



دانشگاه علم و صنعت
دانشکده مهندسی کامپیوتر

عوامل های هوشمند

«هوش مصنوعی: رهیافتی نوین»، فصل ۲

مدرس: آرش عبدی هجراندوست

نیم سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۲

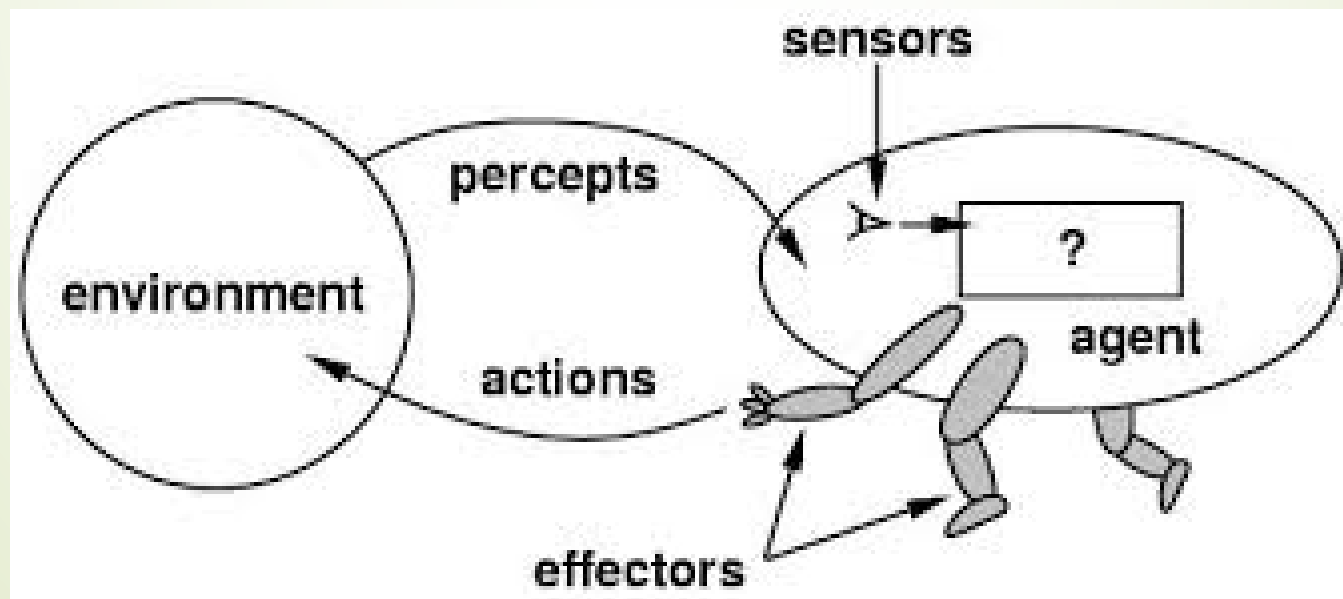
مفهوم عقلانیت

عامل چیست؟

❖ عامل هر چیزی است که بتواند

❖ محیط خود را از طریق حس‌گرهایش ادراک کند

❖ و از طریق اقدام‌گرها (محرک‌ها/عملگرها) در آن محیط اقدامی (عملی/کنشی) انجام می‌دهد.



نمونه‌هایی از عامل‌ها

❖ عامل انسانی

❖ حس‌گرها: چشم‌ها، گوش‌ها و ...

❖ اقدام‌گرها: دست‌ها، پاها، دهان و ...

❖ عامل ربات

❖ حس‌گرها: دوربین‌ها و فاصله‌یاب مادون قرمز

❖ اقدام‌گرها: انواع موتورها

❖ عامل نرم‌افزاری

❖ حس‌گرها: دریافت‌ها از صفحه‌کلید، محتویات فایل، بسته‌های شبکه

❖ اقدام‌گرها: نمایش روی صفحه‌نمایش، نوشتن در فایل، ارسال بسته‌ها در شبکه

عامل و محیط

❖ رفتار عامل توسط تابع عامل توصیف می شود که دنباله ادراکات را به یک عمل نگاشت می دهد:

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

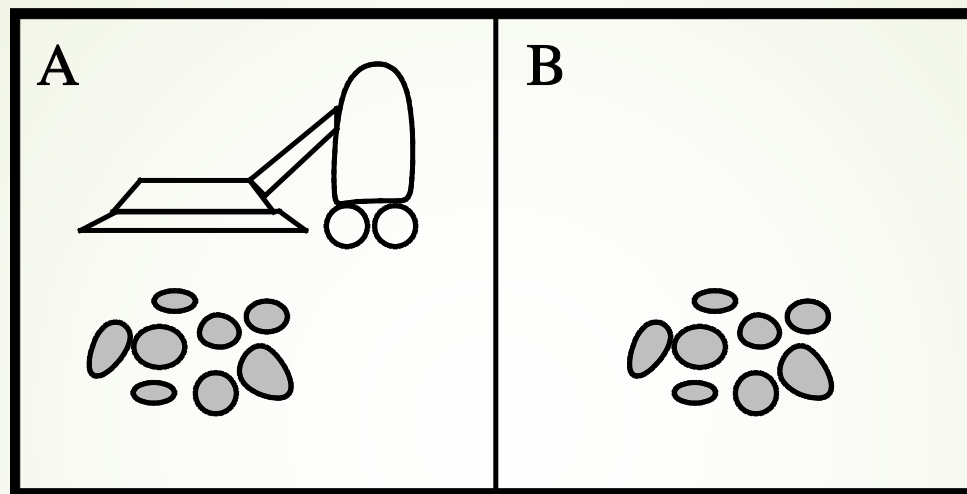
❖ تابع عامل را می توان به صورت یک **جدول** نمایش داد.

