سیستم‌های چندعاملی

درس ۷

نظریه‌ی بازی

بازی‌های استراتژیک

Game Theory: Strategic Games

کاظم فولادی قلعه
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی
دانشگاه تهران

http://courses.fouladi.ir/mas

نظریه‌ی بازی

GAME THEORY

در یک سیستم چندعاملی،
تصمیم یک عامل می‌تواند بر عامل‌های دیگر تاثیر بگذارد.

معمولاً، یک عامل در مورد کنش‌های سایر عامل‌ها، **نامطمئن** است.

**نظریه‌ی بازی،
مطالعه‌ی تصمیم‌گیری چندعاملی
تحت عدم اطمینان است.**

فرض‌های حاکم بر نظریه‌ی بازی

۱ عامل‌ها رسیونال هستند

۲ عامل‌ها به طور استراتژیک استدلال می‌کنند

بازی‌های استراتژیک

STRATEGIC GAMES

یک **بازی استراتژیک**، ساده‌ترین مدل نظریه‌ی بازی برای تعاملات عامل‌هاست.

۱ $n > 1$ عامل در دنیا وجود دارد.

۲ هر عامل i یک کنش a_i را از میان مجموعه کنش‌های خود A_i انتخاب می‌کند.

کنش توأم *Joint Action*	بردار $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$ از کنش‌های عامل‌ها (مسامحتاً: کنش مشترک)
پروفایل کنش‌ها *Action Profile*	

۳ بازی در یک **حالت ثابت** از دنیا s انجام می‌شود.

این حالت شامل n عامل، کنش‌های آنها A_i و مقدار بهره‌ی آنهاست *(payoff)*.

بازی‌های استراتژیک

گسترش چندعاملی مدل‌های نظریه‌ی تصمیم

Strategic Games

یک بازی استراتژیک می‌تواند به عنوان گسترش چندعاملی مدل‌های **نظریه‌ی تصمیم** دیده شود.

۱ هر عامل i تابع بهره‌ی خودش را دارد
که میزان خوبی کنش توام $\boldsymbol{a}$ را برای خودش نشان می‌دهد.

$$u_i(a) \equiv Q_i^*(s,a)$$

۲ حالت برای همه‌ی عامل‌ها، مشاهده‌پذیر است.

حالت: **دانایی مشترکی** است که
همه‌ی عامل‌ها آن را می‌دانند؛ شامل:

(۱) عامل‌ها
(۲) مجموعه‌ی کنش‌های یکدیگر
(۳) توابع بهره‌ی یکدیگر

۳ هر عامل یک کنش واحد را انتخاب می‌کند.

۴ همه‌ی عامل‌ها کنش‌های خود را **همزمان** و **مستقل از یکدیگر** انتخاب می‌کنند.

سودمندی‌ها و ترجیح‌ها

Utilities and Preferences

فرض می‌کنیم تنها دو عامل داریم

$$Ag = \{i, j\}$$

فرض می‌شود عامل‌ها **خودخواه** هستند

و در مورد چگونگی حالت محیط، **ترجیح‌هایی** دارند.

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \ldots\}$$

مجموعه‌ی «برآمدها»یی که عامل‌ها روی آن ترجیح‌هایی دارند.

ترجیح‌های عامل‌ها توسط **تابع سودمندی** بیان می‌شود:

$$u_i = \Omega \to \mathbb{R}$$

$$u_j = \Omega \to \mathbb{R}$$

سودمندی‌ها و ترجیح‌ها

ترتیب ترجیح‌ها

PREFERENCE ORDERING

توابع سودمندی، ترتیب‌های ترجیح‌ها بر روی برآمدها را تعریف می‌کنند:

$$\Omega = \{\omega, \omega'\}$$

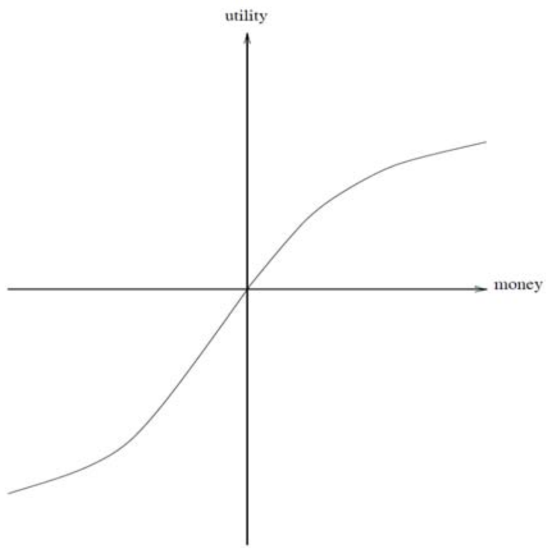
$$\omega \succeq_i \omega' \quad \Leftrightarrow \quad u_i(\omega) \geq u_i(\omega')$$
$$\omega \succ_i \omega' \quad \Leftrightarrow \quad u_i(\omega) > u_i(\omega')$$

رابطه‌ی سودمندی و پول

UTILITY VS. MONEY

سودمندی، پول نیست:

اما قیاس آن با پول می‌تواند مفید باشد.



رابطه‌ی نوعی میان سودمندی و پول

مواجهات چندعاملی

تابع مبدل حالت محیط

MULTIAGENT ENCOUNTERS

به **مدلی از محیط** که عامل‌ها در آن کنش می‌کنند نیاز داریم

عامل‌ها، به طور همزمان، کنشی را برای انجام انتخاب می‌کنند؛
و به‌عنوان نتیجه‌ی این کنش‌ها، یک کنش در Ω انتخاب می‌کنند.

برآمد واقعی، وابسته به **ترکیب** کنش‌هاست.

تابع مبدل حالت
State Transformer Function

رفتار محیط (در اثر کنش عامل‌ها) با تابع مبدل حالت مشخص می‌شود.

$$\tau : \underbrace{Ac}_{\text{کنش عامل } i} \times \underbrace{Ac}_{\text{کنش عامل } j} \rightarrow \Omega$$

مواجهات چندعاملی

مثال

Multiagent Encounters

$$\tau : Ac \times Ac \to \Omega$$

فرض می‌کنیم: هر عامل تنها دو کنش برای انجام دارد:

D	عدم همکاری *Defect*	C	همکاری *Cooperate*

$$\Omega = \{D, C\}$$

محیط حساس به کنش‌های هر دو عامل: (اعداد متفاوت)

$$\tau(D,D) = \omega_1 \quad \tau(D,C) = \omega_2 \quad \tau(C,D) = \omega_3 \quad \tau(C,C) = \omega_4$$

هیچ عاملی روی محیط تأثیری ندارد:

$$\tau(D,D) = \omega_1 \quad \tau(D,C) = \omega_1 \quad \tau(C,D) = \omega_1 \quad \tau(C,C) = \omega_1$$

محیط توسط عامل دوم کنترل می‌شود:

$$\tau(D,D) = \omega_1 \quad \tau(D,C) = \omega_2 \quad \tau(C,D) = \omega_1 \quad \tau(C,C) = \omega_2$$

کنش رسیونال

مثال

RATIONAL ACTION

فرض می‌کنیم: موقعیتی داریم که هر دو عامل می‌توانند بر برآمد تأثیر بگذارند،
و تابع سودمندی آنها به‌صورت زیر است:

$$u_i(\omega_1)=1 \quad u_i(\omega_2)=1 \quad u_i(\omega_3)=4 \quad u_i(\omega_4)=4$$
$$u_j(\omega_1)=1 \quad u_j(\omega_2)=4 \quad u_j(\omega_3)=1 \quad u_j(\omega_4)=4$$

با نمادگذاری معادل:

$$u_i(D,D)=1 \quad u_i(D,C)=1 \quad u_i(C,D)=4 \quad u_i(C,C)=4$$
$$u_j(D,D)=1 \quad u_j(D,C)=4 \quad u_j(C,D)=1 \quad u_j(C,C)=4$$

ترجیح‌های عامل اول i می‌شود:

$$(C,C) \succcurlyeq_i (C,D) \succ_i (D,C) \succcurlyeq_i (D,D)$$

عامل i چه باید بکند؟ **i همه‌ی برآمدهای ناشی از C را به همه‌ی برآمدهای ناشی از D ترجیح می‌دهد.**

پس **گزینه‌ی رسیونال** برای عامل i کنش C است.

Prepared by Kazim Fouladi | Fall 2017 | 3rd Edition
کاظم فولادی

ماتریس پی‌آف

Payoff matrix

بازیکن **ستونی**: عامل i

بازیکن **سطری**: عامل j

j \ i	defect	coop
defect	1 1	4 1
coop	1 4	4 4

بازنمایی همان سناریوی قبلی:

$$u_i(D,D)=1 \quad u_i(D,C)=1 \quad u_i(C,D)=4 \quad u_i(C,C)=4$$
$$u_j(D,D)=1 \quad u_j(D,C)=4 \quad u_j(C,D)=1 \quad u_j(C,C)=4$$

در واقع، برای هر بازیکن، یک ماتریس پی‌آف (A برای عامل i و B برای عامل j) وجود دارد.
نمایش بازی به‌صورت زوج (A,B) برای تأکید بر این.

