

درس: اقتصاد مهندسی

مدرس: دکتر محسن کیا

## اهداف درس

آشنا شدن دانشجویان با اصول و مبانی اقتصاد و ارائه تکنیک و مفاهیم لازم برای مقایسه طرح ها و پروژه های مختلف سرمایه گذاری با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول بهره، تورم، مالیات ...

## کتاب های درسی

- ۱- سیستم قیمت ها و تخصیص منابع تولیدی، ریچارت لف ویچ، ترجمه میرنظام سجادی، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.
- ۲- اقتصاد کلان (دوجلدی)، یوسف فرجی، انتشارات کویر.
- ۳- اقتصاد مهندسی یا ارزیابی طرح های اقتصادی، دکتر محمد مهدی اسکویی نژاد.

# معرفی کتاب



## اقتصاد مهندسی یا

## ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی

تألیف: دکتر محمد مهدی اسکونژاد

استادیار دانشکده مهندسی صنایع  
دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
چاپ هفتم

# بخش اول

## مفاهیم اساسی اقتصاد مهندسی

- فصل اول : مقدمه
- فصل دوم : اصول پایه‌ای در اقتصاد مهندسی
- فصل سوم : معرفی و کاربرد فاکتورها
- فصل چهارم : حالت‌های مخصوص فرآیند مالی
- فصل پنجم : نرخ‌های اسمی و موثر

# بخش اول

## مفاهیم اساسی اقتصاد مهندسی

### فصل اول

#### مقدمه

تحلیل اقتصادی پروژه، تکنیکهای مقایسه و تصمیم‌گیری و انتخاب از میان راه‌حلها، براساس شرایط مطلوب پولی یا اقتصادی را شامل می‌شود. به همان میزان که تکنولوژی صنعتی افزایش می‌یابد، تصمیم‌گیری اقتصادی نیز مشکل‌تر و حساس‌تر می‌شود. مجموعاً استفاده از این تکنیکها دارای اهمیت اساسی هستند، زیرا میزان سود یا ضرر حاصل از کیفیت راه‌حل خاص انتخاب شده، بستگی به استفاده بجا از این تکنیکها دارد.

## شناسایی یک موضوع قابل بررسی

نقطه شروع در هر تلاش آگاهانه برای تصمیم‌گیری منطقی، شناخت موضوع، مشکل یا نارسایی و جوانب موجود می‌باشد. در شرایط خاص، شناسایی موضوع آسان است، مثلاً یک دستگاه خراب یا دستگاهی با قابلیت تولید نسبتاً ناکافی، به راحتی سبب شناسایی مشکل می‌شود. اما معمولاً مشکلات با وجود اهمیتی که در کاهش یا ایجاد مشکلات آینده دارند، بدون تحقیق و تدبیر قابل تشخیص نیستند. در حالیکه آگاهی از موضوع یا مشکل سبب حل یا تغییر آن در جهت سودرسانی می‌شود.

## بررسی سیستم‌های تحلیل

سیستم‌های تحلیل، دسته‌ای از مراحل مربوط به هم می‌باشند که نتایج اصلی طرح و مدیریت را بررسی کرده و چگونگی همکاری افراد، پول و مواد را برای رسیدن به اهداف بزرگتر مشخص می‌نمایند.

سیستم‌های تحلیل از طرق مختلف در پی بدست آوردن شیوه برخورد با مشکلات می‌باشند که عبارتند از کشف علمی و اصولی اهداف، راه حل‌ها، فرضیات، موازین و خطراتی که در کل بعنوان یک سیستم جامع محسوب می‌شوند.

- ۱- شرح اهداف
- ۲- فرمول‌بندی معیارهای تأثیرپذیر
- ۳- ارائه راه حل‌ها
- ۴- ارزیابی راه حل‌ها
- ۵- انتخاب راه حل‌ها.

