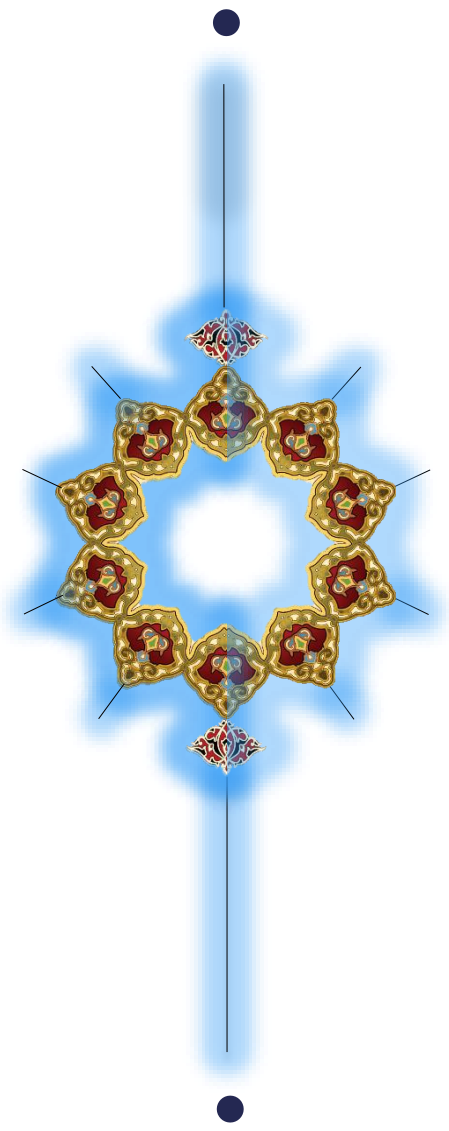


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





اقتصاد و مدیریت صنعتی

بخش دوم

اقتصاد مهندسی

مفاهیم، نمادها و کاربرد آنها در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها

مدرس: زهره قاسمی



تعریف

- اقتصاد

- علم تخصیص منابع محدود برای رفع نیازهای نامحدود بشر

- مهندسی

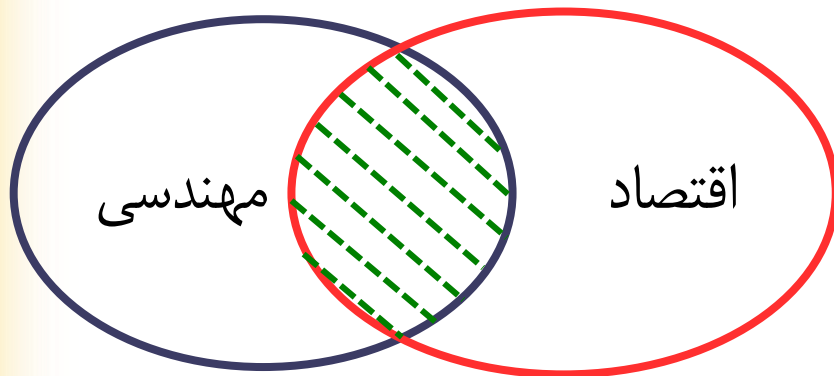
- یافتن روش های عملی برای رفع نیازها

- اقتصاد مهندسی

- بکارگیری منابع محدود به صورت مناسب برای رفع نیازهای نامحدود

- ابزاری برای ارزیابی گزینه ها

- اتخاذ تصمیم های مهندسی بوسیله برقراری تعادل میان مخارج و عایدی هایی که در حال و آینده اتفاق می افتند.





اقتصاد مهندسی (Engineering Economy)

- عبارت است از مجموعه‌ای از تکنیک‌های ریاضی، برای ارزیابی و مقایسه اقتصادی پروژه‌هاست و یا به عبارت ساده‌تر، اقتصاد مهندسی ابزار تصمیم‌گیری برای انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه می‌باشد.





مبانی و اصول اقتصاد مهندسی

✓ در اقتصاد مهندسی تصمیم‌گیری بین گزینه‌ها مطرح است.

- لزوم در نظر گرفتن تمامی گزینه‌ها
- گزینه عدم انجام کار (عاک) یا گزینه صفر

✓ نیاز به تشخیص پیامدهای گزینه‌ها

- پیامدهای پولی، کیفی، زمانی، محیط زیستی و ...
- پیامدها همگی در آینده اتفاق می‌افتد.
- آینده به گذشته ربطی ندارد و تمام گزینه‌ها در گذشته یکسان هستند.



مبانی و اصول اقتصاد مهندسی

✓ پیامدها از دید چه کسی؟

✓ نیاز به واحد مشترک در ارزیابی

- بیان پیامدها با استفاده از یک واحد مشترک
- پول بهترین واحد مشترک در مسائل اقتصادی

✓ در ارزیابی گزینه‌ها فقط تفاوت‌ها ملاک هستند.

✓ اتخاذ تصمیم‌های قابل تفکیک به صورت جداگانه

- تأثیر پیامدها بر هم



مبانی و اصول اقتصاد مهندسی

✓ نیاز به یک دیدگاه سیستمی

- لزوم بررسی پروژه از دید کل سازمان
- مثال: خرید تجهیزات فیزیوتراپی برای بیمارستان هزینه است ولی در کل می تواند منفعت داشته باشد.

✓ استفاده از یک افق برنامه ریزی رایج

✓ مشخص کردن عدم قطعیتها

- دقیق ترین برآورد پیامدها در آینده حتماً غلط از آب در می آید.



دسته بندی مسائل از دیدگاه اقتصاد مهندسی

✓ بسیار کوچک: قادر به استفاده از مزایای اقتصاد مهندسی نیست.

- مثال: خرید از یک خواربار فروشی
- مثال: ارسال یک محموله با پست سفارشی هوایی، پست سفارشی معمولی یا پست زمینی
- در برخی مسائل ارزش پولی، زمان ممکن است مهم تر از ارزش زمانی پول باشد.

✓ مناسب: راه حل آن به وسیله اقتصاد مهندسی تعیین می شود.

