

OCJENA EKONOMSKE PROFITABILNOSTI INŽENJERSKIH PROJEKTNIH RJEŠENJA

ECONOMICAL PROFITABILITY MARKING OF ENGINEERING PROJECT SOLUTIONS

MILAN VUKČEVIĆ, Mašinski fakultet - Podgorica
SLAVIŠA ZOGOVIĆ, Mašinski fakultet - Podgorica

Abstract: Realization of the engineering project, except technical correctness, is based on economic justification. Engineering economy is occupied with this problem through systematic analysis of interest and timemoney relation. The difference between projects requires different analyses of capital and money investments; therefore there isn't unique method for evaluating economic justification of project solution. Decision about economic justification of project solution is brought on the basis of analyses of methods for evaluating economic profitability of suggested project solution. On the other hand, it is pointed on project liquidity by the payback period method.

Key words: engineering economy, interest, economic profitability, minimum attractive rate of return, study period, interest balance.

Apstrakt: Realizacija inženjerijskog projekta osim tehničke korektnosti bazira se i na ekonomskoj opravdanosti. Ovom problematikom bavi se inženjerska ekonomija kroz sistematsku analizu interesa i realacije novacvrijeme. Različitost projekata zahtijeva različite analize kapitalnih investicija i novčanih tokova što onemogućava definisanje jedinstvene metode za ocjenu ekonomske profitabilnosti projektnog rješenja. Odluka o ekonomskoj opravdanosti projektnog rješenja donosi se na osnovu analize metoda za ocjenu ekonomske profitabilnosti predloženog rješenja, dok se metodom perioda povraćaja uloženog ukazuje na projektnu likvidnost.

Ključne riječi: inženjerska ekonomija, interes, minimalna prihvatljiva stopa zarade, istraživani period, investicioni bilans.

JEL clasifcation: D 00;

Preliminary communications; Recived: November 23, 2007

1. Uvod

Tehnološko i društveno okruženje se kontinuirano mijenja s razvojem nauke i tehnike omogućavajući komforniji način života. Ova aktivnost je vezana s troškovima, pa je veoma važno da se izvedu i definišu principi i metode kojima se može odrediti ekonomska opravdanost projekta u procesu inženjerskog projektovanja.

Inženjerska ekonomija ima za cilj da sistematski procijeni ekonomske vrijednosti predloženih rješenja inženjerskih problema. Da bi bila ekonomski prihvatljiva, rješenja inženjerskih problema moraju da pokažu da postoji pozitivan odnos između dugoročnih koristi i dugoročnih troškova. Ona takođe moraju da:

- obezbijede uspješnost i opstanak nekog preduzeća,
- uključe kreativnu, inovativnu tehnologiju i ideje,
- dozvole identifikaciju i provjeru procijenjenih izlaza i
- definišu donju kritičnu tačku, na osnovu prihvatljivih ekonomskih mjera vrijednosti.

Dakle, inženjerska ekonomija obuhvata tehničku analizu s naglaskom na ekonomske aspekte i pruža pomoć prilikom donošenja odluka, bez obzira da li je osoba koja donosi odluke inženjer ili izvršni direktor koji analizira novi projekat. Sva istraživanja inženjerske ekonomije treba da razmotre prije svega prihod koji će dati projekat proizvesti ili koji treba da proizvede. Osnovno pitanje je da li se predviđena glavna investicija i njeni dodatni troškovi mogu vremenom nadoknaditi prihodom (ili uštedom) kapitala uz dodatak prihoda koji je dovoljno prihvatljiv u pogledu izlaznih rizika i potencijalnih alternativnih upotreba. Interes i veze novac–vrijeme javljaju se kao osnovni elementi u odgovoru na ovo pitanje i oni se pominju u različitim problemima u ovom radu.

2. Novac-vrijeme, relacije i ekvivalentnost

Većina inženjerskih ekonomskih studija obuhvata ulaganje kapitala u dužim vremenskim periodima, tako da uticaj vremena mora biti uzet u obzir. Prema tome novac ima vremensku vrijednost.