## اهمیت ارزیابی در تحلیل‌های اقتصادی

از آنجا که تحلیل‌های اقتصادی برای دستیابی به راه‌حل یا راه‌حلی که در آینده مورد استفاده قرار می‌گیرند بکار می‌روند، طبیعتاً مبتنی بر ارزیابی‌های وقایعی هستند که در آینده اتفاق می‌افتند. مشکل‌ترین بخش از یک تحلیل اقتصادی، ارزیابی کمیت‌های

مرتبط با آینده می‌باشد. ارزیابی‌ها، بیشتر مبتنی بر نتایج گذشته بوده و بهترین و معمول‌ترین منبع اطلاعات در مورد نتایج گذشته، اطلاعات مربوط به گذشته تشکیلات اقتصادی است.



## تعریف اقتصاد مهندسی

اقتصاد مهندسی عبارت است از مجموعه‌ای از تکنیکهای ریاضی، برای ساده کردن مقایسه اقتصادی پروژه‌های صنعتی و یا به عبارت ساده‌تر، اقتصاد مهندسی ابزار تصمیم‌گیری برای انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌هاست.

مهندسين، طراحان و مجربان هستند. وظايف آنها مدیریت، تصمیم‌گیری و حل مسائل جهت دستیابی به اهداف سازمان می‌باشد. اقتصاد مهندسی در تمام فعالیت‌های ذکر شده برای مهندسين نقش اساسی دارد، زیرا کلیه فعالیت‌های صنعتی باید مورد تجزیه و تحلیل اقتصادی قرار گیرند.

یک متخصص اقتصاد مهندسی با بهره‌گیری از علوم مهندسی و اقتصاد، باید برترین پروژه را با توجه به محدودیت منابع شناسائی کند. امروزه سؤالات بسیاری از طرف مهندسین مطرح است:

- آیا ماشینی که در حال کار است باید با یک ماشین جدید تعویض شود؟
- با توجه به محدودیت سرمایه، در کدامیک از پروژه‌ها باید سرمایه‌گذاری انجام گیرد؟
- آیا بهتر نیست سرمایه‌گذاری در پروژه‌هایی صورت گیرد که احتمال خطر کمتری برای سرمایه‌گذار دارد؟
- بررسیهای اقتصادی پروژه‌هایی که اجرای آنها با مخاطره همراه است چگونه است؟
- بین چند پروژه که ظاهراً دارای درآمد سالیانه مساوی هستند، اما فرایندهای مالی مختلفی دارند، کدام اقتصادی‌تر است؟

- آیا منافع در یک پروژه عام‌المنفعه در حدی هست که هزینه‌های اجرایی طرح را توجیه کند؟

- با تغییر (افزایش یا کاهش) هر یک از پارامترهای اقتصادی در یک پروژه، چه تغییری در تصمیم‌گیری اجرایی پروژه پدید می‌آید؟ به عبارت ساده‌تر، پروژه نسبت به کدام پارامتر حساس‌تر است؟

- آیا در زمان تورم، سرمایه‌گذاری باید صورت گیرد؟ تورم چه نقشی در مقایسه اقتصادی پروژه‌ها ایفا می‌کند؟

در کلیه سؤالات فوق، دو مورد اساسی را باید مورد توجه قرار داد:

۱- کلیه پروژه‌ها با توجه به محدودیت سرمایه مشخص شوند و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردد.

۲- اطلاعات، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و اقتصادی‌ترین پروژه شناسائی شود.

تا سال ۱۹۴۰ وظیفه اصلی مهندسين، طراحی و ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی و شناخت شیوه‌های تولیدی بود و توجه کاملی به حدود استفاده در مواد اولیه، نیروی انسانی و فیزیکی در تولید محصول نداشتند. امروزه مهندسين نه تنها برای کسب تکنولوژی جدید و پیشرفته کوشش می‌کنند، بلکه تجزیه و تحلیل اقتصادی کاملی را برای اجرای آن تکنولوژی انجام می‌دهند و نه تنها پارامترهای اقتصادی را مدنظر قرار می‌دهند، بلکه پارامترهای دیگری چون اصول ایمنی و حفاظت پرسنل، عوامل مختلف در محیط کار شامل عوامل فیزیکی، روانی، و... و جلب رضایت بیشتر مشتریان، با توجه به یک رقابت کامل در بازار جهانی را از نظر دور نمی‌دارند.

