



# عامل و سیستم‌های چندعاملی

---

دکتر علی اکرمی زاده

## مقدمه‌ای بر عامل و سیستم‌های چندعاملی

تعاریف اولیه



## کلیات

- رویدادهایی که تاریخچه هوش محاسباتی را تحت تأثیر قرار داده است
  - فراگیر شدن
    - افزایش به کارگیری کامپیوترها در قبال پیچیده‌تر شدن مسائل
  - شبکه‌شدن
    - ایجاد شبکه‌های کامپیوتری
    - اینترنت
  - هوشمندی
    - به کارگیری و مدلسازی هوشمندی انسان در انجام تکالیفش
  - نمایندگی (Delegation)
    - سپردن کارها به سیستم‌های محاسب، ربات‌ها و نرم‌افزارها و اصولاً افزایش دانش کنترل
  - همگامی با انسان
    - علوم شناختی



## پیشروی برنامه‌نویسی

- پیشرفت برنامه‌نویسی
  - کدهای ماشینی
  - اسمبلی
  - زبان‌های برنامه‌نویسی مستقل از ماشین
  - زیربرنامه‌ها
  - رویه‌ها و توابع
  - شیء‌گرایی
  - عامل‌گرایی...



## چرا سیستم‌های چندعاملی

- هوشمندی و نمایندگی به دنبال این مسئله است که ماشین‌های بهتری بسازد.
  - مستقل از انسان عمل کند
  - به خوبی پاسخگوی نیاز انسان باشد.
  - تعامل مناسبی با انسان و یا سایر ماشین‌ها داشته باشد.
- شبکه‌ای شدن و گسترده شدن به دنبال استفاده بهینه از منابع و حل مسائلی است که ذاتاً گسترده هستند.
  - به خوبی همکاری، رقابت، هماهنگی، مذاکره کند.
  - ارتباطات بین آنها کارآمد و مؤثر باشد.
- این موارد را می‌توان در سیستم‌های چندعاملی دنبال کرد.



## تعاریف اولیه (عامل)

- Weiss [after Wooldridge and Jennings]:
  - “An agent is a computer system that is situated in some environment, and that is capable of autonomous action in this environment in order to meet its design objectives.”
- Russell and Norvig:
  - “An agent is just something that perceives and acts.”
- Rosenschein and Zlotkin:
  - “The more complex the considerations that [a] machine takes into account, the more justified we are in considering our computer an ‘agent,’ who acts as our surrogate in an automated encounter.”
- Shoham, 1993
  - Most often, when people use the term ‘agent’ they refer to an entity that functions continuously and autonomously in an environment in which other processes take place and other agents exist.
- IBM :
  - Intelligent agents are software entities that carry out some set of operations on behalf of a user or another program, with some degree of independence or autonomy, and in so doing, employ some knowledge or representation of the user’s goals or desires



## تعاریف اولیه (عامل)

- Ferber, p. 9:
  - “An agent is a physical or virtual entity
    - a) Which is capable of acting in an **environment**,
    - b) Which can **communicate** directly with other agents,
    - c) Which is driven by a set of **tendencies**...,
    - d) Which possesses **resources** of its own,
    - e) Which is capable of **perceiving** its environment...,
    - f) Which has only a **partial representation** of this environment...,
    - g) Which possesses **skills** and can offer **services**,
    - h) Which may be able to **reproduce** itself,
    - i) Whose behavior tends towards **satisfying its objectives**, taking account of the resources and skills available to it and depending on its perception, its representations and the communications it receives.”