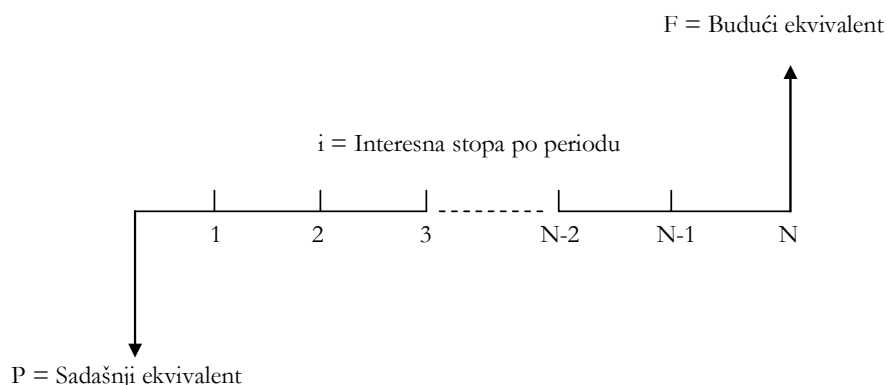
2.1 Koncept ekvivalentnosti

Osnovni princip inženjerske ekonomije je razvoj varijanti (alternativa), pa donošenje odluke predstavlja izbor između dvije ili više mogućih varijanti. Alternative treba da budu upoređivane koliko je to god moguće kada daju slične rezultate, služe istom cilju ili ostvaruju istu funkciju. Ovo nije uvijek moguće u nekim tipovima ekonomskih studija. Osnovni zadatak je pronalaženja odgovora na pitanje: Kako se mogu upoređivati alternative za obezbjeđivanje iste usluge ili ostvarenje iste funkcije kada je uključen interes u nekom dužem vremenskom periodu? Prema tome, treba razmotriti poređenja alternativnih opcija ili predloga njihovim redukovanjem na ekvivalentnu osnovu zavisnu od:

- kamatne stope,
- iznosa uključenog novca,
- tajminga novčanih prihoda i/ili rashoda i
- načina na koji se interes ili profit za investirani kapital plaća i početni kapital vraća

2.2 Formule interesa koje se odnose na sadašnje i buduće ekvivalentne vrijednosti jednokratnih novčanih tokova

Na slici 1 prikazan je opšti dijagram novčanog toka koji uključuje sadašnju jednokratnu sumu (P) i buduću jednokratnu sumu (F), koje su razdvojene sa N perioda sa interesom od $i\%$ po periodu.



Sl.1 : Opšti dijagram novčanog toka koji povezuje sadašnji i budući ekvivalent jednokratnih otplata

2.2.1 Nalaženje F kada je dato P

Ako je iznos P investiran u jednom trenutku i $i\%$ je interesna stopa po periodu, iznos će porasti do budućeg iznosa do kraja N-tog perioda i iznositi će

$$F = P(1 + i)^N \quad (2.1)$$

Izraz u jednačini 2.1, $(1 + i)^N$ naziva se faktor jednokratne otplate složenog iznosa i njegove vrijednosti se često daju tabelarno za širok raspon vrijednosti $i\%$ i N . Pomenuti izraz se često označava funkcijskim simbolom $(F/P, i\%, N)$ pa se jednačina 2.1 može izraziti kao

$$F = P(F/P, i\%, N) \quad (2.2)$$

2.2.2 Nalaženje P kada je dato F

Rješavanjem jednačine 2.1 po P dobija se relacija

$$P = F(1 + i)^{-N} \quad (2.3)$$

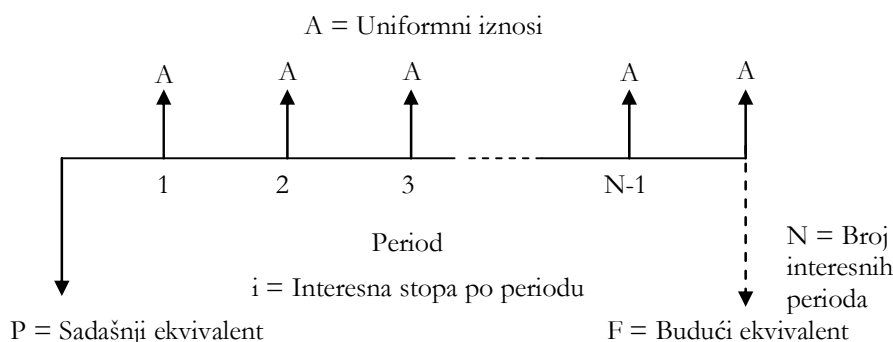
Izraz $(1 + i)^{-N}$ se zove faktor jednokratne otplate trenutne vrijednosti. Za pomenuti faktor se često koristi funkcijski simbol $(P/F, i\%, N)$, pa se dobija

$$P = F(P/F, i\%, N) \quad (2.4)$$

2.3 Formule kamate koje povezuju uniformni niz (anuitet) s njegovim trenutnim i budućim ekvivalentnim vrijednostima

Slika 2 prikazuje opšti dijagram novčanog toka koji uključuje niz uniformnih (jednakih) uplata, svaka sa iznosom A , koje se javljaju na kraju svakog od N perioda sa kamatom $i\%$ po periodu. Ovakav uniformni niz se naziva anuitet. Treba napomenuti da se formule koje će biti prikazane izvode tako da se A pojavljuje na kraju svakog perioda, pa je prema tome:

- P (trenutna ekvivalentna vrijednost) se javlja jedan interesni period prije prvog A (uniforman iznos),
- F (buduća ekvivalentna vrijednost) se javlja u isto vrijeme kada i posljednje A , i N perioda nakon P ,
- A (godišnja ekvivalentna vrijednost) se javlja na kraju svakog perioda, od prvog do N -tog.



