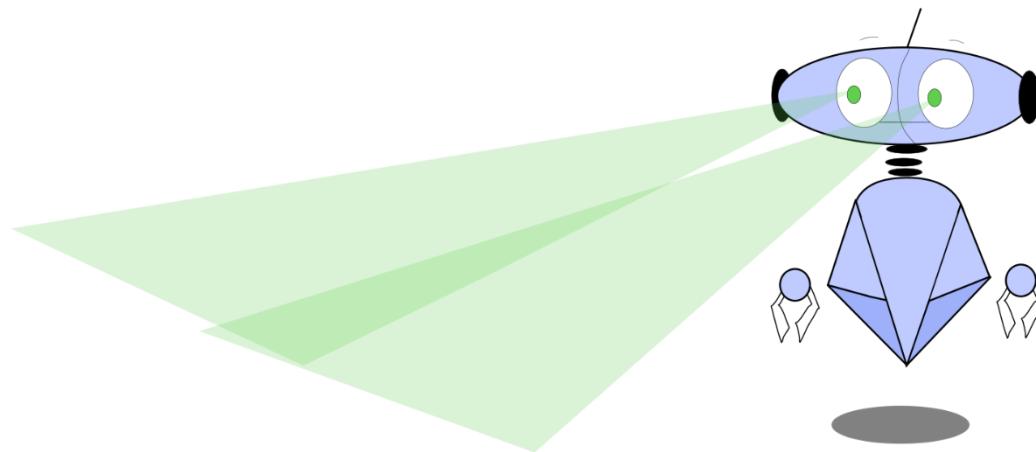


مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی

عامل‌های هوشمند



دکتر مهدی جوانمردی

دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

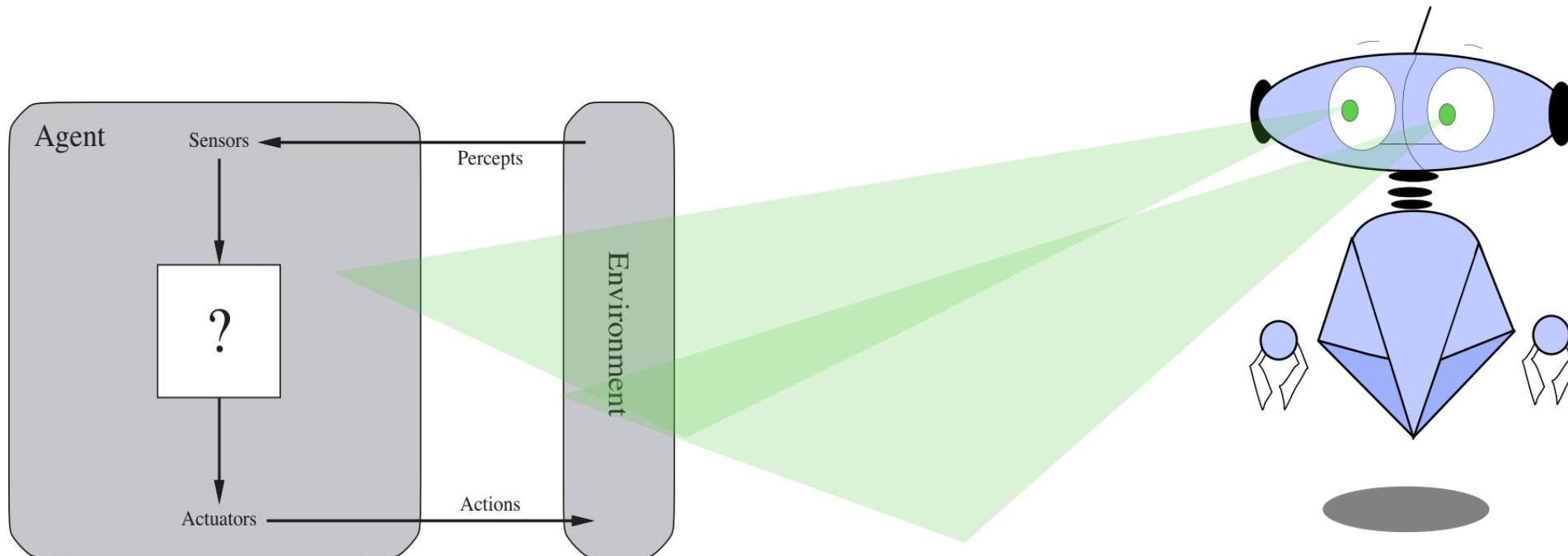


رؤوس مطالب

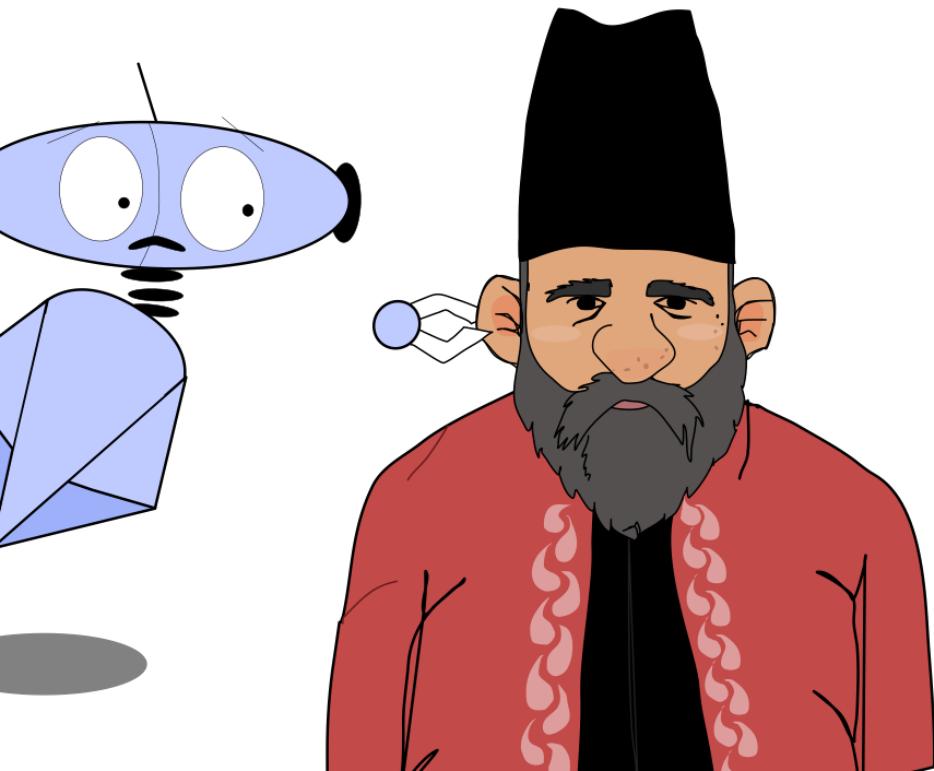
- عامل‌ها و محیط‌ها
- رفتار خوب: مفهوم عقلانیت (rationality)
- ماهیت محیط‌ها
- ساختار عامل‌ها

عامل‌ها

- یک عامل (agent) هر چیزیست که بتواند اطلاعاتی را از طریق حسگرها (sensors) از محیط ادراک (perceive) کند و از طریق عملگرها (actuators) بر روی محیط عملی را اعمال کند



نمونه‌هایی از عامل‌ها



- عامل انسانی
 - **حسگرها:** چشم‌ها، گوش‌ها، و سایر اندام‌های حسی
 - **عملگرها:** دست‌ها، پاها، تارهای صوتی و ...
- عامل رباتی
 - **حسگرها:** دوربین‌ها، فاصله‌سنج مادون قرمز
 - **عملگرها:** موتورهای مختلف
- عامل‌های نرم‌افزاری
 - **حسگرها:** فشردن صفحه کلید، محتویات فایل، بسته‌های دریافتی شبکه
 - **عملگرها:** صفحه‌ی نمایشگر، فایل‌ها، بسته‌های ارسال شده شبکه