❖ **جدول** یک **مشخصه بیرونی (external)** از عامل است.

❖ از **دیدگاه درونی (internally)**، تابع عامل برای یک عامل هوشمند به صورت یک **برنامه ی عامل** پیاده سازی می شود.

❖ تابع عامل یک توصیف ریاضی انتزاعی است در حالی که برنامه عامل یک پیاده سازی واقعی است که در سیستم فیزیکی در حال اجرا است.

دنیای جاروبرقی



❖ محیط: دو مربع A و B، گرد و خاک

❖ ادراکات: [مکان، وضعیت تمیزی/کثیفی]

❖ مانند: [A, Dirty]

❖ اقدامها: برو به چپ، برو به راست، تمیز کن، هیچ کاری نکن (NoOp)

عامل دنیای جاروبرقی

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
...	...

if the current square is dirty, then suck; otherwise, move to the other square.

عامل عقلانی

❖ عامل عقلانی عاملی است که **کار درست** انجام دهد.

❖ تمامی ردیف‌ها در جدول برای تابع عامل به‌درستی پر شوند.

❖ کار درست چیست؟

❖ عامل در محیط با توجه به ادراکاتی که دریافت می‌کند، دنباله‌ای از اقدام‌ها انجام می‌دهد. این دنباله از اقدام‌ها، باعث می‌شود محیط به دنباله‌ای از وضعیت‌ها برسد. اگر دنباله **مطلوب** بود آنگاه عامل خوب رفتار کرده است.

❖ این مفهوم از مطلوبیت با یک **معیار کارایی** سنجیده می‌شود که هر دنباله ورودی از **وضعیت‌های محیط** را ارزیابی می‌کند.

❖ نمونه‌هایی از معیارهای کارایی عامل جاروبرقی؟

❖ اندازه آشغال‌هایی که در یک شیفت ۸ ساعته تمیز شده است.

❖ اعطای یک امتیاز مثبت به هر مربع تمیز در هر گام زمانی و جریمه برای میزان برق مصرفی و سروصدای تولیدشده

عقلانیت

❖ این که در هر لحظه چه چیزی عقلانی است به چهار چیز وابسته است:

❖ معیار کارایی که میزان موفقیت را تعیین می کند.

❖ دانش قبلی عامل در مورد محیط

❖ عمل هایی که عامل می تواند انجام دهد.

❖ دنباله ی ادارکات عامل تا این لحظه

❖ تعریف عامل عقلانی

❖ برای هر دنباله ادراکی ممکن، **عامل عقلانی** باید عملی را برای انجام انتخاب کند که **انتظار می رود** معیار کارایی اش را **ماکزیمم کند**. انتخاب عمل، باید با توجه به شواهد و نتایجی که از دنباله ادراکی و دانش درونی عامل به دست می آید، صورت گیرد.

For each possible percept sequence, **a rational agent** should select an action that is **expected to maximize** its performance measure, given the evidence provided by the percept sequence and whatever built-in knowledge the agent has.

عقلانیت

❖ آیا این عامل جاروبرقی عقلانی است؟

❖ اگر مربع کثیف بود آن را تمیز کن در غیر این صورت به مربع مجاور برو.

❖ بستگی دارد!

❖ معیار کارایی

❖ جریمه برای مصرف سوخت؟

❖ محیط

❖ آشغال جدید در محیط ظاهر می شود؟

❖ اقدام گرها

❖ عمل No-op؟

❖ حس گرها

❖ تنها حس گر کثیفی محل را دارد؟

❖ مثلاً حسگر شلوغی محل؟

عقلانیت در مقابل دانای کل

❖ عقلانیت \neq دانای کل، عقلانیت \neq کامل بودن

❖ یک عامل **دانای کل (Omniscient)** نتیجه واقعی اعمالش را می‌داند و می‌تواند براساس آن عمل کند.

❖ همه چیزدانی با دانش نامحدود در دنیای واقعی غیر ممکن است.

❖ عقلانیت، کارایی مورد انتظار را ماکزیمم می‌کند در حالی که کامل بودن کارایی واقعی را ماکزیمم می‌کند.

❖ مثال: رد شدن از خیابان و صدمه دیدن به دلیل سقوط درب هواپیما

❖ چرا تعریف ما از عقلانیت نیاز به همه چیزدانی ندارد؟

❖ زیرا انتخاب عقلانی تنها وابسته به ادراکات تاکنون است.

