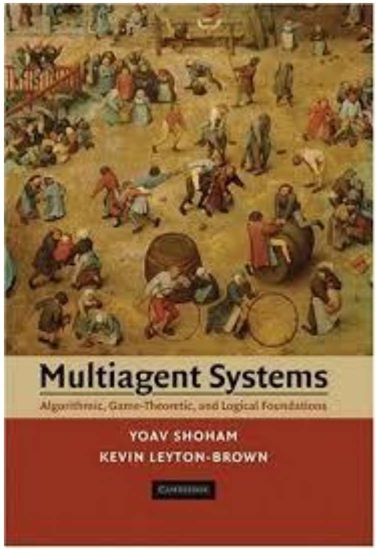
سیستم‌های چندعاملی
معرفی

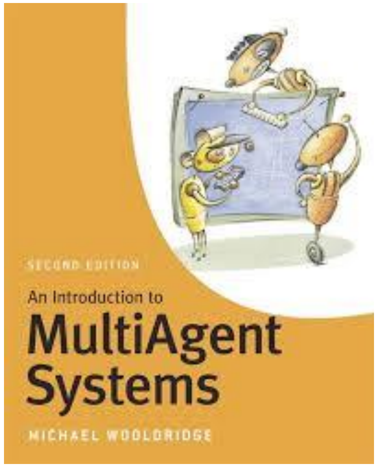
منابع و مراجع



سیستم‌های چندعاملی: مبانی الگوریتمی، نظریه بازی و منطقی

شوهام و لیتون-براون، ۲۰۱۰

انتشارات دانشگاه کمبریج



مقدمه‌ای بر سیستم‌های چندعاملی. [ویراست دوم]

مایکل وولدریج، ۲۰۰۹

معرفی

تمرکز درس. سیستم‌های چندعاملی خود علاقه‌مند

نوعی از سیستم‌های چندعاملی رقابتی

مطالعه عامل‌های هوشمند [خودمختار]

مسائل اصلی.

همکاری

هماهنگی

غلبه بر منفعت طلبی عامل‌ها برای رسیدن به اهداف در سطح سیستم

معرفی

انگیزه. افزایش موقعیت‌های شامل چندین عامل خودعلاقه‌مند دارای تعامل

- شبکه‌ها
- بازارهای الکترونیکی
- بازی‌ها
- ...

عامل‌ها برای این که بتوانند بهینه عمل کنند، قبل از انتخاب عمل باید رفتار عامل‌های دیگر را نیز در نظر بگیرند.

اهداف.

- بررسی روش‌های رفتار و تعامل عامل‌ها [نظریه بازی‌ها]
- طراحی سیستم‌هایی که در آنها عامل‌ها به گونه‌ای که عمل کنند که ما می‌خواهیم [طراحی مکانیزم]

انفجار تحقیقاتی

اسامی مختلف.

نظریه بازی الگوریتمی

نظریه بازی محاسباتی

طراحی مکانیزم محاسباتی

طراحی مکانیزم الگوریتمی توزیع شده

مجله‌ها و کنفرانس‌ها.

AAAI، AAMAS، UAI، NIPS، PODC، SIGCOM، INFOCOMM، SODA و ...

کارگروه‌ها و جلسات متعدد

معرفی

فهرست اجمالی.

- معرفی نظریه بازی‌ها، طراحی مکانیزم و انتخاب اجتماعی
- مطالعه چگونگی استفاده از این مفاهیم در علوم کامپیوتری و به ویژه هوش مصنوعی
- بررسی و مطالعه مسائل مربوط به پیچیدگی محاسباتی

ساختار درس.

- تدریس کلاسی
- مقالات پژوهشی مربوط به چند سال اخیر

ارزیابی

حضور فعال در کلاس: ۱۰٪

تمرینات مربوط به نظریه بازی و طراحی مکانیزم: ۱۵٪

ارائه کلاسی: ۱۵٪

مرور مقالات و پروژه تحقیقاتی: ۲۰٪

آزمون پایان ترم: ۴۰٪

پیش‌نیازها

- آشنایی با اصول برنامه‌نویسی. [ترجیحاً شی‌گرا]
- آشنایی با روش‌های تحلیل و طراحی الگوریتم‌ها.
- آشنایی با روش‌های اثبات ریاضی و احتمالات.
- گذراندن درس هوش مصنوعی.
  - برخی از مطالب مورد نیاز از درس هوش مصنوعی در کلاس پوشش داده خواهد شد.

ارائه‌های کلاسی

- هر دانشجو یک مقاله تحقیقاتی را در کلاس ارائه خواهد کرد:
  - یک مقاله مروری کوتاه + نقد و بررسی

- همه افراد کلاس باید یک بازخورد از هر ارائه فراهم کنند.

