتي مطلق که جهان را به دو بخش عامل و غيرعامل ها تقسيم مي کند.

دانشگاه پیام نور



## نگاشت ایده‌آل از دنباله‌های ادراکی به عملیات

هر عامل خاصی را به وسیله جدولی توصیف می‌کنیم، که در آن عمل آن در پاسخ به هر دنباله ادراکی قرار می‌گیرد.

این بدان معنی نیست که ما جدول خاصی با یک ورودی برای هر دنباله ادراک ممکن تولید کنیم. می‌توان مشخصات نگاشت را بدون شمارش خسته‌کننده آنها انجام داد.

دانشگاه پیام‌نور





مثال:

تابع ریشه دوم

دنباله ادراکی:

دنباله‌ای از کلیدهای زده شده

نگاشت ایده‌آل:

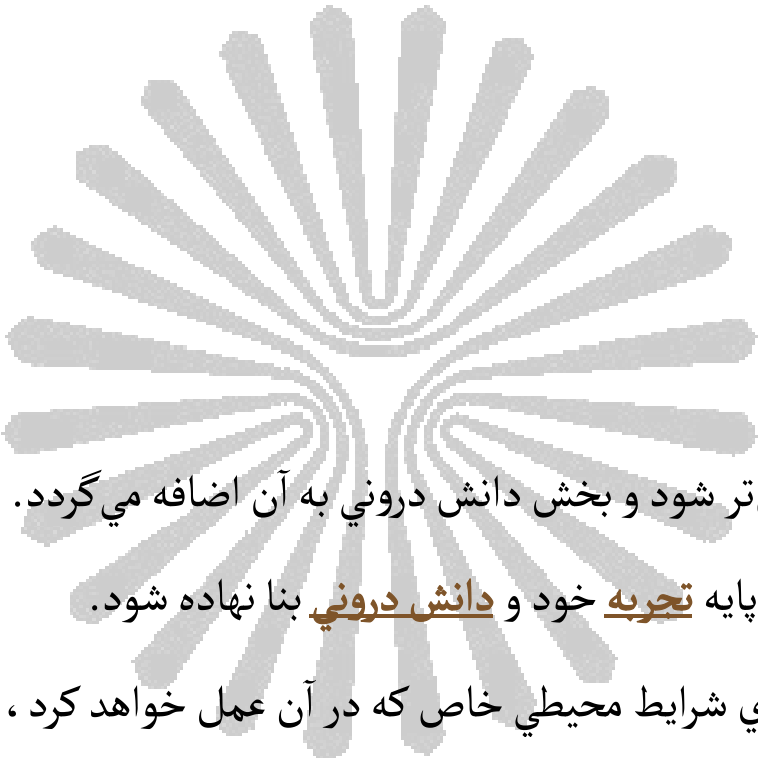
برای مقادیر مثبت  $X$  نشان داده شده توسط ادراک  $Z$  نیز

مثبت باشد و عمل مناسب نمایش نشان داده شود.

دانشگاه پیام نور



## خودمختاري:



در اینجا تعریف عامل باید کامل تر شود و بخش دانش درونی به آن اضافه می گردد.  
رفتار عامل می تواند متکی بر دو پایه **تجربه** خود و **دانش درونی** بنا نهاده شود.  
این رفتار، در ساخت عامل برای شرایط محیطی خاص که در آن عمل خواهد کرد، استفاده می شود.

دانشگاه پیام نور




سیستم به وسعتی خود مختار است که رفتار آن بر اساس تجربه خودش تعیین می‌کند. زمانی که عامل فاقد تجربه و یا کم تجربه است، مسلماً تصادفی عمل خواهد کرد، **مگر آنکه** طرح کمک‌هایی به آن داده باشد. عامل هوشمند واقعاً خود مختار باید قادر به عمل موفقیت‌آمیز در دامنه وسیعی از محیط‌ها باشد و البته باید زمان کافی برای تطبیق نیز به آن داده شود.

دانشگاه پیام نور



## ساختار عامل‌های هوشمند



وظیفه هوش مصنوعی طراحی برنامه عامل است؛

این طراحی شامل تابعی است که نگاشت عامل از ادراک به عملیات را پیاده‌سازی می‌کند.

**معماری:** فرض می‌کنیم برنامه عامل بر روی نوعی ابزار محاسبه‌گر اجرا می‌گردد که آن را معماری می‌نامیم.

برنامه عامل، باید توسط معماری قابل پذیرش و اجرا باشد.

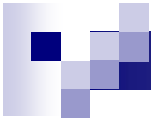
دانشگاه پیام‌نور



عموماً، معماری ادراک از طریق حس گرها را برای برنامه آماده ساخته، برنامه را اجرا نموده و اعمال انتخابی برنامه را به عمل کننده‌های سیستم منتقل می‌کند.

ارتباط بین عامل‌ها، معماری‌ها و برنامه‌ها را می‌توان به صورت ذیل جمع بندی نمود:

برنامه + معماری = عامل  
دانشگاه پیام نور



در اینجا مسئله تمایز بین محیط واقعی و مصنوعی مطرح می‌شود؛ اما

مسئله اصلی، پیچیدگی مابین:

ارتباط رفتار عامل،

دنباله ادراکی تولید شده بوسیله محیط، و

اهدافی که عامل قصد حصول آن را دارد، است.

مشهورترین محیط مصنوعی، محیط تست تورینگ (turing) است.

دانشگاه پیام نور  
پیت

برنامه‌های عامل:

تشابهات عامل‌های هوشمند:

❖ دریافت ادراک محیطی

❖ تولید اعمال لازم

دو نکته در مورد شالوده برنامه قابل ذکر هستند:

۱. برنامه عامل تنها یک درک از شرایط محیطی واحد را به عنوان ورودی دریافت می‌کند.
۲. هدف یا معیار کارایی بخشی از برنامه شالوده نخواهد بود.

چرا تنها به پاسخها نگاه نمیکنیم؟

جدول مراجعه باید بر پایه حفظ کامل دنباله ادراکی در حافظه عمل نموده و از آن برای ایندکس سازی داخل جدول استفاده کند.

جدول عامل نوع راننده تاکسی

نوع عامل	ادراکات	عملیات	اهداف	محیط
راننده تاکسی	دوربین ها ، سرعت سنج ، Sonar ، GPS میکروفون	راهنمایی کردن ، شتاب دهنده ، ترمز ، صحبت با مسافر	ایمنی ، سرعت ، قانونمندی ، راحتی ، افزایش سودمندی	جاده ، پیاده رو ، ترافیک ، مشتری





جنبه‌های مختلف یک عمل ، انواع مختلف برنامه‌های عامل را پیشنهاد خواهد کرد.

برای مثال ، ۴ عامل را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

❖ عامل‌های واکنشی ساده

❖ عامل‌هایی که اثرات دنیا را حفظ می‌کنند

❖ عامل‌های هدف‌گرا

❖ عامل‌های سودمند

دانشگاه پیام نور

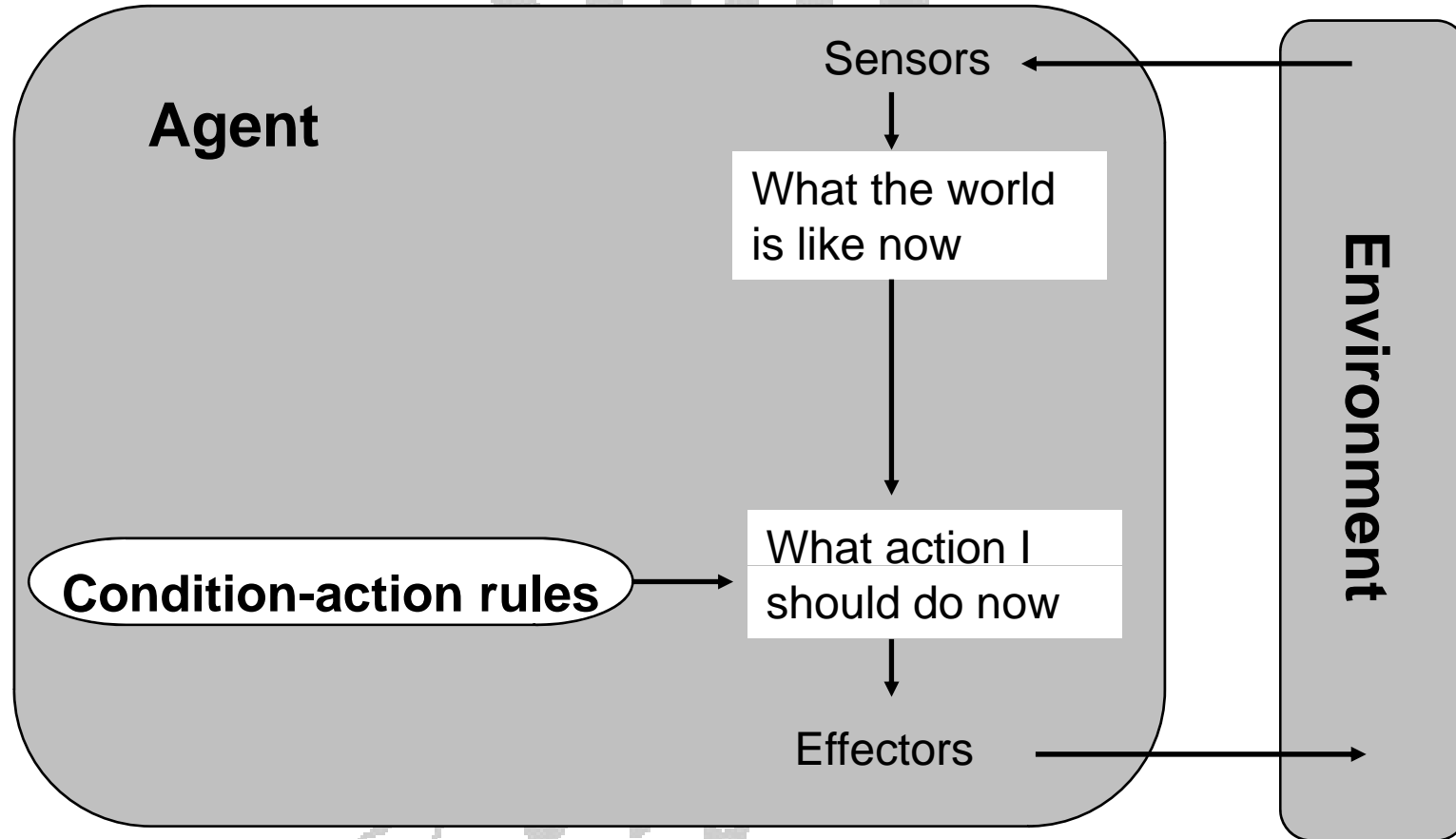
## عوامل‌های واکنشی ساده

در اینجا جدول رجوع باید مورد توجه قرار گرفته و فیلدهای مختلف آن توسط اطلاعات ورودی پر شود. اتصالاتی (واکنش‌هایی) وجود دارند که انسان‌ها بسیاری از آنها را دارا بوده: برخی از آنها قابل یادگیری و برخی دیگر غریزی است.

دانشگاه پیام‌نور



دیاگرام شماتیک از عامل ساده واکنشی



مربع مستطیل: نشان دهنده وضعیت داخلی جاری فرایند تصمیم گیری عامل

بیضی: نشان دهنده وضعیت اطلاعات پس زمینه



## عامل‌هایی که اثرات دنیا را حفظ می‌کنند

از آنجایی ناشی می‌شود که حسگرها نمی‌توانند دسترسی کامل به وضعیت دنیا را به وجود آورند. در چنین شرایطی، عامل ممکن است نیازمند دستکاری برخی اطلاعات وضعیت داخلی باشد تا از طریق آن تمایز بین وضعیت‌های دنیا که در ظاهر ورودی ادراکی یکسانی می‌کنند ولی در واقع معنی کاملاً متفاوتی دارند را میسر سازد.

دانشگاه پیام نور



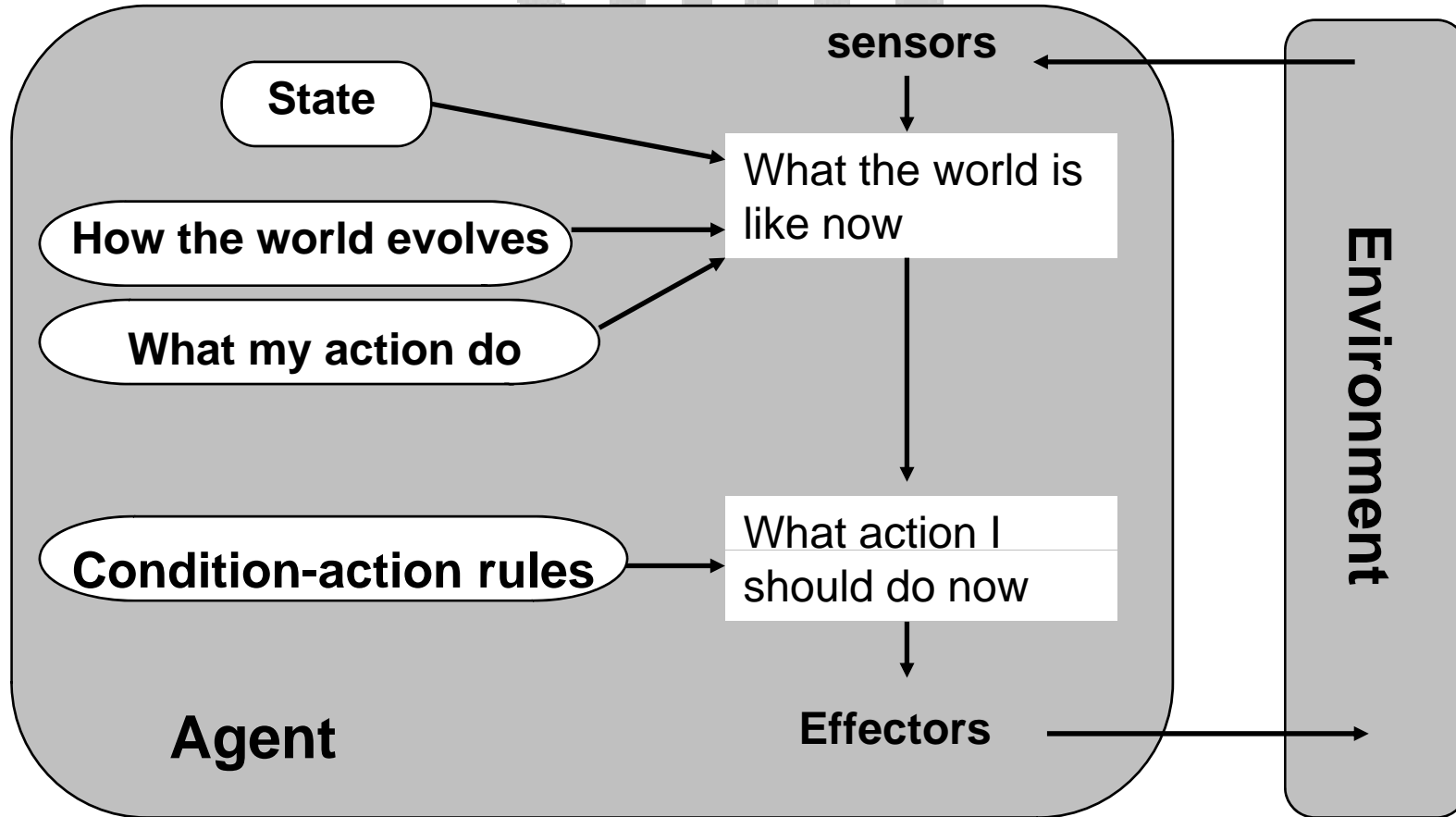
بهنگام‌سازی اطلاعات وضعیت داخلی همزمان با گذر زمان نیازمند دو نوع دانش کد شده در برنامه عامل است.

**اول:** نیازمند آنیم که برخی اطلاعات درباره چگونگی تغییر جهان مستقل از عامل را داشته باشیم.

**دوم:** نیازمند اطلاعات درباره اعمال خود هستیم که بر روی دنیا اثرگذار است.

دانشگاه پیام نور

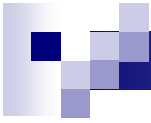
عامل واكنشي با حالت داخلي



## عوامل های هدف گرا:

دانستن درباره وضعیت کنونی محیط همواره برای تصمیم گیری عمل نمی تواند کافی باشد. به همان گونه که عامل نیازمند شرح وضعیت جاری است ، به نوعی نیازمند اطلاعات هدف (goal) می باشد که توضیح موقعیت مطلوب است.

دانشگاه پیام نور



برنامه عامل مي تواند اين اطلاعات را با اطلاعاتي درباره نتايج اعمال ممکن (همانند اطلاعاتي که در عامل واکنش براي بهنگام سازي وضعيت داخلي استفاده شد) ترکیب نموده تا اعمال مناسب را براي دسترسي به هدف انتخاب نماید.

**در موقعي ساده است:** که رضایت از هدف بلافاصله از عمل واحد تولید گردد.

**در موقعي پیچیده است:** که عامل باید دنباله هاي طولاني را در نظر گرفته تا راهي براي دستیابي به هدف پیدا کند.

در موقع پیچیده ، جستجو و برنامه ریزی به یافتن دنباله اعمال منجر خواهند شد.

دانشگاه پیام نور  
پیام





## تفاوت عامل‌های واکنشی و هدف‌گرا:

در طراحی عامل‌های واکنشی طراح برای حالات متفاوت عملی درست را پیش محاسبه می‌کند. در عامل‌های هدف‌گرا، عامل می‌تواند دانش خود را در مورد چگونگی واکنش به‌نگام سازد.

دانشگاه پیام‌نور

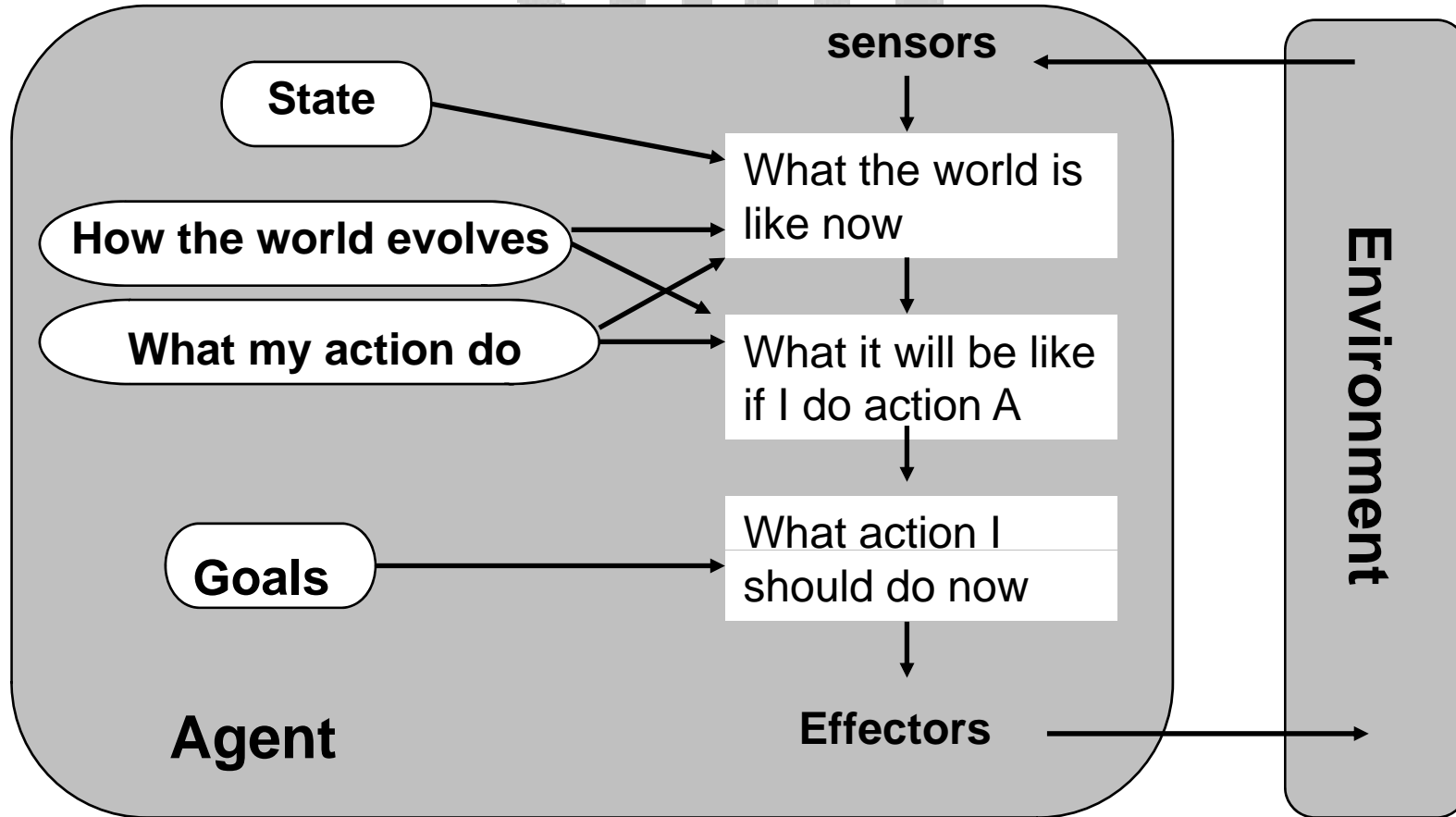


۱. برای عامل واکنشی ما مجبور به دوباره نویسی تعداد زیادی قوانین شرط – عمل خواهیم بود.
۲. عامل هدف گرا نسبت به رسیدن به مقاصد متفاوت انعطاف پذیر است.
۳. بسادگی با تعیین یک هدف تازه ، می توانیم عامل هدف گرا را به رفتار تازه برسانیم.

دانشگاه پیام نور



عاملي با اهداف دقيق



## عوامل های سودمند:

- اهداف به تنهایی برای تولید رفتار با کیفیت بالا کافی نیستند.
- ملاک کارایی عمومی باید مقایسه‌ای بین وضعیت‌های دنیای متفاوت (یا دنباله حالات) را بر پایه چگونگی رضایت عامل در صورت حصول هدف بدهد.
- بنابراین اگر یک وضعیت دنیا به دیگری ترجیح داده می‌شود، آنگاه آن برای عامل سودمندتر خواهد بود

دانشگاه پیام نور



**سودمندی:** تابعی است که یک وضعیت را به عدد حقیقی نگاشت می‌دهد، که درجه رضایت مربوط را تشریح می‌کند.

مشخصات کامل تابع سودمندی امکان تصمیم‌گیری منطقی را برای دو نوع حالتی که هدف مشکل دارد، اجازه می‌دهد.

۱. زمانی که اهداف متناقض وجود دارند.

۲. زمانی که چندین هدف دارند که عامل می‌تواند آنها را هدف قرار دهد و هیچکدام از آنها با قطعیت قابل حصول نیست.

دانشگاه پیام نور



ارتباط بین عامل و محیط: اعمال بوسیله عامل بر محیط انجام می شود ، که خود ادراک عامل را مهیا می سازد.



خواص محیط:

❖ قابل دسترسی در مقابل غیر دسترسی

❖ قطعی در برابر غیر قطعی

❖ اپیزودیک در مقابل غیراپیزودیک

❖ ایستا در مقابل پویا

❖ گسسته در مقابل پیوسته

دانشگاه پیام نور



## ❖ قابل دسترسي در مقابل غيرقابل دسترسي

**محيط قابل دسترسي:** محيطي كه عامل آن توسط ابزار حس كننده اش امكان دسترسي به وضعيت كامل محيط را داشته باشد.

محيط قابل دسترسي راحت است ، زيرا عامل نيازمند دستكاري هيچ وضعيت داخلي براي حفظ دنيا را نخواهد داشت.

دانشگاه پیام نور



## ❖ قطعي در مقابل غير قطعي

**محيط قطعي:** محيطي است که اگر وضعیت بعدي محيط بوسيله وضعیت کنوني و اعمايي که با عامل ها انتخاب

گردد ، تعيين شود.

بهرتر است به قطعي يا غير قطعي بودن محيط از دیدگاه عامل نگاه کنیم.

دانشگاه پیام نور

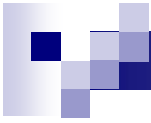




## ❖ اپیزودیک در مقابل غیر اپیزودیک

- محیط اپیزودیک (**episodic**)، تجربه عامل به اپیزودهایی تقسیم می‌گردد.
- هر اپیزود شامل درک و عمل عامل است.
- کیفیت اعمال آن تنها به خود اپیزود وابسته است.
- محیط‌های اپیزودی بسیار ساده‌ترند زیرا عامل نباید به جلوتر فکر کند.

دانشگاه پیام نور



## ❖ ایستا در مقابل پویا

**محیط پویا:** محیطی که در حین سنجیدن عامل تغییر می‌کند.

**محیط نیمه پویا:** محیطی که با گذر زمان تغییر نمی‌کند اما امتیاز کارایی تغییر می‌کند.

محیط‌های ایستا برای کار ساده هستند زیرا عامل نیاز به نگاه کردن به دنیا در حین تصمیم‌گیری عملی نداشته و

همچنین در مورد گذر زمان نیز نگران نمی‌باشد.

دانشگاه پیام نور



## ❖ گسسته در مقابل پیوسته



محیط گسسته: اگر تعداد محدود و مجزا از ادراک و اعمال بوضوح تعریف شده باشد.

- بازی شطرنج گسسته است.

- رانندگی تاکسی پیوسته است.

سخت‌ترین حالت در بین حالات موجود برای محیط:

غیر قابل دسترسی ، غیر اپیزودیک ، پویا و پیوسته

دانشگاه پیام نور

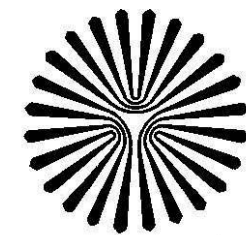
### مثال‌هایی از انواع محیط و ویژگی‌های آنها

محیط	قابل دسترسی	قطعی	اپیزودیک	ایستا	گسترده
شطرنج به همراه ساعت	YES	YES	NO	Semi	YES
شطرنج بدون ساعت	YES	YES	NO	YES	YES
پوکر	NO	NO	NO	YES	YES
تخته نرد	YES	NO	NO	YES	YES
راندن تاکسی	NO	NO	NO	NO	NO
سیستم تشخیص پزشکی	NO	NO	NO	NO	NO
سیستم تحلیل تصویر	YES	YES	YES	Semi	NO
ربات جابجا کننده اشیاء	NO	NO	YES	NO	NO
کنترل کننده پالایشگاه	NO	NO	NO	NO	NO
آموزش دهنده انگلیسی با ارتباط متقابل	NO	NO	NO	NO	YES

## برنامه‌های محیط

- شبیه‌سازی یک یا چند عامل را به عنوان ورودی گرفته و بگونه‌ای عمل می‌کند که هر عامل ادراک درست و نتیجه بازگشتی عمل خود را بدست آورد.
- شبیه‌سازی محیط را بر اساس اعمال و دیگر فرآیندهای پویای محیط بهنگام می‌سازد.
- محیط با وضعیت آغازین و تابع بهنگام‌سازی تعریف می‌گردد.

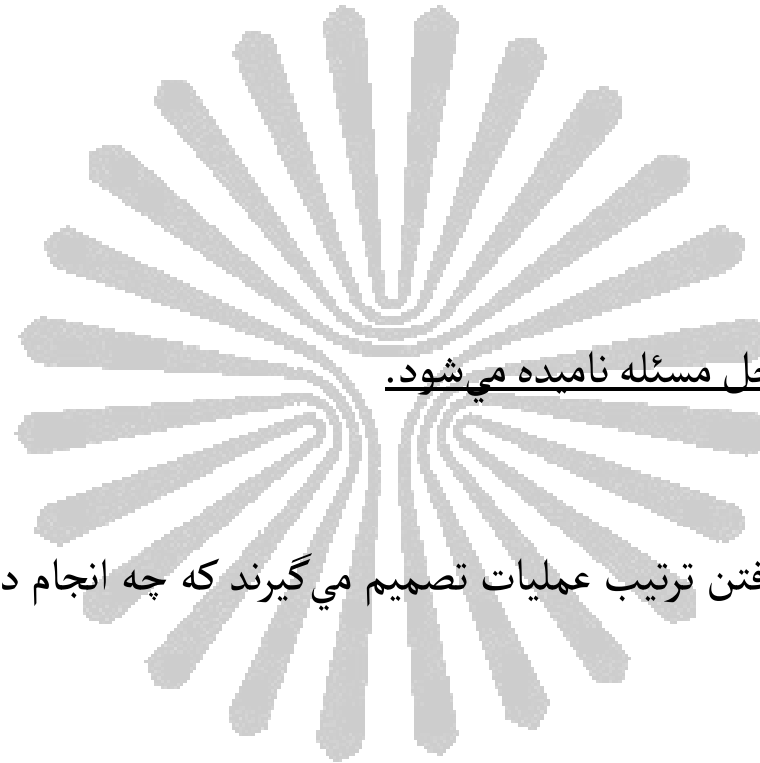
دانشگاه پیام نور



دانشگاه پیام نور

فصل سوم:

## حل مسائل توسط جستجو



یک نوع عامل هدفگرا، عامل حل مسئله نامیده می شود.

