

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



هوش مصنوعی

فصل ۲

عوامل‌های هوشمند

Intelligent Agents

کاظم فولادی قلعه
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی
دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/ai>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



هوش مصنوعی

درس ۵

عوامل‌های هوشمند (۱)

Intelligent Agents (1)

کاظم فولادی قلعه
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی
دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/ai>

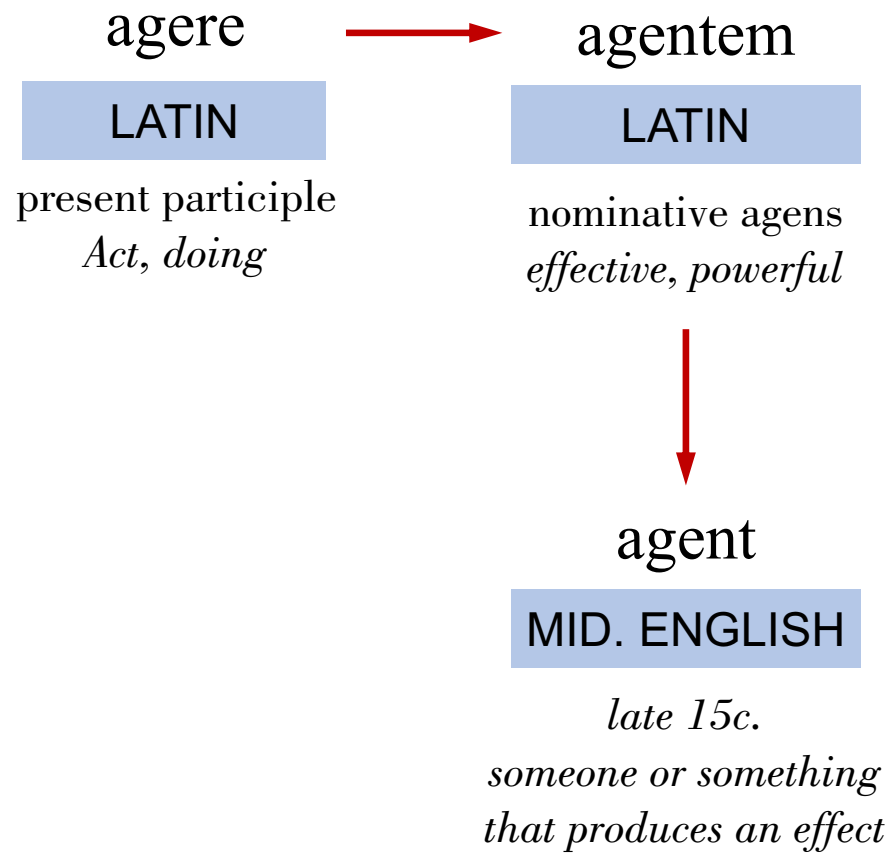
هوش مصنوعی

عوامل های هوشمند



مقدمه

اتیمولوژی: Agent



ترمینولوژی: Agent

Full Definition of *Agent*

1 : one that acts or exerts power

2 :

a : something that produces or is capable of producing an effect :

an active or efficient cause Education proved to be an agent of change in the community.

b : a chemically, physically, or biologically active principle an oxidizing agent

3 : a means or instrument by which a guiding intelligence achieves a result

4 : one who is authorized to act for or in the place of another: such as

a : a representative, emissary, or official of a government crown agent federal agent

b : one engaged in undercover activities (such as espionage) : spy a secret agent

c : a business representative (as of an athlete or entertainer) a theatrical agent

5 : a computer application designed to automate certain tasks (such as gathering information online)

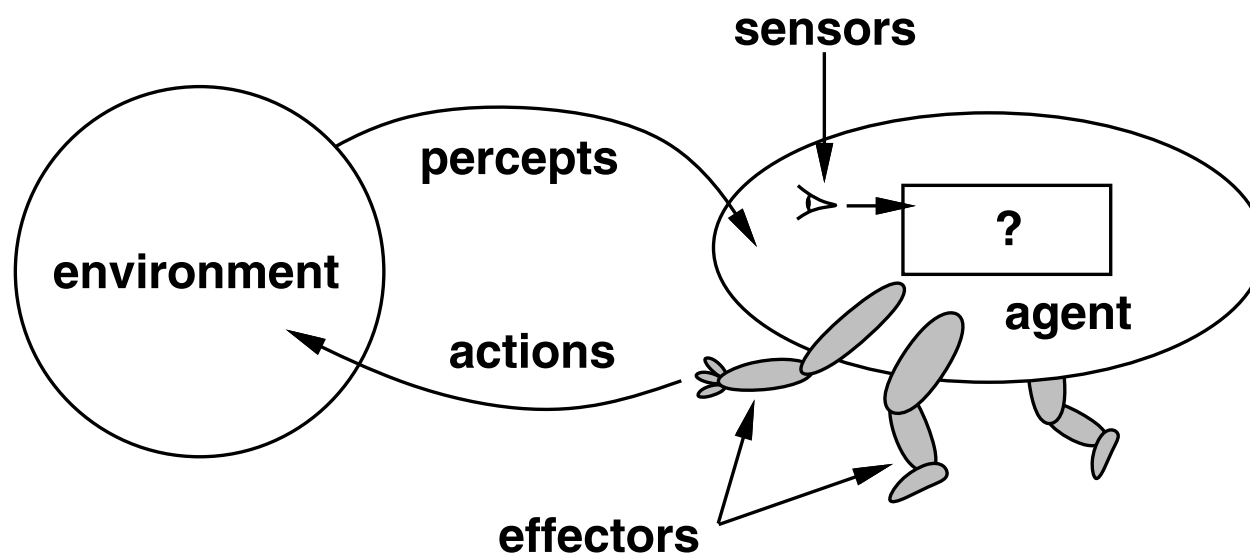
هوش مصنوعی

عوامل‌های هوشمند

۱

عوامل‌ها
و
محیط‌ها

عامل

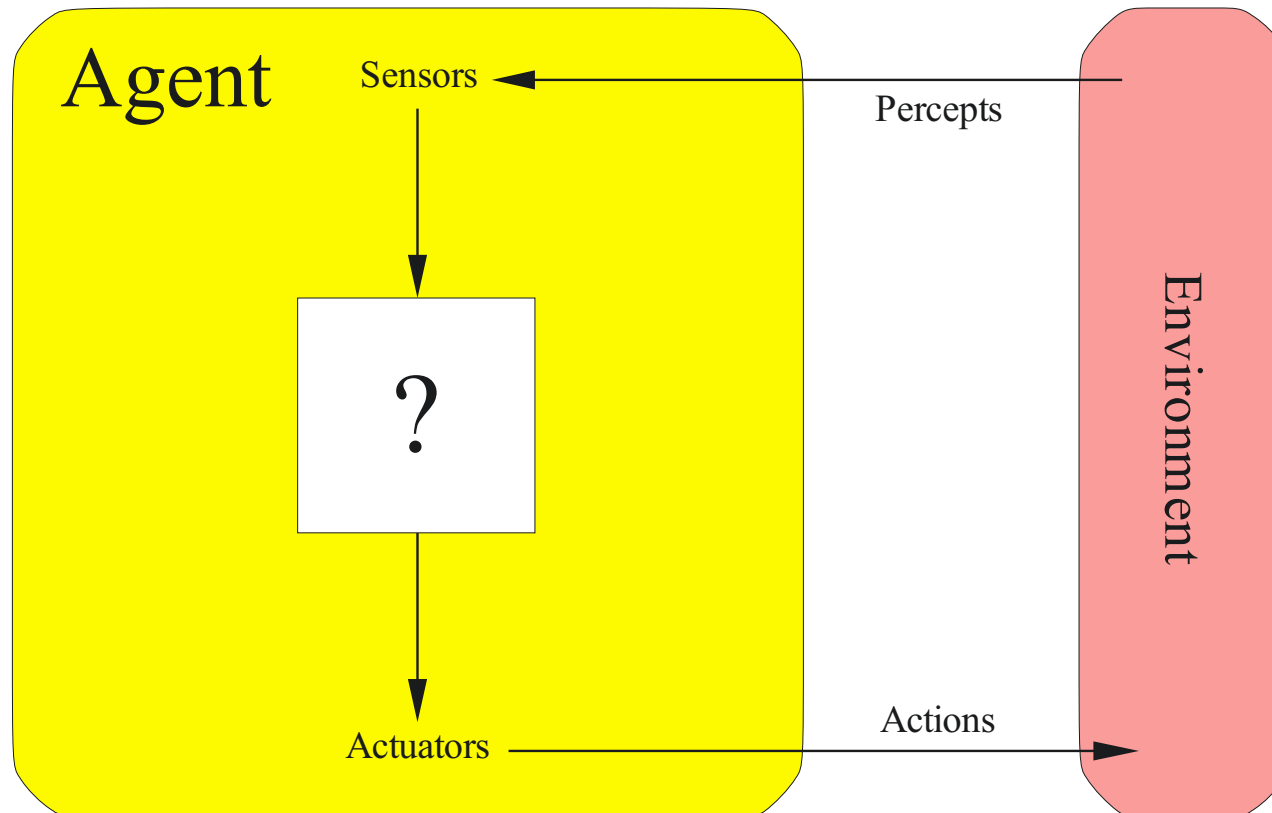


عامل موجودیتی است که در محیط کار انجام می دهد.

عامل

AGENT

عامل **چیزی** است که می‌تواند «به این صورت دیده شود» که محیط را از طریق حسگرهای خود **درک** می‌کند و سپس از طریق کنش‌گرهای خود روی آن **کنش** انجام می‌دهد.



عامل

مثال

عامل انسانی <i>Human agent</i>	حسگر	حواس پنج گانه : چشم، گوش و ...
	کنش گر	دست و پا، زبان و ...
عامل روباتی <i>Robotic agent</i>	حسگر	دوربین، فاصله یاب مادون قرمز و ...
	کنش گر	موتور و ...
عامل نرم افزاری <i>Software agent</i>	حسگر	دنباله ای از بیت ها
	کنش گر	دنباله ای از بیت های کد شده

مفهوم عامل وسیله ای برای مطالعه ی هوش مصنوعی است.

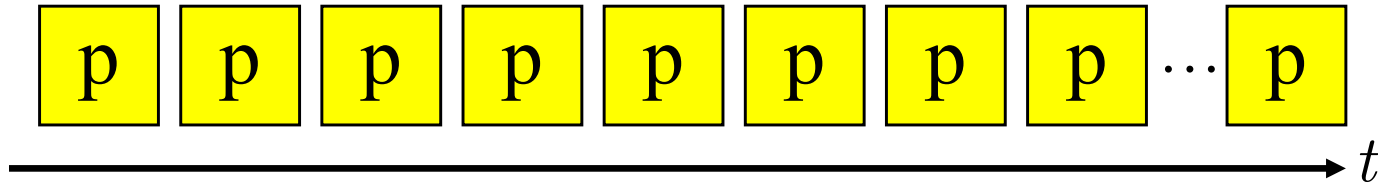
تقسیم بندی اشیا به «عامل» و «غیرعامل» نادرست است.
بر اساس نگاه طراح هر چیزی می تواند یک «عامل» باشد.

ادراک و دنباله‌ی ادراکی

ادراک (percept)، ورودی‌های ادراکی عامل در هر لحظه‌ی داده شده است.

p

دنباله‌ی ادراکی (percept sequence)، تاریخچه‌ی کامل همه‌ی چیزهایی است که عامل درک کرده است.



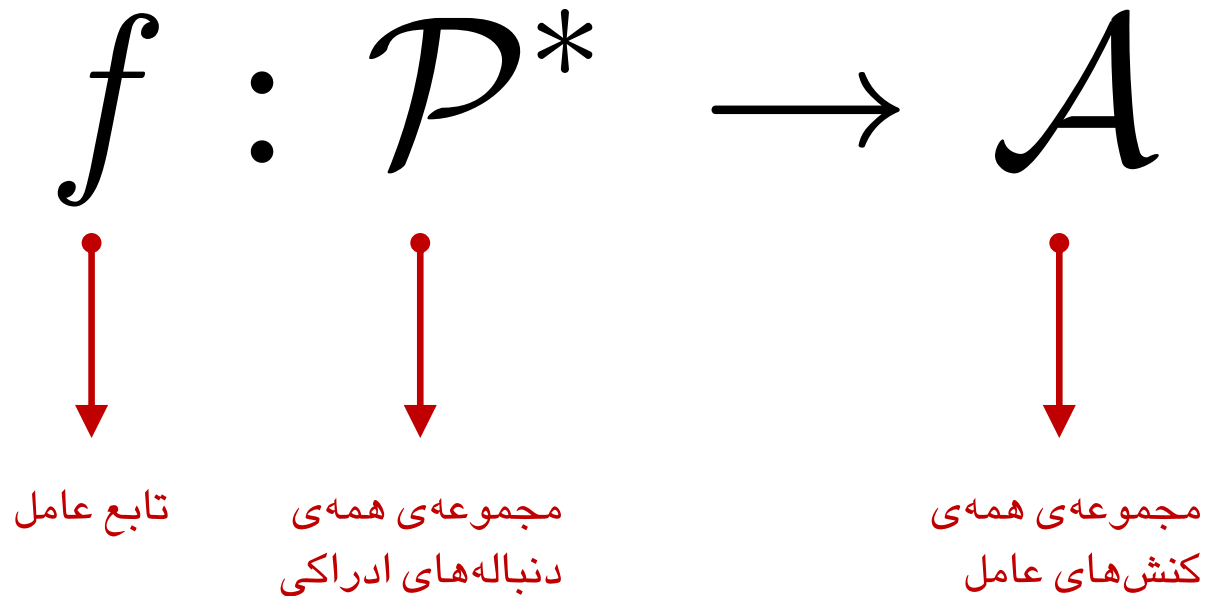
انتخاب کنش در هر لحظه توسط عامل،

می‌تواند به کل دنباله‌ی ادراکی مشاهده شده تا آن لحظه وابسته باشد،
اما به هیچ چیزی که تا آن لحظه آن را درک نکرده است، وابسته نیست.

تابع عامل

AGENT FUNCTION

رفتار عامل، با **تابع عامل** توصیف می شود که
هر دنباله‌ی ادراکی داده شده را به یک کنش نگاشت می دهد.



برنامه‌ی عامل

AGENT PROGRAM

برنامه‌ی عامل، تابع عامل را بر روی یک معماری فیزیکی پیاده‌سازی و اجرا می‌کند.