Sl.2 Opšti dijagram novčanog toka koji povezuje uniformni niz (obični anuitet) s njegovom sadašnjom i budućom ekvivalentnom vrijednošću

2.3.1 Nalaženje F kada je dato A

Ako se jedan novčani tok u iznosu A javlja na kraju svakog od N perioda i $i\%$ je interesna stopa za period, buduća ekvivalentna vrijednost F , na kraju N -tog perioda se dobija sumiranjem budućih ekvivalenci svakog od novčanih tokova. Prema tome dobija se jednakost

$$F = A \left\{ \frac{(1 + i)^N - 1}{i} \right\} \quad (2.5)$$

Veličina $\left\{ \frac{(1 + i)^N - 1}{i} \right\}$ se naziva faktor složenog iznosa uniformnog niza. Koristeći funkcijski simbol $(F/A, i\%, N)$ za pomenuti faktor, dobija se

$$F = A(F/A, i\%, N) \quad (2.6)$$

2.3.2 Nalaženje P kada je dato A

Rješavajući jednačinu 2.5 po P , korišćenjem izraza 2.1, dobija se relacija sadašnje ekvivalentne vrijednosti uniformnog niza novčanih tokova na krajevima perioda u iznosima od A za N perioda:

$$P = A \left\{ \frac{(1 + i)^N - 1}{i(1 + i)^N} \right\} \quad (2.7)$$

Iznos $\{(1+i)^N - 1\} / [i(1+i)^N]$ se zove faktor sadašnje vrijednosti uniformnog niza. Za ovaj faktor koristi se funkcijski simbol $(P/A, i\%, N)$, pa imamo

$$P = A(P/A, i\%, N) \quad (2.8)$$

2.3.3 Nalaženje A kada je dato F

Rješavajući jednačinu 2.5 po A dobija se

$$A = F\{i / [(1+i)^N - 1]\} \quad (2.9)$$

Jednačina 2.9 je relacija za određivanje iznosa A, uniformnog niza novčanih tokova koji se javljaju na krajevima N interesnih perioda da bi bio ekvivalentan njegovoj budućoj ekvivalentnoj vrijednosti koja se javlja na kraju poslednjeg perioda. Za faktor $\{i / [(1+i)^N - 1]\}$, se koristi funkcijski simbol $(A/F, i\%, N)$ pa zamjenom u izraz 2.9 dobija se

$$A = F(A/F, i\%, N) \quad (2.10)$$

2.3.3 Nalaženje A kada je dato P

Rješavanjem jednačine 2.7 po A dobija se jednačina

$$A = P\{[i(1+i)^N] / [(1+i)^N - 1]\} \quad (2.11)$$

koja predstavlja relaciju za određivanje iznosa A, uniformnog niza novčanih tokova koji se javljaju na krajevima N interesnih intervala da bi bio ekvivalentan ili da bi se mogao zamijeniti za sadašnji ekvivalent P, koji se javlja na početku prvog perioda. Vrijednost $\{[i(1+i)^N] / [(1+i)^N - 1]\}$ se naziva faktor povraćaja kapitala. Označavanje ovog faktora vrši se funkcijskim simbolom $(A/P, i\%, N)$, pa jednačinu 2.11 zapisujemo

