



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

عامل‌های هوشمند

«هوش مصنوعی: یک رهیافت نوین»، فصل ۲
ارائه‌دهنده: سیده فاطمه موسوی

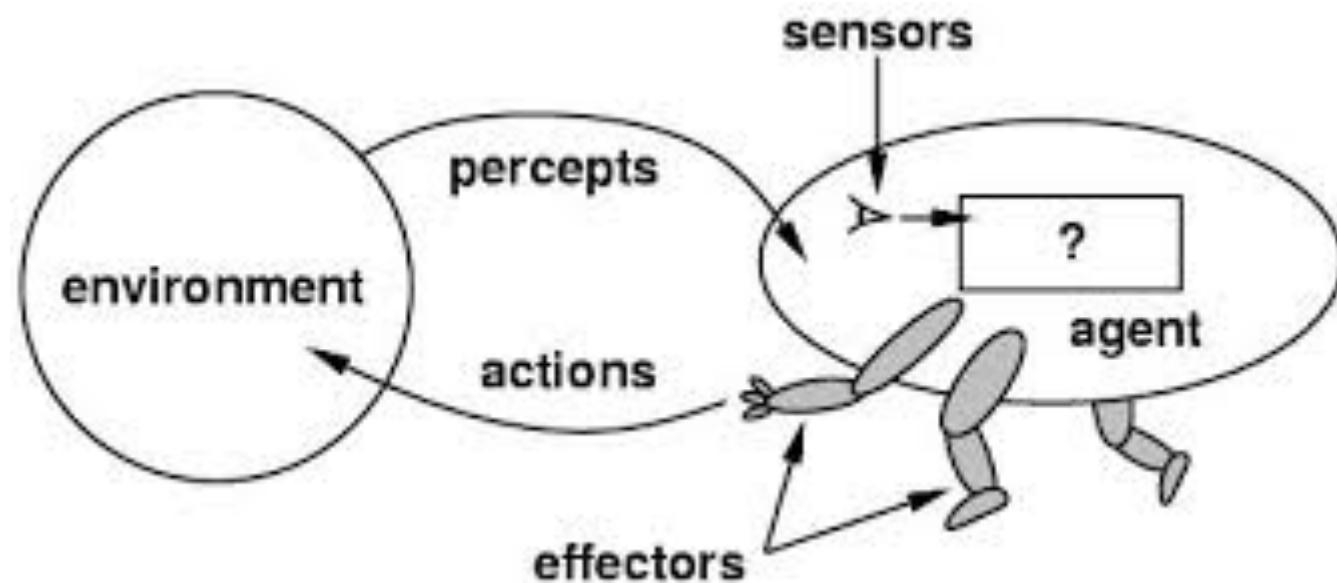
رئوس مطالب

- ساختار عامل‌ها
- برنامه‌های عامل
- عامل مبتنی بر جدول
- انواع عامل
- عامل‌های واکنشی ساده
- عامل‌های واکنشی مبتنی بر مدل
- عامل‌های مبتنی بر هدف
- عامل‌های مبتنی بر سودمندی
- عامل‌های مبتنی بر یادگیری
- مفهوم عقلانیت
- عامل‌ها و محیط
- عقلانیت
- دانای کل، یادگیری، خودمختاری
- ماهیت محیط‌ها
- تعیین محیط وظیفه (PEAS)
- ویژگی‌های محیط وظیفه

مفهوم عقلانیت

عامل چیست؟

- عامل (Agent) هر چیزی است که بتواند
- محیط (environment) خود را از طریق حسگرهاش (sensor) درک (percept) کند
- و از طریق اقدامگرها (actuators) در آن محیط اقدامی (action) انجام می‌دهد.



نمونه‌هایی از عامل‌ها

- عامل انسانی
 - حس‌گرها: چشم‌ها، گوش‌ها و ...
 - اقدام‌گرها: دست‌ها، پاهای دهان و ...
- عامل روبات
 - حس‌گرها: دوربین‌ها و فاصله‌یاب مادون قرمز
 - اقدام‌گرها: انواع موتورها
- عامل نرم‌افزاری
 - حس‌گرها: دریافت‌ها از صفحه کلید، محتویات فایل، بسته‌های شبکه
 - اقدام‌گرها: نمایش روی صفحه‌نمایش، نوشت‌در فایل، ارسال بسته‌ها در شبکه

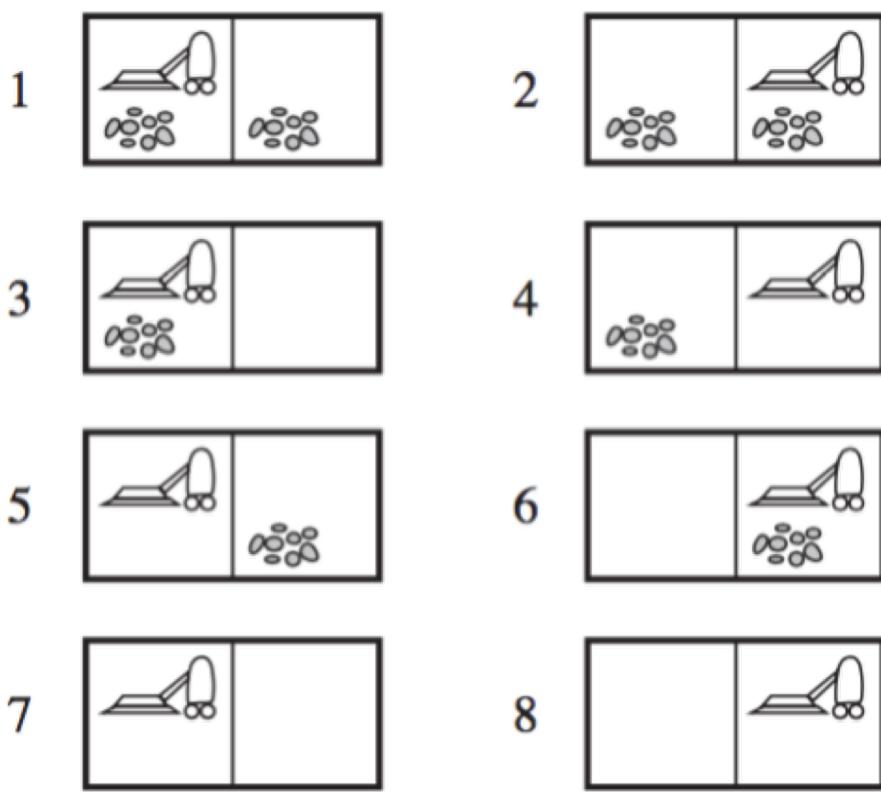
عامل و محیط (Agents and Environments)

- رفتار عامل توسط تابع عامل (Agent function) توصیف می‌شود که دنباله ادارک را به یک عمل نگاشت می‌دهد:

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

- تابع عامل را می‌توان به صورت یک **جدول** نمایش داد. مشکل؟
- **جدول** یک مشخصه‌ی بیرونی (external) از عامل است.
- از دیدگاه درونی (internally)، تابع عامل برای یک عامل هوشمند به صورت یک **برنامه‌ی عامل** (agent program) پیاده‌سازی می‌شود.
- تابع عامل یک توصیف ریاضی انتزاعی است در حالی که برنامه عامل یک پیاده‌سازی واقعی است که در سیستم فیزیکی در حال اجرا است.