**عامل های حل مسئله** توسط یافتن ترتیب عملیات تصمیم می گیرند که چه انجام دهند تا آنها را به حالت های مطلوب سوق دهد.

دانشگاه پیام نور



## عوامل های حل مسئله

- عوامل های هوشمند به طریقی عمل می کنند که محیط مستقیماً به داخل دنباله حالت های وارد شود که معیار کارآرایی را افزایش می دهند.
- عملیات به گونه ای ساده سازی می شوند که عامل قادر باشد تا هدفی را قبول کرده و به آن برسد.
- الگوریتم جستجو مسئله ای را به عنوان ورودی دریافت نموده و راه حلی را به صورت دنباله عملیات بر می گرداند.

دانشگاه پیام نور





**فاز اجرایی:** مرحله‌ای است که در آن زمان، راه‌حلی پیدا می‌شود و عملیات پیشنهادی می‌توانند انجام شوند. به طور ساده برای طرح یک عامل مراحل «فرموله‌سازی، جستجو، اجرا» را در نظر می‌گیریم.

پس از فرموله‌سازی یک هدف و یک مسئله برای حل عامل،

۱. رویه جستجویی را برای حل آن مسئله فراخوانی می‌کند.
۲. از راه حل برای راهنمایی عملیاتش استفاده می‌کند و هرآنچه که راه حل پیشنهاد می‌کند را انجام می‌دهد.
۳. آن مرحله را از دنباله حذف می‌کند.
۴. زمانی که راه حل اجرا شد، عامل هدف جدیدی را پیدا می‌کند.

پیشگام نو



چهار نوع اساسي از مسائل وجود دارند:

❖ مسائل تک حالت (Single-state)

❖ مسائل چند حالت (Multiple-state)

❖ مسائل احتمالي (Contingency)

❖ مسائل اکتشافي (Exploration)

دانشگاه پیام نور



دانش و انواع مسئله

دنیای مکش (جاروبرقی):

اگر دنیا حاوی دو محل باشد:

هر محل ممکن است که شامل خاک باشد و یا نباشد و عامل ممکن است که در یک محل یا دیگر محل ها باشد ؛

که دارای هشت حالت متفاوت خواهد بود.

هدف تمیز کردن تمام خاک ها است که در اینجا معادل با مجموعه حالت {۷ و ۸} است.



مدل های مختلف برای مسئله جاروبرقی:

-مدل تک حالت:

حس گرهای عامل به آن اطلاعات کافی می دهند تا وضعیت دقیق مشخص شود. (دنیا قابل دسترسی است).

عامل می تواند محاسبه کند که کدام وضعیت پس از هر دنباله از عملیات قرار خواهد گرفت.

دانشگاه پیام نور



## - مدل چند حالتی:



عامل تمام اثرهای عملیاتی را می‌داند اما دسترسی به حالت دنیا را محدود کرده است.

زمانی که دنیا تماماً قابل دسترسی نیست عامل باید در مورد مجموعه حالت‌هایی که ممکن است به آن برسد استدلال کند.

دانشگاه پیام نور



### - مدل احتمالی:

با این مدل حل مسئله ، حس گرهایی را در طول فاز اجرایی نیاز داریم. عامل اکنون باید تمام درخت عملیاتی را بر خلاف دنباله عملیاتی منفرد ، محاسبه کند. که به طور کلی هر شاخه درخت ، با یک امکان احتمالی که از آن ناشی می شود ، بررسی می شود.

دانشگاه پیام نور

## - مدل اکتشافی:

عواملی که هیچ اطلاعاتی در مورد اثرات عملیاتی ندارند. در این حالت، عامل باید تجربه کند و به تدریج کشف کند که چه عملیاتی باید انجام شود و چه وضعیت‌هایی وجود دارند. این روش یک نوع جستجو است. اگر عامل نجات یابد، «نقشه‌ای» از محیط را یاد می‌گیرد که می‌تواند مسائل بعدی را حل کند.

دانشگاه پیام نور



مسائل و راه‌حل‌های خوب تعریف شده

**مسئله:** در واقع مجموعه‌ای از اطلاعات است که عامل از آنها برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه چه کاری انجام دهد، استفاده می‌کند.

عناصر اولیه تعریف یک مسئله، وضعیت‌ها عملیات هستند.

دانشگاه پیام‌نور





برای تعریف یک مسئله موارد زیر نیاز داریم:

- ✓ وضعیت آغازین (**initial state**) که عامل خودش از بودن در آن آگاه است.
- ✓ مجموعه‌ای از عملیات ممکن ، که برای عامل قابل دسترسی باشد.
- ✓ آزمون هدف (**goal test**) ، که عامل می‌تواند در یک تعریف وضعیت منفرد آن را تقاضا کند تا تعیین گردد که آن حالت ، وضعیت هدف است یا خیر.
- ✓ تابع هزینه مسیر ، تابعی است که برای هر مسیر ، هزینه‌ای را در نظر می‌گیرد ؛ و با حرف **g** مشخص می‌شود.

هزینه یک سفر = مجموع هزینه‌های عملیات اختصاصی در طول مسیر



برای حل مسئله چند حالت ، فقط به یک اصلاح جزئی نیاز داریم:

### یک مسئله شامل:

- یک مجموعه حالت اولیه
- مجموعه‌ای از عملگرهای ویژه برای هر عمل به گونه‌ای که از هر وضعیت داده شده مجموعه‌ای حالات رسیده شده و یک آزمون هدف و تابع هزینه مسیر را معین کند.

دانشگاه پیام نور



یک عملگر:

توسط اجتماع نتایج اعمال عملگر در هر وضعیت مجموعه ، به کار برده می شود.

یک مسیر:

مجموعه حالات را مرتبط می کند.

یک راه حل:

مسیری است که به مجموعه ای از حالات که تمام آنها ، وضعیت هدف هستند ، سوق می دهند.

دانشگاه پیام نور

## اندازه‌گیری کارایی حل مسئله:

کارایی یک جستجو، حداقل از سه طریق می‌تواند اندازه‌گیری شود:

۱. آیا این جستجو راه حلی پیدا می‌کند؟
۲. آیا راه حلی مناسبی است؟
۳. هزینه جستجو از نظر زمانی و حافظه مورد نیاز برای یافتن راه حل چیست؟

مجموع هزینه جستجو = هزینه مسیر + هزینه جستجو

عامل باید تصمیم بگیرد که چه منابعی را فدای جستجو و چه منابعی را صرف اجرا کند.



## انتخاب حالات و عملیات



هنر واقعی حل مسئله ، تصمیم‌گیری در مورد این است که چه چیزهایی در تعریف حالات و عملگرها باید به حساب آورده شوند و چه چیزهایی باید کنار گذاشته شوند.

دانشگاه پیام نور

## انتزاع:

فرآیند حذف جزئیات از یک بارنمایی انتزاع (abstraction) نامیده می‌شود.

- همانگونه که تعریف را خلاصه می‌کنیم می‌بایست عملیات را نیز خلاصه نمائیم.
- انتزاع به این دلیل مفید است ، که انجام هر کدام از عملیات آسانتر از مسئله اصلی است.
- انتخاب یک انتزاع خوب از این رو شامل حذف تا حد ممکن می‌شود تا زمانی که عملیات خلاصه شده برای انجام آسان باشند.

دانشگاه پیام نور



مسائل نمونه:

مسائل اسباب بازي

دانشگاه پیام نور

## مسائل نمونه: مسائل اسباب بازی

معمای ۸:

معمای ۸ نمونه‌ای است شامل یک صفحه  $3 \times 3$  با ۸ مربع شماره دار در یک صفحه خالی. هر مربع که مجاور خانه خالی است. می‌تواند به درون آن خانه برود. هدف رسیدن به ساختاری است که در سمت راست شکل نشان داده شده است. نکته مهم این است که بجای اینکه بگوییم «مربع شماره ۴ را به داخل فضای خالی حرکت بده» بهتر است بگوییم «فضای خالی جایش را با مربع سمت چپش عوض کند.»

Start State

5	4	
6	1	8
7	3	2

Goal State

1	2	3
8		4
7	6	5





**حالت‌ها:** توصیف وضعیت مکان هر ۸ مربع را در یکی از ۶ خانه صفحه مشخص می‌کند. برای کارایی بیشتر، بهتر است که فضاهای خالی نیز ذکر شود.

**عملگرها:** فضای خالی به چپ، راست، بالا و پائین حرکت کند.

**آزمون هدف:** وضعیت با ساختار هدف مطابقت می‌کند.

**هزینه مسیر:** هر قدم ارزش ۱ دارد، بنابراین هزینه مسیر همان طول مسیر است.

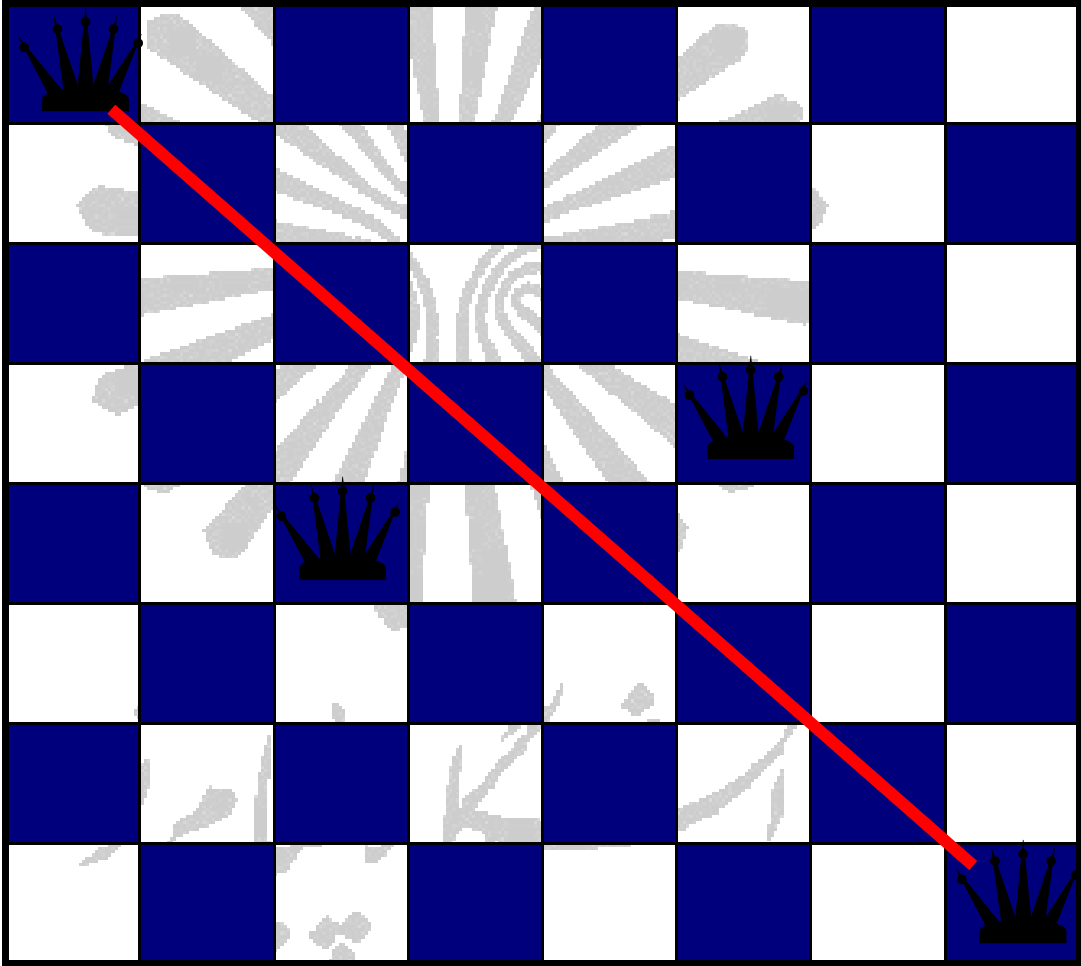
دانشگاه پیام نور

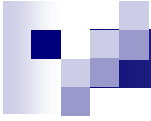
## مسئله ۸ وزیر:

هدف از مسئله ۸ وزیر، قرار دادن ۸ وزیر بر روی صفحه شطرنج به صورتی است که هیچ وزیری نتواند به دیگری حمله کند.

دو نوع بیان ریاضی اصلی وجود دارد بیان افزایشی که با جایگزینی وزیرها، به صورت یکی یکی کار می‌کند و دیگری بیان وضعیت کامل که با تمام ۸ وزیر روی صفحه شروع می‌کند و آنها را حرکت می‌دهد. در این فرمول ما ۶۴ امکان داریم.

دانشگاه پیام نور





بنابراین ما تست هدف و هزینه مسیر را به صورت زیر خواهیم داشت:

**آزمون هدف:** ۸ وزیر روی صفحه ، که با هم برخورد ندارند.

**هزینه مسیر:** صفر.

**حالات:** ترتیب از صفر تا ۸ وزیر بدون هیچ برخورد.

**عملگرها:** یک وزیر را در خالی ترین ستون سمت چپ جایگزین کنید که هیچ برخوردی با بقیه نداشته باشد.

دانشگاه پیام نور

## :Cryptarithmic

در مسائل کریپتاریتمیک ، حروف به جای ارقام می نشینند و هدف یافتن جایگزینی از اعداد برای حروف است که مجموع نتیجه از نظر ریاضی درست باشد. معمولاً هر حرف باید به جای یک رقم مختلف بنشینند.

مثال:

$$\begin{array}{r} \text{FORTY} \\ + \text{TEN} \\ + \text{TEN} \\ \hline \text{SIXTY} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 29786 \\ + 850 \\ + 850 \\ \hline 31486 \end{array} \qquad \text{F}=2, \text{O}=9, \text{R}=7, \text{etc.}$$



یک فرمول ساده:

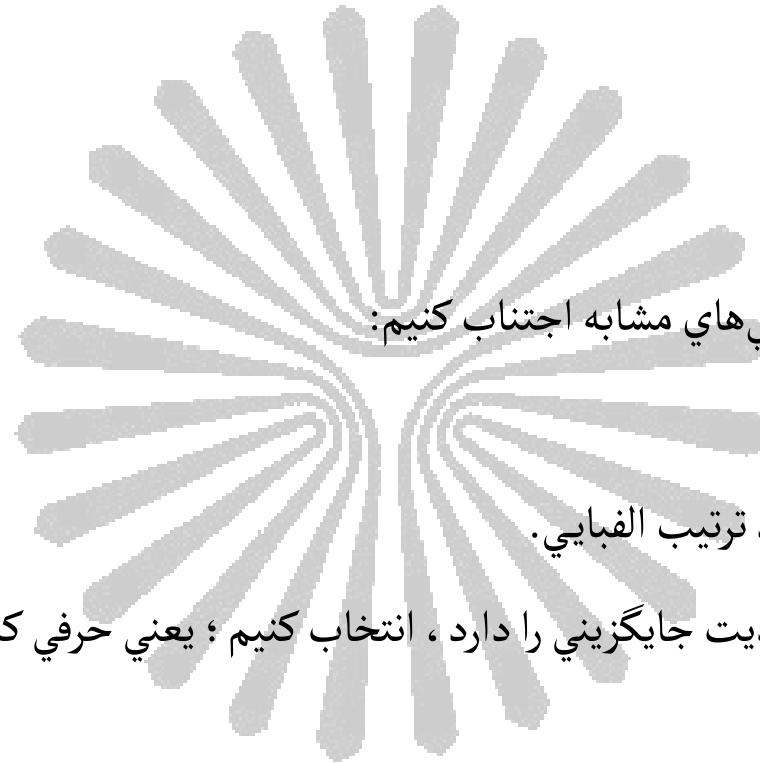
حالات: یک معمای Cryptarithmic با چند حروف جایگزین شده توسط ارقام.

عملگرها: وقوع یک حروف را با یک رقم جایگزین کنید که قبلاً در معما ظاهر نشده باشد.

آزمون هدف: معما فقط شامل ارقام است و یک مجموع صحیح را بر می گرداند.

هزینه مسیر: صفر - تمام راه حل های صحیح است.

دانشگاه پیام نور



می خواهیم که از تبدیل جایگزینی های مشابه اجتناب کنیم:

✓ قبول یک ترتیب ثابت مانند ترتیب الفبایی.

✓ هر کدام که بیشترین محدودیت جایگزینی را دارد، انتخاب کنیم؛ یعنی حرفی که کمترین امکان مجاز را دارند،

محدودیت های معما را می دهد.

دانشگاه پیام نور



دنیای مکش:



**مسئله تک حالت:** عامل از جای خودش اطلاع دارد و تمام مکان‌های آلوده را می‌شناسد و دستگاه مکنده ما درست کار می‌کند.

حالات: یکی از ۸ حالت نشان داده شده.

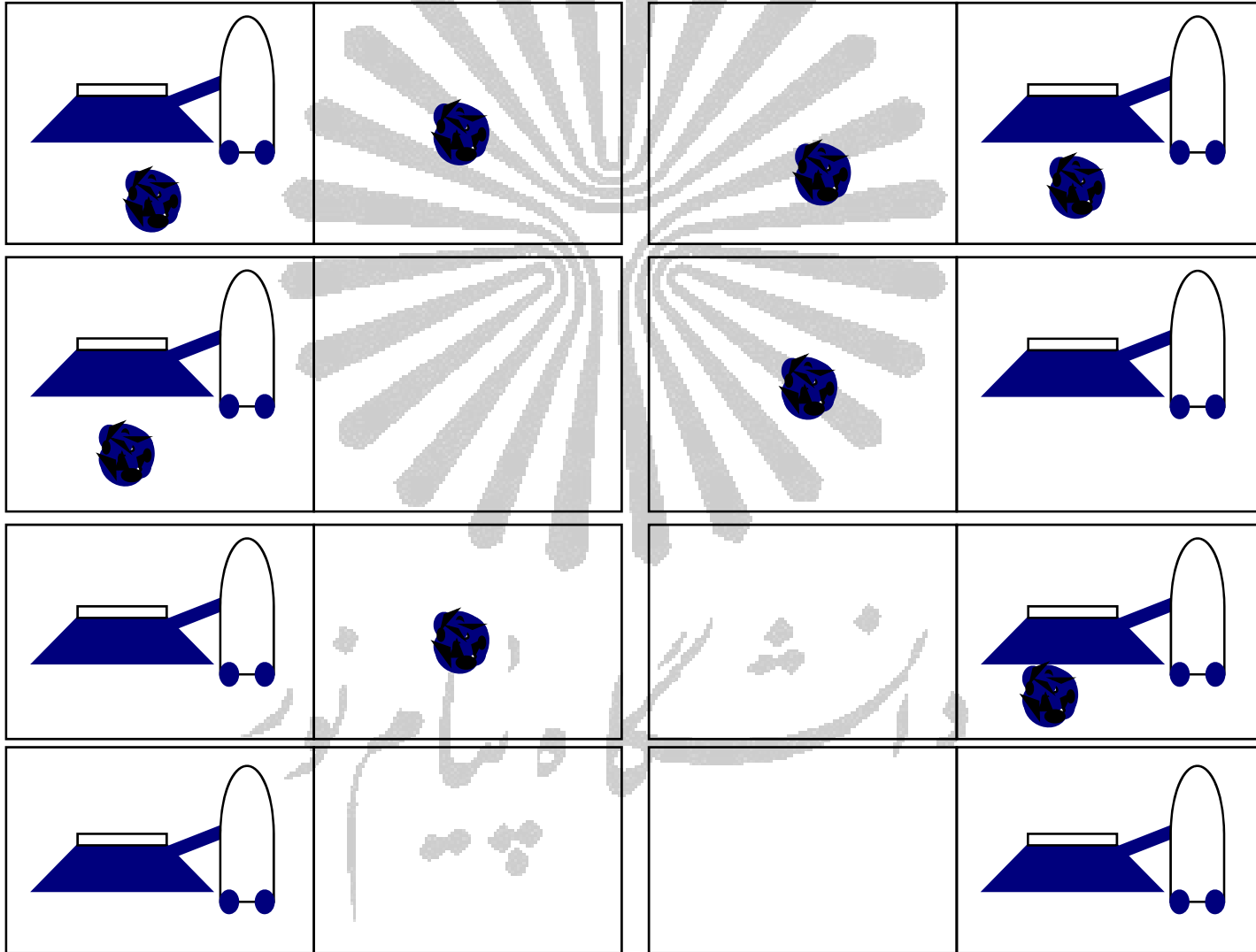
عملگرها: حرکت به چپ ، حرکت به راست ، عمل مکش.

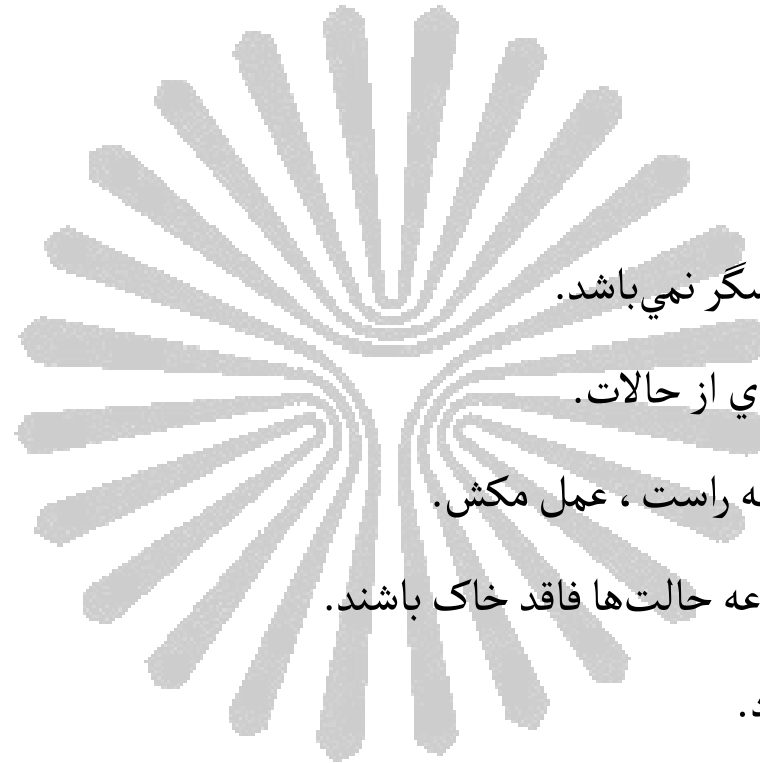
آزمون هدف: هیچ خاکی در چهار گوش‌ها نباشد.

هزینه مسیر: هر عمل ارزش ۱ دارد.

پیام نور







مسئله چند حالتی: عامل دارای حسگر نمی باشد.

مجموعه وضعیت‌ها: زیر مجموعه‌ای از حالات.

عملگرها: حرکت به چپ ، حرکت به راست ، عمل مکش.

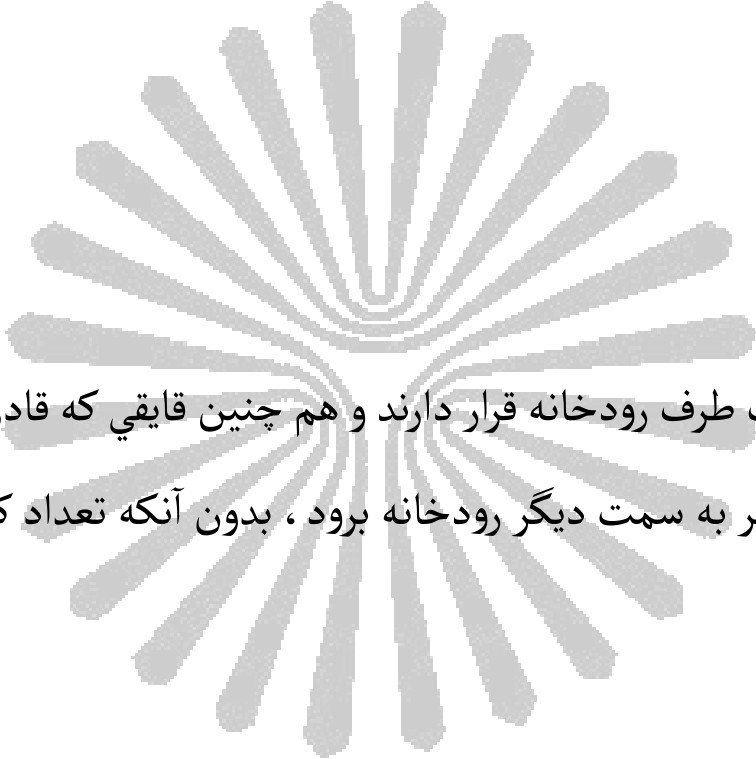
آزمون هدف: تمام حالات در مجموعه حالت‌ها فاقد خاک باشند.

هزینه مسیر: هر عمل هزینه ۱ دارد.

دانشگاه پیام نور  
پیام

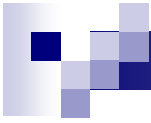


## مسئله کشیش‌ها و آدم‌خوارها:



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.

دانشگاه پیام‌نور



**حالات:** یک حالت شامل یک دنباله مرتب شده از عدد است که تعداد کشیش ها ، تعداد آدمخوارها و محل قایق در ساحلی از رودخانه که از آنجا مسئله شروع شده را نمایش می دهد.

**عملگرها:** از هر حالت ، عملگرهای ممکن یک کشیش ، یک آدمخوار ، دو کشیش ، دو آدمخوار ، یا یکی از هر کدام را در قایق جا می دهند.

**آزمون هدف:** رسیدن به حالت (۰ و ۰ و ۰).

**هزینه مسیر:** تعداد دفعات عبور از رودخانه.

دانشگاه پیام نور



# مسائل دنیای واقعی

مسیریابی:

الگوریتم‌های مسیریابی کاربردهای زیادی دارند، مانند مسیریابی در شبکه‌های کامپیوتری، سیستم‌های خودکار مسافرتی و سیستم‌های برنامه‌نویسی مسافرتی هوایی.

دانشگاه پیام نور



## مسائل فروشنده دوره گرد و تور :

مسئله فروشنده دوره گرد مسئله مشهوری است که در آن هر شهر حداقل یکبار باید ملاقات شود هدف یافتن کوتاهترین مسیر است.

علاوه بر مکان عامل ، هر حالت باید مجموعه شهرهایی را که عامل ملاقات کرده ، نگه دارد.

علاوه بر برنامه‌ریزی صفر برای فروشنده دوره‌گرد ، این الگوریتم‌ها برای اعمالی نظیر برنامه‌ریزی حرکات مت

خوردگار سوراخ‌کننده برد مدار استفاده می‌شود.

دانشگاه پیام نور

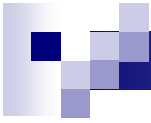
## طرح VISI:

ابزار طراحی کمکی کامپیوتری در هر فازی از پردازش استفاده می شود دو وظیفه بسیار مشکل عبارتند از:

- Channel routing
- Cell layout

که بعد از اینکه ارتباطات و اتصالات مدار کامل شد، این دو قسمت انجام می شوند.

دانشگاه پیام نور



- ❖ هدف طراحی مداري روی تراشه است که کمترین مساحت و طول اتصالات و بیشترین سرعت را داشته باشد.
- ❖ هدف قرار دادن سلول‌ها روی تراشه به گونه‌ای است که آنها روی هم قرار نگیرند و بنابراین فضایی نیز برای سیم‌های ارتباطی وجود دارد که باید بین سلول‌ها قرار گیرند.
- ❖ کانال‌یابی، مسیر ویژه‌ای را برای هر سیم که از فواصل بین سلول‌ها استفاده می‌کند، پیدا می‌کند.