امروزه هدف اصلی مهندسين کاهش هزینه‌هاست. هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌های نیروی انسانی، مواد اولیه، انرژی و... بیشترین سهم را در قیمت تمام شده محصول دارند. مهندسين سعی می‌کنند نرخ بهره‌وری را به حداکثر برسانند، از ضایعات بکاهند، راندمان کاری را افزایش دهند و نهایتاً قیمت تمام شده محصول را کاهش و سود را افزایش دهند. بنابراین مهندسين دائماً در حال تصمیم‌گیری هستند، تصمیم‌گیری تحت شرایط معین و معلوم یا شرایط احتمالی و نامعلوم. کلیه تصمیم‌گیریها براساس شناخت پارامترهای اقتصادی و استفاده از تکنیکهای کمی در اقتصاد مهندسی قابل انجام است.

## تاریخچه اقتصاد مهندسی

در سال ۱۸۸۷ کتابی تحت عنوان نظریه اقتصادی محل راه آهنها<sup>۱</sup> توسط آرتور م. ولینگتن<sup>۲</sup> به چاپ رسید. او که یک مهندس ساختمان بود، مهندسین را تشویق به بررسیهای اقتصادی پروژههای صنعتی نمود. او برای بررسی اقتصادی طرح راه آهن از روش ارزش فعلی با عمر بی نهایت<sup>۳</sup> استفاده نمود.

در سال ۱۹۲۰ کتابی تحت عنوان مهندسی مالی<sup>۴</sup> بوسیله ا. بی گلدمن<sup>۵</sup> و در سال ۱۹۲۳ کتاب دیگری به نام اقتصاد مهندسی<sup>۶</sup> توسط جی. سی. ال. فیش<sup>۷</sup> منتشر شد. در کتابهای فوق سعی شد تا به کمک مدلهای ریاضی، پروژهها بصورت مدلهای سرمایه گذاری فرموله شوند. گلدمن در کتاب خود از اینکه نویسندگان کتابهای مهندسی، به شناخت هزینههای لازم جهت اجرای طرحهای مهندسی و نهایتاً بررسیهای اقتصادی توجه کافی نمی نمایند، اظهار تاسف می کند. او بررسی اقتصادی طرحها را امری ضروری می داند.

## تاریخچه اقتصاد مهندسی

در سال ۱۹۳۰ کتابی تحت عنوان مبانی اقتصاد مهندسی<sup>۸</sup> توسط پروفیسور اوژن آل. گرانٹ<sup>۹</sup> به چاپ رسید. کتاب او اولین کتابی بود که پارامترهای اقتصادی را شناسائی و تکنیکهای کمی اقتصاد مهندسی را ارائه نمود. او از مقایسه اقتصادی بین چند طرح سخن گفت و اصول اقتصاد مهندسی را معرفی نمود. به همین دلیل او را بنیانگذار علم اقتصاد مهندسی می نامند.

Eugene, L.Grant



## تصمیم<sup>۱</sup> و تصمیم‌گیری<sup>۲</sup>

از آنجا که تصمیم‌گیری صحیح بعنوان مهمترین وظیفه و مسئولیت اصلی یک مدیر مطرح می‌شود و تکنیکهای اقتصاد مهندسی، جهت‌دهنده مدیر برای اتخاذ تصمیم صحیح است، ماهیت تصمیم و انواع تصمیم‌گیرها در اقتصاد مهندسی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ماهیت تصمیم

تصمیم، عبارت از نتیجه و یا پایان یک فرآیند<sup>۳</sup> است. فرآیندی که داده‌ها و اطلاعات موجود در مورد موضوعی را در جریان تجزیه و تحلیل قرار داده و از ترکیب مناسب آنها، به استراتژیهای موردنظر و بهترین راه‌حل می‌رسد. معهذاً، پایان یک فرآیند می‌تواند شروع فرآیند دیگری باشد. عبارت دیگر، اخذ یک تصمیم ممکن است آغازی باشد بر اخذ تصمیم یا تصمیم‌های دیگر. بدین جهت هرگونه تعریف در مورد ماهیت تصمیم، نارسا بنظر می‌رسد.