❖ همچنین وابسته به اعمالی است که عامل می‌تواند انجام دهد.

نیازمندی‌های یک عامل عقلانی

❖ جمع‌آوری اطلاعات/اکتشاف

❖ انجام اعمال به منظور به‌روزرسانی ادراکات آینده برای به‌دست آوردن اطلاعات مفید

❖ جمع‌آوری اطلاعات، کارایی مورد انتظار را افزایش می‌دهد.

❖ مثال: عمل «نگاه کردن» در هنگام عبور از خیابان

❖ مثال: انجام اکتشاف عامل جاروبرقی در هنگام رها کردن آن در یک محیط اولیه ناشناخته

❖ یادگیری از ادراکات

❖ به‌روزرسانی و اصلاح دانش قبلی عامل از محیط

❖ اگر محیط عامل کاملاً از قبل شناخته شده باشد در چنین مواردی عامل نیاز به درک کردن و آموختن ندارد زیرا به درستی عمل خواهد کرد. البته چنین عواملی خیلی آسیب‌پذیرند.

نیازمندی‌های یک عامل عقلانی

❖ خودمختاری (Autonomy)

❖ یک عامل خودمختار است اگر رفتار آن با استفاده از تجربیات خودش (با قابلیت برای یادگیری و تطبیق) تعیین گردد و تنها وابسته به دانش قبلی طراح نباشد.

❖ یادگیری برای جبران و اصلاح دانش غلط یا ناقص قبلی خود

❖ هنگامی که عامل تجربه ندارد یا تجربه کمی دارد باید تصادفی عمل کند مگر آن که طراح با قرار دادن دانش اولیه به آن کمک کند.

❖ جوانها ریسک پذیرترند یا پیرها؟

❖ مثال: جاروبرقی که یاد می‌گیرد کجا و چه وقت آشغال ریخته می‌شود بهتر از جاروبرقی عمل می‌کند که چنین توانایی ندارد.

ماهیت محیط‌ها

محیط وظیفه

❖ مواردی که عامل برای عقلانیت به آن وابسته است، محیط وظیفه گفته می شود.

❖ معیار کارایی (Performance measure)

❖ محیط (Environment)

❖ اقدام گرها (Actuators)

❖ حس گرها (Sensors)

❖ اولین گام در طراحی عامل های هوشمند، تعیین محیط وظیفه به کامل ترین شکل ممکن است.

نمونه PEAS

❖ عامل راننده تاکسی خودکار

- ❖ معیار کارایی: امنیت، سرعت، رعایت قوانین، راحتی مسافرت، حداکثر بهره‌وری
- ❖ محیط: جاده‌ها، ترافیک‌های دیگر، عابرین پیاده، مشتریان
- ❖ اقدام گر‌ها: هدایت‌کننده‌ها، شتاب‌دهنده‌ها، ترمز، سیگنال، نمایش‌گر، بوق، (قفل فرمان!؟)
- ❖ حس گر‌ها: دوربین‌ها، مکان: باب، سرعت‌سنج، GPS، صفحه‌کلید، حس گرهای موتور، کیلومترشمار،



انواع محیط

(Fully Observable vs. Partially Observable)

❖ **کاملاً مشاهده پذیر** (در مقابل **نیمه مشاهده پذیر**): حس گرهای یک عامل، امکان دسترسی به وضعیت کامل محیط در هر لحظه از زمان را به عامل بدهند.

❖ تنها جنبه‌هایی از محیط مهم هستند که در انتخاب عمل عامل دخالت داشته باشند.

❖ جنبه‌های مهم محیط بر اساس معیار کارایی تعیین می شوند.

❖ یک محیط ممکن است به دلیل عدم دقت حس گرها و نویز آن‌ها یا به این دلیل که قسمت‌هایی از حالت‌ها در داده‌های حس گر حذف می شوند نیمه مشاهده پذیر شود.

❖ جاروبرقی با داشتن تنها حس گر کثیفی محل

❖ راننده تاکسی خودکار نمی داند که رانندگان دیگر در حال فکر کردن به چه چیزی هستند.

❖ محیط غیرقابل مشاهده محیطی است که فاقد هرگونه حسگری است.

انواع محیط (Deterministic vs. Stochastic)

❖ **قطعی** (در مقابل **تصادفی**): وضعیت بعدی محیط به طور کامل براساس وضعیت فعلی و عمل انجام شده مشخص باشد.

❖ اگر محیط به جز در اثر فعالیت های عامل های دیگر، قطعی باشد گوییم محیط **راهبردی (Strategic)** است.

❖ در یک محیط تصادفی

❖ ممکن است طبیعت اشیای موجود در محیط تصادفی باشد.

❖ احتمال هایی برای خروجی های ممکن در نظر گرفته می شود.

❖ برای محیط های نیمه مشاهده پذیر هر دو امکان تصادفی بودن و قطعی بودن وجود دارد.

❖ یک محیط **نامعلوم (uncertain)** است اگر نه کاملاً مشاهده پذیر باشد و نه قطعی.