دانشگاه پیام‌نور



## هدایت ربات:

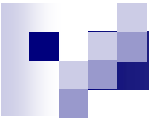
- ✓ یک ربات می‌تواند در یک فضای پیوسته با یک مجموعه نامحدودی از حالات و عملیات ممکن حرکت کند.
- ✓ ربات‌های واقعی باید قابلیت تصحیح اشتباهات را در خواندن حسگرها و کنترل موتور داشته باشند.

دانشگاه پیام نور

## خط تولید خودکار:

در مسائل سرهم‌بندی ، مشکل یافتن قانونی است که تکه‌های چند شیئی را جمع کند. اگر ترتیب نادرست انتخاب شود ، راهی نیست که بتوان قسمت‌های بعدی را بدون از نو انجام دادن قسمت‌های قبلی ، اضافه کرد. کنترل یک مرحله در دنباله ، یک مسئله جستجوی پیچیده هندسی است که ارتباط نزدیکی با هدایت ربات دارد. از این رو تولید مابعدهای مجاز گران‌ترین قسمت دنباله سرهم‌بندی است و استفاده از الگوریتم‌های آگاهانه برای کاهش جستجو ، ضروری است.

دانشگاه پیام نور



جستجو براي راه حل:

- ✓ نگهداري و گسترش يك مجموعه از دنباله هاي راه حل ناتمام.
- ✓ جستجوي حالت هاي موجود و يافتن راه حل بنا بر اصل جستجو.

دانشگاه پیام نور



تولید دنباله‌های عمل:

**فرایند گسترش حالت:** فرایندی که از طریق تولید مجموعه جدیدی از حالات، عملگرها در حالت جاری را به کار گرفته، و نتیجتاً حالت هدف را در مجموعه وارد می‌کند.

**اصل جستجو:** انتخاب یک حالت و کنار گذاشتن بقیه برای بعد، زمانی که اولین انتخاب به حل مسئله منجر نشود.

**ریشه درخت جستجو:** یک گره جستجو است که با حالت اولیه مطابقت دارد.

**گره‌های برگ درخت:** حالاتی هستند که دارای فرزندی در درخت نیستند.





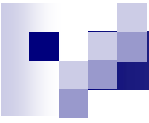
## ساختارهای داده برای درخت‌های جستجو:

گره به عنوان یک ساختار داده با پنج قسمت به شرح زیر است:

- ❖ وضعیتی که گره در فضای حالات دارا می‌باشند.
- ❖ گره‌ای که در جستجوی درخت، گره جدیدی را تولید کرده است (گره والد).
- ❖ عملگری که برای تولید گره به کار رفته است.
- ❖ تعداد گره‌های مسیر، از ریشه تا گره موردنظر (عمق گره).
- ❖ هزینه مسیر، از حالت اولیه تا گره.

### تفاوت بین گره‌ها و حالت‌ها:

گره‌ها عمق و والد دارند؛ در صورتی که حالت‌ها شامل چنین چیزهایی نیستند.



## استراتژی جستجو:

استراتژی‌ها باید دارای ۴ معیار زیر باشند:

❖ کامل بودن

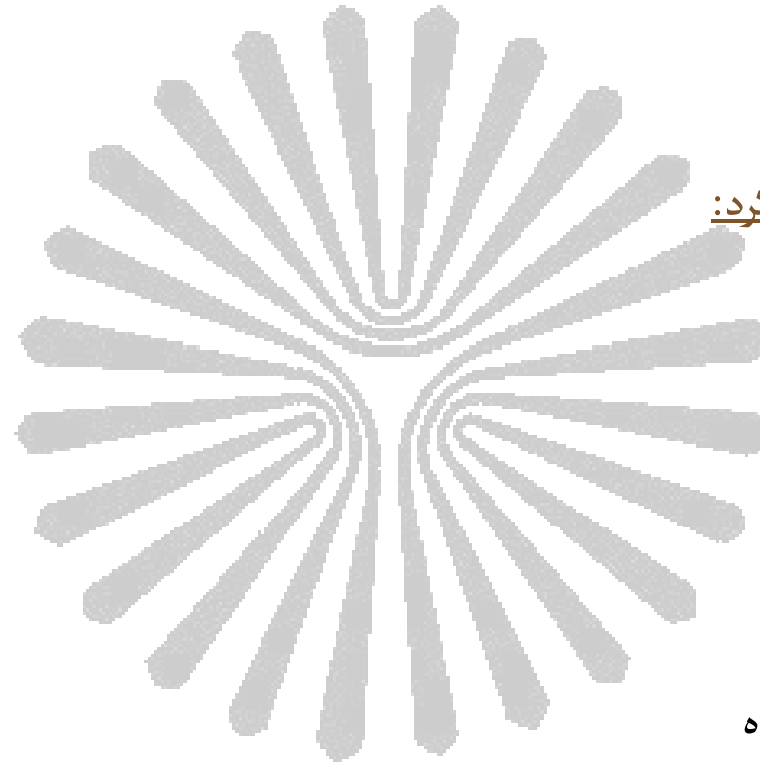
❖ پیچیدگی زمانی

❖ پیچیدگی فضا

❖ بهینگی

دانشگاه پیام نور

ما ۶ استراتژی را بررسی خواهیم کرد:



■ جستجوی سطحی

■ جستجوی با هزینه یکسان

■ جستجوی عمیق

■ جستجوی عمیق محدود شده

■ جستجوی عمیق کننده تکراری

■ جستجوی دوطرفه

دانشگاه پیام نور

## جستجوی سطحی:

در این استراتژی که بسیار سیستماتیک است، ابتدا گره ریشه، و سپس تمام گره‌های دیگر گسترش داده می‌شوند.

به عبارت کلی‌تر، تمام گره‌های عمیق  $d$ ، قبل از گره‌های عمیق  $d+1$  گسترش داده می‌شوند.

## مزایا:

جستجوی سطحی، کامل و بهینه می‌باشد زیرا هزینه مسیر، یک تابع کاهش نیابنده از عمق گره است.

## معایب:

مرتبه زمانی  $O(bd)$  می‌باشد که نمایی است.

نیاز به حافظه زیاد.

دانشگاه پیام نور





جستجوی با هزینه یکسان:

در این استراتژی ، در شرایط عمومی ، اولین راه حل ، ارزان ترین راه نیز هست.

اگر هزینه مسیر توسط تابع  $g(n)$  اندازه گیری شود ، در این صورت جستجوی سطحی همان جستجوی با هزینه

یکسان است با:

$$g(n) = \text{DEPTH}(n)$$

دانشگاه پیام نور



## جستجوی عمقی:

این استراتژی، یکی از گره‌ها را در پائین‌ترین سطح درخت بسط می‌دهد؛ اما اگر به نتیجه نرسید، به سراغ گره‌هایی در سطوح کم عمیق‌تر می‌رود.

### مزایا:

این جستجو، نیاز به حافظه نسبتاً کمی فقط برای ذخیره مسیر واحدی از ریشه به یک گره برگ، و گره‌های باقی‌مانده بسط داده نشده دارد.

پیچیدگی زمانی  $O(bm)$  می‌باشد. به طوریکه  $b$  فاکتور انشعاب فضای حالت، و  $m$  حداکثر عمق درخت باشد.

دانشگاه پیام نور



**معایب:**

اگر مسیری را اشتباه طی کند ، هنگام پائین رفتن گیر می کند.

جستجوی عمقی نه کامل و نه بهینه است.

در درخت های با عمق نامحدود و بزرگ این استراتژی کار نمی کند.

دانشگاه پیام نور  
پیام



## جستجوی عمقی محدود شده:

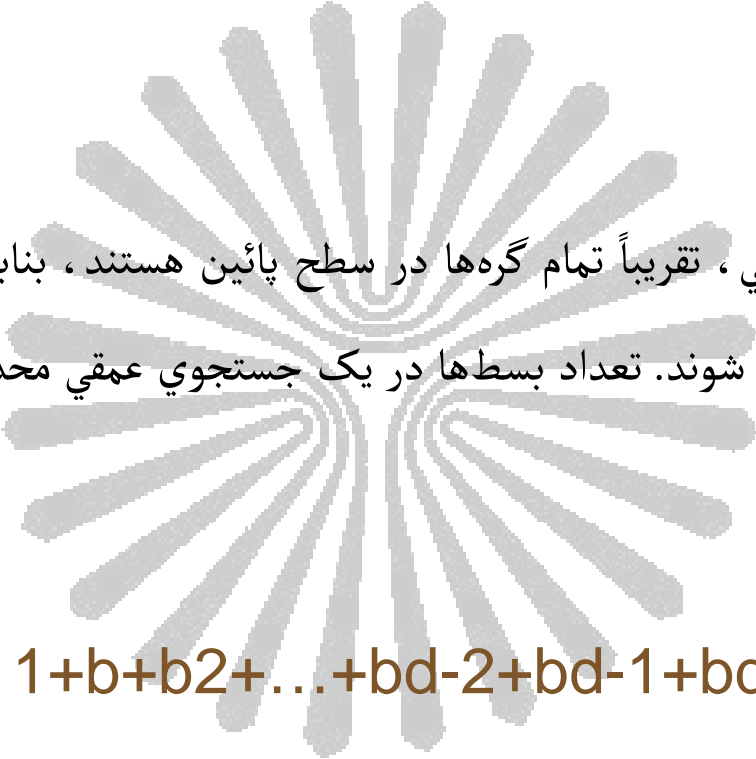

این استراتژی، برای رهایی از دامی که جستجوی عمقی در آن گرفتار می‌شود، از یک برش استفاده می‌کند.

جستجوی عمقی محدود شده کامل است اما بهینه نیست.

زمان و پیچیدگی فضای جستجوی عمقی محدود شده، مشابه جستجوی عمقی است. این جستجو پیچیدگی زمانی

$O(bL)$  و فضای  $O(bL)$  را خواهد داشت، که  $L$  محدوده عمق است.

دانشگاه پیام نور



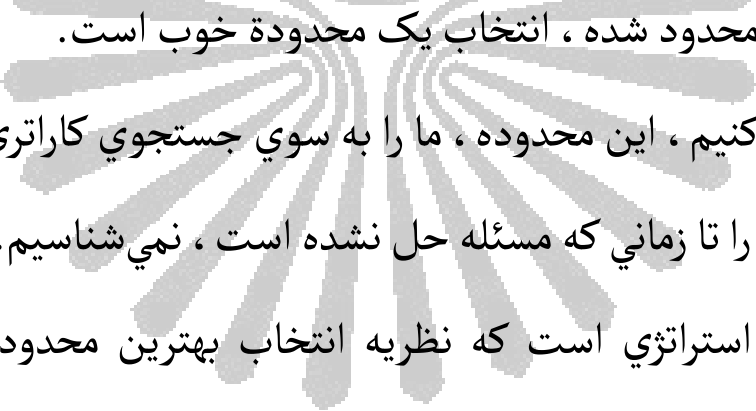
در یک درخت جستجوی نمایی، تقریباً تمام گره‌ها در سطح پائین هستند، بنابراین موردی ندارد که سطوح بالایی چندین مرتبه بسط داده شوند. تعداد بسط‌ها در یک جستجوی عمقی محدود شده با عمق  $d$  و فاکتور انشعاب  $b$  به قرار زیر است:

$$1 + b + b^2 + \dots + b^{d-2} + b^{d-1} + b^d$$

دانشگاه پیام نور

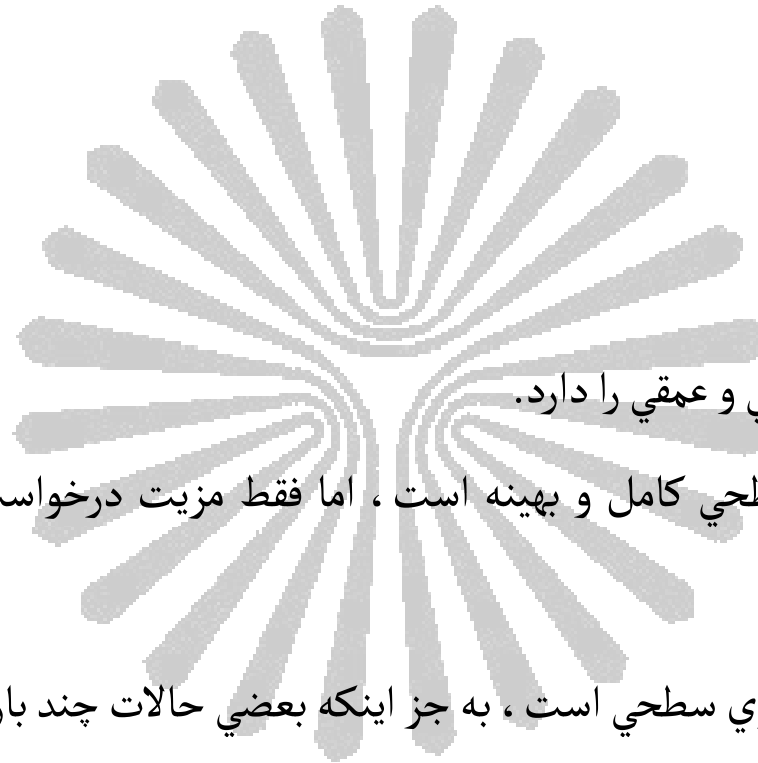


## جستجوی عمیق کننده تکراری :



قسمت دشوار جستجوی عمیق محدود شده ، انتخاب یک محدوده خوب است .  
اگر محدوده عمق بهتری را پیدا کنیم ، این محدوده ، ما را به سوی جستجوی کاراتری سوق می دهد . اما برای بیشتر مسائل ، محدوده عمیق مناسب را تا زمانی که مسئله حل نشده است ، نمی شناسیم .  
جستجوی عمیق کننده تکراری استراتژی است که نظریه انتخاب بهترین محدوده عمیق ، توسط امتحان تمام محدوده مسیرهای ممکن را یادآوری می کند .

دانشگاه پیام نور



## مزایا:

ترکیبی از مزایای جستجوی سطحی و عمقی را دارد.

این جستجو مانند جستجوی سطحی کامل و بهینه است ، اما فقط مزیت درخواست حافظه اندک را از جستجوی عمقی دارد.

مرتبه بسط حالات مشابه جستجوی سطحی است ، به جز اینکه بعضی حالات چند بار بسط داده می شوند.

دانشگاه پیام نور

در جستجوی عمیق‌کننده تکراری، گره‌های سطوح پائینی یک بار بسط داده می‌شوند، آنهایی که یک سطح بالاتر قرار دارند دوبار بسط داده می‌شوند و الی آخر تا به ریشه درخت جستجو برسد، که  $d+1$  بار بسط داده می‌شوند. بنابراین مجموع دفعات بسط در این جستجو عبارتست از:

$$(d+1)1 + (d)b + (d-1)b^2 + \dots + 3bd^{-2} + 2bd^{-1} + 1bd$$

پیچیدگی زمانی این جستجو هنوز  $O(bd)$  است، و پیچیدگی فضا  $O(bd)$  است.

در حالت کلی، عمیق‌کننده تکراری، روش جستجوی برتری است؛ زمانی که فضای جستجوی بزرگی وجود دارد و عمق راه حل نیز مجهول است.

دانشگاه پیام نور

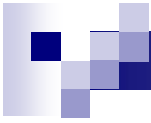


## جستجوی دوطرفه:

ایده جستجوی دوطرفه در واقع شبیه‌سازی جستجویی به سمت جلو از حالت اولیه و به سمت عقب از هدف است و زمانی که این دو جستجو به هم برسند، متوقف می‌شود. برای پیاده‌سازی الگوریتم سؤالات زیر باید پاسخ داده شوند:

- سؤال اصلی این است که، جستجو از سمت هدف به چه معنی است؟ ماقبل‌های (predecessors) یک گره  $n$  را گره‌هایی در نظر می‌گیریم که  $n$  مابعد (successor) آنها باشد. جستجو به سمت عقب بدین معناست که تولید ماقبل‌ها از گره هدف آغاز شود.

دانشگاه پیام نور



۲. زمانی که تمام عملگرها ، قابل وارونه شدن باشند ، مجموعه ماقبل ها و مابعدها یکسان هستند.
۳. چه کار می توان کرد زمانی که هدف های متفاوتی وجود داشته باشد؟ اگر لیست صریحی از حالت های هدف وجود داشته باشد ، می توانیم یک تابع ماقبل برای مجموعه حالت تقاضا کنیم در حالیکه تابع مابعد یا (جانشین) در جستجوی مسائل چندوضعیته به کار می رود.
۴. باید یک راه موثر برای کنترل هر گره جدید وجود داشته باشد تا متوجه شویم که آیا این گره قبلاً در درخت جستجو توسط جستجوی طرف دیگر ، ظاهر شده است یا خیر.
۵. نیاز داریم که تصمیم بگیریم که چه نوع جستجویی در هر نیمه قصد انجام دارد.

دانشگاه پیام نور

## مقایسه استراتژی‌های جستجو:

ارزیابی استراتژی‌های جستجو.  $b$  فاکتور انشعاب،  $d$  عمق پاسخ،  $m$  ماکزیمم عمق درخت جستجو،  $l$  محدودیت عمق است.

Criterion	Breadth-First	Uniform-Cost	Depth-First	Depth-Limited	Iterative Deepening	Bidirectional (if applicable)
Time	$b^d$	$b^d$	$b^m$	$b^l$	$b^d$	$b^{d/2}$
Space	$b^d$	$b^d$	$bm$	$bl$	$bd$	$b^{d/2}$
Optimal?	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
Complete	Yes	Yes	No	Yes, if $l \geq d$	Yes	Yes



## اجتناب از حالات تکراری:

برای مسائل زیادی، حالات تکراری غیرقابل اجتناب هستند. این شامل تمام مسائلی می‌شود که عملگرها قابل وارونه شدن باشند، مانند مسائل مسیریابی و کشیش‌ها و آدمخوارها.

دانشگاه پیام نور

سه راه برای حل مشکل حالات تکراری برای مقابله با افزایش مرتبه و سرریزی فشار کار کامپیوتر وجود دارد:

به حالتی که هم اکنون از آن آمده‌اید، برنگردید. داشتن تابع بسط (یا مجموعه عملگرها) از تولید مابعدهایی که مشابه حالتی هستند که در آنجا نیز والدین این گره‌ها وجود دارند، جلوگیری می‌کند.

۱. از ایجاد مسیرهای دوار پرهیزید. داشتن تابع بسط (یا مجموعه عملگرها) از تولید مابعدهای یک گره که مشابه اجداد آن گره است، جلوگیری می‌کند.

۲. حالتی را که قبلاً تولید شده است، مجدداً تولید نکنید. این مسئله باعث می‌شود که هر حالت در حافظه نگهداری شود، پیچیدگی فضایی  $O(bd)$  داشته باشد. بهتر است که به  $O(s)$  توجه کنید که  $S$  تعداد کل حالات در فضای حالت ورودی است.

دانشگاه پیام نور



## جستجوی ارضاء محدودیت (Constraint Satisfaction Problem):

نوع خاصی از مسئله است که CSP، حالات توسط مقادیر مجموعه‌ای از متغیرها تعریف می‌شوند و آزمون هدف مجموعه‌ای از محدودیت‌ها را به آنها اختصاص می‌دهد که متغیر ملزم به پیروی از آنها هستند.

دانشگاه پیام نور



CSP ها مي توانند توسط الگوريتم هاي جستجوي **general-purpose** حل شوند ، اما به علت ساختار خاص آنها ، الگوريتم هايي صرفاً براي **CSP** هايي طرح مي شوند که از الگوريتم هاي عمومي کارآيي بهتري دارند.

محدوديت ها به گونه هاي مختلفي ظاهر مي شوند.

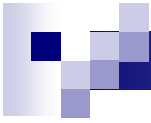
❖ محدوديت هاي يکتا

❖ محدوديت هاي دودويي

❖ محدوديت هاي مطلق

❖ محدوديت هاي اولويت دار

دانشگاه پیام نور



- ✓ در CSP های گسسته که دامنه های آن محدود هستند، محدودیت ها می توانند به سادگی توسط شمردن ترکیبات مجاز مقادیر نمایش داده شوند.
- ✓ با استفاده از یک شماره گذاری، هر CSP گسسته می تواند به یک CSP دودویی تبدیل شود.

دانشگاه پیام نور



چطور یک الگوریتم جستجوی همه منظوره را در یک CSP به کار ببریم:

در حالتی که تمام متغیرها ، تعیین نشده اند:

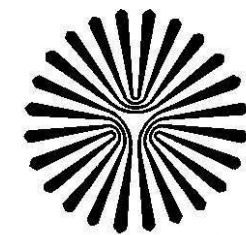
عملگرها مقداری را به یک متغیر از مجموعه مقادیر ممکن ، نسبت می دهند.

آزمون هدف تمام متغیرها کنترل می کند که آیا مقدار گرفته اند و تمام محدودیت ها از بین رفته اند یا خیر.

توجه کنید که حداکثر عمق درخت جستجو در  $n$  و تعداد متغیرها و تمام راه حل ها در عمق  $n$  هستند.

جستجوی عمیقی روی یک CSP زمان جستجو را تلف می کند زمانی که محدودیت ها قبلاً مختلف شده باشند.

دانشگاه پیام نور



دانشگاه پیام نور

فصل چهارم:

## روش های جستجو آگاهانه



## جستجوی بهترین:

این استراتژی به این صورت بیان می‌شود که در یک درخت، زمانی که گره‌ها مرتب می‌شوند، گره‌ای که بهترین ارزیابی را داشته باشد، قبل از دیگر گره‌ها بسط داده می‌شود.

**هدف:** یافتن راه‌های کم‌هزینه است، این الگوریتم‌ها عموماً از تعدادی معیار تخمین برای هزینه راه‌حل‌ها استفاده می‌کنند و سعی بر حداقل کردن آنها دارند.

دانشگاه پیام نور

حداقل هزینه تخمین زده شده برای رسیدن به هدف: جستجوی حریصانه

یکی از ساده‌ترین استراتژی‌های جستجوی بهترین، به حداقل رساندن هزینه تخمین زده شده برای رسیدن به هدف است. بدین صورت که حالت گره‌ای که به حالت هدف نزدیک‌تر است، ابتدا بسط داده می‌شود.

تابع کشف‌کننده: هزینه رسیدن به هدف از یک حالت ویژه می‌تواند تخمین زده شود اما دقیقاً تعیین نمی‌شود. تابعی که چنین هزینه‌هایی را محاسبه می‌کند تابع کشف‌کننده  $h$  نامیده می‌شود.

جستجوی حریصانه: جستجوی بهترین که  $h$  را به منظور انتخاب گره بعدی برای بسط استفاده می‌کند، جستجوی حریصانه (greedy search) نامیده می‌شود.

دانشگاه پیام نور



## ویژگی‌های جستجوی حریمانه:

- ❖ جستجوی حریمانه از لحاظ دنبال کردن یک مسیر ویژه در تمام طول راه به طرف هدف، مانند جستجوی عمقی است، اما زمانی که به بن بست می‌رسد، برمی‌گردد.
- ❖ این جستجو بهینه نیست و ناکامل است.
- ❖ پیچیدگی زمانی در بدترین حالت برای جستجوی حریمانه  $O(bm)$ ، که  $m$  حداکثر عمق فضای جستجو است.
- ❖ جستجوی حریمانه تمام گره‌ها را در حافظه نگه می‌دارد، بنابراین پیچیدگی فضای آن مشابه پیچیدگی زمانی آن است.
- ❖ میزان کاهش پیچیدگی به مسئله و کیفیت تابع  $h$  بستگی دارد.

دانشگاه پیام نور

## حداقل سازي مجموع هزينه مسير: جستجوي $A^*$

جستجو با هزينه يکسان ، هزينه مسير ،  $g(n)$  را نيز حداقل مي کند.

با ترکيب دو تابع ارزيابي داريم:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

$g(n)$ : هزينه مسير از گره آغازين به گره  $n$  را به ما مي دهد.

$h(n)$ : هزينه تخمين زده شده از ارزانترين مسير از  $n$  به هدف است

و ما داريم:

هزينه تخمين زده شده ارزانترين راه حل از طريق  $f(n) = n$



## کشف‌کنندگی قابل قبول:

تابع  $h$  ای را که هزینه‌ای بیش از تخمین برای رسیدن به هدف نداشته باشد، یک کشف‌کنندگی قابل قبول (admissible heuristic) گویند.

## جستجوی $A^*$ :

جستجوی بهترین که  $f$  به عنوان تابع ارزیاب و یک تابع  $h$  قابل قبول استفاده می‌کند، به عنوان جستجوی  $A^*$  شناخته می‌شود.

دانشگاه پیام نور

## رفتار جستجوی $A^*$

نگاهی گذرا به اثبات کامل و بهینه بودن  $A^*$ :

مشاهده مقدماتی:

تقریباً تمام کشف‌کنندگی‌های مجاز دارای این ویژگی هستند که در طول هر مسیری از ریشه، هزینه  $f$  هرگز کاهش پیدا نمی‌کند.

این خاصیت برای کشف‌کنندگی، خاصیت یکنوایی (monotonicity) گفته می‌شود.

اگر یکنوا نباشد، با ایجاد یک اصلاح جزئی آن را یکنوا می‌کنیم.



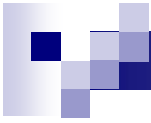


بنابراین هر گره جدیدی که تولید می‌شود، باید کنترل کنیم که آیا هزینه  $f$  این گره از هزینه  $f$  پدرش کمتر است یا خیر. اگر کمتر باشد، هزینه  $f$  پدر به جای فرزند می‌نشیند:

بنابراین:

$f$  همیشه در طول هر مسیری از ریشه غیرکاهشی خواهد بود، مشروط بر اینکه  $h$  امکان‌پذیر باشد.

دانشگاه پیام نور



$h^*(n)$ : هزینه واقعی رسیدن از  $n$  به هدف است.

در استفاده عملی، خطاها با هزینه مسیر متناسب هستند، و سرانجام رشد نمایی هر کامپیوتر را تسخیر می‌کند.

البته، استفاده از یک کشف‌کنندگی خوب هنوز باعث صرفه‌جویی زیادی نسبت به جستجوی ناآگاهانه می‌شود.

$A^*$  معمولاً قبل از اینکه دچار کمبود زمان شود، دچار کمبود فضا می‌شود. زیرا این جستجو تمام گره‌های تولید

شده را در حافظه ذخیره می‌کند.

دانشگاه پیام نور



توابع کشف کننده:

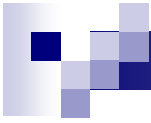
مسئله ۸ را بررسی می کنیم:

معمای ۸ یکی از مسائل اولیه کشف کنندگی بود.

**هدف:** لغزاندن چهارخانه ها به طور افقی یا عمودی به طرف فضای خالی است تا زمانی که ساختار کلی مطابق با

هدف (goal) باشد.

دانشگاه پیام نور



5	4	
6	1	8
7	3	2

**Start State**

1	2	3
8		4
7	6	5

**Goal State**

دانشگاه پیام نور

اگر خواستار یافتن راه‌حل‌های کوتاه باشیم، به یک تابع کشف‌کننده نیاز داریم که هرگز در تعداد مراحل به هدف اغراق نکند. در اینجا ما دو کاندید داریم:

□  $h_1 =$  تعداد چهارخانه‌هایی که در مکان‌های نادرست هستند.  $h_1$  یک کشف‌کننده مجاز است، زیرا واضح است که هر چهارخانه‌ای که خارج از مکان درست باشد حداقل یکبار باید جابجا شود.

□  $h_2 =$  مجموع فواصل چهارخانه‌ها از مکان‌های هدف صحیحشان است. فاصله‌ای که ما حساب می‌کنیم،

مجموع فواصل عمودی و افقی است که بعضی وقتها **city block distance** یا **Manhattan distance** نامیده می‌شود.

دانشگاه پیام نور

## اثر صحت کشف‌کنندگی بر کارایی:

یک راه برای تشخیص کیفیت کشف‌کنندگی فاکتور انشعاب مؤثر  $b^*$  است. اگر مجموع تعداد گره‌های بسط داده شده توسط  $A^*$  برای یک مسئله ویژه  $N$  باشد و عمق راه حل  $d$ ، سپس  $b^*$  فاکتور انشعابی است که یک درخت یکنواخت با عمق  $d$  خواهد داشت تا گره‌های  $N$  را نگهدارد. بنابراین:

$$N = 1 + b^* + (b^*)^2 + \dots + (b^*)^d$$

- معمولاً فاکتور انشعاب مؤثر که توسط کشف‌کنندگی نمایش داده می‌شود، مقدار ثابتی دارد.
- یک کشف‌کنندگی خوب طراحی شده،  $b^*$  در حدود ۱ دارد.