دنیای جاروبرقی



- محیط: دو مربع A و B، گرد و خاک
- ادراک: [مکان، وضعیت تمیزی/کثیفی]
[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 (Rational agent)

- عامل عقلانی عاملی است که **کار درست** انجام دهد.
- تمامی ردیف‌ها در جدول برای تابع عامل به درستی پر شوند.
- کار درست چیست؟
- عامل در محیط با توجه به ادراکی که دریافت می‌کند، دنباله‌ای از اقدام‌ها انجام می‌دهد. این دنباله از اقدام‌ها، باعث می‌شود محیط به دنباله‌ای از وضعیت‌ها برسد. اگر دنباله **مطلوب** (*desirable*) بود آنگاه عامل خوب رفتار کرده است.
- این مفهوم از مطلوبیت با یک **معیار کارایی** (*performance measure*) سنجیده می‌شود که هر دنباله ورودی از **وضعیت‌های محیط** (*environment states*) 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 (Rationality)

- این که در هر لحظه چه چیزی عقلانی است به چهار چیز وابسته است:
 - معیار کارایی که میزان موفقیت را تعیین می‌کند.
 - دانش قبلی (prior knowledge) عامل در مورد محیط
 - عمل‌هایی که عامل می‌تواند انجام دهد.
 - دنباله‌ی ادارک عامل تا این لحظه
- تعریف عامل عقلانی (Rational agent)

• برای هر دنباله ادراکی ممکن، عامل عقلانی باید عملی را برای انجام انتخاب کند که انتظار می‌رود معیار کارایی‌اش را ماکزیمم کند. انتخاب عمل، باید با توجه به شواهد و نتایجی که از دنباله ادراکی و دانش درونی عامل به دست می‌آید، 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 (Rationality)

- 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؟

عقلانیت در مقابل دانای کل (Rationality vs. Omniscience)

- عقلانیت ≠ دانای کل، عقلانیت ≠ کامل بودن (perfection)
- یک عامل دانای کل (Omniscience) 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.
Rationality maximizes *expected* performance, while perfection maximizes *actual* performance.
- مثال: رد شدن از خیابان و صدمه دیدن به دلیل سقوط درب هوایما
- چرا تعریف ما از عقلانیت نیاز به همه‌چیزدانی ندارد؟
The rational choice depends only on the percept sequence *to date*.
- زیرا انتخاب عقلانی تنها وابسته به ادراک تا کنون است.
- همچنین وابسته به اعمالی است که عامل می‌تواند انجام دهد.

نیازمندی‌های یک عامل عقلانی



• جمع‌آوری اطلاعات/اکتشاف (Information gathering/exploration)

- انجام اعمال به منظور به روزرسانی ادراک آینده برای به دست آوردن اطلاعات مفید

Doing actions in order to modify future percepts

- جمع‌آوری اطلاعات کارایی مورد انتظار را افزایش می‌دهد.

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

- شکل دیگری از جمع‌آوری اطلاعات، از طریق اکتشاف صورت می‌گیرد.

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

• یادگیری از ادراک

• به روزرسانی 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

- هر عامل براساس دو دانش می‌تواند تصمیم‌گیری کند:
 - دانش اولیه (prior knowledge)
 - تجربیات (experience)
- 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 آن‌که طراح با قرار دادن دانش اولیه به آن کمک کند.
- مثال: جاروبرقی که یاد می‌گیرد کجا و چه وقت آشغال می‌ریزد بهتر از جاروبرقی عمل می‌کند که چنین توانایی نخواهد داشت.

ماهیت محیط‌ها

محیط وظیفه (Task Environment)

- مواردی که عقلانیت عامل به آن وابسته است، محیط وظیفه گفته می‌شود. محیط وظیفه عامل با توصیف PEAS تعیین می‌شود.
 - معیار کارایی (Performance measure)
 - محیط (Environment)
 - اقدام‌گرها (Actuators)
 - حس‌گرها (Sensors)
- اولین گام در طراحی عامل‌های هوشمند، تعیین محیط وظیفه به کامل‌ترین شکل ممکن است.

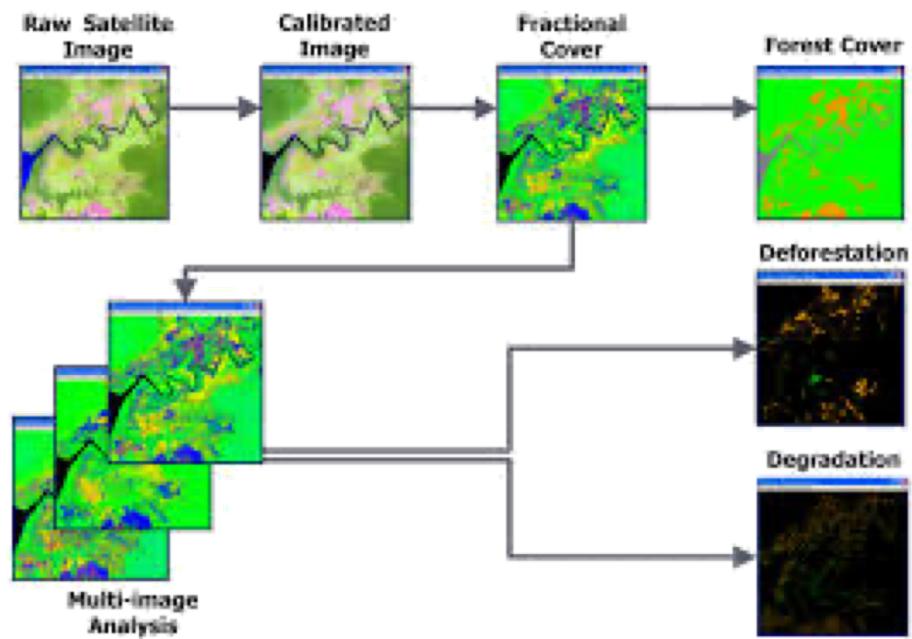
- عامل راننده تاکسی خودکار
- معیار کارایی: امنیت، سرعت، رعایت قوانین، راحتی مسافرت، حداکثر بهره‌وری
- محیط: جاده‌ها، ترافیک‌های دیگر، عابرین پیاده، مشتریان
- اقدام‌گرها: هدایت‌کنندگان، شتاب‌دهنده‌ها، ترمز، سیگنال، نمایش‌گر، بوق
- حس‌گرها: دوربین‌ها، مکان‌یاب، سرعت‌سنج، GPS، صفحه‌کلید، حس‌گرهای موتور، کیلومترشمار، شتاب‌سنج



- عامل سیستم تشخیص پزشکی
- معیار کارایی: سلامتی بیمار، کاهش هزینه‌ها
- محیط: بیمار، بیمارستان، کارکنان
- اقدام‌گرها: نمایش پرسش‌ها، آزمایش‌ها، تشخیص‌ها، تجویز‌ها و مراجعه‌ها در صفحه نمایش
- حس‌گرها: وارد کردن علائم بیماری، یافته‌ها و پاسخ‌های بیمار از طریق صفحه کلید



نمونه‌های PEAS



- عامل سیستم آنالیز تصاویر ماهواره‌ای
- معیار کارایی: دسته‌بندی صحیح تصاویر
- محیط: ماهواره و تصاویر آن
- اقدام‌گرها: نمایش دسته‌بندی
- حس‌گرها: آرایه‌هایی از پیکسل‌های رنگی