- نمره‌دهی ارائه:
  - نحوه پوشش دهی مطالب
  - سازمان
  - نحوه ارائه

نکاتی درباره مقاله‌ها

سهم و ایده اصلی مقاله

دلایل اهمیت

فرضیات

کاربردهای احتمالی ناشی از نتایج

بررسی قابلیت گسترش کار انجام شده

ابهامات

...

نکاتی درباره پروژه‌ها

هدف اصلی. ایجاد یک درک عمیق در رابطه با یکی از موضوعات مرتبط با درس!

موضوع پروژه. کاملاً باز

- مطالعه نظری، مطالعه آزمایشگاهی، مرور منابع
- می‌تواند به موضوع پروژه شما مرتبط باشد.

ارائه.

- نتایج حاصل از پروژه‌ها در کلاس ارائه خواهد شد.

عناوین

عناوین.

بازی‌ها (نرمال، گسترش یافته، تکرار شونده، اتفاقی، بیزی)

محاسبه راه‌حل

انتخاب اجتماعی

طراحی مکانیزم

حراجی‌ها (تک کالایی و ترکیبی)

تیم‌ها و همکاری

یادگیری چندعاملی

کاربردها

مثال مقدماتی

بازی نمره

بازی نمره.

دو نفر وجود دارند که هر کدام به صورت جداگانه می توانند یکی از حروف آلفا و بتا را انتخاب کنند (بدون این که هر کدام از تصمیم دیگری با خبر باشد)

اگر هر دو آلفا را انتخاب کنند، نمره آنها -B خواهد بود.

اگر هر دو بتا را انتخاب کنند، نمره آنها +B خواهد بود.

اگر یکی آلفا و دیگری بتا را انتخاب کند، کسی که آلفا را انتخاب کرده نمره A و دیگری نمره C دریافت خواهد کرد.

بازی نمره

نمایش بازی (خلاصه).

نمره من

Me \ Pair	α	β
α	B-	A
β	C	B+

نمره رقیب

Me \ Pair	α	β
α	B-	C
β	A	B+

ماتریس منفعت

Me \ Pair	α	β
α	B-, B-	A, C
β	C, A	B+, B+

یک پیامد

بازی نمره

نمایش منفعت (سودمندی).

Pair

Me	α	β
α	0	3
β	-1	1

سودمندی من

Pair

Me	α	β
α	0	-1
β	3	1

سودمندی رقیب

Pair

Me	α	β
α	0, 0	3, -1
β	-1, 3	1, 1

ماتریس منفعت

تعاریف غیر رسمی

نظریه بازی. مطالعه وضعیت‌های استراتژیک.

وضعیت استراتژیک. منفعت یک بازیکن نه تنها به عمل (استراتژی) خود بستگی دارد، بلکه به عمل بازیکن‌های دیگر نیز بستگی دارد.

عامل خود علاقه‌مند [منفعت طلب]. برای هر بازیکن تنها منفعت خودش مهم است!

تعاریف غیر رسمی

استراتژی اکیداً غالب. استراتژی α بر استراتژی β اکیداً غالب است، اگر بدون توجه به استراتژی انتخاب شده به وسیله سایر بازیکن‌ها، سودمندی حاصل از انتخاب استراتژی α همواره از سودمندی حاصل از انتخاب استراتژی β بیشتر باشد.

س. آیا در بازی نمره یک استراتژی اکیداً غالب وجود دارد؟

درس اول. هرگز یک استراتژی اکیداً مغلوب را بازی نکنید.

درس دوم. انتخاب منطقی لزوماً بیشترین منفعت را به همراه ندارد. [معمای زندانی‌ها]

معمای زندانی‌ها

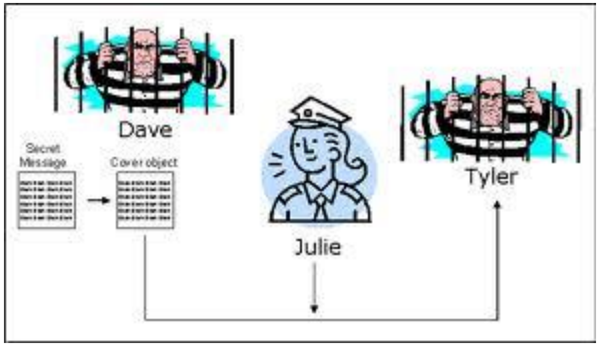
معمای زندانی‌ها.