## کشف‌کننده‌ها برای مسائل ارضا محدودیت:

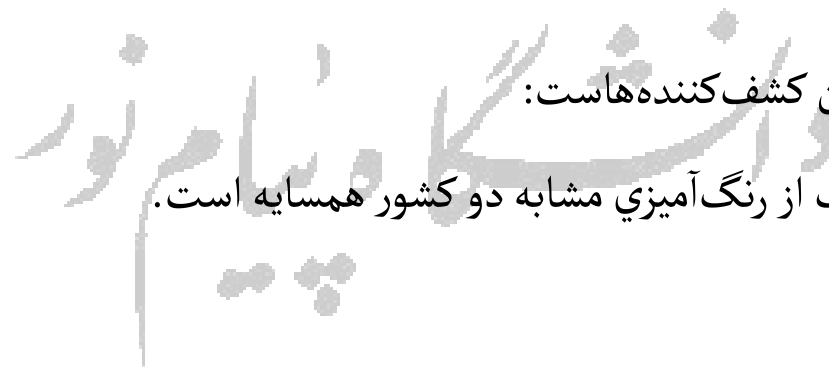
مسئله ارضا محدودیت شامل یک سری از متغیرهایی است که ویژگی‌های زیر را دارا هستند:

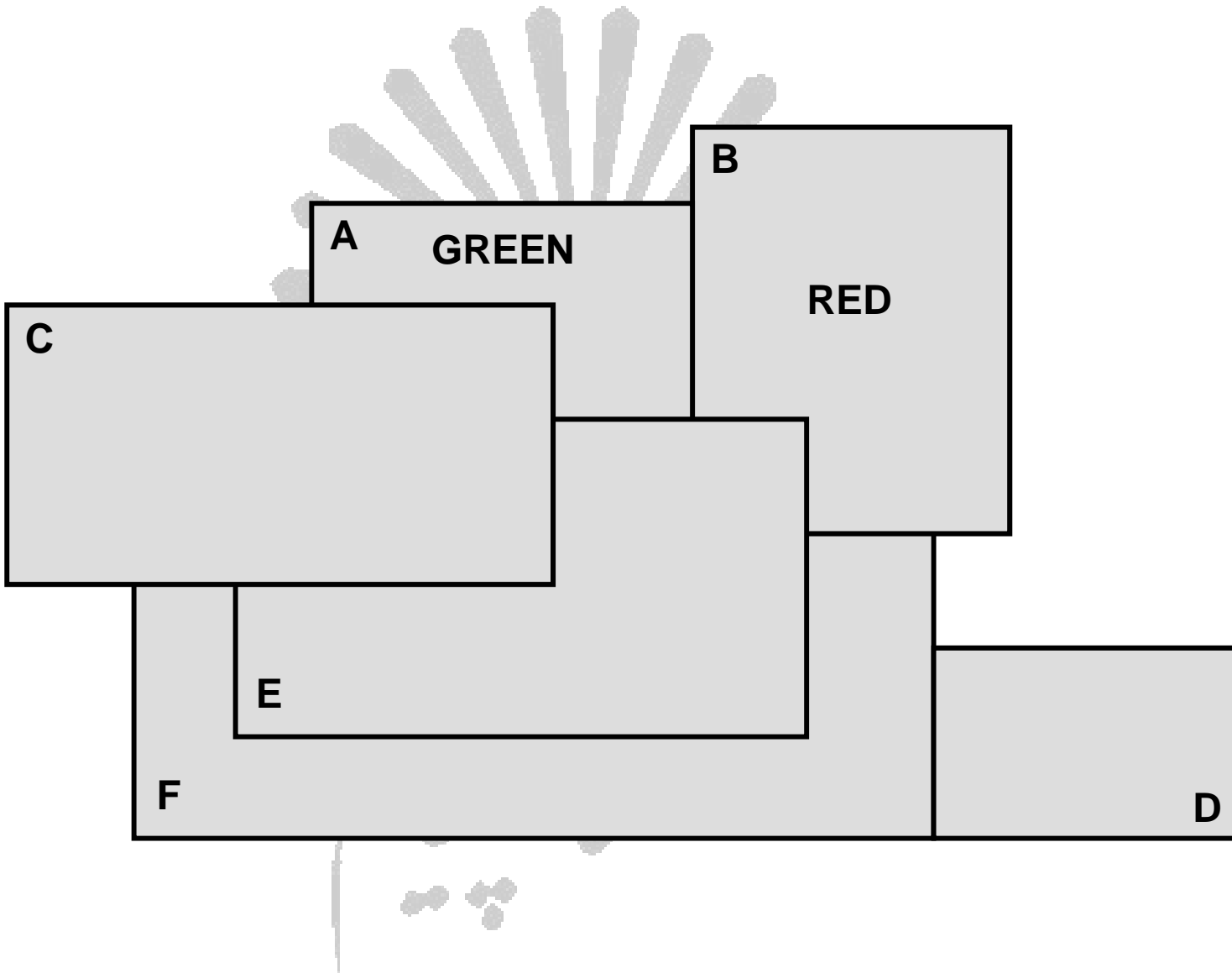
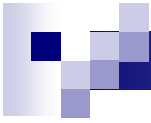
✓ می‌توانند مقادیری را از دامنه داده شده دریافت کنند.

✓ با یک سری از محدودیت‌ها، ویژگی‌های راه حل را مشخص کنند.

رنگ‌آمیزی نقشه نمونه‌ای از این کشف‌کننده‌هاست:

هدف رنگ‌آمیزی نقشه، اجتناب از رنگ‌آمیزی مشابه دو کشور همسایه است.









ما حداکثر از سه رنگ (قرمز ، آبی ، سبز) می توانیم استفاده کنیم :

اگر رنگ سبز را برای کشور **A** ، قرمز را برای **B** ، انتخاب کنیم ، کشور **E** باید آبی باشد. در این صورت ما ناچاریم که **C** را به رنگ قرمز درآوریم و **F** سبز باشد. رنگ آمیزی **D** با رنگ آبی یا قرمز ، بستگی به راه حل دارد. در این حالت مسئله بدون هیچگونه جستجویی حل می شود.

دانشگاه پیام نور

## جستجوی SMA\*:

الگوریتم SMA\*، حافظه محدود A\* ساده شده (Simplified-Memory-Bounded A\*) می باشد.

این الگوریتم، قادر است تا از تمام حافظه موجود برای اجرای جستجو استفاده کند. استفاده از حافظه بیشتر کارایی جستجو را وسعت می بخشد. می توان همیشه از فضای اضافی صرف نظر کرد.

دانشگاه پیام نور

## \*SMA داراي خواص زير است:

- ❖ مي تواند از تمام حافظه قابل دسترس استفاده کند.
- ❖ از حالات تكراري تا جايي كه حافظه اجازه مي دهد ، جلوگیری مي کند.
- ❖ اين الگوريتم كامل است به شرط آنكه حافظه براي ذخيره كم عمق ترين مسير راه حل كافي باشد.
- ❖ اين الگوريتم بهينه است ، اگر حافظه كافي براي ذخيره كم عمق ترين مسير راه حل كافي باشد. بعلاوه بهترين راه حلي را برمي گرداند كه بتواند با حافظه موجود مطابقت داشته باشد.
- ❖ زماني كه حافظه موجود براي درخت جستجوي كامل كافي باشد ، جستجو **Optimally efficient** است.

دانشگاه پیام نور



طراحی SMA\* ساده است.

■ زمانی که نیاز به تولید فرزند داشته باشد ولی حافظه‌ای نداشته باشد، نیاز به ساختن فضا بر روی صف دارد. برای انجام این امر، یک گره را حذف می‌کند. گره‌هایی که به این طریق از صف حذف می‌شوند، گره‌های فراموش شده یا (forgotten nodes) نامیده می‌شوند.

■ برای اجتناب از جستجوی مجدد زیردرخت‌هایی که از حافظه حذف شده‌اند، در گره‌های اجدادی، اطلاعاتی در مورد کیفیت بهترین مسیر در زیر درخت فراموش شده، نگهداری می‌شود.

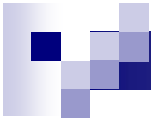
دانشگاه پیام نور



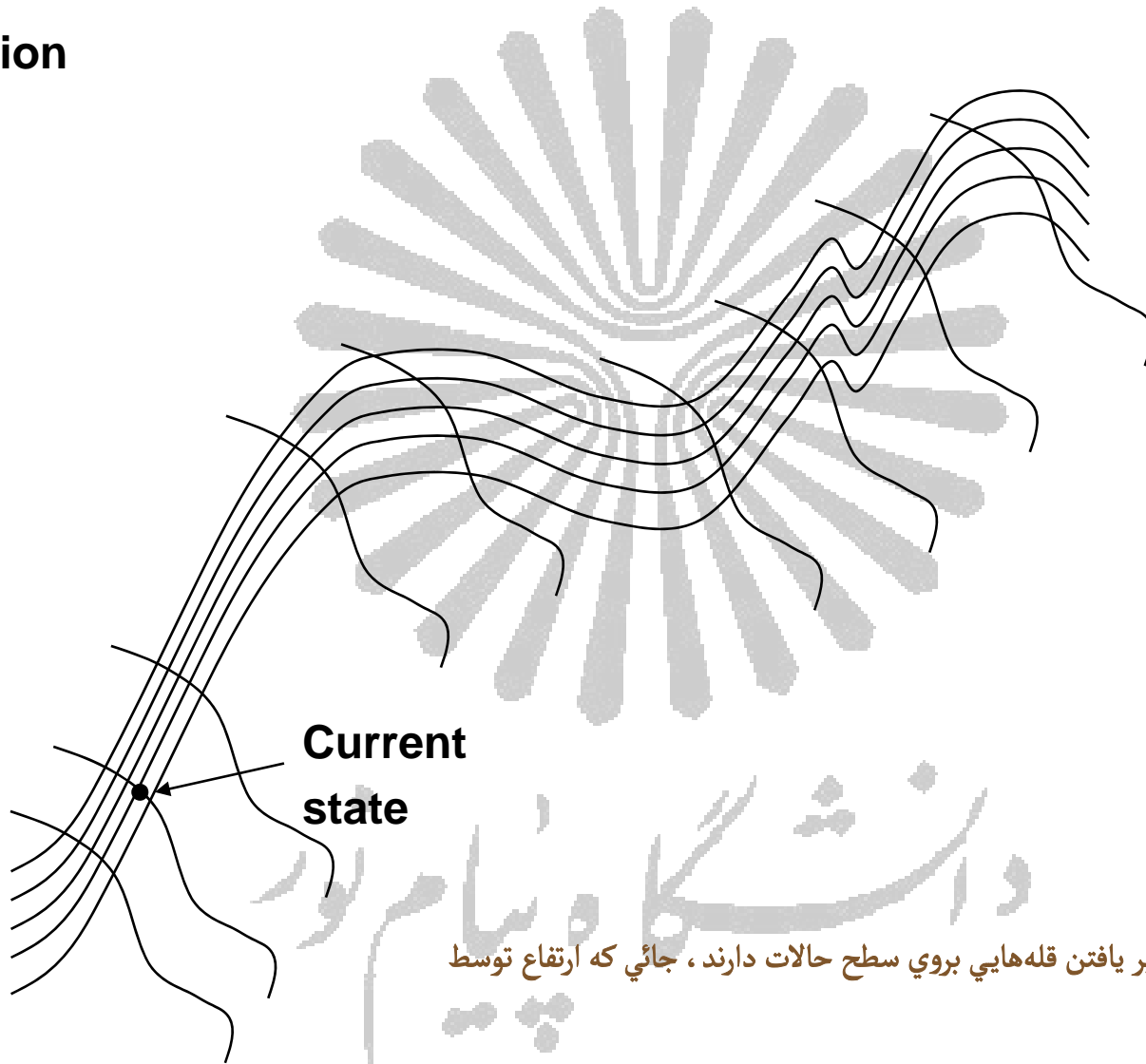
## الگوریتم‌های اصلاح تکراری

بهترین راه برای فهم الگوریتم‌های اصلاح تکراری در نظر داشتن تمام حالاتی است که روی سطح یک دورنمایی در معرض دید قرار داده شده است. ارتفاع هر نقطه در دورنما مطابق با تابع ارزیاب حالت آن نقطه است. ایده اصلاح تکراری، حرکت کردن در اطراف دورنما و سعی بر یافتن قله‌های مرتفع است، که همانا راه‌حل‌های بهینه هستند. الگوریتم‌های اصلاح تکراری معمولاً اثر حالت جاری را فقط حفظ می‌کنند، و توجهی فراتر از همسایگی آن حالت ندارند.

دانشگاه پیام نور



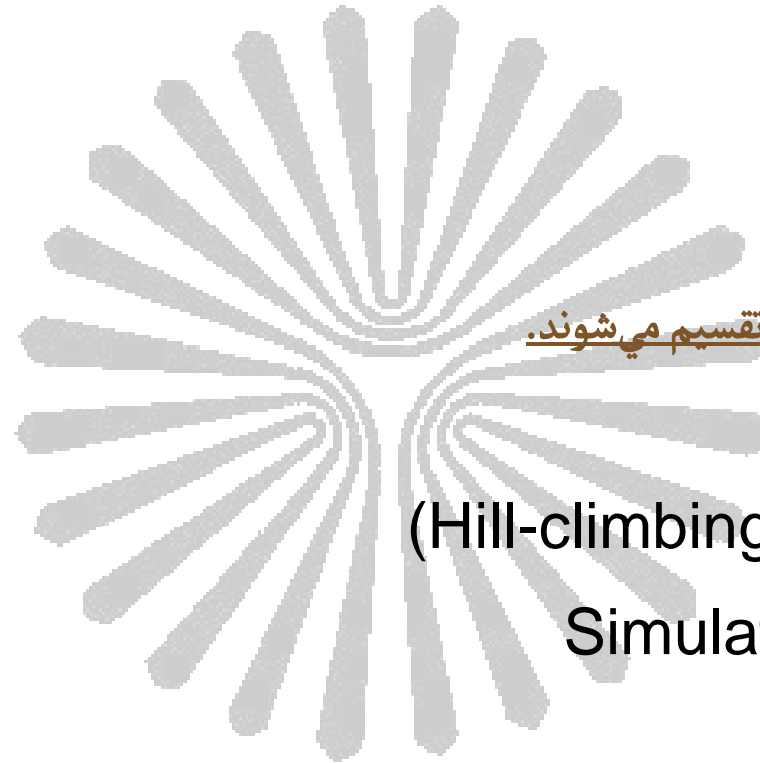
evaluation



Current  
state

الگوریتم‌های اصلاح تکراری سعی بر یافتن قله‌هایی بروی سطح حالات دارند، جایی که ارتفاع توسط

تابع ارزیابی تعریف می‌شود.

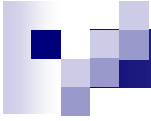


این الگوریتم‌ها به دو گره اصلی تقسیم می‌شوند.

❖ الگوریتم‌های تپه‌نوردی (Hill-climbing)

❖ Simulated annealing

دانشگاه پیام نور



## ۱- الگوریتم‌های جستجوی تپه‌نوردی (Hill-climbing)

یک اصلاح خوب این است زمانی که بیش از یک فرزند خوب برای انتخاب وجود دارد، الگوریتم بتواند به طور تصادفی از میان آنها یکی را انتخاب کند.

دانشگاه پیام نور



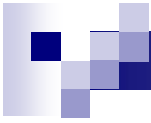
این سیاست ساده ، سه زیان عمده دارد:

❖ **Local Maxima**: یک ماکزیمم محلی ، برخلاف ماکزیمم عمومی ، قله‌ای است که پائین‌تر از بلندترین قله در فضای حالت است. زمانی که روی ماکزیمم محلی هستیم ، الگوریتم توقف خواهد نمود. اگرچه راه حل نیز ممکن است دور از انتظار باشد.

❖ **Plateaux**: یک فلات محوطه‌ای از فضای حالت است که تابع ارزیاب یکنواخت باشد. جستجو یک قدم تصادفی را برخواهد داشت.

❖ **Ridges**: نوک کوه ، دارای لبه‌های سرایشیب است. بنابراین جستجو به بالای نوک کوه به آسانی می‌رسد ، اما بعد با ملایمت به سمت قله می‌رود. مگر اینکه عملگرهایی موجود باشند که مستقیماً به سمت بالای نوک کوه حرکت کنند. جستجو ممکن است از لبه‌ای به لبه دیگر نوسان داشته باشد و پیشرفت کمی را حاصل شود.

دانشگاه پیام نور



در هر مورد ، الگوریتم به نقطه ای می رسد که هیچ پیشرفتی نیست. اگر این اتفاق بیفتد ، تنها کار ممکن برای انجام دادن آغاز مجدد از نقطه شروع دیگری دوباره آغاز می شود.

موفقیت **hill-climbing** خیلی به ظاهر فضایی حالت «سطح» بستگی دارد: اگر فقط ماکزیمم های محلی کمی وجود داشته باشد ، تپه نوردی با شروع تصادفی خیلی سریع راه حل خوبی را پیدا خواهد کرد.

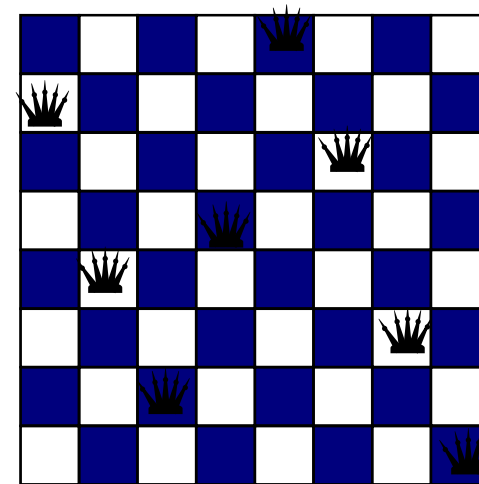
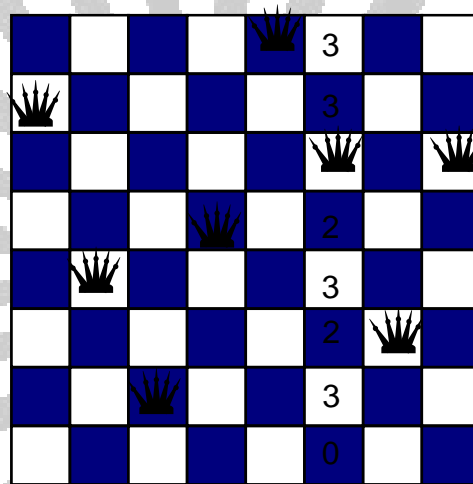
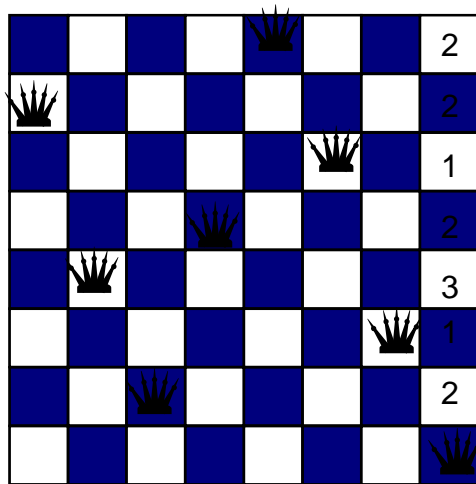
دانشگاه پیام نور



## ۲- Simulated annealing

در این گروه از الگوریتم‌ها به جای شروع دوباره به طور تصادفی زمانی که در یک ماکزیمم محلی گیر افتادیم، می‌توانیم اجازه دهیم که جستجو چند قدم به طرف پائین بردارد تا از ماکزیمم محلی فرار کند.

دانشگاه پیام نور



راه حل دو مرحله‌ای برای مسئله ۸ وزیر با استفاده از حداقل برخوردها را نشان می‌دهد. در هر مرحله یک وزیر به منظور تعیین مجدد ستون انتخاب می‌شود. تعداد برخوردها (در این مورد، تعداد وزیرهای حمله‌کننده) در هر چهارخانه نشان داده شده است. الگوریتم وزیر را به چهارخانه‌ای که حداقل برخورد را داشته باشد، برای از بین بردن تصادفی برخوردها، حرکت می‌دهد.

دانشگاه پیام‌نور




اگر حرکت واقعاً شرایط را بهبود بخشد، آن حرکت همیشه اجرا می‌شود.

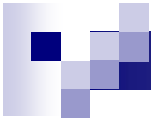
پارامترهای مؤثر به شرح زیر می‌باشند:

۱-  $\Delta E$ : چگونگی ارزیابی.

۲-  $T$ : تعیین احتمال.

الگوریتم شباهت صریحی با **annealing** (پردازشی که به طور آهسته مایعی را تا زمانی که یخ ببندد سرد می‌کند)، گسترش یافته است. مقدار تابع مطابق با انرژی ورودی اتم‌های ماده است، و  $T$  با دما مطابقت دارد. جدول میزان دما را در جایی که پائین آمده است، تعیین می‌کند.





## کاربردها در مسائل ارضا محدودیت

مسائل ارضاء محدودیت (CSP) ، می توانند توسط روش های اصلاح تکراری با استفاده از موارد زیر حل شوند.

- ❖ مقدار دادن به تمام متغیرها.
- ❖ به کاربردن عملگرهای تغییر به منظور حرکت دادن ساختار به طرف یک راه حل.

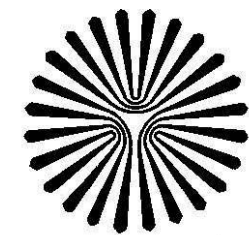
دانشگاه پیام نور



الگوریتم‌هایی که CSPها را حل می‌کنند، روش‌های تصحیح کشف‌کنندگی، نامیده می‌شوند، زیرا آنها تناقضات را در ساختار جاری مسئله اصلاح می‌کنند.

در انتخاب مقدار جدید برای یک متغیر، واضح‌ترین کشف‌کنندگی انتخاب مقداری است که کمترین مقدار تناقضات را با دیگر متغیرها نتیجه دهد، که همان کشف‌کنندگی مینیمم تناقضات است.

دانشگاه پیام‌نور



دانشگاه پیام نور

فصل پنجم:

# تئوري بازي





## بازی‌ها در نقش مسائل جستجو



رقابت انتزاعی، که در بازی‌های صفحه‌ای دیده می‌شود، موجب شده تا تئوری بازی جزء تحقیقات **AI** قرار بگیرد. وضعیت بازی برای بازنمایی آسان است و عامل‌ها معمولاً به تعداد کمی از عملیات محدود می‌شوند.

دانشگاه پیام نور



دلایلی که محققین قدیم ، شطرنج را به عنوان موضوعی در **AI** برگزیدند:

❖ بازی شطرنج کامپیوتری اثباتی بر وجود ماشینی است که اعمال هوشمندانه‌ای را انجام می‌دهند.

❖ سادگی قوانین

❖ وضعیت دنیا کاملاً برای برنامه شناخته شده است. (بازنمایی بازی به عنوان یک جستجو از طریق فضای

موقعیت‌های ممکن بازی ، ساده است.)

دانشگاه پیام نور



پیچیدگی بازی‌ها ، به طور کامل نوعی از عدم قطعیت را معرفی می‌کنند.

عدم قطعیت به علت وجود اطلاعات گم شده رخ نمی‌دهد ، اما به علت اینکه فرد زمانی برای محاسبه دقیق نتایج حرکت ندارد عدم قطعیت بوجود می‌آید.

در این مورد ، فرد بر اساس تجربیات گذشته می‌تواند بهترین حدس را بزند.

دانشگاه پیام نور



تصمیمات کامل در بازی‌های دونفره:

مورد کلی از یک بازی با دو بازیکن را در نظر می‌گیریم که آن را  $\text{MIN, MAX}$  می‌نامیم.


دانشگاه پیام نور



یک بازی به طور رسمی می‌تواند به عنوان نوعی از مسئله جستجو به همراه قسمت‌های زیر تعریف شود:

- ❖ حالت اولیه شامل مکان صفحه و تعیین نوبت حرکت هر بازیکن است.
- ❖ مجموعه‌ای از عملگرها که حرکات صحیح را که بازیکن می‌تواند انجام دهد، تعیین می‌کند.
- ❖ آزمون پایانی زمان بازی را تعیین می‌کند. حالتی را که بازی در آنها به پایان رسیده است حالات پایانی نامیده می‌شوند.
- ❖ تابع سودمندی (تابع امتیاز **payoff**) که مقدار عددی برای نتیجه بازی را تعیین می‌کند.

دانشگاه پیام نور



اگر به آن به عنوان یک مسئله جستجو نگاه شود، جستجو برای دنباله‌ای از حرکات که منتهی به حالت پایانی می‌شد (مطابق با تابع سودمندی)، و سپس پیشروی و ساخت اولین حرکت در دنباله بود.

اما حرکات **MIN** غیر قابل پیش‌بینی است؛

بنابراین:

**MAX** باید استراتژی‌ای را بیابد که به یک حالت پایانی برنده بدون توجه به عملکرد **MIN** منجر شود، که این استراتژی شامل حرکات درست برای **MAX** برای هر حرکت ممکن از **MIN** می‌باشد.

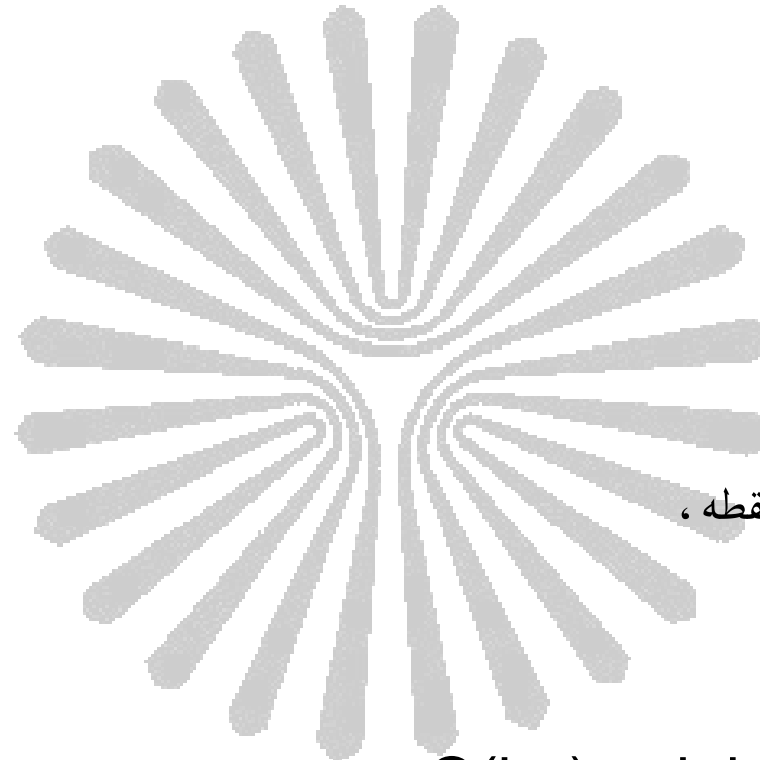
دانشگاه پیام نور



الگوریتم **MINMAX** به منظور تعیین استراتژی بهینه برای **MAX** طراحی شده است و از این رو می توان بهترین حرکت را تصمیم گیری کرد. الگوریتم شامل ۵ مرحله است:

۱. تولید درخت کامل بازی ، تمام راه تا مراحل پایانی
۲. درخواست تابع سودمندی برای هر حالت پایانی به منظور بدست آوردن مقدارش.
۳. از سودمندی حالات پایانی به منظور تعیین سودمندی گره ها یک مرحله بالاتر در درخت جستجو استفاده کنید.
۴. بررسی مقادیر را از گره های برگ تا ریشه ، یک لایه در هر لحظه ، ادامه دهید.
۵. احتمالاً مقادیر به بالای درخت می رسند ، **MAX** حرکتی را انتخاب می کند که به بالاترین مقدار منتهی می شود.

دانشگاه پیام نور



اگر:

$m$ : حداکثر عمق درخت ،

$b$ : تعداد حرکات قانونی در هر نقطه ،

آنگاه:

زمان پیچیدگی الگوریتم minimax ،  $O(b^m)$  است.

الگوریتم یک جستجو عمقی است.

پیشگاه پیام نور



## تصمیمات ناقص:

الگوریتم **minimax** فرض می‌کند که برنامه زمان لازم برای جستجوی تمامی راه‌های ممکن وضعیت‌های پایانی را دارد که این فرض معمولاً عملی نیست.