ماتریس پی‌آف

گزینه‌ی رسیونال

PAYOFF MATRIX

بازیکن **ستونی**: عامل i

بازیکن **سطری**: عامل j

j \ i	defect	coop
defect	1 1	4 1
coop	1 4	4 4

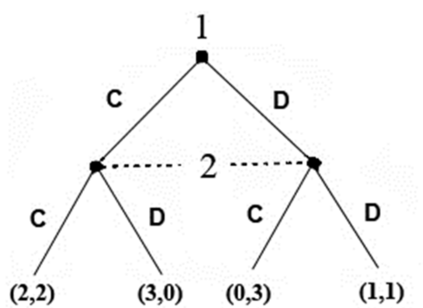
کنش رسیونال برای عامل i

In this case, i **cooperates** and gains a **utility of 4**; whereas j **defects** and gains a **utility of only 1**.

نمایش بازی در فرم نرمال و فرم گسترش‌یافته

	C	D
C	2,2	0,3
D	3,0	1,1

فرم نرمال
Normal Form
نمایش ماتریسی



فرم گسترش‌یافته
Extensive Form
نمایش درختی

هر بازی در فرم نرمال را می‌توان به یک بازی معادل در فرم گسترش‌یافته تبدیل کرد و برعکس.

مفهوم‌های راه‌حل بازی

رفتار رسیونال

SOLUTION CONCEPTS

یک **عامل رسیونال** در یک سناریوی داده شده باید چگونه رفتار کند؟

مفهوم‌های راه‌حل

استراتژی غالب *Dominant Strategy*	**استراتژی تعادل نش** *Nash Equilibrium Strategy*	**استراتژی بهینه پارتو** *Pareto Optimal Strategy*	**استراتژی ماکزیمم رفاه اجتماعی** *Maximum Social Welfare*

استراتژی غالب

Dominant Strategy

استراتژی غالب
Dominant Strategy

می‌گوییم استراتژی s_1 بر s_2 غلبه می‌کند
اگر
هر برآمد ممکن توسط i با انجام s_1
بر هر برآمد ممکن توسط i با انجام s_2 ترجیح داده شود.

		i	
		defect	coop
j	defect	1 / 1	4 / 1
	coop	1 / 4	4 / 4

استراتژی غالب برای هر دو عامل

برای هر دو بازیکن C بر D **غالب** است.

- یک عامل رسیونال، هرگز با یک استراتژی **مغلوب** بازی نمی‌کند.
- پس در تصمیم‌گیری برای انجام کنش، می‌توانیم استراتژی‌های مغلوب را حذف کنیم.
- متأسفانه، همیشه یک استراتژی یکتای نامغلوب وجود ندارد.

استراتژی غالب

الگوریتم حذف تکراری کنش‌های مغلوب اکید

ALGORITHM: ITERATED ELIMINATION OF STRICTLY DOMINATED ACTIONS (IESDA)

کنش مغلوب اکید
Strictly Dominated Action

یک کنش a_i از عامل i، مغلوب اکید توسط کنش دیگر همان عامل a_i^* نامیده می‌شود اگر برای هر کنش دیگر a_{-i} برای سایر عامل‌ها داشته باشیم:

$$u_i(a_{-i}, a_i^*) > u_i(a_{-i}, a_i)$$

کنش غالب　　کنش سایر عامل‌ها　　کنش مغلوب

(یعنی کنشی که از یک کنش دیگر ما بدتر باشد، بدون توجه به اینکه کنش دیگران چیست.)

الگوریتم: برای یافتن کنش غالب: کنش‌های مغلوب هر عامل را یکی پس از دیگری حذف می‌کنیم.

	L	M	R
U	1, 0	1, 2	0, 1
D	0, 3	0, 1	2, 0

استراتژی غالب

الگوریتم حذف تکراری کنش‌های مغلوب اکید: مثال

Algorithm: Iterated Elimination of Strictly Dominated Actions (IESDA)

j

i

	Not confess	*Confess*
Not confess	3, 3	0, 4
Confess	4, 0	1, 1

i

	Not confess	*Confess*
~~*Not confess*~~	~~3, 3~~	~~0, 4~~
Confess	4, 0	1, 1

j

	~~*Not confess*~~	*Confess*
~~*Not confess*~~	~~3, 3~~	~~0, 4~~
Confess	~~4, 0~~	1, 1

⇩

(*Confess*, *Confess*)

استراتژی غالب

الگوریتم حذف تکراری کنش‌های مغلوب اکید : مثال

ALGORITHM: ITERATED ELIMINATION OF STRICTLY DOMINATED ACTIONS (IESDA)

j

i

	L	M	R
U	1, 0	1, 2	0, 1
D	0, 3	0, 1	2, 0

j

	L	M	R
U	1, 0	1, 2	0, 1
D	0, 3	0, 1	2, 0

i

	L	M	R
U	1, 0	1, 2	0, 1
D	0, 3	0, 1	2, 0

j

	L	M	R
U	1, 0	1, 2	0, 1
D	0, 3	0, 1	2, 0

$\Downarrow$

(U, M)

استراتژی تعادل نش

Nash Equilibrium Strategy

استراتژی تعادل نش
Nash Equilibrium Strategy

می‌گوییم دو استراتژی s_1 و s_2 در تعادل نش (NE) هستند اگر

۱) با فرض اینکه عامل i استراتژی s_1 را بازی کند، عامل j نتواند بهتر از s_2 را بازی کند.
۲) با فرض اینکه عامل j استراتژی s_2 را بازی کند، عامل i نتواند بهتر از s_1 را بازی کند.

در تعادل نش: هیچ یک از عامل‌ها تمایلی به خروج از تعادل نش را ندارد.

j \ i	defect	coop
defect	5 3	1 2
coop	0 2	0 1

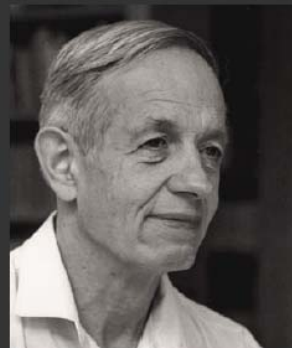
استراتژی تعادل نش

برای هر دو بازیکن C بر D **غالب** است.

- متاسفانه، همه‌ی سناریوهای تعامل دارای تعادل نش (در استراتژی خالص) نیستند.
- متاسفانه، برخی سناریوهای تعامل، دارای بیش از یک تعادل نش (در استراتژی خالص) هستند.

John Forbes Nash

(Nobel Laureate in Economics)



Portrayed by Russel Crowe in the film "A Beautiful Mind"

استراتژی تعادل نش

تعریف صوری

NASH EQUILIBRIUM STRATEGY

یک استراتژی (i^*,j^*) یک راه‌حل **تعادل نش** **در استراتژی خالص** برای بازی (A,B) است اگر

$$\forall i \quad A(i^*,j^*) \geq A(i,j^*)$$

$$\forall j \quad B(i^*,j^*) \geq B(i^*,j)$$

یک **تعادل نش**، یک کنش توام $\boldsymbol{a}^*$ است که برای هر عامل i خاصیت زیر را دارد:

$$u_i(a^*_{-i}, a^*_i) \geq u_i(a^*_{-i}, a_i), \text{ for all actions } a_i \in A_i$$

استراتژی تعادل نش

مثال: وجود چند تعادل نش

Nash Equilibrium Strategy

		i	
		defect	coop
j	defect	5 3	1 2
	coop	0 2	3 3

استراتژی
تعادل نش

این بازی دو استراتژی نش خالص دارد

(در هر دو مورد، یک عامل تنها نمی‌تواند به‌طور یکطرفه پی‌آف خودش را بهتر کند.)

استراتژی تعادل نش

مثال: عدم وجود تعادل نش

Nash Equilibrium Strategy

		i	
		defect	coop
j	defect	2 1	1 2
	coop	1 2	2 1

این بازی استراتژی نش خالص ندارد

(برای هر برآمد، یکی از عامل‌ها می‌تواند پی‌آف خودش را با تغییر استراتژی بهتر کند.)

البته با خارج شدن از مفهوم استراتژی خالص و استفاده از **استراتژی مخلوط**، می‌توان نوعی از تعادل نش را پیدا کرد.