دو مرد متهم هستند که با هم در یک جنایت دست داشته‌اند و اکنون در دو سلول جداگانه زندانی هستند. این دو زندانی هیچ راهی برای برقراری ارتباط با یکدیگر و در نتیجه رسیدن به یک توافق ندارند. همچنین به آنها گفته شده است:

اگر یکی از آنها به دست داشتن در جنایت اعتراف کند و دیگری انکار کند، شخصی که اعتراف کرده آزاد خواهد شد و دیگری به سه سال حبس محکوم می‌شود.

اگر هر دو به دست داشتن در جنایت اعتراف کنند، آنگاه هر کدام به دو سال حبس محکوم می‌شوند.

همچنین هر دو زندانی می‌دانند که اگر هیچ کدام اعتراف نکنند، هر کدام به یک سال حبس محکوم می‌شوند.



معمای زندانی ها

ماتریس منفعت. می‌توان سناریوی قبل را با استفاده از یک ماتریس منفعت نمایش داد:

	سکوت	اعتراف
اعتراف	0 , -3	-2 , -2
سکوت	-1 , -1	-3 , 0

توجه. مقادیر دقیق منفعت نقش مهمی ندارند و فقط مقادیر نسبی آنها اهمیت دارد.

بنابراین، شکل عمومی ماتریس منفعت در معمای زندانی‌ها را می‌توان به صورت زیر نمایش داد:

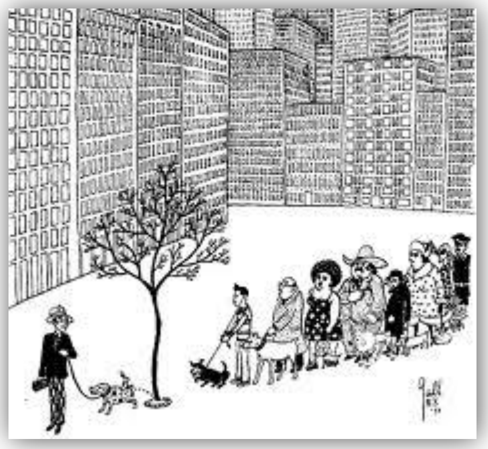
	C	D
C	a , a	b , c
D	c , b	d , d

$b > d > a > c$

	α	β
α	0, 0	3, -1
β	-1, 3	1, 1

معمای زندانی ها در دنیای واقعی

این معما وضعیتی را نشان می‌دهد که در آن افراد برای افزایش سود خود به یکدیگر ضرر می‌زنند!



پروژه‌های توأم.
- انگیزه برای کم کاری.

رقابت شرکت‌ها بر سر قیمت/میزان فروش.

انگیزه برای کاهش قیمت/افزایش تبلیغات.

استفاده از منابع مشترک.

انگیزه برای بهره‌برداری بیشتر.

س. آیا می توانید یک مثال دیگر ارائه کنید؟

نکته. در این بازی‌ها، ارتباط داشتن عامل‌ها کمک کننده نیست!

راه‌حل‌ها. قرارداد، پیمان صلح، قانون‌گذاری (تغییر مقادیر منفعت).

تغییر ماتریس منفعت

فرشته‌های رنجور (مسأله هماهنگی).

		Angel	
		α	β
Angel	α	0, 0	-1, -3
	β	-3, -1	1, 1

(A, C) → 3 - 4 = -1

به دلیل گرفتن **A** | احساس گناه برای **C** رقیب

(C, A) → -1 - 2 = -3

به دلیل گرفتن **C** | آزردگی خاطر از رقیب

Vs.

درس سوم. مقادیر سودمندی اهمیت دارند.

تغییر ماتریس منفعت

شیطان در برابر فرشته.

		Angel	
		α	β
Evil	α	0, 0	3, -3
	β	-3, 3	1, 1

Vs.

هنوز آلفای من بر بتا غالب است (زیرا مقادیر منفعت برای من تغییر نکرده است

بنابراین، آلفا را انتخاب می‌کنم.

تغییر ماتریس منفعت

فرشته در برابر شیطان.

		Evil	
		α	β
Angel	α	0, 0	-1, -1
	β	-3, 3	1, 1

Vs.

آلفای من بر بتا غالب نیست، اما آلفای رقیب بر بتای او غالب است، بنابراین او آلفا را انتخاب خواهد کرد؛ بنابراین من باید آلفا را انتخاب کنم.

درس چهارم. خود را به جای رقیب بگذارید و سعی کنید بفهمید او چه عملی را انتخاب خواهد کرد.