- پرداخت یا دریافت مقداری پول طی یک سال یا بیشتر
- غالب بودن پول بر سایر عوامل
- مثال: بسیاری از مسائل طراحی مهندسی

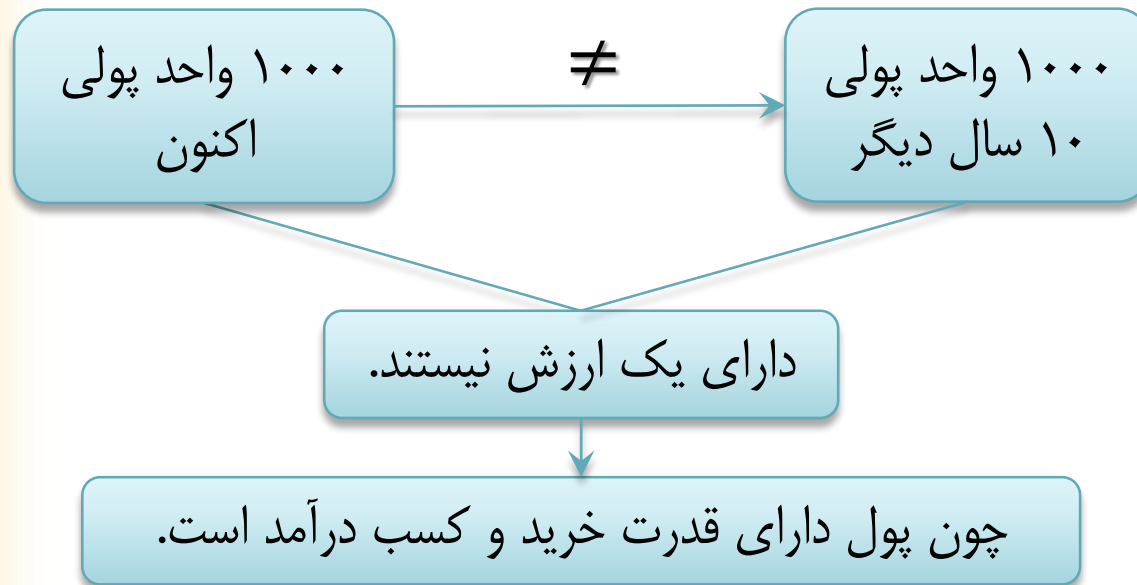
✓ بسیار بزرگ: اقتصاد مهندسی تنها یکی از عوامل تعیین کننده راه حل است.

- اهمیت هر سه معیار: ارزش زمانی پول، عوامل عددی دیگر، عوامل غیر عددی و ناملموس
- مثال: ارزیابی احداث یک جاده، مدرسه، سد، ایستگاه فضایی یا ...



ارزش زمانی پول (Time value of money)

✓ ارزش زمانی از مفاهیم مهم اقتصاد مهندسی است و به این معنی است که یک مقدار مشخص پول، بسته به اینکه در چه زمانی در اختیار فرد قرار بگیرد، ارزش متفاوتی خواهد داشت.



✓ پول، پول می آورد.

• به دلیل وجود فرصت های سرمایه گذاری و سودآوری

✓ مفهوم «ارزش زمانی پول» با مفهوم تورم متفاوت است، اما با یکدیگر ارتباط مستقیم دارند.



ارزش زمانی پول

مثال: خرید جزیره منهتن از سرخپوستان آمریکایی به مبلغ ۲۴ دلار در سال ۱۶۲۶

- با فرض اینکه سرخپوستان می توانستند با آن پول سرمایه گذاری کرده و سالیانه ۶ درصد سود دریافت نمایند، سرمایه آنها به صورت زیر افزایش می یافت:

سال	سرمایه (\$)
۱۶۲۶	۲۴
۱۶۲۷	$24 + (24 \times 0.06) = 25.44$
۱۷۲۶	۸,۱۴۳
۱۸۲۶	۲,۷۶۳,۰۲۱
۱۹۲۶	۹۳۷,۴۹۹,۰۱۷
۲۰۱۵	۱۶۷,۵۶۸,۶۷۲,۷۱۹



مفاهیم اولیه در اقتصاد مهندسی

✓ بهره (Interest)

- هزینه استفاده از سرمایه

✓ نرخ بهره (Interest Rate)

- نسبت بهره درخواستی در انتهای یک مدت (معمولاً یکسال یا کمتر) به اصل پول وام گرفته شده را نرخ بهره گویند.

$$\text{نرخ بهره} = \frac{\text{مقدار بهره}}{\text{مقدار سرمایه اولیه}} = \frac{108 - 100}{100} = 8\%$$



نرخ بهره ساده

• اگر مقدار بهره‌ی یک سرمایه‌گذاری، رابطه خطی با مقدار پول اولیه، نرخ بهره و تعداد دوره‌های سرمایه‌گذاری داشته باشد، آن نرخ بهره را نرخ بهره ساده می‌نامند.

• فرض کنید P واحد پولی، به مدت N دوره با نرخ بهره i درصد سرمایه‌گذاری شده است.

مقدار کل بهره کسب شده (I)، از رابطه رو به رو دست می‌آید:

$$I = (P)(N)(i)$$

• مقدار پولی که پس از N دوره پرداخت می‌شود برابر است با:

$$F = P + I$$

• بنابراین اگر مبلغ ۱۰۰۰ واحد پولی به مدت سه سال با نرخ بهره ساده ۱۰ درصد قرض داده

شود؛ کل بهره به دست آمده برابر است با:

$$I = (1000)(3)(0.10) = 300$$



مثال

- قرار است شما برای خرید لوازم منزل، وامی یک ساله به مبلغ ۳۵۰۰۰۰ واحد پولی با نرخ بهره ساده ۱۲ درصد از بانک دریافت کنید. پس از یک سال چه مبلغی را به بانک پرداخت می‌نمایید و از این میزان چه مقدار بهره وام است؟

$$I = (P)(N)(i) = 350000 \times 1 \times 0.12 = 42000$$

$$F = P + I = 350000 + 42000 = 392000$$



نرخ بهره مرکب

- مقدار بهره‌ای است که به اصل و بهره بدست آمده در دوره‌های قبل تعلق می‌گیرد و به عبارتی در ابتدای هر دوره مبلغ اصل و فرع دوره قبل، مبنای محاسبه بهره برای دوره‌های بعد قرار می‌گیرد.
- $i = 10\%$