استراتژی تعادل نش

تابع بهترین پاسخ

BEST-RESPONSE FUNCTION

تابع بهترین پاسخ *Best-Response Function*	تابع بهترین پاسخ یک عامل i، به صورت زیر تعریف می‌شود: (بهترین کنش در مقابل یک کنش از سایر عامل‌ها)

$$B_i(\underbrace{a_{-i}}_{\text{کنش سایر عامل‌ها}}) = \{a_i \in A_i : u_i(a_{-i}, \underbrace{a_i}_{\text{کنش عامل } i}) \geq u_i(a_{-i}, a_i') \text{ for all } a_i' \in A_i\}$$

یک **تعادل نش**، یک کنش توام $\boldsymbol{a}^*$ است که برای هر عامل i خاصیت زیر را دارد:

$$a_i^* \in B_i(a_{-i}^*)$$

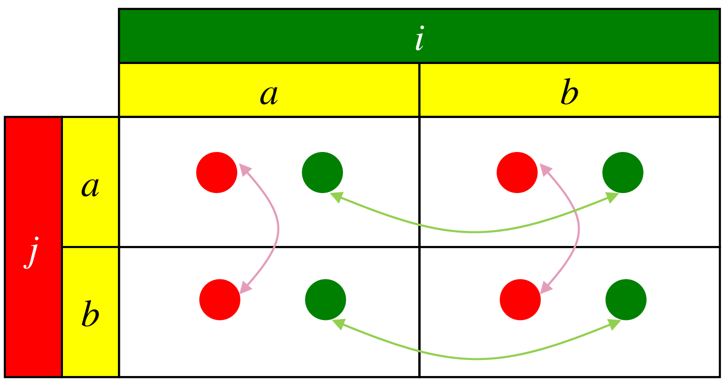
استراتژی تعادل نش

روش محاسبه‌ی تعادل نش برای یک بازی دو نفره با استفاده از تابع بهترین پاسخ

۱ در ماتریس پی‌آف مشخص کنید که هر عدد مربوط به کدام بازیکن (i یا j) است.

۲ بهترین پاسخ بازیکن i را در برابر هر یک از کنش‌های بازیکن j مشخص کنید.
بهترین پاسخ بازیکن j را در برابر هر یک از کنش‌های بازیکن i مشخص کنید.

۳ تعادل نش، خانه‌ای است که بهترین پاسخ هر دو بازیکن یکسان باشد.



استراتژی مخلوط

Mixed Strategy

استراتژی مخلوط
Mixed Strategy

یک استراتژی مخلوط، ترکیبی از چند گزینه به‌همراه احتمال آنهاست.

- *play* α_1 *with probability* p_1
- *play* α_2 *with probability* p_2
- *play* α_3 *with probability* p_3
- …
- *play* α_k *with probability* p_k

Such that $p_1 + p_2 + p_3 + \cdots + p_k = 1$

قضیه‌ی نش
Nash's Theorem

هر بازی متناهی دارای یک تعادل نش در استراتژی‌های مخلوط است.

جان نش (۱۹۵۰) نشان داد که بازی‌های استراتژیک با تعداد محدودی عامل و تعداد محدودی کنش، همیشه دارای یک تعادل در استراتژی مخلوط هستند.

استراتژی مخلوط

مثال: بازی انتخاب روی سکه

Mixed Strategy

		i heads	i tails
j	heads	1, -1	-1, 1
j	tails	-1, 1	1, -1

دو بازیکن به‌صورت همزمان یک روی سکه را انتخاب می‌کنند.

- اگر هر دو، روی یکسان نشان بدهند، i می‌برد.
- اگر هر یک، روی متفاوت نشان بدهند، j می‌برد.

استراتژی خالص *Pure Strategy*	**این بازی استراتژی نش خالص ندارد** (برای هر برآمد، یکی از عامل‌ها می‌تواند پی‌آف خودش را با تغییر استراتژی بهتر کند.)
استراتژی مخلوط *Mixed Strategy*	**این بازی استراتژی نش مخلوط دارد:** با احتمال 0.5 رو بازی کنید، با احتمال 0.5 پشت بازی کنید.

سطری برای i: $1\times p+(-1)\times(1-p)=(-1)\times p+1\times(1-p)\Rightarrow p={}^1\!/_2$

ستونی برای j: $(-1)\times q+1\times(1-q)=1\times q+(-1)\times(1-q)\Rightarrow q={}^1\!/_2$

استراتژی مخلوط

مقایسه

MIXED STRATEGY

استراتژی خالص *Pure Strategy*	استراتژی مخلوط *Mixed Strategy*
بدون تعادل نش یک تعادل نش واحد چند تعادل نش	یک تعادل نش واحد چند تعادل نش

استراتژی بهینه پارتو

Pareto Optimal Strategy

استراتژی بهینه پارتو
Pareto Optimal Strategy

می‌گوییم یک برآمد **بهینه‌ی پارتو** است
اگر
هیچ برآمد دیگری وجود نداشته باشد که
پی‌آف یک عامل را **بهتر** کند، بدون آنکه پی‌آف عامل دیگر را **بدتر** کند.

- اگر یک برآمد بهینه‌ی پارتو باشد، آن‌گاه حداقل یک عامل مایل نیست وضعش را تغییر دهد (چون بدتر می‌شود).
- اگر یک برآمد ω بهینه‌ی پارتو نباشد، آن‌گاه برآمد دیگر ω' وجود دارد که همه را خوشحال‌تر می‌کند (حداقل به اندازه‌ی ω).

		i	
		defect	coop
j	defect	5 3	1 2
	coop	0 2	0 1

استراتژی بهینه پارتو

(D,D) برآمد بهینه‌ی پارتوی این بازی است
هیچ راه حل بهتری برای هر دو عامل وجود ندارد.

بهینگی پارِتو

تعریف صوری

PARETO OPTIMALITY

یک کنش توام a **بهینه‌ی پارِتو** نامیده می‌شود هرگاه
هیچ کنش توأم a' دیگری وجود نداشته باشد که برای هر عامل i داشته باشیم:

$$u_i(a') > u_i(a)$$

استراتژی ماکزیمم رفاه اجتماعی

Maximum Social Welfare

استراتژی ماکزیمم رفاه اجتماعی
Maximum Social Welfare

می‌گوییم یک برآمد **ماکزیمم‌کننده‌ی رفاه اجتماعی** است
اگر
تابع رفاه اجتماعی (مجموع سودمندی همه‌ی عامل‌ها ناشی از آن برآمد)
را ماکزیمم کند.

$$\sum_{i \in Ag} u_i(\omega)$$

- رفاه اجتماعی، به‌عنوان یک مفهوم راه‌حل، زمانی می‌تواند مناسب باشد که کل سیستم (همه‌ی عامل‌ها) مالکیت داشته باشد (در این صورت، منفعت کل سیستم مهم است، نه افراد).
- منفعت افراد در نظر گرفته نمی‌شود.
- ممکن است برآمدهای بسیار اریب رفاه اجتماعی را ماکزیمم کنند.

استراتژی ماکزیمم رفاه اجتماعی

Maximum Social Welfare

j \ i	defect	coop
defect	2 2	1 1
coop	3 3	4 4

j \ i	defect	coop
defect	2 2	1 1
coop	3 3	7 0

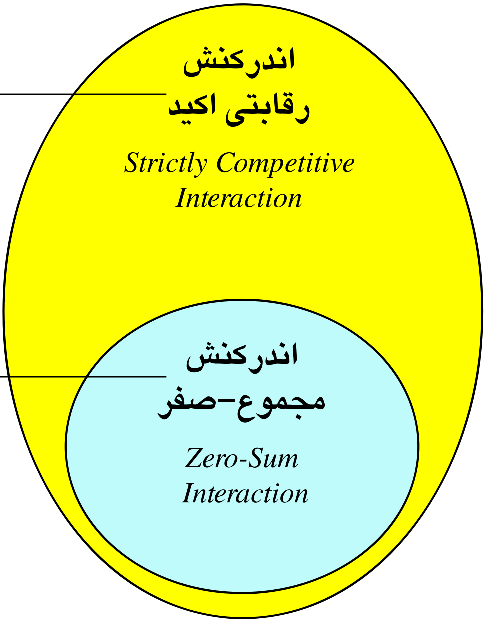
استراتژی
ماکزیمم رفاه اجتماعی

(C,C) در هر دو بازی فوق، رفاه اجتماعی را ماکزیمم می‌کند.

اندرکنش‌های رقابتی و مجموع-صفر

COMPETITIVE AND ZERO-SUM INTERACTIONS

ترجیحات عامل‌ها شدیداً بر خلاف یکدیگر است.



مجموع سودمندی عامل‌ها در یک برآمد برابر صفر است.

$$\forall \omega \in \Omega \quad u_i(\omega) + u_j(\omega) = 0$$

در مواجهات مجموع-صفر: اگر یک عامل $+u$ سود دریافت کند، عامل رقیب $-u$ دریافت می‌کند.

مواجهات مجموع-صفر در زندگی واقعی بسیار نادر است؛
اما افراد تمایل دارند در بسیاری از سناریوها مانند مجموع-صفر عمل کنند.

معمای زندانی‌ها

The Prisoners' Dilemma

دو نفر به‌عنوان مظنون یک جرم دستگیر
و هرکدام در یک سلول انفرادی حبس شده‌اند.
هیچ‌گونه ارتباطی برای تبانی این دو زندانی وجود ندارد و هر دو می‌دانند که:

- اگر هر دو اعتراف کنند، هر یک ۳ سال زندانی می‌شوند.
- اگر یکی از آنها اعتراف کند که مجرم است و دیگری اعتراف نکند، شخصی که اعتراف کرده، آزاد می‌شود و دیگری ۴ سال زندانی می‌شود.
- اگر هیچ یک اعتراف نکنند، هر یک، ۱ سال زندانی می‌شوند.