- عامل ربات جابه‌جا کننده‌ی قطعات
- معیار کارایی: درصد قطعاتی که در ظروف درست قرار گرفته‌اند.
- محیط: کمربند نقاله همراه با قطعات، ظروف
- اقدام‌گرها: بازو و دست مفصل‌دار
- حس‌گرها: دوربین، حس‌گرهای زاویه مفصل



نمونه‌های PEAS



- عامل کنترل کننده پالایشگاه
- معیار کارایی: ماکزیمم کردن خلوص محصول و افزایش ایمنی
- محیط: پالایشگاه، کاربران
- اقدام‌گرها: شیرها، پمپ‌ها، گرماسازها، صفحه‌های نمایش
- حس‌گرها: حس‌گرهای دما و فشار و شیمیابی

- عامل معلم انگلیسی محاوره‌ای
- معیار کارایی: بیشینه کردن نمره امتحان دانش‌آموز
- محیط: مجموعه دانش‌آموزان
- اقدام‌گرها: نمایش تمرین‌ها، پیشنهادات و تصحیحات بر روی صفحه
- حس‌گرها: ورودی صفحه کلید



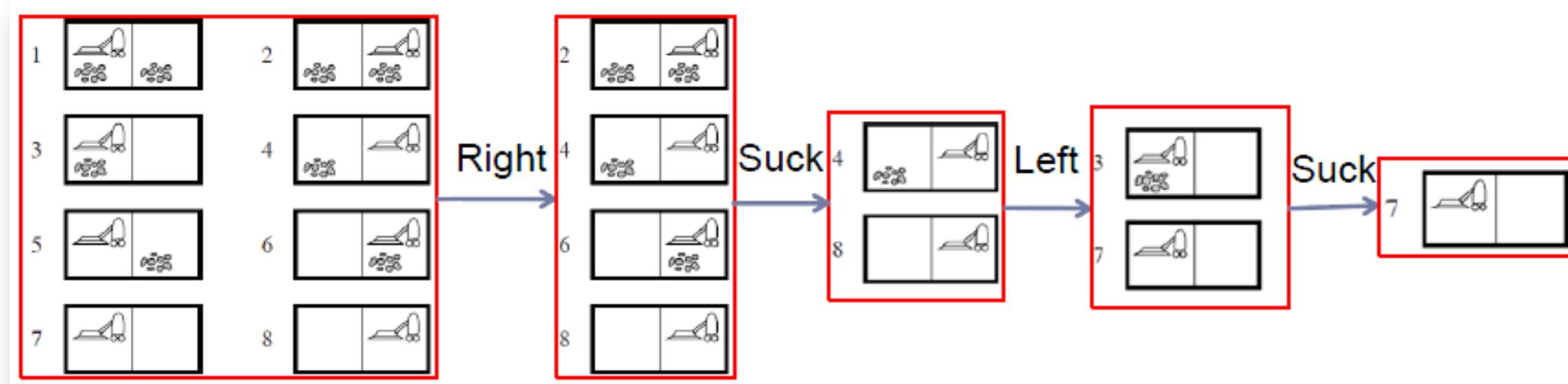
انواع محیط (Fully Observable vs. Partially Observable)

- کاملا مشاهده‌پذیر (در مقابل نیمه مشاهده‌پذیر): حسگرهای یک عامل، امکان دسترسی به وضعیت کامل محیط در هر لحظه از زمان را به عامل بدھند.

If an agent's sensors give it access to the complete state of the environment at each point in time

- تنها جنبه‌هایی از محیط مهم هستند که در انتخاب عمل عامل دخالت داشته باشند.
- جنبه‌های مهم محیط بر اساس معیار کارآیی تعیین می‌شوند.
- کار در این نوع محیط به دلیل عدم نیاز به حالت درونی (internal state) راحت است.
- یک محیط ممکن است به دلیل عدم دقت حسگرها و نویز آنها یا به این دلیل که قسمت‌هایی از حالت‌ها در داده‌های حسگر حذف می‌شوند نیمه مشاهده‌پذیر شود.
- جاروبرقی با داشتن تنها حسگر کثیفی محل راننده تاکسی خودکار نمی‌داند که رانندگان دیگر در حال فکر کردن به چه چیزی هستند.
- محیط غیرقابل مشاهده محیطی است که قادر هرگونه حسگری است.

أنواع محيط (Fully Observable vs. Partially Observable)



انواع محیط (Deterministic vs. Stochastic)

- **قطعی** (در مقابل **تصادفی**): وضعیت بعدی محیط به طور کامل براساس وضعیت فعلی و عمل انجام شده مشخص باشد.
If the next state of the environment is completely determined by the current state and the action executed by the agent
- 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 کاملا مشاهده پذیر نباشد یا قطعی نباشد.
- در یک محیط **غیرقطعی** (non-deterministic) برای هر عمل خروجی های ممکن مشخص می شوند اما احتمالی برای این خروجی ها در نظر گرفته نمی شود.

انواع محیط (Episodic vs. Sequential)

- **مرحله‌ای یا اپیزودیک** (در مقابل ترتیبی): تجربه عامل به اپیزودهای مجزا تقسیم می‌شود. در هر اپیزود، عامل محیط را درک می‌کند، تصمیم می‌گیرد و عمل می‌کند.

In an episodic task environment, the agent's experience is divided into atomic episodes. In each episode the agent receives a percept and then performs a single action

- انتخاب عمل در هر اپیزود فقط از روی دریافت‌ها در همان اپیزود صورت می‌گیرد و ربطی به دریافت‌ها یا تصمیم‌ها در اپیزودهای قبلی ندارد.
- بسیاری از کارهای دسته‌بندی، تعمیر، شناسایی و ... از نوع اپیزودیک 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.

In sequential environments, the current decision could affect all future decisions

- مانند شترنج 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 می‌کند.
- عامل جدول کلمات متقطع تک عاملی و عامل بازی شطرنج چند عاملی است.
- آیا شیء B یک عامل است یا تنها یک شیء در محیط است؟
- زمانی B یک عامل است که برای بیشینه کردن معیار کارایی خود که مقدار آن به رفتار عامل A وابسته است تلاش کند.
- چند عاملی: رقابتی یا مشارکتی (competitive or cooperative)
 - رفتار تصادفی و ارتباط می‌تواند منطقی باشد.

The agent-design problems in multiagent environments are often quite different from those in single-agent environments; for example, **communication** often emerges as a rational behavior in multiagent environments; in some competitive environments, **randomized behavior** is rational because it avoids the pitfalls of predictability

انواع محیط (Static vs. Dynamic)

- **ایستا** (در مقابل پویا): در مدتی که عامل درحال تصمیم‌گیری و انجام عمل است محیط تغییر نمی‌کند.
If the environment can change while an agent is deliberating, then we say the environment is dynamic for that agent; otherwise, it is static.
- برای مثال عامل حل‌کننده جدول کلمات متقطع ایستا و راننده تاکسی خودکار پویا است.
- **نیمه‌پویا** (Semi-dynamic): اگر محیط پویا نباشد ولی با گذر زمان میزان کارایی تغییر کند گوییم
If the environment itself does not change with the passage of time but the agent's performance score does, then we say the environment is **semi-dynamic**.
- شترنج زمان دار
- طراحی عامل برای محیط‌های ایستا ساده‌تر است زیرا لازم نیست عامل درین تصمیم‌گیری، محیط اطرافش را درک کند و لازم نیست نگران گذر زمان باشد.