دوره	مقدار قرض در ابتدای دوره	مقدار بهره در دوره	مقدار قرض در انتهای دوره
۱	۱۰۰۰	۱۰۰	۱۱۰۰
۲	۱۱۰۰	۱۱۰	۱۲۱۰
۳	۱۲۱۰	۱۲۱	۱۳۳۱

همانطور که مشاهده می‌کنید، مقدار پولی که پس از سه سال پس داده می‌شود برابر با ۱۳۳۱ است. برای مشاهده تفاوت بین نرخ بهره مرکب و ساده می‌توان مقدار ۱۳۳۱ را با ۱۳۰۰ واحد پولی در مثال قبل مقایسه کرد.



مفاهیم اولیه در اقتصاد مهندسی

✓ نرخ بازگشت سرمایه (ROR: Rate of Return)

- روش محاسبه ROR همانند نرخ بهره است. سرمایه گذاران در پایان دوره سرمایه گذاری انتظار دریافت بیشتری از اصل پول خود را دارند.
- نسبت سود بدست آمده از یک سرمایه گذاری در مدت معلوم (معمولاً یکسال) به کل مقدار سرمایه اولیه را نرخ بازگشت سرمایه گویند.

$$ROR = \frac{\text{مقدار سود حاصله}}{\text{مقدار سرمایه اولیه}}$$

$$ROR = \frac{F - P}{P}$$

- نحوه محاسبه نرخ بهره و نرخ بازگشت سرمایه یکسان است. تفاوت این دو در مفهوم آنهاست.
- یعنی نرخ بازگشت سرمایه نشان دهنده میزان سوددهی یک پروژه است و نرخ بهره نشان دهنده میزان هزینه تامین مالی (وام گیری).
- لذا یک سرمایه گذار علاقمند است که نرخ بهره پایین و نرخ بازگشت سرمایه بالا باشد.



مفاهیم اولیه در اقتصاد مهندسی

✓ حداقل نرخ جاذب بازگشت سرمایه (MARR : Minimum Attractive Rate of Return)

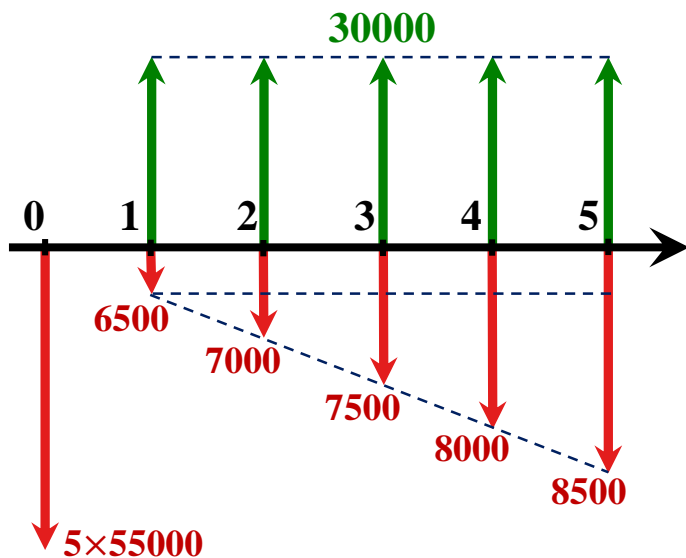
- حداقل نرخ بازگشت سرمایه‌اس (ROR) که برای یک سرمایه‌گذار جذاب بوده و لذا وی حاضر است در طرحی با این میزان بازگشت سرمایه، سرمایه گذاری نماید.
- MARR متأثر از سطح عمومی نرخ بهره، تورم و ریسک موجود در طرح‌ها بوده و بسته به شرایط افراد و شرکت‌ها متفاوت می‌باشد.
- ROR خصوصیت یک پروژه است که از فرآیند مالی آن پروژه محاسبه می‌شود اما MARR خصوصیت سرمایه‌گذار محسوب می‌شود.
- یک پروژه زمانی اقتصادی تلقی می‌شود که $ROR \geq MARR$



مفاهیم اولیه در اقتصاد مهندسی

✓ نمودار جریان نقدی (Cash Flow Diagram)

- توصیف تصویری از دریافت ها و پرداخت ها



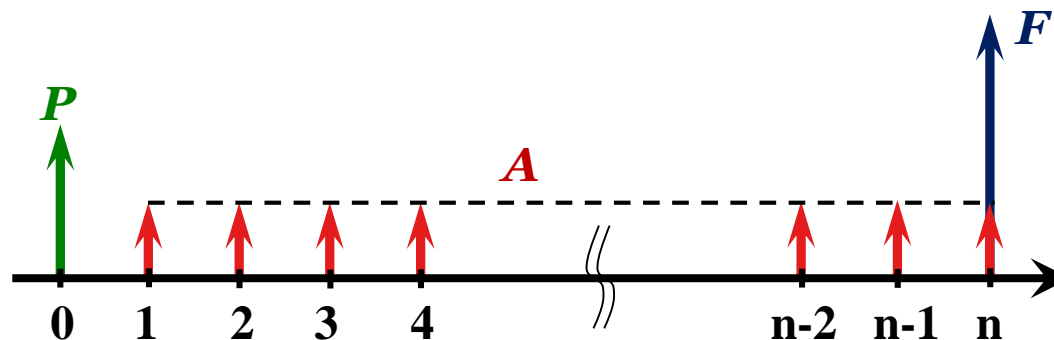
✓ همسنگی (Equivalency)

- برابری جریان های نقدی متفاوت که دارای ارزش واحد در یک مقطع زمانی باشند را همسنگی گویند، اگر چه از نظر مقدار کلی با هم تفاوت داشته باشند.
- تساوی ارزش مقادیر مختلف پولی در زمان های متفاوت در طول عمر مفید یک پروژه
- همسنگی به نرخ بهره بستگی دارد / همسنگی تنها با توجه به ارزش زمانی پول معنا دارد.