عامل‌ها و محیط‌ها

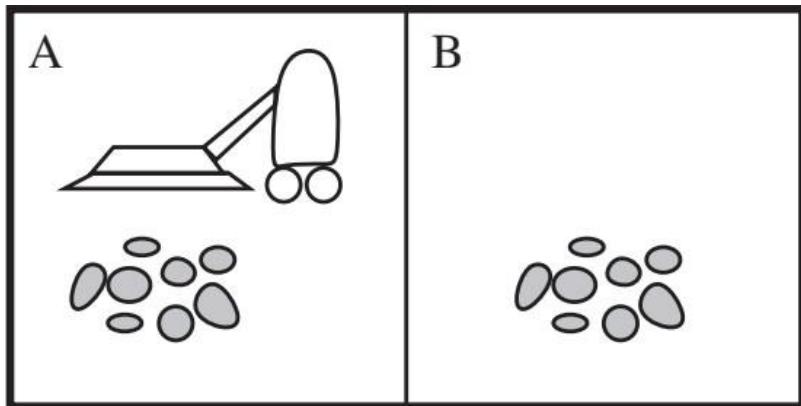
- رفتار یک عامل توسط **تابع عامل** توصیف می‌شود که هر دنباله‌ی ادراکی معین را به یک عمل نگاشت می‌کند

$$f: P^* \rightarrow A$$

- می‌توان این تابع را با یک جدول توصیف کرد
- برای بیشتر عامل‌ها، این **جدول بسیار بزرگ** خواهد بود
- باید دقت داشت که این جدول یک توصیف صریح/خارجی از عامل است
- در **توصیف ضمنی/داخلی**، تابع عامل برای یک عامل مصنوعی توسط یک **برنامه عامل** پیاده‌سازی می‌شود

تابع عامل یک **توصیف انتزاعی ریاضی** است. برنامه عامل یک **پیاده‌سازی مشخص** است که در یک سیستم فیزیکی اجرا می‌شود.

دنیای جارو برقی خودکار



- ادراکات:
- موقعیت و وضعیت کثیف/تمیز بودن محل آن
برای مثال: [A, dirty]
- اقدامات:
- چپ، راست، مکش، بدون عملیات

یک عامل جارو برقی و تابع عامل آن بصورت جدول صریح

Percept sequence	Action
$[A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Dirty]$	<i>Suck</i>
$[B, Clean]$	<i>Left</i>
$[B, Dirty]$	<i>Suck</i>
$[A, Clean], [A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Clean], [A, Dirty]$	<i>Suck</i>
:	:
$[A, Clean], [A, Clean], [A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Clean], [A, Clean], [A, Dirty]$	<i>Suck</i>
:	:

اگر مربع فعلی کثیف است،
در نتیجه مکش انجام شود؛

در غیر این صورت، به مربع دیگر برود

عاملهای عقلانی

Samsung's new fridge will ping your phone if you leave the door open



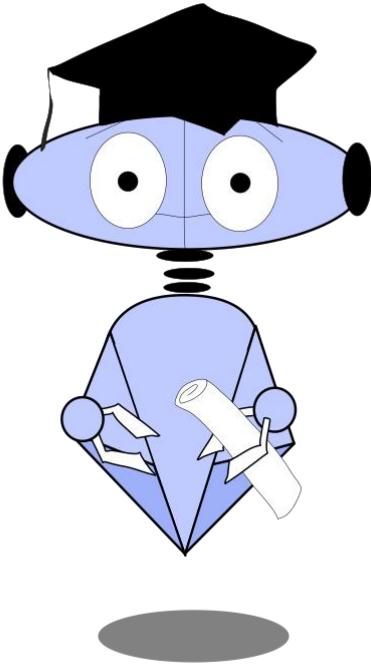
Internet of
things
why doesn't it just close the door
itself if it's so smart

- بر اساس تاریخچه ادراک و اقداماتی که می‌تواند انجام دهد، "کار درست را انجام دهد"
- چه چیزی کار درست برای انجام دادن است؟
- هنگامی که یک عامل در محیطی قرار می‌گیرد، بر اساس ادراکی که دریافت می‌کند،
دنباله‌ای از اعمال را ایجاد می‌کند. این توالی اعمال باعث می‌شود که محیط از یک دنباله
از حالتها (states) عبور کند. **اگر این دنباله مطلوب است، پس عامل به خوبی عمل کرده است.**
- این مفهوم مطلوب بودن توسط یک معیار عملکرد (performance measure) توصیف می‌شود

معیار عملکرد

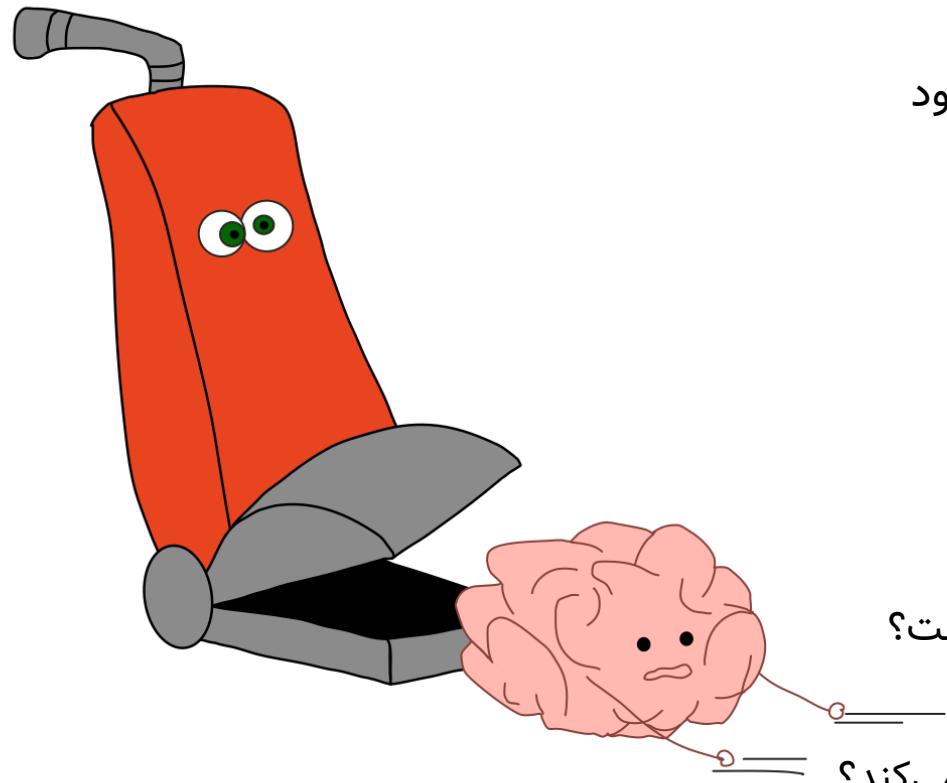
- دنباله حالت‌های محیط را بررسی می‌کند
- معمولاً به حالت‌های محیط وابسته است **نه به** حالت‌های عامل
- بدیهی است که یک معیار عملکرد ثابت برای همه‌ی وظایف و عامل‌ها **وجود ندارد**
- نمونه‌های معیار عملکرد در عامل جاروبرقی خودکار:
 - مقدار کثیفی جمعآوری شده **X**
 - یک امتیاز برای هر مربع تمیز در هر مرحله زمانی و جریمه برای مصرف برق و صدای تولید شده **✓**

عقلانیت



- عقلانی بودن در هر زمان به چهار موضوع بستگی دارد:
 - معیار عملکرد
 - دانش قبلی عامل از ساختار محیط
 - اقداماتی که عامل می‌تواند انجام دهد
 - دنباله ادراک عامل تا به این لحظه
- عامل عقلانی
- یک عامل عقلانی باید برای هر دنباله ادراکی ممکن، عملی را انتخاب کند که **انتظار می‌رود** با توجه به شواهد ارائه شده توسط **دنباله ادراکی** و هر **دانشی** که عامل در داخل خود دارد، معیار عملکرد آن را به حداقل برساند.