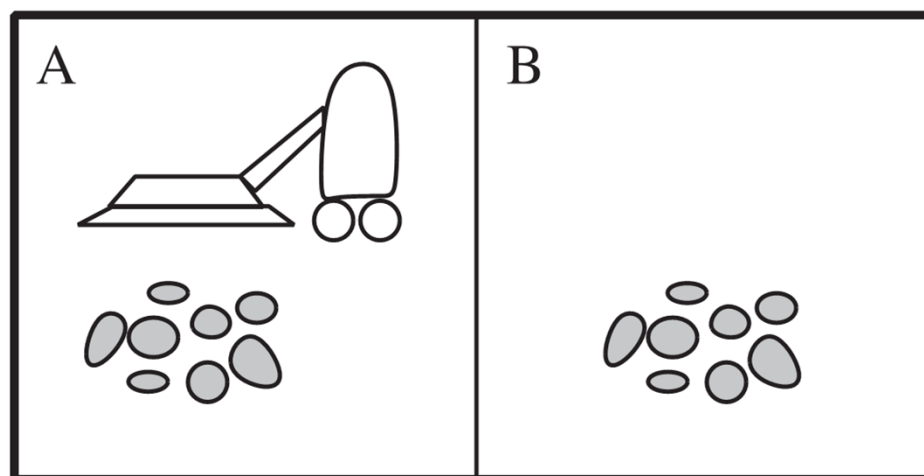


نسبت تابع عامل با برنامه‌ی عامل

پیاده‌سازی می‌کند

تابع عامل <i>Agent Function</i>	برنامه‌ی عامل <i>Agent Program</i>
انتزاعی - مجرد (abstract)	انضمامی - مجسم (concrete)
ریاضی	برنامه‌نویسی
ورودی: یک دنباله‌ی ادراکی	ورودی: ادراک لحظه‌ای
-	قابل اجرا روی یک معماری
ممکن است یک تابع عامل، برنامه‌ی عامل نداشته باشد	یک تابع عامل، می‌تواند چند برنامه‌ی عامل داشته باشد

مثال: دنیای جاروبرقی

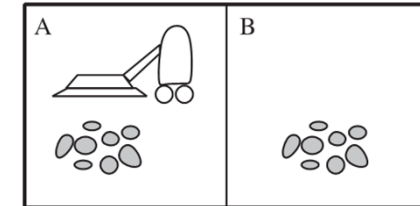
VACUUM-CLEANER WORLD

عامل جاروبرقی	
کنش‌ها <i>Actions</i>	ادراک‌ها <i>Percepts</i>
حرکت‌های ممکن عامل <i>Left, Right, Suck, NoOp</i>	مکان عامل، محتوای آن مکان e.g. <i>[A, Dirty]</i>

یک عامل جاروبرقی

تابع عامل: در قالب جدول

A VACUUM-CLEANER AGENT



Percept sequence	Action
$[A, \text{Clean}]$	<i>Right</i>
$[A, \text{Dirty}]$	<i>Suck</i>
$[B, \text{Clean}]$	<i>Left</i>
$[B, \text{Dirty}]$	<i>Suck</i>
$[A, \text{Clean}], [A, \text{Clean}]$	<i>Right</i>
$[A, \text{Clean}], [A, \text{Dirty}]$	<i>Suck</i>
$\vdots$	$\vdots$
$[A, \text{Clean}], [A, \text{Clean}], [A, \text{Clean}]$	<i>Right</i>
$[A, \text{Clean}], [A, \text{Clean}], [A, \text{Dirty}]$	<i>Suck</i>
$\vdots$	$\vdots$

Figure 2.3 Partial tabulation of a simple agent function for the vacuum-cleaner world shown in Figure 2.2.

مشکل: این جدول را چگونه باید پر کرد؟

مثال: دنیای جاروبرقی

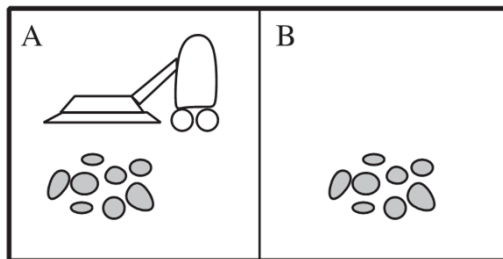
برنامه‌ی عامل (در قالب کد)

function REFLEX-VACUUM-AGENT($[location, status]$) **returns** an action

if $status = Dirty$ **then return** *Suck*

else if $location = A$ **then return** *Right*

else if $location = B$ **then return** *Left*

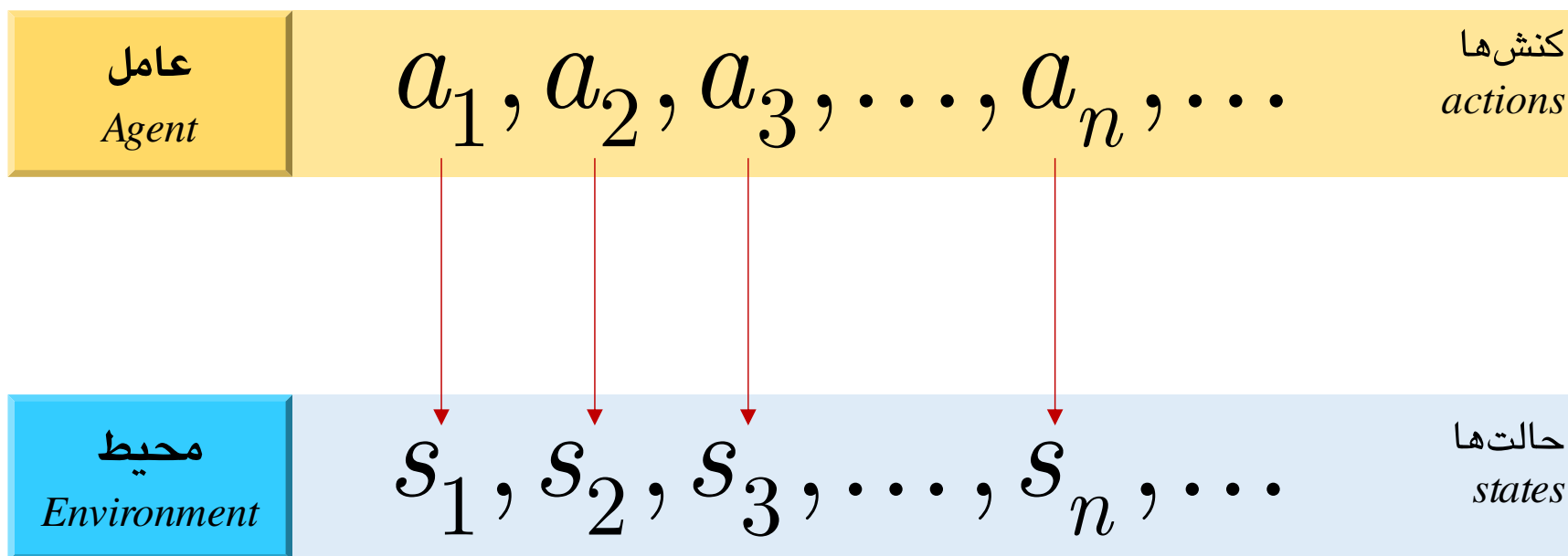


Percept sequence	Action
$[A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Dirty]$	<i>Suck</i>
$[B, Clean]$	<i>Left</i>
$[B, Dirty]$	<i>Suck</i>
$[A, Clean], [A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Clean], [A, Dirty]$	<i>Suck</i>
$\vdots$	$\vdots$
$[A, Clean], [A, Clean], [A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Clean], [A, Clean], [A, Dirty]$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

Figure 2.3 Partial tabulation of a simple agent function for the vacuum-cleaner world shown in Figure 2.2.

تأثیر عامل بر محیط

کنش‌های عامل - حالت‌های محیط



۲

رفتار خوب:
مفهوم
رسیونالیت

عامل رسیونال

RATIONAL AGENT

عامل رسیونال:

عاملی که رفتار **خوب** انجام می دهد.



تقریب اول: رفتار خوب؛

رفتاری که باعث **بیشترین موفقیت** عامل شود.



نیاز به روشی برای **اندازه گیری موفقیت**
(معیار کارایی)

معیار کارآیی

معیار خوب بودن

PERFORMANCE MEASURE

معیار کارآیی

میزان موفقیت رفتار یک عامل را نشان می‌دهد.

«معیار ارزیابی با در نظر گرفتن پی‌آمدهای رفتار آن عامل»

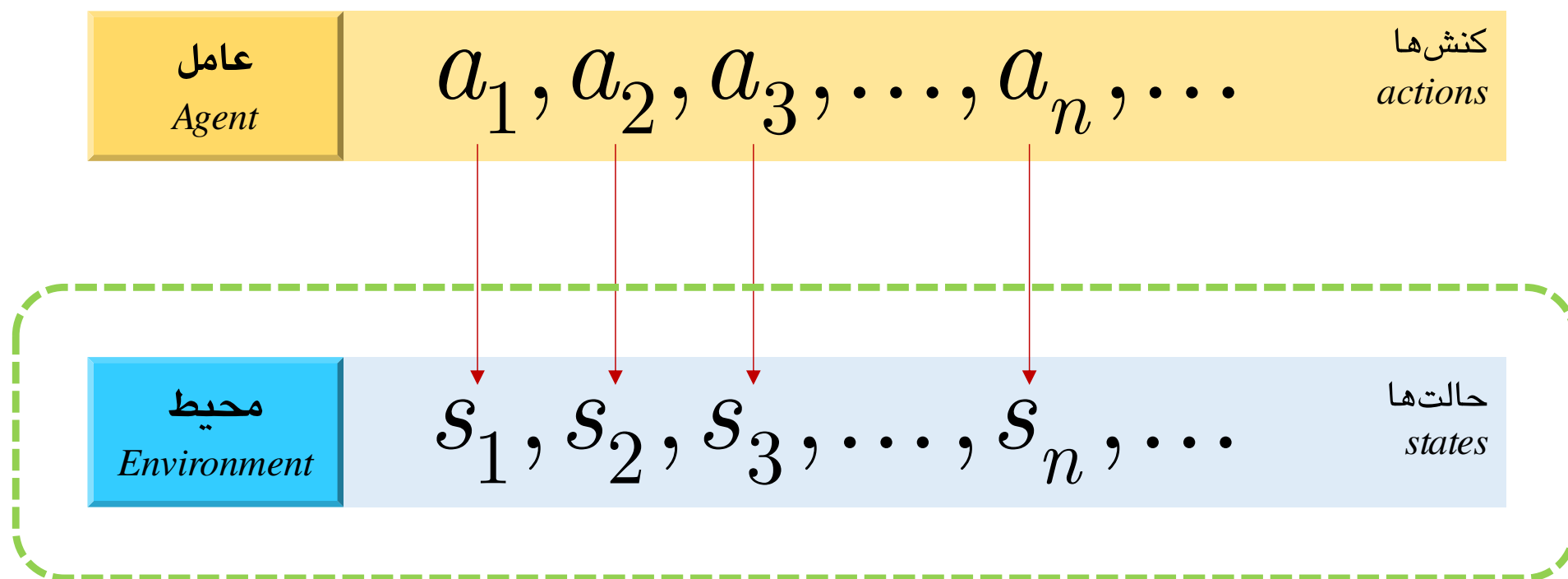
هر عامل در یک محیط بر اساس ادراک‌هایی که دریافت می‌کند، یک دنباله از کنش‌ها تولید می‌کند؛
دنباله‌ی کنش‌های عامل، موجب دنباله‌ای از حالت‌های محیط می‌شود؛
اگر این دنباله‌ی حالت‌های محیط، مطلوب بود، آن‌گاه عامل به خوبی عمل کرده است.

↓
مفهوم مطلوب بودن در معیار کارآیی احصا می‌شود؛
معیار کارآیی هر دنباله از حالت‌های محیط را ارزیابی می‌کند.

تذکر: در معیار کارآیی، حالت‌های محیط مهم است، نه حالت‌های عامل
یعنی معیار کارآیی را بر اساس آنچه در محیط می‌خواهیم طراحی می‌کنیم،
نه بر اساس آنچه فکر می‌کنیم عامل باید انجام بدهد.

معیار کارآیی

بر اساس دنباله‌ی حالت‌های محیط



معیار کارآیی

پی‌آمدگرایی

CONSEQUENTIALISM

پی‌آمدگرایی (نتیجه‌گرایی)

روی‌کرد پذیرفته شده در هوش مصنوعی برای مفهوم «چیز درست»

«ارزیابی رفتار یک عامل از طریق پی‌آمدهای رفتار آن عامل»

فلسفه‌ی اخلاق چندین تصور مختلف از مفهوم «چیز درست» را توسعه داده است، اما هوش مصنوعی به طور کلی به یک مفهوم به نام «پی‌آمدگرایی» پایبند شده است.

معیار کارایی

ملاحظات

مقایسه‌ی معیار کارایی عینی و ذهنی

معیار کارایی عینی <i>Objective Performance Measure</i>	معیار کارایی ذهنی <i>Subjective Performance Measure</i>
نظر محیط برای ارزیابی عامل (توسط طراح و سازنده‌ی عامل)	نظر شخصی خود عامل برای ارزیابی او
ثابت: غیر قابل تغییر توسط عامل	متغیر: قابل تغییر توسط خود عامل
معیار کارایی بر اساس هدف انتخاب می‌شود	معیار کارایی با نیت موفق‌تر شدن عامل انتخاب می‌شود
مزیت: نیازی به پرسش از خود عامل نیست	مشکل: ممکن است عامل نتواند پاسخ بدهد
مزیت: عامل نمی‌تواند بسادگی محیط را فریب بدهد	مشکل: ممکن است عامل پاسخ گمراه‌کننده و اشتباه بدهد

مشخصات یک معیار کارایی مناسب

- نباید عامل را به دلیل یک چیز غیر قابل درک جریمه کند.
- نباید عامل را به دلیل یک کنش غیر قابل انجام جریمه کند.
- نباید عامل را به دلیل یک پی‌آمد غیر قابل پیش‌بینی جریمه کند.
- باید ارزیابی عامل در طول مدت کار (+ اول + آخر کار) باشد.
- باید هر دوی فرآیند و نتیجه‌ی کار عامل را در نظر بگیرد.

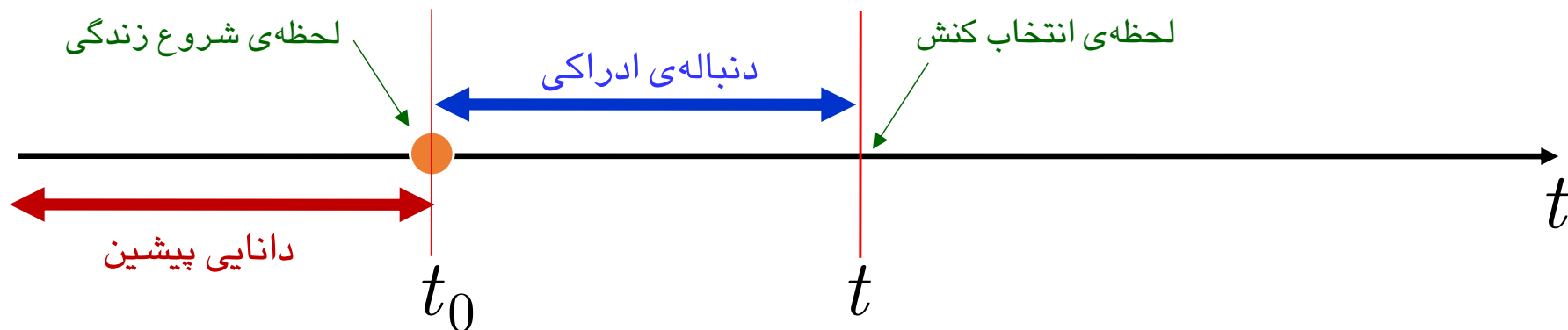
یک معیار کارایی ثابت برای همه‌ی وظیفه‌ها و همه‌ی عامل‌ها وجود ندارد:
طراح باید متناسب با شرایط، معیار کارایی را تدبیر کند.