انواع محیط (Episodic vs. Sequential)

- ❖ **مرحله‌ای** (درمقابل **ترتیبی**): تجربه عامل به اپیزودهای مجزا تقسیم می‌شود. در هر اپیزود، عامل محیط را درک می‌کند، تصمیم می‌گیرد و عمل می‌کند.
- ❖ انتخاب عمل در هر اپیزود فقط از روی دریافت‌ها در همان اپیزود صورت می‌گیرد و ربطی به دریافت‌ها یا تصمیم‌ها در اپیزودهای قبلی/بعدی ندارد.
- ❖ بسیاری از کارهای دسته‌بندی و شناسایی از نوع مرحله‌ای هستند.
- ❖ برای مثال عاملی که باید قطعات معیوب را روی خط مونتاژ شناسایی کند.
- ❖ در محیط‌های ترتیبی، تصمیم فعلی می‌تواند بر روی تصمیمات آینده تاثیر بگذارد.
- ❖ مانند شطرنج یا راننده تاکسی خودکار
- ❖ طراحی عامل برای محیط‌های مرحله‌ای ساده‌تر است چون نیاز نیست عامل نگران آینده باشد و به آینده فکر کند.

انواع محیط (Single Agent vs. Multi Agent)

❖ **تک عاملی** (در مقابل **چند عاملی**): تنها خود عامل در محیط عمل می کند.

❖ عامل جدول کلمات متقاطع تک عاملی و عامل بازی شطرنج چند عاملی است.

❖ چند عاملی: رقابتی یا مشارکتی

❖ شطرنج: رقابتی

❖ رانندگی:

❖ مشارکتی (تصادف)

❖ رقابتی (پارکینگ)

انواع محیط (Static vs. Dynamic)

❖ **ایستا** (درمقابل **پویا**): در مدتی که عامل در حال تصمیم‌گیری و انجام عمل است محیط تغییر نمی‌کند.

❖ برای مثال عامل حل‌کننده جدول کلمات متقاطع ایستا و راننده تاکسی خودکار پویا است.

❖ **نیمه‌پویا (Semi dynamic)**: اگر محیط پویا نباشد ولی با گذر زمان میزان کارایی تغییر کند
گوییم محیط نیمه‌پویا است.

❖ شطرنج زمان‌دار

❖ طراحی عامل برای محیط‌های ایستا ساده‌تر است زیرا لازم نیست عامل در حین تصمیم‌گیری، محیط اطرافش را درک کند و لازم نیست نگران گذر زمان باشد.

انواع محیط (Discrete vs. Continuous)

- ❖ **گسسته** (درمقابل پیوسته): حالت‌های محیط، دریافت‌های عامل از محیط، فعالیت‌های عامل و نحوه مدیریت زمان کمیت‌های گسسته و مجزا باشند.
- ❖ برای مثال شطرنج دارای تعداد متناهی از حالات گسسته و مجموعه گسسته از ادراکات و اعمال است.
- ❖ برای مثال راننده تاکسی دارای مجموعه‌ای از حالات، اعمال و زمان پیوسته است.
- ❖ ورودی دوربین‌های دیجیتال گسسته است اما در اغلب موارد به صورت تغییرات پیوسته شدت روشنایی و رنگ‌ها در نظر گرفته می‌شود.
- ❖ تفاوت با محیط مرحله ای / ترتیبی؟

انواع محیط (Known vs. Unknown)

❖ **شناخته شده** (درمقابل **شناخته نشده**): نتایج برای همه اعمال مشخص باشد. یا اگر محیط تصادفی است احتمالات حاصل از اعمال مشخص باشد.

❖ یک ویژگی از محیط نیست.

❖ مرتبط با وضعیت دانش عامل (یا طراح) در مورد «قوانین فیزیک» محیط است.

❖ اگر محیط شناخته شده نباشد، عامل برای اتخاذ تصمیمات مناسب باید یاد بگیرد محیط چگونه کار می کند.

❖ قابل مشاهده بودن یا نبودن محیط ارتباطی با شناخته شده بودن یا نبودن آن ندارد.

❖ بازی کارتی «گمانه» دارای یک محیط شناخته شده و نیمه مشاهده پذیر است. (کارتهای دیگران را نمی بینیم)

❖ یک بازی جدید کارتی دارای یک محیط ناشناخته و احتمالا مشاهده پذیر است.

ساختار عامل‌ها

نحوه کار درونی عامل چگونه است؟

❖ وظیفه هوش مصنوعی، طراحی **برنامه عاملی** است که تابع عامل را که ادراکات را به اعمال نگاشت می کند پیاده سازی کند.

❖ ساختار برنامه عامل

❖ ورودی = تنها ادراک فعلی (زیرا هیچ چیز دیگری از محیط قابل دسترسی نیست).

❖ خروجی = عمل

❖ برنامه = روندی که با استفاده از ورودی، خروجی را تولید می کند.