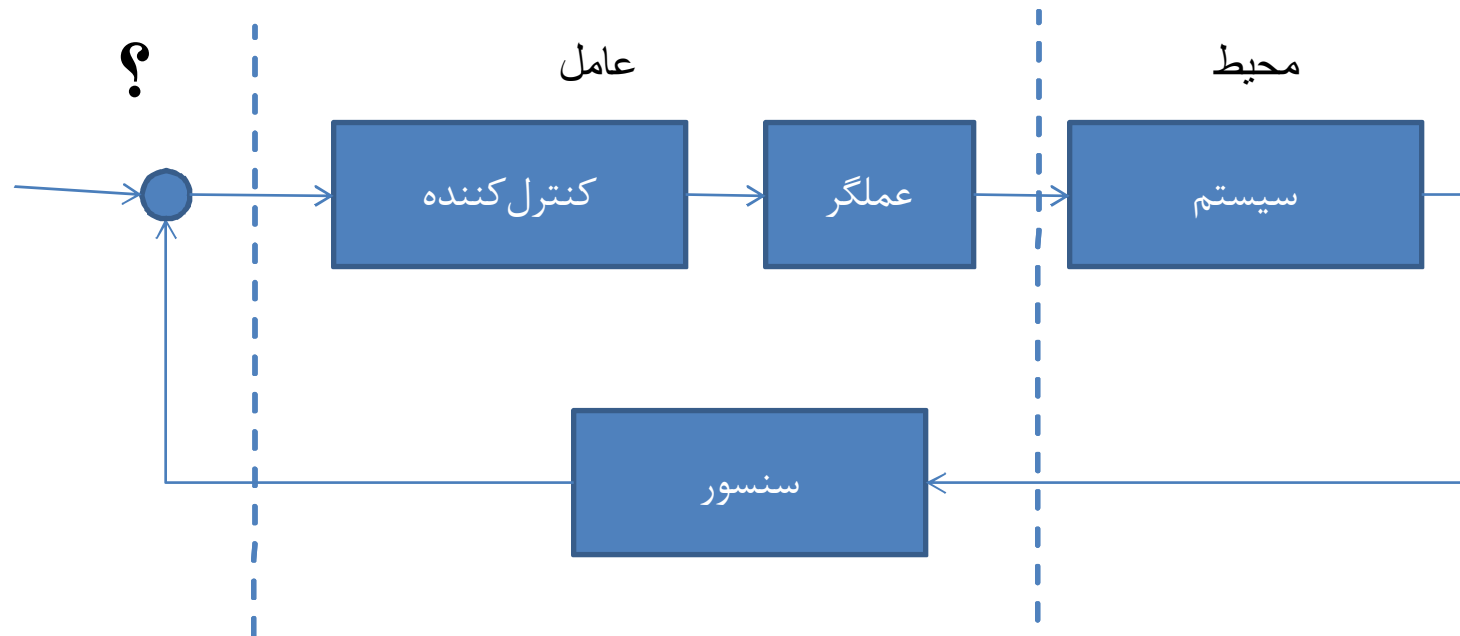
## تعاریف اولیه (خودمختاری)

- حالت یا وضعیتی که بتوان نسبت به اتخاذ تصمیم به صورت آزادانه اقدام کرد.
- Jennings and Wooldridge, p. 4:
  - “[In contrast with objects, we] think of agents as encapsulating *behavior*, in addition to state. An object does not encapsulate behavior: it has no control over the execution of methods – if an object  $x$  *invokes* a method  $m$  on an object  $y$ , then  $y$  has no control over whether  $m$  is executed or not – it just *is*. In this sense, object  $y$  is not autonomous, as it has no control over its own actions.... Because of this distinction, we do not think of agents as invoking methods (actions) on agents – rather, we tend to think of them *requesting* actions to be performed. The decision about whether to act upon the request lies with the recipient.”
- آیا استفاده از قوانین اگر-آنگاه امکان ایجاد خودمختاری را می‌دهد؟



## تعاریف اولیه (عامل)

- هر آنچه که محیط اطرافش را از طریق حسگرهایش درک کرده و بر روی محیط اطرافش از طریق عملگر عملی را به صورت خودمختار انجام دهد، **عامل** خوانده می‌شود.
- یک عامل باید **عاقل** باشد. یعنی پیوسته در حال تلاش برای بهینه‌سازی یک شاخص عملکرد باشد.
- سیستم فیدبکی، سیستمی است که از طریق سنسور از خروجی نمونه‌گیری کرده و ... شاخص عملکرد آن خطای بین حالت مشاهده شده و حالت مطلوب است.