تصمیم: نتیجه یا پایان یک اقدام

تصمیم گیری: یک معادله است بین هدف مورد نظر و متغیرهای موثر بر تصمیم گیری

متغیر وابسته: هدف تصمیم گیری

متغیر مستقل: متغیرهای موثر قابل کنترل و غیرقابل کنترل

آنچه بیشتر در مورد ماهیت تصمیم، مورد توجه اقتصاددانان است، کمی بودن ارزشها و هدفهای تصمیم می باشد. در حقیقت اقتصاددانان توجه اصلی خود را معطوف به فعالیتهای بازار اقتصادی نموده اند که در آنجا خدمات و کالاهای متعددی عرضه می شود و اغلب با معیار پول قابل سنجش هستند.

آدام اسمیت<sup>۱</sup> معتقد بود که ارزشهای اقتصادی بطور اخص دارای نقش عمده و اساسی در تحقیقات علمی می باشند.

اتخاذ تصمیم توسط فرد یا مدیر یک سازمان، برای کسب یک هدف یا هدفهای معینی می باشد. هدفهای یک سازمان عبارت است از سودآوری، بهره‌وری، ابتکار و توسعه، بازاریابی، تامین منابع مالی، توسعه و افزایش کارایی مدیریت، کارمندان و مسئولیت سازمان در مقابل جامعه.

## معادله تصمیم

همانطور که اشاره شد، هر تصمیمی حداقل برای رسیدن به یک هدف خاص اتخاذ می‌گردد که حصول به آن هدف، خود بستگی به سایر متغیرهای موثر در مدل تصمیم‌گیری دارد. هدف یک تصمیم را «متغیر وابسته»<sup>۱</sup> و سایر متغیرهای موثر را «متغیرهای مستقل»<sup>۲</sup> می‌نامند. متغیرهای مستقل، خود به متغیرهای قابل کنترل و متغیرهای غیر قابل کنترل تقسیم می‌شوند.

رابطه بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل را می‌توان به صورت معادله زیر که برای هر موقعیت تصمیم‌گیری عمومیت دارد نوشت:

$$E = f(x, y)$$

$E$  = مشخص‌کننده درجه حصول به هدف تصمیم (متغیر وابسته)

$x$  = مشخص‌کننده متغیرهای قابل کنترل (متغیر مستقل)

$y$  = مشخص‌کننده متغیرهای غیر قابل کنترل (متغیر مستقل)

## وظایف اصلی مهندسين

- ❑ تصميم گيری در مورد انتخاب فرآيند و مواد
- ❑ تعويض تجهيزات و قطعات
- ❑ توسعه فعاليت و توليد محصول جديد
- ❑ کاهش هزينه ها و صرفه جوئی
- ❑ بهبود و ارتقاء سطح خدمات