فاکتورهای اقتصاد مهندسی

- i : نرخ بهره در دوره بهره
- n : تعداد دوره ها
- P : ارزش فعلی پول
- F : ارزش پول در پایان دوره n با نرخ i که همسنگ با P باشد.
- A : پرداخت یا دریافت آخر هر دوره به صورت زنجیره یکنواخت در n دوره بطوریکه با P و F همسنگ باشد.

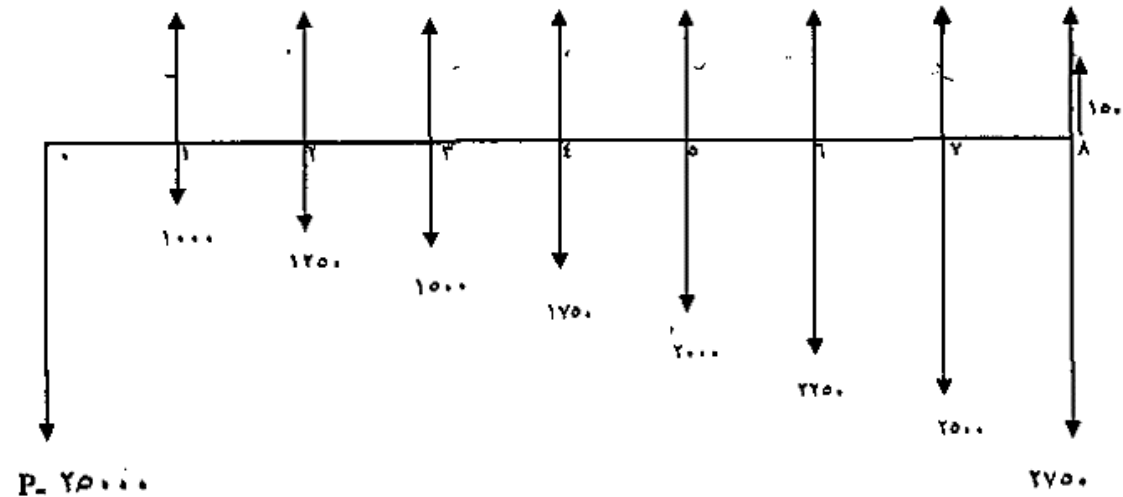




مثال

یک شرکت صنعتی هفت سال پیش یک کمپرسور هوا را به قیمت ۲۵۰۰۰ واحد پولی خریده است. درآمد سالیانه حاصل از کمپرسور ۷۵۰۰ واحد پولی بوده است. هزینه تعمیرات و نگهداری در سال اول ۱۰۰۰ واحد پولی، در سال دوم ۱۲۵۰ واحد پولی، در سال سوم ۱۵۰۰ واحد پولی و به همین ترتیب هر سال ۲۵۰ واحد پولی افزایش یافته است. شرکت قصد دارد کمپرسور را به مبلغ ۱۵۰۰ واحد پولی (ارزش اسقاطی) در سال آینده بفروشد. شکل فرآیند مالی را رسم نمایید.

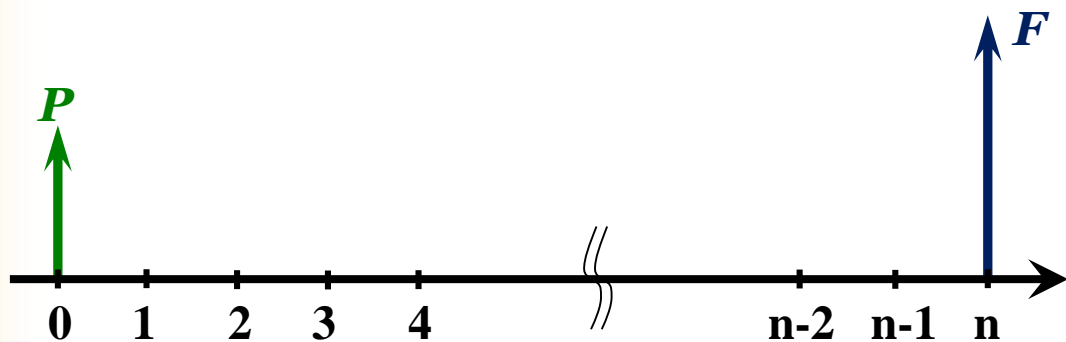
$$A = 7500$$





فاکتورهای اقتصاد مهندسی

• روابط P و F



$$F = P(1 + i)^n$$

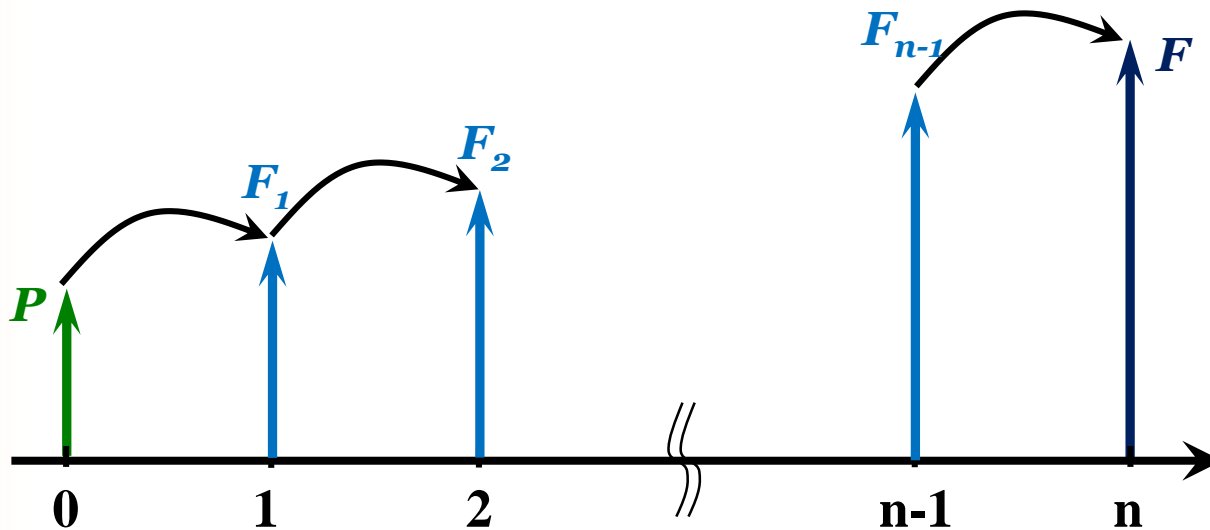
$$f(F/P, i, n) = (1 + i)^n$$

$$P = F(1 + i)^{-n}$$

$$f(P/F, i, n) = (1 + i)^{-n}$$



فاکتورهای اقتصاد مهندسی (بدست آوردن رابطه‌ی F و P)