رسیونالیتیه

پارامترهای وابسته

RATIONALITY

رسیونالیتیه در هر زمان وابسته به چهار مورد است:			
۱	۲	۳	۴
معیار کارایی <i>Performace Measure</i>	دانایی پیشینی <i>Prior Knowledge</i>	کنش‌ها <i>Actions</i>	دنباله‌ی ادراکی <i>Percept Sequence</i>
ضابطه‌ی موفقیت عامل	دانایی پیشینی عامل از محیط	کنش‌هایی که عامل قادر به انجام آنهاست.	دنباله‌ی ادراکی عامل تا آن زمان



عامل رسیونال

RATIONAL AGENT

یک عامل رسیونال

کنشی را انتخاب می کند که
مقدار مورد انتظار معیار کارآیی را
با داشتن دنباله ی ادراکی تا آن لحظه
ماکزیمم می کند.

عامل رسیونال

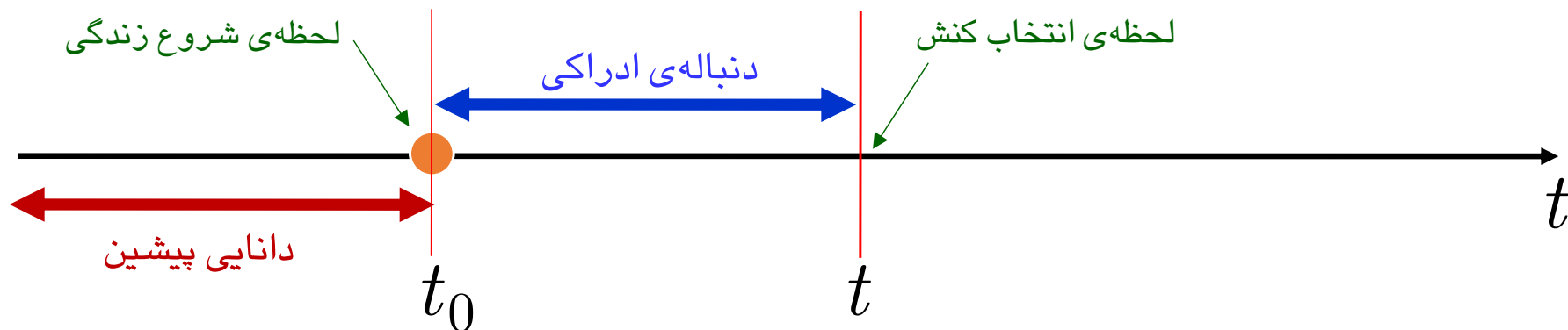
تعریف (راسل و نورویگ)

RATIONAL AGENT

یک عامل رسیونال

برای هر دنباله‌ی ادراکی ممکن
کنشی را انتخاب می‌کند که
انتظار دارد معیار کارآیی آن را ماکزیمم کند؛

بر اساس شواهدی که توسط دنباله‌ی ادراکی فراهم می‌شود و
آنچه دانایی درون‌سازی شده‌ی عامل است.



رسیونالیتیه

RATIONALITY

پیامد کنش‌ها ممکن
است مورد انتظار
نباشد

آگاه از غیب

Clairvoyant

$\neq$

رسیونال

Rational

$\neq$

همه‌چیزدان

Omniscient

ادراکات ممکن است
همه‌ی اطلاعات
مربوط را فراهم نکند

$\neq$

موفق

Successful

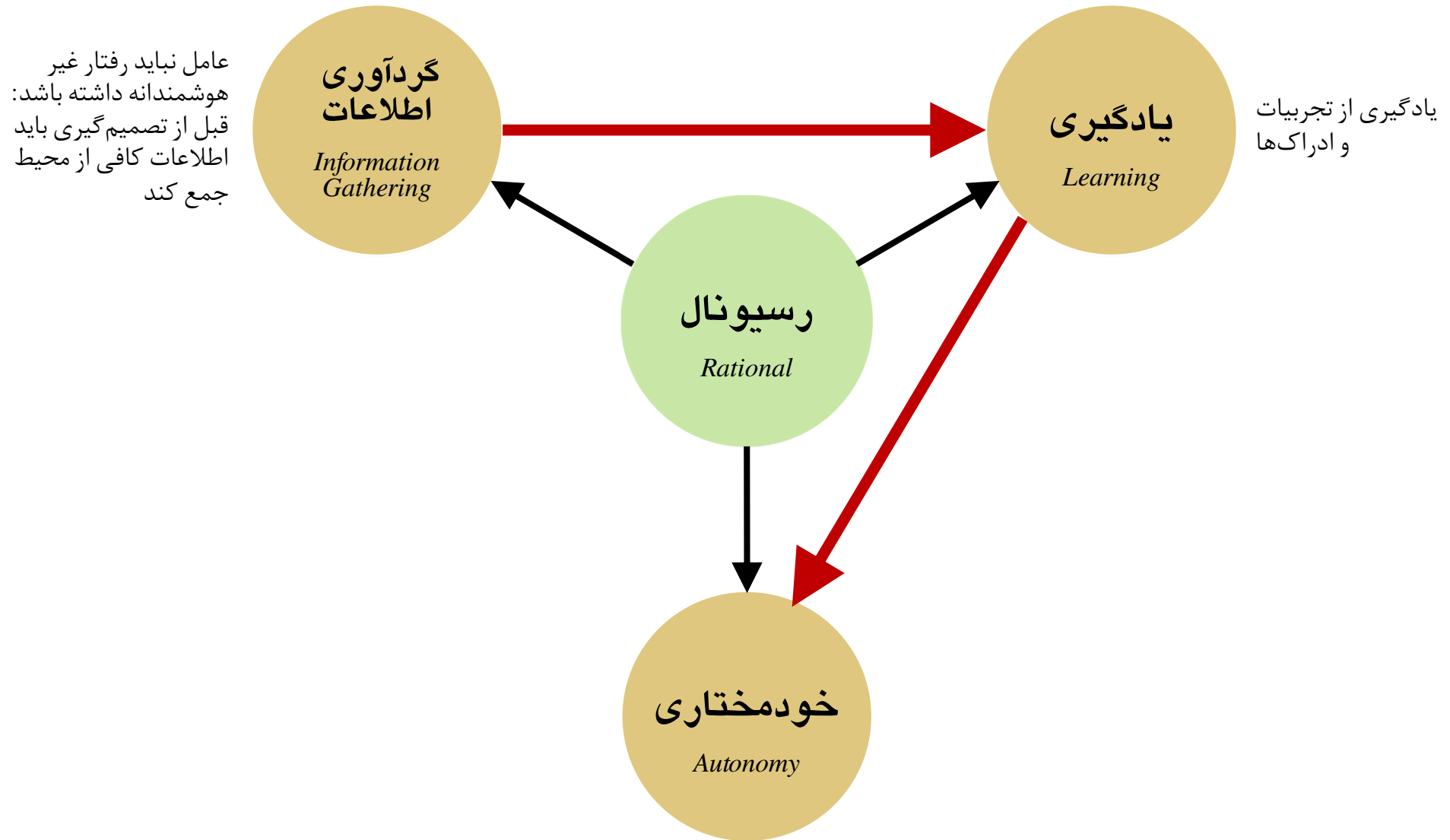
عامل ممکن است
شکست بخورد

تمایز رسیونالیتیه با کامل بودن

کامل بودن <i>Perfection</i>	رسیونالیتیه <i>Rationality</i>
ماکزیم سازی کارآیی واقعی (actual)	ماکزیم سازی کارآیی مورد انتظار (expected)
انجام بهترین کار ممکن	انجام بهترین کاری که توانسته است بفهمد
پیاده سازی غیر ممکن	پیاده سازی امکان پذیر

رسیونالیتة

ملزومات



دانایی عامل مستقل از دانایی اولیه‌ی آن می‌شود؛
رفتار عامل توسط تجربه‌ی او تعیین می‌شود.

ملزومات رسیونالیتة

(۱) گردآوری اطلاعات

گردآوری
اطلاعات

*Information
Gathering*

عامل نباید رفتار غیر هوشمندانه داشته باشد:
قبل از تصمیم‌گیری باید اطلاعات کافی از محیط جمع کند
مثل: نگاه کردن به دو طرف خیابان قبل از عبور از آن.

گردآوری اطلاعات: انجام کنش‌هایی به منظور تغییر کنش‌های آینده

اکتشاف

Exploration

در محیط ناشناخته

نگاه کردن

Looking

در محیط شناخته‌شده

ملزومات رسیونالیتة

(۲) یادگیری

یادگیری

Learning

یادگیری از تجربیات و ادراکها تا حد ممکن
 پیکربندی اولیه‌ی عامل: نشان‌دهنده‌ی دانایی پیشینی از محیط
 پیکربندی ثانویه‌ی عامل: تغییر و اصلاح دانایی عامل بر اساس تجربه



ملزومات رسیونالیتة

(۳) خودمختاری

خودمختاری

Autonomy

دانایی عامل مستقل از دانایی اولیه‌ی آن می‌شود؛
رفتار عامل توسط تجربه‌ی او تعیین می‌شود.

به میزانی که عامل به جای تجربه‌ی خودش به دانایی پیشینی تعبیه شده در آن توسط طراح تکیه می‌کند،
دارای کمبود خودمختاری (آزادی عمل) است.

عامل رسیونال باید خودمختار باشد.

(برای پالایش دانایی غلط یا ناقص پیشینی، باید تا جایی که می‌تواند یاد بگیرد.)

تذکر: در عمل به‌ندرت به خودمختاری کامل از ابتدا نیاز داریم:

وقتی عامل تجربه ندارد، یا تجربه‌ی کمی دارد، باید تصادفی عمل کند، مگر اینکه طراح به او کمک کند.

افزودن یادگیری، طراحی یک عامل رسیونال ساده را ممکن می‌کند که در محیط‌های گوناگون موفق خواهد بود.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



هوش مصنوعی

درس ۶

عوامل‌های هوشمند (۲)

Intelligent Agents (2)

کاظم فولادی قلعه
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی
دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/ai>

عوامل‌های هوشمند

۳

طبیعت
محیط‌ها

مشخص سازی محیط وظیفه

SPECIFYING THE TASK ENVIRONMENT

P	E	A	S
معیار کارآیی	محیط	کنش گرها	حسگرها
<i>Performace Measure</i>	<i>Environment</i>	<i>Actuators</i>	<i>Sensors</i>

مشخص سازی محیط وظیفه

مثال: دنیای جاروبرقی

SPECIFYING THE TASK ENVIRONMENT: THE VACUUM-CLEANER AGENT

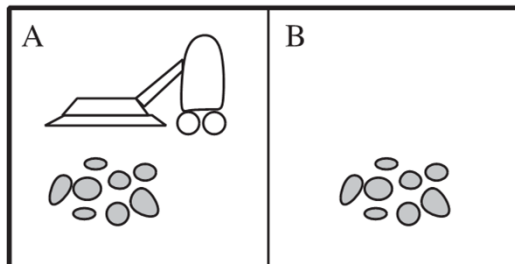
P	E	A	S
معیار کارایی	محیط	کنش گر ها	حسگر ها
<i>Performace Measure</i>	<i>Environment</i>	<i>Actuators</i>	<i>Sensors</i>

برای هر مربع تمیز
در هر گام زمانی، یک
امتیاز مثبت
کلاً ۱۰۰۰ گام زمانی
طول عمر

نقشه ی محیط معلوم،
توزیع آشغال ها و
مکان اولیه ی عامل
نامعلوم

انجام کنش های
راست
چپ
مکش
هیچ

حسگر مکان
حسگر کثیفی مربع



مشخص سازی محیط وظیفه

مثال : تاکسی خودکار هوشمند

SPECIFYING THE TASK ENVIRONMENT: AUTOMATIC INTELLIGENT TAXI

P	E	A	S
معیار کارایی <i>Performace Measure</i>	محیط <i>Environment</i>	کنش گر ها <i>Actuators</i>	حسگر ها <i>Sensors</i>
ایمنی رسیدن به مقصد فایده رعایت قانون راحتی ...	خیابان ها / آزادراه ها ترافیک علایم راهنمایی عابرین پیاده آب و هوا ...	فرمان گاز ترمز بوق بلندگو / نمایشگر ...	تصویر شتاب سنج درجه ها حسگر های موتور صفحه کلید موقعیت سنج GPS ...

مشخص سازی محیط وظیفه

مثال : عامل خرید اینترنتی

SPECIFYING THE TASK ENVIRONMENT: INTERNET SHOPPING AGENT

P	E	A	S
معیار کارایی <i>Performace Measure</i>	محیط <i>Environment</i>	کنش گر ها <i>Actuators</i>	حسگر ها <i>Sensors</i>
قیمت کیفیت مناسب بودن کارآمدی ...	سایت های وب حال و آینده فروشندگان خریداران ...	نمایش به کاربر دنبال کردن یک URL پر کردن فرم ...	خواننده ی صفحات HTML (متن، گرافیک، اسکریپت) ...

خصوصیات محیط‌های وظیفه

PROPERTIES OF TASK ENVIRONMENTS

مشاهده‌پذیر کامل

Fully Observable

مشاهده‌پذیر جزئی

Partially Observable

تک عاملی

Single-agent

چند عاملی

Multiagent

قطعی

Deterministic

استراتژیک

Strategic

اتفاقی

Stochastic

مقطعی

Episodic

دنباله‌ای

Sequential

ایستا

Static

نیمه پویا

Semidynamic

پویا

Dynamic

گسسته

Discrete

پیوسته

Continuous

شناخته شده

Known

ناشناخته

Unknown

خصوصیات محیط‌های وظیفه

مشاهده‌پذیر کامل یا مشاهده‌پذیر جزئی

مشاهده‌پذیر کامل

Fully Observable

حسگرهای عامل
دسترسی به حالت
کامل محیط در هر
لحظه را به عامل
می‌دهند.

راحتی کار: عامل برای
دنبال کردن دنیا نیازی
به نگهداری حالت
داخلی ندارد.

مشاهده‌پذیر کامل به طور مؤثر

Effectively Fully Observable

حسگرهای عامل
همه‌ی جنبه‌های مربوط
به انتخاب کنش را
نشان می‌دهند.
(مربوط بودن وابسته به معیار کارآیی)

مشاهده‌ناپذیر

Unobservable

عامل هیچ حسگری ندارد.