**ملاك تصميم گيری پيشينه کردن سود با رعايت  
محدوديتهای فنی است.**

# تعریف سیستم

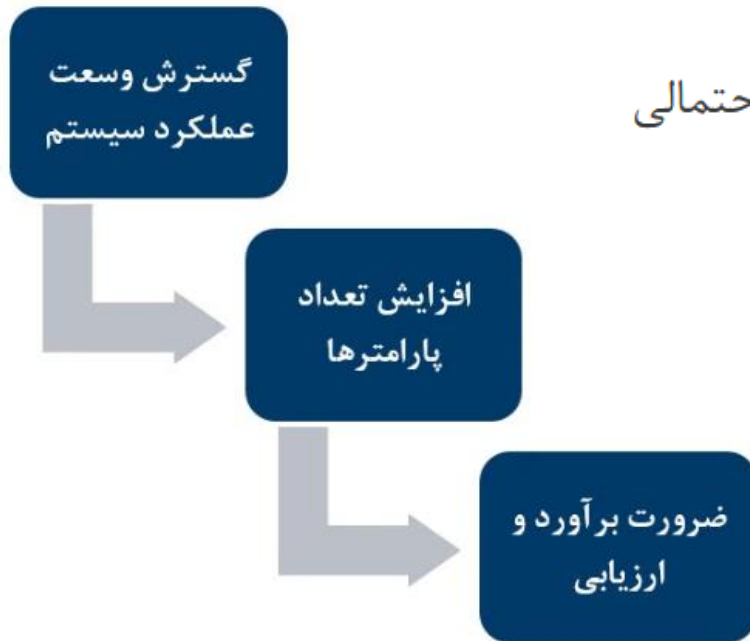
مجموعه ای از مراحل مرتبط با هم که رسیدن به هدف نهایی را تسهیل می کنند.

- به کارگیری راه حل های استراتژیک

- مدیریت متدهای استفاده شده

- بررسی روش های برخورد با مشکلات و هزینه های احتمالی

- حصول هدف



## ارزیابی

بررسی و پیش بینی وضعیت آینده بر اساس اطلاعات گذشته

## در سیستم اقتصادی

پیش بینی کمیته‌های مرتبط با آینده برای بررسی اقتصادی ترین شرایط

## مفهوم اقتصاد مهندسی

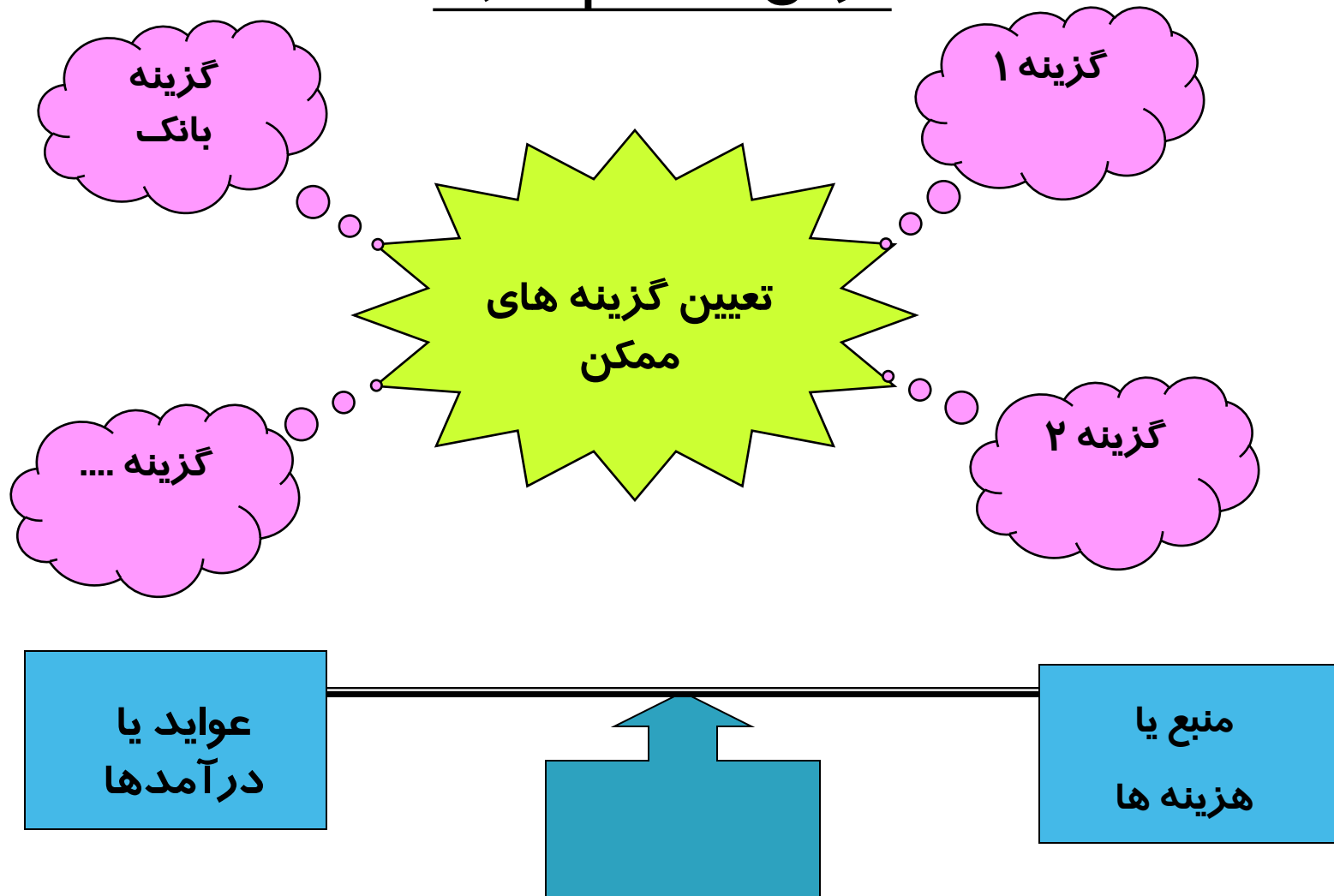
مجموعه ای از روش ها و تکنیک های ریاضی که امکان ارزیابی و مقایسه پروژه های تولیدی و صنعتی را فراهم می کند تا تصمیم گیری با دقت بالا و مطمئن تر اتفاق بیفتد.