$$F_1 = P + iP = P(1 + i)$$

$$F_2 = F_1 + iF_1 = F_1(1 + i) = P(1 + i)^2$$

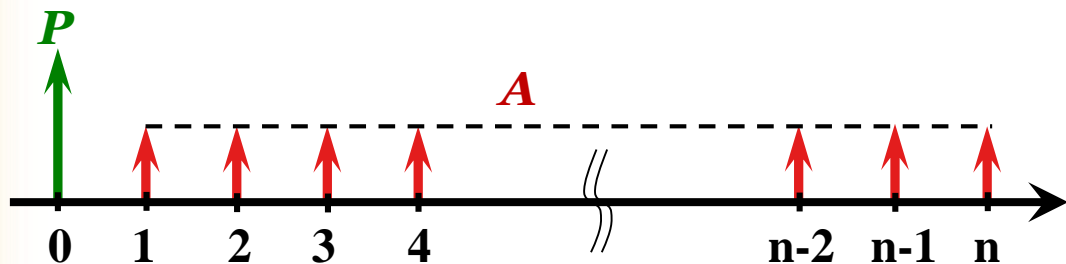
·
·
·

$$F_n = F_{n-1} + iF_{n-1} = F_{n-1}(1 + i) = P(1 + i)^n$$



فاکتورهای اقتصاد مهندسی

• روابط P و A



$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$f(P/A, i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

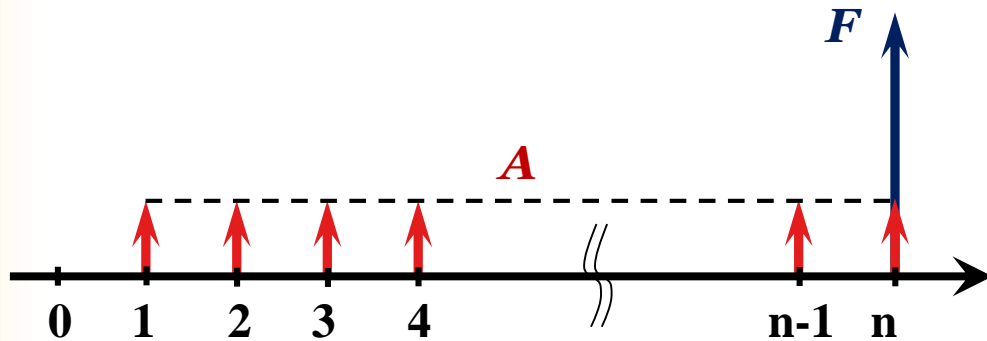
$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$f(A/P, i, n) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$



فاکتورهای اقتصاد مهندسی

• روابط F و A



$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

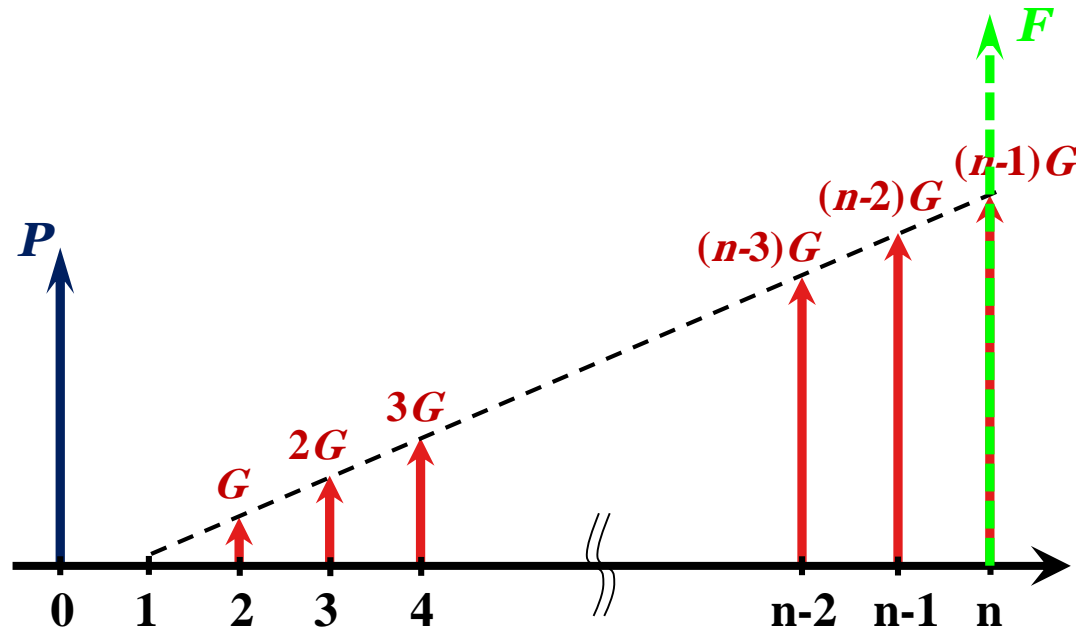
$$f(F/A, i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

$$f(A/F, i, n) = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$



فاکتورهای اقتصاد مهندسی (شیب یکنواخت)