بازی ۲

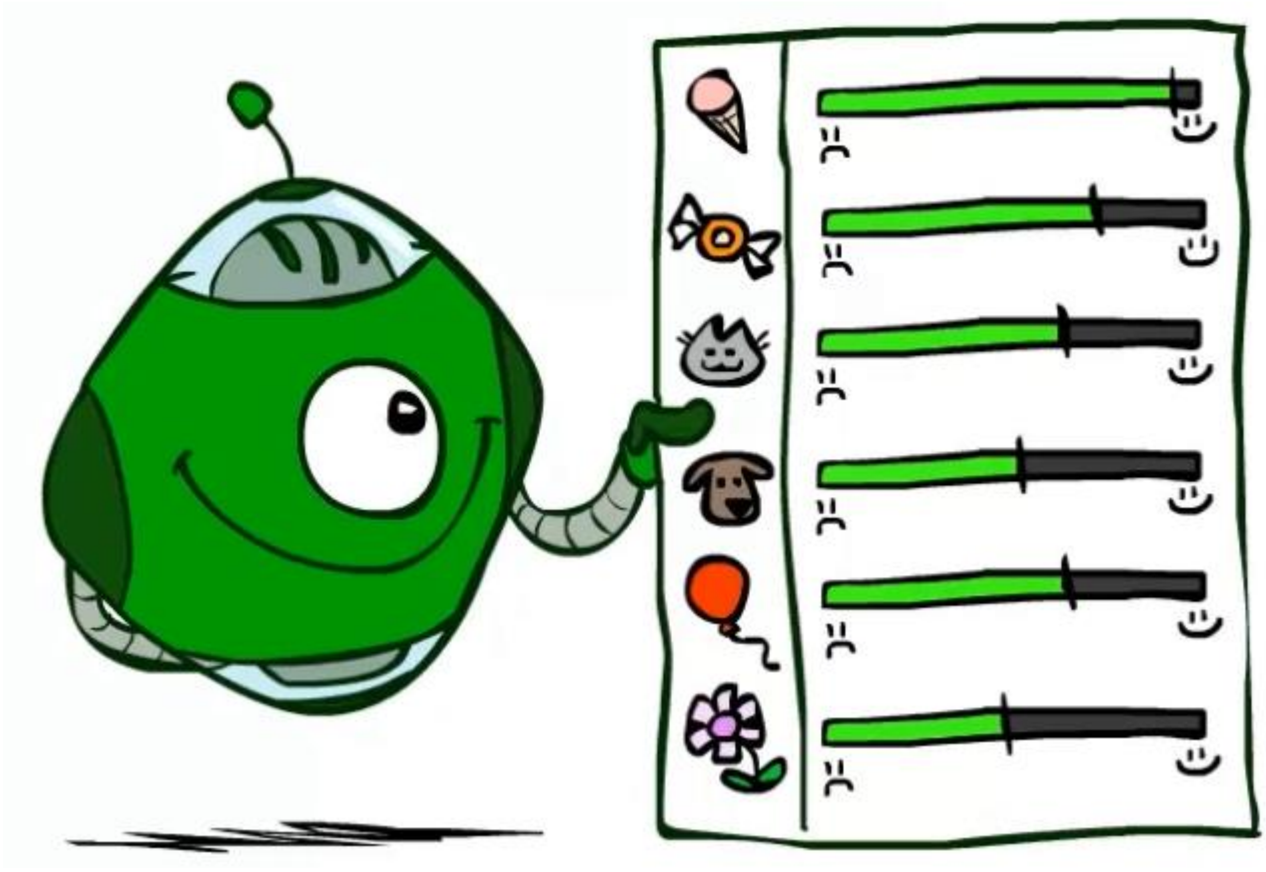
بازی انتخاب اعداد (دو سوم میانگین).

فرض کنید n بازیکن وجود دارد که هر کدام از آنها باید یک عدد بین ۱ و ۱۰۰ انتخاب کنند. برنده بازیکنی خواهد بود که عدد انتخاب شده به وسیله وی نزدیکترین عدد به دو سوم میانگین تمام اعداد انتخاب شده باشد. جایزه این بازی یک مقدار ثابت است که به صورت مساوی بین تمام برنده‌ها تقسیم خواهد شد.

مثال. ۲۵، ۵ و ۶۰

س. اگر شما در این بازی شرکت می‌کردید، چه عددی را انتخاب می‌کردید؟

اولویت‌ها و سودمندی‌ها



فهرست

- عامل‌های خود علاقه‌مند
- اولویت‌ها
- سودمندی‌ها
- معرفی نظریه بازی
- بازی‌های شکل نرمال

عامل‌های خود علاقه‌مند

ما به مطالعه عامل‌های خود علاقه‌مند (منفعت طلب) علاقه داریم!