معمای زندانی‌ها
The Prisoners' Dilemma

C	همکاری *Cooperate*	عدم اعتراف *Not Confess*
D	عدم همکاری *Defect*	اعتراف *Confess*

		i: defect	i: coop
j	defect	i: 2, j: 2	i: 1, j: 4
j	coop	i: 4, j: 1	i: 3, j: 3

اعداد جدول، سود حاصل از زندانی نشدن است.
نه تعداد سال‌های زندان!

معمای زندانی‌ها

چه باید کرد؟

THE PRISONERS' DILEMMA

معمای زندانی‌ها

The Prisoners' Dilemma

دو نفر به‌عنوان مظنون یک جرم دستگیر
و هرکدام در یک سلول انفرادی حبس شده‌اند.
هیچ‌گونه ارتباطی برای تبانی این دو زندانی وجود ندارد و هر دو می‌دانند که:

- اگر هر دو اعتراف کنند، هر یک ۳ سال زندانی می‌شوند.
- اگر یکی از آنها اعتراف کند که مجرم است و دیگری اعتراف نکند، شخصی که اعتراف کرده، آزاد می‌شود و دیگری ۴ سال زندانی می‌شود.
- اگر هیچ یک اعتراف نکنند، هر یک، ۱ سال زندانی می‌شوند.

کنش رسیونال انفرادی: **اعتراف** (عدم همکاری) است.

۱) تضمین می‌کند که سود بدتر از ۲ نباشد (در حالی که همکاری = عدم اعتراف، حداکثر سود ۱ را تضمین می‌کند).
۲) پس، اعتراف بهترین پاسخ به همه‌ی استراتژی‌های ممکن است (اعتراف هر دو: دریافت سود ۲).

اما شهود می‌گوید که اعتراف بهترین برآمد نیست!

مطمئناً آنها باید همکاری کنند (عدم اعتراف) و سود ۳ را به‌دست بیاورند.

در واقع همین بازی را جالب کرده است: تحلیل به ما یک پاسخ پارادوکسیکال می‌دهد!!

معمای زندانی‌ها

مفاهیم راه‌حل

THE PRISONERS' DILEMMA

معمای زندانی‌ها

The Prisoners' Dilemma

دو نفر به‌عنوان مظنون یک جرم دستگیر
و هرکدام در یک سلول انفرادی حبس شده‌اند.
هیچ‌گونه ارتباطی برای تبانی این دو زندانی وجود ندارد و هر دو می‌دانند که:

- اگر هر دو اعتراف کنند، هر یک ۳ سال زندانی می‌شوند.
- اگر یکی از آنها اعتراف کند که مجرم است و دیگری اعتراف نکند، شخصی که اعتراف کرده، آزاد می‌شود و دیگری ۴ سال زندانی می‌شود.
- اگر هیچ یک اعتراف نکنند، هر یک، ۱ سال زندانی می‌شوند.

i

j		defect	coop
	defect	2 / 2	1 / 4
	coop	4 / 1	3 / 3

استراتژی غالب	عدم همکاری (اعتراف)
تعادل نش	فقط (D,D)
بهنیه‌ی پارتو	همه‌ی برآمدها غیر از (D,D)
ماکزیمم رفاه اجتماعی	(C,C)

معمای زندانی‌ها

پارادوکس ظاهرشده

THE PRISONERS' DILEMMA

پارادوکس ظاهرشده، مشکل بنیادی اندرکنش‌های چندعاملی است.

به نظر می‌رسد نتیجه می‌دهد که همکاری در جوامع عامل‌های خودخواه اتفاق نمی‌افتد!

مثال‌های دنیای واقعی:

- توافقات کاهش سلاح‌های کشتار جمعی بین کشورها
- سیستم‌های حمل و نقل رایگان (حمل و نقل عمومی ـ به‌اشتراک‌گذاری فایل)

نتایج تحلیل: ۱) فهم نظریه‌ی بازی از کنش رسیونال اشتباه است! یا ۲) معما اشتباه فرمول‌بندی شده است!

مباحثه‌هایی برای بازیابی **همکاری** به‌عنوان پاسخ معما

- ما همه ماکیاولی نیستیم!
- زندانی دیگر، برادر دوقلوی من است!
- تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها
- سایه‌ی آینده ...

معمای زندانی‌ها

حل پارادوکس ظاهرشده: بازیابی همکاری به‌عنوان پاسخ: ما همه ماکیاولی نیستیم

THE PRISONERS’ DILEMMA

<table>
<tr><td rowspan="4">مباحثه‌هایی برای بازیابی
همکاری
به‌عنوان پاسخ معما</td><td>● ما همه ماکیاولی نیستیم!</td></tr>
<tr><td>● زندانی دیگر، برادر دوقلوی من است!</td></tr>
<tr><td>● تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها</td></tr>
<tr><td>● سایه‌ی آینده ...</td></tr>
</table>

همه‌ی ما سرسخت و خشن مثل زندانی‌ها نیستیم: مردم معمولاً نوع‌دوستانه عمل می‌کنند.

اکثر ما به دنبال رفتارهایی نیستیم که در اثر آن بیشترین سود ممکن را ببریم
در حالی که توجهی به سود اطرافیان نداشته باشیم و بخواهیم دیگران ضرر و هزینه‌ی آن را بپردازند.

رفتار نوع‌دوستانه:

۱) در شرایط وجود مکانیزم جریمه برای عدم همکاری
۲) کسب سود از منفعت دیگران

معمای زندانی‌ها

حل پارادوکس ظاهرشده: بازیابی همکاری به‌عنوان پاسخ: زندانی دیگر، برادر دوقلوی من است!

THE PRISONERS' DILEMMA

مباحثه‌هایی برای بازیابی **همکاری** به‌عنوان پاسخ معما	● ما همه ماکیاولی نیستیم! ● زندانی دیگر، برادر دوقلوی من است! ● تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها ● سایه‌ی آینده ...

دو زندانی دقیقاً مثل هم فکر می‌کنند و به این نتیجه می‌رسند که بهترین کنش همکاری (عدم اعتراف) است.

وقتی دو نفر دوقلو باشند، باید در یک امتداد مشابه فکر کنند. درست است؟
(یا اینکه از قبل توافقاتی دارند که صحبت نکنند.)

اگر این حالت باشد، ما در واقع «معمای زندانی‌ها» را بازی نمی‌کنیم.

معمای زندانی‌ها

حل پارادوکس ظاهرشده: بازیابی همکاری به‌عنوان پاسخ: تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها

THE PRISONERS' DILEMMA

مباحثه‌هایی برای بازیابی **همکاری** به‌عنوان پاسخ معما	● ما همه ماکیاولی نیستیم!
	● زندانی دیگر، برادر دوقلوی من است!
	● تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها
	● سایه‌ی آینده ...

استراتژی‌ای که واقعاً می‌خواهیم در معمای زندانی‌ها بازی کنیم: **من همکاری می‌کنم اگر دیگری بخواهد.**

تعادل‌های برنامه یک راه برای فعال‌سازی استراتژی این ایجاد می‌کند.

۱) هر عامل یک استراتژی برنامه را به یک میانجی می‌فرستد که استراتژی‌ها را **توأماً اجرا** می‌کند.

۲) مهم اینکه: هر استراتژی می‌تواند **مشروط بر استراتژی‌های دیگران** باشد.

۳) بهترین پاسخ به این برنامه، **فرستادن همان برنامه** است که برآمد (C,C) را می‌دهد!

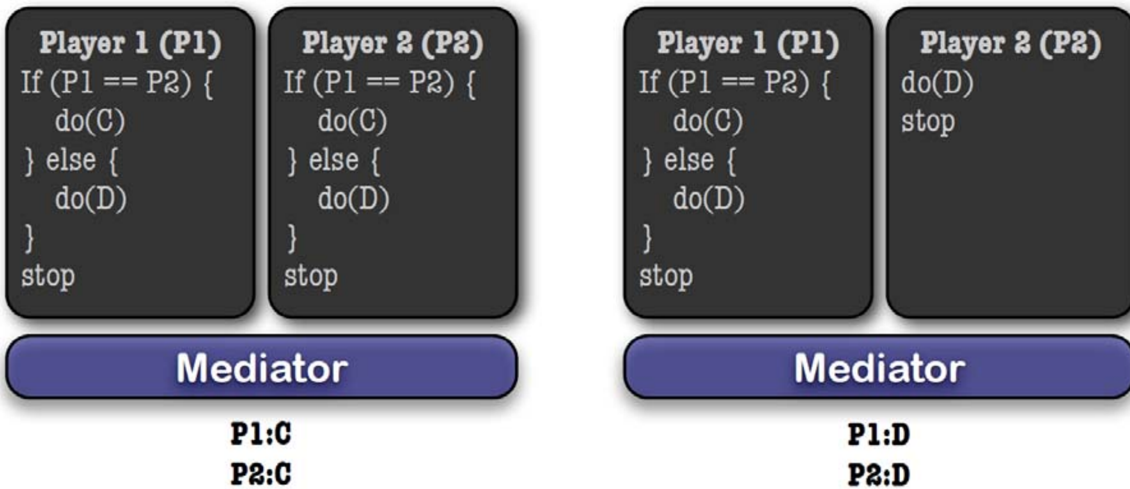
معمای زندانی‌ها

حل پارادوکس ظاهرشده: بازیابی همکاری به‌عنوان پاسخ: تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها

THE PRISONERS' DILEMMA

مباحثه‌هایی برای بازیابی **همکاری** به‌عنوان پاسخ معما

- ما همه ماکیاولی نیستیم!
- زندانی دیگر، برادر دوقلوی من است!
- تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها
- سایه‌ی آینده ...