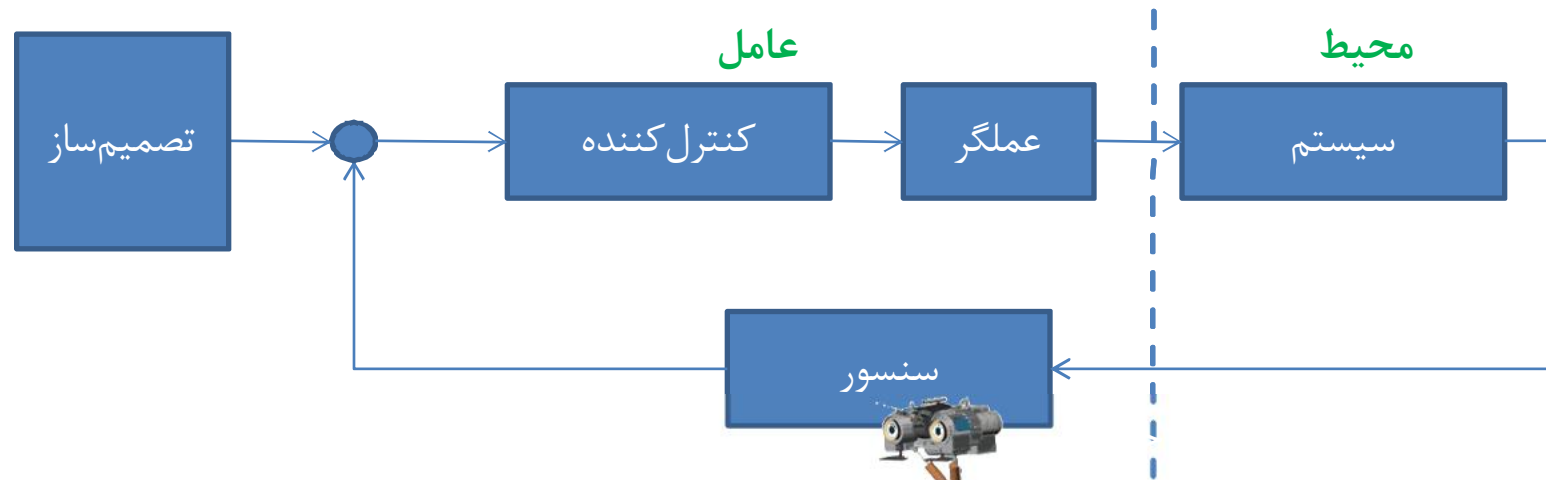






## تعریف عامل از دیدگاه تئوری سیستم‌ها

- هر سیستم فیدبکی همراه با سیستم تولید نقطه مرجع را **عامل** گویند.





## مجموعه تعاریف

"عامل یک موجود خودمختار در یک محیط است. این وجود می‌تواند با توجه به اطلاعات که از محیط دریافت و بر اساس اهدافی که دارد عمل پردازش محاسبه و تصمیم‌سازی را انجام دهد، که این خود منجر به کنشی خاص می‌گردد. آنچه که باید در نظر گرفته شود این است که اطلاعاتی که از محیط درک می‌شود ناقص است و او مجبور است در بعضی موارد دیدگاه‌های خودش را که ناشی از تجربیات گذشته‌اش است استفاده کند"