مشاهده‌پذیر جزئی

Partially Observable

حسگرهای عامل
دسترسی به جزئی
از حالت محیط در هر
لحظه را به عامل
می‌دهند.

مثلاً عدم وجود حسگر،
حسگرهای نادقیق،
حسگرهای نویزی

خصوصیات محیط‌های وظیفه

تک عاملی یا چند عاملی

تک عاملی Single-agent

یک عامل به تنهایی در محیط عمل می‌کند.

چند عاملی Multiagent

چند عامل در محیط عمل می‌کنند:

همکارانه Cooperative

افزایش معیار کارایی
یک عامل باعث
افزایش معیار کارایی
عامل دیگر می‌شود.

مثال: گروه سرود

نیمه ...
Partially ...

مثال: محیط رانندگی:
جای پارک: رقابتی
اجتناب از تصادف: همکارانه

رقابتی Competitive

افزایش معیار کارایی
یک عامل باعث کاهش
معیار کارایی عامل
دیگر می‌شود.

مثال: بازی شطرنج

استفاده از دانایی عامل‌های دیگر

برقراری ارتباط
communication

اجتناب از مضرات پیش‌بینی‌پذیری

رفتار تصادفی‌شده
randomized behavior

رفتارهای رسیونال
خاص محیط‌های چندعاملی

کدام موجودیت می‌تواند به عنوان عامل دیده شود؟ ← هر چیزی که محیط را درک کند و روی محیط کنش انجام دهد.

کدام موجودیت می‌باید به عنوان عامل دیده شود؟ ← هر چیزی که برای ماکزیم‌سازی معیار کارایی‌اش، که به رفتار دیگری هم وابسته است، تلاش می‌کند.

خصوصیات محیط‌های وظیفه

قطعی یا اتفاقی

قطعی

Deterministic

● حالت بعدی محیط توسط
حالت فعلی و کنش اجرا
شده توسط عامل به طور
کامل تعیین می‌شود.

راحتی کار: عامل برای دنبال
کردن دنیا نیازی به نگهداری
حالت داخلی ندارد.

استراتژیک

Strategic

● محیط قطعی است، بجز در
مورد کنش سایر عامل‌ها

اتفاقی

Stochastic

● حالت بعدی محیط توسط
حالت فعلی و کنش اجرا
شده توسط عامل به طور
کامل تعیین نمی‌شود.

- محیط مشاهده‌پذیر جزئی
ممکن است اتفاقی به نظر برسد.
- عدم قطعیت در مورد برآمدها
برحسب احتمالات کمی می‌شوند.

نامطمئن

Uncertain

● محیطی که مشاهده‌پذیر
کامل یا قطعی نباشد.

غیرقطعی

Non-deterministic

● حالت بعدی محیط توسط حالت فعلی و کنش
اجرا شده توسط عامل به طور کامل تعیین نمی‌شود.

کنش‌ها با برآمدهای ممکن آنها مشخص می‌شوند،
بدون انتساب احتمال به آنها

خصوصیات محیط‌های وظیفه

مقطعی یا دنباله‌ای

مقطعی

Episodic

تجربه‌ی عامل قابل تقسیم به
مقطع‌های اتمیک است.

در هر مقطع، عامل یک ادراک
دریافت می‌کند و سپس یک کنش
واحد انجام می‌دهد.

مقطع بعدی به کنش‌های انجام
شده در مقاطع قبلی وابسته نیست.

انتخاب کنش در هر مقطع فقط
وابسته به همان مقطع است.

ساده‌تر است: عامل نیازی ندارد به
جلو فکر کند!

مثال: عمده‌ی وظایف طبقه‌بندی

دنباله‌ای

Sequential

تصمیم فعلی می‌تواند بر
همه‌ی تصمیم‌های آینده
تأثیر بگذارد.

کنش‌های کوتاه‌مدت می‌توانند
پی‌آمدهای بلندمدت داشته باشند.

مثال: شطرنج، رانندگی تاکسی

خصوصیات محیط‌های وظیفه

ایستا یا پویا

ایستا

Static

● اگر محیط نتواند در هنگام تأمل عامل تغییر کند.

محیط برای آن عامل، ایستا است.

ساده‌تر است: (۱) عامل نیازی ندارد در هنگام تصمیم‌گیری در مورد یک کنش به نگاه کردن ادامه دهد. (۲) عامل لازم نیست نگران گذر زمان باشد.

مثال: شطرنج معمولی

نیمه پویا

Semidynamic

● اگر خود محیط با گذر زمان تغییر نکند، اما امتیاز کارآیی عامل تغییر کند.

مثال: شطرنج با ساعت

پویا

Dynamic

● اگر محیط بتواند در هنگام تأمل عامل تغییر کند.

محیط برای آن عامل، پویا است.

محیط پویا به طور مداوم از عامل می‌پرسد که می‌خواهد چه کنشی را انجام دهد. اگر هنوز تصمیم نگرفته باشد، فرض می‌کند تصمیم گرفته است کاری انجام ندهد.

مثال: رانندگی تاکسی (سایر خودروها و عابرین در حین تصمیم‌گیری عامل، حرکت می‌کنند).

خصوصیات محیط‌های وظیفه

گسسته یا پیوسته

گسسته

Discrete

● مؤلفه‌های گسسته
در کار هستند.

مثال: شطرنج معمولی
(حالت، زمان، ادراک،
کنش)

پیوسته

Continuous

● مؤلفه‌های پیوسته
در کار هستند.

مثال: رانندگی تاکسی
(حالت، زمان، ادراک،
کنش)

تمایز پیوسته و گسسته: در مؤلفه‌های
حالت محیط، نحوه‌ی برخورد با **زمان**، **ادراک‌ها** و **کنش‌های** عامل

خصوصیات محیط‌های وظیفه

شناخته شده یا ناشناخته

شناخته شده

Known

برآمدها (یا احتمال برآمدها
در محیط اتفاقی) برای همهی
کنش‌ها داده شده است.

یک محیط شناخته شده می‌تواند
مشاهده‌پذیر جزئی باشد.

مثال: بازی کارت

تمایز میان محیط شناخته شده
و ناشناخته، همان تمایز بین
محیط مشاهده‌پذیر کامل و
جزئی نیست.

ناشناخته

Unknown

عامل باید یاد بگیرد که چگونه
عمل کند تا تصمیم‌های خوبی
بگیرد.

یک محیط ناشناخته می‌تواند
مشاهده‌پذیر کامل باشد.

مثال: بازی‌های ویدئویی جدید؛
صفحه‌ی بازی می‌تواند کل حالت بازی را نشان
بدهد، اما معلوم نیست دکمه‌ها چه کاری انجام
می‌دهند که با آزمایش معلوم می‌شود.

این خصوصیت، فقط به خود محیط برنمی‌گردد، بلکه
به حالت دانایی عامل (یا طراح آن) در مورد «قوانین فیزیک» محیط برمی‌گردد.

خصوصیات محیط‌های وظیفه

مثال‌هایی از محیط‌های وظیفه و مشخصه‌های آنها

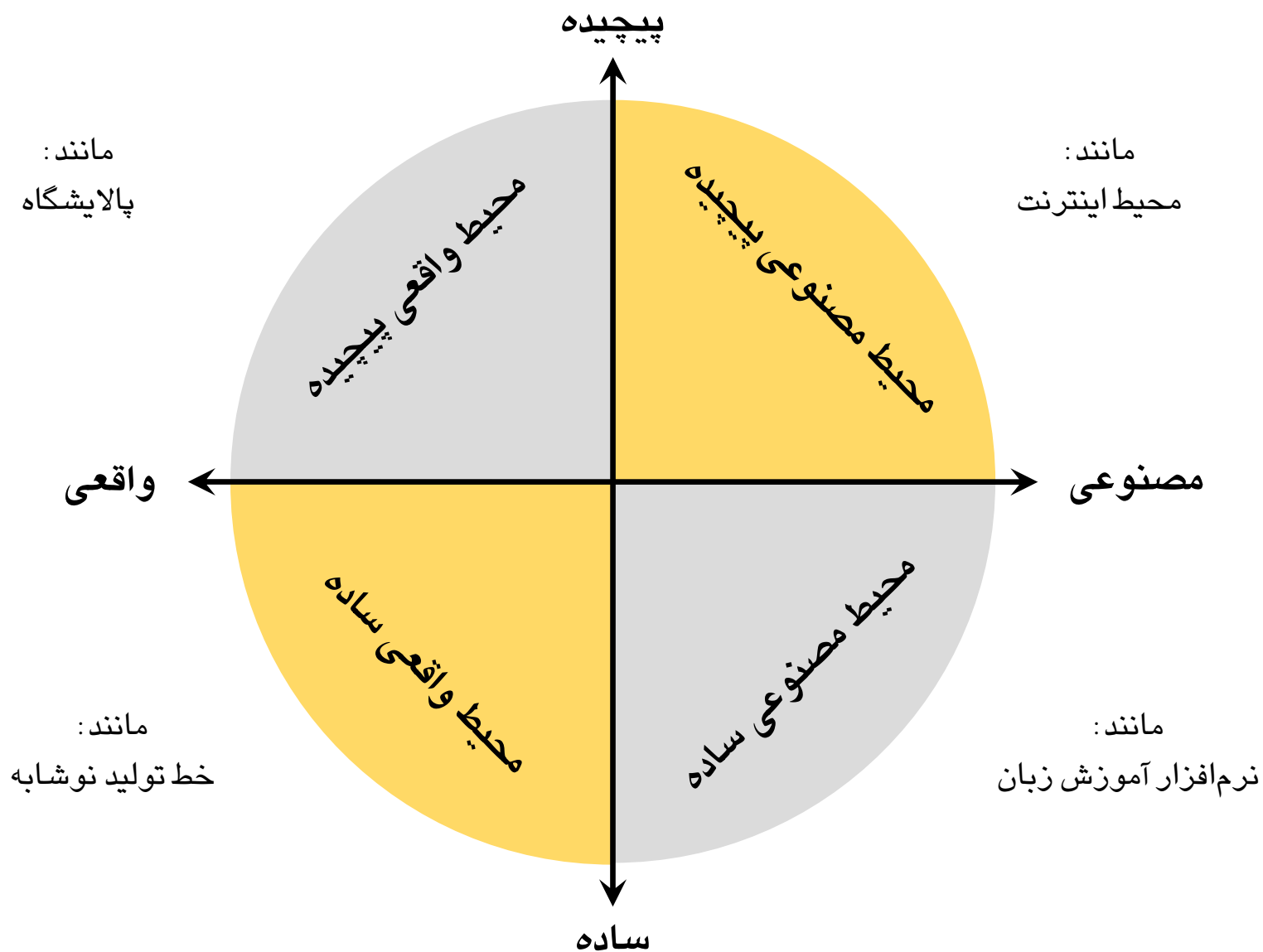
مشاهده‌پذیر؟	چندعاملی؟	قطعی؟	مقطعی؟	ایستا؟	گسسته؟
کامل	چندعاملی	قطعی	دنباله‌ای	ایستا	گسسته
کامل	چندعاملی	اتفاقی	دنباله‌ای	ایستا	گسسته
جزئی	تک‌عاملی*	تاحدودی	دنباله‌ای	نیمه‌پویا	گسسته
جزئی	چندعاملی	اتفاقی	دنباله‌ای	پویا	پیوسته
جزئی	تک‌عاملی	اتفاقی	دنباله‌ای	پویا	پیوسته
جزئی	تک‌عاملی	اتفاقی	دنباله‌ای	پویا	پیوسته

نوع محیط، روش طراحی عامل را مشخص می‌کند.

هر مجموعه از روش‌های هوش مصنوعی، برای طراحی عامل در نوع خاصی از محیط مناسب است.

انواع محیط

نسبت محیط ساده / پیچیده با محیط واقعی / مصنوعی



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



هوش مصنوعی

درس ۷

عوامل‌های هوشمند (۳)

Intelligent Agents (3)

کاظم فولادی قلعه
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی
دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/ai>

عوامل‌های هوشمند

۴

ساختار
عوامل‌ها

ساختار عامل‌ها

THE STRUCTURE OF AGENTS



برنامه‌ی عامل باید متناسب با معماری عامل باشد.

برنامه‌ی عامل مبتنی بر جدول

TABLE-DRIVEN-AGENT

function TABLE-DRIVEN-AGENT(*percept*) **returns** an action

persistent: *percepts*, a sequence, initially empty

table, a table of actions, indexed by percept sequences, initially fully specied

append *percept* to the end of *percepts*

action $\leftarrow$ LOOKUP(*percepts*, *table*)

return *action*

- برای هر ادراک یک بار فراخوانی می‌شود.
- تاریخچه‌ی ادراکی را به روز می‌کند.
- برای تعیین کنش بعدی، از تاریخچه‌ی ادراکی
- به عنوان اندیس جدول مراجعه استفاده می‌کند.
- کنش مرتبط را برمی‌گرداند.

برنامه‌ی عامل مبتنی بر جدول:

<i>table</i>	Percept sequence	Action
--------------	------------------	--------

برنامه‌ی عامل مبتنی بر جدول

مشکلات

TABLE-DRIVEN-AGENT

طول عمر عامل

$$\text{تعداد مدخل‌های جدول} = \sum_{t=1}^T |\mathcal{P}|^t$$

اندازه‌ی مجموعه‌ی ادراک‌های عامل

- بزرگ بودن اندازه‌ی جدول (و محدودیت فیزیکی حافظه).
- نبود وقت کافی برای پر کردن جدول توسط طراح.
- عامل نمی‌تواند تمام مدخل‌های جدول را به درستی با تجربه‌اش پر کند.
- طراح هیچ راهنمایی برای پر کردن جدول ندارد.
- عامل حاصل خودمختاری ندارد.

دلایل شکست
برنامه‌ی عامل مبتنی بر جدول:

<i>table</i>	Percept sequence	Action
--------------	------------------	--------

برنامه‌ی عامل مبتنی بر جدول

حل مشکلات: چالش کلیدی هوش مصنوعی

چالش:

نوشتن برنامه‌های کوچک به جای جدول‌های بسیار بزرگ
برای تولید رفتار رسیونال

مثال: الگوریتم نیوتن برای محاسبه‌ی جذر
به جای جدول بزرگ جذر اعداد

Percept x	Action z	
1.0	1.000000000000000	<pre> function Sqrt(x) z ← 1.0 /* initial guess */ repeat until $z^2 - x < 10^{-15}$ $z \leftarrow z - (z^2 - x)/(2z)$ end return z </pre>
1.1	1.048808848170152	
1.2	1.095445115010332	
1.3	1.140175425099138	
1.4	1.183215956619923	
1.5	1.224744871391589	
1.6	1.264911064067352	
1.7	1.303840481040530	
1.8	1.341640786499874	
1.9	1.378404875209022	
⋮	⋮	

Figure 2.2 Part of the ideal mapping for the square-root problem (accurate to 15 digits), and a corresponding program that implements the ideal mapping.