معمای زندانی‌ها

حل پارادوکس ظاهرشده: بازیابی همکاری به‌عنوان پاسخ: سایه‌ی آینده

THE PRISONERS' DILEMMA

مباحثه‌هایی برای بازیابی **همکاری** به‌عنوان پاسخ معما	• ما همه ماکیاولی نیستیم!
	• زندانی دیگر، برادر دوقلوی من است!
	• تعادل‌های برنامه و میانجی‌ها
	• سایه‌ی آینده ...

معمای زندانی‌های تکراری (اجرای بازی بیش از یک مرتبه)

اگر بدانید که رقیب را بعداً دوباره ملاقات خواهید کرد، انگیزه‌ی عدم همکاری (اعتراف) کم‌رنگ‌تر می‌شود:

۱) اگر همکاری نکرده باشید، ممکن است جریمه شوید! (برخلاف پاداش همکاری)
۲) اگر همکاری کنید و ضرر کنید، سود از دست رفته نسبت به سودهای آینده ناچیز است.

ثابت می‌شود که همکاری، گزینه‌ی رسیونال در معمای زندانی‌ها با تکرار نامتناهی است.

اما تعدادی متناهی تکرار وجود دارد ⇐
مشکل استقرای پس‌رو

معمای زندانی‌ها

مشکل استقرای پس‌رو

The Prisoners' Dilemma: Backwards Induction

فرض می‌کنیم هر دو عامل می‌دانند بازی دقیقاً n مرتبه انجام خواهد شد:

- در دور $n-1$ انگیزه‌ی عدم همکاری (اعتراف) داریم تا مقدار بیشتری سود به‌دست آوریم.
- این موجب می‌شود دور $n-2$ آخرین دور واقعی باشد و دوباره در آن انگیزه‌ی عدم همکاری (اعتراف) داریم.
- ...

به این مشکل، اصطلاحاً **استقرای پس‌رو** می‌گوییم.

اگر معمای زندانی‌ها با تعداد دور ثابت، متناهی و از پیش معلوم برای دو طرف **انجام شود، عدم همکاری (اعتراف) بهترین استراتژی است.**

که به نظر پیشنهاد می‌کند که نباید همکاری کرد؛
پس همکاری چگونه اتفاق می‌افتد؟

تورنمنت اکسلرود

AXELROD'S TOURNAMENT

Robert Axelrod

Robert Axelrod (1984) investigated this problem, with a computer tournament for programs playing the iterated prisoner's dilemma.

Axelrod hosted the tournament and various researchers sent in approaches for playing the game.

رابرت اکسلرود
متخصص علوم سیاسی
پژوهش:
چگونه در یک جامعه از عامل‌های خودخواه، عمل همکاری می‌تواند سر بزند؟

مسابقه‌ی عمومی: ۱۹۸۰م
با شرکت گروهی از دانشمندان علوم سیاسی، روانشناسی، اقتصاد، نظریه‌ی بازی

موضوع: اجرای «معمای زندانی‌ها»ی تکراری
اطلاعات: انتخاب قبلی رقیب: D یا C
هر مسابقه شامل ۵ بازی و در هر بازی ۲۰۰ تکرار از معمای زندانی‌ها

هدف: **یافتن بهترین استراتژی**

تورنمنت اکسلرود

استراتژی‌های به‌کار رفته در تورنمنت اکسلرود

AXELROD'S TOURNAMENT

استراتژی همه–ع *ALL-D Strategy*	همیشه کنش «عدم همکاری» استفاده می‌شود.
استراتژی تصادفی *Random Strategy*	صرف‌نظر از جواب رقیب در مرحله‌ی قبل، کنش C یا D تصادفاً با احتمال برابر انتخاب می‌شود.
استراتژی «این به آن در» *Tit-for-Tat Strategy (TfT)*	• در دور اول $u = 0$ همکاری C • در دور $u > 0$ انجام کنش رقیب در دور $u - 1$
استراتژی آزماینده *Tester Strategy*	• در دور اول: آزمایش رقیب با عدم همکاری D • اگر رقیب تلافی کرد، انجام TfT وگرنه تکرار دوبار C و یک بار D
استراتژی «جاس» *JOSS Strategy*	همانند TfT فقط در ۱۰ درصد مواقع D انتخاب می‌شود.

تورنمنت اکسلرود

استراتژی‌های به‌کار رفته در تورنمنت اکسلرود: استراتژی برنده TfT

AXELROD'S TOURNAMENT

استراتژی همه-ع *ALL-D Strategy*	همیشه کنش «عدم همکاری» استفاده می‌شود.
استراتژی تصادفی *Random Strategy*	صرف‌نظر از جواب رقیب در مرحله‌ی قبل، کنش C یا D تصادفاً با احتمال برابر انتخاب می‌شود.
استراتژی «این به آن در» *Tit-for-Tat Strategy (TfT)*	• در دور اول $u = 0$ همکاری C • در دور $u > 0$ انجام کنش رقیب در دور $u - 1$
استراتژی آزماینده *Tester Strategy*	• در دور اول: آزمایش رقیب با عدم همکاری D • اگر رقیب تلافی کرد، انجام TfT وگرنه تکرار دوبار C و یک بار D
استراتژی «جاس» *JOSS Strategy*	همانند TfT فقط در ۱۰ درصد مواقع D انتخاب می‌شود.

بعد از برگزاری مسابقه مشخص شد استراتژی «این به آن در» برنده شده است ...

تورنمنت اکسلرود

استراتژی‌های به‌کار رفته در تورنمنت اکسلرود: دلایل موفقیت استراتژی برنده TfT

AXELROD'S TOURNAMENT

استراتژی «این به آن در» *Tit-for-Tat Strategy (TfT)*	• در دور اول $u = 0$ همکاری C • در دور $u > 0$ انجام کنش رقیب در دور $u - 1$

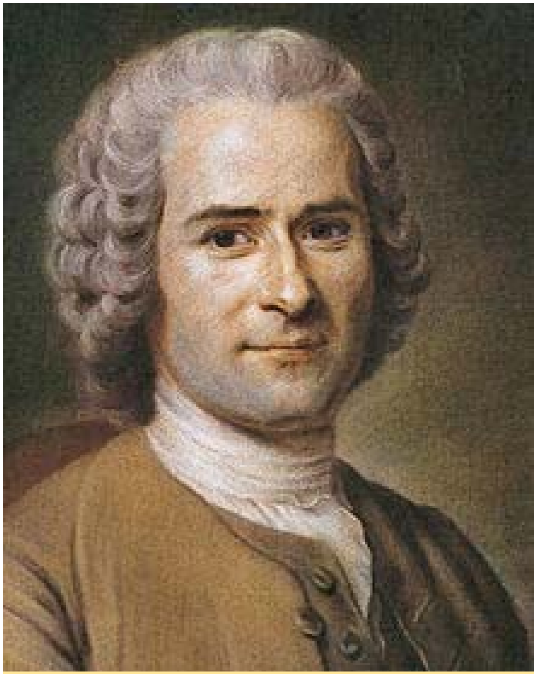
بعد از برگزاری مسابقه مشخص شد استراتژی «این به آن در» برنده شده است ...

استدلال‌های اکسلرود برای موفقیت استراتژی «این به آن در»

- **زیاد بدخواه نبودن!**
  در معمای زندانی‌ها زیاد لازم نیست برای پیروزی به رقیب ضربه بزنید.
- **هیچ‌وقت اولین کنش «عدم همکاری» نباشد!**
  سود از دست رفته در مرحله اول به سبب انتخاب C در قیاس با سود حاصل از مراحل بعد ناچیز است.
- **مقابله‌به‌مثل کردن با همکاری و عدم همکاری!**
  همیشه عدم همکاری را بلافاصله جریمه کنید، اما نه بیشتر از ضرری که از رقیب دیده‌اید.
- **زیاد زیرک نباش!**
  همیشه همکاری متقابل را بلافاصله انجام دهید.