$Ag(Y, S, G, A, \delta_{int}, g, t, s_0)$

Y: Observation space

S: Internal state

G: Goals

A: Action space

$\delta_{int} : S \times Y \rightarrow S'$  : internal transition function

g: action selection distribution  $S' \times G \rightarrow [0, 1]$

$s_0$ : initial state

حالت کلی تعریف شده در سیستم‌های رخداد گسسته

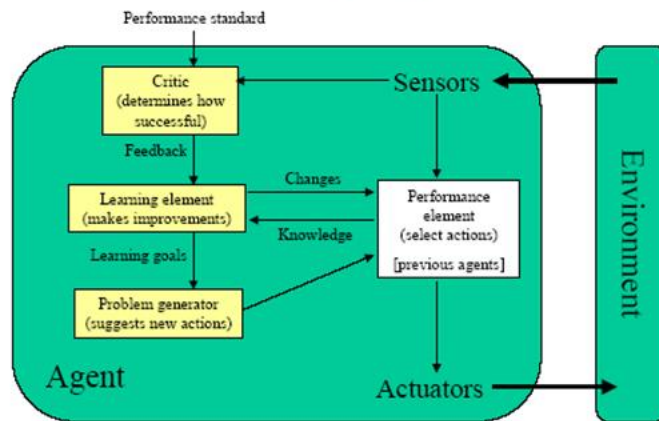
$$M = \langle Y, S, A, \delta_{int}, \delta_{ext}, \delta_{con}, \lambda, ta \rangle$$



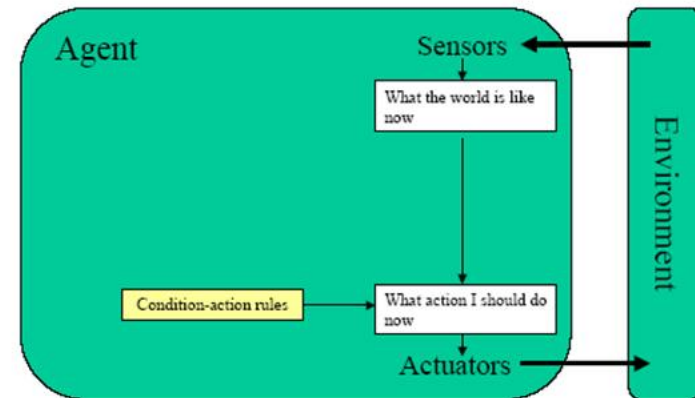
## طبقه‌بندی

### عامل واکنشی، عامل تدبیری-عامل هدفدار

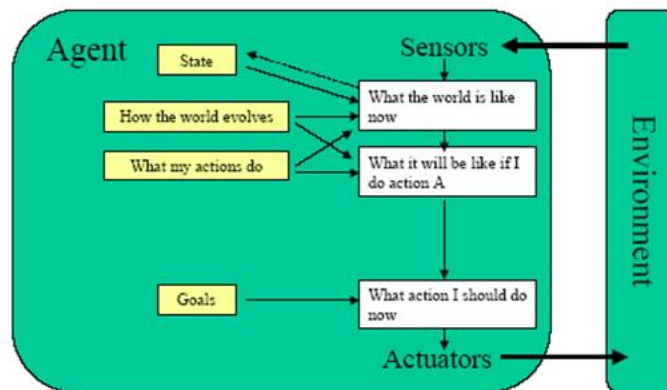
#### Learning Agents



#### Simple Reflex Agents



#### Goal-based Agents





## محیط؟...

- دنیای خارج عامل، که دارای خواص زیر است:
  - قابلیت دسترسی
    - اینکه عامل تا چه میزان به اطلاعات دقیق، کامل و به‌روز دسترسی داشته باشد.
  - قطعی
    - نتیجه انجام هر عمل واضح است
  - اپیزودیک
    - عملکرد هر عامل فقط به همان زمان وابسته است
  - استاتیک یا دینامیک
    - دینامیک: تنها عامل نیست که بر روی وضعیت محیط تأثیر می‌گذارد.
  - گسستگی یا پیوستگی
    - گسستگی: تعداد عمل‌هایی که در محیط قابل انجام است محدود است و می‌توان محیط را به تعدادات متنها از بخشها تقسیم کرد