❖ در صورتی که اعمال عامل به کل رشته ادراکات وابسته باشد عامل باید ادراکات را به یاد داشته باشد.
(حالت درونی)

انواع عامل

❖ عامل جدول گرا (*Table-driven agent*)

❖ انواع پایه‌ای به ترتیب افزایش عمومیت

❖ عامل‌های واکنشی ساده (*Simple reflex agents*)

❖ عامل‌های واکنشی مبتنی بر مدل (*Model-based reflex agents*)

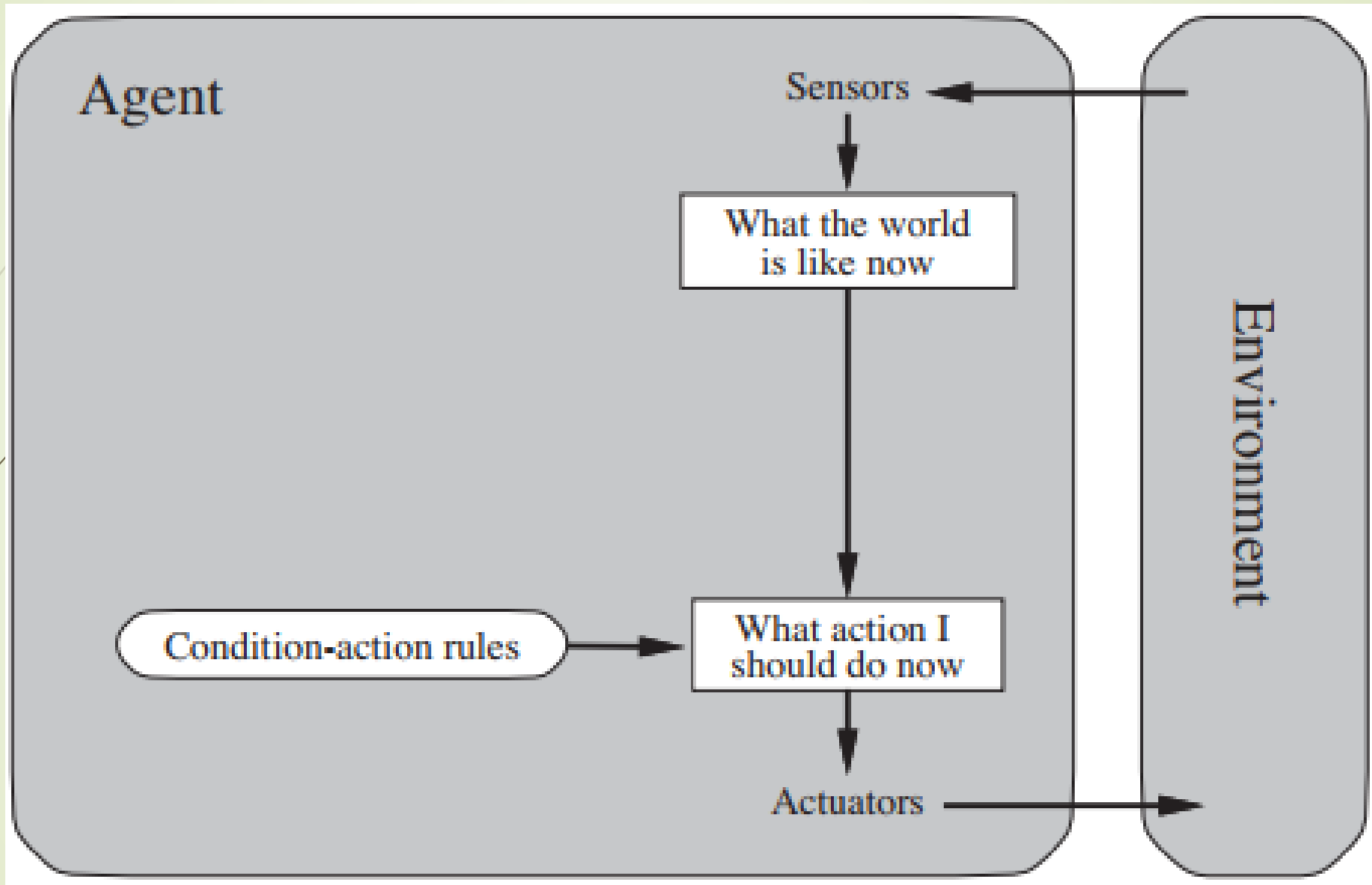
❖ عامل‌های مبتنی بر هدف (*Goal-based agents*)

❖ عامل‌های مبتنی بر سودمندی (*Utility-based agents*)

❖ عامل‌های مبتنی بر یادگیری (*Learning-based agents*)