عقلانیت (مثال جاروبرقی)



آیا چنین عاملی عقلانی است؟

- اگر کثیف است، مکش کند، در غیر این صورت به مربع دیگر برود
- بستگی دارد به:
- معیار عملکرد
- به عنوان مثال، جریمه مصرف انرژی؟
- محیط (دانش قبلی عامل از ساختار محیط)
- به عنوان مثال، کثیفی جدید می‌تواند ظاهر شود؟
- عملگرها (اقداماتی که عامل می‌تواند انجام دهد)
- به عنوان مثال، اقدام بدون عملیات (no-op) ممکن است؟
- حسگرها (دبایله ادراک عامل تا به این لحظه)
- به عنوان مثال، کثیفی را فقط با حضور در محل حس می‌کند؟

عقلانیت در مقابل دانای کل

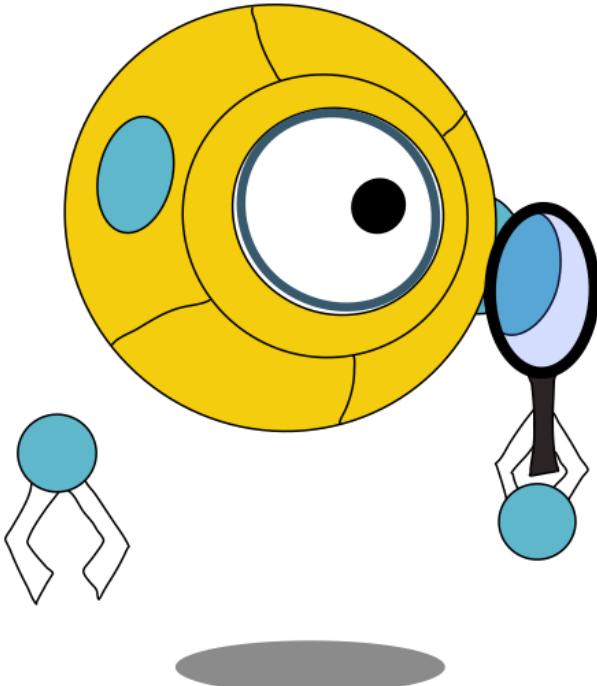
- عقلانیت از دانای کل (Omniscience) بودن متمایز است
- عاملی که دانای کل باشد:

 - یک عامل دانای کل نتیجه واقعی اعمال خود را می‌داند و می‌تواند بر اساس آن عمل کند. اما دانایی مطلق و دانای کل بودن در واقعیت غیرممکن است.

- عقلانیت معادل کمال نیست:

 - عقلانیت عملکرد مورد انتظار را به حداکثر می‌رساند، در حالی که کمال عملکرد واقعی را به حداکثر می‌رساند.
 - عقلانیت به دانایی مطلق نیاز ندارد:
 - زیرا انتخاب منطقی تنها به دنباله ادراک تا به امروز بستگی دارد

نیازمندی‌های یک عامل منطقی



جمع‌آوری یا اکتشاف اطلاعات:

- انجام اقداماتی به منظور اصلاح ادراکات آینده برای به دست آوردن اطلاعات مفید
- مثال: اکتشاف باید توسط عامل جاروبرقی در یک محیط ناشناخته اولیه انجام شود
 - یادگیری:
- پیکربندی اولیه عامل می‌تواند منعکس‌کننده برخی دانش قبلی از محیط باشد
- با کسب تجربه عامل، این پیکربندی ممکن است اصلاح و تقویت شود
- خودمختراری (در ادامه)

خودمختاری

یک عامل خودمختار (autonomous) است اگر رفتارش با تجربه خودش تعیین شود (با توانایی **یادگیری** و **انطباق**)

- تنها به دانش قبلی طراح متکی نیست
- می‌آموزد که دانش قبلی جزئی یا نادرست را جبران کند
- مزیت: محیط‌های تغییرکننده، مقابله عدم اشراف اولیه نسبت به عملکرد محیط
- با عمل تصادفی یا بر اساس دانش طراح شروع می‌کند و سپس از طریق تجربه یاد می‌گیرد
- سپس مطابق با آموخته‌های جدید اقدامات بهتری را طرح و اجرا کند (انطباق)
- عامل منطقی باید خودمختار باشد
- مثال: عامل جارو برقی
 - اگر کثیف است، مکش کند، در غیر این صورت به مربع دیگر برود
 - آیا این عامل یک عامل خودمختار است؟
- یادگیری پیش‌بینی وقوع کثیفی در مربع و اصلاح عملکرد مطابق با دانش جدید



محیط وظیفه- Task environment- (PEAS)

- معیار عملکرد (Performance measure)
- محیط (Environment)
- عملگرها (Actuators)
- حسگرها (Sensors)

در طراحی یک عامل، اولین قدم همیشه باید این باشد که محیط وظیفه را تا حد امکان به طور کامل مشخص کنید (task environment)

نمونه‌های محیط وظیفه



- عامل: راننده تاکسی خودران
 - معیار عملکرد
- سفر ایمن، سریع، قانونی، راحت، به حداقل رساندن سود، ...
- محیط
 - جاده‌ها، سایر فضاهای ترافیکی، عابران پیاده، مشتریان و ...
- عملگرها
 - فرمان، گاز، ترمز، سیگنال، بوق، نمایشگر
- حسگرها
 - دوربین، سونار، سرعت سنج، GPS، کیلومتر شمار، شتاب سنج، سنسور موتور، صفحه کلید

نمونه‌های محیط وظیفه



- عامل: سیستم تشخیص پزشکی هوشمند

- معیار عملکرد

- بیمار سالم، هزینه‌ها را به حداقل برساند، ...

- محیط

- بیمار، بیمارستان، پرسنل، ...

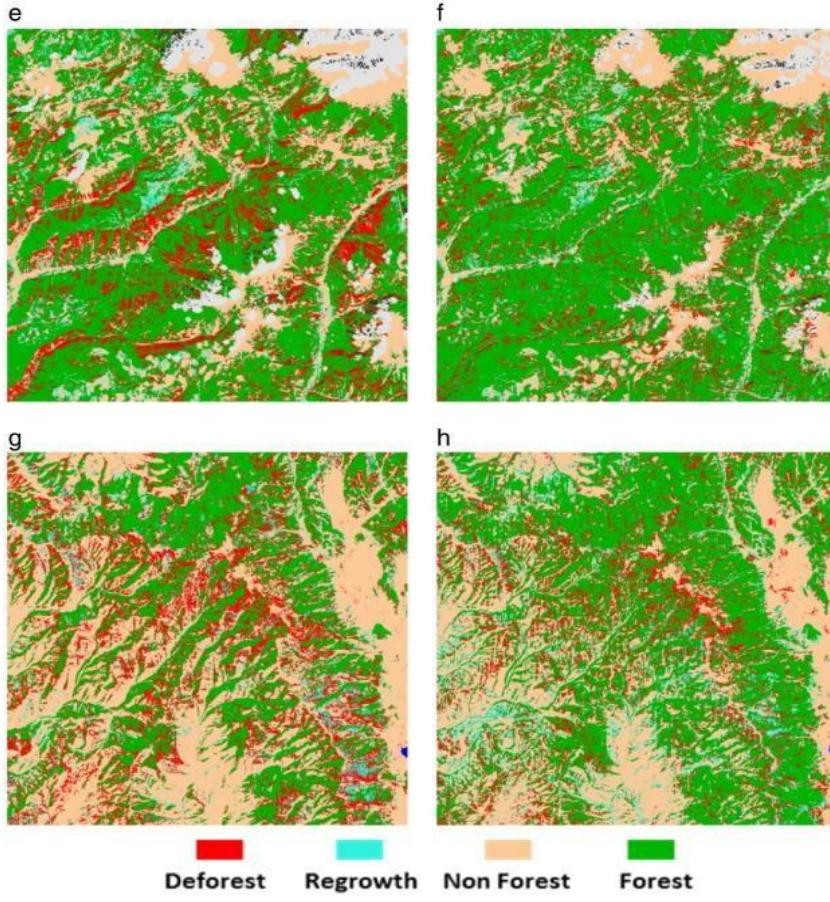
- عملگرها

- صفحه نمایش (سوالات، آزمایشات، تشخیص، درمان، ارجاعات)

- حسگرها

- صفحه کلید، شبکه و ... (ورود علائم، یافته‌ها، پاسخ‌های بیمار)