$$A = P(A/P, i\%, N) \quad (2.12)$$

3. Metode ocjenjivanja ekonomske profitabilnosti predloženog rješenja problema

Kod analize kapitalne investicije, novčani tokovi prihoda i rashoda mogu biti prilično različiti u različitim projektima pa nema posebne metode za analiziranje inženjerske ekonomije koja je idealna za sve slučajeve. Zbog toga se uporedo koristi nekoliko metoda. U ovom radu je dat osvrt i analiza pravilne upotrebe pet metoda ocjenjivanja ekonomske profitabilnosti predloženog rješenja problema: sadašnja vrijednost (*Present Worth-PW*), godišnja vrijednost (*Annual Worth-AW*), buduća vrijednost (*Future Worth-FW*), interna stopa zarade (*The Internal Rate of Return-IRR*) i eksterna stopa zarade (*The External Rate of Return-ERR*). Prve tri metode pretvaraju novčane tokove koji nastaju iz predviđenih rješenja u njihovu ekvivalentnu vrijednost, koristeći kamatnu stopu poznatu kao minimalna prihvatljiva stopa zarade (*minimum attractive rate of return-MARR*). Metode interne i eksterne stope zarade proizvode godišnje stope profita, ili prihode koji rezultiraju iz investicije i onda se porede sa minimalnom prihvatljivom stopom zarade. Šesta metoda je period isplate (vraćanja duga). Period isplate je mjera brzine kojom se nadoknađuje ulaganje novčanim prilivima koje proizvodi. Ova mjera, u svojoj najčešćoj formi, ignorise vremensku vrijednost novčanih principa. Iz ovih razloga, metod isplate se često koristi kao dodatak informaciji koja je proizvod pet pomenutih metoda.

3.1 Metoda sadašnje vrijednosti

Metoda sadašnje vrijednosti (PW) zasniva se na konceptu ekvivalentne vrijednosti svih novčanih tokova koji se odnosi na neku osnovu ili početnu tačku u sadašnjem vremenu. Svi ti novčani prilivi i odlivi se diskontuju u sadašnju tačku vremena po kamatnoj stopi koja je uopštena za minimalnu prihvatljivu stopu zarade. Sadašnja vrijednost investicione alternative je mjera koliko novca više od njene cijene može biti dato za investiciju ili, drugačije formulirano, pozitivna sadašnja vrijednost investicionog projekta je profit iznosa naspram minimalnog iznosa koji traže investitori. Da bi pronašli sadašnju vrijednost kao funkciju $i\%$ (po interesnom periodu) serije novčanih priliva i odliva, neophodno je diskontovati buduće iznose do sadašnjih koristeći interesnu stopu kroz odgovarajući istraživani period (npr. godine) na sledeći način:

$$\begin{aligned} PW(i\%) &= F_0(1+i)^0 + F_1(1+i)^{-1} + F_2(1+i)^{-2} + \dots + F_k(1+i)^{-k} + \dots + F_N(1+i)^{-N} \\ &= \sum_{k=0}^N F_k (1+i)^{-k} \end{aligned} \quad (3.1)$$

gdje je:

i – efektivna interesna stopa ili minimalna prihvatljiva stopa zarade za razmatrani period

k – indeks za svaki razmatrani period ($0 \leq k \leq N$)

F_k - budući novčani tokovi na kraju perioda k

N - broj razmatranih perioda u istraživanom procesu

Veza data u jednačini 3.1 zasniva se na pretpostavci konstantne interesne stope kroz vijek određenog projekta. Ako se pretpostavi da se interesna stopa mijenja, sadašnja vrijednost se mora izračunati iz 2 ili više koraka.

Što je interesna stopa veća, a novčani tokovi se i dalje u budućnosti dešavaju, to je njena sadašnja vrijednost manja. Dokle god je sadašnja vrijednost (tj. sadašnja ekvivalencija novčanih priliva minus novčani odlivi) veća ili jednaka nuli, projekat je ekonomski opravdan, u suprotnom nije prihvatljiv.

3.2 Metoda buduće vrijednosti

Kako je osnovni cilj svake vremenske vrijednosti novčanih metoda da maksimizira buduće bogatstvo vlasnika preduzeća, ekonomska informacija obezbijedena metodom buduće vrijednosti je veoma korisna u situacijama odluke glavne investicije. Buduća vrijednost se zasniva na jednakoj vrijednosti svih novčanih priliva i odliva na kraju planiranog istraživanog perioda po kamatnoj stopi koja je uzeta za minimalnu prihvatljivu stopu zarade. Takođe, buduća vrijednost projekta se može sračunati iz sadašnje vrijednosti, $FW = PW(F/P, i\%, N)$. Ako je buduća vrijednost za projekat $FW \geq 0$, projekat je ekonomski prihvatljiv.