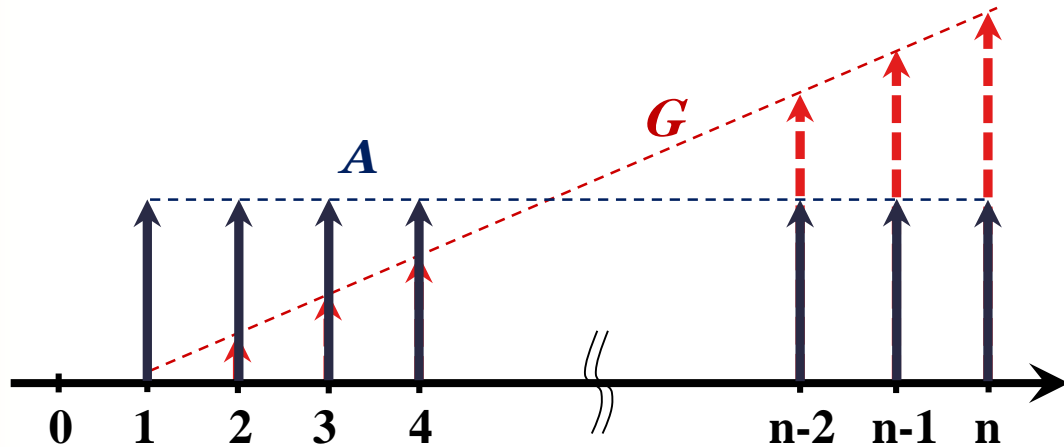


$$f(P/G, i, n) = \frac{1}{i} \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - \frac{n}{(1+i)^n} \right)$$

$$f(F/G, i, n) = \frac{1}{i} \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} - n \right)$$



فاکتورهای اقتصاد مهندسی (شیب یکنواخت)



$$f(A/G, i, n) = \frac{1}{i} - \frac{n}{i} \left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right)$$



جدول آماده فاکتورهای اقتصاد مهندسی

10% compound interest factors

n	Single payment		Uniform series			Uniform gradient			n
	Compound amount factor FIP	Present worth factor PIF	Sinking fund factor AIF	Capital recovery factor AIP	Compound amount factor FIA	Present worth factor PIA	Gradient conversion factor AIG	Present worth factor PIC	
1	1.1000	0.9091	1.000 00	1.100 00	1.000	0.909	0.000	0.000	1
2	1.2100	0.8264	0.476 19	0.576 19	2.100	1.736	0.476	0.826	2
3	1.3310	0.7513	0.302 11	0.402 11	3.310	2.487	0.937	2.329	3
4	1.4641	0.6830	0.215 47	0.315 47	4.641	3.170	1.381	4.378	4
5	1.6105	0.6209	0.163 80	0.263 80	6.105	3.791	1.810	6.862	5
6	1.7716	0.5645	0.129 61	0.229 61	7.716	4.355	2.224	9.684	6
7	1.9487	0.5132	0.105 41	0.205 41	9.487	4.868	2.622	12.763	7
8	2.1436	0.4665	0.087 44	0.187 44	11.436	5.335	3.004	16.029	8
9	2.3579	0.4241	0.073 64	0.173 64	13.579	5.759	3.372	19.421	9
10	2.5937	0.3855	0.062 75	0.162 75	15.937	6.144	3.725	22.891	10
11	2.8531	0.3505	0.053 96	0.153 96	18.531	6.495	4.064	26.396	11
12	3.1384	0.3186	0.046 76	0.146 76	21.384	6.814	4.388	29.901	12
13	3.4523	0.2897	0.040 78	0.140 78	24.523	7.103	4.699	33.377	13
14	3.7975	0.2633	0.035 75	0.135 75	27.975	7.367	4.996	36.800	14
15	4.1772	0.2394	0.031 47	0.131 47	31.772	7.606	5.279	40.152	15
16	4.5950	0.2176	0.027 82	0.127 82	35.950	7.824	5.549	43.416	16
17	5.0545	0.1978	0.024 66	0.124 66	40.545	8.022	5.807	46.582	17
18	5.5599	0.1799	0.021 93	0.121 93	45.599	8.201	6.053	49.640	18
19	6.1159	0.1635	0.019 55	0.119 55	51.159	8.365	6.286	52.583	19
20	6.7275	0.1486	0.017 46	0.117 46	57.275	8.514	6.508	55.407	20