نمونه‌های محیط وظیفه



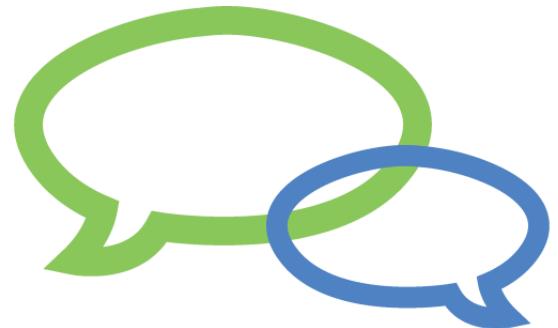
- عامل: سیستم تحلیل تصاویر ماهواره‌ای
 - معیار عملکرد
 - دسته‌بندی صحیح تصاویر
- محیط
 - لینک دانلودی از ماهواره در مدار
- عملگرها
 - نمایش تصویر دسته‌بندی شده
- حسگرها
 - آرایه پیکسل رنگی

نمونه‌های محیط وظیفه



- عامل: ربات قطعه‌چین
 - معیار عملکرد
 - درصد قطعات در سبدھای صحیح
- محیط
 - تسمه نقاله با قطعات، سبد
- عملگرها
 - بازو مفصلی و دست
- حسگرها
 - دوربین، سنسورهای زاویه مشترک

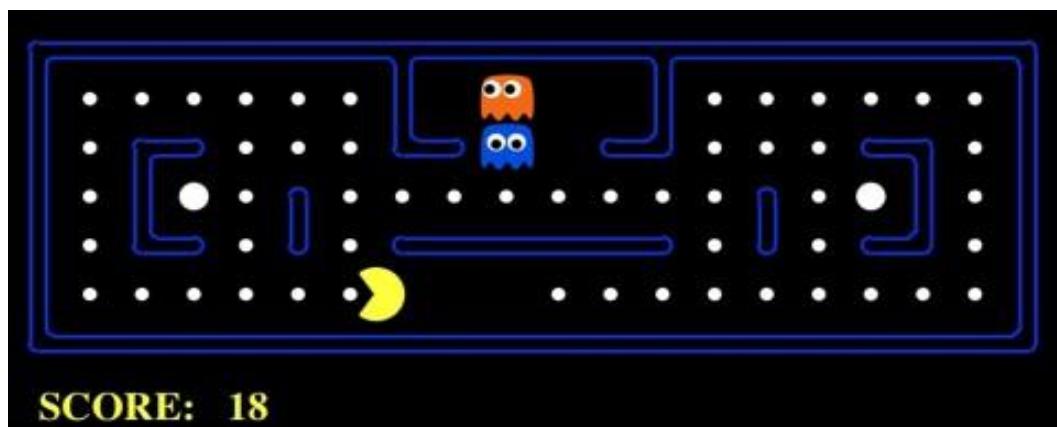
نمونه‌های محیط وظیفه



conversational
English

- عامل: مدرس تعاملی زبان انگلیسی
- معیار عملکرد
- نمره دانش آموز در آزمون را به حداقل برساند
- محیط
- مجموعه ای از دانش آموزان، آزمون هدف و ...
- عملگرها
- صفحه نمایش، بلندگو و ... (تمرینات، پیشنهادات، اصلاحات)
- حسگرها
- صفحه کلید، میکروفون، دوربین و ...

نمونه‌های محیط وظیفه



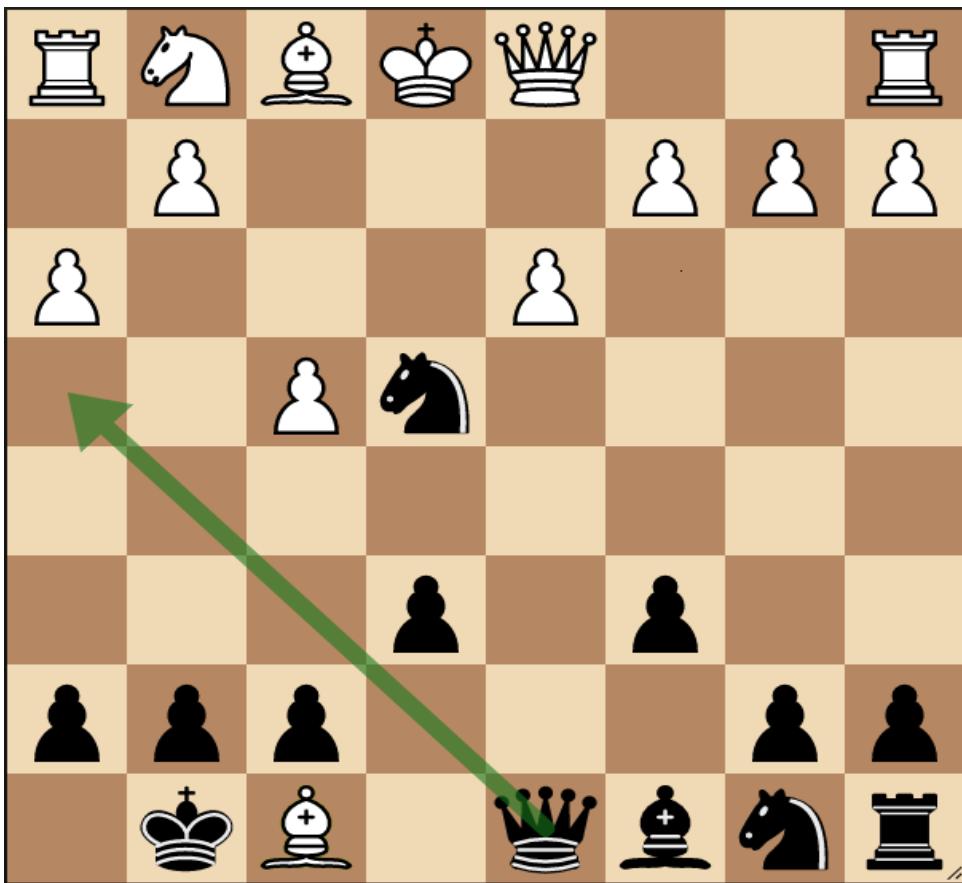
- عامل: Pacman
- محیط
- عملگرها
- کلیدهای جهت‌دار
- حسگرهای بازی
- صفحه نمایش بازی
- امتیاز، تعداد جان‌های باقیمانده
- معیار عملکرد
- هزارتو، نقاط سفید، چهار روح، قرص‌های قدرت، میوه‌هایی که گاها ظاهر می‌شوند و ...

انواع محیط

- کاملاً مشاهده‌پذیر **fully observable** (در مقابل مشاهده‌پذیری جزئی **partially observable**):
 - حسگرها در هر لحظه به ما دسترسی کامل از وضعیت محیط را می‌دهند
 - حسگرها تمام جنبه‌های مرتبط با انتخاب عمل را تشخیص می‌دهند
 - راحت (نیازی به نگهداری حالت داخلی ندارد)
 - سنسورهای نویزی و نادقیق یا بخش‌های برداشت نشده از حالت محیط که ناشی از حسگرها باشد محیط را مشاهده‌پذیر جزئی **partially observable** می‌کند
- تک عامل (در مقابل چند عامل):
 - جدول کلمات متقطع (crossword) یک بازی تک‌عاملی است (شرطنج یک بازی چند‌عاملی است)
 - آیا B یک عامل است یا فقط یک شی در محیط؟
 - زمانی عامل است که رفتار آن را بتوان در قالب **بیشینه کردن معیار عملکرد** توصیف کرد که مقدار آن به رفتار A بستگی داشته باشد
 - چند عاملی: رقابتی، مبتنی بر همکاری
 - رفتار و ارتباط تصادفی نیز در مواردی می‌تواند منطقی باشد