عامل جدول گرا

```
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 جدول گرا (ادامه)

❖ مزایا

❖ ساده برای پیاده سازی

❖ معایب

❖ زیادی ساده است!

❖ برای جبران سادگی لازم است جدول بسیار بزرگی از همه شرایط ممکن داشته باشد

❖ رانندگی در فضای مه آلود و جاده ناشناخته جنگلی و لاستیک صاف و داشتن عجله!

❖ جدول را از کجا بیاوریم؟ کجا ذخیره کنیم؟ و ...؟

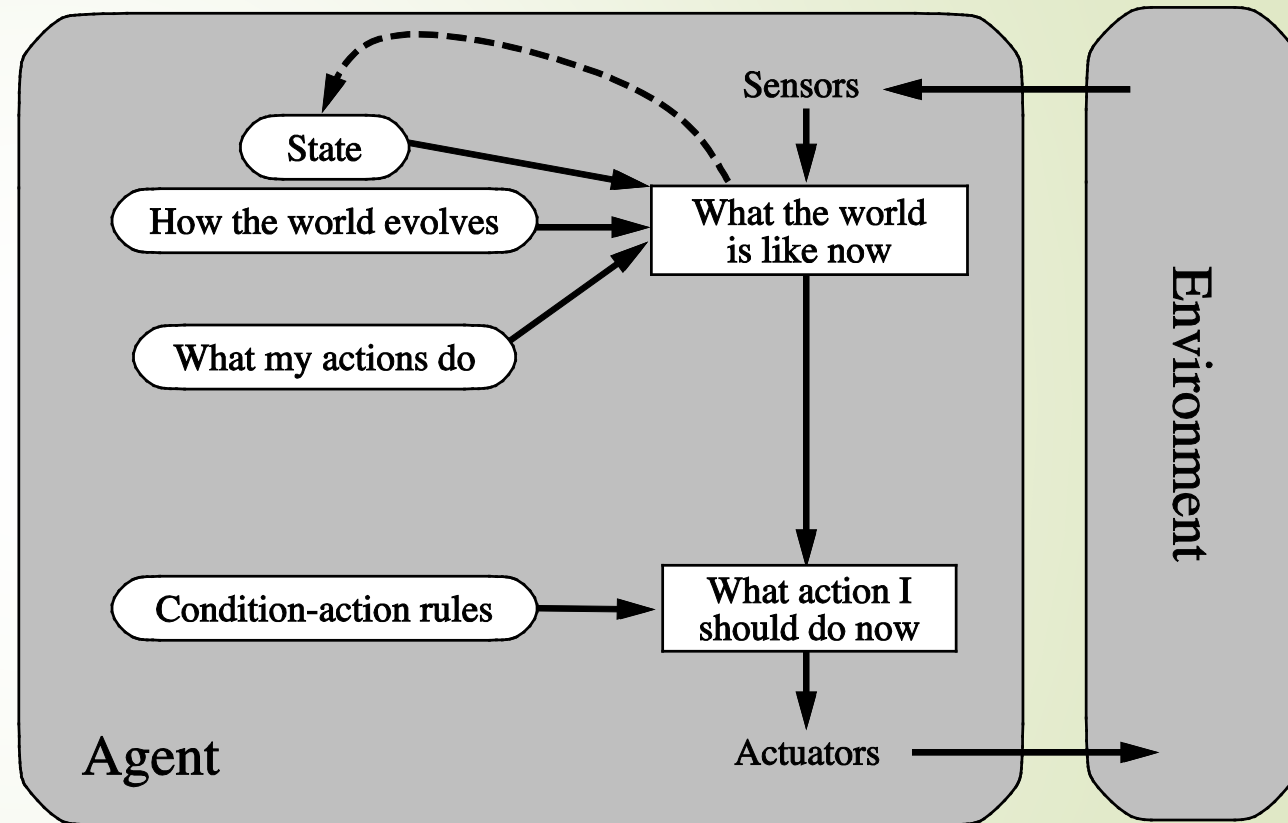
❖ تاریخچه مشاهدات را در نظر نمیگیرد!

❖ جدولش را به روز نمیکند.

❖ و ...

عوامل‌های واکنشی مبتنی بر مدل

- نگه‌داری سوابق آن بخش از دنیا که اکنون نمی‌تواند ببیند. (حالت داخلی Internal state)
- روش برخورد عامل با نیمه‌مشاهده‌پذیری