Enter an interest rate in the yellow cell to calculate factors

Press <ctrl>F to format small values and large values in scientific notation

10.00%

**Time Value of Money Factors
Discrete Compounding**

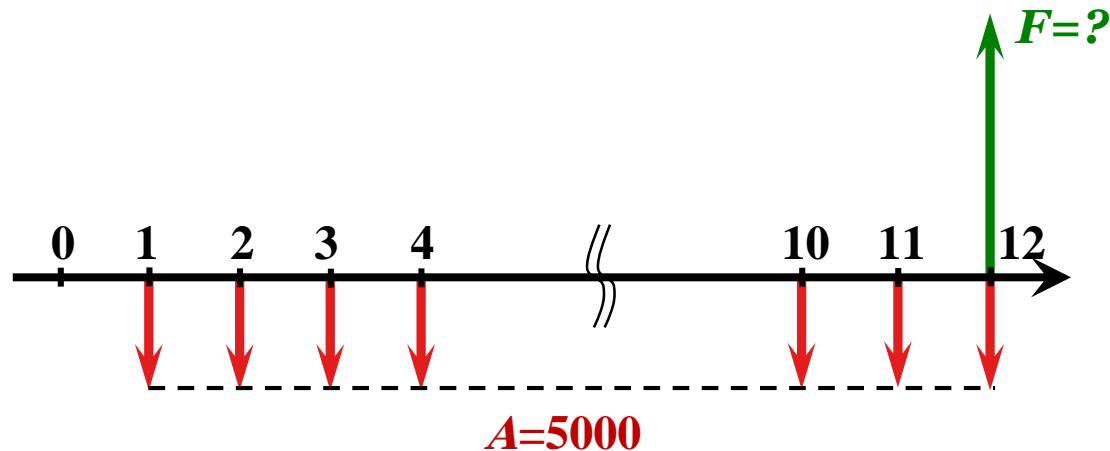
10.0000%

	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
n	To Find F Given P (F P,i%,n)	To Find P Given F (P F,i%,n)	To Find F Given A (F A,i%,n)	To Find A Given F (A F,i%,n)	To Find P Given A (P A,i%,n)	To Find A Given P (A P,i%,n)	To Find P Given G (P G,i%,n)	To Find A Given G (A G,i%,n)
1	1.10000	0.90909	1.00000	1.00000	0.90909	1.10000	0.00000	0.00000
2	1.21000	0.82645	2.10000	0.47619	1.73554	0.57619	0.82645	0.47619
3	1.33100	0.75131	3.31000	0.30211	2.48685	0.40211	2.32908	0.93656
4	1.46410	0.68301	4.64100	0.21547	3.16987	0.31547	4.37812	1.38117
5	1.61051	0.62092	6.10510	0.16380	3.79079	0.26380	6.86180	1.81013
6	1.77156	0.56447	7.71561	0.12961	4.35526	0.22961	9.68417	2.22356
7	1.94872	0.51316	9.48717	0.10541	4.86842	0.20541	12.76312	2.62162
8	2.14359	0.46651	11.43589	0.08744	5.33493	0.18744	16.02867	3.00448
9	2.35795	0.42410	13.57948	0.07364	5.75902	0.17364	19.42145	3.37235
10	2.59374	0.38554	15.93742	0.06275	6.14457	0.16275	22.89134	3.72546
11	2.85312	0.35049	18.53117	0.05396	6.49506	0.15396	26.39628	4.06405
12	3.13843	0.31863	21.38428	0.04676	6.81369	0.14676	29.90122	4.38840
13	3.45227	0.28966	24.52271	0.04078	7.10336	0.14078	33.37719	4.69879
14	3.79750	0.26333	27.97498	0.03575	7.36669	0.13575	36.80050	4.99553
15	4.17725	0.23939	31.77248	0.03147	7.60608	0.13147	40.15199	5.27893
16	4.59497	0.21763	35.94973	0.02782	7.82371	0.12782	43.41642	5.54934
17	5.05447	0.19784	40.54470	0.02466	8.02155	0.12466	46.58194	5.80710
18	5.55992	0.17986	45.59917	0.02193	8.20141	0.12193	49.63954	6.05256
19	6.11591	0.16351	51.15909	0.01955	8.36492	0.11955	52.58268	6.28610
20	6.72750	0.14864	57.27500	0.01746	8.51356	0.11746	55.40691	6.50808



چند مثال ساده

- اگر شما مبلغ ۵۰۰۰ واحد پولی هر سال از سال آینده در بانکی با نرخ ۱۸ درصد در سال به مدت ۱۲ سال پس انداز نمایید. اصل و فرع پول پس از مدت مذکور چقدر خواهد شد؟



$$F = A \times f(F/A, 18\%, 12) = 5000 \times 34.931 = 174655$$

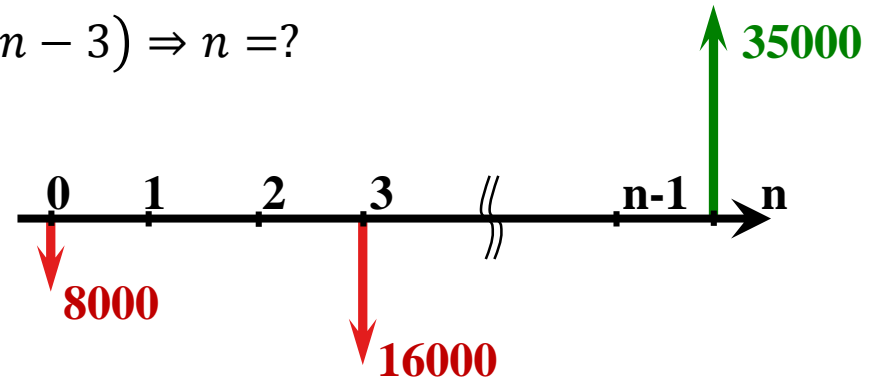


چند مثال ساده

- اگر شخصی ۸۰۰۰ واحد پولی اکنون و ۱۶۰۰۰ واحد پولی ۳ سال دیگر در چنین روزی در بانک پس انداز نماید، چند سال طول می کشد تا اصل و فرعی برابر ۳۵۰۰۰ واحد پولی از بانک دریافت نماید. نرخ بهره ۱۰٪ در سال است.

$$35000 = 8000 \times f(F/P, 10\%, n) + 16000 \times f(F/P, 10\%, n - 3) \Rightarrow n = ?$$

روش ۱



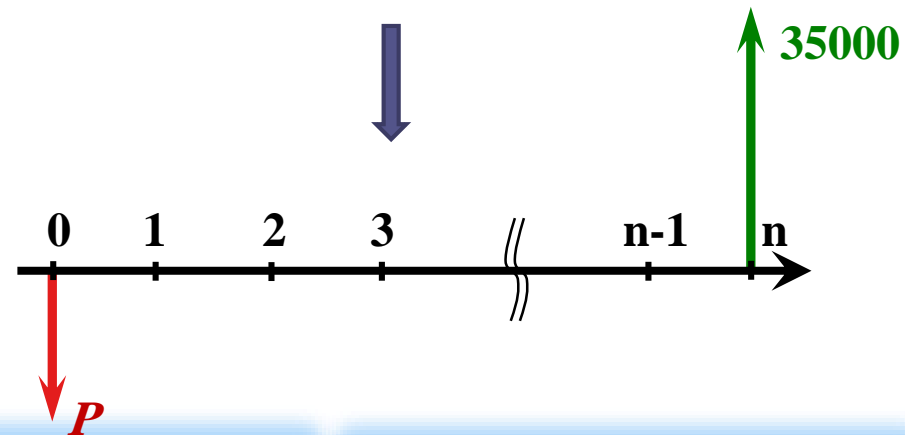
روش ۲

$$P = 8000 + 16000 \times f(P/F, 10\%, 3) = 20020.8$$

$$\Rightarrow 35000 = 20020.8 \times f(F/P, 10\%, n)$$

$$\Rightarrow f(F/P, 10\%, n) = 1.7482$$

$$\Rightarrow (1 + 0.1)^n = 1.7482 \Rightarrow n = \frac{\log 1.7482}{\log 1.1} = 5.86$$