انواع محیط (Discrete vs. Continuous)

- گسته (در مقابل پیوسته): حالت‌های محیط، دریافت‌های عامل از محیط، فعالیت‌های عامل و نحوه مدیریت زمان کمیت‌های گسته و مجزا باشند.

The discrete/continuous distinction applies to the *state* of the environment, to the way *time* is handled, and to the *percepts* and *actions* of the agent.

- برای مثال شطرنج دارای تعداد متناهی از حالات گسته و مجموعه گسته از ادراکات و اعمال است.
- برای مثال راننده تاکسی دارای مجموعه‌ای از حالات، اعمال و زمان پیوسته است.
- ورودی دوربین‌های دیجیتال گسته است اما در اغلب موارد به صورت تغییرات پیوسته شدت روشنایی و رنگ‌ها در نظر گرفته می‌شود.

انواع محیط (Known vs. Unknown)

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

In a known environment, the outcomes (or outcome probabilities if the environment is stochastic) for all actions are given.

- 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. if the environment is unknown, the agent will have to learn how it works in order to make good decisions.
- قابل مشاهده بودن یا نبودن محیط ارتباطی با شناخته شده بودن یا نبودن آن ندارد.
- بازی solitaire card دارای یک محیط شناخته شده و نیمه مشاهده پذیر است.
- یک بازی جدید دارای یک محیط ناشناخته و مشاهده پذیر است.

نمونه‌هایی از انواع محیط

Task Environment	Observable	Agents	Deterministic	Episodic	Static	Discrete
Crossword puzzle	Fully	Single	Deterministic	Sequential	Static	Discrete
Chess with a clock	Fully	Multi	Deterministic	Sequential	Semi	Discrete
Poker	Partially	Multi	Stochastic	Sequential	Static	Discrete
Backgammon	Fully	Multi	Stochastic	Sequential	Static	Discrete
Taxi driving	Partially	Multi	Stochastic	Sequential	Dynamic	Continuous
Medical diagnosis	Partially	Single	Stochastic	Sequential	Dynamic	Continuous
Image analysis	Fully	Single	Deterministic	Episodic	Semi	Continuous
Part-picking robot	Partially	Single	Stochastic	Episodic	Dynamic	Continuous
Refinery controller	Partially	Single	Stochastic	Sequential	Dynamic	Continuous
Interactive English tutor	Partially	Multi	Stochastic	Sequential	Dynamic	Discrete

تست ۲

(مهندسی کامپیوتر آزاد ۹۳)

محیط کدام یک از موارد زیر پویا است؟

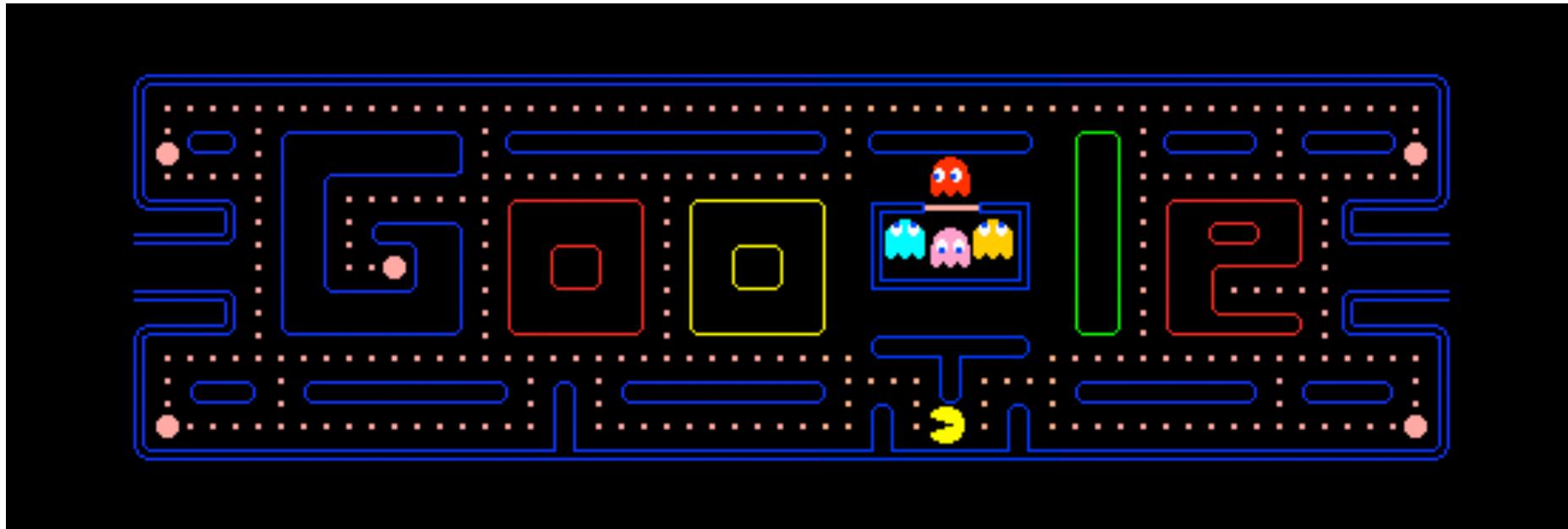
۱) تخته‌نرد

۲) شطرنج

۳) رانندگی تاکسی ✓

۴) پوکر

یادآوری محیط وظیفه



- تک عاملی؟
- مشاهده پذیر؟
- گستته؟
- قطعی؟
- مرحله‌ای؟
- ایستا؟

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 می‌کند پیاده‌سازی کند.

$$\text{عامل} = \text{معماری} + \text{برنامه}$$

- 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 می‌کند.
- به تفاوت برنامه عامل با تابع عامل توجه کنید.
- در صورتی که اعمال عامل به کل رشته ادراکات وابسته باشد عامل باید ادراکات را به یاد داشته باشد.
(حالت درونی)

انواع عامل

- عامل جدول‌گرا (*Table-driven agent*)
- انواع پایه‌ای به ترتیب افزایش عمومیت
 - عامل‌های واکنشی ساده (*Simple reflex agents*)
 - عامل‌های بازتابی مبتنی بر مدل (*Simple reflex agents*)
 - عامل‌های مبتنی بر هدف (*Goal-based agents*)
 - عامل‌های مبتنی بر سودمندی (*Utility-based agents*)
 - عامل‌های مبتنی بر یادگیری (*Learning-based agents*)

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 جدول‌گرا (ادامه)

- مزایا
- ساده برای پیاده‌سازی
- معایب
- هیچ عامل فیزیکی در این دنیا فضای ذخیره‌سازی این جدول را ندارد.
- $P = \text{مجموعه ادراکات ممکن}, T = \text{طول عمر}$
- طراح وقت کافی برای ساختن جدول ندارد.
- عامل نمی‌تواند اعمال مناسب را از طریق تجربیاتش یاد بگیرد.
- طراح برای چگونه پر کردن سطرهای جدول هیچ راهنمایی ندارد.

برنامه عامل

- نگاشت لزوما با استفاده از جدول نیست.
- چالش کلیدی هوش مصنوعی، نوشن برنامه‌هایی برای تولید رفتار عقلانی است که تا حد امکان براساس یک برنامه‌ی کوچک به جای یک جدول عظیم باشد.