مثال: دنیای جاروبرقی

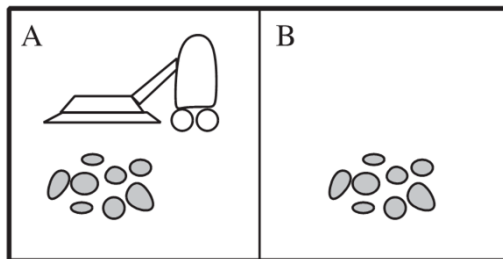
برنامه‌ی عامل (در قالب کد)

function REFLEX-VACUUM-AGENT($[location, status]$) **returns** an action

if $status = Dirty$ **then return** *Suck*

else if $location = A$ **then return** *Right*

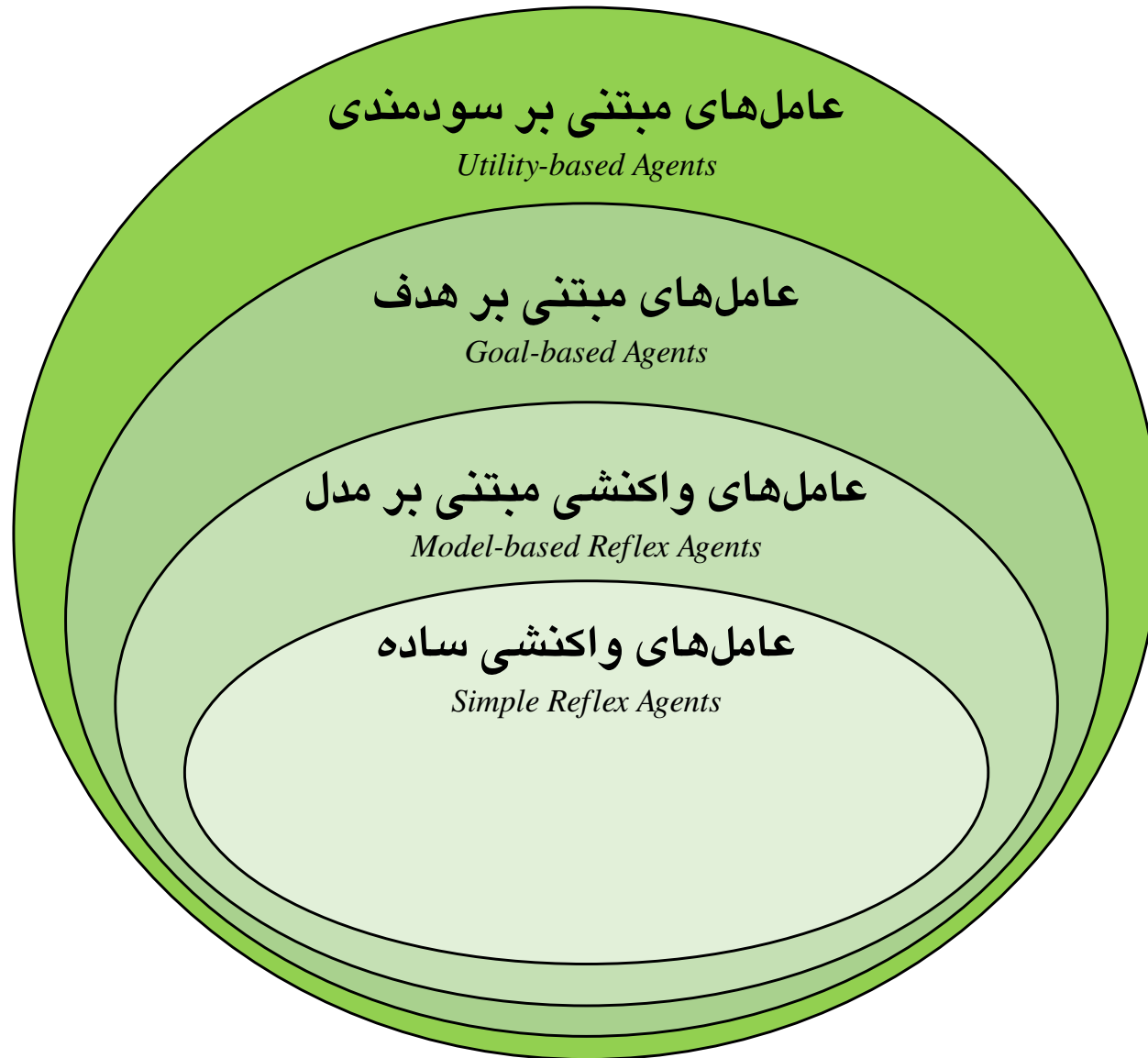
else if $location = B$ **then return** *Left*



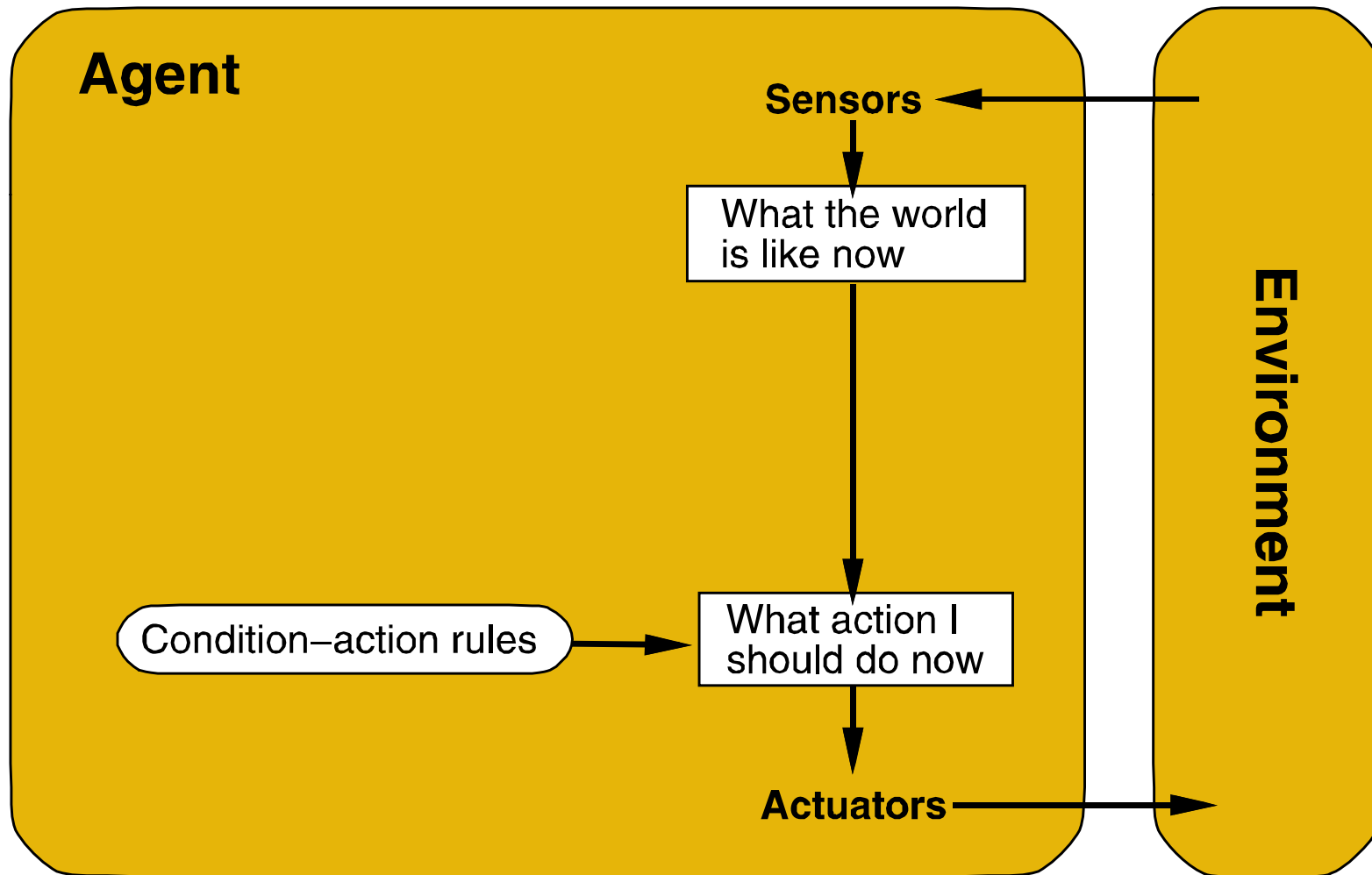
Percept sequence	Action
$[A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Dirty]$	<i>Suck</i>
$[B, Clean]$	<i>Left</i>
$[B, Dirty]$	<i>Suck</i>
$[A, Clean], [A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Clean], [A, Dirty]$	<i>Suck</i>
$\vdots$	$\vdots$
$[A, Clean], [A, Clean], [A, Clean]$	<i>Right</i>
$[A, Clean], [A, Clean], [A, Dirty]$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

Figure 2.3 Partial tabulation of a simple agent function for the vacuum-cleaner world shown in Figure 2.2.

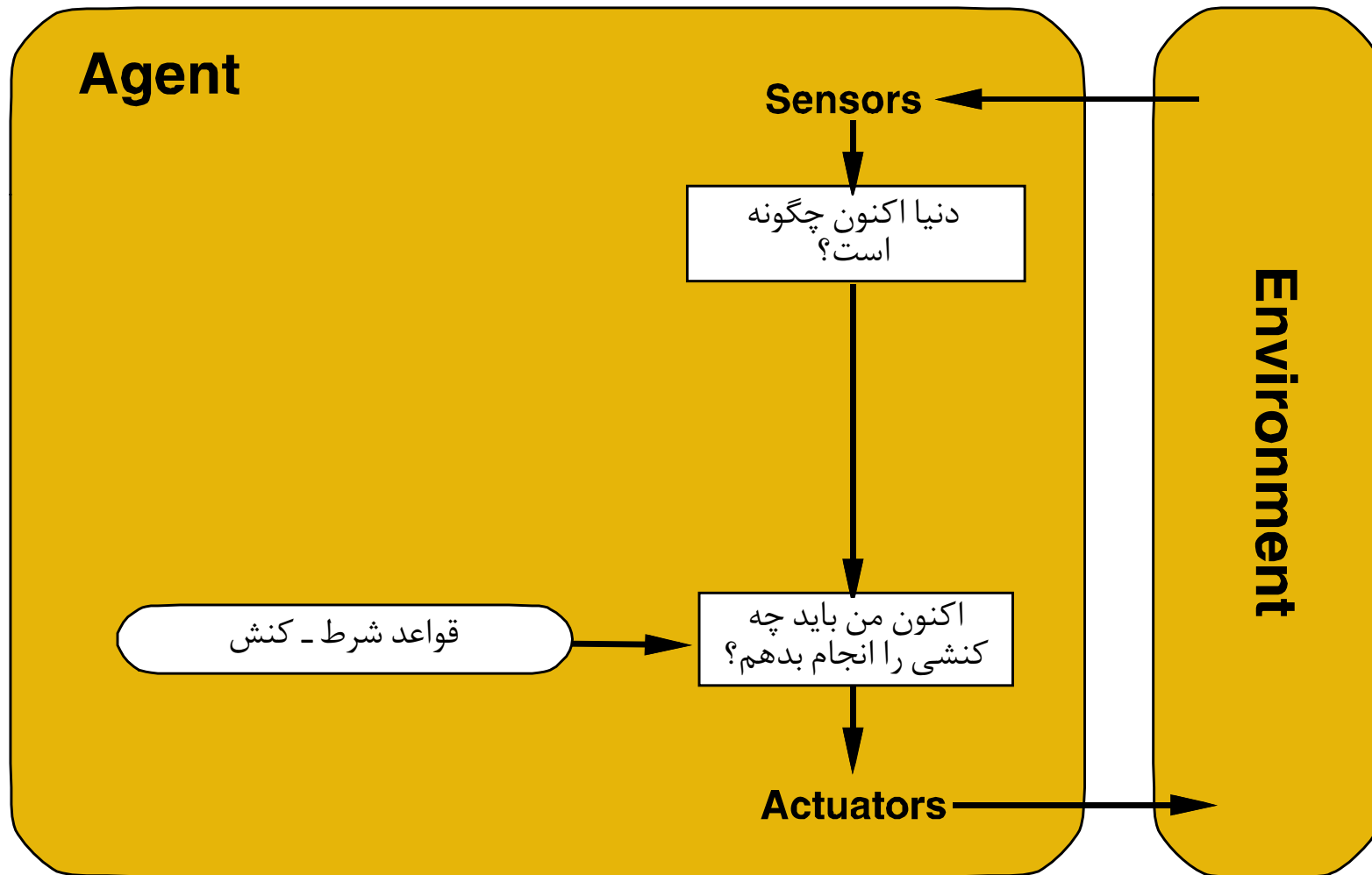
ساختار برنامه‌های عامل



عامل واکنشی ساده

SIMPLE REFLEX AGENT

عامل واکنشی ساده

SIMPLE REFLEX AGENT

عامل واکنشی ساده

SIMPLE REFLEX AGENT

ساده‌ترین نوع عامل

کنش‌ها را بر اساس ادراک فعلی انتخاب می‌کند و تاریخچه‌ی ادراکی را نادیده می‌گیرد.