- به‌روزرسانی حالت درونی نیاز به دو نوع دانش دارد:
 - (۱) محیط به مرور زمان بدون دخالت عامل چگونه تغییر می‌کند.
 - (۲) هر عملی که عامل انجام می‌دهد باعث چه تغییر وضعیتی در محیط می‌شود.



عامل‌های واکنشی مبتنی بر مدل (ادامه)

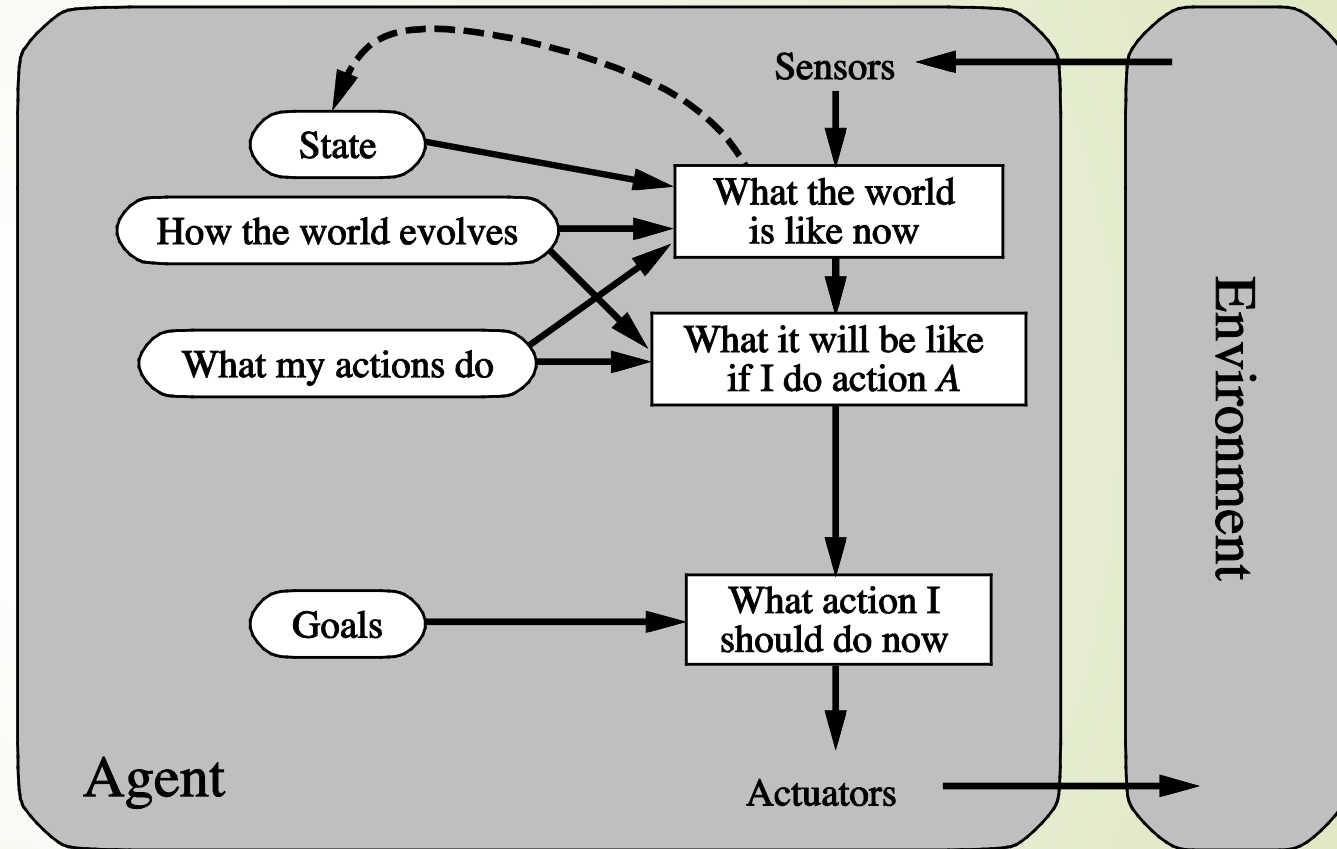
```
function REFLEX-AGENT-WITH-STATE(percept) returns an action
  persistent: rules, a set of condition-action rules
               state, the agent's current conception of the world state
               model , a description of how the next state depends on
                     current state and action
               action, the most recent action.