انواع محیط - مثال

- بهترین حرکت را برای مهره وزیر پیدا کنید



انواع محیط

- **قطعی deterministic** (در مقابل **تصادفی stochastic**):
 - حالت بعدی را بتوان به طور کامل با **وضعیت فعلی** و **عمل انجام شده** تعیین کرد
 - اگر محیط به استثنای اقدامات سایر عوامل قطعی باشد، آنگاه محیط **استراتژیک** است (این عدم قطعیت را نادیده می‌گیریم)
 - محیط مشاهده‌پذیر جزئی می‌تواند **تصادفی** در نظر گرفته شود
 - اگر محیط به **کاملاً مشاهده‌پذیر** نباشد یا **قطعی** و **تصادفی** نباشد، غیرقطعی **uncertain** است
- **گسسته discrete** (در مقابل **پیوسته continuous**):
 - تعدادی محدود و مشخص از **حالت‌های** واضح تعریف شده، **ادراکات و اعمال**، **مراحل زمانی (time step)**
 - شطرنج دارای تعداد متناهی حالت‌های گسسته و مجموعه‌ای گسسته از ادراکات و اعمال است در حالی که رانندگی تاکسی دارای حالات و عمل‌های پیوسته است

انواع محیط

- قسمت‌بندی شده یا اپیزودیک (در مقابل ترتیبی sequential) (در مقابل ترتیبی episodic):
 - تجربه عامل به «قسمت‌های» اتمی تقسیم می‌شود که انتخاب عمل در هر قسمت فقط به خود آن قسمت بستگی دارد
 - به عنوان مثال، تشخیص قطعات معیوب در خط مونتاژ (مستقل)
 - در محیط‌های ترتیبی، اقدامات کوتاه مدت می‌تواند پیامدهای بلندمدتی داشته باشد
 - محیط اپیزودیک می‌تواند بسیار ساده‌تر باشد
- ایستا (در مقابل پویا static) (در مقابل پویا dynamic):
 - در صورتی که عامل در حال فکر کردن باشد محیط بدون تغییر بماند محیط ایستا است
 - نیمه پویا: اگر خود محیط با گذشت زمان تغییر نکند اما امتیاز عملکرد عامل تغییر کند
 - ایستا (پازل‌های متقطع)، پویا (راننده تاکسی)، نیمه پویا (شطرنج ساعت‌دار)

انواع محیط

• شناخته شده known (در مقابل ناشناخته unknown):

- نتایج یا احتمال نتایج برای همهی اعمال ارائه شده است
- این کاملاً یک ویژگی محیطی نیست
- مربوط به وضعیت دانش عامل یا طراح در مورد "قوانین فیزیک" محیط است
- اگر محیط ناشناخته باشد، عامل باید یاد بگیرد که چگونه در آن کار کند تا بتواند تصمیمات خوبی بگیرد
- یک محیط ناشناخته می‌تواند کاملاً قابل مشاهده باشد
- جهان واقعی
- تا حدی قابل مشاهده، چند عاملی، تصادفی، متوالی، پویا، پیوسته، (و ناشناخته)
- سخت‌ترین نوع محیط
- نوع محیط تا حد زیادی طراحی عامل را تعیین می‌کند

انواع محیط

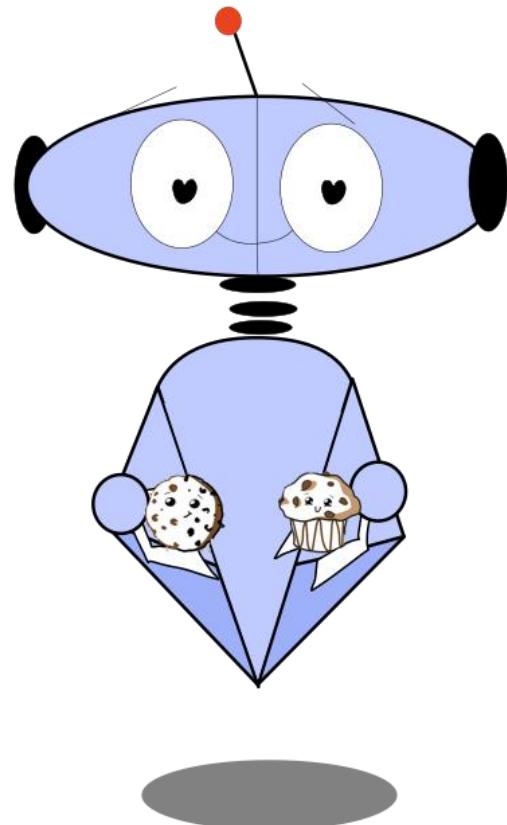
Task Environment	Observable	Agents	Deterministic	Episodic	Static	Discrete
Crossword puzzle						
Chess with a clock						
Poker						
Backgammon						
Taxi driving						
Medical diagnosis						
Image analysis						
Part-picking robot						
Refinery controller						
Interactive English tutor						

ساختار عامل‌ها

عامل = معماری + برنامه

- برنامه عامل
 - وظیفه هوش مصنوعی طراحی یک برنامه عامل (agent program) است که عملکرد عامل را پیاده‌سازی کند
 - برنامه عامل فقط برداشت فعلی را به عنوان ورودی می‌گیرد
 - عامل باید در صورت نیاز کل دنباله ادراک را به خاطر بسپارد
 - حالت/وضعیت داخلی
- معماری
 - ما فرض می‌کنیم که برنامه‌ی عامل بر روی نوعی دستگاه محاسباتی با حسگرها و عملگرهای فیزیکی اجرا می‌شود

انواع برنامه عامل



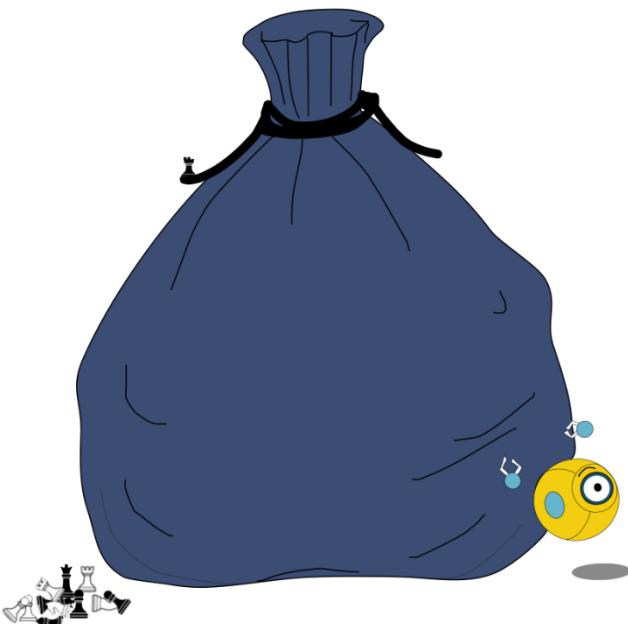
- عامل جدول محور (table driven agent)
- انواع اصلی برنامه عامل به ترتیب افزایش عمومیت
 - عامل‌های واکنشی ساده (simple reflex agents)
 - عامل‌های واکنشی مبتنی بر مدل (model-based reflex agents)
 - عامل‌های مبتنی بر هدف (goal-based agents)
 - عامل‌های مبتنی بر سودمندی (utility-based agents)
 - عامل‌های یادگیری محور (learning-based agents)

عامل جدول محور

```
Function TABLE-DRIVEN_AGENT(percept) returns an action
    persistent: percepts, a sequence initially empty
                table, a table of actions, indexed by percept
                sequence, initially fully specified
    append percept to the end of percepts
    action  $\leftarrow$  LOOKUP(percepts, table)
    return action
```

Percept sequence	Action
[A, Clean]	Right
[A, Dirty]	Suck
[B, Clean]	Left
[B, Dirty]	Suck
[A, Clean],[A, Clean]	Right
[A, Clean],[A, Dirty]	Suck
...	...
[A, Clean],[A, Clean], [A, Clean]	Right
...	...