Jednačina 3.2 rezimira opšte kalkulacije neophodne za određivanje buduće vrijednosti projekta:

$$FW(i\%) = F_0(1+i)^N + F_1(1+i)^{N-1} + \dots + F_n(1+i)^0$$

$$= \sum_{k=0}^N F_k(1+i)^{N-k} \quad (3.2)$$

3.3 Metoda godišnje vrijednosti

Godišnja vrijednost projekta jednaka je godišnjim vrijednostima za određeni istraživani period, što je ekvivalentno novčanim prilivima i odlivima po interesnoj stopi koja je prihvaćena za minimalnu stopu zarade. Stoga, godišnja vrijednost projekta je godišnji ekvivalentni prihodi minus ekvivalentni rashodi umanjeni za godišnji ekvivalentni iznos kapitalnog pokrića, koji je određen u jednačini 3.4. Godišnje ekvivalentne vrijednost R , E i CR izračunate su za istraživani period N , koji je najčešće u godinama. U izračunavanjima, godišnja vrijednost, koja je funkcija (i), je :

$$AW(i) = R - E - CR(i\%) \quad (3.3)$$

Takođe, treba primijetiti da je godišnja vrijednost projekta ekvivalentna svojoj sadašnjoj i budućoj vrijednosti. Tako je $AW = PW(A/P, i\%, N)$ i $AW = FW(A/F, i\%, N)$. Stoga, ona se može lako izračunati za projekat iz ovih ekvivalentnih vrijednosti. Dokle god je godišnja vrijednost ≥ 0 , projekat je ekonomski prihvatljiv, u suprotnom nije. Godišnja vrijednost 0 (nula) znači da je godišnja stopa jednaka minimalnoj prihvatljivoj stopi zarade. Iznos kapitalnog pokrića za projekat je ekvivalentna uniformisana godišnja vrijednost investiranog kapitala. To je godišnja suma koja pokriva sledeće dvije stavke: a) gubitak vrijednosti aktive i b) interes uloženog kapitala.

Postoji nekoliko pogodnih formula po kojima se kapitalno pokriće može izračunati. Najlakša formula za razumijevanje uključuje pronalaženje godišnjeg ekvivalenta inicijalne kapitalne investicije od koje treba oduzeti ekvivalentnu godišnju sačuvanu vrijednost. Prema tome:

$$CR(\%) = I(A/P, i\%, N) - S(A/F, i\%, N) \quad (3.4)$$

gdje je: I - početna investicija za projekat

S - sačuvana (tržišna) vrijednost na kraju israživanog perioda

N - istraživani period

3.4 Metoda interne stope zarade

Ova metoda se najviše koristi za internu stopu zarade pri izvođenju analiza inženjerske ekonomije. Ponekad se naziva nekim drugim imenima kao investicioni metod, metod diskontinuiteta novčanih tokova i profitabilni indeks. Ovaj metod rešava problem za interesnu stopu koja je jednaka ekvivalentnoj vrijednosti novčanih priliva i odliva. Ekvivalentna vrijednost se može izračunati bilo kojom od tri pomenute metode. Rezultujuća interesna stopa označava se kao interna stopa zarade (IRR). Za pojedinačnu alternativu, interna stopa zarade nije pozitivna:

- ako nijesu i zarade od prodaje i rashodi prisutni u obrascu novčanog toka i
- ako zarada od prodaje prekorači sumu svih novčanih izlaza .

Treba provjeriti oba ova uslova da bi izbjegli nepotreban posao traženja negativne interne stope zarade (IRR).

Koristeći formulaciju sadašnje vrijednosti, IRR je i'^0 ¹, gdje je:

$$\sum_{k=0}^N R_k(P/F, i'^0, k) = \sum_{k=0}^N E_k(P/F, i'^0, k) \quad (3.5)$$

gdje su: R_k – neto prihodi ili uštede za k-tu godinu

E_k – neto rashodi koji uključuju bilo koji investicioni trošak za k-tu godinu

N - vijek projekta (razmatrani period)

Kad se jednom izračuna i' , poredi se sa minimalnom prihvatljivom stopom zarade da bi ocijenili da li je aktuelna alternativa prihvatljiva. Ako je $i' \geq \text{MARR}$ (minimalna prihvatljiva stopa zarade), alternativa je prihvatljiva, u suprotnom nije.

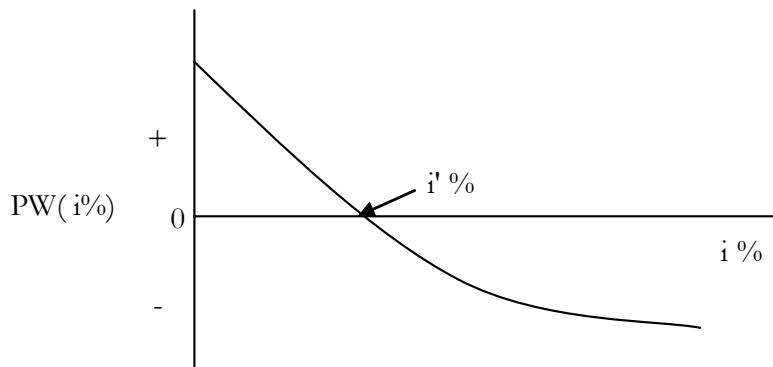
Pogodna varijacija jednačine 3.5 za izračunavanje interne stope zarade (IRR) za alternativu je da se odredi i' za koju je njena neto sadašnja vrijednost jednaka nuli.