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

Huge tables of square roots before 1970s

1.0	1.00000
1.1	1.04898
1.2	1.09565
1.3	1.14056

...

عامل‌های واکنشی ساده

- مثال دنیای جاروبرقی

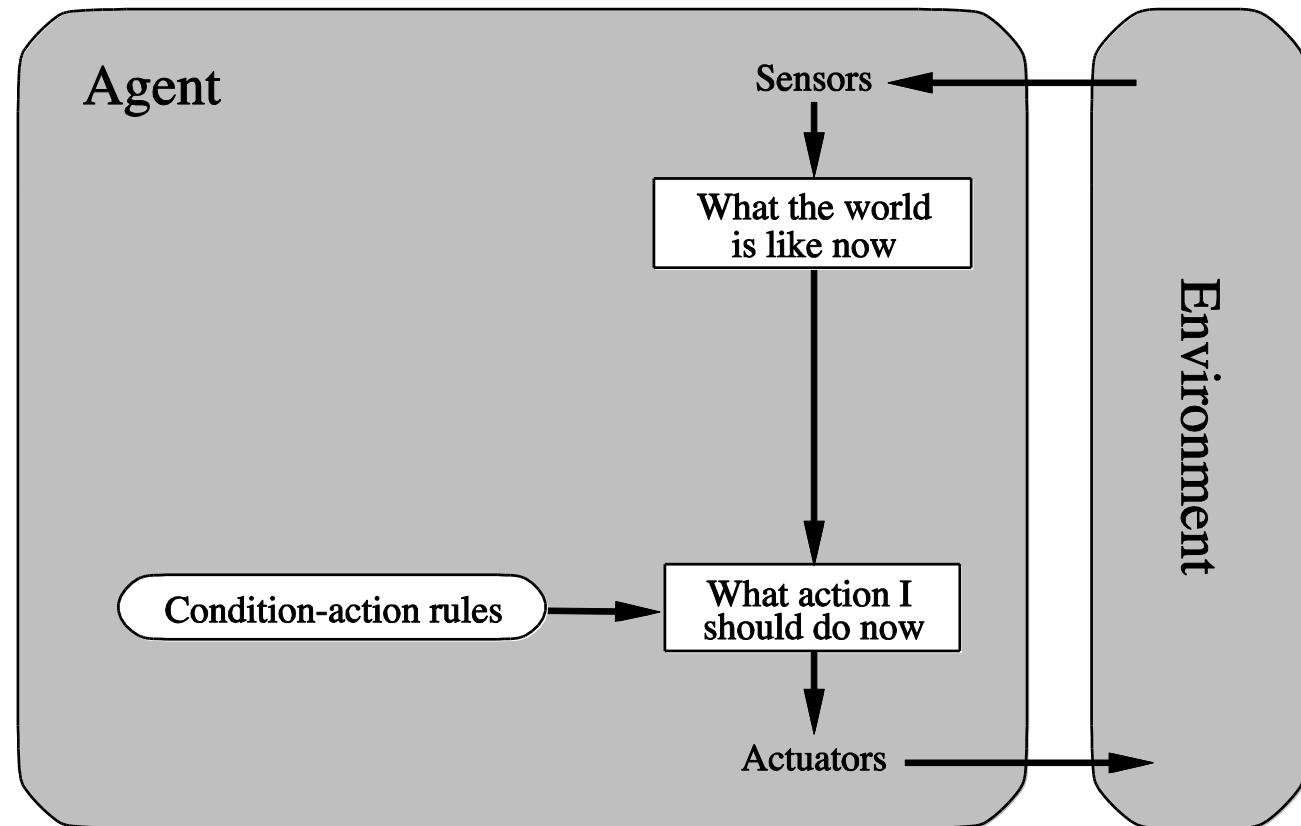
```
function REFLEX-VACUUM-AGENT ([location, status]) return an  
action
```

```
if status == Dirty then return Suck  
else if location == A then return Right  
else if location == B then return Left
```

- کاهش تعداد امکانات ممکن به دلیل نادیده گرفتن تاریخچه ادراکات
- از 4^T به 4

عامل‌های واکنشی ساده

- انتخاب عمل تنها براساس ادراک فعلی
- تاریخچه ادراکات تا کنون را نادیده می‌گیرد.
- کاهش چشمگیر در وضعیت‌های ادراک/عمل ممکن
- پیاده‌سازی شده از طریق قوانین شرط-عمل
- اگر خودروی جلویی درحال ترمز کردن است آن‌گاه شروع به ترمز گرفتن کن.
- واکنش‌های ذاتی مانند وقتی که چیزی به چشم نزدیک می‌شود.

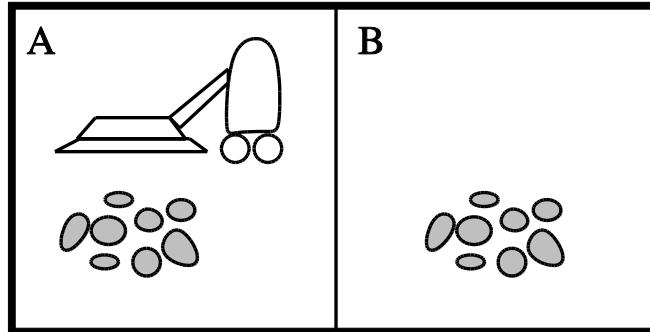


عامل‌های واکنشی ساده (ادامه)

```
function SIMPLE-REFLEX-AGENT(percept) returns an action
  persistent: rules, a set of condition-action rules
  state  $\leftarrow$  INTERPRET-INPUT(percept)
  rule  $\leftarrow$  RULE-MATCH(state, rule)
  action  $\leftarrow$  rule.ACTION
  return action
```

- ساده ولی دارای سطح هوشمندی بسیار پایین. چرا؟
- تنها در صورتی درست کار می‌کند که براساس ادراک فعلی بتوان درست تصمیم گرفت و این بدان معناست که محیط باید کاملا مشاهده‌پذیر باشد.
- حلقه‌های نامتناهی در محیط‌های نیمه مشاهده‌پذیر
- اگر عامل امکان تصادفی عمل کردن داشته باشد گریز از حلقه‌های بی‌نهایت امکان‌پذیر می‌شود.