پس:

ابزار تصمیم گیری برای انتخاب اقتصادی ترین پروژه است.



# روش تصمیم گیری



## گزینه برتر گزینه ای است که بیشترین سود را بدنبال دارد.

### دلایل دشواری مقایسه گزینه ها:

- 0 در پروژه های با عمر طولانی ارزش زمانی هزینه و درآمد را باید لحاظ کرد.
- 0 هزینه و طول عمر گزینه ها میتواند متفاوت باشد.
- 0 وجود عوامل غیر قابل تبدیل به ریال

### عوامل تسهیل در مقایسه گزینه ها:

- 0 برای گزینه های با محصول (درآمد) یکسان مقایسه هزینه ها کفایت میکند. گزینه برتر گزینه ای است که کمترین هزینه را دارد.

# انواع تصمیم‌گیری

## ۱. تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان

- ☐ عدم وجود متغیرهای غیرقابل کنترل
- ☐ تصمیم‌گیری بر اساس مدل‌های مشخص ریاضی
- ☐ مثال: روش نرخ بازگشت سرمایه، روش ارزش فعلی، روش نسبت منافع به مخارج، برنامه ریزی ریاضی، نقطه سر به سر

# انواع تصمیم‌گیری

۲. تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان

۱-۲: در حالت عدم اطمینان کامل

- ☐ وجود تعداد زیادی متغیر غیرقابل کنترل
- ☐ عدم دسترسی به اطلاعات گذشته برای پیش‌بینی و محاسبه احتمال وقوع متغیرها
- ☐ روش ماتریس تصمیم‌گیری

# انواع تصمیم‌گیری

## ۲. تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان

### ۲-۲: در حالت ریسک

- ☐ وجود تعداد زیادی متغیر غیرقابل کنترل
- ☐ دسترسی به اطلاعات گذشته برای پیش‌بینی و امکان محاسبه احتمال وقوع متغیرها
- ☐ روش: امید ریاضی، برنامه‌ریزی دینامیک، مدل‌های شبیه‌سازی

### ۳. تصمیم‌گیری در شرایط تعارض

□ استراتژی و انتخاب رقا بر تصمیم‌گیری تاثیر می‌گذارد (در نقش متغیر غیرقابل کنترل)