الگوریتم مینی‌ماکس ، به دوراه تغییر نابد:

□ تابع سودمندی با تابع ارزیابی **EVAL** جایگزین شود.

□ آزمون پایانی با آزمون قطع **CUTOFF-TEST** جایگزین گردد.



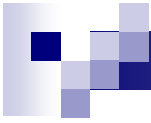
## تابع ارزیابی:

تابع ارزیابی تخمینی از سودمندی مورد انتظار بازی را از موقعیت داده شده برمی گرداند.  
واضح است که ارائه یک برنامه بازی بی نهایت به کیفیت تابع ارزیابی بستگی دارد.

دانشگاه پیام نور

## چگونه به طور دقیق کیفیت را می‌توان اندازه گرفت؟

۱. تابع ارزیابی با تابع سودمندی در مورد حالت پایانی باید به توافق برسند.
۲. نباید زیاد طول بکشد! (اگر پیچیدگی را محدود نکنیم **minimax** به عنوان یک زیربرنامه فراخوانی می‌شود و مقدار دقیق وضعیت محاسبه می‌شود.) از این رو، معامله‌ای بین صحت تابع ارزیابی و هزینه زمان آن وجود دارد.
۳. تابع ارزیابی باید به درستی شانس‌های واقعی برای برد را منعکس کند.



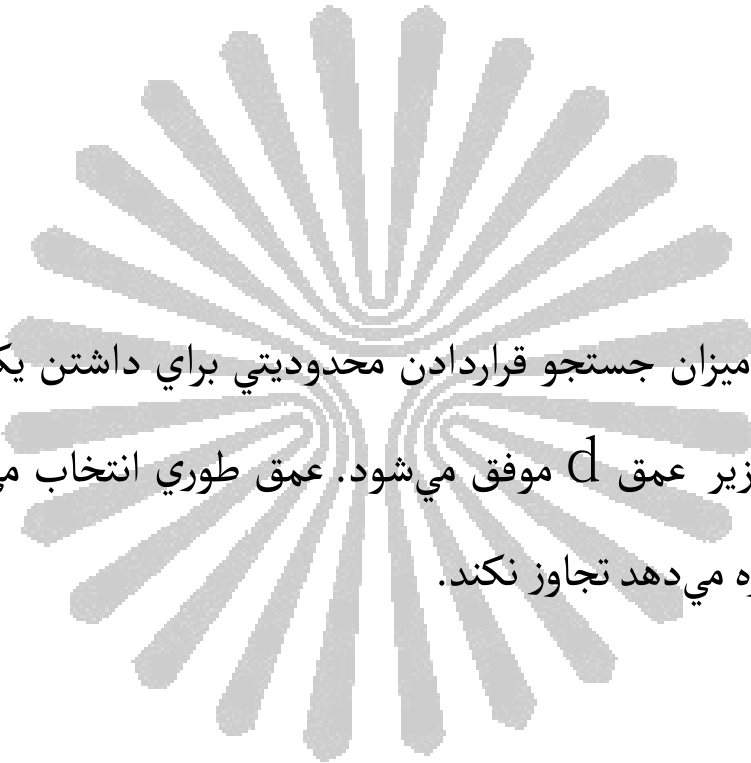
تابع ارزیابی فرض می‌گیرد که مقدار هر مهره می‌تواند به طور مستقل از دیگر مهره‌ها روی صفحه قضاوت شود. این نوع از تابع ارزیابی، تابع خطی وزن دار نامیده می‌شود.

این تابع می‌تواند به صورتی ذکر شود که  $W$ ها وزن‌ها هستند و  $f$ ها اعداد هر نوع مهره روی صفحه خواهند بود.

دانشگاه پیام نور



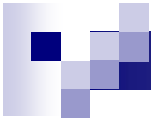
## قطع جستجو:



صریح‌ترین رهیافت برای کنترل میزان جستجو قراردادن محدودیتی برای داشتن یک عمق ثابت است ، بنابراین تست قطع برای تمام گره‌ها در زیر عمق  $d$  موفق می‌شود. عمق طوری انتخاب می‌شود که میزان زمان استفاده شده از آنچه که قوانین بازی اجازه می‌دهد تجاوز نکند.

زمانی که ، وقت تمام می‌شود ، برنامه حرکت انتخابی توسط عمیق‌ترین جستجوی کامل شده را برمی‌گرداند.

دانشگاه پیام نور

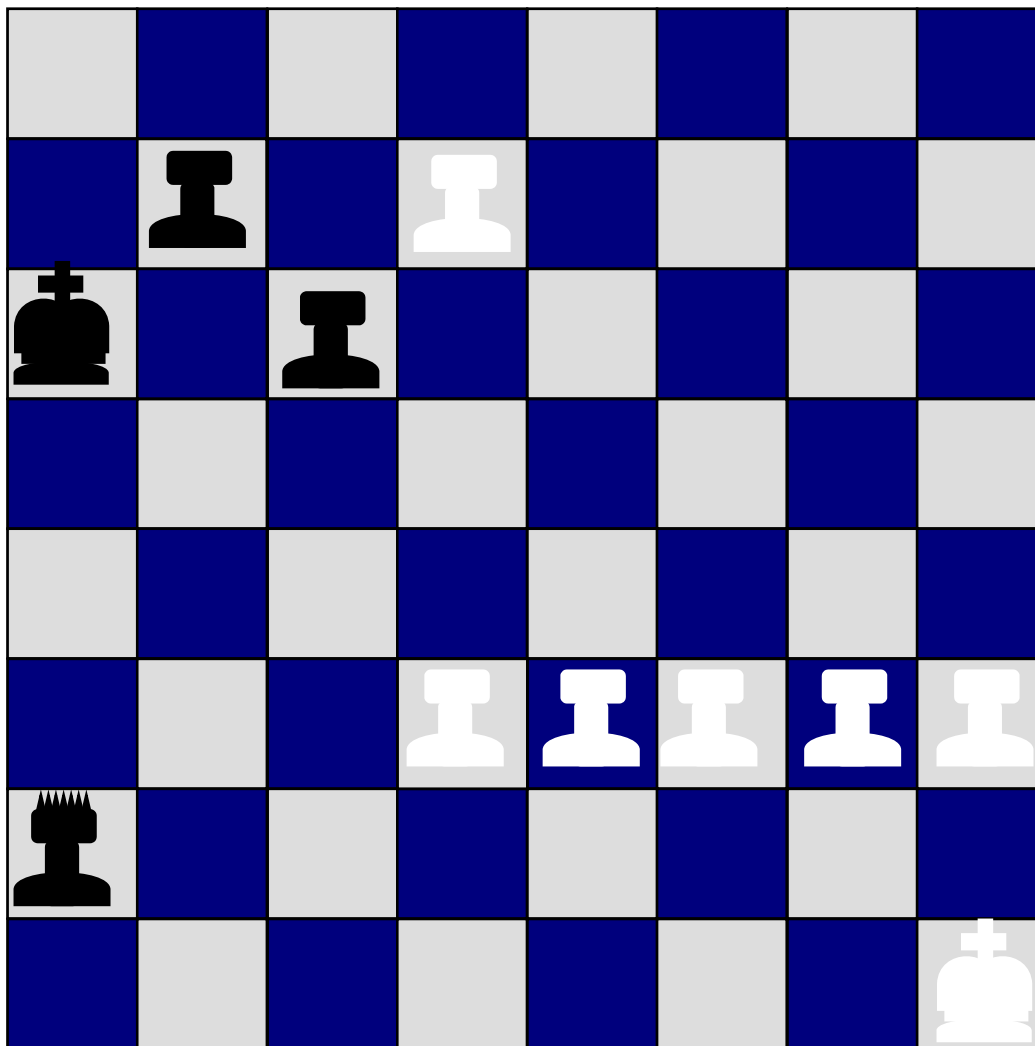


به دلیل تخمینی بودن توابع ارزیابی این رهیافتهای می‌توانند نتایج ناخوشایندی را به همراه داشته باشند.

تابع ارزیابی فقط باید برای مواقعی به کار برده شود که خاموش هستند، یعنی اینکه تفاوت‌های چشم‌گیر در مقدار، در آینده نزدیک بعید به نظر می‌رسد.

این جستجوی فوق‌العاده جستجوی خاموش نامیده می‌شود.

دانشگاه پیام‌نور



مسئله افقی (horizonproblem):

رخ سیاه مانع از حرکت وزیر سفید به حالت افقی

شده است و این موقعیت به نفع سیاه است. در

حالی که برگ برنده در دست سفید است.

## هرس آلفابتا:

### هرس درخت جستجو:

پردازش حذف شاخه‌ای از درخت جستجو، با در نظر داشتن و بدون آزمایش، هرس درخت جستجو نامیده می‌شود.

زمانی که این تکنیک برای یک درخت **minimax** استاندارد، به کار برده می‌شود، حرکت مشابهی همانطور

که **minimax** انجام می‌داد، برمی‌گرداند؛ اما شاخه‌هایی که در تصمیم نهایی دخالتی ندارند را هرس می‌کند.

دانشگاه پیام نور





جستجوی minimax عمقی است ، بنابراین ، در هر لحظه ، باید گره‌هایی در نظر گرفته شوند که در طول یک مسیر مجزا در درخت هستند.

$\alpha$  مقدار بهترین انتخابی باشد که تا کنون در طول مسیر برای MAX پیدا شده است. و  $\beta$  مقدار بهترین (به طور مثال ، پایین‌ترین مقدار) انتخابی باشد که در طول مسیر تا این لحظه برای MIN پیدا شده است.

دانشگاه پیام نور



## درخت هستحوي آلفا-بتا:

این درخت ، مقدار  $\alpha$  و  $\beta$  را همچنانکه جلو مي رود ، به روز درمي آورد ، و زیر درخت را هرس مي کند (فراخواني بازگشتي را قطع مي کند) به محض اينکه معلوم مي شود که این زیر درخت بدتر از مقدار  $\alpha$  يا  $\beta$  جاري است.

دانشگاه پیام نور

## مزایای هرس آلفا-بتا

مزایای آلفا-بتا به مرتبه‌ای که در آن گره‌های فرزندی آزمایش شده‌اند، برمی‌گردد.

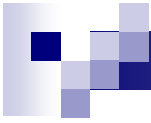
پیچیدگی  $O(b/\log b)d$  می‌باشد.

(۱) در عمل، یک تابع ساده مرتب‌کننده شما را به نتیجه بهترین حالت بر خلاف نتیجه تصادفی سوق می‌دهد.

(۲) رهیافت مشهور دیگر انجام جستجوی عمیق‌کننده تکراری و استفاده از مقادیر **backed-up** از یک تکرار

برای تعیین ترتیب جانشین‌ها در تکرار بعدی است.

دانشگاه پیام‌نور



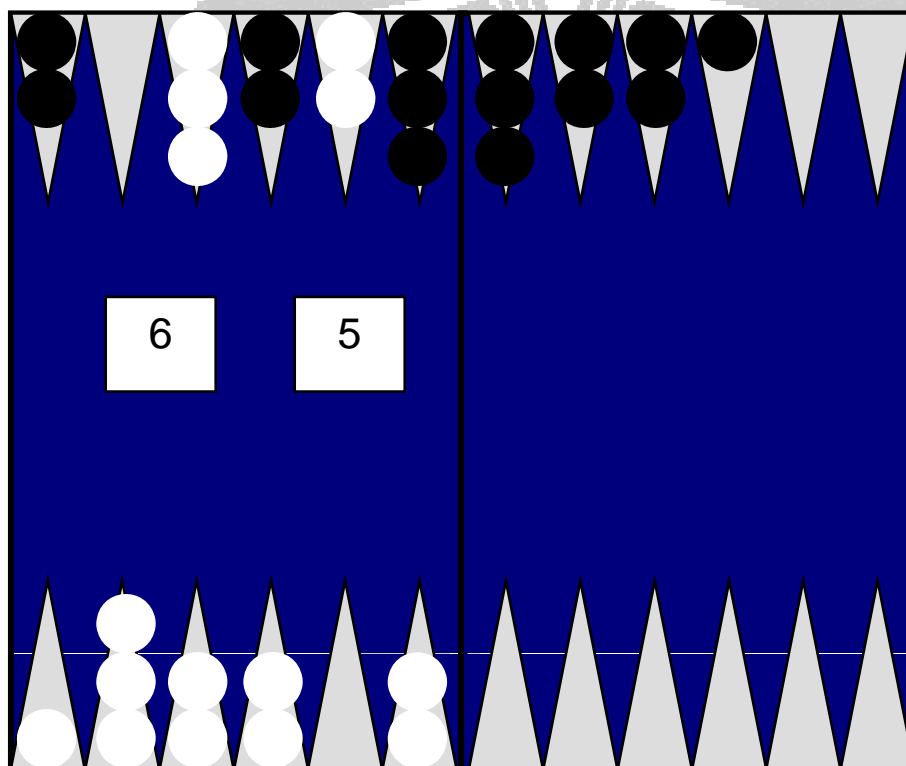
نتایج بازی‌ها نیز قابل ملاحظه هستند (و در حقیقت، مسائل جستجو در حالت کلی) و باید به صورت یک مدل درخت مطلوب فرض شوند تا نتایجشان را به دست آورند.

دانشگاه پیام نور



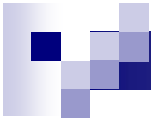
بازي‌هايي که شامل عنصر شانس هستند:

تخته نرد یک بازی عمومي است که شانس و مهارت را با هم ترکیب می‌کند.



تاس‌هاي سفید ۵-۶، چهار حرکت زیر را می‌تواند انجام دهد:

(۵-۱۰ و ۱۰-۱۶) و (۵-۱۰ و ۱۹-۲۴) و (۵-۱۱ و ۱۱-۱۶) و (۵-۱۱ و ۵-۱۱)



■ درخت بازي در تخته نرد بايد شامل گره‌هاي شانس براي گره‌هاي MIN و MAX باشد.

■ مرحله بعدي فهم چگونگي ساخت تصميمات صحيح است.

■ محاسبه مقادير انتظاري گره‌ها، صريح است. براي گره‌هاي پاياني، از تابع سودمندي مانند بازيهاي قطعي

استفاده مي‌کنيم.

■ با پيشروي در درخت جستجو به اندازه يك مرحله، به يك گره شانس برخورد مي‌کنيم.

دانشگاه پیام نور

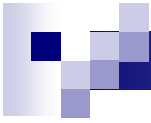


اگر ما فرض کنیم که  $S(C, d_i)$  مجموعه موقعیت‌های تولید شده توسط اعمال حرکات قانونی برای پرتاب  $P(d_i)$  در موقعیت  $C$  باشد، می‌تواند مقدار **expectimax** از  $C$  را با استفاده از فرمول زیر محاسبه نمود:

$$\text{Expectimax}(c) = \sum_i P(d_i) \max_{s \in \epsilon} S(c, d_i) (\text{utility}(s))$$

این فرمول، سودمندی مورد انتظار در موقعیت  $C$  را با فرض بهترین بازی ارائه می‌دهد.

دانشگاه پیام نور



## ارزیابی موقعیت در بازی‌ها با گره‌های شانس:

حضور گره‌های شانس بدین معناست که باید در مورد آنچه که به معنای مقادیر ارزیابی است، دقیق بود. اگر ما تغییری را در مقیاس مقادیر ارزیابی ایجاد کنیم، برنامه در مجموع به طور متفاوت رفتار می‌کند.

دانشگاه پیام نور



## پیچیدگی:

■ بدلیل اینکه **expectiminimax** تمام دنباله‌های پرتاب تاس را در نظر می‌گیرد، زمانی معادل  $O(b^m n^m)$  می‌برد، که  $n$  تعداد پرتابهای محدود است.

■ مزیت آلفا-بتا، با داشتن بهترین بازی نادیده گرفتن پیشرفت‌ها در آینده است که احتمال وقوعشان کم است.

■ در بازیهای به همراه تاس، دنباله‌های احتمالی از حرکات وجود ندارد، چون برای آن حرکاتی که باید انجام بگیرند، ابتدا تاس باید به روش درستی پرتاب شود تا آن حرکات منطقی شوند.

■ اگر بگوئیم که تمام مقادیر سودمندی بین  $+1$  و  $-1$  هستند، سپس مقدار گره‌های برگ محدود می‌شوند و در عوض ما می‌توانیم حد بالایی روی مقدار گره شانسی بدون توجه به فرزندانش قرار دهیم.

دانشگاه پیام نور



فصل ششم :


عامل‌هایی که به طور منطقی استدلال می‌کنند



معرفی طراحی پایه‌ای برای یک عامل مبتنی بر دانش:

رهیافت مبتنی بر دانش روش قدرتمندی از ساخت برنامه عامل است. هدف آن پیاده‌سازی نمایی از عامل است که بتواند به عنوان دانش در مورد دنیای آنها و استدلال در مورد گونه‌هایی ممکن از رفتار آنها به کار می‌رود.

دانشگاه پیام نور



عوامل‌های مبتنی بر دانش قادرند که:

۱. وظایف جدید را به صورت اهداف تعریف شده صریح قبول کنند.
۲. آنها می‌توانند به سرعت توسط گفتن یا یادگیری دانش جدید در مورد حیطة ، به رقابت برسند.
۳. آنها می‌توانند خود شانس را با تغییرات محیط ، توسط به روز در آوردن دانش مربوطه ، تطبیق دهند.

دانشگاه پیام نور



عامل مبتنی بر دانش به موارد زیر نیاز دارد:

(۱) چه چیزهایی را بداند؟

(۲) وضعیت جاری دنیا؟

(۳) چگونه توسط ادراک به خواص نادیده دنیا رجوع کند؟

(۴) چگونه دنیا زمان را می‌گشاید؟

(۵) عامل به چیزی می‌خواهد برسد؟

(۶) فعالیت‌هایی که در شرایط مختلف انجام می‌دهد چیست؟

شکوه پیام نور



بخش مرکزی عامل مبتنی بر دانش پایگاه دانش (knowledge base) آن، یا KB است.

**پایگاه دانش:** مجموعه‌ای از نمایش حقایق در مورد نیاز است.

**جمله:** هر نمایش اختصاصی یک جمله (sentence) نامیده می‌شود.

**جملات:** جملات در یک زبانی که زبان بازنمایی دانش (knowledge representation) نامیده

می‌شود، بیان می‌شوند.

دانشگاه پیام نور



**ASK:** به منظور افزودن جملات جدید به پایگاه دانش به کار برده می شود.

**TELL:** به منظور پرسش اینکه چه چیزهایی شناخته شده است.

تشخیص اینکه چه چیزی باید پس از TELLed به KB دنبال شود، مسئولیت مکانیزمی به نام استنتاج (inference) است، که قسمت مهم دیگر عامل مبتنی بر دانش را تشکیل می دهد.

دانشگاه پیام نور



هر زمان که برنامه دانش صدا زده می شود ، دو عمل انجام می شود:

۱. به پایگاه دانش گفته می شود (TELL) که چه دریافت کرده است.

۲. از پایگاه دانش سؤال می شود (ASK) که چه عملی باید انجام شود.

در فرآیند پاسخ به این پرسش ، استدلال منطقی برای اثبات اینکه کدام عمل بهتر از بقیه است استفاده می شود و

دانشتهای عامل و اهداف آن مشخص می شوند.

دانشگاه پیام نور



می‌توانیم یک عامل مبتنی بر دانش را در سه سطح تعریف کنیم:

۱. سطح دانش **knowledge level** یا سطح **epistemological** که خلاصه‌ترین سطح است؛ می‌توانیم عامل را توسط گفتن اینکه عامل چه می‌داند، تعریف نماییم.
۲. سطح منطقی **logical level** سطحی است که دانش به صورت جملات رمزگذاری می‌شود.
۳. سطح پیاده‌سازی **Implementation Level** سطحی است که در معماری عامل اجرا می‌شود و بازنمایی‌های فیزیکی از جملات سطح منطقی، در این سطح وجود دارد.

انتخاب پیاده‌سازی در کارایی بهتر عامل بسیار اهمیت دارد، اما به سطح منطقی و سطح دانش مربوط نمی‌شود.

دانشگاه پیام نور




## دنیای WUMPUS:



مشابه دنیای مکش ، دنیای Wumpus شبکه‌ای از مربع است که توسط دیوارهایی احاطه شده‌اند ، که هر مربع می‌تواند شامل عامل‌ها و اشیاء باشد.

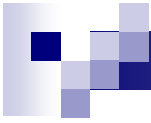
وظیفه عامل یافتن طلا و بازگشتن به نقطه شروع و بالا رفتن از غار است.

دانشگاه پیام نور



برای مشخص نمودن وظیفه عامل، ادراکات، عملیات و اهداف آن را باید مشخص کنیم. در دنیای Wumpus، اینها به صورت زیر هستند:

- از مربعی که شامل Wumpus است و مربع‌های مجاور (نه قطری) عامل بوی بدی را دریافت می‌کند.
- در مربع‌هایی که مستقیماً مجاور با چاله‌ها هستند، عامل نسیمی را دریافت می‌کند.
- در مربعی که طلا وجود دارد، عامل یک درخششی را درک می‌کند.
- زمانی که یک عامل به داخل دیواره قدم بر می‌دارد، ضربه‌ای را دریافت می‌کند.
- زمانی که Wumpus کشته می‌شود، فریادی سر می‌دهد که هر جایی از غار شنیده می‌شود.
- ادراکات به عامل به صورت لیستی از پنج سیمبول داده می‌شود.



مانند دنیای مکش ، عملیاتی برای جلو رفتن ، چرخیدن 90 به سمت چپ ، چرخیدن ۹۰ به سمت راست وجود دارد.

عامل نابود خواهد شد زمانی که وارد یک مربع شامل سیاده چاله و یا کی **Wumpus** زنده می شود.

هدف عامل یافتن طلا و برگرداندن آن به خانه شروع با سرعت تمام است ، بدون آنکه کشته شود.

دانشگاه پیام نور



بازنمایی ، استدلال و منطق:

بازنمایی و استدلال با همدیگر ، عملکرد یک عامل مبتنی بر دانش را حمایت خواهند کرد.

بازنمایی دانش (knowledge representation) دانش را در فرم حل شدنی کامپیوتر مطرح

می سازد ، که به عامل ها کمک می کند تا ارائه بهتری داشته باشند.

دانشگاه پیام نور



زبان بازنمایی دانش متوسط دو خاصیت تعریف می شود:

**Syntax**: یک زبان ساختاری ممکن برای تشکیل جملات را ایجاد می کند.

بازنمایی واقعی در داخل کامپیوتر: هر جمله توسط یک ساختار فیزیکی یا خاصیت فیزیکی قسمتی از عامل پیاده سازی می شود.

**Semantic**: تعیین می کند که حقایق موجود در دنیا به چه جملاتی نسبت داده شوند.

با Semantic ها ، می توانیم بگویم زمانی که ساختار ویژه با یک عامل وجود دارد ، عامل به جملات مربوطه ، اعتقاد دارد.



معني هاي زبان تعيين مي كند كه حقايق به کدام جملات مربوط مي شوند.

**تفاوت بين حقايق و بازنمايي هاي آنها:**

حقايق قسمتي از دنيايي واقعي را تشكيل مي دهند ، اما بازنمايي هاي آنها بايد به صورتي كد شوند كه بتواند به طور فزيكي در يك عامل ذخيره شود.

دانشگاه پیام نور

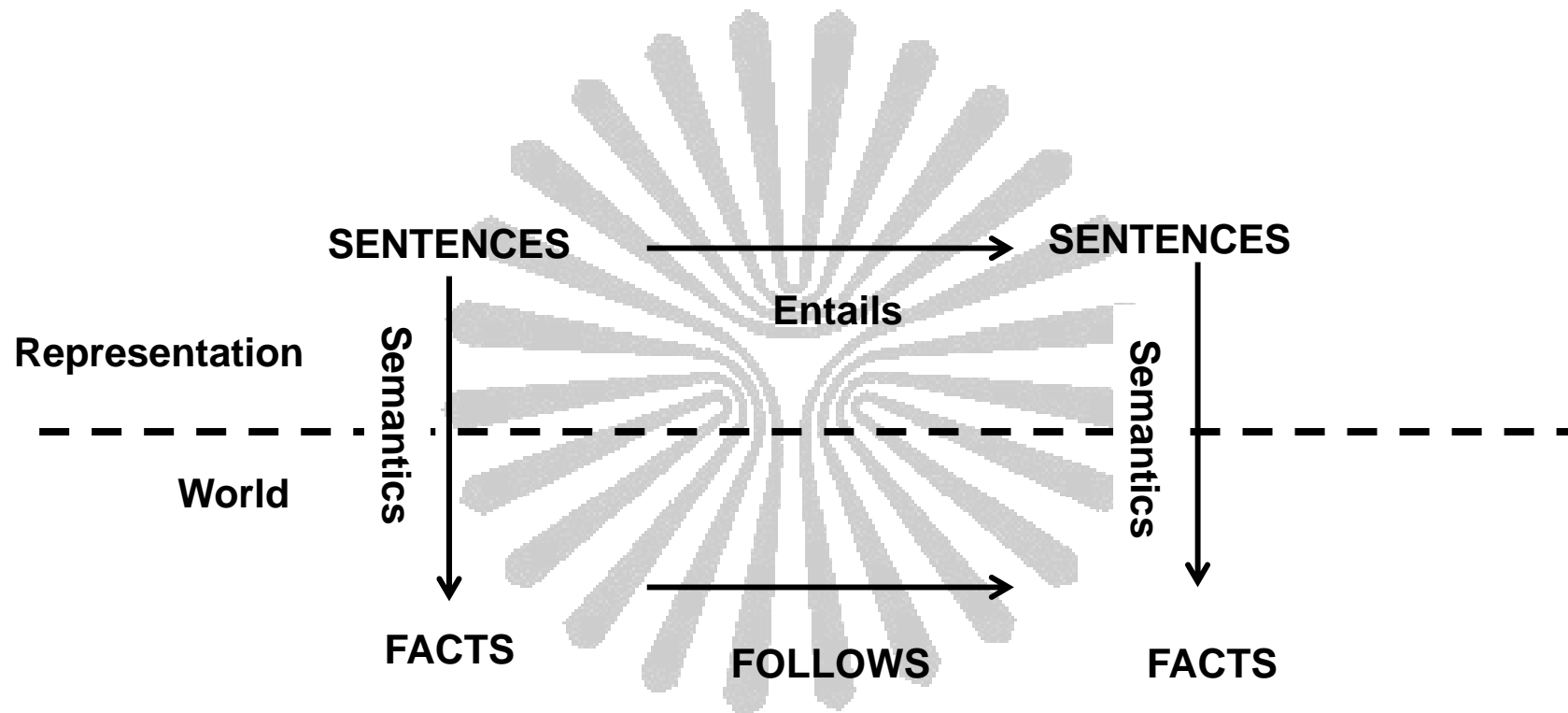


جملات قسمتي از ساختار فيزيكي عامل هستند و استدلال بايد پردازشي از ايجاد ساختار جديد فيزيكي از نمونه هاي قديمي تر باشد.

استدلال مطلوب بايد اين اطمینان را حاصل کند که ساختار جديد حقيقي را بازنمايي مي کند که از حقيقي که ساختار قديمي ايجاد کرده بود ، پيروي کنند.

دانشگاه پیام نور





ارتباط بین جملات و حقایق توسط معنای زبان تولید می شوند.

دانشگاه پیام نور



## استلزام:

ارتباط بین حقایق که دنباله رو یکدیگر هستند را نشان می دهد.

در علائم ریاضی ، ارتباط استلزام بین یک پایگاه دانش  $KB$  و یک جمله  $a$  به صورت « $KB$  مستلزم  $a$

است» تلفظ می شود و به صورت  $KB \models a$  نوشته می شود.

دانشگاه پیام نور



رویه استنتاج می‌تواند یکی از دو عامل ذیل را انجام دهد:

۱. با داشتن پایگاه دانش KB می‌تواند جملات تازه‌ای از  $a$  تولید کند که مفهوم آن استلزام توسط KB باشد.

۲. یا با داشتن یک پایگاه دانش KB و جمله  $a$  دیگری، این رویه می‌تواند گزارش دهد که  $a$  توسط KB مستلزم شده است یا خیر.

دانشگاه پیام نور

رویه استنتاج  $A$  می تواند توسط جملاتی که آنها را مشتق می کند، تعریف شود. اگر  $A$  بتواند  $a$  را از  $KB$  مشتق کند، منطق دان می تواند بنویسد:  $a \mid_{KB}$  که خوانده می شود «آلفا از  $KB$  توسط  $A$  مشتق شده است یا  $A$  مشتق می کند آلفا از  $KB$ ».