شکار گوزن

STAG HUNT



Jean-Jacques Rousseau

شکار گوزن:

نام یک معمای اجتماعی

برگرفته از «گفتمانی بر نابرابری»

ژان–ژاک روسو، ۱۷۷۵ م

فیلسوف سوئیسی

شکار گوزن

[Stag Hunt](#)

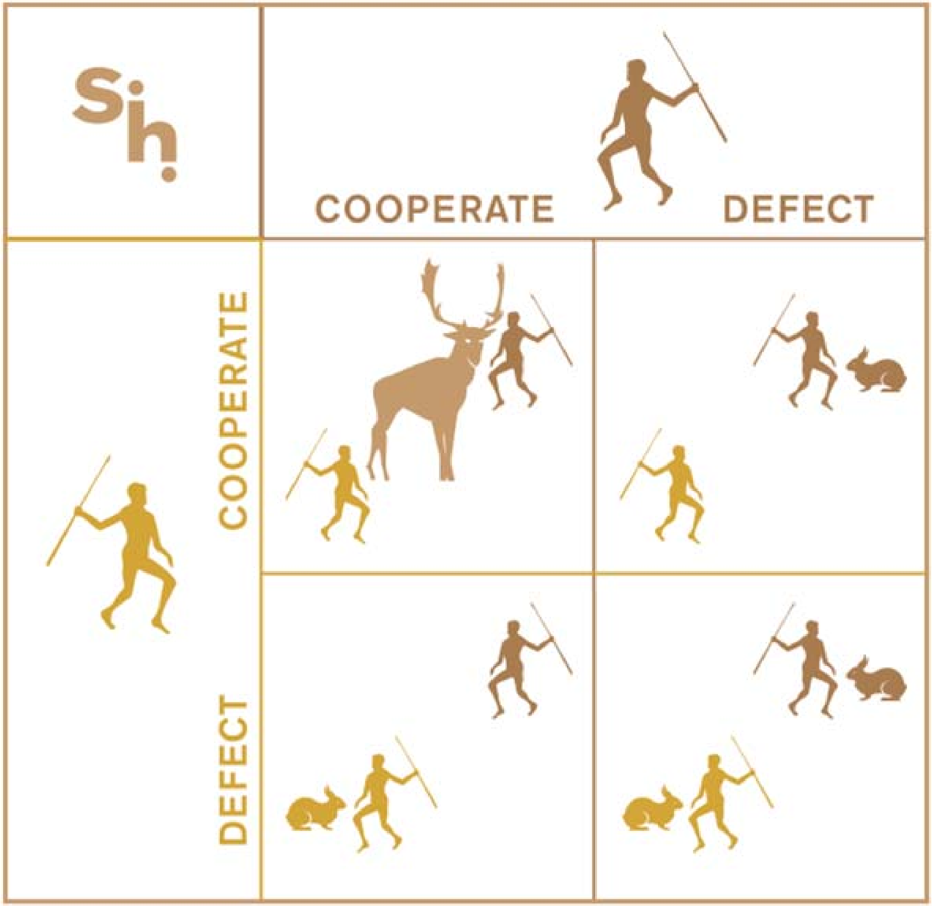
گروهی از شکارچیان برای شکار گوزن می‌روند:

- **اگر همه روی گوزن متمرکز شوند** سرانجام آن را شکار می‌کنند
  - در این حالت همه مقدار زیادی غذا به‌دست می‌آورند.
- **اگر برخی سرگرم شکار خرگوش شوند** گوزن فرار خواهد کرد.
  - در این حالت شکارچیان خرگوش غذای کمتری به‌دست می‌آورند و شکارچیان گوزن گرسنه می‌مانند.

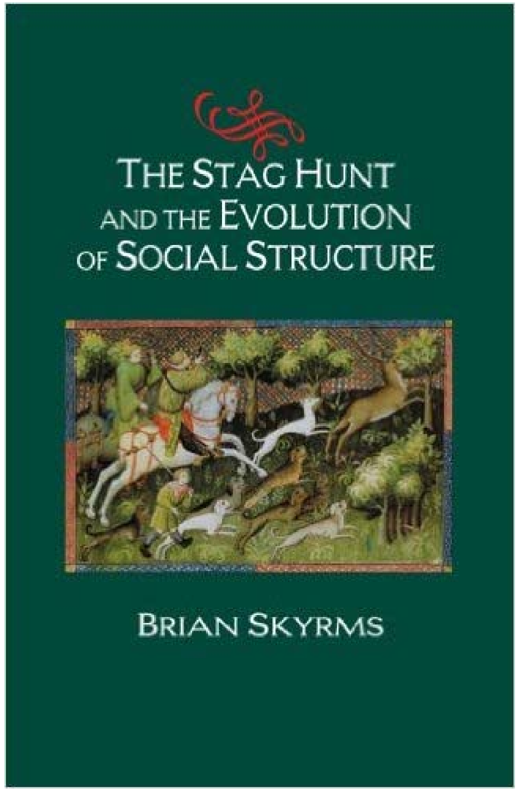
شکارچی‌ها چه باید بکنند؟

شکار گوزن

Stag Hunt



COOPERATE
DEFECT
COOPERATE
DEFECT


THE STAG HUNT
AND THE EVOLUTION
OF SOCIAL STRUCTURE
BRIAN SKYRMS

شکار گوزن

یک نمونه در موقعیتی دیگر

<u>STAG HUNT</u>

"...You and a friend decide it would be a great joke to show up on the last day of school with some ridiculous haircut. Egged on by your clique, you both ***swear*** *you'll get the haircut.*

A night of indecision follows. As you anticipate your parents' and teachers reactions [...] you start wondering if your friend is really going to go through with the plan.

Not that you don't want the plan to succeed: the best possible outcome would be for both of you to get the haircut.

The trouble is, it would be awful to be the ***only one*** *to show up with the haircut. That would be the worst possible outcome.*

You're not above enjoying your friend's embarrassment. If you ***didn't*** *get the haircut, but the friend did, and looked like a real jerk, that would be almost as good as if you both got the haircut..."*

Mike Wooldridge

شما و دوستتان تصمیم می‌گیرید که در آخرین روز از سال تحصیلی با یک مدل موی مضحک به مدرسه بیایید و هر دو قسم می‌خورید که این کار را می‌کنید.

شب قبل از موعد معین به تردید می‌افتید؟
واقعاً چه باید کرد؟

- **اگر دوستتان همراهی نکند چه؟**
  - عکس‌العمل دیگران به شما؟
- **اگر شما همراهی نکنید چه؟**
  - دیگران به دید یک خائن به شما نگاه می‌کنند!

شکار گوزن

یک نمونه در موقعیتی دیگر: راه‌حل

Stag Hunt

*"...You and a friend decide it would be a great joke to show up on the last day of school with some ridiculous haircut. Egged on by your clique, you both **swear** you'll get the haircut.*

A night of indecision follows. As you anticipate your parents' and teachers reactions [...] you start wondering if your friend is really going to go through with the plan.

Not that you don't want the plan to succeed: the best possible outcome would be for both of you to get the haircut.

*The trouble is, it would be awful to be the **only one** to show up with the haircut. That would be the worst possible outcome.*

*You're not above enjoying your friend's embarrassment. If you **didn't** get the haircut, but the friend did, and looked like a real jerk, that would be almost as good as if you both got the haircut..."*

Mike Wooldridge

شما و دوستتان تصمیم می‌گیرید که در آخرین روز از سال تحصیلی با یک مدل موی مضحک به مدرسه بیایید و هر دو قسم می‌خورید که این کار را می‌کنید.

شب قبل از موعد معین به تردید می‌افتید؟
واقعاً چه باید کرد؟

- **اگر دوستتان همراهی نکند چه؟**
  - عکس‌العمل دیگران به شما؟
- **اگر شما همراهی نکنید چه؟**
  - دیگران به دید یک خائن به شما نگاه می‌کنند!

بهترین خروجی ممکن برای شما و دوستتان:
هر دو به قول خودتان عمل کنید.

شکار گوزن

راه‌حل

STAG HUNT

شکار گوزن
Stag Hunt

گروهی از شکارچیان برای شکار گوزن می‌روند:

- اگر **همه روی گوزن متمرکز شوند** (همکاری) سرانجام آن را شکار می‌کنند
  - در این حالت همه مقدار زیادی غذا به‌دست می‌آورند.
- **اگر برخی سرگرم شکار خرگوش شوند** (عدم همکاری) گوزن فرار خواهد کرد.
  - در این حالت شکارچیان خرگوش غذای کمتری به‌دست می‌آورند و شکارچیان گوزن گرسنه می‌مانند.

شکارچی‌ها چه باید بکنند؟

j \ i	defect	coop
defect	2, 2	3, 1
coop	1, 3	4, 4

استراتژی غالب	همکاری
تعادل نش	$(D,D)\,,\,(C,C)$
بهنیه‌ی پارتو	(C,C)
ماکزیمم رفاه اجتماعی	(C,C)

- اگر شما بدانید که من همکاری خواهم کرد، بهترین کنش شما **همکاری** است.
- اگر شما بدانید که من همکاری نخواهم کرد، بهترین کنش شما **عدم همکاری** است.