$$\text{PW} = \sum_{k=0}^N R_k(P/F, i'^0, k) - \sum_{k=0}^N E_k(P/F, i'^0, k) = 0 \quad (3.6)$$

Grafik sadašnje vrijednosti kamatne stope tipično ima uopštenu konveksnu formu prikazanu na slici 3. Tačka u kojoj je sadašnja vrijednost jednaka nuli, na sl.3, određuje i'^0 koja je interna stopa zarade projekta.

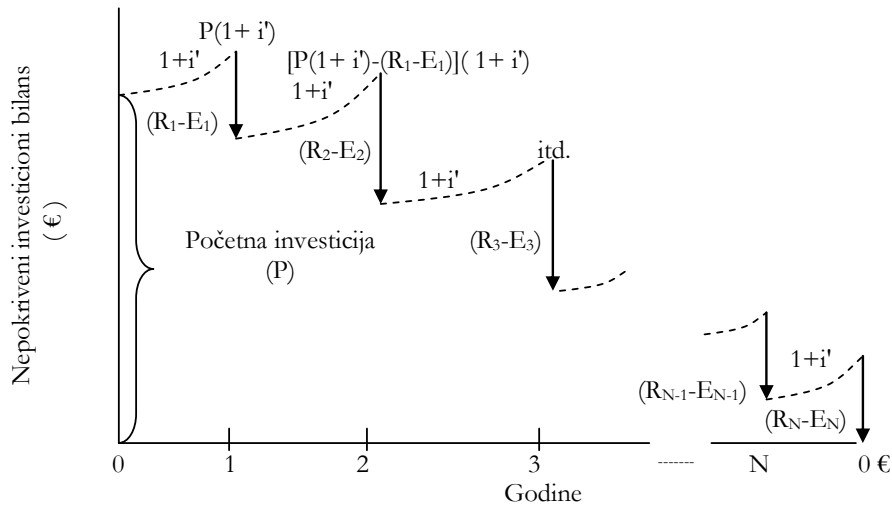
Vrijednost i'^0 takođe se može odrediti kao interesna stopa gdje je buduća vrijednost jednaka nuli ili godišnja vrijednost jednaka nuli. Npr, postavljanjem neto buduće vrijednosti jednake nuli, jednačina 3.7 bi rezultirala

$$\text{FW} = \sum_{k=0}^N R_k(F/P, i'^0, N-k) - \sum_{k=0}^N E_k(F/P, i'^0, N-k) = 0 \quad (3.7)$$



Slika 3: Sadašnja vrijednost u zavisnosti od kamatne stope

¹(i') se često koristi umjesto (i) da označi kamatnu stopu koja treba da se odredi.



Slika 4: Dijagram investicionog bilansa koji pokazuje internu stopu zarade

Još jedan način da se protumači IRR je kroz investicioni-bilansni dijagram. Silazne srelice na slici 4 predstavljaju godišnje povratke ($R_k - E_k$) za $1 \leq k \leq N$, naspram profitu u investicionom bilansu sa početka godine. IRR je vrijednost od i' na slici 4 koja prouzrokuje nepokriveni investicioni bilans koji je tačno jednak nuli na kraju istraživanog perioda (godina N). Važno je primijetiti da se i' računa po nepokrivenoj investiciji sa početka godine kroz vijek projekta, prije nego po ukupnoj početnoj investiciji.

Metod rešavanja jednačine 3.5 kroz 4-10 koraka normalno uključuje greške računanja tokom konvergencije i' %.

3.5 Metoda eksterne stope zarade (metoda modifikovane interne stope zarade)

Metoda interne stope zarade u nekim slučajevima nije validna u ispitivanjima inženjerske ekonomije. Npr., ako je minimalna prihvatljiva stopa zarade preduzeća 20% godišnje, a interna stopa zarade za projekat je 42.4%, možda neće biti moguće za preduzeće da ponovo uloži neto novčane prinose iz projekta za više od 20%. Ova situacija, spojena sa računarskim zahtjevima i mogućim višestrukim kamatnim stopama koje karakterišu metodu interne stope zarade, daje prednost drugoj metodi zarade koja ispravlja neke od ovih slabosti.