عامل جدول محور



- (طول عمر: T مجموعه ای از ادراکات ممکن: P)
$$\sum_{t=1}^T |P|^t$$
 فضا
- جدول عامل برای شترنج حداقل 10^{150} ردیف دارد
- در حالی که کمتر از 10^{80} اتم در جهان وجود خارجی دارد.....
- طراح وقت کافی برای ایجاد جدول نخواهد داشت
- هیچ عاملی هرگز نمی‌تواند ورودی‌های جدول مناسب را از تجربه خود بیاموزد
- چگونه ورودی‌های جدول را پر کنیم؟

• فواید:

• پیاده‌سازی آسان

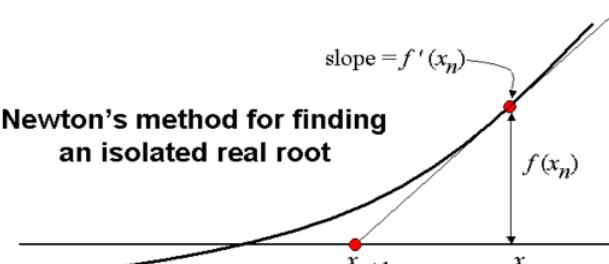
• اشکالات:

برنامه عامل

- نگاشت (از ادراک به عمل) لزوما استفاده از جدول نیست
- هوش مصنوعی قصد دارد که برنامه های را پیاده کند که رفتار عقلانی را به جای جدول بی اندازه بزرگ، با برنامه هایی کوچک تولید کند

جدول های بزرگ کاربردی برای به دست آوردن ریشه های مربع قبل از دهه 1970

1.0	1.00000
1.1	1.04898
1.2	1.09565
1.3	1.14056



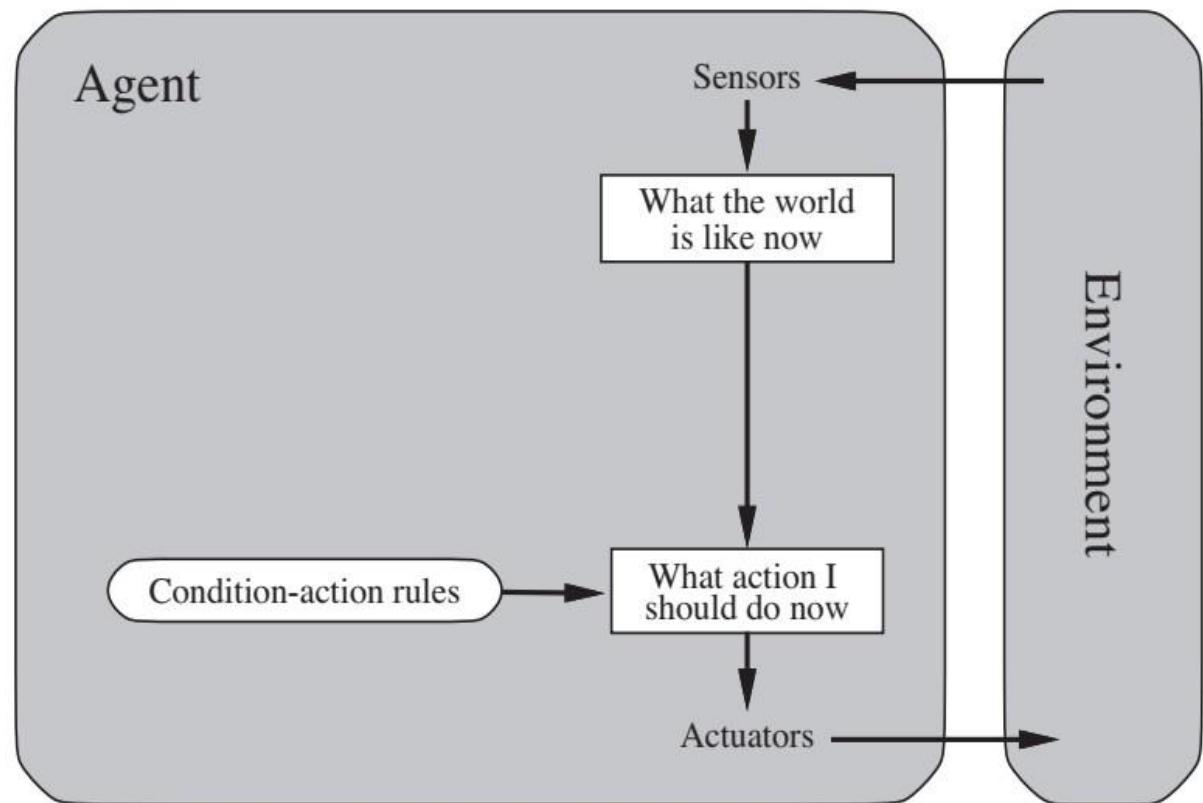
$$x_{n+1} = x_n - \frac{f'(x_n)}{f(x_n)}$$

```
function SQRT( double X )
{
    double r = 1.0;
    while ( fabs( r * r -x ) > 10-8)
        r = r -( r * r -x ) / 2r;
    return r ;
}
```

عامل واکنشی ساده - ۱

```
function SIMPLE-REFLEX-AGENT(percept)
    returns an action
    persistent: rules, a set of condition-action
    rules

    state ← INTERPRET-
    INPUT(percept)
    rule ← RULE-MATCH(state, rules)
    action ← rule.ACTION
    return action
```



عامل واکنشی ساده - 2

- اقدامات را بر اساس ادراک فعلی انتخاب کنید و بقیه تاریخچه ادراکی را نادیده بگیرید
 - If car-in-front-is-braking then initiate-braking
- واکنش پلک زدن
- مثال: عامل جاروبرقی

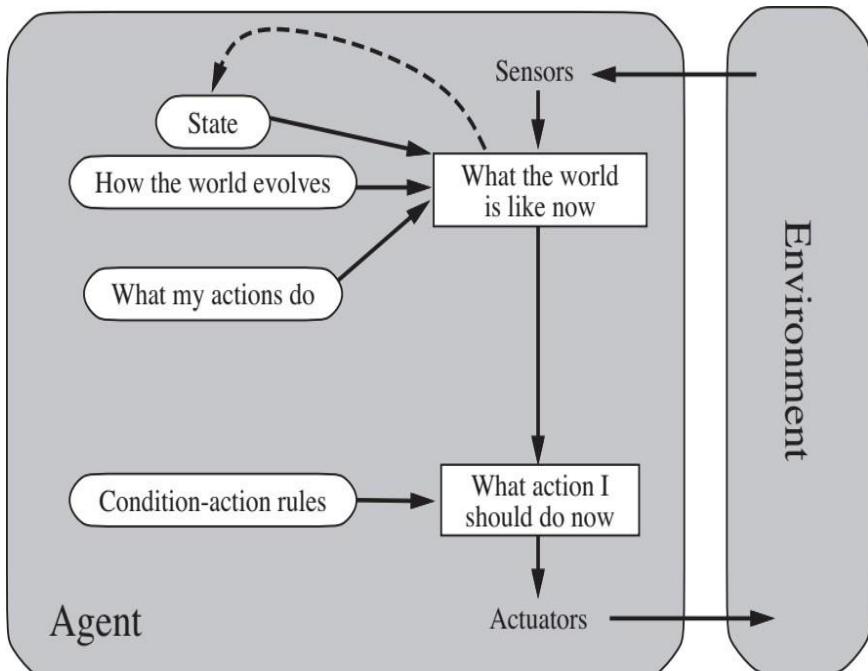
```
function REFLEX-VACUUM-AGENT ([location, status]) return an action
  if status == Dirty then return Suck
  else if location == A then return Right
  else if location == B then return Left
```

- تعداد احتمالات را از 4^T به تنها 4 کاهش می‌دهد

عامل واکنشی ساده - 3

- هوش ساده، اما بسیار محدود
- فقط در صورتی خوب عمل می‌کند که بتوان تصمیم درست را بر اساس ادراک فعلی گرفت (مشاهده‌پذیری کامل)
- امکان قرار گرفتن در حلقه(loop)‌های نامحدود در محیط‌های قابل مشاهده جزئی
 - فرار از حلقه‌های نامحدود با انتخاب تصادفی اقدامات ممکن است...