## عامل هوشمند

- عاملی که انعطاف‌پذیر باشد، هوشمند است.
- انعطاف‌پذیری: Jennings می‌گوید انعطاف‌پذیر است اگر:
  - واکنشی باشد
    - محیط اگر استاتیک باشد که مسئله مشکل نیست. پس محیط مورد نظر دینامیک است. عامل باید قادر باشد نسبت به این تغییرات در محیط پاسخگو باشد.
  - هدفدار باشد
    - جوابگویی تنها کافی نیست. بلکه باید هدفی تحقق یابد. ممکن است محرک خارجی وجود داشته باشد یا اینکه صرفاً عملی از روی تحریکات درونی سر بزند.
    - عامل باید فرصت شناس باشد.
  - عامل باید قادر باشد هر دو هدف بالا را با هم ترکیب کند.
  - قابلیت برقراری رابطه
    - با سایر عامل‌ها یا انسان‌ها رابطه برقرار کند.



## تفاوت عامل با شیء

- هر شیء
  - دارای حالت است.
  - قابلیت برقراری تماس دارد.
  - دارای روش (method) است که بر مبنای حالت‌ها می‌تواند عملیاتی را انجام دهد.
- ولی عامل‌ها علاوه بر آن
  - خودمختار هستند.
  - فعال هستند.
  - هوش دارند و انعطاف‌پذیری برای آنها تعریف می‌شود.

*Objects do it for free while agent do it for money!!!*



## تفاوت عامل با سیستم خبره

- سیستم خبره صرفاً تجربیاتی را در مورد یک زمینه خاص گردآورده است.
- با توجه به اطلاعاتی که دریافت می‌کند و دانش که اندوخته است، خروجی تولید می‌کند.
- نوع خاصی از عامل را می‌توان یک سیستم خبره زمان-حقیقی دانست.
- عامل باید توانایی انجام کاری را داشته باشد ولی سیستم خبره اینگونه نیست.
- سیستم خبره اگر در خارج از حوزه دانش خود قرار گیرد بعضاً جوابهایی بسیار دور از واقع می‌دهد.



## تعاریف اولیه (جمع‌بندی)

- عامل: به صورت خودمختار محیط را مشاهده و بر اساس آن بر روی محیط عملی انجام دهد.
- عامل عاقل: یک عامل باید عاقل باشد یعنی یک پیوسته به دنبال بهینه‌سازی یک شاخص اجرایی باشد. پس صفت عاقل حذف می‌شود.
- عامل هوشمند: عاملی که در محیط به صورت انعطاف‌پذیر عامل کند. (واکنشی، هدفدار و اجتماعی)
- عامل یادگیرنده: عاملی که دارای مکانیزم یادگیری باشد.





## تعریف سیستم چندعاملی

- گروهی از عامل‌ها را که با هم تقابل دارند، **سیستم‌های چندعاملی** می‌خوانند.
- تقابل یعنی توانایی انجام...
  - همکاری،
  - هماهنگی،
  - ایجاد ارتباط،
  - رقابت و
  - مذاکره
- مشخصه‌های فوق‌ایجاد کننده توانایی یادگیری در بین گروه است. پس یادگیری شرط اصلی در تعریف سیستم‌های چندعاملی است. حال آنکه در تعریف عامل اینگونه نیست.
- قابل استفاده در کاربردهایی که چندین تصمیم‌ساز به صورت مستقل ولی با هم وظیفه‌ای را انجام می‌دهند.
  - مدلسازی
  - آنالیز
  - طراحی



## مزایا در مقایسه با سیستم‌های کلاسیک

- افزایش کارایی « به دلیل ساختار موازی
- مقاومت و قابلیت اطمینان « همپوشانی توانایی‌ها
- سادگی طراحی، توسعه و نگهداری
- انعطاف پذیری و قابلیت اندازه‌بندی « ماژولار بودن