انتخاب کنش بر مبنای قواعد شرط - کنش

condition-action rules

situation-action rules

if-then rules

مثال: اگر خودروی جلویی در حال ترمز کردن است آن‌گاه شروع به ترمز گرفتن کن

مزایا	معایب
سادگی بالا	حوزه‌ی کاربرد محدود
پیاده‌سازی کارآمد و سریع	هوشمندی پایین
نیاز محدود به منابع	مناسب فقط برای محیط مشاهده‌پذیر کامل
	امکان گیر افتادن در حلقه‌ی بی‌نهایت در محیط مشاهده‌پذیر جزئی: اجتناب با تصادفی‌سازی رفتار

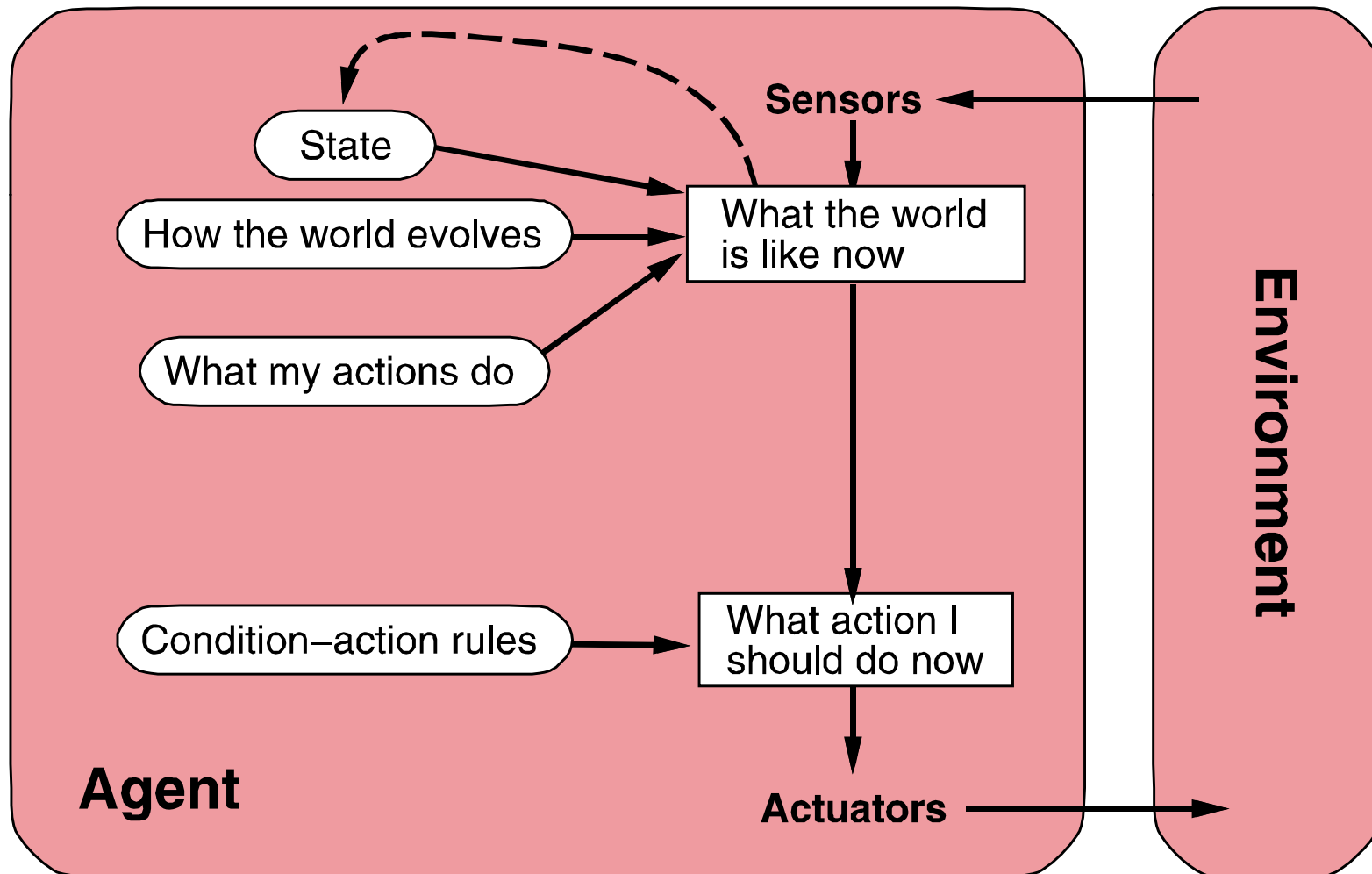
عامل واکنشی ساده

SIMPLE REFLEX AGENT

```
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
```

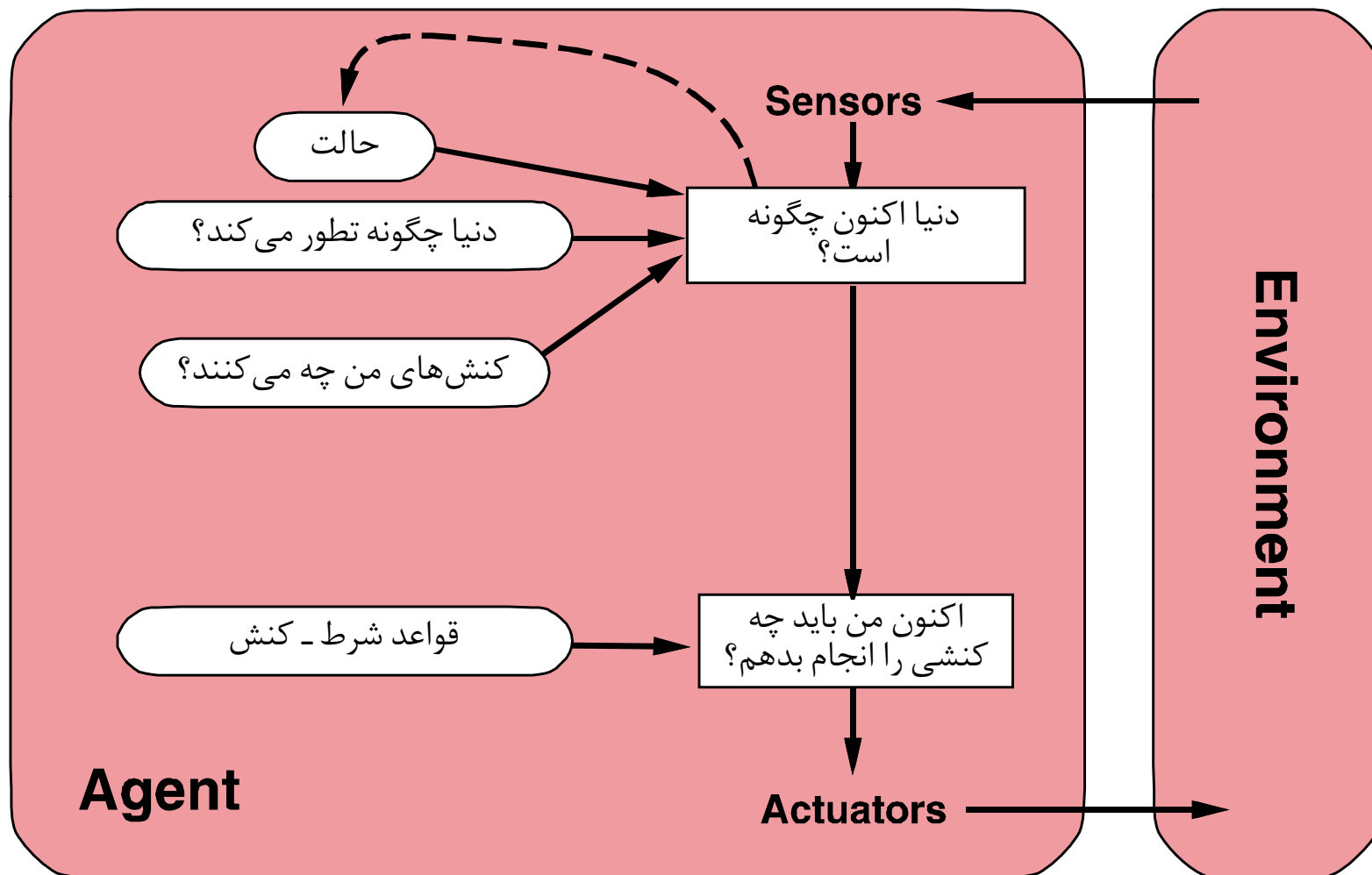
عامل واکنشی مبتنی بر مدل (واکنشی با حالت داخلی)

MODEL-BASED REFLEX AGENT (SIMPLE REFLEX WITH STATE AGENT)



عامل واکنشی مبتنی بر مدل (واکنشی با حالت داخلی)

MODEL-BASED REFLEX AGENT (SIMPLE REFLEX WITH STATE AGENT)



عامل واکنشی مبتنی بر مدل (واکنشی با حالت داخلی)

MODEL-BASED REFLEX AGENT (SIMPLE REFLEX WITH STATE AGENT)

عامل، از حالت و مدل دنیای پیرامونش
برای دنبال کردن بخش‌هایی از دنیا که همیشه نمی‌تواند ببیند، استفاده می‌کند.

مدل: شامل دو نوع اطلاعات:

- (۱) چگونگی تطور دنیا مستقل از خود عامل (مدل دنیا: ساده / پیچیده)
- (۲) چگونگی اثر کنش‌های عامل بر دنیا

مثال حالت: نگهداری فریم قبلی تصویر چراغ خوددوری جلویی

عامل واکنشی مبتنی بر مدل (واکنشی با حالت داخلی)

MODEL-BASED REFLEX AGENT (SIMPLE REFLEX WITH STATE AGENT)

function MODEL-BASED-REFLEX-AGENT(*percept*) **returns** an action

persistent: *state*, the agents current conception of the world state

model, a description of how the next state depends on current state and action

rules, a set of conditionaction rules

action, the most recent action, initially none

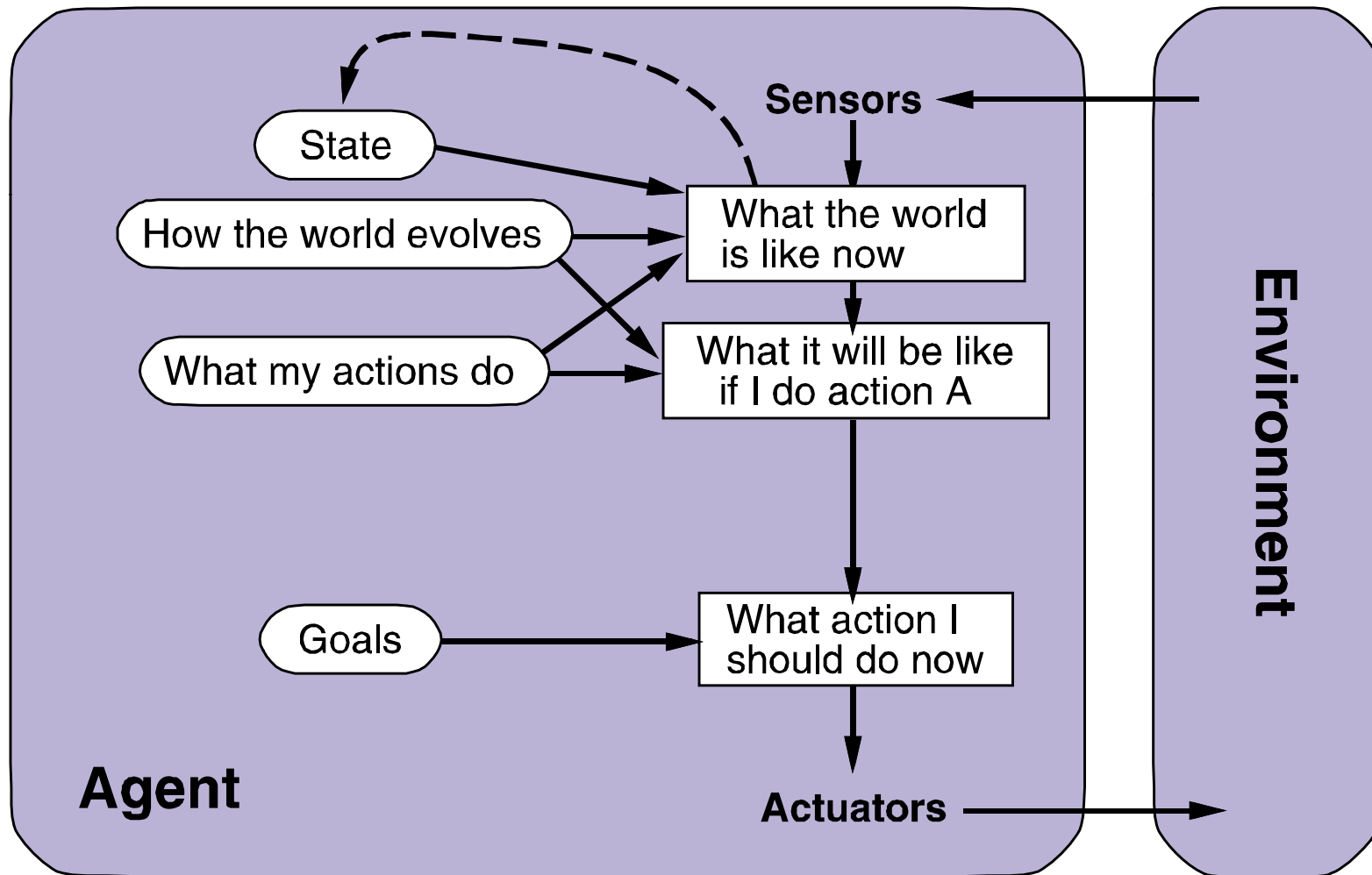
state $\leftarrow$ UPDATE - STATE(*state*, *action*, *percept*, *model*)