عامل واکنشی مبتنی بر مدل - 1



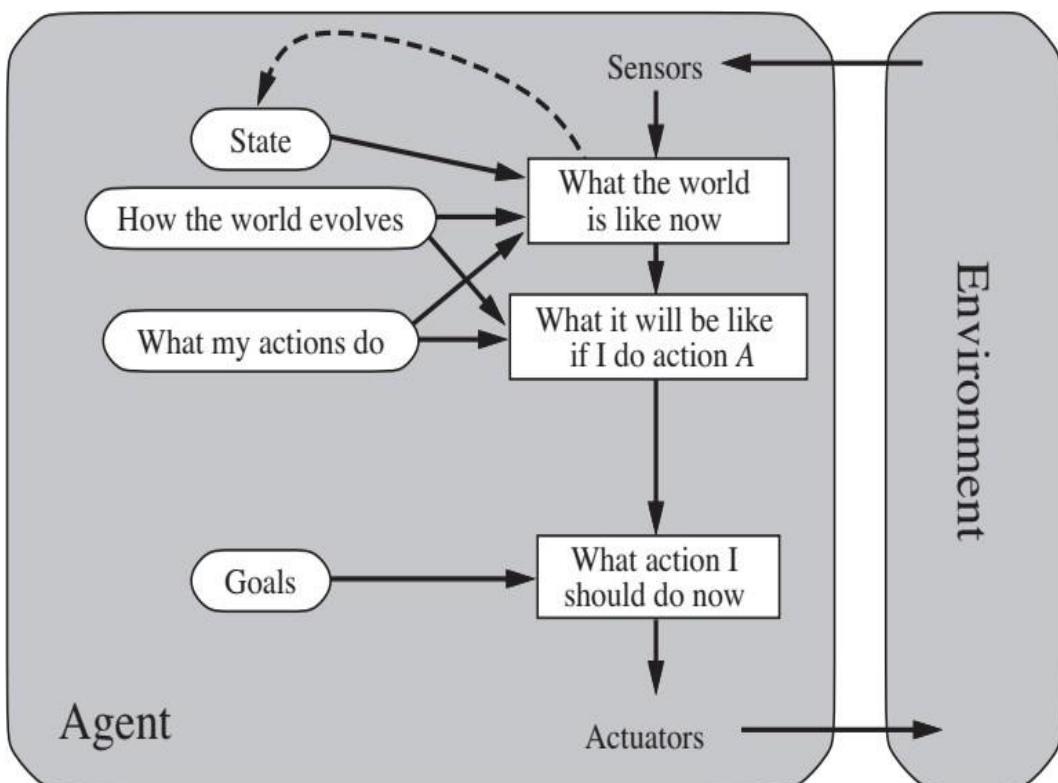
- مشاهده پذیری جزئی
- وضعیت داخلی (بر اساس تاریخچه ادراکی)
- برخی از جنبه‌های مشاهده نشده از وضعیت فعلی را منعکس می‌کند
- به روزرسانی اطلاعات وضعیت داخلی به دو نوع دانش نیاز دارد
 - اطلاعات در مورد چگونگی تکامل جهان (مستقل از عامل)
 - اطلاعاتی در مورد اینکه چگونه اقدامات خود عامل بر جهان تأثیر می‌گذارد
- فقط بهترین حدس را برای وضعیت فعلی یک محیط مشاهده‌پذیر جزئی تعیین می‌کند

عامل واکنشی مبتنی بر مدل - 2

```
function MODEL-BASED-REFLEX-AGENT(percept) returns an action
    persistent: state, the agent's current conception of the world state
    model, a description of how the next state depends on current state and action
    rules, a set of condition-action rules
    action, the most recent action, initially none

    state ← UPDATE-STATE(state, action, percept, model)
    rule ← RULE-MATCH(state, rules)
    action ← rule.ACTION
    return action
```

عامل مبتنی بر هدف



- آگاهی از وضعیت فعلی همیشه برای تصمیم‌گیری برای

- انجام دادن یک عمل کافی نیست

- موقعیت‌هایی که مطلوب هستند (هدف) باید مشخص شوند

- معمولاً نیاز به جستجو و برنامه‌ریزی دارد

- برای یافتن توالی عمل برای دستیابی به هدف

State = goal **then** “happy” **if not** “unhappy” **so continue search**

عامل واکنشی در مقابل عامل مبتنی بر هدف

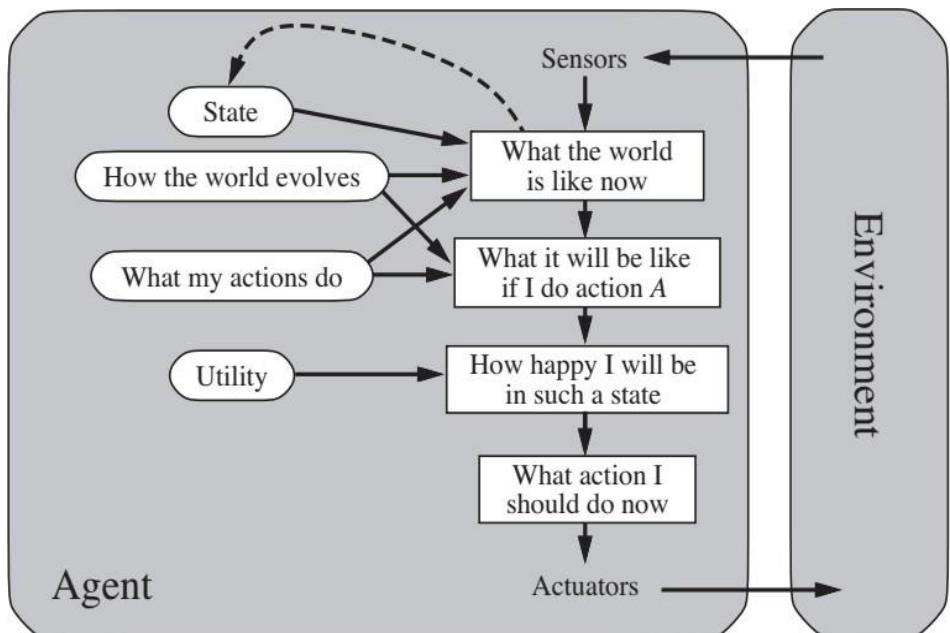
- در نظر گرفتن آینده
- عامل‌های مبتنی بر هدف ممکن است کارایی کمتری داشته باشند اما انعطاف‌پذیرتر هستند
 - به دلیل زمان‌بر بودن برنامه‌ریزی...
 - هدف به صراحت نشان داده می‌شود و به راحتی قابل تغییر است (جدول قوائد در مقابل هدف)
- مثال: رفتن به مقصد جدید
 - عامل مبتنی بر هدف: تعیین آن مقصد به عنوان هدف
 - عامل واکنشی: قوانین عامل برای زمان چرخش و زمان مستقیم رفتن باید بازنویسی شود

عامل مبتنی بر سودمندی - 1

- اهداف (goals) به تنها برای ایجاد رفتار با کیفیت در بسیاری از محیط‌ها کافی نیستند

State = goal then "happy" if not "unhappy"

- اهداف فقط یک تمایز دوتایی خام بین وضعیت‌های "خوشحال" و "ناراحت" ارائه می‌دهند!
- چگونه وضعیت‌های مختلف جهان را با توجه به اینکه عامل را چه میزان خوشحال می‌کنند مقایسه کنیم؟
- برای اینکار از عبارت "سودمندی" به جای "خوشحالی" استفاده می‌کنیم