## ایراداتی که وارد می‌سازند

- در واقع همان سیستم‌های موازی یا همزمان است؟!
  - هر چند که از آنها زیاد استفاده می‌کند، ولی خودمختاری عامل‌ها فرض مهمی است که در سیستم‌های ذکر شده اینگونه نیست. عامل‌ها بر اساس سود و زیان نسبت به همکاری با هم اقدام می‌کنند.
- همان هوش مصنوعی معمولی است؟!
  - لزومی ندارد از تکنیک‌های هوش مصنوعی استفاده کرد. بلکه آنها نیز ابزاری هستند که قابل استفاده می‌باشند.
  - قابلیت هم‌زیستی مسئله مهمی است که جایگاه تعریف‌شده‌ای در سیستم‌های هوش مصنوعی کلاسیک ندارد.
- همان تئوری بازی است؟!
  - هر چند که می‌توان از آن استفاده کرد ولی همچون تئوری بازی مفاهمی توصیفی درباره جواب در اختیار نمی‌گذارد. عامل‌ها محاسباتی بوده و دارای منابع محدود هستند.
- همان علوم اجتماعی است؟!
  - هر چند از آن الهام گرفته شده است ولی محدود به آن نیست



## طبقه‌بندی سیستم‌های چندعاملی

### • طبقه‌بندی بر اساس خواص مرتبط با عامل

#### – درجه همسانی

- عامل‌هایی همسان هستند که تابع انتقال، تابع توزیع تصمیم‌سازی و نقشه حالات درونی عاملها یکسان باشد.

#### – سازگاری در هدف

- در یک گروه چندعاملی همه به دنبال یک هدف ولی در عاملهای رقیب هر کدام به دنبال هدف خودش است.

#### – درجه همکاری

- در عامل‌های خودخواه، هر عامل به سمت رسیدن به هدف خود حرکت می‌کند ولی در عامل‌های همکار، برای رسیدن به هدف، یک عامل به عامل دیگر کمک خواهد کرد.

#### – درجه تدبیر

- میزان استفاده عامل از نقشه حالات را در تصمیم‌سازی بیان می‌کند.



## تعامل بین عاملها (همکاری)

- عامل‌ها با یکدیگر همکاری می‌کنند تا به یکدیگر در رسیدن به اهدافشان (نه الزاماً هدف مشترک) کمک کنند.
- این کار مزایایی دارد:
  - کارها سریعتر انجام می‌شود
  - بعضی زمانها در صورتی که منابع تقسیم نشود اصلاً کارها انجام پذیر نیست
  - توانایی انجام کارها بالا می‌رود
  - احتمال کاهش تداخل و خرابکاری در کار یکدیگر کاهش می‌یابد
- همکاری در چند شکل انجام می‌شود:
  - اتفاقی
  - با قصد قبلی (یک طرفه و دو طرفه)
- وظایف به اجزاء کوچکتر تقسیم می‌شوند:
  - مکانیزم بازاری: توافقات دوطرفه یا تعمیم یافته
  - مکانیزم قراردادی: به مزایده گذاشتن
  - عاملهای برنامه‌ریز: عامل‌های خاصی وظیفه تقسیم وظایف را دارند
  - ساختار سازمان یافته: از قبل وظایف معرفی شده‌اند



## تعامل بین عاملها (هماهنگی)

- مکانیزمی است برای مطمئن شدن از ایجاد یک رابطه منطقی بین فعالیتها
- تماس بین عاملها و آنچه بین آنها ردوبدل می‌شود بسیار حیاتی است.