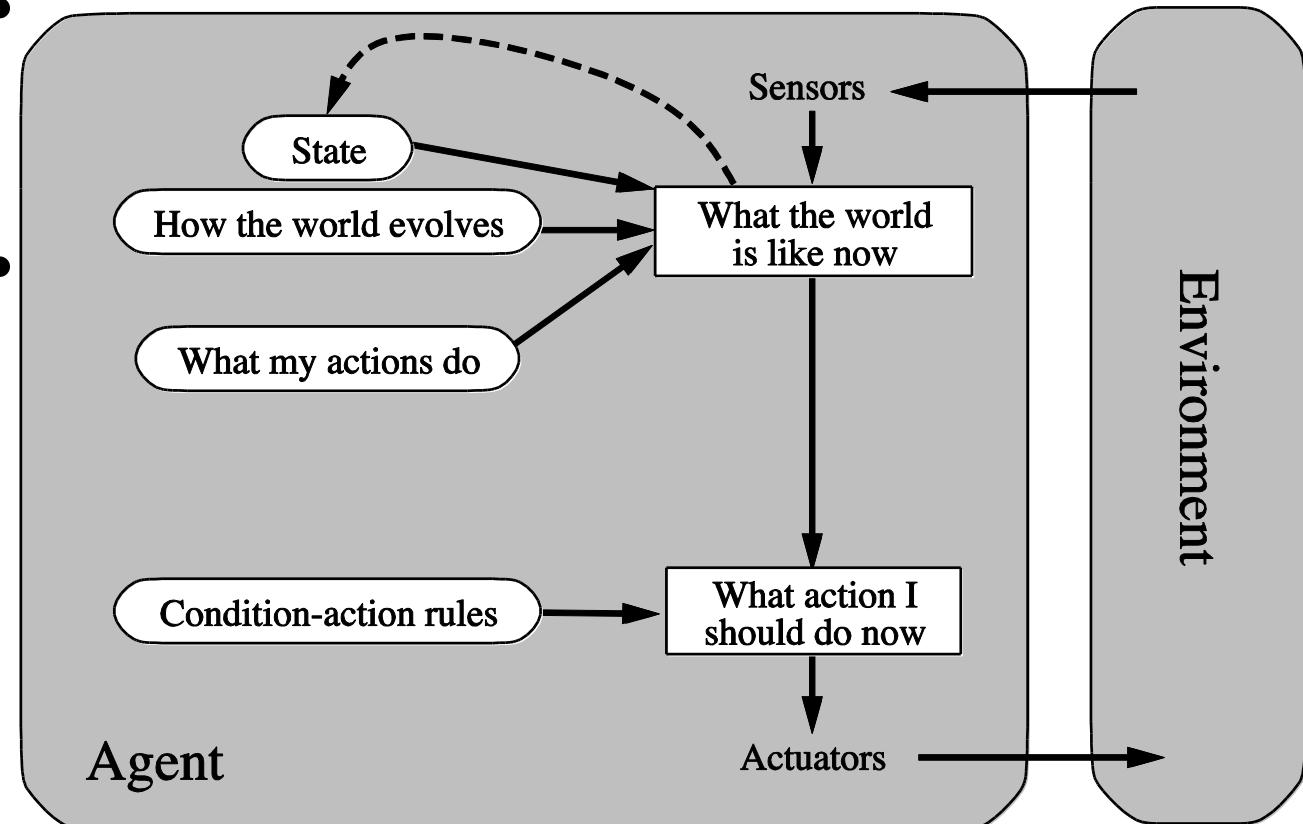
عامل‌های واکنشی ساده (ادامه)



- ادراکات: [مکان، وضعیت تمیزی/کثیفی خانه A، وضعیت
- ادامه: [تمیزی/کثیفی خانه B]
- ملند: [A,Dirty,Dirty] •
- اقدام‌ها: برو به چپ، برو به راست، تمیز کن، هیچ کاری نکن
- معیار گارایی: امتیاز مثبت به هر مربع تمیز در هر گام زمانی و امتیاز منفی برای انجام هر یک از اعمال

عامل‌های واکنشی مبتنی بر مدل

- روش برخورد عامل با نیمه مشاهده‌پذیری
- نگه‌داری سوابق آن بخش از دنیا که اکنون نمی‌تواند ببیند. (حالت داخلی Internal state)
- به روزرسانی حالت درونی نیاز به دو نوع دانش دارد:
- محیط به مرور زمان بدون دخالت عامل چگونه تغییر می‌کند.
- هر عملی که عامل انجام می‌دهد باعث چه تغییر وضعیتی در محیط می‌شود.
- ← مدل دنیا
- تنها بهترین حدس در مورد وضعیت فعلی یک محیط نیمه مشاهده‌پذیر را تعیین می‌کند.



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 \leftarrow UPDATE-STATE(*state*, *action*, *percept*, *model*)

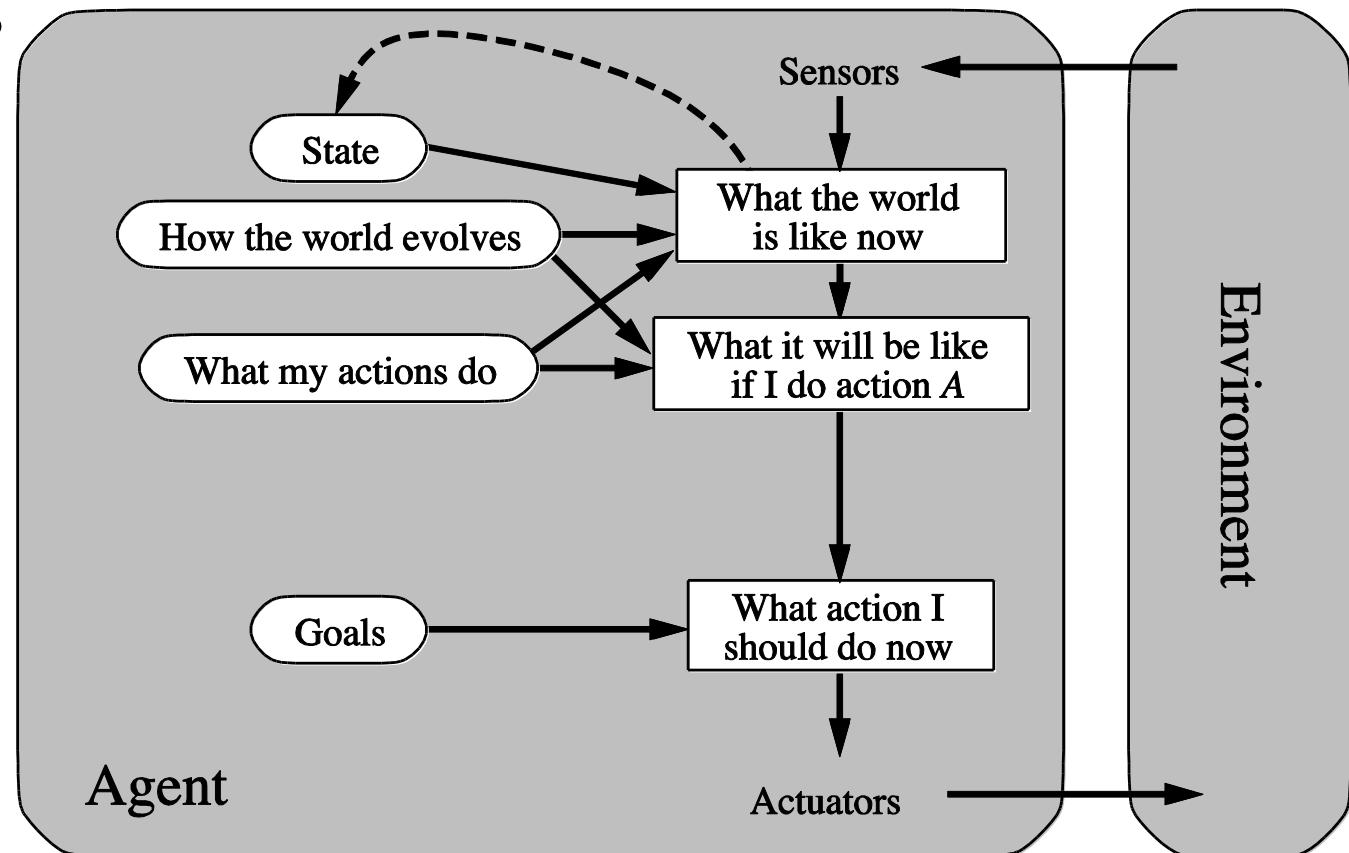
rule \leftarrow RULE-MATCH(*state*, *rules*)

action \leftarrow *rule.ACTION*

return *action*

عامل‌های 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.