ثبت عملیات رویه استنتاج صحیح، اثبات (Proof) نامیده می شود.

دانشگاه پیام نور



کلید استنتاج صحیح:

داشتن مراحل استنتاج است که به جملات مورد عمل قرار گرفته ، توجه داشته باشد.

دانشگاه پیام نور



## بازنمایی:

زبان‌های برنامه‌نویسی (مانند C یا پاسکال یا Lips) برای تعریف الگوریتم‌ها مناسب هستند و بین ساختارهای داده پیوستگی ایجاد می‌کنند.

زبان‌های طبیعی بیش‌تر محتاج محاوره بر خلاف بازنمایی هستند.

دانشگاه پیام نور



## مزایا و معایب زبان طبیعی:

زبان طبیعی راهی خوب برای سخنگو است تا مخاطب را متوجه منظور خود سازد؛ اما اغلب این تقسیم دانش بدون بازنمایی صریح خود دانش انجام می‌شود. زبان‌های طبیعی هم چنین از ابهامات رنج می‌برند، مانند عبارت «سگ‌ها و گربه‌های کوچک»، روشن نیست که آیا سگ‌ها نیز کوچک هستند یا خیر.

دانشگاه پیام نور



یک زبان بازنمایی خوب می بایست:

مزایای زبان های طبیعی و رسمی را با هم داشته باشد.

پرمعنی و رسا باشد.

دقیق و غیر مبهم

مستقل از متن

قابل استنتاج

دانشگاه پیام نور





معاني:

یک جمله خودش به تنهایی معنایی ندارد.

می‌توان زبانی را تعریف نمود که در آن هر جمله یک تفسیر اختیاری داشته باشد. اما در عمل تمام زبان‌های بازنمایی ارتباط سیستماتیکی بین جملات اعمال می‌کنند.

دانشگاه پیام نور

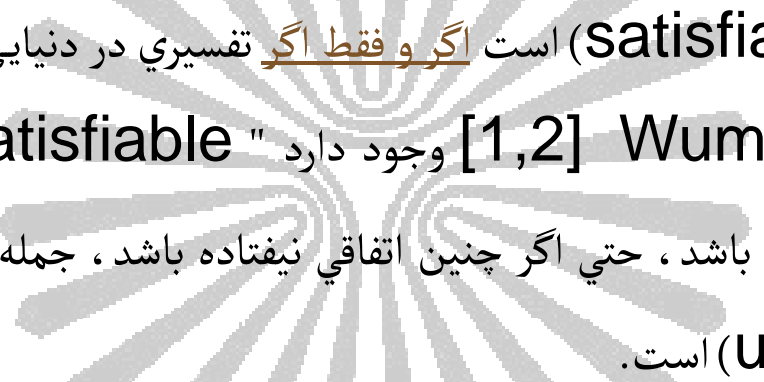



صدق پذيري:



یک جمله معتبر (Valid) یا لزوماً صحیح است اگر و فقط اگر تحت تمام تفسیرهای ممکن در تمام دنیای ممکن ، بدون توجه از آنچه که تصور می‌شد که معنا دهد و بدون توجه به حالت آن مطلب در کل ، تعریف شده باشد.

دانشگاه پیام نور



یک جمله صدق پذیر (satisfiable) است اگر و فقط اگر تفسیری در دنیایی برای صحت آن وجود داشته باشد. جمله در خانه Wumpus [1,2] وجود دارد "Satisfiable" است زیرا امکان دارد که Wumpus در آن خانه باشد، حتی اگر چنین اتفاقی نیفتاده باشد، جمله ای که صدق پذیر نباشد صدق ناپذیر (unsatisfiable) است.

جملات خود تناقضی صدق ناپذیر هستند، اگر تناقض به معنای سیمبولها بستگی نداشته باشد.

دانشگاه پیام نور



## استنتاج در کامپیوترها:

معتبر بودن و صدق ناپذیری به قابلیت کامپیوتری که استدلال می کند ، بستگی دارد.

کامپیوترها از دور نقطه ضعف رنج می برند:

❑ کامپیوتر لزوماً تفسیری را که شما برای جملات در پایگاه دانش به کار می بردید ، نمی داند.

❑ چیزی در مورد دنیا نمی داند به جز آنچه که در پایگاه دانش ظاهر می شود.

دانشگاه پیام نور



چيزي که استنتاج رسمي را قدرت مي بخشد ، نبودن محدوديت بر روي پيچيدگي جملاتي است که کامپيوتر بايد آنها را مورد عمل قرار دهد.

بزرگترين چيز در مورد استنتاج رسمي ، قابليت آن براي بدست آوردن نتايج صحيح است حتي زماني که کامپيوتر اطلاعي از تفسير استفاده شده توسط شما نداشته باشد.

کامپيوتر فقط نتايج معتبر را گزارش مي کند ، که بايست بدون توجه به تفسير شما ، صحيح باشد.

دانشگاه پیام نور



منطق شامل موارد زیر می شود:

۱- یک سیستم رسمی برای تعریف حالت‌های مطلب که شامل:

الف- نحو (syntax) زبان ، که روش درست کردن جملات را شرح می دهد.

ب- معانی (semantic) زبان ، که محدودیت‌های سیستماتیکی را روی چگونگی ارتباط جملات با حالات

موضوع قرار می دهند.

۲- تئوری اثبات- مجموعه‌ای از قوانین برای استنباط استلزامی یک سری از جملات.

دانشگاه پیام نور



ما روی دو نوع منطق تمرکز خواهیم کرد:

■ منطق بولین یا گزاره‌ای ،

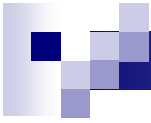
■ منطق مرتبه اول (دقیق تر بگوییم ، حساب گزاره مرتبه اول با تساوی).

✓ در منطق گزاره‌ای سیمبول‌ها تمام گزاره‌ها را بازنمایی می‌کنند.

✓ سیمبولهای گزاره‌ای می‌توانند با استفاده از ربط‌دهنده‌های بولین (Boolean connectives)

جملات را با معنای پیچیده‌ترین تولید کنند.





منطق مرتبه اول با بازنمایی دنیاهایی به نام اشیاء (objects) و گزاره ها روی اشیاء (به عنوان مثال ، خواص اشیاء یا ارتباط بین اشیاء)، به خوبی استفاده از ربط دهنده ها و سورها (quantifiers)، به جملات اجازه می دهند تا در مورد چیزی در دنیا به سرعت نوشته شوند.

در منطق مرتبه اول گزاره ای یک جمله یک حقیقت را بیان می کند و عامل باور دارد که جمله صحیح است ، یا جمله نادرست است یا قادر نیست تا از راه دیگری نتیجه گیری کند.

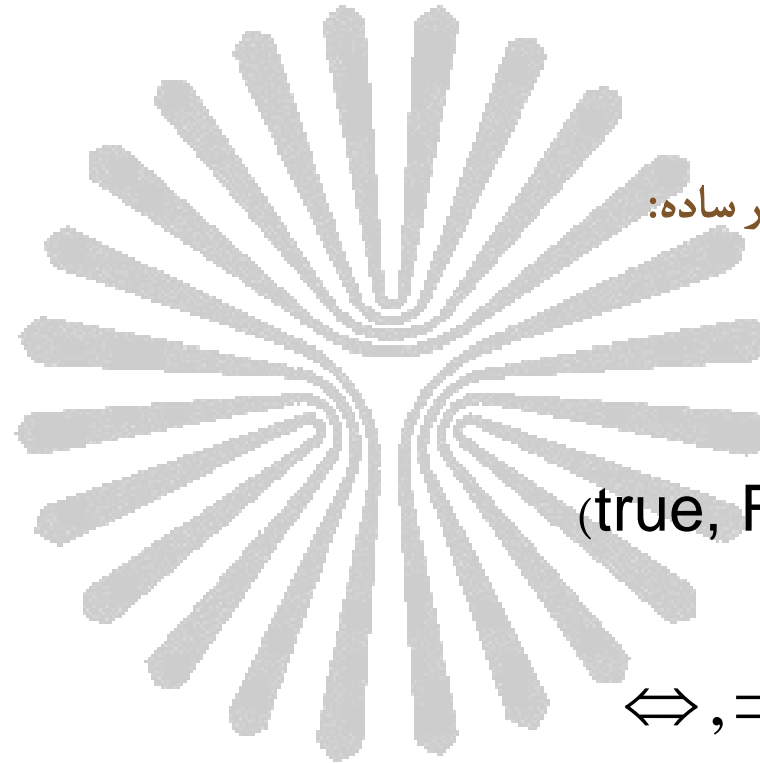
دانشگاه پیام نور





سیستم‌هایی که مبتنی بر منطق شولا (Fuzzy) هستند، می‌توانند در جایی از اعتقاد را در یک جمله داشته باشند و همچنین به درجات حقیقت نیز اجازه دهند: یک حقیقت نیازی به درست یا نادرست بودن در دنیا ندارد، اما می‌تواند تا یک میزانی صحت داشته باشد.

دانشگاه پیام نور



منطق گزاره‌ای: یک منطق بسیار ساده:

علائم منطق گزاره‌ای:

❖ ثابت‌های منطقی (true, False)

❖ علائم گزاره‌ای: Q, P

❖ رابط‌هایی  $\neg$ ,  $\wedge$ ,  $\vee$ ,  $\Rightarrow$ ,  $\Leftrightarrow$

❖ پرانتز ( )

دانشگاه پیام نور

تمام جملات توسط قرار دادن این علائم با هم و با استفاده از قوانین زیر ، ساخته می شوند:

- ثابتهای منطقی (true, False) خودشان جمله محسوب می شوند.
- علامات گزاره‌ای نظیر P, Q هر کدام به تنهایی یک جمله هستند.
- پرانتزهای اطراف یک عبارت ، آن عبارت را تبدیل به یک جمله واحد می سازند مثل  $(P \wedge Q)$ .
- یک جمله می تواند توسط ترکیب جملات ساده‌تر با یکی از پنج رابط منطقی ایجاد می شود.

روش رفع ابهام منطق گزاره‌ای بسیار شبیه عبارت ریاضی است.



## معاني:

یک سیمبول گزاره‌ای می‌تواند آنچه که خواست شما است، معنی بدهد. یعنی اینکه، تفسیر آن هر حقیقت  
اختیاری می‌تواند باشد.

یک جمله پیچیده، معنایی مرکب از معناهایی هر قسمت از جمله را دارد، هر رابط می‌تواند به عنوان یک تابع  
تصور شود.

دانشگاه پیام نور



## اعتبار و استنتاج:

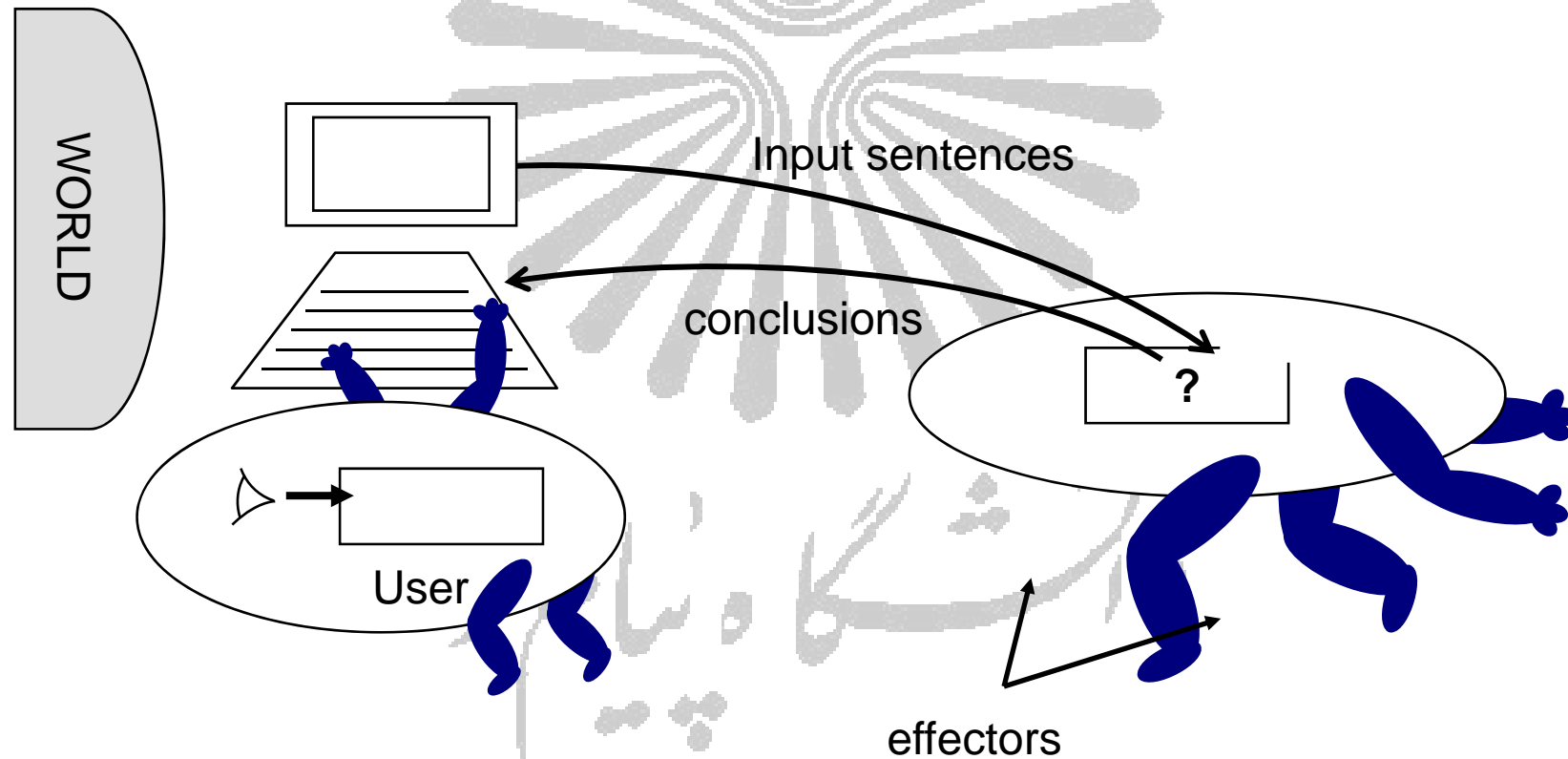
جدول درستی برای تعریف رابطها و برای کنترل جملات معتبر به کار می رود.

ماشین هیچ ایده ای از معنای نتایج ندارد، کاربر می تواند نتایج را بخواند و از تفسیر خود برای سیمبولهای

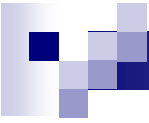
گزاره ای به معنای نتیجه پی ببرد.

دانشگاه پیام نور

وجود یک سیستم استدلال ضروري است تا قادر باشد ، نتایجی را استخراج کند که از مقدم‌ها ، بدون توجه به دنیا که اولویت رجوع جملات را مشخص می‌کند ، پیروی کند.



جملات اغلب به دنیایی رجوع می‌کنند که عامل دسترسي مستقلی به آن نداشته باشد.

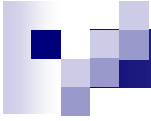


## مدل‌ها Models:

دنیایی که در آن جمله‌ای تحت تفسیری ویژه، درست باشد. یک مدل (Model) از آن جمله نامیده می‌شود.

مدل‌ها در منطق بسیار حائز اهمیت هستند زیرا، دوباره استلزام را مطرح می‌کنند، جمله  $a$  توسط یک پایگاه دانش KB مستلزم می‌شود، اگر مدل‌های KB تمام مدل‌های  $a$  باشند. سپس زمانی که KB درست باشد،  $a$  نیز درست خواهد بود.

دانشگاه پیام نور



«دنیاهای واقعی» متفاوت بسیاری وجود دارند که مقادیر درستی مشابهی برای آن سیمبول‌ها دارند. تنها تقاضایی که برای کامل شدن تصفیه لازم است، درستی یا نادرستی هر سیمبول گزاره‌ای در هر دنیا است

دانشگاه پیام نور





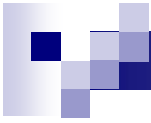
## قوانین استنتاج برای منطق گزاره‌ای:

پردازشی که توسط هر کدام از آنها، صحت یک استنباط از طریق جداول درستی بدست آمده است، می‌توند به کلاس‌های استنتاج‌ها گسترش داده شود.

نمونه‌های مطمئنی از استنتاج‌ها وجود دارند. که بیشتر و بیشتر بوجود می‌آیند، و صحت آنها می‌تواند یکبار برای همیشه نشان داده شوند.

زمانی که یک قانون پیاده شد، می‌توان به منظور ساخت استنتاج‌ها بدون ساخت جداول درستی، استفاده شود.

دانشگاه پیام نور


$$\frac{\alpha}{\beta}$$

این جمله نیست ، اما یک قانون استنتاج است.

یک قانون استنتاج زمانی درست است اگر نتیجه آن در تمام موارد درست باشد و مقدمها نیز درست باشند.

یک اثبات منطقی شامل دنباله‌ای از کاربردهای قوانین استنتاج است که ابتدا با جمله‌های موجود در KB آغاز می‌شود ، و منجر به تولید جمله‌ای می‌شود که اثبات را پایان می‌دهد.

دانشگاه پیام نور

## یکنوایی:

استفاده قوانین استنتاج به منظور یافتن نتیجه از یک پایگاه دانش، به طور صریح مبتنی بر خواص عمومی منطقهای قطعی (شامل گزاره‌ای و منطق مرتبه اول) است که یکنوایی (monotonicity) نامیده می‌شود. می‌توانیم خواص یکنوایی منطق را به طور زیر شرح دهیم:

$$\text{if } KB_1 \models \alpha \text{ then } (KB_1 \cup KB_2) \models \alpha$$

دانشگاه پیام نور

منطق مرتبه اول و گزاره‌ای در این حالت ، یکنوا هستند.

تئوری احتمال ، یکنوا نیست.


کلاس مفیدی از جملات برای زمانی که رویه استنتاجی با زمان چند جمله‌ای وجود دارد که این کلاس جملات

هورن (Horn sentences) نامیده می‌شود. یک جمله هورن فرمی به صورت زیر دارد:

$$P_1 \wedge P_2 \dots \wedge P_n \Rightarrow Q$$

که  $P_i$  و  $Q$  اتمهای خنثی هستند. دو مورد مهم وجود دارد: اول ، زمانی که  $Q$  ثابت False است.

دانشگاه پیام نور




ما به جمله‌اي مي‌رسيم که برابر است با:

$$\neg P_1 \vee \dots \vee \neg P_n$$

دوم اينکه ، زماني که  $n=1$  و  $P_1=True$  ما به  $True \Rightarrow Q$  مي‌رسيم که برابر است با جمله اتمي  $Q$ .

دانشگاه پیام نور



منطق گزاره‌ای به ما اجازه می‌دهد که به تمام نکات مهم در مورد منطق و چگونگی استفاده از آن به منظور ارائه استنتاج که نهایتاً به عملیات تبدیل می‌شود، برسیم. اما منطق گزاره‌ای بسیار ضعیف است.

### مشکل کند شدن رویه استنتاج:

- (۱) مشکل فقط نوشتن این قوانین نیست بلکه تعداد زیاد آنها، باعث مشکل می‌شود.
- (۲) مشکل دیگر، روبرو شدن با تغییرات محیط است. ما جزیی از عامل استدلال کننده را در یک مکان و زمان ویژه نشان دادیم، و تمام گزاره‌ها در پایگاه دانش در آن زمان خاص، درست بودند. اما در حالت کلی، دنیا هر لحظه در حال تغییر است.

اندازه یک جدول درستی  $2^n$  است. که  $n$  تعداد سیمبولهای گزاره‌ای در پایگاه دانش است.

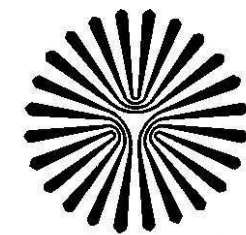


برای اجتناب از سردرگمی، ما به سیمبول‌های گزاره‌ای متفاوتی، برای تشخیص مکان عامل در هر مرحله نیاز داریم.

۱- ما نمی‌دانیم که بازی چه مدت طول خواهد کشید، بنابراین نمی‌دانیم که چه تعداد از این گزاره‌های وابسته به زمان، نیاز داریم.

۲- اکنون باید برگردیم و حالت‌های وابسته به زمان از هر قانون را بنویسیم.

دانشگاه پیام‌نور



دانشگاه پیام نور

فصل هفتم:

## منطق مرتبه اول





منطق گزاره‌ای هستی‌شناسی بسیار محدودی دارد و فقط برای دنیایی که شامل حقایق باشد، تعهد قبول می‌کند و این امر بازنمایی مسائل ساده را نیز مشکل ساخته است.

منطق مرتبه اول (First-Order logic) تعهدات هستی‌شناسانه قوی‌تری را نسبت به منطق گزاره‌ای ایجاد می‌کند.

دانشگاه پیام‌نور



اجزایی که در این منطق وجود دارند:

اشیاء **(Objects)**: مردم ، خانه ها ، اعداد ، تئوریها ، رنگها ، بازیهای بیس بال ، جنگلها ، کشورها...

روابط **(Relations)**: برادر ، بزرگتر از ، داخل ، قسمتی از ، رنگ ... دارد ، بدهکار است ، اتفاق افتاد بعد  
از...

خواص **(Properties)**: قرمز ، گرد: غیرواقعی ، رسمی ...

توابع **(Functions)**: پدر ، بهترین دوست ، یکی بیشتر از ، نوبت سوم ...

دانشگاه پیام نور



ما ادعا نمی‌کنیم که دنیا واقعاً از اشیاء و روابط بین آنها ساخته شده است ، بلکه این جداسازی به ما کمک می‌کند با بهتر در مورد دنیا قضاوت کنیم.

- منطق مرتبه اول قادر است تا حقایق را در مورد تمام اشیاء جهان بیان دارد.
- اگرچه منطق مرتبه اول ، موجودیت اشیاء و روابط آنها را ممکن می‌سازد ، اما هیچ تعهد هستی‌شناسی را برای چیزهایی مثل طبقات ، زمان و حوادث قبول نمی‌کند.
- منطق مرتبه اول از این نظر جهانی است که قادر است تا هر چیزی را که قابل برنامه‌ریزی باشد ، بیان کند.

دانشگاه پیام نور

## نحو و معاني:

منطق مرتبه اول جملاتي دارد ، اما همچنين واژه‌هايي **term** نيز دارد كه اشياء را بازنمايي مي‌کنند.

سيمبول‌هاي ثابت ، متغيرها و سيمبول‌هاي تابع براي ساخت واژه‌ها استفاده مي‌شوند ، و

كميت‌سنجها و سيمبول‌هاي گزاره‌اي براي ساخت جملات به كار برده مي‌شوند.

دانشگاه پیام نور

تعريف دقيق هر عنصر به صورت زیر است:

## سيمبولهاي ثابت (Constant Symbols):

يك تفسير مي بايست معين کند که کدام شيء توسط کدام سيمبول ثابت در اشياء ارجاع داده مي شود.

هر سيمبول ثابت ، دقيقاً به اسم يك شيء نامگذاري مي شود ، اما تمام اشياء نيازي به داشتن نام ندارند و

بعضي از آنها مي توانند چند اسم داشته باشند.

دانشگاه پیام نور



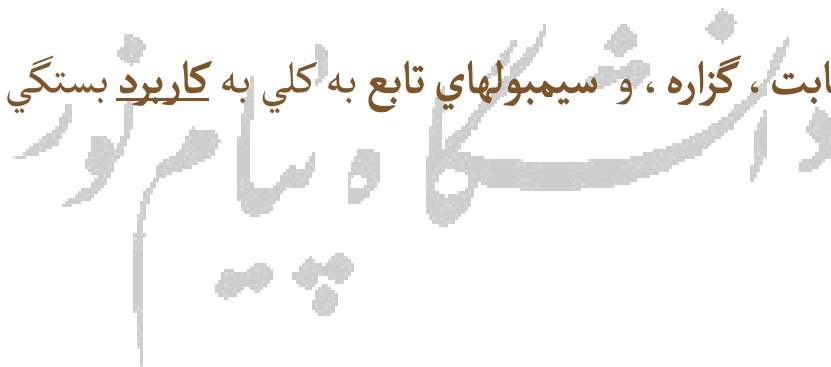
## سیمبولهای گزاره (Predicate Symbols):

یک تفسیر معین می‌کند که یک سیمبول گزاره به یک رابطه ویژه در مدل رجوع می‌کند.

## سیمبولهای تابع (Function Symbols):

بعضی از روابط تابع هستند، بدین معنا که هر شیء دقیقاً به شیء دیگری توسط رابطه رجوع می‌کند.

انتخاب ثابت، گزاره، و سیمبولهای تابع به کلی به کاربرد بستگی دارد.



## ترمها (Terms):

یک ترم ، یک عبارت منطقی است که به یک شیء رجوع می کند.

معانی رسمی ترمها بسیار صریح است. تفسیر ، یک رابطه تابعی ارجاع داده شده توسط سیمبول تابع ، و اشیاء ارجاع داده شده توسط واژهها را اختصاص می دهد که آرگومان هایش هستند. از این رو ، تمام ترم به شیء رجوع می کند که به عنوان  $(n+1)$  امین مدخل در آن tuple در رابطه ای که اولین  $n$  عنصر آن اشیاء ارجاع شده توسط آرگومانها هستند ، ظاهر می شود.

دانشگاه پیام نور



## جملات اتمی (Atomic sentences):

می‌توانیم با استفاده از ترم‌هایی برای ارجاع به اشیاء و گزاره‌هایی برای ارجاع به روابط، جملات اتمی به وجود آوریم، که حقایق را پایه‌گذاری می‌کنند.

یک جمله اتمی از یک سیمبول گزاره‌ای تشکیل یافته و توسط یک لیست پرانتز از واژه‌ها دنبال می‌شود.

دانشگاه پیام نور





یک جمله اتمی درست است **اگر** رابطه ارجاع شده توسط سیمبول گزاره با اشیاء ارجاع شده توسط آرگومان‌ها مطابقت داشته باشد.

رابطه در صورتی صحت دارد که **tuple** اشیاء در رابطه باشد.

حقیقت یک جمله بنابراین هم به تفسیر و هم به دنیا بستگی دارد.

دانشگاه پیام نور



## جملات پیچیده:



ما می‌توانیم از رابط‌های منطقی برای تشکیل جملات پیچیده‌تر فقط در محاسبات گزاره‌ای استفاده کنیم.  
معانی جملات که با استفاده از رابط‌های منطقی فرم گرفته‌اند، از لحاظ گزاره‌ای با آن یکسان هستند.

دانشگاه پیام نور



## سورها (Quantifiers):

زمانی که ما منطقی در اختیار داریم که شامل اشیاء است، طبیعی است که ذکر خواص کلی اشیاء را بر شمارش اشیاء توسط نام ترجیح می‌دهیم. سورها به ما اجازه این کار را می‌دهند.

منطق مرتبه اول دو سورا استاندارد دارد:

❖ عمومی (universal)

❖ وجودی (existential)

دانشگاه پیام نور

## سور عمومي: (Universal Quantification)

$\forall$  معمولاً به معني «براي تمام» است.

شما يك جمله را مي توانيد به صورت  $\forall x P$  كه  $P$  يك عبارت منطقي است تصور كنيد. و  $P$  معادل با تركيب عطفی تمام جملات حاصل شده توسط جانشيني نام يك شيء براي متغير  $x$  هر جا كه در  $P$  ظاهر شود، است.

## سور وجودي (Existential):

$\exists$  به صورت «وجود دارد...» تلفظ می‌شود. در حالت کلی  $\exists x P$  زمانی درست است که  $P$  برای بعضی از اشیاء در دنیا درست باشد. بنابراین می‌تواند به عنوان معادلی برای ترکیب فصلی جملات بدست آمده توسط جانشینی اسم یک اشیاء برای متغیر  $x$ ، تصور شود.

بنابراین، یک جمله شرطی با سور وجودی در دنیایی شامل هر شیء که مقدم آن ترکیب شرطی نادرست باشد، درست است. از این رو همچنین جملاتی اصلاً چیزی برای گفتن ندارند.

دانشگاه پیام نور

## سوره‌های لانه‌ای (Nested Quantifiers):

$\forall x, y$  معادل  $\forall x \forall y$  است

ترتیب سورها بسیار مهم است. اگر ما آنها را در پرانتز قرار دهیم روشن‌تر می‌شود.