## تعامل بین عاملها (مذاکره)

- تعریف ۱: پروسه افزایش کارایی (از طریق کاهش عدم سازگاری یا عدم قطعیت) با توجه به دیدگاه‌های مشترک را مذاکره گویند.
- تعریف ۲: پروسه‌ای که طی آن حداقل دو گروه درگیر قصد رسیدن به یک توافق‌نامه‌ای را دارند که برای آنها حداکثر سود را داشته باشد.
- تعریف ۳: پروسه‌ای که در آن طرفین دارای هدف متفاوت بوده ولی قصد رسیدن به یک تصمیم مشترک را دارند.



## تعامل بین عاملها (مذاکره)

- اجزاء مذاکره
  - مبادله: اعلام آنچه در اختیار خواهد گذاشت در ازای آنچه بدست می‌آورد
  - مزایده: پیشنهاد قیمت دادن
  - قرارداد: تعهد به انجام موضوع در ازای دریافت خدمات متقابل
- پروسه مذاکره
  - عامل آنچه را که نیاز دارد شناسایی می‌کند و سپس عامل یا عامل‌هایی را که می‌توانند در انجامش کمک کنند را فرا می‌خواند
  - سایر عامل‌ها به بررسی مسئله از دید خودشان می‌پردازند و پیشنهاد می‌دهند
  - عامل نیازمند مسئله را بررسی و قبول می‌کند
  - عامل تهیه‌کننده تعهد به اجرا می‌دهد
- روشها مذاکره
  - مبتنی بر روش تئوری بازی
  - روشهای هیورستیک: عامل با کمک روشهای هیورستیک به اصلاح پیشنهاد خود می‌پردازد
  - مباحثه‌ای: عامل با بحث‌ها منطقی به مذاکره می‌پردازد





## یادگیری در سیستم‌های چندعاملی

- طبقه‌بندی یادگیری (می‌توان به هدف یکسان یا اهداف متفاوت دست یافت)
  - یادگیری متمرکز
    - هر عامل به صورت مستقل آموزش می‌بیند
  - یادگیری غیر متمرکز
    - چندعامل با هم در یادگیری شرکت می‌کنند
  - روشهای مختلط
- تکنیک‌های یادگیری
  - یادگیری از روی عادت و تکرار
  - یادگیری از روی دستور و توصیه
  - یادگیری از روی مثال و تمرین
  - یادگیری از روی قیاس
  - یادگیری از روی اکتشاف
  - یادگیر از روی فیدبک
    - آموزش نظارتی (معلم)
    - آموزش تقویتی (نقد)
    - آموزش غیرناظری (مشاهده‌گر)
  - تعیین ارزش فیدبک