Jedna takva metoda je metoda eksterne stope zarade. Ona direktno uzima kamatnu stopu (ϵ) koja je eksterna projektu. Ako ova ponovo uložena stopa, koja je obično minimalna prihvatljiva stopa zarade preduzeća, se izjednači sa internom stopom zarade projekta, onda metoda eksterne stope zarade proizvodi rezultate identične onima iz metode interne stope zarade.

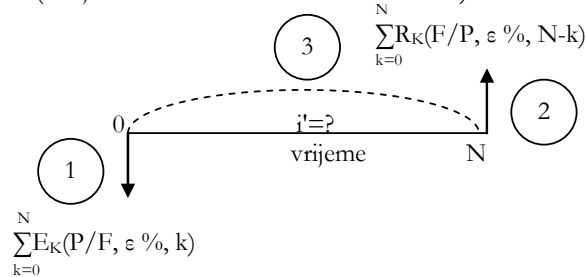
Uopšteno, tri koraka se koriste u proceduri računanja. Prvo, svi neto novčani odlivi su diskontovani na vrijeme 0 (sadašnjost) za ϵ %. Drugo, svi neto novčani prilivi spojeni su sa periodom N za ϵ %. Treće, određuje se eksterna stopa zarade, koja je kamatna stopa koja uspostavlja ekvivalentnost između dva kvantiteta. Apsolutna vrijednost sadašnje ekvivalentne vrijednosti neto novčanih priliva za ϵ % (prvi korak) koristi se u ovom poslednjem koraku. U jednačini, eksterna stopa zarade je i'^0 gdje je

$$\sum_{k=0}^N E_k(P/F, \epsilon\%, k)(F/P, i'^0, N) = \sum_{k=0}^N R_k(F/P, \epsilon\%, N-k) \quad (3.8)$$

gdje je:

- R_k = višak zarade od prodaje naspram rashoda u periodu k
- E_k = višak troškova naspram zarade od prodaje u periodu k
- N = vijek projekta ili broj perioda
- ϵ = eksterna reinvesticiona stopa za period

Grafički imamo sledeće (brojevi se dovode u vezu u 3 koraka):



Projekat je prihvatljiv kada je $i\%$ metode eksterne stope zarade veće ili jednako minimalnoj prihvatljivoj stopi zarade preduzeća. Metoda eksterne stope zarade ima dvije osnovne prednosti u odnosu na metodu interne stope zarade: a) obično se može riješiti direktno prije nego pomoću pokušaja i greške i b) nema višestrukih stopa zarade.

3.6 Metoda perioda povraćaja uloženog

Sve predstavljene metode reflektuju profitabilnost predložene alternative za istraživani period N . Metoda perioda povraćaja uloženog, koja se često zove i metoda isplate, uglavnom ukazuje na projektnu likvidnost prije nego njenu profitabilnost. Istorijski, metod isplate se koristi kao mjera projektnog rizika, dok se likvidnost suočava sa tim koliko brzo se investicija može vratiti. Metodom isplate se računa broj traženih godina od novčanih priliva do skoro jednakih novčanih odliva. Stoga, period povraćaja je najmanja vrijednost θ ($\theta \leq N$) za koju je ova vrijednost zadovoljena pod normalnom konvencijom novčanih tokova kraja godine. Za projekat gdje se sve kapitalne investicije dešavaju u vrijeme 0, imamo:

$$\sum_{k=1}^{\theta} (R_k - E_k) - I \geq 0 \tag{3.9}$$

Period povraćaja, θ , ignoriše vremensku vrijednost novca i sve novčane tokove koji se dešavaju poslije θ .

Kao što se može vidjeti iz jednačine 3.9, period povraćaja ne označava ništa od projektnih karakteristika sem brzinu sa kojom se investicija može ponovo steći. Može proizvesti varljive rezultate, pa se preporučuje kao dopunska informacija samo u vezi sa jednom ili više metoda o kojima se ranije govorilo.

Ponekad se diskontovani period povraćaja, θ' ($\theta' \leq N$) računa tako da se vremenska vrijednost novca uzme u obzir:

$$\sum_{k=1}^{\theta'} (R_k - E_k)(P/F; i\%, k) - I \geq 0 \tag{3.10}$$

gdje je:

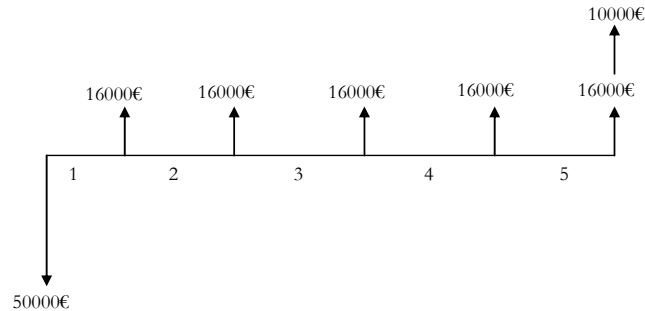
- $i\%$ - minimalna prihvatljiva stopa zarade,
- I - kapitalna investicija obično načinjena u sadašnjosti ($k = 0$),
- θ' - najmanja vrijednost koja zadovoljava jednačinu 3.10.