در حالت کلی،  $\forall x (\exists y P(x,y))$  جمله دلخواهی است که شامل  $x, y$  می‌باشد. می‌گویند که هر

شیئی در دنیا یک خاصیت ویژه‌ای دارد، و آن خاصیت به چند شیئی توسط رابطه  $P$  مربوط می‌شود.

از طرف دیگر،  $\exists x (\forall y P(x,y))$  می‌گویند که در دنیا شیئی وجود دارد که خاصیت ویژه‌ای دارد و

خاصیت توسط  $P$  به هر شیئی در دنیا مربوط می‌شود



مشکل اساسی زمانی بوجود می‌آید ، که دو سور با یک متغیر استفاده می‌شوند.

قانون این است که متغیر به داخلی‌ترین سور که آن را بیان می‌کند ، پس این متغیر ارتباطی با دیگر سورها نخواهد داشت.

دانشگاه پیام نور

## ارتباط بین $\forall$ و $\exists$

در واقع دو سور وجودی و عمومی از طریق تناقض با هم در ارتباط هستند.

بدلیل اینکه  $\forall$  در واقع رابط عاطفی در دنیای اشیاء است و  $\exists$  رابط فصلی است، تعجب آور نخواهد بود که آنها از

قوانین دمورگان پیروی کنند. قوانین دمورگان در ارتباط با جملات سوری به شرح زیر است:

$$\forall x \neg P \equiv \neg \exists x P \quad \neg P \wedge \neg Q \equiv \neg (P \vee Q)$$

$$\neg \forall x P \equiv \exists x \neg P \quad \neg (P \wedge Q) \equiv \neg P \vee \neg Q$$

$$\forall x P \equiv \neg \exists x \neg P \quad P \wedge Q \equiv \neg (\neg P \vee \neg Q)$$

$$\exists x P \equiv \neg \forall x \neg P \quad P \vee Q \equiv \neg (\neg P \wedge \neg Q)$$





براي اهداف AI، محتوا و از اين رو قابليت خواندن جملات مهم هستند.

بنابراين:

ما هر دو سور را نگه مي داريم.

دانشگاه پیام نور



## تساوي (Equality):

به غیر از گزاره‌ها و ترم‌هایی که قبلاً به آنها اشاره می‌توانیم از سمبول تساوي (equality symbol) برای ساختن عباراتی که دو ترم به شیئی مشابه رجوع کنند، استفاده می‌کنیم.

سمبول تساوي: می‌تواند به منظور شرح خواص یک تابع داده شده، استفاده شود. این سمبول هم چنین می‌تواند با علامت نقیض برای نشان دادن عدم تشابه دو شیئی استفاده شود.

دانشگاه پیام نور

توسعه‌ها و تمایزات نگارشی:

سه نوع از روشهای که روی منطق مرتبه اول اعمال می‌شود:

۱- منطق مرتبه بالاتر

۱-۲ عبارات تابعی و گزاره‌ای با استفاده از عملگر  $\wedge$

۲-۲ سور یکتایی

۲-۳ عملگر یکتایی

۳- انواع علائم

دانشگاه پیام نور



منطق مرتبه بالاتر:

- ❖ ما را قادر می‌سازد تا بتوانیم کیفیت روابط و توابع اشیاء را به خوبی تعیین کنیم.
- ❖ قدرت معنا دارتری نسبت به منطق اول دارد.

دانشگاه پیام نور

عبارات تابعي و گزاره‌اي با استفاده از عملگر  $\lambda$ :

- اغلب مفید است که توابع و گزاره‌های پیچیده را از قسمت‌های ساده‌تری تشکیل دهیم.
- عملگر  $\lambda$  مرسوم است که برای این منظور استفاده شود.
- این  $\lambda$ -expression می‌تواند برای آرگومان‌ها نیز به کار برده شود تا به یک ترم منطقی منتهی شود.

برای مثال گزاره «از جنیست متفاوت و از آدرس مشابه هستند.» را می‌تواند به صورت زیر نوشت:

$$\lambda x, y \text{ Gender}(x) \neq \text{gender}(y) \wedge \text{Address}(x) = \text{Address}(y)$$

## سور یکتایی:

راه دقیقی برای گفتن اینکه یک شیئی منحصر به فرد یک گزاره را قانع می کند، وجود ندارد. بعضی از مؤلفان علامت  $\exists x \text{ King}(x) !$  را استفاده می کنند.

جمله بالا بدین معناست که «یک شیئی منحصر به فرد  $x$  وجود دارد که  $\text{King}(x)$  را قانع می کند» یا غیر رسمی تر بگوییم «دقیقاً یک  $\text{King}$  وجود دارد».

دانشگاه پیام نور



عملگر یکتایی:

∃! برای مفهوم یکتایی استفاده می کنیم.

علامت  $\exists! x p(x)$  عموماً برای بازنمایی مستقیم شیئی مورد نظر استفاده می شود.

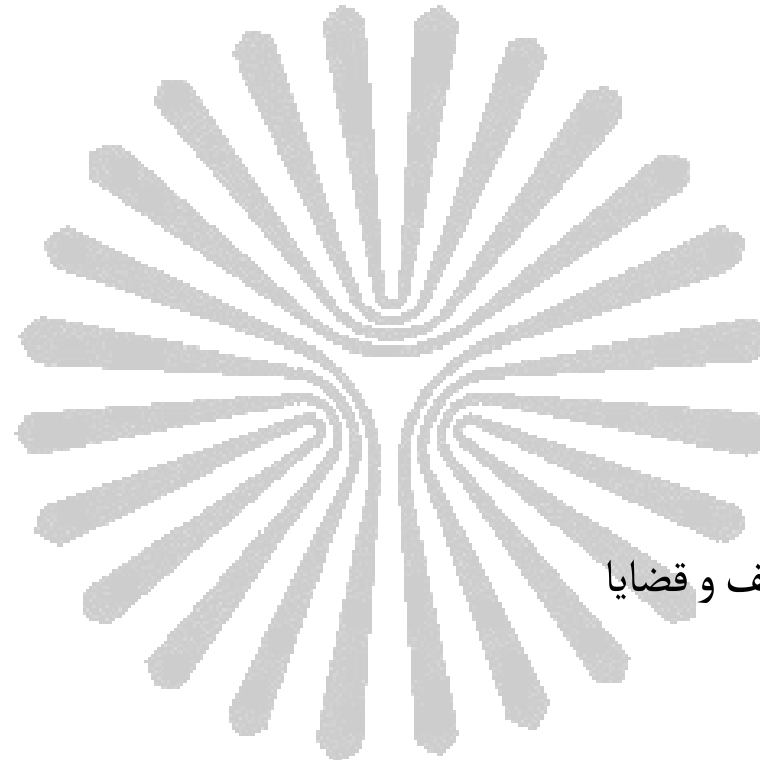
دانشگاه پیام نور

## انواع علائم:

تعدادی از علائم رایج در منطق مرتبه اول:

Syntax item	This book	Others
<b>Negation (not)</b>	$\neg P$	$\sim P \bar{P}$
<b>Conjunction (and)</b>	$P \wedge Q$	$P \& Q \ P.Q \ PQ \ P, Q$
<b>Disjunction (or)</b>	$P \vee Q$	$P   Q \ P; Q \ P + Q$
<b>Implication (if)</b>	$P \Rightarrow Q$	$P \rightarrow Q \ P \supset Q$
<b>Equivalence (iff)</b>	$P \Leftrightarrow Q$	$P \equiv Q \ P \leftrightarrow Q$
<b>Universal (all)</b>	$\forall x P(x)$	$(\forall x) P(x) \wedge xP(x) \ P(x)$
<b>Existential (exists)</b>	$\exists x P(x)$	$(\exists x) P(x) \vee xP(x) \ P(\text{Skolem}_i)$
<b>Relation</b>	$R(x, y)$	$(Rxy) \ Rxy \ xRy$





استفاده از منطق مرتبه اول:

Kinship دامنه

اصل موضوعات ، تعاریف و قضایا

دامنه مجموعه‌ها

علائم خاص برای مجموعه‌ها ، لیست‌ها و محاسبات

طرح پرسش و گرفتن پاسخ

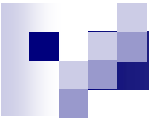
دانشگاه پیام نور  
پیام نور



## عامل هاي منطق براي دنياي **Wumpus**:

ما معماری سه عامل را در نظر می گیریم:

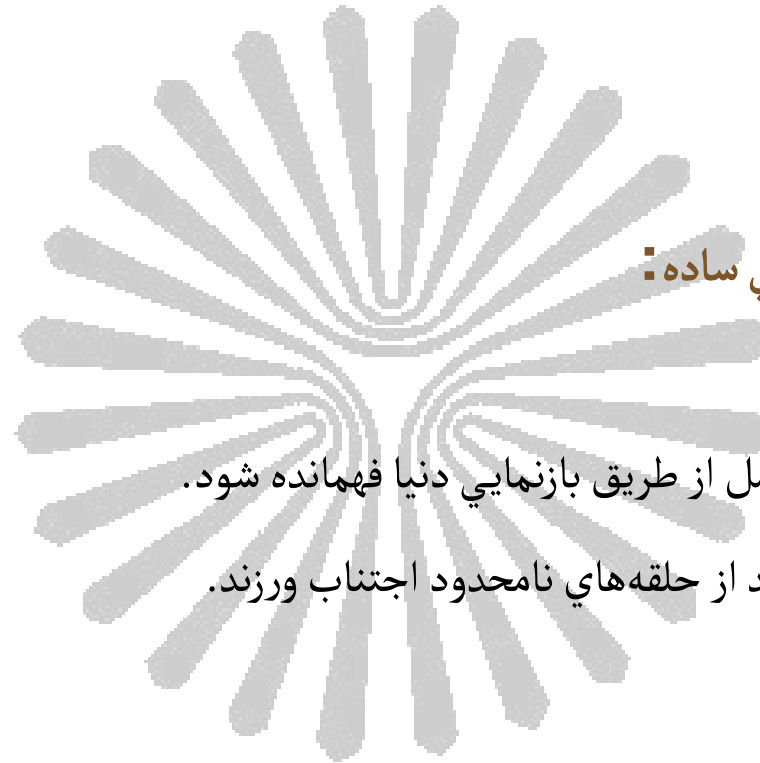
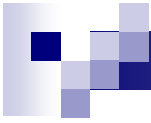
- (۱) عامل های (reflex) که فقط ادراکات و عملیاتشان را مطابق هم طبقه بندی می کنند.
  - (۲) عامل های مبتنی بر مدل (model-based) که بازنمایی داخلی از دنیا را تشکیل می دهند و از آن برای عملکردشان استفاده می کنند.
  - (۳) عامل های مبتنی بر هدف **goal-based** که اهداف را صورت می دهند و سعی دارند تا به آنها برسند.
- عامل های مبتنی بر هدف معمولاً عامل های مبتنی بر مدل نیز هستند.



## عامل واکنشی ساده:

ساده‌ترین نوع ممکن عامل، قوانینی دارد که مستقیماً ادراکات را به عملیات مرتبط می‌سازد. این قوانین مشابه واکنش یا غرایز هستند.

دانشگاه پیام نور



محدودیت‌های عامل‌های واکنشی ساده:

❖ وجود مسائلی که باید به عامل از طریق بازنمایی دنیا فهمانده شود.

❖ عامل‌های واکنشی نمی‌توانند از حلقه‌های نامحدود اجتناب ورزند.


دانشگاه پیام نور



## بازنمایی تغییر در دنیا:

در طراحی عامل ، تمام ادراکات به پایگاه دانش اضافه می شود ، و در اصل تاریخچه ادراک تمام آن چیزهایی است که در مورد دنیا باید دانسته شود. اگر ما قوانینی داشته باشیم که به گذشته به همان خوبی زمان جاری رجوع کنند ، می توانیم قابلیت های یک عامل را برای یافتن جایی که عملکرد بهینه دارد ، افزایش دهیم.

دانشگاه پیام نور



هر سیستمی که تصمیماتی را بر پایه ادراکات گذشته می‌گیرد، می‌تواند برای استفاده مجدد از جملاتی در مورد حالت جاری، دوباره نوشته شود، به شرط اینکه این جملات به محض رسیدن هر درک تازه‌ای و در عمل تازه‌ای که انجام می‌شود، به روز درآورده شود.

قوانینی که روش‌هایی در آن دنیا می‌تواند تغییر کند (تغییر نکند) را تعریف می‌کنند، قوانین diachronic نامیده می‌شوند که از زبان یونانی به معنای «سرتاسر زمان» برگرفته شده است. بازنمایی تغییرات یکی از مهم‌ترین حیطه‌ها در بازنمایی دانش است.

ساده‌ترین راه برای کنار آمدن با تغییرات، تغییر با نگاه دانش است.





یک عامل می تواند در فضای گذشته و حالات ممکن آینده ، به جستجو پردازد ، و هر حالت توسط پایگاه دانش متفاوتی بازنمایی می شود.

در اصل ، بازنمایی موقعیت و عملیات تفاوتی با بازنمایی اشیاء واقعی یا روابط واقعی ندارد.

ما نیاز داریم که در مورد اشیاء و روابط مناسب ، تصمیم گیری کنیم و سپس قضایایی در رابطه با آنها بنویسیم.

دانشگاه پیام نور



## محاسبه موقعیت:

محاسبه موقعیت (Situation Calculus) روش خاصی برای تعریف تغییرات در منطق مرتبه اول است.

تصویری که از دنیا می‌شود، آن را به صورت دنباله‌ای از موقعیت‌ها در نظر می‌گیرد، که هر کدام از آنها یک "snapshot" از حالت دنیا است.

دانشگاه پیام نور



## استنتاج خواص پنهانی دنیا:

زمانی که عامل بتواند تشخیص دهد که کجا قرار دارد، می‌تواند کیفیت‌ها را با محل، به جای موقعیت تطبیق دهد.

## قوانین همزمان:

قضایایی را که ما برای تسخیر اطلاعات ضروری برای این استنباط‌ها خواهیم داشت، قوانین همزمان (Synchronic) نامیده می‌شوند، زیرا آنها خواص حالت یک دنیا را به دیگر خواص حالت دنیای مشابه، مربوط می‌کنند.

دانشگاه پیام نور



دو نوع اصلي از قوانين همزمان وجود دارند:

## قوانين Causal:

قوانين سببي جهت مفروض شده علت را در دنيا منعكس مي كنند: بعضي از خواص پنهاني دنيا، ادراكات مطمئني را براي توليد شدن باعث مي شوند.

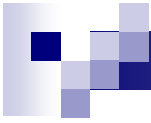
دانشگاه پیام نور



## ۲) قوانین تشخیصی (Diagnostic rules):

قوانین تشخیصی مستقیماً دلالت بر حضور خواص پنهان شده از اطلاعات مبتنی بر ادراک دارند. اگرچه قوانین تشخیصی به نظر می‌آید که اطلاعات مطلوبی را مستقیماً تولید کنند، خیلی حيله‌گیرانه است، اطمینان داشته باشیم که آنها قوی‌ترین نتایج ممکن را از اطلاعات موجود به دست می‌آورند.

دانشگاه پیام نور




مهم‌ترین مسئله برای به خاطر سپردن این است که اگر قضایا به درستی و کمال، روش عملکرد دنیا و روشی که ادراکات تولید می‌شوند را تعریف کنند، رویه استنتاج به درستی قوی‌ترین شرح ممکن از حالت دنیا با ادراکات داده شده را استخراج خواهد کرد.

دانشگاه پیام نور



## اولویت بین عملیات:

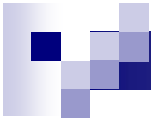


تغییرات عقاید عامل در مورد بعضی از چهره‌های دنیا نیاز به تغییرات در قوانینی که با دیگر چهره‌ها سروکار دارند، دارد.

✓ عامل ما به سادگی توسط پرسش برای رسیدن به چیزی متفاوت، می‌تواند دو مرتبه برنامه‌ریزی شود.

✓ اهداف، مطلوب بودن حالات حاصل را بدون توجه به روش به دست آمدن آنها توضیح می‌دهند.

دانشگاه پیام نور



اولین قدم، شرح مطلوبیت خود عملیات (action)، و ترک ماشین برای انتخاب بهترین عمل است.

از یک مقیاس ساده استفاده می‌کنیم:

عملیات می‌توانند عالی، خوب، متوسط، ریسکی و یا مهلک باشند.

عامل همیشه باید یک عمل فوق‌العاده‌ای را در صورت یافتن انجام دهد؛ در غیر اینصورت، یک عمل خوب در

غیر اینصورت، یک عمل متوسط، و یک عمل ریسک‌دار اگر تمام قبلی‌ها شکست بخورند.

دانشگاه پیام نور



## سیستم مقدار عملیاتی:

سیستمی که حاوی قوانینی از این نوع است یک سیستم مقدار عملیاتی (action-value) نامیده می شود.

توجه کنید که قوانین به آنچه که واقعاً عملیات انجام می دهند، رجوع نمی کنند، فقط به مطلوب بودن آنها

توجه دارند.

دانشگاه پیام نور



به سوي يك عامل هدفدار:



حضور يك هدف دقيق به عامل اجازه مي دهد تا دنباله اي از عملياتي كه منجر رسيدن به هدف مي شوند را پيدا كند.

حداقل سه روش براي يافتن جنين دنباله اي وجود دارد:

(۱) استنتاج

(۲) جستجو

(۳) برنامه ريزي

دانشگاه پیام نور





## استنتاج:

نوشتن قضایایی که به ما اجازه ASK از KB را برای دنباله‌ای از عملیات بدهد که ضمانت رسیدن به هدف را به طور امن بکند، چندان مشکل نیست.

## مشکلات این روش:

- برای دنیاهای بزرگ، تقاضاهای محاسباتی بسیار زیاد است.

- مشکل تشخیص راه‌حل‌های خوب از راه‌حل‌های بیهوده وجود دارد.

دانشگاه پیام نور



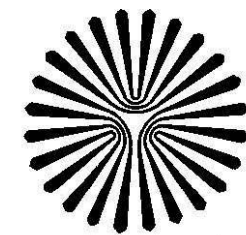
## جستجو:

ما می‌توانیم از رویه جستجوی سطحی برای یافتن مسیری به هدف استفاده کنیم. این از عامل درخواست می‌کند تا دانش خود را به صورت مجموعه‌ای از عملگرها درآورد، و بازنمایی حالات را دنبال کند، بنابراین الگوریتم جستجو می‌تواند به کار برده شود.

## برنامه ریزی:

شامل استفاده از سیستم‌های استدلال خاصی می‌شود که برای استدلال در مورد عملیات طراحی شده‌اند.

دانشگاه پیام نور



دانشگاه پیام نور

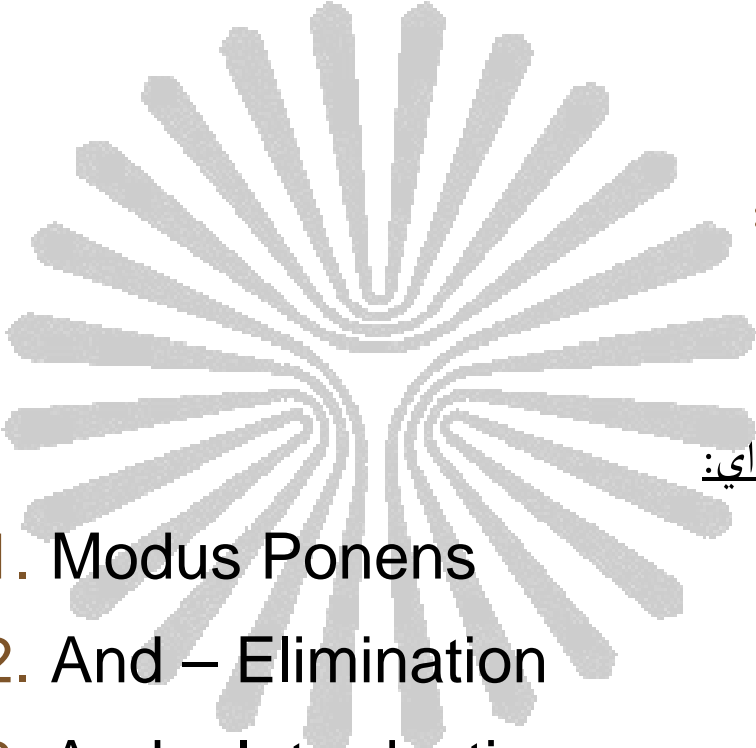
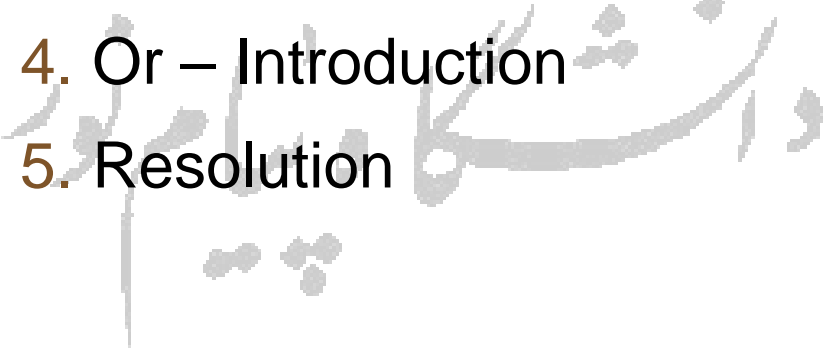
فصل هشتم:

## استنتاج در منطق مرتبه اول



قوانین استنتاج مربوط به سورها:

قوانین استنتاج برای منطق گزاره‌ای:

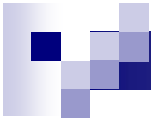
1. Modus Ponens
  2. And – Elimination
  3. And – Introduction
  4. Or – Introduction
  5. Resolution
- 
- 

سه قانون استنتاجي جديد:

۱- حذف سور عمومي (Universal Elimination):

براي هر جمله  $\alpha$  متغير  $v$ ، و ترم زميني  $g$  داريم:

$$\frac{\forall v, a}{SUBST(\{v/g\}, a)}$$



۲- حذف سور وجودي:

براي هر جمله  $\alpha$ ، متغير  $v$ ، و سيهبول ثابت  $K$  كه جاي ديگري از پايگاه دانش ظاهر نشده است، داريم:

$$\frac{\exists v, a}{SUBST(\{v / K\}, a)}$$

دانشگاه پیام نور  
پیام نور



### ۳- (Existential Introduction):

برای هر جمله  $\alpha$ ، متغیر  $v$  که در  $\alpha$  واقع نباشد، و ترم زمینی  $g$  که در  $\alpha$  واقع نشود داریم:

$$\frac{a}{\exists v \text{ SUBST}(\{g/v\}, a)}$$

دانشگاه پیام نور



می‌توان این قوانین را با استفاده از:

یک جمله با سور عمومی به عنوان ترکیب عطفی تمام مقادری‌های ممکن آن، و تعریف

یک جمله با سور وجودی به عنوان ترکیب فصلی تمام مقادری‌های ممکن آن، کنترل کرد.

دانشگاه پیام نور  
پیام





کاربرد قوانین استنتاج ، در واقع پرسشی از مطابقت نمونه‌های پیش فرضیات آنها با جملات موجود در KB و سپس افزودن نمونه‌های جدید آنهاست.

اگر ما فرایند یافتن اثبات را به عنوان یک پردازش جستجو فرموله‌سازی کنیم ، پس واضح است که اثبات همان راه حل مسئله جستجو است و روشن است که باید برنامه‌ای هوشمند برای یافتن اثبات بدون دنبال کردن هر گونه مسیر نادرست موجود باشد.

دانشگاه پیام نور



## Modus Ponens تعمیم یافته:

❖ فرم Canonical

❖ یکسان سازی (Unification)

دانشگاه پیام نور

## فرم Canonical:

تمام جملات موجود در پایگاه دانش باید به صورتی باشند که با یکی از پیش فرضیات قانون **Modus Ponens** مطابقت داشته باشند، فرم **Canonical** برای **Modus Ponens** متضمن این نکته است که هر جمله در پایگاه دانش از چه نوع اتمی یا شرطی با یک ترکیب عطفی از جملات اتمی در طرف چپ و یک اتم منفرد در طرف راست باید باشد.

ما جملات را به جملات **Horn** زمانی تبدیل می‌کنیم که ابتدا وارد پایگاه دانش، با استفاده از حذف سور وجودی و حذف **And** شده باشند.

## یکسان‌سازی (Unification):

وظیفه روتین یکسان‌سازی **Unify**، گرفتن دو جمله اتمی  $p$ ،  $q$  و برگرداندن یک جانشین که  $p$ ،  $q$  را مشابه هم خواهد ساخت، است. (اگر چنین جانشینی موجود نباشد، **Unify**، **fail** برمی‌گرداند.)

$$\text{UNIFY}(p, q) = \theta, \text{SUBST}(\theta, p) = \text{SUBST}(\theta, q)$$

**UNIFY**، عمومی‌ترین یکسان‌سازی (Most General Unifier) یا (MGU) را برمی‌گرداند، که جانشینی است که کمترین تعهد را در قبل محدود‌سازی متغیرها دارد.

زنجیره‌سازی به جلو و عقب (Forward AND Backward Chaining):

زنجیره‌سازی به جلو (forward chaining):

قانون Modus Ponens تعمیم یافته به دو صورت استفاده می‌شود. می‌توانیم با جملات موجود در پایگاه دانش شروع کنیم و نتایج جدیدی را که می‌توانند استنباط‌های بیشتری را بسازند، تولید کنیم. این روش زنجیره‌سازی به جلو نامیده می‌شود.

این روش زمانی استفاده می‌شود که حقیقت جدیدی به پایگاه داده ما اضافه شده باشد و خواسته باشیم نتایج

آن را تولید کنیم.

دانشگاه پیام نور




## زنجیره‌سازی به عقب (Backward Chaining):

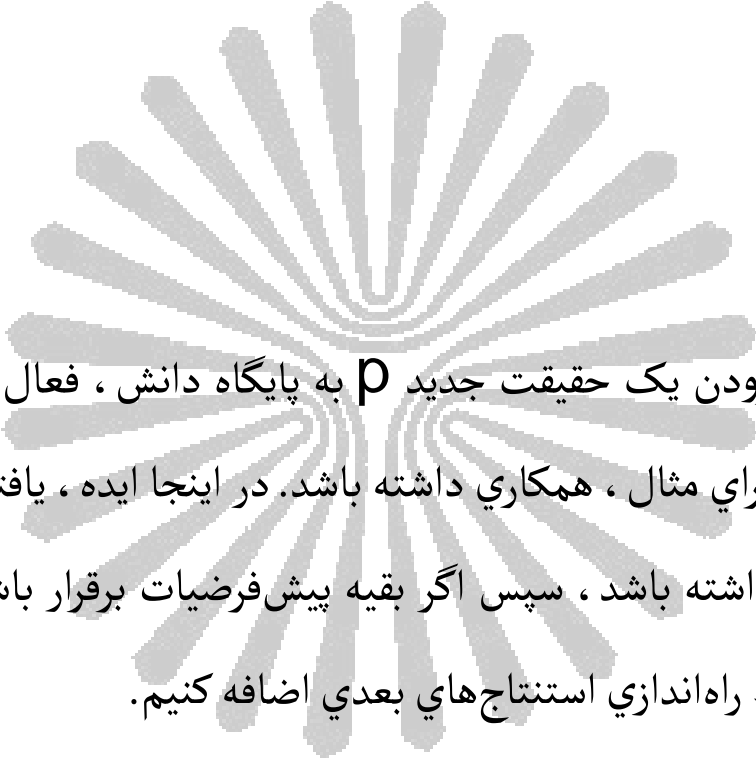
می‌توانیم با چیزی که قصد اثباتش را داریم آغاز کنیم و جملات شرطی را پیدا کنیم که به ما اجازه بدهند نتیجه را از آنها استنتاج کنیم، و سپس سعی در ایجاد پیش‌فرضیات آنها داشته باشیم.

این روش زمانی استفاده می‌شود که هدفی برای اثبات وجود داشته باشد.

دانشگاه پیام نور



## الگوریتم زنجیره‌سازی به جلو:



زنجیره‌سازی به جلو توسط افزودن یک حقیقت جدید  $P$  به پایگاه دانش، فعال می‌شود و می‌تواند به عنوان قسمتی از پردازش **TELL** برای مثال، همکاری داشته باشد. در اینجا ایده، یافتن تمام ترکیبات شرطی است که  $P$  را به عنوان پیش فرض داشته باشد، سپس اگر بقیه پیش فرضیات برقرار باشند، می‌توانیم نتیجه ترکیب شرطی را به پایگاه دانش توسط راه‌اندازی استنتاج‌های بعدی اضافه کنیم.