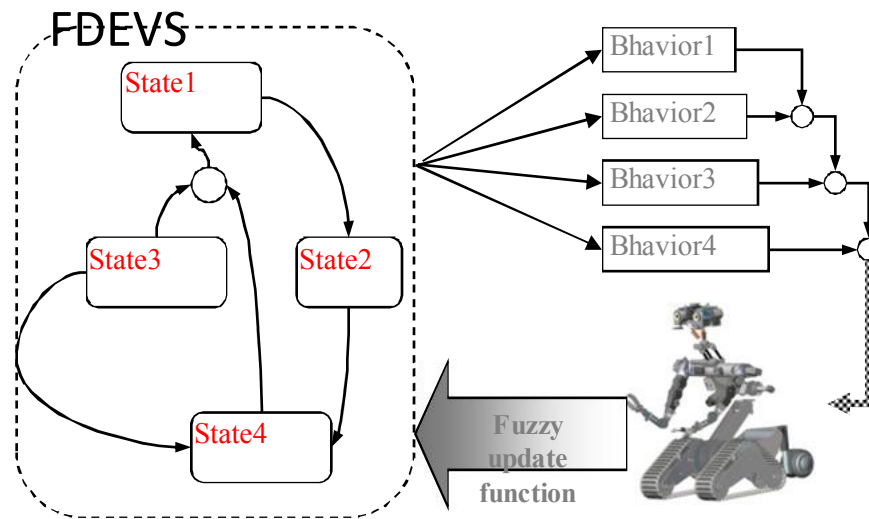


## سیستم‌های رفتارگرا

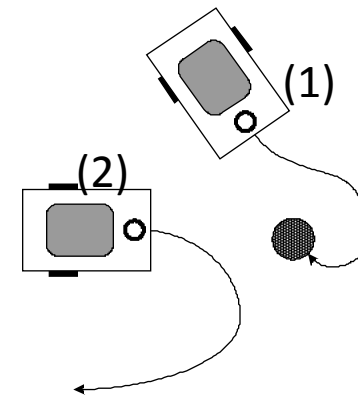
- Properties
  - **Necessity**, each behavior provides its exclusive goal.
  - **Sufficiency**, set of basic behaviors suffices to accomplish a set of tasks.
  - **Simplicity**, they must simply being achieved.
  - **Locality**, they can be implemented with respect to local information.
  - **Correctness**, a particular basic behavior must fit in its testbed.
  - **Stability**, keep system stability despite external disturbances.
  - **Repeatability**, during several experiments with identical condition behaviors must be repeated with some specified error.
  - **Scalability**, preserve flexibility as the size of the group changes.



## سیستم‌های رفتارگرا



Subsumption architecture



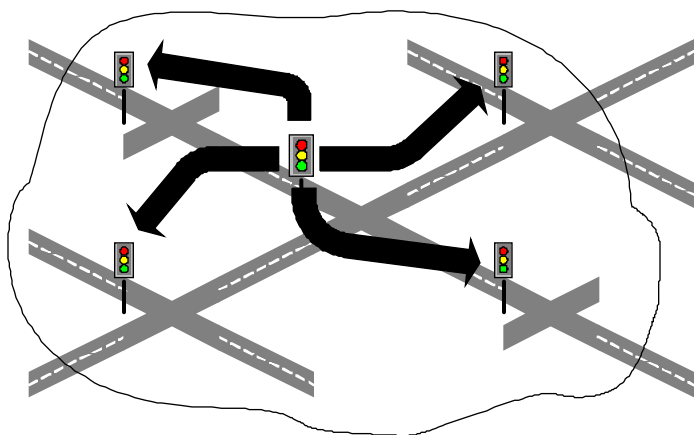
Agent (2) has more energy and lower enthusiasm to act for target reaching



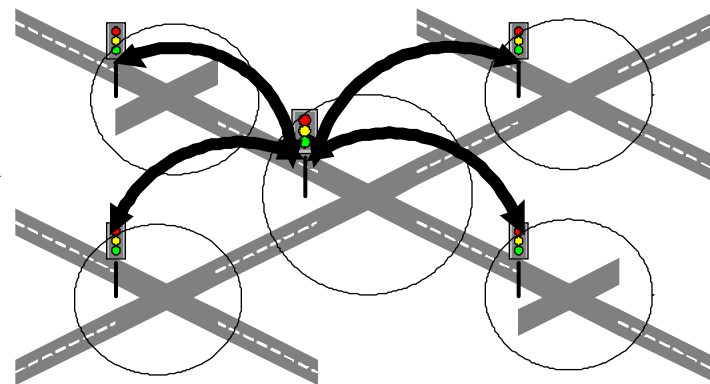
## کاربردهای غیرنظامی

- کنترل هوشمند ترافیک
- مدلسازی اجتماعی
- کنترل شبکه‌ای
- آموزش هدفدار
- مدیریت غیر متمرکز
- خدمات اینترنت
- حمل و نقل هوشمند
- سیستم‌های DSS

Flexible manufacturing system



More communication  
More intelligence  
Less cooperation  
Less computation



Multiagent based urban traffic control



## کاربردهای نظامی

- هدفگیری موثر برای چند هدفی-چند سلاحي (hunter and pray)
- مدلسازی رفتار
- برنامه‌ریز مؤثر جنگ غیرمتمرکز
- شبکه‌های دفاعی هوشمند
- ...