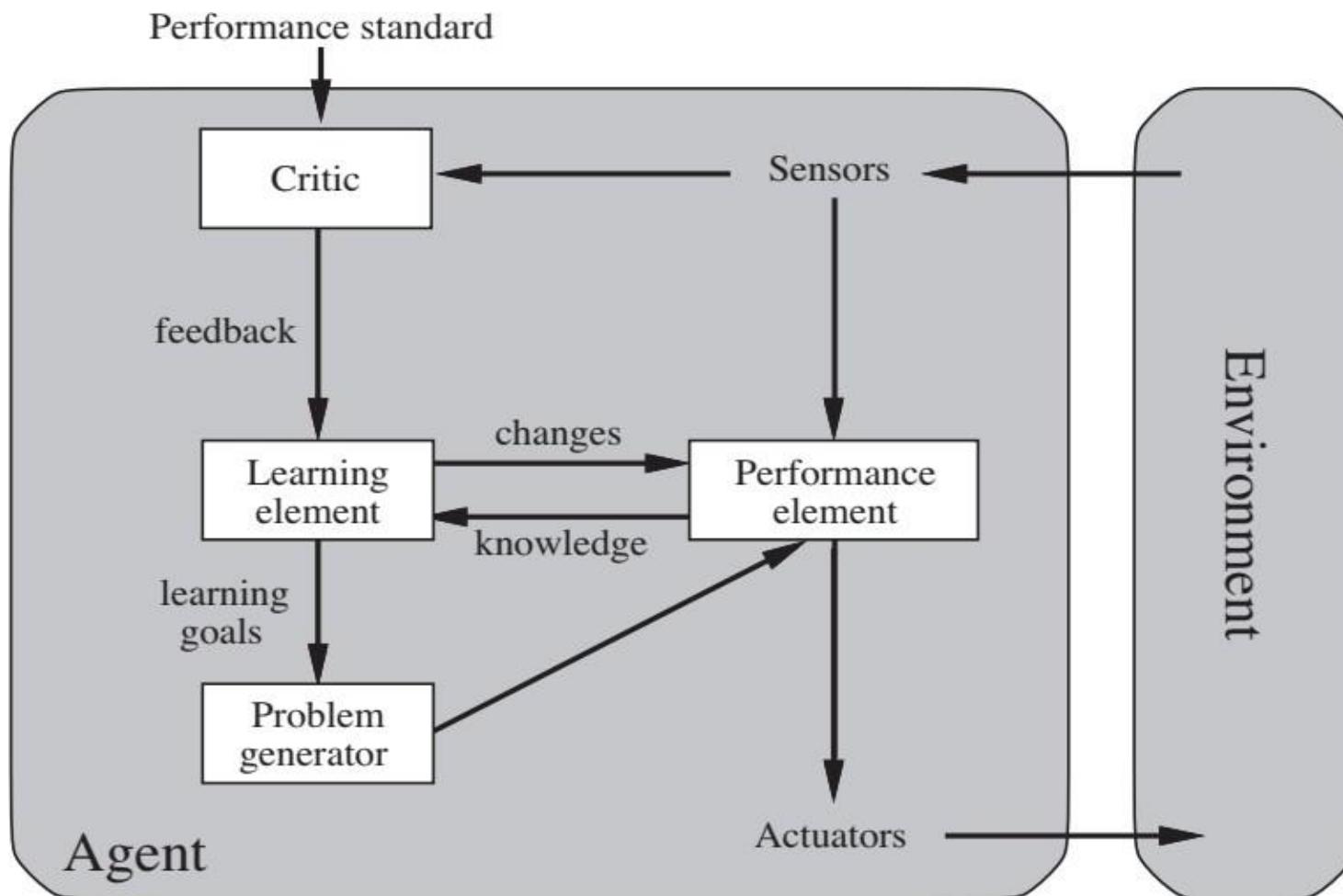
عامل مبتنی بر سودمندی - 2

- تابع سودمندی
- تابع سودمندی عامل اساساً درونی‌سازی شده‌ی معیار عملکرد است
- معیار عملکرد: ما به عنوان یک شاهد خارجی چگونه موفقیت عامل را ارزیابی می‌کنیم (اختصاص امتیاز به هر توالی از حالات)
- تابع سودمندی: عامل چگونه بصورت درونی وضعیت خود را ارزیابی می‌کند (اختصاص امتیاز به هر حالت بر اساس فاکتورها)
- مثال بازی شطرنج
- معیار عملکرد: بردن بازی. عملکرد عامل بر اساس بردن (+1)، مساوی کردن (0) و باختن بازی (-1) ارزیابی می‌شود.
- تابع سودمندی: ارزیابی حالت بر اساس فاکتورهایی مانند تعداد مهره، چیدمان مهره، زمان باقیمانده و ...
- اگر **تابع مطلوبیت داخلی (سودمندی)** و **معیار عملکرد خارجی** با هم توافق داشته باشند، آنگاه عاملی که اقداماتی را برای به حد اکثر رساندن مطلوبیت خود انتخاب می‌کند، بر اساس معیار عملکرد خارجی، **منطقی (عقلانی)** خواهد بود
- این تنها راه منطقی بودن نیست
- مانند عامل‌های مبتنی بر هدف، یک عامل مبتنی بر سودمندی از نظر **انعطاف پذیری** و **یادگیری** مزایای بسیاری دارد

عامل مبتنی بر سودمندی - 3

- در دو مورد اهداف ناکافی هستند، اما یک عامل مبتنی بر سودمندی همچنان می‌تواند تصمیمات منطقی بگیرد
- هنگامی که اهداف متناقضی وجود داشته باشد که فقط برخی از آن‌ها قابل‌دستیابی هستند، تابع سودمندی مبادله مناسب بین اهداف را مشخص می‌کند
 - مثلاً سرعت و ایمنی
- هنگامی که چندین هدف وجود دارد که عامل می‌تواند آن‌ها را هدف قرار دهد، که هیچ یک از آن‌ها با قطعیت قابل‌دستیابی نیست، سودمندی راهی را فراهم می‌کند که از طریق آن بتوان احتمال موفقیت را با اهمیت اهداف سنجید
- یک عامل منطقی مبتنی بر سودمندی، اقدامی را انتخاب می‌کند که **سودمندی مورد انتظار** از نتایج عمل را به **حداکثر** برساند
- عاملی که تابع سودمندی صریح دارد می‌تواند با یک **الگوریتم همه‌منظوره (general-purpose algorithm)** تصمیمات منطقی بگیرد

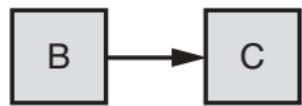
عامل مبتنی بر یادگیری - ۱



عامل مبتنی بر یادگیری - 2

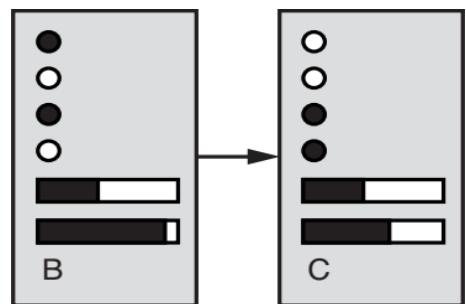
- یک عامل یادگیرنده را می‌توان به چهار جزء مفهومی تقسیم کرد:
 - عنصر عملکرد (قبل‌اً کل عامل در نظر گرفته می‌شد)
 - مسئول انتخاب اقدامات خارجی است
 - منتقد
- به عنصر یادگیری می‌گوید که عامل با توجه به یک استاندارد عملکردی (performance measure) ثابت چقدر خوب عمل می‌کند
 - عنصر یادگیری
 - مسئول ایجاد بهبود
 - عنصر عملکرد را برای انجام بهتر در آینده بر اساس بازخوردهای منتقد اصلاح می‌کند
- مولد مشکل
 - مسئول پیشنهاد اقداماتی است که منجر به تجربیات جدید و آموزنده می‌شود

نیشان دادن حالت‌ها



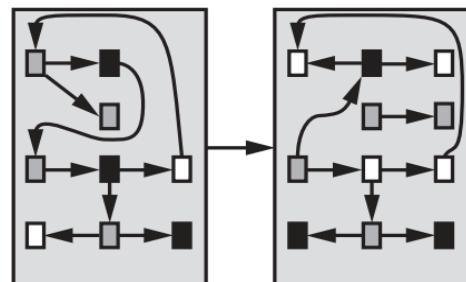
(a) Atomic

- نماپیش اتمی



(b) Factored

- هر حالتی از جهان تجزیه‌ناپذیر است
 - ساختار داخلی ندارد
 - نمایش فاکتوری



(b) Structured

- هر حالت را به مجموعه ثابتی از متغیرها یا ویژگی‌ها تقسیم می‌کند،
 - که هر کدام می‌توانند مقداری داشته باشند
 - نمایش ساختار یافته
 - اشیاء و روابط مختلف و متفاوت آن‌ها را می‌توان به صراحة توصیف کرد