دانشگاه پیام نور

ما به ایده ترکیب (Composition) جانشینی نیز نیاز داریم.

$COMPOSE(\theta_1, \theta_2)$  جانشینی است که اثر آن با اثر اعمال هر جانشینی به نوبت، برابر است. زیرا:

$$SUBST(COMPOSE(\theta_1, \theta_2), P) = SUBST(\theta_1, P)$$

زنجیره سازی به جلو، تصویری تدریجی از شرایط در حالی که داده های جدید وارد می شوند، می سازد.

پردازش های استنتاجی آن مستقیماً با حل مسئله ویژه در ارتباط نیستند،

به همین دلیل رویه data-driven یا data-directed نامیده می شود.



## الگوریتم زنجیره‌سازی به عقب:

زنجیره‌سازی به عقب به منظور یافتن تمام پاسخ‌ها برای سؤال طرح شده، به وجود آمده است. بنابراین زنجیره‌سازی به عقب، وظیفه‌ای که از رویه **ASK** خواسته شده را انجام می‌دهد. الگوریتم زنجیره‌سازی به عقب **BACK-CHAIN** ابتدا توسط کنترل درمی‌یابد که آیا پاسخ‌ها مستقیماً از جملات پایگاه دانش، تولید می‌شوند یا خیر. سپس تمام ترکیبات شرطی که نتایجشان با پرسش (**query**) مطابقت دارد را پیدا می‌کند و سعی دارد تا پیش‌فرض‌های آن ترکیبات شرطی را توسط زنجیره‌سازی به عقب ایجاد کند.

اگر پیش‌فرض، یک ترکیب عطفی باشد، سپس **BACK-CHAIN** ترکیبات عطفی را عطف به عطف پردازش می‌کند، تا یکسان‌ساز را برای تمام پیش‌فرض بسازد.

## کامل بودن **Completeness**:

تصور کنید که ما پایگاه دانش زیر را در اختیار داریم:

$$\forall x \quad P(x) \Rightarrow Q(x)$$

$$\forall x \quad \neg P(x) \Rightarrow R(x)$$

$$\forall x \quad Q(x) \Rightarrow S(x)$$

$$\forall x \quad R(x) \Rightarrow S(x)$$

سپس ما می خواهیم که  $S(A)$  را نتیجه بگیریم،  $S(A)$  درست است،

اگر  $Q(A)$  یا  $R(A)$  درست باشد، و یکی از آنها باید درست باشد زیرا:

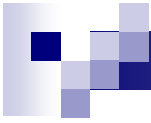
یا  $P(A)$  یا  $\neg P(A)$  درست است.

متأسفانه ، زنجیره سازی با Modus Ponens نمی تواند  $S(A)$  را نتیجه بگیرد.

مشکل این است که  $P(x) \Rightarrow R(x)$  نمی تواند به صورت Horn دربیاید ، و از این رو توسط Modus Ponens نمی تواند استفاده شود.

این بدان معنی است که رویه اثباتی که از Modus Ponens استفاده می کند ناکامل (incomplete) است:

حملاتی که در بابگاه دانش مستلزم شده اند ولی رویه نمی تواند آنها را استنتاج کند.



پرسش در مورد وجود رویه‌های اثبات کامل بحثی است که ارتباط مستقیم با ریاضیات دارد. اگر یک رویه اثبات کامل بتواند برای عبارات ریاضی پیدا شود، دو چیز دنبال می‌شود:

❖ تمام مفروضات می‌توانند به طور مکانیکی ایجاد شوند.

❖ تمام ریاضیات می‌توانند به عنوان نتیجه منطقی مجموعه‌ای از اصل موضوع‌های پایه‌ای ایجاد شوند.

دانشگاه پیام نور



یک روزه اثبات کامل برای منطق مرتبه اول ارزش بسیاری در AI دارد:

- ❖ نظریه‌های عملی در رابطه با پیچیدگی کامپیوتری.
- ❖ فعال ساختن یک ماشین برای حل هر گونه مسئله که در زبان می‌تواند قرار داده شود.

دانشگاه پیام نور

قضیه کامل بودن گودل نشان داد که ، برای منطق مرتبه اول ، هر جمله‌ای که توسط مجموعه جملات دیگری مستلزم شود می‌تواند از آن مجموعه اثبات شود. بنابراین می‌توانیم قوانین استنتاجی را که به یک رویه اثبات کامل  $R$  اجازه می‌دهد ، پیدا کنیم:

$$if \ KB \models \ then \ KB \models \alpha_R$$

این قضیه کامل بودن مشابه این است که بگوییم رویه‌ای برای یافتن سوزنی در یک پشته گاه وجود دارد و این ادعای بی‌پایه نیست زیرا جملات با سود عمومی و سیمبول‌های تابع لانه‌ای دلخواهی در پشته‌های گاه با اندازه نامحدود ، استفاده می‌شوند.

گودل نشان داد که رویه اثباتی وجود دارد اما هیچ رویه‌ای را ذکر نکرد.

دانشگاه پیام نور



استلزام در منطق مرتبه اول ، نیمه تصمیم‌پذیر (Semidecidable) بنابراین می‌توانیم نشان دهیم که جملات از پیش فرضیات تبعیت می‌کنند، اما همیشه نمی‌توانیم نشان دهیم که آنها از پیش فرضیات تبعیت نمی‌کنند.

به‌عنوان یک فرضیه ، سازگاری (consistency) مجموعه جملات (سؤالی در مورد وجود راه‌حلی برای تبدیل تمام جملات به جملات درست) نیز نیمه تصمیم‌پذیر است.

دانشگاه پیام‌نور



## Resolution: یک رویه استنتاج کامل

از دو ترکیب شرطي مي توانيم تركيب سومي را مشتق كنيم كه پيش فرض اولي را به نتيجه دومي متصل مي كند.

Modus Ponens به ما اجازه استخراج تركيب شرطي جديد را نمي دهد و فقط نتايج اتمي را استخراج مي كند. از اين رو قانون resolution قدرتمندتر از Modus Ponens است.

دانشگاه پیام نور



## قانون استنتاج **resolution**:

در فرم ساده قانون **resolution**، پیش فرضیات دارای دقیقاً دو ترکیب فصلی هستند. ما می‌توانیم این قانون را برای دو ترکیب فصلی به هر طولی وسعت بخشیم، که اگر یکی از قسمت‌های ترکیب فصلی در یک **clause(Pj)** با نقیض قسمت دیگر ترکیب فصلی **(qk)** یکسان باشند، سپس ترکیب فصلی از تمام قسمت‌ها استنتاج می‌شود بغیر از آن دو:

Resolution تعمیم یافته (ترکیبات فصلی)

Resolution تعمیمی یافته (ترکیبات شرطی)

پیام نور

## Resolution تعمیم یافته (ترکیبات فصلی):

برای  $P_i$  و  $q_i$  فرضی که  $UNIFY(P_j \neg q_k) = \theta$

$$P_1 \vee \dots \vee P_j \dots \vee P_m$$

$$q_1 \vee \dots \vee q_k \dots \vee q_n$$

---

$$SUBST(\theta, (P_1 \vee \dots \vee P_{j-1} \vee P_{j+1} \dots \vee P_m \vee q_1 \vee \dots \vee q_{k-1} \vee q_{k+1} \dots \vee q_n))$$

معادلاً، می‌توانیم این عبارت را به صورت ترکیب شرطی بنویسیم!

دانشگاه پیام نور



## Resolution تعمیم یافته (ترکیبات شرطی):

برای اتم‌های  $P_i$  و  $q_i$  و  $r_i$  و  $s_i$  که

$\text{UNIFY}(P_j, q_k) = \theta$

$$\begin{array}{l} P_1 \wedge \dots \wedge P_j \wedge \dots \wedge P_{n1} \Rightarrow r_1 \vee \dots \vee r_{n2} \\ s_1 \wedge \dots \wedge s_{n3} \Rightarrow q_1 \vee \dots \vee q_k \vee \dots \vee q_{n4} \end{array}$$

---

$$\text{SUBST}(\theta, (P_1 \wedge \dots \wedge P_{j-1} \vee P_{j+1} \wedge P_{n1} \wedge s_1 \wedge \dots \wedge s_{n3} \Rightarrow r_1 \vee \dots \vee r_{n2} \vee q_1 \vee \dots \vee q_{k-1} \vee q_{k+1} \vee \dots \vee q_{n4}))$$

دانشگاه پیام نور



## فرم‌های Canonical برای resolution:

در نسخه اولیه قانون **resolution**، هر جمله یک ترکیب فصلی از حروف فرضی است. تمام ترکیبات فصلی در KB فرض شده‌اند که در یک ترکیب عطفی صریح (مانند یک KB معمولی) به هم متصل شده‌اند، بنابراین این فرم، فرم نرمال عطفی (Conjunctive normal form (CNF) نامیده می‌شود.

اگرچه هر جمله به تنهایی یک ترکیب فصلی است.

دانشگاه پیام نور

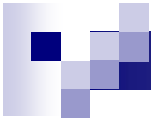


در صورت ثانویه قانون **resolution** ، هر جمله یک ترکیب شرطی با یک ترکیب عطفی از اتم‌ها در سمت چپ و یک ترکیب فصلی از اتم‌ها در طرف راست است.

این حالت ، فرم نرمال شرطی (implicative normal form (INF) نامیده می‌شود.

هر مجموعه از جملات می‌توانند به دو فرم ترجمه شوند. فرم نرمال عطفی رایج‌تر است ، اما فرم نرمال شرطی طبیعی‌تر به نظر می‌آید.

دانشگاه پیام نور



Resolution تعمیمی از Modus Ponens است.

فرم نرمال شرطی رایج تر از فرم Horn است، به دلیل اینکه طرف سمت راست می تواند یک ترکیب شرطی باشد و نه فقط یک اتم تنها.

Modus Ponens قابلیت ترکیب اتم ها با یک ترکیب شرطی را به منظور استخراج نتیجه به صورتی دارد که resolution قادر به انجام آن نیست.

دانشگاه پیام نور



زنجیره‌سازی با resolution قدرتمندتر از زنجیره‌سازی با Modus Ponens است، اما هنوز کامل نیست.

برهان خلف:

رویه استنتاج کاملی که از resolution استفاده می‌کند برهان خلف (refutation) نامیده می‌شود و هم‌چنین به عنوان اثبات توسط تناقض (proof by contradiction) و (reduction and absurdum شناخته شده است.

دانشگاه پیام نور



تبدیل به فرم نرمال:

- ✓ هر جمله مرتبه اولی می تواند به صورت فرم نرمال شرطی (یا عطفی) دربیاید.
- ✓ از یک مجموعه از جملات به فرم نرمال می توانیم اثبات کنیم که یک جمله نرمال از مجموعه پیروی خواهد کرد.

دانشگاه پیام نور





رویه‌ای برای تبدیل به فرم نرمال:

(۱) حذف ترکیب شرطی:

می‌توان تمام ترکیبات شرطی را با معادل فصلی جایگزین نمود.

(۲) حذف ۶:

نقیض فقط برای فرم نرمال عطفی مجاز است، و برای تمام فرم‌های نرمال شرطی قدغن است.

(۳) استاندارد کردن متغیرها:

این عمل بعداً از ایجاد ابهام زمان حذف سورها جلوگیری می‌کند.

(۴) انتقال سورها به سمت چپ:



٥) Skolemize:

Skolemization پردازشی است که در آن تمام سورهای وجودی حذف می‌شوند.

٦) توزیع  $\wedge$  بر  $\vee$ :

٧) ترکیبات فصلی و عطفی لانه‌ای مسطح شده:

در این مورد، جمله به فرم نرمال عطفی (CNF) است.

٨) تبدیل ترکیبات فصلی به ترکیب شرطی:

دانشگاه پیام نور



برخورد با مسئله تساوي:

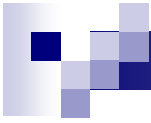
یکسان سازی یک تست نحوي مبتني بر ظاهر ترم‌هاي آرگوماني است و تست صحيح معنایي مبتني بر اشیایي که نمایش می‌دهند ، نیست.

دوروش براي انجام این امر:

(۱) بدیهي نمودن تساوي به وسیله ذکر خواص آن:

باید ذکر شود که تساوي ، انعطاف‌پذیر ، متقارن و (متعدي) است.





۲) استفاده از یک قانون استنتاج از یک قانون استنتاج:

می‌توانیم قانون استنتاج را به صورت زیر تعریف کنیم:

Demodulation: برای تمام ترم‌های  $x, y, z$  که  $\text{UNIFY}(x, y) = \theta$

$$x = y, (\dots z \dots)$$

---

$$(\dots \text{SUBST}(\theta, y) \dots)$$

دانشگاه پیام نور



## استراتژی‌های Resolution:

۴ استراتژی که برای راهنمایی جستجو به سمت یک اثبات استفاده می‌شوند، را بررسی خواهیم کرد:

دانشگاه پیام نور



## ١) Unit preference

در اینجا ما سعی بر تولید جمله کوتاهی به صورت  $\text{True} \Rightarrow \text{False}$  داریم.  
این استراتژی یک کشف کننده مفید است که می تواند با دیگر استراتژی ها ترکیب شود.

دانشگاه پیام نور



## مجموعه Support (۲)

هر resolution جمله‌ای را از مجموعه Support با جمله دیگری ترکیب می‌کند و نتیجه را به مجموعه Support اضافه می‌کند. اگر مجموعه Support به نسبت تمام پایگاه دانش کوچک باشد، فضای جستجو را قطع خواهد کرد.

یک انتخاب بد برای مجموعه Support الگوریتم را ناکامل خواهد ساخت.

استراتژی مجموعه Support دارای این مزیت است که درخت‌های اثباتی تولید می‌کند که اغلب برای

درک افراد آسان هستند، زیرا آنها هدف‌گرا هستند.



## Resolution ورودی: (۳)

در استراتژی resolution ورودی هر resolution یکی از جملات ورودی را (از KB یا query) با جمله دیگر ترکیب می کند.

در پایگاه های دانش Horn، Modus Ponens نوعی از استراتژی resolution ورودی است، زیرا یک ترکیب شرطی از KB اصلی را با دیگر جملات ترکیب می کند. از این رو شگفتی آور نخواهد بود

که resolution ورودی برای پایگاه های دانشی که به صورت Horn هستند، کامل باشد اما در حالت کلی ناکامل است.



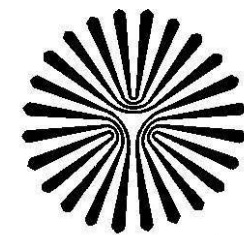


## ۴) Subsumption:

متد Subsumption تمام جملاتي که توسط یک جمله موجود در KB، Subsume می‌شوند، را حذف می‌کند.

Subsumption به نگهداری KB به صورت کوچک کمک می‌کند، و در نتیجه فضای جستجو را کوچک می‌سازد.

دانشگاه پیام نور



دانشگاه پیام نور

فصل نهم :

برنامه ریزی



تفاوت عامل برنامه ریزی با عامل حل مسئله در سه چیز است:

بازنمایی اهداف، حالات و عملیات

استفاده از بازنمایی های منطقی و صریح برنامه ریز را قادر می سازد تا سنجش عامل را معقولانه هدایت کند.

عامل برنامه ریزی همچنین در روش بازنمایی و جستجو برای راه حل ها نیز تفاوت دارد.

دانشگاه پیام نور



## یک عامل ساده برنامه‌ریزی:



زمانی که حالت دنیا قابل دسترسی است ، عامل می‌تواند از ادراکات تولید شده توسط محیط استفاده کرده و مدل کامل و صحیحی از حالت دنیای جاری بسازد. سپس ، با داشتن هدف ، می‌تواند الگوریتم برنامه‌ریزی مناسبی را برای تولید برنامه عمل فراخوانی کند. عامل سپس می‌تواند در طی مراحل برنامه ، هر لحظه یک عمل را اجرا کند.

دانشگاه پیام نور



عامل با محیط از طریق یک روش حداقل در عمل است و از ادراکاتش برای شرح حالت اولیه استفاده می‌کند و از این رو هدف اولیه را دنبال می‌کند؛ اما به سادگی توانسته مراحل برنامه را تشکیل بدهد.

دانشگاه پیام نور



از حل مسئله به برنامه ریزی:



برنامه ریزی و حل مسئله موضوعات متفاوتی هستند زیرا در بازنمایی اهداف و حالات و عملیات و هم چنین بازنمایی ساختار دنباله های عملیاتی متفاوت عمل می کنند.

دانشگاه پیام نور



عناصر اولیه یک حل مسئله مبتنی بر جستجو:

- ❖ بازنمایی عملیات.
- ❖ بازنمایی حالات.
- ❖ بازنمایی اهداف.
- ❖ بازنمایی برنامه‌ها.

دانشگاه پیام نور



بازنمایی عملیات:

عملیات توسط برنامه‌هایی که شرح حالت مابعد را تولید می‌کنند، تعریف می‌شود.

دانشگاه پیام نور





## بازنمایی حالات:

در حل مسئله ، شرح کامل حالت اولیه داده شده است و عملیات توسط برنامه‌ای که شرح کامل حالت را تولید می‌کنند ، بازنمایی می‌شوند.

بنابراین:

تمام بازنمایی‌های حالت ، کامل هستند.

دانشگاه پیام نور



## بازنمایی اهداف:




تنها دانشی که عامل در مورد هدف در اختیار دارد، تست هدف و تابع کشف‌کننده است. هر دو اینها بر روی حالت‌ها اعمال می‌شوند تا مطلوبیت آنها مورد ارزیابی قرار گیرد.

دانشگاه پیام نور

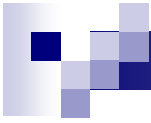


## بازنمایی برنامه‌ها:



در حل مسئله یک راه حل دنباله‌ای از عملیات است. در طول تشکیل راه حل‌ها، الگوریتم‌های جستجو فقط دنباله‌های پیوسته عملیات را که از حالت اولیه آغاز می‌شوند (یا در مورد جستجوی دوطرفه، خاتمه دادن به حالت هدف) در نظر می‌گیرند.

دانشگاه پیام نور



حال ببینیم چطور این تصمیمات بر روی قابلیت عامل تأثیر می گذارند ، تا مسئله ساده زیر را حل کنند:  
«یک لیتر شیر و یک خوشه موز و یک مته چندسرعتی را بخر.»

حالت اولیه: عامل در خانه است اما بدون هیچ یک از اشیاء موردنظر.

عملگر: تمام کارهایی که عامل قادر به انجام آن است.

تابع کشف کننده: تعداد چیزهایی که هنوز به دست آورده نشده اند.

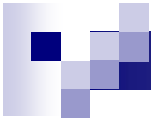
دانشگاه پیام نور



اولین ایده کلیدی در ورای برنامه ریزی:

«بسط دادن» بازنمایی حالات، اهداف و عملیات است. الگوریتم‌های برنامه ریزی از تعاریفی به زبان‌های رسمی استفاده می‌کنند که معمولاً منطق مرتبه اول و یا زیرمجموعه‌ای از آن است.

دانشگاه پیام نور



حالات و اهداف توسط مجموعه‌هایی از جملات بازنمایی می‌شوند و عملیات توسط شرح پیش‌شرط‌ها و تأثیرات منطقی بازنمایی می‌شوند که برنامه‌ریزی را قادر می‌سازد تا ارتباطات بین حالات و عملیات را هدایت کند.

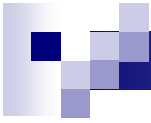
دانشگاه پیام نور



## دومین ایده کلیدی در ورای برنامه ریزی:

این است که برنامه ریز آزاد است تا عملیات را به برنامه هر زمان که لازم باشد، اضافه کند. هر چند که دنباله افزایشی در حالت اولیه وجود داشته باشد.

دانشگاه پیام نور



هیچ الزامی بر وجود ارتباط بین مرتبه برنامه ریزی و مرتبه اجرا نیست. با ساختن تصمیمات «مشخص» و «مهم» در ابتدا، برنامه ریزی می تواند فاکتور انشعاب را برای انتخاب های بعدی و نیاز به پی جویی به عقب را برای تصمیمات اختیاری کاهش دهد.

دانشگاه پیام نور

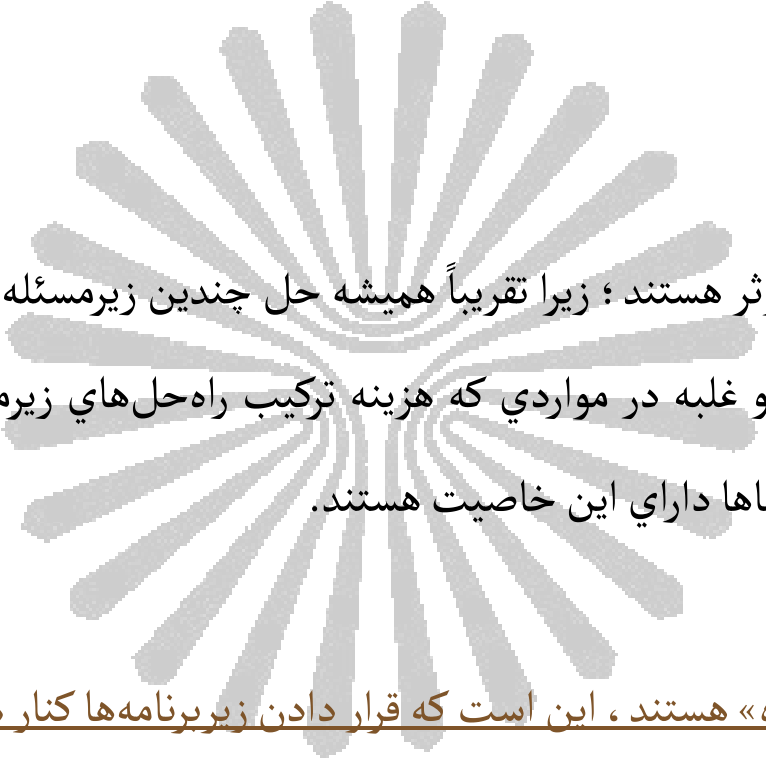





سومین ایده کلیدی در ورای برنامه ریزی:

این است که بیشتر بخش های دنیا مستقل از دیگر بخش ها هستند. و این امر داشتن یک هدف عطفی را ممکن می سازد و می توان آن را با یک استراتژی تقسیم و غلبه حل نمود.

دانشگاه پیام نور



الگوریتم‌های تقسیم و غلبه مؤثر هستند؛ زیرا تقریباً همیشه حل چندین زیرمسئله کوچک آسان‌تر از یک مسئله بزرگ است. بهر حال تقسیم و غلبه در مواردی که هزینه ترکیب راه‌حل‌های زیرمسائل زیاد باشد، با شکست مواجه می‌شود. بسیاری از معماها دارای این خاصیت هستند.

دلیل اینکه معماها «گول‌زننده» هستند، این است که قرار دادن زیربرنامه‌ها کنار هم کار دشواری است.

دانشگاه پیام نور



فصل دهم :

## عدم قطعیت



مسئله‌ای که با منطق مرتبه اول و بنابراین با رهیافت عامل منطق‌گرا وجود دارد این است که:

عامل‌ها اغلب هیچگاه دسترسی کامل به تمام حقیقت درباره محیط خود را ندارند.

دانشگاه پیام‌نور



سوالات بسیار مهمی وجود دارند که عامل نمی تواند پاسخ طبقه بندی شده به آن را بیابد. بنابراین باید تحت **عدم قطعیت (uncertainty)** عمل کند.

عدم قطعیت به علت کامل نبودن ، و

عدم صحت درک عامل از خواص محیط ناشی می شود.

دانشگاه پیام نور




## مسئله کیفیت:

قوانین بسیاری در دامنه کامل نیستند؛ زیرا:

(۱) شرایط بسیار زیادی باید دقیقاً شمارش شوند،

یا

(۲) برخی از شرایط ناشناخته هستند.



دانشگاه پیام نور



## برخورد با دانش غیرقطعی:

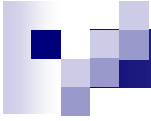
ابزار اصلی ما برای کنار آمدن با درجات باور، تئوری احتمالات خواهد بود که درجه عددی از باور را بین ۰ و ۱ به جملات اختصاص می‌دهد.

احتمالات روشی از خلاصه‌سازی عدم قطعیت را به وجود می‌آورد که از تنبلی و جهل ما ناشی می‌شوند.

احتمال ۰ برای باور مبهمی که دارای جملات نادرست است، و

احتمال ۱ برای باور مبهمی که دارای جمله درست است، تخصیص داده می‌شود.

دانشگاه پیام نور



**جمله** در حقیقت خودش هم درست و هم نادرست است.

مهم است توجه داشته باشیم که درجه باور با درجه درستی متفاوت است.

تئوری احتمالات تعهد **ontological** را همانند منطق ایجاد می کند، که حقایق در دنیا هم وجود دارند و هم ندارند.

دانشگاه پیام نور





درجه درستي که با درجه باور در تضاد است ، موضوع منطق فایزي است.

در منطق مرتبه اول و گزاره‌اي ، جمله بسته به تعبیر و دنیا ، درست یا نادرست خواهد بود و زمانی درست است که حقیقتي را که به آن رجوع مي‌کند ، موضوع اصلي باشد.

دانشگاه پیام نور



عبارات احتمالي کاملاً مشابه این نوع معناها نیستند. به آن علت است که احتمالاتی که عامل به یک گزاره تخصیص می دهد به ادراکاتی که تا آن لحظه دریافت کرده است بستگی دارد.

در بحث استدلال غیرقطعی ، ما آن را **شاهد (evidence)** می نامیم.

همانطور که وضعیت استلزام زمانی که جملات بیشتری به پایگاه دانش اضافه می شوند تغییر می کند ، احتمالات نیز در صورت وجود شواهد بیشتر ، تغییر خواهند کرد.

دانشگاه پیام نور



تمام عبارات احتمالي بايد شواهدی را با توجه به اینکه کدام احتمال تشخیص داده شده است ، تعیین کنند. همانگونه که عامل ادراکات جدیدی را دریافت می کند ، ارزیابی های احتمالی به منظور انعکاس شاهد جدیدی ، به روز درآورده می شوند.

دانشگاه پیام نور



## عدم قطعیت و تصمیمات عقلانی:

حضور عدم قطعیت روش‌های تصمیم‌گیری عامل را تغییر داده است. عامل منطقی عموماً هدف واحدی دارد و هر برنامه‌ای که امکان رسیدن به آن قطعی است را اجرا می‌کند. یک عمل می‌تواند انتخاب و یا رد شود، چه به هدف برسد و چه نرسد و بدون توجه به آنچه که دیگر عملیات انجام می‌دهند.

دانشگاه پیام‌نور

## تئوري سودمندی:

این تئوري این گونه بیان می شود:

هر وضعیت درجه ای از فایده یا سودمندی را برای یک عامل دارد و عامل به حالاتی با سودمندی بالاتر رجوع خواهد کرد.

سودمندی یک حالت به عاملی وابسته است که مفروضاتش توسط تابع سودمندی بازنمایی شده است.

تئوري سودمندی رعایت حال دیگران را نیز می کند. برای یک عامل کاملاً منطقی است که سودمندی بالاتر را به وضعیتی اختصاص دهد که عامل خودش از آن رنج و لی دیگران منفعت می برند.

دانشگاه پیام نور

مفروضات که به عنوان سودمندی‌ها، مطرح شدند با احتمالات در تئوری عمومی تصمیمات عقلانی که تئوری تصمیم‌گیری نامیده می‌شود، ترکیب می‌شوند:

## Decision theory = probability + utility theory

ایده اساسی در مورد تئوری تصمیم‌گیری این است که یک عامل منطقی است

اگر و فقط اگر

عملی را که منتهی به بالاترین سودمندی می‌شود، انتخاب کند.

این اصل سودمندی مورد انتظار ماکزیم (MEU) نامیده می‌شود.



احتمالات و سودمندی‌ها در ارزیابی یک عمل توسط توزین سودمندی یک نتیجه ویژه و با احتمالی که پدید آورده است، ترکیب می‌شوند.

طراحی برای یک عامل تصمیم‌گیری نظری:

ساختار عاملی که از تئوری تصمیم‌گیری برای انتخاب عملیات استفاده می‌کند، در سطح انتزاعی با عامل منطقی یکسان است.

دانشگاه پیام نور

[www.salampnu.com](http://www.salampnu.com)

## سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه
- تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملاً رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

[www.salampnu.com](http://www.salampnu.com)