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

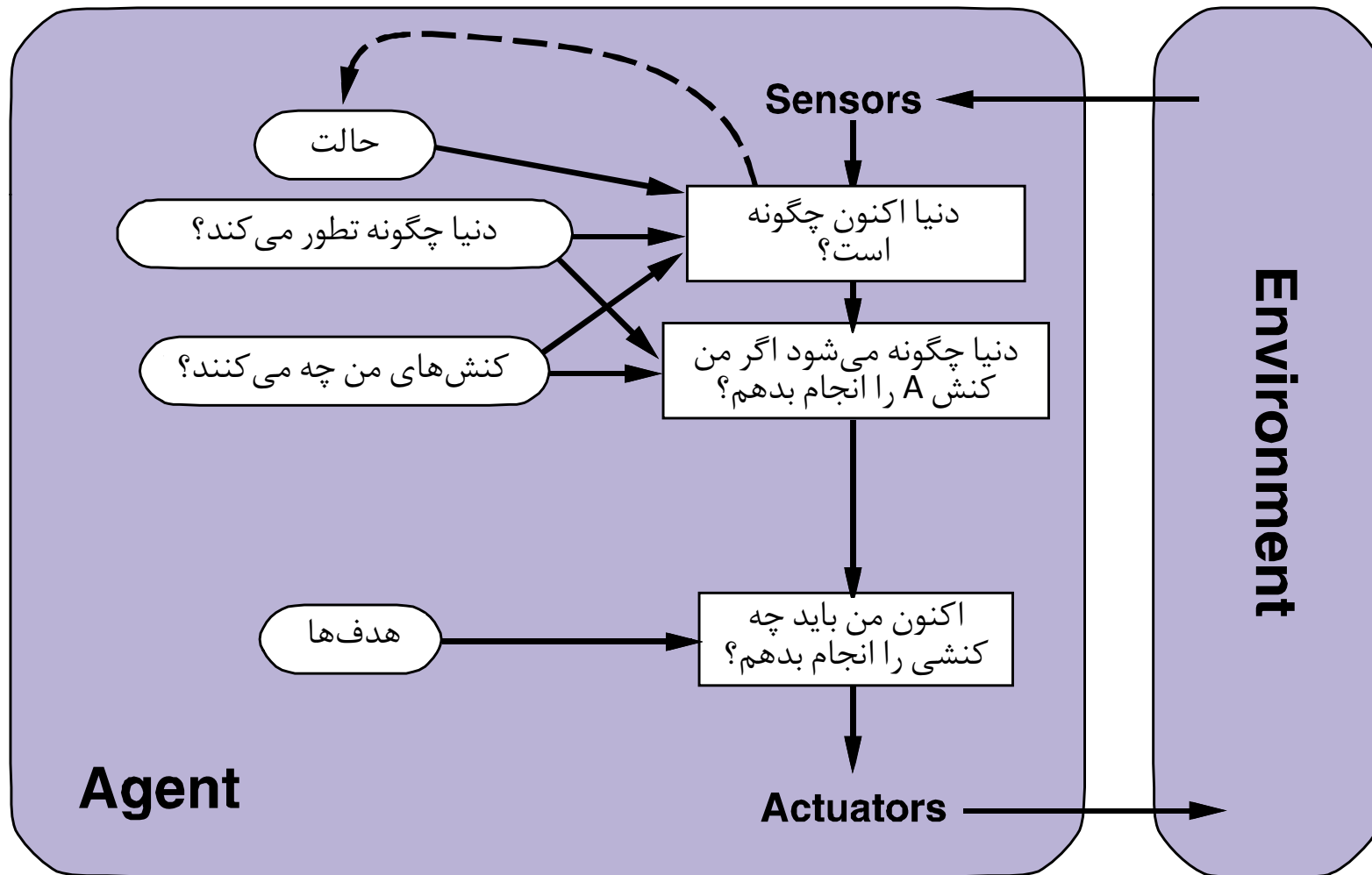
action $\leftarrow$ *rule*.ACTION

return *action*

عامل مبتنی بر هدف

GOAL-BASED AGENTS

عامل مبتنی بر هدف

GOAL-BASED AGENTS

عامل مبتنی بر هدف

GOAL-BASED AGENTS

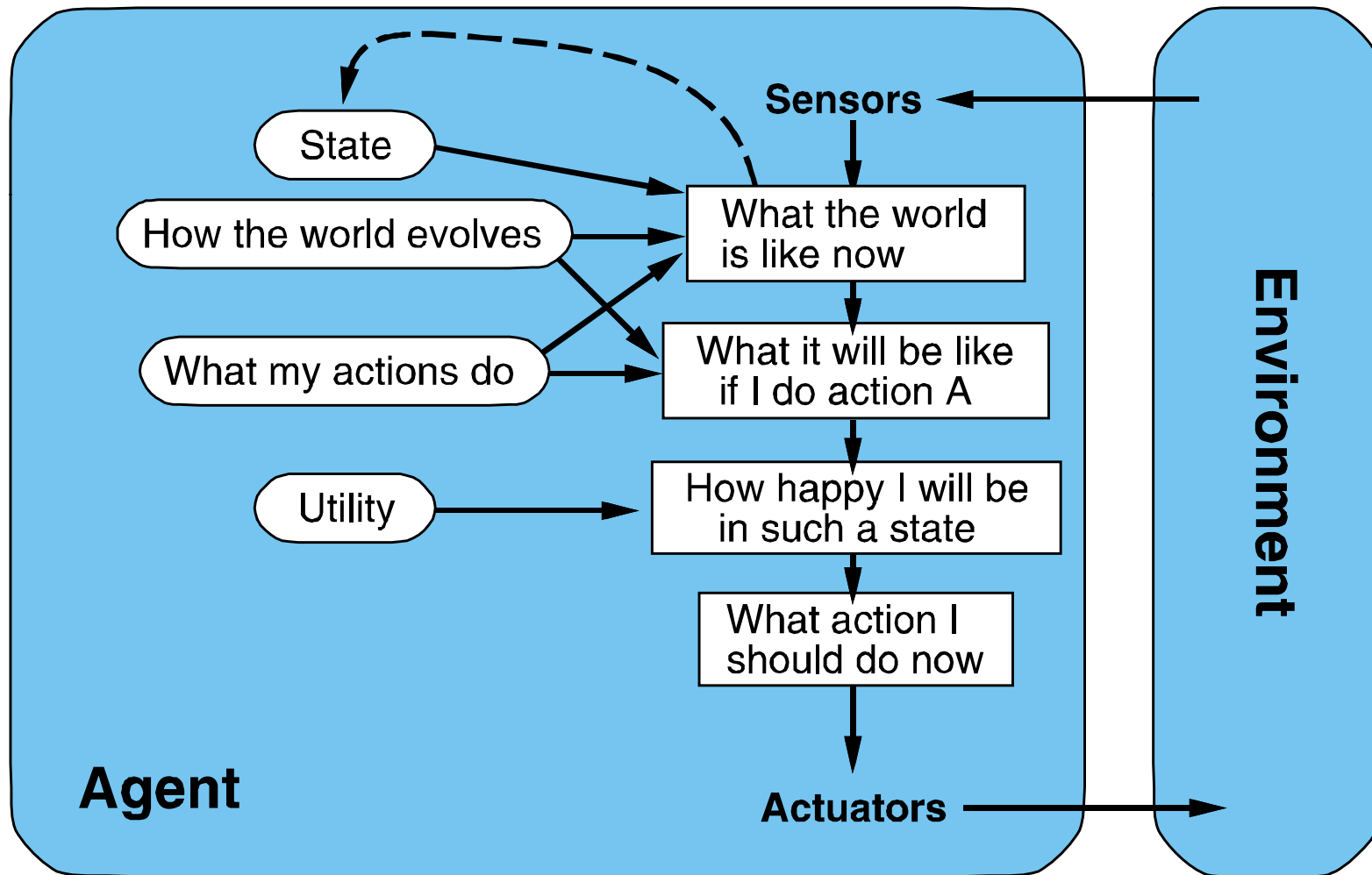
اطلاع از حالت فعلی محیط همیشه برای تصمیم‌گیری در مورد کنش بعدی کافی نیست.
عامل علاوه بر حالت فعلی، به نوعی اطلاعات در مورد هدف (حالت مطلوب) نیاز دارد.

گام‌های رسیدن به هدف

- (۱) در یک گام: یک کنش سراسر است
- (۲) در چند گام: دنباله‌ی کنش‌های عامل (تکنیک‌های جستجو؛ طرح‌ریزی)

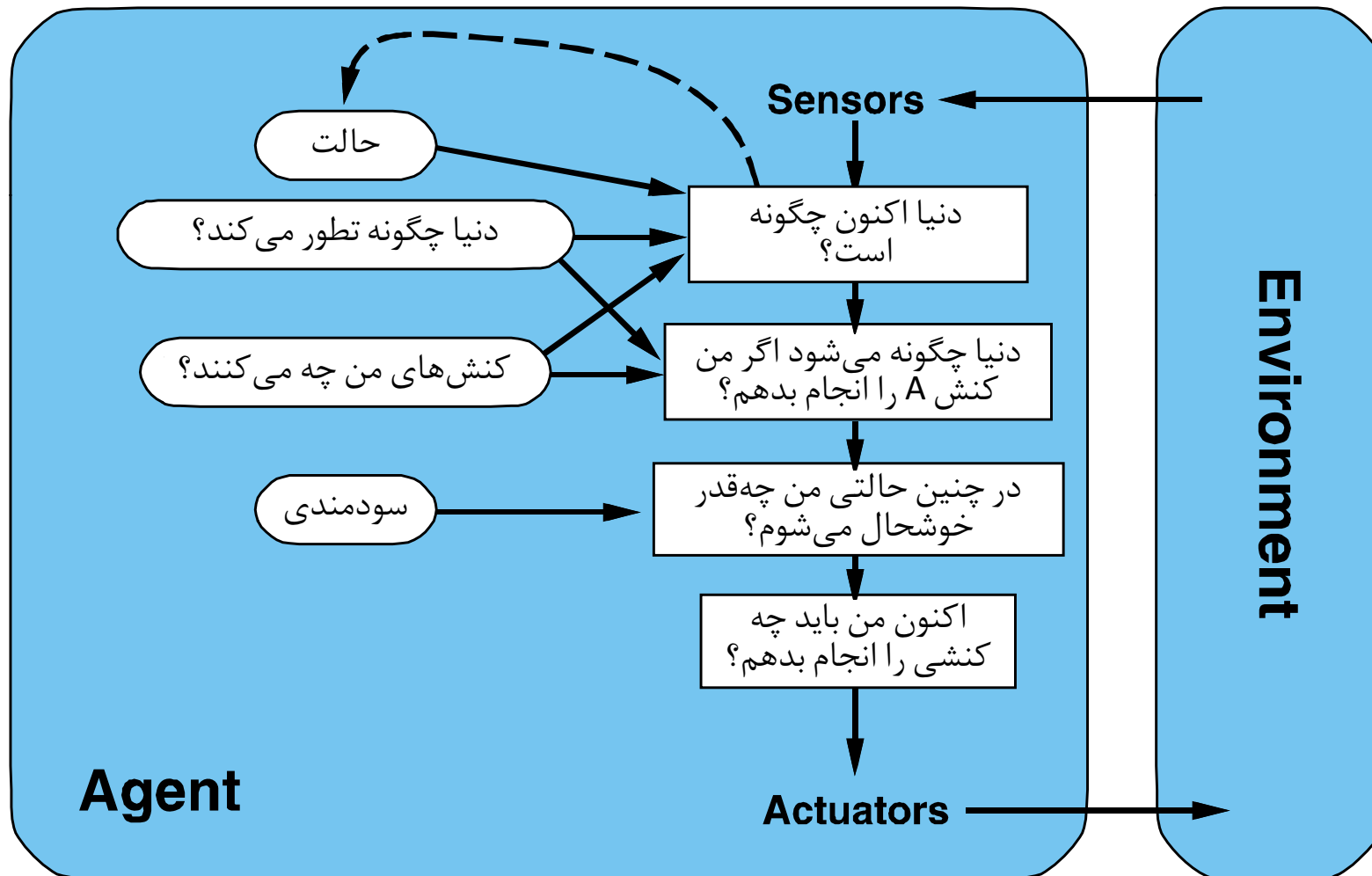
تصمیم‌گیری عامل مبتنی بر هدف، با عامل واکنشی (با قواعد شرط - کنش) اساساً متفاوت است.

عامل مبتنی بر سودمندی

UTILITY-BASED AGENTS

عامل مبتنی بر سودمندی

UTILITY-BASED AGENTS



عامل مبتنی بر سودمندی

UTILITY-BASED AGENTS

اطلاعات در مورد هدف برای دستیابی به کارآیی بهینه کافی نیست.
هدف انتخاب دنباله‌ای از کنش‌هاست که برای عامل سودمندی بیشتری دارد.

مثل سریع‌تر، امن‌تر، قابل اطمینان‌تر، ارزان‌تر، ... در مسئله‌ی تاکسی هوشمند.

استفاده از تابع سودمندی برای تصمیم‌گیری رسیونال در شرایط

- (۱) وجود اهداف **متناقض**: با ایجاد بده-بستان بین آنها (مثل سرعت و امنیت)
- (۲) وجود اهداف **چندگانه**: عامل می‌توان قصد رسیدن به آنها را داشته باشد ولی هیچ‌کدام برایش قطعیت ندارد.
امکان سنجش شانس موفقیت‌ها به میزان اهمیت اهداف.

عامل مبتنی بر سودمندی

تابع سودمندی

UTILITY FUNCTION

تابع سودمندی

(۱) حالت (دنباله‌ی حالت‌های محیط) را به یک عدد حقیقی نگاشت می‌دهد.

$$u : \mathcal{S}^* \rightarrow \mathbb{R}$$

(۲) تناقض‌ها را از طریق بده-بستان (trade-off) رفع می‌کند.

(۳) عدم اطمینان را از طریق ارائه‌ی معیاری برای شانس موفقیت رفع می‌کند.

هر عاملی که یک تابع سودمندی صریح داشته باشد، می‌تواند تصمیم‌های رسیونال بگیرد.
عامل رسیونال تلاش می‌کند که مقدار متوسط تابع سودمندی خودش را ماکزیمم کند.

نسبت میان تابع سودمندی و معیار کارایی

معیار کارایی <i>Performance Measure</i>	تابع سودمندی <i>Utility Function</i>
در اختیار محیط	در اختیار عامل
بیرونی	درونی
دارای دید سراسری (زمانی - مکانی)	دارای دید محلی (زمانی - مکانی)

موفقیت عامل به هم جهت بودن تابع سودمندی با معیار کارایی بستگی دارد.

عامل‌های یادگیرنده

یادگیری

LEARNING AGENTS

یادگیری به یک عامل اجازه می‌دهد که در محیط‌های ابتدائاً ناشناخته عمل کند و سپس از آنچه دانایی اولیه‌اش به تنهایی ممکن بود اجازه بدهد، شایسته‌تر شود.

ساخت عامل‌های هوش مصنوعی

ایجاد مؤلفه‌ی یادگیرنده و آموزش عامل

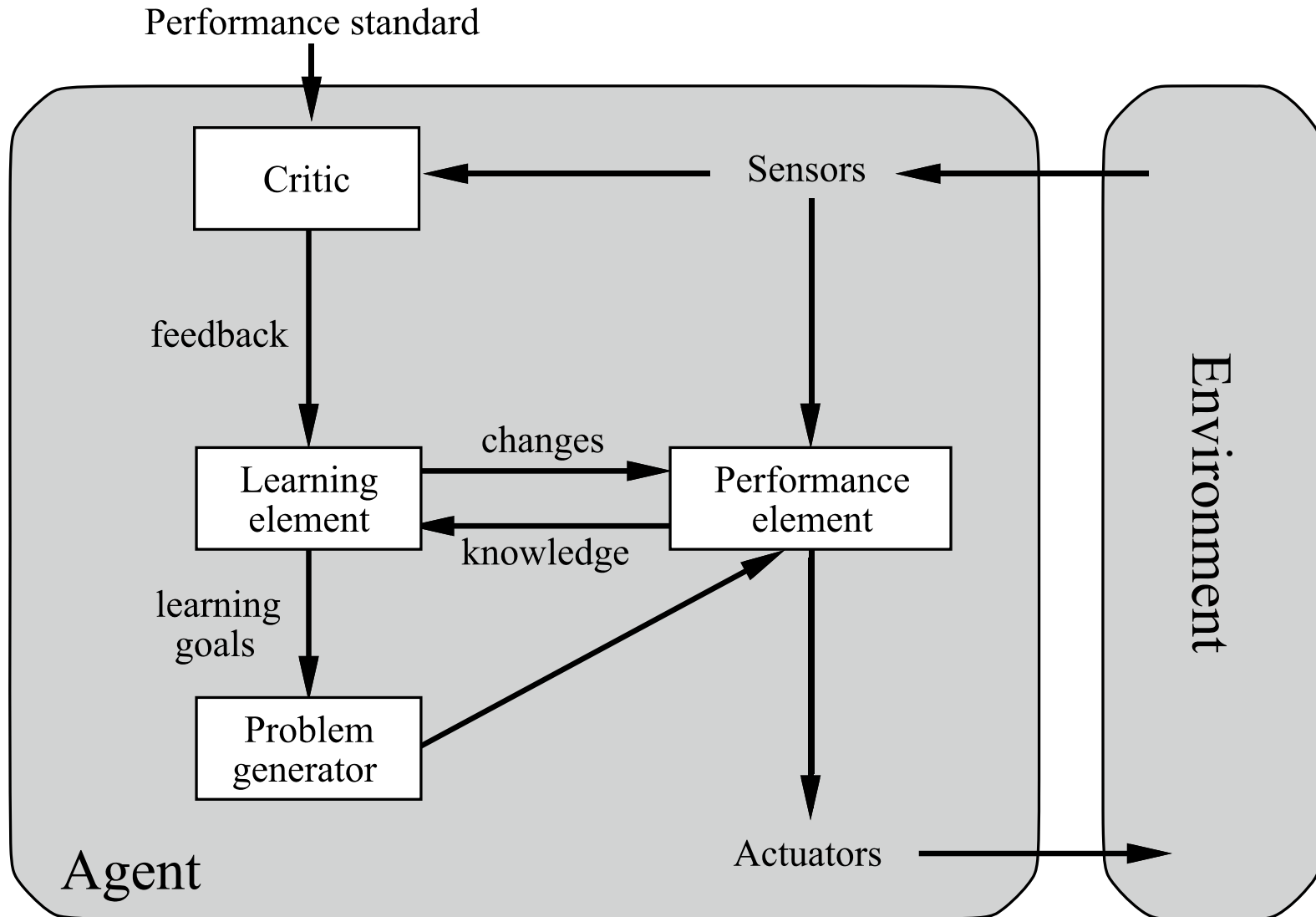
برنامه‌نویسی از صفر

● پیشنهاد آلن تورینگ (۱۹۵۰)