خود علاقه‌مند بودن عامل ها به این معنا نیست که:

آنها می‌خواهند به عامل‌های دیگر زیان برسانند، یا

آنها فقط به موضوعاتی که به نفع خودشان است اهمیت می‌دهند.

بلکه خود علاقه‌مندی عامل ها به این معنا است که:

هر عامل برای خود یک توصیف از حالت‌های مطلوب محیط دارد و عملیاتی که انجام می‌دهد نیز بر مبنای همین توصیف است.

مثال: دوست و دشمن

آلیس سه گزینه دارد:

به باشگاه برود (C)	۱۰۰
به سینما برود (M)	۵۰
در خانه بماند (H)	۵۰

تصمیم‌گیری آلیس به تصمیم دو نفر دیگر به نام‌های باب و کریس بستگی دارد. باب دشمن آلیس است و آلیس ترجیح می‌دهد از او دوری کند. کریس دوست آلیس است و باعث می‌شود به آلیس بیشتر خوش بگذرد.

باب و کریس هر دو هم به باشگاه می‌روند و هم به سینما می‌روند. به بیان دقیق‌تر، کریس ۲۵ درصد مواقع به باشگاه و ۷۵ درصد مواقع به سینما می‌رود. باب ۶۰ درصد مواقع به باشگاه و ۴۰ درصد مواقع به سینما می‌رود.

آلیس باید کدام گزینه را انتخاب کند؟

مثال: دوست و دشمن

جداول سودمندی.

Alice (c)

		Bob c	Bob m
Chris	c	15	150
Chris	m	10	100
		60%	40%

Alice (m)

		Bob c	Bob m	
Chris	c	50	10	25%
Chris	m	75	15	75%

بیشینه‌سازی سودمندی مورد انتظار

اصل بیشینه‌سازی سودمندی مورد انتظار.

عامل منطقی عملی را انتخاب می‌کند که سودمندی مورد انتظار را بیشینه می‌سازد.

پرسش‌ها.

مقادیر سودمندی از کجا می‌آیند؟

از کجا می‌دانیم چنین مقادیری وجود دارند؟

از کجا می‌دانیم میانگین‌گیری از مقادیر سودمندی معنا دارد؟

اگر نتوانیم رفتار (اولویت‌های) را با استفاده از مقادیر سودمندی توصیف کنیم چه؟

سودمندی‌ها

مقادیر سودمندی. تابعی از حالات محیط به اعداد حقیقی به گونه‌ای که این اعداد بیانگر میزان مطلوب بودن این حالات برای عامل هستند.