□ روش تئوری بازیها

بازی شطرنج (بازی رقیب در بازی شما تاثیر دارد و تا رقیب بازی نکند بازی شما مشخص نیست

# Game theory formulation

$x_1$  first player      Max       $z_1 = f_1(x_1, x_2)$   
 $x_2$  second player      Max       $z_2 = f_2(x_1, x_2)$   
 $f_1 + f_2 = C$   
Zero sum games       $C = 0$   
Saddle point exists

# نظریه بازی‌ها

- ▶ **دوراهی زندانی** یک مسئله پایه‌ای در نظریه بازی‌ها به شمار می‌آید و نشان می‌دهد که چطور دو نفر در همکاری برای این که خود به سود بیشتری برسند به خودشان ضرر وارد می‌کنند.
- ▶ این موضوع اولین بار توسط مریل فلود و ملوین درشر در سال ۱۹۵۰ مطرح شد. بعدها آلبرت دابلیوتاگر این مسئله را به عنوان یک معضل رسمی در اقتصاد با عنوان معمای زندانی‌ها (۱۹۹۲، **poundstone**) به چاپ رساند.



# دوراهی زندانی

- ▶ دو مظنون توسط پلیس دستگیر شده‌اند پلیس باید شواهد کافی برای محکومیت مظنونین جمع‌آوری کند و برای این کار به صورت جداگانه از مظنونین بازجویی می‌کند.
- ▶ اگر یکی از مظنونین علیه دیگری شهادت دهد و مظنون دیگر سکوت را ترجیح دهد، در این حالت مظنون اول آزاد و دیگری به یک سال حبس محکوم می‌شود.
- ▶ اگر هر دو سکوت در بازجویی را انتخاب کنند هر دو زندانی در زندان تنها برای یک ماه حبس خواهند کشید و اما اگر هر دو علیه دیگری شهادت دهند باید به مدت ۳ ماه هر زندانی حبس بکشد.
- هر زندانی باید بین خیانت و سکوت یکی را انتخاب کند و هر کدام از آنها نمی‌داند که دیگری کدام راه را انتخاب می‌کند.

# دوراهی زندانی

تصور کنید شما جای بازیکن ۱ هستید، اگر بازیکن ۲ تصمیم بگیرد که در مورد ارتکاب جرم سکوت کند، بنابراین بهتر است که شما خیانت کنید زیرا شما آزاد می‌شوید و او به یک سال حبس محکوم می‌شود.

همین طور اگر بازیکن ۲ تصمیم بگیرد که خیانت کند، باز هم تصمیم منطقی برای شما خیانت کردن در مورد ارتکاب جرم است زیرا شما در این حالت به ۳ ماه و در حالت سکوت به یک سال حبس محکوم خواهید شد. پس استراژی غالب در مورد تصمیم گیری برای شما خیانت کردن است.

زندان ۲ سکوت می‌کند	زندان ۲ خیانت می‌کند	
زندان ۱ سکوت می‌کند	هر کدام یک ماه زندانی	زندان ۱ یک سال حبس زندان ۲ آزاد می‌شود
زندان ۱ خیانت می‌کند	زندان ۱ آزاد می‌شود زندان ۲ یک سال حبس	هر کدام ۳ ماه زندانی

# دوراهی زندانی

اگر زندانی‌ها اجازه برقراری ارتباط را با همدیگر داشته باشند، با اعتماد به یکدیگر، هر دو انتخاب عقلانی را سکوت می‌دانند و سپس منجر به کاهش مجازات هر دو می‌شود.

زندان ۲ سکوت می‌کند	زندان ۲ خیانت می‌کند	
زندان ۱ سکوت می‌کند	هر کدام یک ماه زندانی	زندان ۱ یک سال حبس زندان ۲ آزاد می‌شود
زندان ۱ خیانت می‌کند	زندان ۱ آزاد می‌شود زندان ۲ یک سال حبس	هر کدام ۳ ماه زندانی