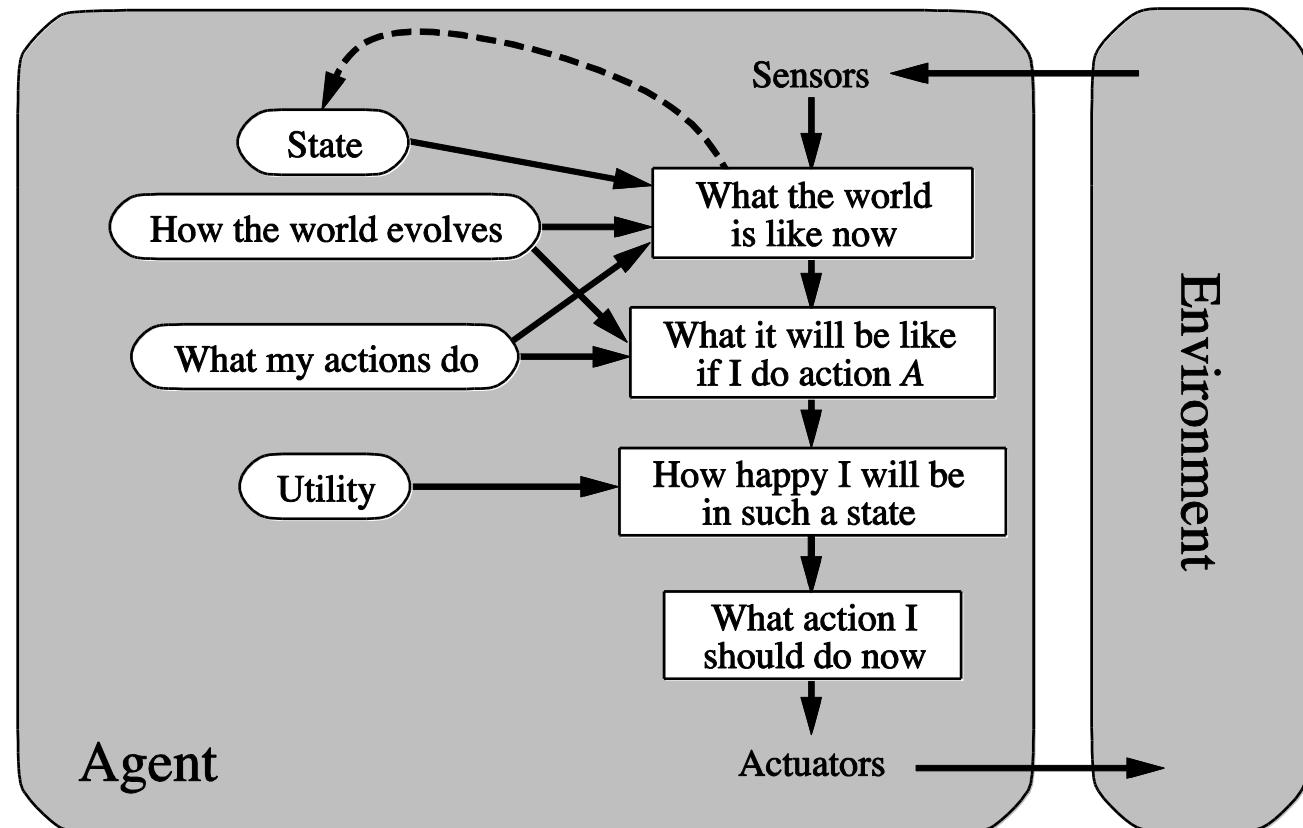


عامل‌های مبتنی بر هدف در مقابل عامل‌های واکنشی

- عامل‌های مبتنی بر هدف آینده را در نظر می‌گیرند.
- در طراحی عامل‌های واکنشی دو سوال «اگر فلان کار را کنم چه اتفاقی خواهد افتاد؟» و «چه چیزی مرا خوشنود می‌کند؟» به‌طور صریح داده نمی‌شود زیرا قواعد داخلی مستقیماً از ادراکات به اعمال نگاشت می‌کنند.
- طراح عامل از قبل عمل صحیح را برای موارد مختلف محاسبه کرده است.
- عامل‌های مبتنی بر هدف کارآیی کمتر ولی انعطاف‌پذیری بیشتری دارند.
- دانشی که از تصمیماتش پشتیبانی می‌کند به‌طور صریح ارائه شده است و می‌تواند تغییر کند.
- مثال: با تغییر سطح زمین، در عامل مبتنی بر هدف تنها کافی است نحوه عمل ترمزها عوض شود اما بخش بزرگی از قوانین عامل واکنشی باید بازنگری شود.
- در عامل‌های واکنشی با تغییر هدف عامل باید تمام قوانین شرط – عمل بازنویسی شوند ولی عامل هدف‌گرا نسبت به هدف‌های جدید انعطاف‌پذیرتر است.

عامل‌های مبتنی بر سودمندی

- در اکثر محیط‌ها، اهداف به تنها‌یی 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 خوشنود می‌سازد؟



عامل‌های مبتنی بر سودمندی (ادامه)

- تابع سودمندی (utility function)
- تابع سودمندی به هر وضعیت محیط (یا هر دنباله‌ای از وضعیت‌ها) یک عدد حقیقی به عنوان سودمندی نسبت می‌دهد که این عدد میزان رضایت عامل از آن وضعیت است.
- روشی برای مقایسه میزان کارآیی روش‌های مختلف رسیدن به هدف
- نوعی پیاده سازی داخلی از معیار کارآیی
- نکته:
- یکسان بودن تابع سودمندی و معیار کارآیی باعث می‌شود که تلاش برای بیشینه‌سازی تابع سودمندی به رفتار عقلائی عامل بیانجامد.
- عقلانی رفتار کردن عامل نیازمند یکسان بودن تابع سودمندی و معیار کارآیی و یا حتی مبتنی بر سودمندی بودن عامل نیست.