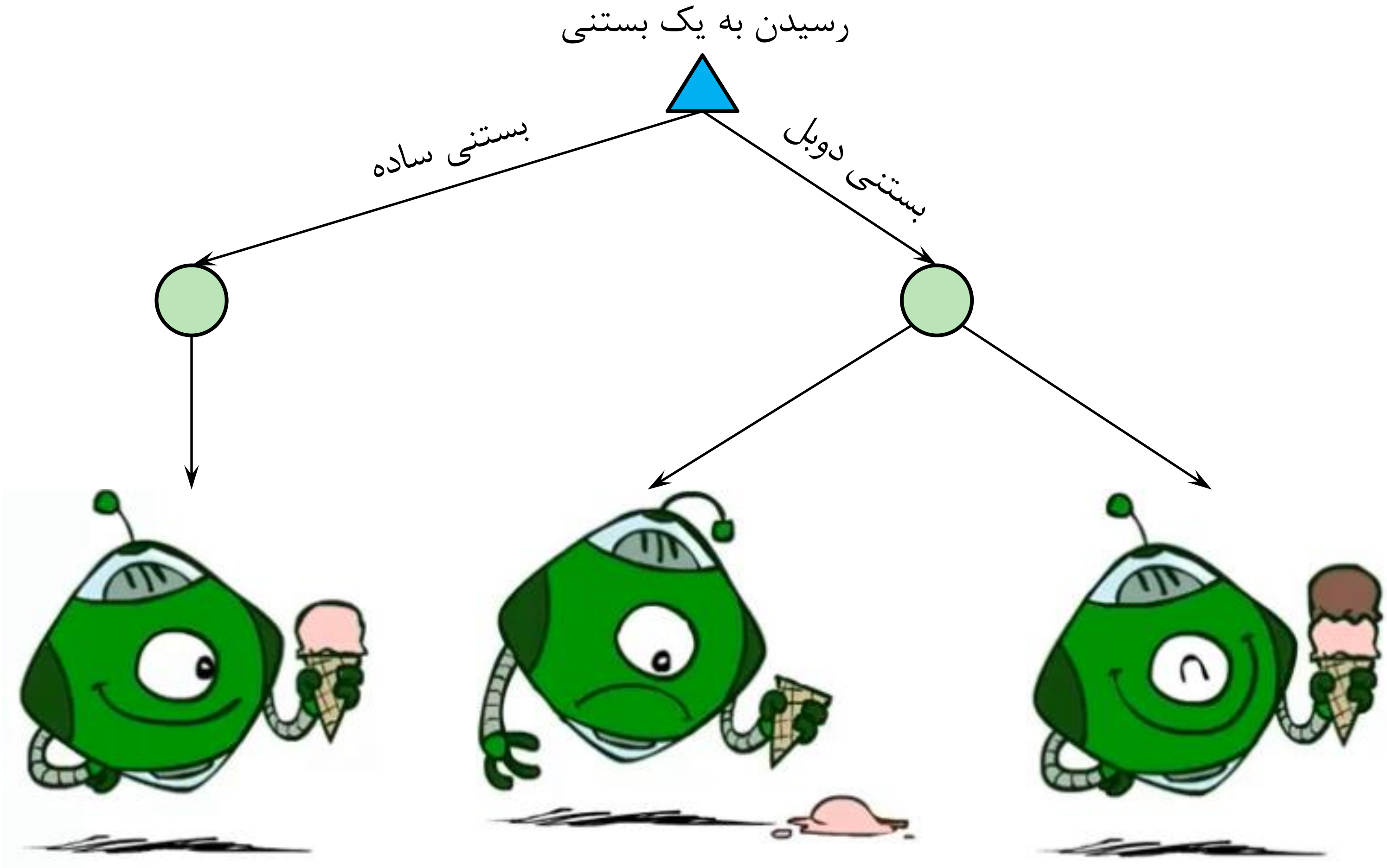
مقادیر سودمندی از کجا می‌آیند؟

- برای یک بازی، تعریف مقادیر سودمندی می‌تواند ساده باشد (برد: ۱+ و باخت: ۱-)
- مقادیر سودمندی خلاصه کننده اهداف عامل هستند.
- قضیه: هر گونه اولویت‌های «منطقی» را می‌توان با استفاده از توابع سودمندی خلاصه نمود.

ما فقط سودمندی‌ها را تعریف می‌کنیم و اجازه می‌دهیم رفتار مناسب پدیدار گردد.

- چرا اجازه نمی‌دهیم عامل‌ها خودشان سودمندی را تعریف کنند؟
- چرا مستقیماً عامل‌ها را بر اساس رفتار برنامه‌نویسی نمی‌کنیم؟

مقادیر سودمندی و عدم قطعیت



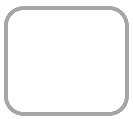
اولویت‌ها

انواع اولویت‌های عامل.

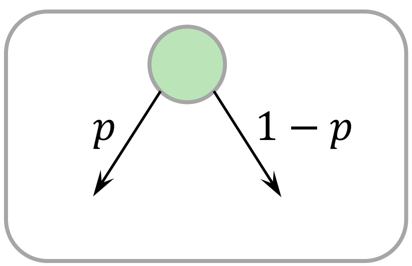
اولویت بر روی پیامدها: A، و ...

اولویت بر روی لاتاری‌ها: موقعیت‌هایی با پیامدهای غیرقطعی

پیامد



لاتاری



L = [p, A; ($1 - p$), B]

اولویت‌ها

فرض کنید o_1 و o_2 دو پیامد ممکن باشند:

$o_1 \succsim o_2$ به این معنا است که o_1 حداقل به اندازه o_2 مطلوب است.

عامل به طور ضعیف o_1 را به o_2 ترجیح می‌دهد.

$o_1 \sim o_2$ به این معنا است که $o_1 \succsim o_2$ و $o_2 \succsim o_1$.

o_1 و o_2 برای عامل تفاوتی ندارد.

$o_1 \succ o_2$ به این معنا است که $o_1 \succsim o_2$ و $o_2 \not\succsim o_1$.

عامل اکیداً o_1 را به o_2 ترجیح می‌دهد.

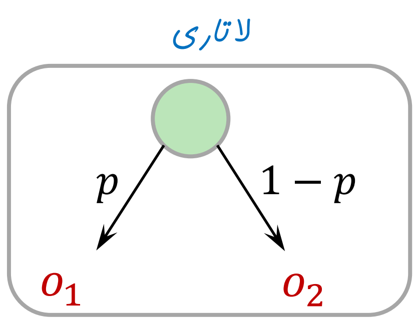
لاتاری (قرعه‌کشی)

- عامل‌ها همچنین می‌توانند بر روی لاتاری‌ها نیز اولویت قائل شوند.