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

عوامل‌های مبتنی بر هدف

علاوه بر توصیف وضعیت فعلی عامل به نوعی اطلاعات درباره هدف که وضعیت مطلوب را توصیف کند نیاز دارد.

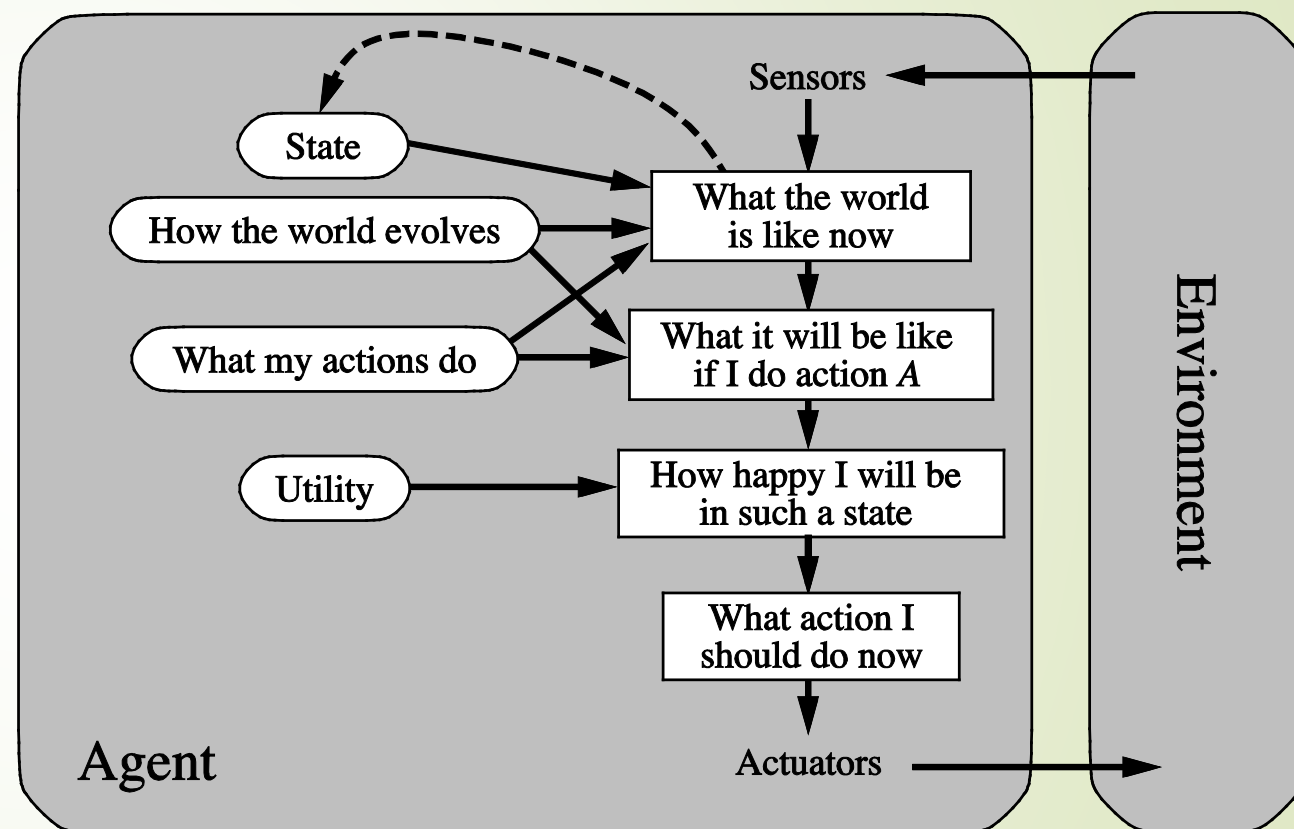
هنگامی که عامل باید رشته اعمال طولانی و متعددی را در نظر بگیرد تا راهی برای رسیدن به هدف بیابد، انتخاب عمل مبتنی بر هدف دشوارتر خواهد بود. زیرشاخه‌های جستجو و برنامه‌ریزی از هوش مصنوعی به بررسی این موضوع پرداخته‌اند.



عوامل مبتنی بر سودمندی

در اکثر محیط‌ها، اهداف به‌تنهایی برای تولید رفتاری با کیفیت بالا کافی نیستند.
از بین مسیرهای مختلف برای رسیدن به هدف، عامل کدام مسیر را باید در پی گیرد؟
مسیری که سودمندتر باشد.

هر وضعیت چقدر عامل را خشنود می‌سازد؟



عوامل‌های مبتنی بر سودمندی (ادامه)

❖ تابع سودمندی (utility function)

❖ تابع سودمندی به هر وضعیت محیط (یا هر دنباله‌ای از وضعیت‌ها) یک عدد حقیقی به‌عنوان سودمندی نسبت می‌دهد که این عدد میزان رضایت عامل از آن وضعیت است.

❖ روشی برای مقایسه میزان کارآیی روش‌های مختلف رسیدن به هدف

❖ نوعی پیاده‌سازی داخلی از معیار کارآیی

❖ نکته:

❖ یکسان بودن تابع سودمندی و معیار کارآیی باعث می‌شود که تلاش برای بیشینه‌سازی تابع سودمندی به رفتار عقلانی عامل بیانجامد.

❖ میتواند یکسان نباشد؟

عوامل‌های مبتنی بر سودمندی (ادامه)

❖ مزایا

❖ مانند عوامل‌های مبتنی بر هدف مزایای یادگیری و انعطاف‌پذیری را دارد.

❖ در شرایطی که عامل **چند هدف متضاد** داشته باشد (مانند سرعت و امنیت در رانندگی) یا در شرایطی که **چندین هدف وجود دارد و عامل نمی‌تواند با اطمینان مشخص کند که باید به کدام دست یابد**، عامل هدف‌گرا با مشکل روبه‌رو است ولی عامل مبتنی بر سودمندی می‌تواند توازن مناسبی بین اهداف مختلف برقرار کند.

❖ موفقیت عامل براساس اهمیت اهداف وزن‌دهی می‌شود.

❖ عامل عقلانی مبتنی بر سود در محیط‌های نامطمئن به گونه‌ای عمل می‌کند که سودمندی مورد انتظار نتایج عمل را بیشینه کند.

عوامل‌های مبتنی بر یادگیری

چهار مولفه یک عامل یادگیری

عنصر اجرایی: مسئول انتخاب فعالیت‌های بیرونی (عاملهای پیشین فقط همین بخش را داشتند)

منتقد (ناظر): تعیین میزان موفقیت عامل با استفاده از استاندارد کارایی ثابت و دریافت ادراک‌ها

عنصر یادگیری: تغییر عنصر اجرایی با استفاده از بازخورد منتقد به نحوی که در آینده بهتر عمل کند.

مولد مسئله: پیشنهاد اقداماتی جهت یافتن تجربیات تازه، راه‌کاری برای اکتشاف محیط و جلوگیری از تکرار یک کار خوب (و نه بهترین کار ممکن)