بازی جربزه‌ی مرغ

Game of Chicken

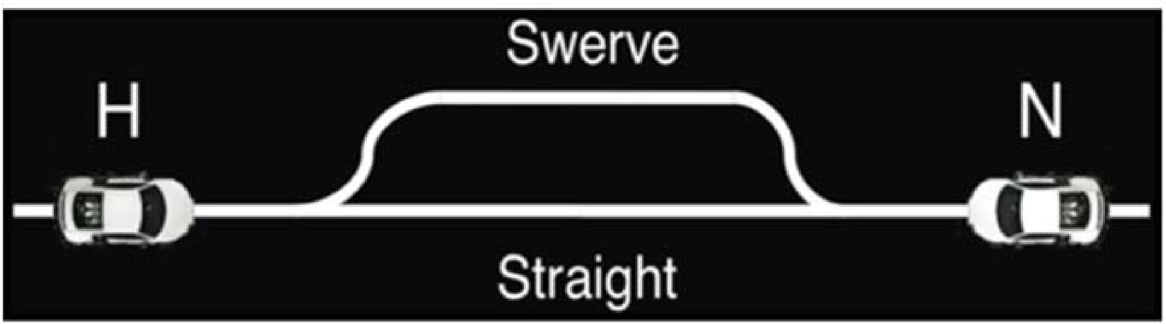
بازی جربزه‌ی مرغ

Game of Chicken

دو ماشین با سرعت به سمت هم حرکت می‌کنند:

- **اگر هیچ‌کدام تغییر مسیر ندهند** شدیداً با هم تصادف می‌کنند.
  - در این حالت بیشترین ضرر به هر دو می‌رسد.
- **اگر یکی تغییر مسیر بدهد**، هر دو سود می‌کنند.
  - اما سود کسی که تغییر مسیر نداده است، بیشتر است.
- **اگر هر دو تغییر مسیر بدهند**، هر دو سود مساوی اما کمتری می‌کنند.

کدام تصمیم بهتر است؟



بازی جربزه‌ی مرغ

Game of Chicken

The **game of chicken** gets its name from a rather silly, macho "game" that was supposedly popular amongst juvenile delinquents in 1950s America; the game was immortalised by James Dean in the 1950s film Rebel without a Cause. The purpose of the game is to establish who is **bravest** of the two players.

The game is played by both players driving their cars at high speed towards a cliff. The idea is that the **least brave** of the two (the "chicken") will be the first to drop out of the game by jumping out of the speeding car. The **winner** is the one who lasts longest in the car. Of course, if neither player jumps out of the car, then **both cars fly off the cliff**, taking their foolish passengers to a fiery death on the rocks that undoubtedly lie at the foot of the cliff.

بازی جربزه‌ی مرغ،
در دهه‌ی ۱۹۵۰ م بین نوجوانان خلاف‌کار آمریکایی رایج بوده است.
هدف از اجرای این بازی این است که معلوم شود از دو آدم‌کش کدام‌یک شجاع‌تر است!
در این بازی هر دو رقیب با سرعت بسیار زیاد ماشین‌های خود را به سمت یک پرتگاه می‌رانند.
در این حالت شخصی که ترسوتر است (جربزه‌ی مرغ دارد!) زودتر تغییر مسیر می‌دهد تا سقوط نکند.
برنده کسی است که برای مدت زمان بیشتری به مسیر خود ادامه دهد.

بهترین گزینه کاملاً بستگی به رفتار طرف مقابل دارد!

تفاوت با معمای زندانی‌ها:
عدم همکاری متقابل، وحشتناک‌ترین برآمد را در پی دارد.

بازی جربزه‌ی مرغ

Game of Chicken

بازی جربزه‌ی مرغ
Game of Chicken

دو ماشین با سرعت به سمت هم حرکت می‌کنند:

- اگر **هیچ‌کدام تغییر مسیر ندهند** شدیداً با هم تصادف می‌کنند.
  - در این حالت بیشترین ضرر به هر دو می‌رسد.
- اگر **یکی تغییر مسیر بدهد**، هر دو سود می‌کنند.
  - اما سود کسی که تغییر مسیر نداده است، بیشتر است.
- اگر **هر دو تغییر مسیر بدهند**، هر دو سود مساوی اما کمتری می‌کنند.

کدام تصمیم بهتر است؟

j \ i	defect	coop
defect	0, 0	4, 2
coop	2, 4	3, 3

استراتژی غالب	وجود ندارد!
تعادل نش	(C,D) , (D,C)
بهنیه‌ی پارتو	همه غیر از (D,D)
ماکزیمم رفاه اجتماعی	همه غیر از (D,D)

- اگر شما بدانید که من همکاری خواهم کرد، بهترین کنش شما **عدم همکاری** است.
- اگر شما بدانید که من همکاری نخواهم کرد، بهترین کنش شما **همکاری** است.

دیگر انواع بازی‌های متقارن ۲ در ۲

با ۴ برآمد ممکن در بازی‌های **متقارن** همکاری/عدم همکاری:
$4! = 24$ ترتیب مختلف روی برآمدها به‌دست می‌آید.

Cooperation dominates

$$CC >_i CD >_i DC >_i DD$$

$$CC >_i CD >_i DD >_i DC$$

Deadlock (You will always do best by defecting)

$$DC >_i DD >_i CC >_i CD$$

$$DC >_i DD >_i CD >_i DD$$

		i	
		defect	coop
j	defect	DD	DC
	coop	CD	CC

دیگر انواع بازی‌های متقارن ۲ در ۲

با ۴ برآمد ممکن در بازی‌های **متقارن** همکاری/عدم همکاری:
$4! = 24$ ترتیب مختلف روی برآمدها به‌دست می‌آید.

Prisoner's dilemma.

$$DC >_i CC >_i DD >_i CD$$

Chicken

$$DC >_i CC >_i CD >_i DD$$

Stag Hunt

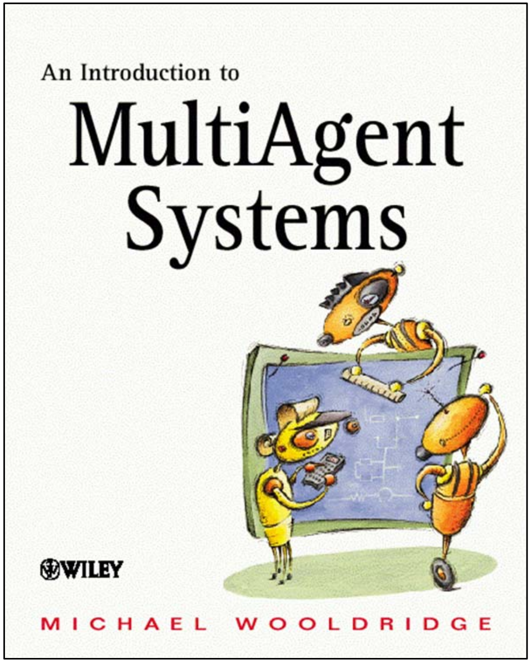
$$CC >_i DC >_i DD >_i CD$$

		i	
		defect	coop
j	defect	DD	DC
	coop	CD	CC

Scenario	Preferences over outcomes	Comment
1.	$C, C \succ_i C, D \succ_i D, C \succ_i D, D$	cooperation dominates
2.	$C, C \succ_i C, D \succ_i D, D \succ_i D, C$	cooperation dominates
3.	$C, C \succ_i D, C \succ_i C, D \succ_i D, D$	
4.	$C, C \succ_i D, C \succ_i D, D \succ_i C, D$	stag hunt
5.	$C, C \succ_i D, D \succ_i C, D \succ_i D, C$	
6.	$C, C \succ_i D, D \succ_i D, C \succ_i C, D$	
7.	$C, D \succ_i C, C \succ_i D, C \succ_i D, D$	
8.	$C, D \succ_i C, C \succ_i D, D \succ_i D, C$	
9.	$C, D \succ_i D, C \succ_i C, C \succ_i D, D$	
10.	$C, D \succ_i D, C \succ_i D, D \succ_i C, C$	
11.	$C, D \succ_i D, D \succ_i C, C \succ_i D, C$	
12.	$C, D \succ_i D, D \succ_i D, C \succ_i C, C$	
13.	$D, C \succ_i C, C \succ_i C, D \succ_i D, D$	game of chicken
14.	$D, C \succ_i C, C \succ_i D, D \succ_i C, D$	prisoner's dilemma
15.	$D, C \succ_i C, D \succ_i C, C \succ_i D, D$	
16.	$D, C \succ_i C, D \succ_i D, D \succ_i C, C$	
17.	$D, C \succ_i D, D \succ_i C, C \succ_i C, D$	
18.	$D, C \succ_i D, D \succ_i C, D \succ_i C, C$	
19.	$D, D \succ_i C, C \succ_i C, D \succ_i D, C$	
20.	$D, D \succ_i C, C \succ_i D, C \succ_i C, D$	
21.	$D, D \succ_i C, D \succ_i C, C \succ_i D, C$	
22.	$D, D \succ_i C, D \succ_i D, C \succ_i C, C$	
23.	$D, D \succ_i D, C \succ_i C, C \succ_i C, D$	defection dominates
24.	$D, D \succ_i D, C \succ_i C, D \succ_i C, C$	defection dominates

منابع

منبع اصلی



Michael Wooldridge,
An Introduction to Multiagent Systems,
John Wiley & Sons, 2002.
Chapter 6

6

Multiagent Interactions

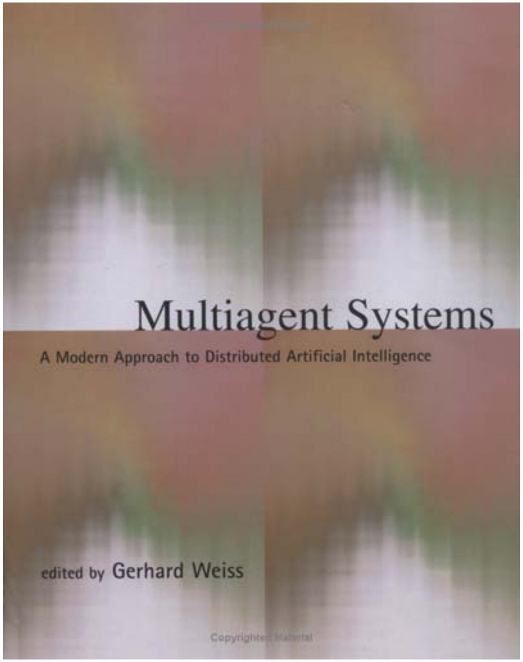
So far in this book, we have been focusing on the problem of how to build an individual agent. Except in passing, we have not examined the issues associated in putting these agents together. But there is a popular slogan in the multiagent systems community:

> There's no such thing as a single agent system.