- لاتاری. یک توزیع احتمال بر روی پیامدها است و به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$L = [p_1 : o_1, \ldots, p_n : o_n]$$

به طوری که o_i ها پیامدها هستند و p_i ها به گونه‌ای هستند که: $\sum_i p_i = 1$



$$L = [p, o_1; (1 - p), o_2]$$

اصول موضوعه: ترتیب‌پذیری

ترتیب‌پذیری. بین هر زوج از پیامدها می‌توان یک رابطه اولویت تعریف نمود. یعنی:

$$\forall o_1, o_2 \quad o_1 \gtrsim o_2 \ \mathbf{or} \ o_2 \gtrsim o_1$$

به بیان ساده‌تر، هر دو پیامد ممکن با یکدیگر قابل مقایسه هستند.

اصول موضوعه: تراگذری

تراگذری. بین اولویت‌ها باید خاصیت تراگذری برقرار باشد. یعنی:

$$\textbf{if } o_1 \gtrsim o_2 \textbf{ and } o_2 \gtrsim o_3 \textbf{ then } o_1 \gtrsim o_3$$

اصول موضوعه: پیوستگی

پیوستگی. فرض کنید $o_2 \succ o_1$ و $o_3 \succ o_2$. در این صورت حداقل یک $p \in [0,1]$ وجود دارد به گونه‌ای که:

$$o_2 \sim [p : o_1, 1 - p : o_3]$$

اصول موضوعه: قابلیت جایگذاری

قابلیت جایگذاری. اگر $o_2 \sim o_1$، آنگاه به ازای هر $p \in [0,1]$ و هر پیامد o_3

$$[p: o_1, 1-p: o_3] \sim [p: o_2, 1-p: o_3]$$

اصول موضوعه: یکنوایی

یکنوایی. اگر $o_2 \succ o_1$ و $q > p$ آنگاه:

$$[p: o_1, 1 - p: o_2] \sim [q: o_1, 1 - q: o_2]$$

اصول موضوعه: تجزیه‌پذیری

تجزیه‌پذیری. دو لاتاری پی در پی را می‌توان در یک لاتاری معادل ترکیب نمود.

$$[p: o_1, 1 - p[q: o_2, 1 - q: o_3]] \\ \sim \\ [p: o_1, (1 - p)q: o_2, (1 - p)(1 - q): o_3]$$

اولویت‌های منطقی

اولویت‌های منطقی. اصول موضوعه در منطقی بودن.

تراگذری	$(A \succ B) \wedge (B \succ C) \Rightarrow (A \succ C)$
ترتیب پذیری	$(A \succ B) \vee (B \succ A) \vee (A \sim B)$
پیوستگی	$A \succ B \succ C \Rightarrow \exists p\ [p, A; 1-p, C] \sim B$
قابلیت جایگذاری	$A \sim B \Rightarrow [p, A; 1-p, C] \sim [p, B; 1-p, C]$
یکنوایی	$A \succ B \Rightarrow (p \geq q \Leftrightarrow [p, A; 1-p, B] \succcurlyeq [q, A; 1-q, B])$

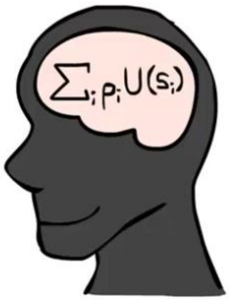
اصل MEU

قضیه. [رمزی، ۱۹۳۱؛ وان نیومن و مرگنسترن، ۱۹۴۴]

با داشتن هر مجموعه از اولویت‌های منطقی، یک تابع با مقادیر حقیقی وجود دارد به گونه‌ای که:

$$U(A) \geq U(B) \Leftrightarrow A \succcurlyeq B \qquad U([p_1, S_1; p_2, S_2; \cdots; p_n S_n]) = \sum_i p_i U(S_i)$$

مقادیر انتساب یافته به وسیله اولویت‌ها را هم بر روی پیامدها و هم بر روی لاتاری‌ها حفظ می‌کنند.



اصل بیشنه‌سازی سود مورد انتظار.

عملی را انتخاب کن که سودمندی مورد انتظار را بیشینه می‌سازد.

توجه. یک عامل بدون استفاده از مقادیر سودمندی و احتمالات هم می‌تواند کاملاً منطقی باشد.

مثال. عامل مبتنی بر جدول جستجو برای بازی دوز، عامل واکنشی برای جارو برقی

نظریه سودمندی

«واحدها» اهمیت ندارند.