دو پرسش برای طراحی عامل یادگیرنده:

- (۱) عنصر انجام‌دهنده چه باشد؟ (یکی از ساختارهای چهارگانه برنامه عامل)
- (۲) چگونه یادگیری انجام شود؟ (روش‌های گوناگون و مؤلفه‌های مختلف ساختار عامل)

عوامل یادگیرنده

LEARNING AGENTS

عامل‌های یادگیرنده

اجزای داخلی

معیار کارایی استاندارد: Performance standard

منتقد

Critic

به عنصر یادگیرنده
فیدبک می‌دهد:

با توجه به یک معیار
استاندارد کارایی ثابت به
عنصر یادگیرنده می‌گوید
که عامل چه قدر خوب
عمل کرده است.

ثابت است.
باید به طور کامل خارج از عامل باشد
(عامل نباید بتواند آن را تغییر دهد).

عنصر یادگیرنده

Learning
element

مسئول بهبود
بخشیدن به کارایی:

تغییرات عنصر
انجام‌دهنده را برای بهتر
عمل کردن در آینده
مشخص می‌کند.

عنصر انجام‌دهنده

Performance
element

مسئول انتخاب کنش بیرونی:

می‌تواند هر یک از ساختارهای
چهارگانه‌ی برنامه‌ی عامل را داشته باشد.

مولد مسئله

Problem
generator

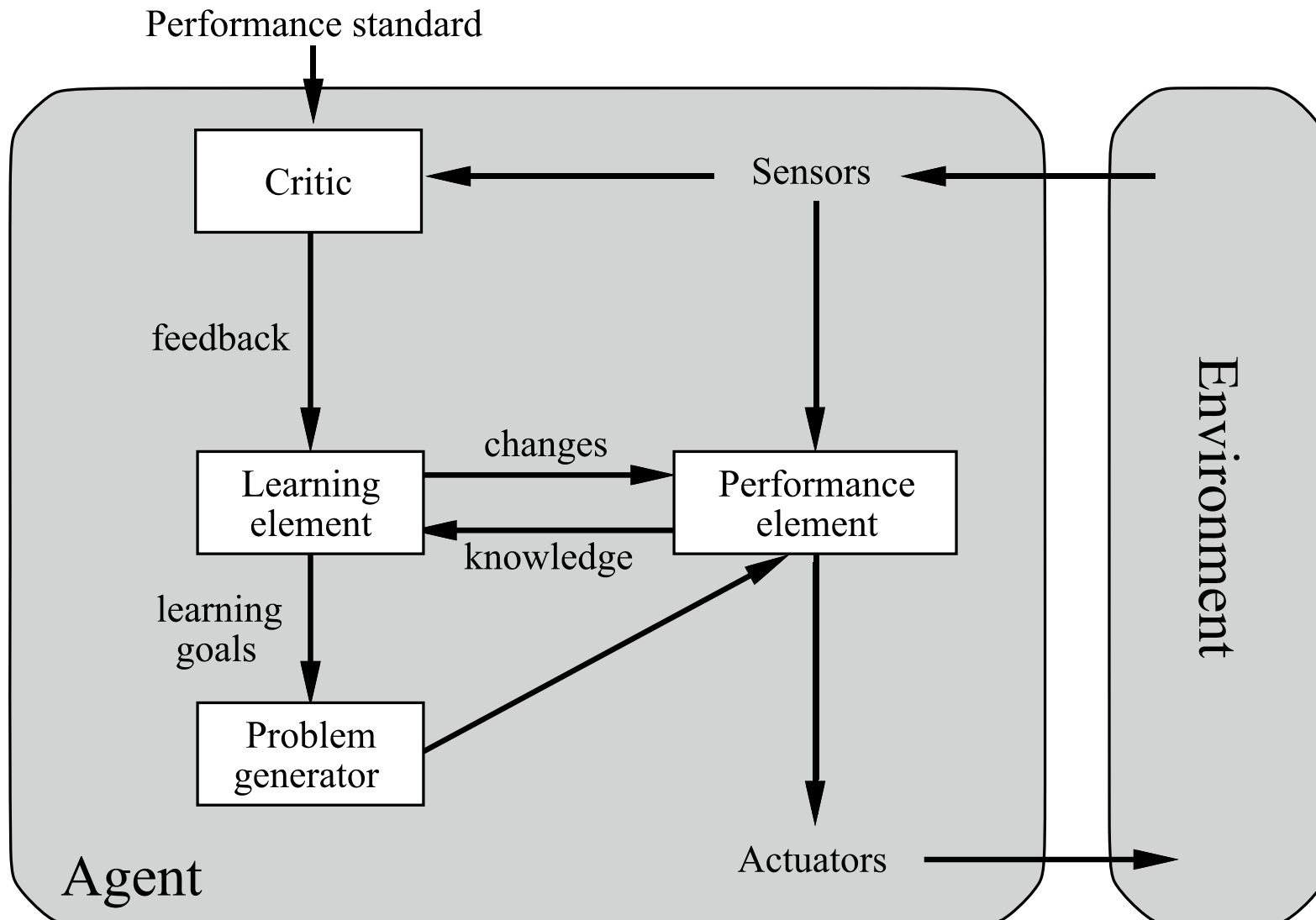
مسئول پیشنهاد کنش‌های منجر
به تجربه‌های تازه و آموزنده:

پیشنهاد کنش‌های کاوشگرانه بر
اساس اهداف یادگیری

یادگیری در عامل هوشمند: فرآیند تغییر هر جزء عامل به این منظور که

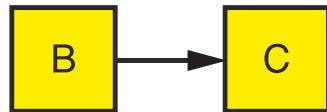
آن جزء تطابق بیشتری با اطلاعات فیدبک داشته باشد و از این طریق کارایی کل عامل بهبود یابد.

عوامل یادگیرنده

LEARNING AGENTS

نحوه‌ی کار اجزای برنامه‌های عامل

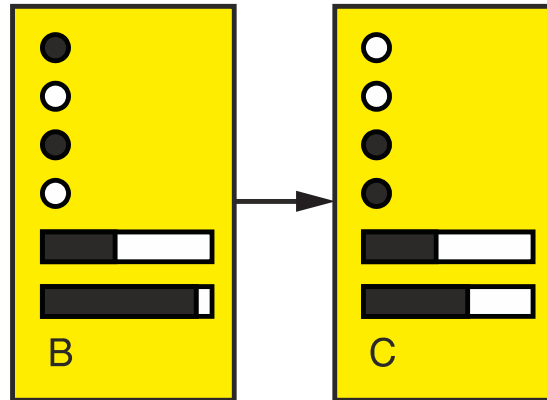
سه روش برای بازنمایی حالت‌ها و گذار بین آنها



(a) Atomic

یک حالت یک جعبه‌ی سیاه بدون ساختار داخلی است.

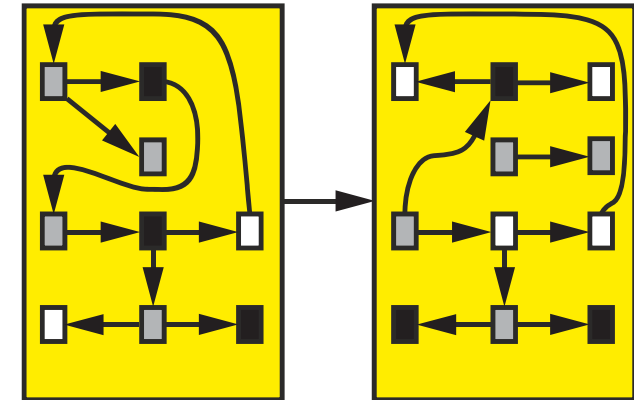
- Search
- Game-Playing
- Hidden Markov Models
- Markov Decision Process



(b) Factored

یک حالت از برداری از مقادیر خصیصه‌ها تشکیل شده است (مقادیر بولی، عدد حقیقی، لیترال).

- Constraint Satisfaction
- Propositional Logic
- Planning
- Bayesian Networks
- Machine Learning



(c) Structured

یک حالت شامل اشیایی است که می‌توانند خصیصه‌های خود و روابط با دیگر اشیاء را داشته باشند.

- Relational Databases
- First-Order Logic
- First-Order Probability Models
- Knowledge-Based Learning
- Natural Language Processing

Increase in Expressiveness

افزایش رسا بودن



نحوه‌ی کار اجزای برنامه‌های عامل

از نظر نگاشت مفاهیم به مکان‌ها در حافظه‌ی فیزیکی (در یک کامپیوتر یا در یک مغز)

بازنمایی توزیع‌شده *Distributed Representation*

بازنمایی یک مفهوم بر روی تعداد زیادی مکان حافظه پخش می‌شود و هر مکان حافظه به‌عنوان یک بخشی از بازنمایی مفاهیم مختلف چندگانه به‌کارگرفته می‌شود.

مقاوم‌تر در برابر نویز و فقدان اطلاعات

هر مفهوم یک نقطه در فضای چندبعدی است.

تغییر در چند بیت محدود،
باعث جابه‌جایی به نقطه‌ای نزدیک در آن فضا می‌شود
که معنای مشابهی دارد.

بازنمایی محلی‌گرا *Localist Representation*

وجود نگاشت یک به یک میان مفاهیم و مکان‌های حافظه

نگاشت از مفهوم به مکان حافظه به‌صورت مطلق است.

تغییر در چند بیت محدود،
باعث تولید مفهوم دیگری می‌شود
که معنای کاملاً متفاوتی دارد.

برنامه‌ی محیط

ENVIRONMENT PROGRAM

procedure **RUN-ENVIRONMENT**(*state*, UPDATE-FN, *agents*, *termination*)

inputs: *state*, the initial state of the environment

UPDATE-FN, function to modify the environment

agents, a set of agents

termination, a predicate to test when we are done

repeat

for each *agent* **in** *agents* **do**

PERCEPT[*agent*] $\leftarrow$ GET-PERCEPT(*agent*, *state*)

end

for each *agent* **in** *agents* **do**

ACTION[*agent*] $\leftarrow$ PROGRAM[*agent*](PERCEPT[*agent*])

end

state $\leftarrow$ UPDATE-FN(*actions*, *agents*, *state*)

until *termination*(*state*)

شبیه‌سازی ارتباط عامل با محیط

- دادن ورودی ادراکی به هر عامل
 - گرفتن کنش هر عامل
 - به‌روزرسانی محیط
- برنامه‌ی محیط:

برنامه‌ی محیط

به همراه ارزیابی عامل‌ها

```

function RUN-EVAL-ENVIRONMENT(state, UPDATE-FN, agents,
                                termination, PERFORMANCE-FN) returns scores
local variables: scores, a vector the same size as agents, all 0

repeat
  for each agent in agents do
    PERCEPT[agent] ← GET-PERCEPT(agent, state)
  end
  for each agent in agents do
    ACTION[agent] ← PROGRAM[agent](PERCEPT[agent])
  end
  state ← UPDATE-FN(actions, agents, state)
  scores ← PERFORMANCE-FN(scores, agents, state)
until termination(state)
return scores
  
```

/* change */

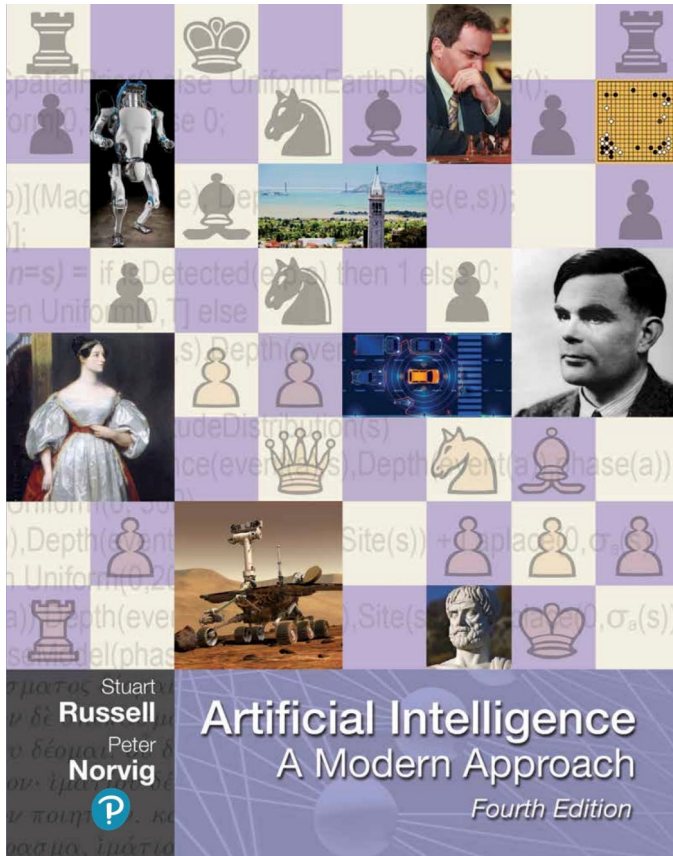
شبیه‌سازی ارتباط عامل با محیط

- برنامه‌ی محیط:
 - دادن ورودی ادراکی به هر عامل
 - گرفتن کنش هر عامل
 - به‌روزرسانی محیط
- + نگهداری امتیاز کارایی بر هر عامل

۵

منابع،
مطالعه،
تکلیف

منبع اصلی



Stuart Russell and Peter Norvig,
Artificial Intelligence: A Modern Approach,
 4th Edition, Prentice Hall, 2020.

Chapter 2