The point of the slogan is that interacting systems, which used to be regarded as rare and unusual beasts, are in fact the norm in the everyday computing world. All but the most trivial of systems contains a number of sub-systems that must interact with one another in order to successfully carry out their tasks. In this chapter, I will start to change the emphasis of the book, from the problem of 'how to build an agent', to 'how to build an agent society'. I begin by defining what we mean by a multiagent system.

Figure 6.1 (from Jennings (2000)) illustrates the typical structure of a multiagent system. The system contains a number of agents, which interact with one another through communication. The agents are able to act in an environment; different agents have different 'spheres of influence', in the sense that they will have control over – or at least be able to influence – different parts of the environment. These spheres of influence may coincide in some cases. The fact that these spheres of influence may coincide may give rise to dependency relationships between the agents. For example, two robotic agents may both be able to move through a door – but they may not be able to do so simultaneously. Finally, agents will also typically be linked by other relationships. Examples might be 'power' relationships, where one agent is the 'boss' of another.

منبع کمکی



Gerhard Weiss (ed.),
Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence,
MIT Press, 1999.
Chapter 5

5 Distributed Rational Decision Making

Tuomas W. Sandholm

5.1 Introduction

Automated negotiation systems with self-interested agents are becoming increasingly important. One reason for this is the *technology push* of a growing standardized communication infrastructure—Internet, WWW, NII, EDI, KQML, FIPA, Concordia, Voyager, Odyssey, Telescript, Java, *etc.*—over which separately designed agents belonging to different organizations can interact in an open environment in real-time and safely carry out transactions. The second reason is strong *application pull* for computer support for negotiation at the operative decision making level. For example, we are witnessing the advent of small transaction electronic commerce on the Internet for purchasing goods, information, and communication bandwidth [31]. There is also an industrial trend toward virtual enterprises: dynamic alliances of small, agile enterprises which together can take advantage of economies of scale when available (e.g., respond to more diverse orders than individual agents can), but do not suffer from diseconomies of scale.

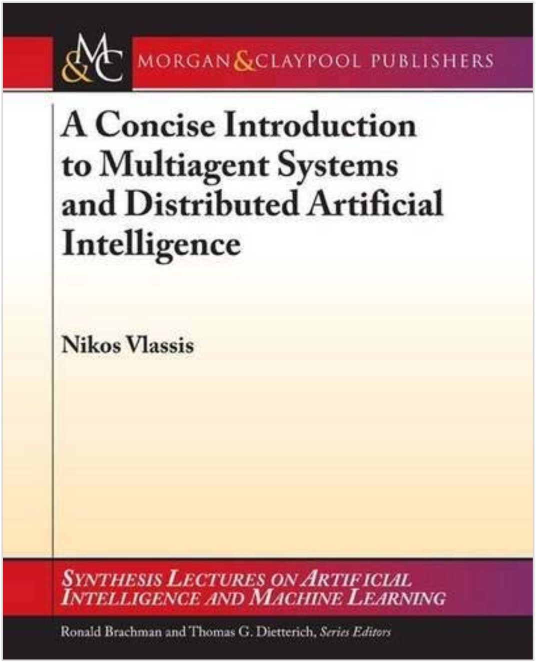
Multiagent technology facilitates such negotiation at the operative decision making level. This automation can save labor time of human negotiators, but in addition, other savings are possible because computational agents can be more effective at finding beneficial short-term contracts than humans are in strategically and combinatorially complex settings.

This chapter discusses multiagent negotiation in situations where agents may have different goals, and each agent is trying to maximize its own good without concern for the global good. Such self-interest naturally prevails in negotiations among independent businesses or individuals. In building computer support for negotiation in such settings, the issue of self-interest has to be dealt with. In *cooperative distributed problem solving* [12, 9], the system designer imposes an interaction *protocol*[1] and a *strategy* (a mapping from state history to action; a

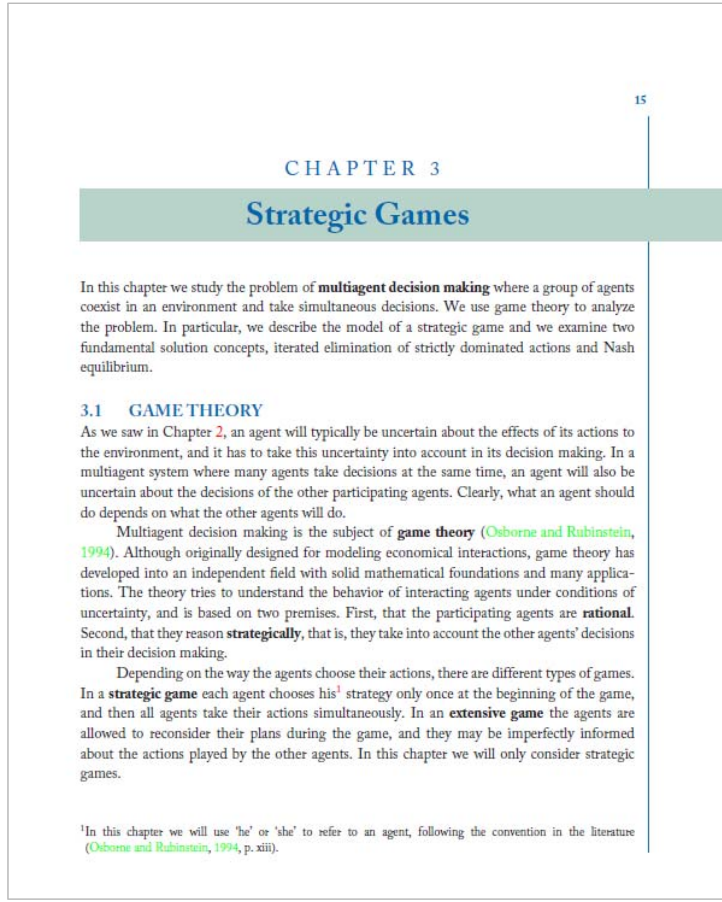
---

1. Here a protocol does not mean a low level communication protocol, but a negotiation protocol which determines the possible actions that agents can take at different points of the interaction. The *sealed-bid first-price auction* is an example protocol where each bidder is free to submit one bid for the item, which is awarded to the highest bidder at the price of his bid.

منبع کمکی



Nikos Vlassis,
A Concise Introduction to Multiagent Systems and Distributed Artificial Intelligence,
Morgan & Claypool, 2007.
Chapter 3



15

CHAPTER 3

Strategic Games

In this chapter we study the problem of **multiagent decision making** where a group of agents coexist in an environment and take simultaneous decisions. We use game theory to analyze the problem. In particular, we describe the model of a strategic game and we examine two fundamental solution concepts, iterated elimination of strictly dominated actions and Nash equilibrium.

3.1 GAME THEORY

As we saw in Chapter 2, an agent will typically be uncertain about the effects of its actions to the environment, and it has to take this uncertainty into account in its decision making. In a multiagent system where many agents take decisions at the same time, an agent will also be uncertain about the decisions of the other participating agents. Clearly, what an agent should do depends on what the other agents will do.

Multiagent decision making is the subject of **game theory** (Osborne and Rubinstein, 1994). Although originally designed for modeling economical interactions, game theory has developed into an independent field with solid mathematical foundations and many applications. The theory tries to understand the behavior of interacting agents under conditions of uncertainty, and is based on two premises. First, that the participating agents are **rational**. Second, that they reason **strategically**, that is, they take into account the other agents' decisions in their decision making.

Depending on the way the agents choose their actions, there are different types of games. In a **strategic game** each agent chooses his[1] strategy only once at the beginning of the game, and then all agents take their actions simultaneously. In an **extensive game** the agents are allowed to reconsider their plans during the game, and they may be imperfectly informed about the actions played by the other agents. In this chapter we will only consider strategic games.

[1]In this chapter we will use 'he' or 'she' to refer to an agent, following the convention in the literature (Osborne and Rubinstein, 1994, p. xiii).