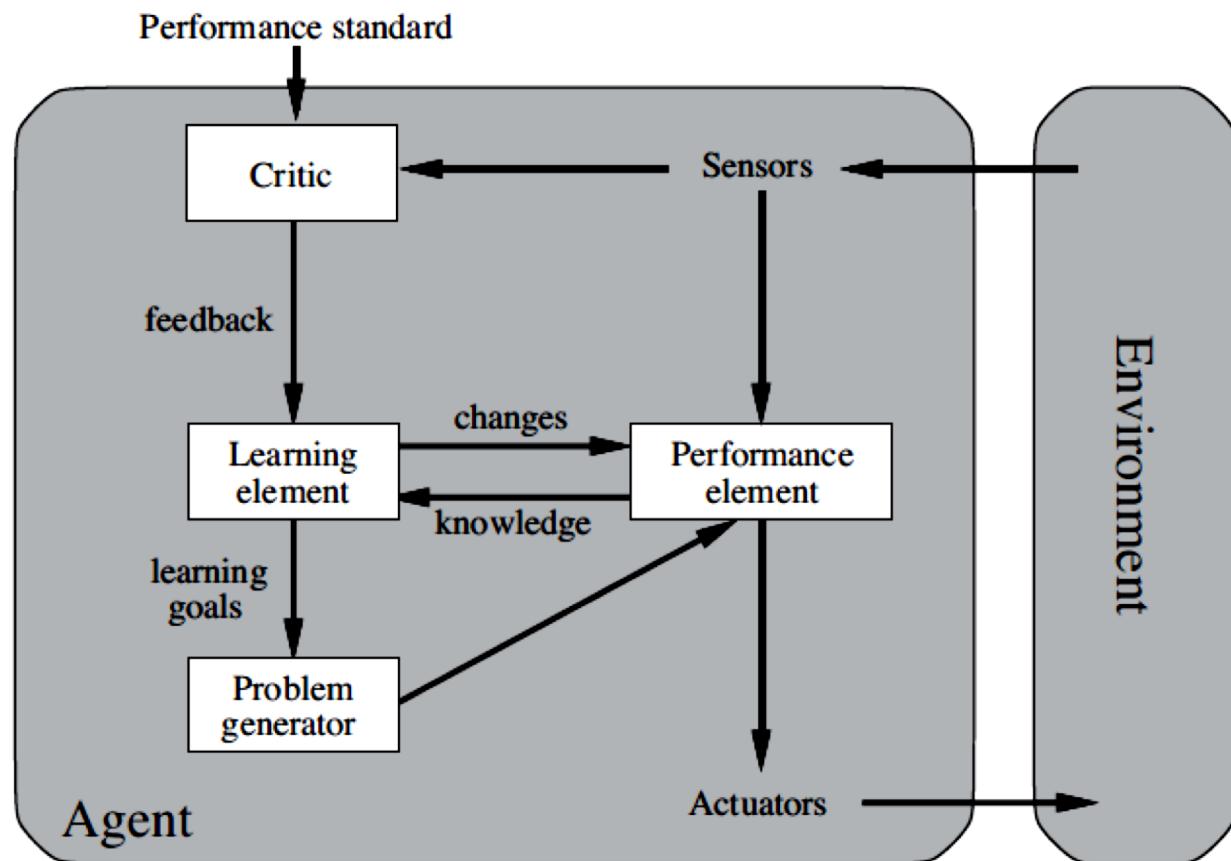
عامل‌های مبتنی بر سودمندی (ادامه)

- مزایا

- مانند عامل‌های 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 روبرو 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.
- در صورتی که تابع سودمندی عامل به شکل صریح بیان شده باشد می‌توان از الگوریتم‌های عام منظوره برای یافتن عمل بهینه استفاده کرد.

عامل‌های مبتنی بر یادگیری

- چهار مولفه یک عامل یادگیری
- **عنصر اجرایی**: مسئول انتخاب فعالیت‌های بیرونی (بدنه هر یک از عامل‌های قبلی)
- **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 به‌نحوی که در آینده بهتر عمل کند.
- **مولد مسئله**: پیشنهاد اقداماتی جهت یافتن تجربیات تازه، راهکاری برای اکتشاف محیط



(کامپیوتر ۸۶)

کدام یک از جملات زیر صحیح است؟

- ۱) ممکن است agent function وجود داشته باشد که نتوان آن را با هیچ program‌ای پیاده‌سازی نمود.
- ۲) یک عامل مبتنی بر دانش (knowledge base) را نمی‌توان با کمک معماری انعکاسی ساده ساخت.
- ۳) عامل مبتنی بر مدل (Model based) برای محیط‌های با حالات و اعمال پیوسته مناسب نیست.
- ۴) در محیط‌های کاملاً قابل مشاهده دلیلی برای داشتن حالات داخلی (internal states) نیست.

تست ۴

اگر هدف رساندن یک مسافر از مبدأ به مقصد توسط یک عامل هوشمند باشد و معیار کارایی امنیت، زمان و مسیر خلوت باشد چه نوع عاملی مناسب است؟ (فناوری اطلاعات ۹۳)

۱) هدف‌گرا

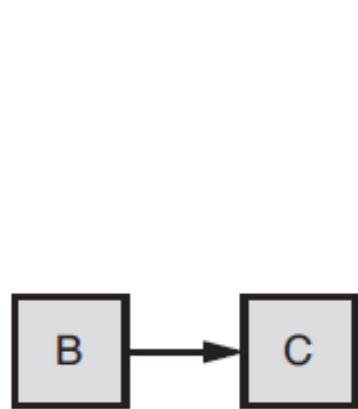
۲) مدل‌گرا

۳) سودمندی ✓

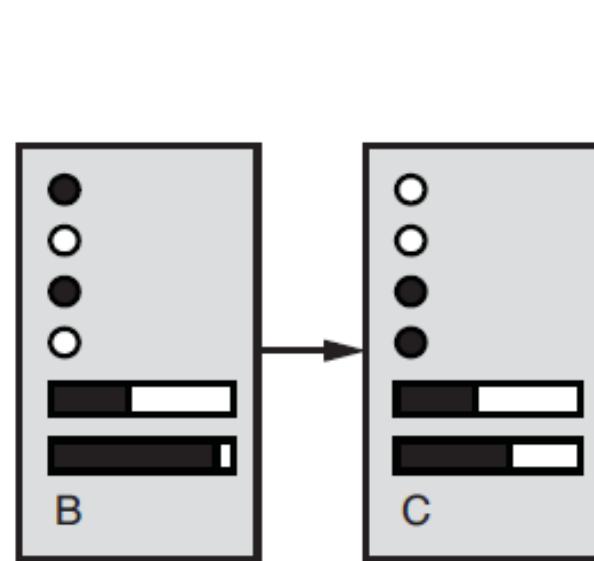
۴) واکنشی ساده

روش‌های ارائه حالت

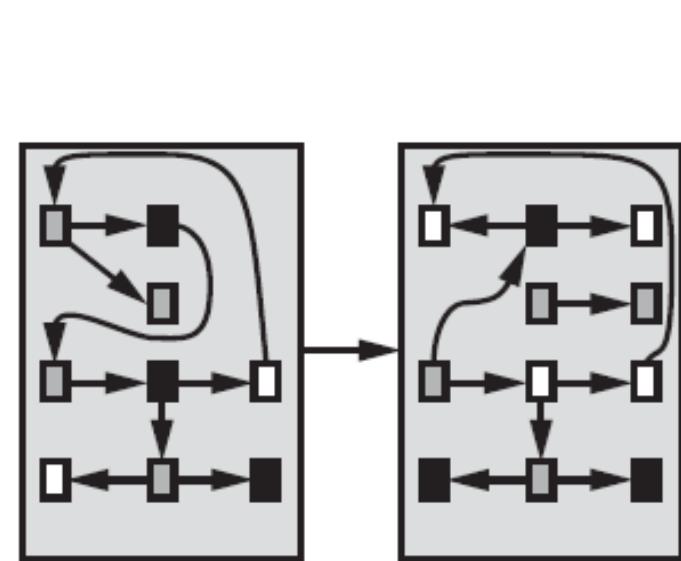
- اتمیک: هر حالت دنیا غیرقابل تقسیم است. (توصیف دنیا با استفاده از یک اسم یا یک ویژگی)
- فاکتور شده: هر حالت به ویژگی‌های مختلف تقسیم می‌شود.
- ساخت‌یافته: روابط بین اشیاء مختلف در هر حالت باید مشخص باشد.



Atomic



Factored



Structured