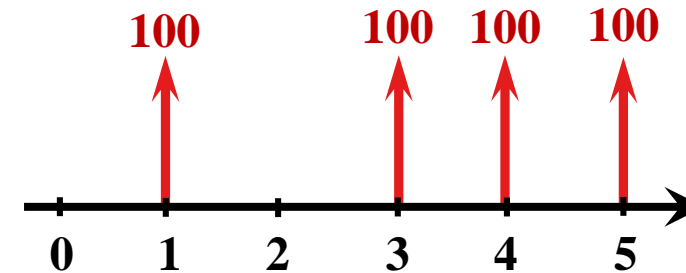




چند مثال ساده

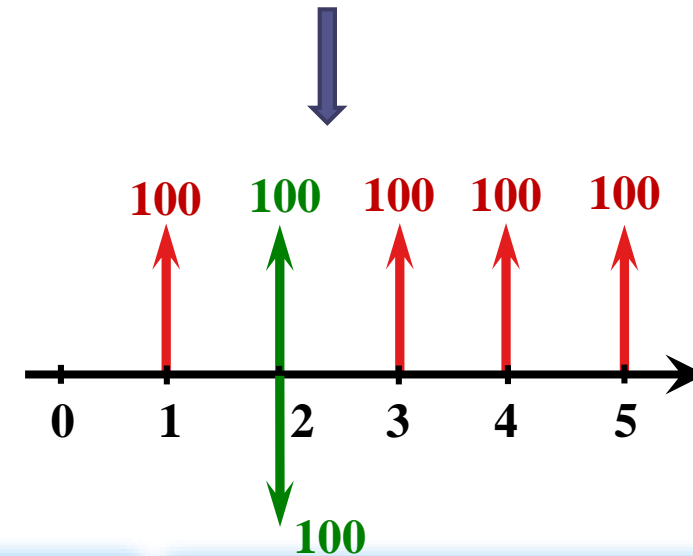
- مقدار ارزش فعلی را در فرآیند مالی زیر با نرخ بهره سالانه ۱۵ درصد محاسبه کنید.

$$P = 100f(P/F, 15\%, 1) + 100f(P/A, 15\%, 3)f(P/F, 15\%, 2) \\ = 100 \times 0.8696 + 100 \times 2.2832 \times 0.7561 = 259.59$$



روش ۱

$$P = 100f(P/A, 15\%, 5) - 100f(P/F, 15\%, 2) = 259.59$$



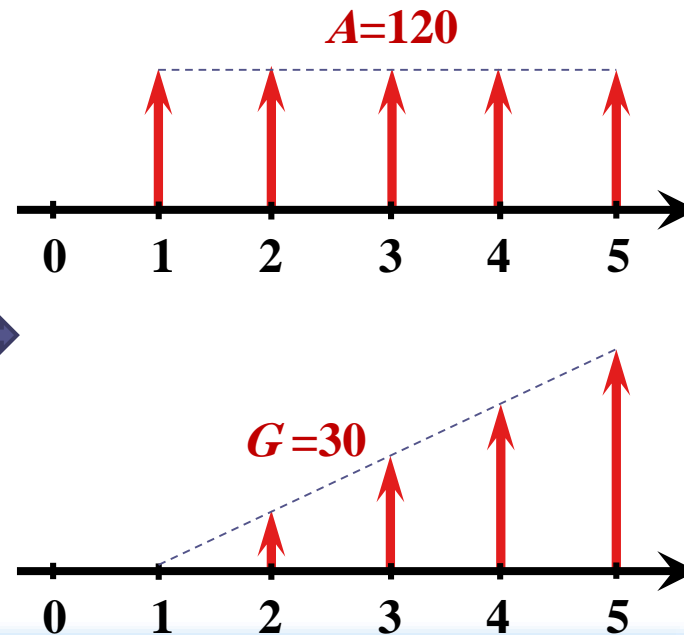
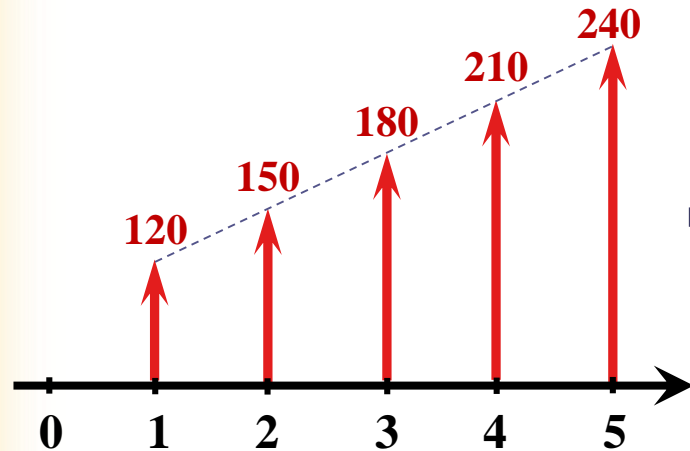
روش ۲



چند مثال ساده

- هزینه تعمیر و نگهداری یک اتومبیل به صورت زیر برآورده شده است. شخصی این اتومبیل را می خرد و می خواهد مقداری پول در بانک بگذارد تا مقادیر هزینه تعمیر و نگهداری ۵ سال را بتواند از این پول بدهد. چنانچه بانک ۵ درصد بهره سالیانه دهد، در حال حاضر این شخص باید چقدر در بانک قرار دهد؟

سال	۱	۲	۳	۴	۵
هزینه	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۰	۲۱۰	۲۴۰



$$\begin{aligned} P &= Af(P/A, 5\%, 5) + Gf(P/G, 5\%, 5) \\ &= 120 \times 4.329 + 30 \times 8.237 \\ &= 519.48 + 247.11 = 766.59 \end{aligned}$$