تبدیلات آفین در واقع هیچ چیز را تغییر نمی‌دهند. یعنی:

$$U'(o) = aU(o) + b$$

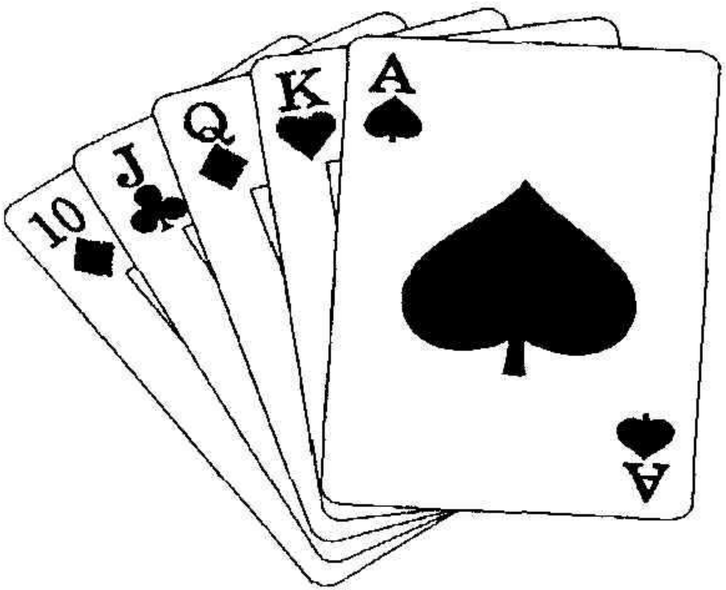
منجر به تصمیمات یکسانی خواهد شد.

نظریه بازی

نظریه بازی چیست؟

مطالعه بازی ها!

- بلوف زدن در بازی پوکر
- محاسبه حرکت بعدی در شطرنج
- نحوه انجام بازی سنگ-کاغذ-قیچی

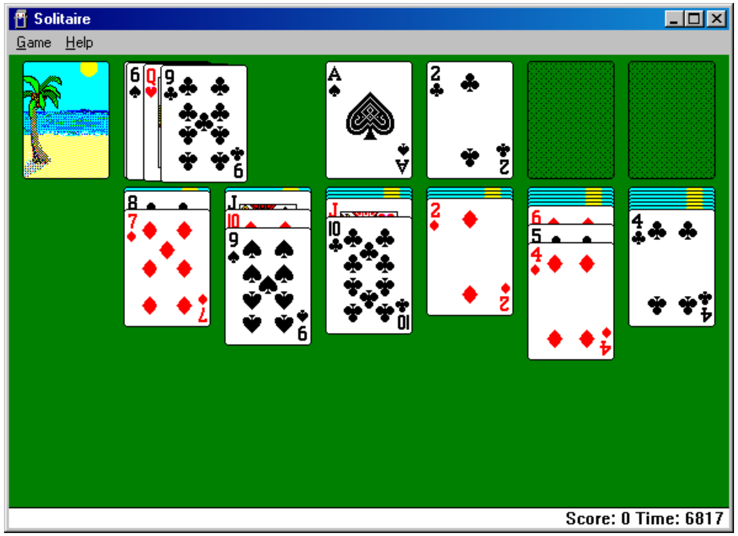


نظریه بازی چیست؟

نظریه بازی. یک روش رسمی به منظور تحلیل تعاملات میان گروهی از عامل‌های منطقی است که دارای رفتار استراتژیک هستند.

گروه. باید بیش از یک تصمیم گیرنده وجود داشته باشد.

در غیر این صورت با یک مسئله تصمیم‌گیری مواجه هستیم نه یک بازی!



بازی نیست!

نظریه بازی چیست؟

نظریه بازی. یک روش رسمی به منظور تحلیل تعاملات میان گروهی از عامل‌های منطقی است که دارای رفتار استراتژیک هستند.

تعامل: آنچه که یک عامل انجام می‌دهد به طور مستقیم حداقل یک عامل دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

استراتژیک: هر عامل باید نگران عمل عامل‌های دیگر باشد.

منطقی: هر عامل می‌کوشد سودمندی مورد انتظار خود را بیشینه سازد (هر عامل با در نظر گرفتن منافع شخصی خود بهترین عمل ممکن را انجام می‌دهد).

نظریه بازی چیست؟

نظریه بازی بر روی حوزه های گوناگونی تأثیر گذار بوده است:

- اقتصاد
- علوم سیاسی
- زبان شناسی
- روان شناسی
- زیست شناسی
- علوم کامپیوتر
- ...

نظریه بازی چیست؟

شاخه‌ها.

غیر همکاری کننده:

واحد اصلی در بازی، افراد هستند.

همکاری کننده:

واحد اصلی در بازی، گروه است نه فرد.