Vrijednost θ' perioda povraćaja određuje kritični vijek projekta s obzirom na vremensku vrijednost novca. Međutim, ni kalkulacije perioda povraćaja ne uključuju novčane prilive koji se događaju poslije θ (ili θ'). To znači da θ (ili θ') ne može uzeti u obzir ukupan koristan vijek. Tako, ove metode mogu dovesti u zabludu ako jedna alternativa, koja ima duži (manje poželjan) period povraćaja od druge, proizvodi veću stopu zarade (ili PW) na investirani kapital.

Uopšteno govoreći, trebalo bi izbjeći korišćenje perioda povraćaja da bi donijeli investicione odluke osim kao mjeru koliko brzo će investirani kapital biti nadoknaden, što je indikator rizika projekta. Jednostavni period povraćaja i diskontovane metode perioda povraćaja govore nam koliko je vremena potrebno da se novčani prilivi od projekta akumuliraju do jednakih (ili većih) novčanih odliva projekta. Što duže treba da se nadoknadi investirani novac, to je veći rizik projekta.

4. Primjer primjene

Inženjeri su preporučili dio nove opreme da bi povećali produktivnost odgovarajuće operacije zavarivanja. Investicija košta 50000 €, a oprema će imati tržišnu vrijednost od 10000 € na kraju istraživanog perioda od pet godina. Povećana produktivnost koja se može pripisati opremi iznosiće 16000 € po godini poslije posebnih operacionih troškova oduzetih od prihoda koji je stvoren dodatnom proizvodnjom. Dijagram novčanog toka ove investicione šanse dat je na slici 5. Ako je minimalna prihvatljiva stopa zarade preduzeća 20% godišnje, analiziraće se ovaj predlog korišćenjem metoda ocjenjivanja ekonomske profitabilnosti predloženog rješenja.



Slika 5: Dijagram novčanog toka

a) Metoda sadašnje vrijednosti

Sadašnja vrijednost predstavlja razliku sadašnjih vrijednosti novčanih priliva i sadašnjih vrijednosti novčanih odliva, tj.

$$PW(20\%) = 16000(P/A, 20\%, 5) + 10000(P/F, 20\%, 5) - 50000 =$$

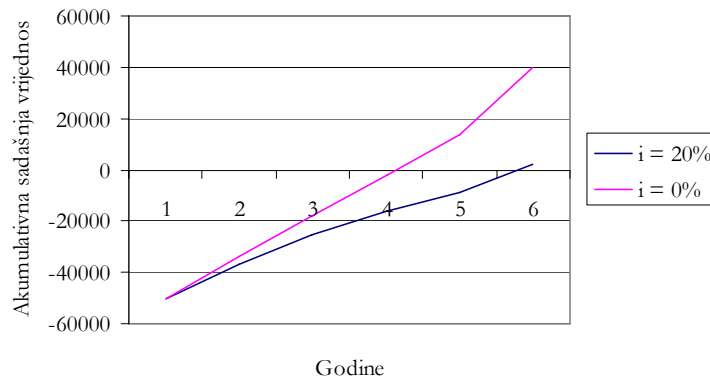
$$= 16000(2.9906) + 10000(0.4018) - 50000 = 1867.6 \text{ €}$$

Kako je $PW(20\%) > 0$ to je nabavka opreme ekonomski opravdna.

Za planiranje akumulativne sadašnje vrijednosti novčanih priliva kroz godinu (k) mogu se koristiti podaci iz tabele T-1, na osnovu koje je prikazan grafik (slika 6)

Tabela 1: Računanje akumulativne sadašnje vrijednosti

kraj godine k	neto novčani tokovi	sadašnja vrijednost novčanih tokova za $i = 20\%$ god.	akumulativna sadašnja vrijed. za $i = 20\%$ god. tokom godine k	akumulativna sadašnja vrijed. za $i = 0\%$ god. tokom godine k
0	- 50000	- 50000	- 50000	- 50000
1	16000	13333	- 36667	-34000
2	16000	11111	- 25556	-18000
3	16000	9259	- 16297	- 2000
4	16000	7716	- 8581	14000
5	26000	10448	1867	40000



Slika 6: Grafik akumulativne sadašnje vrijednosti

b) Metoda buduće vrijednosti

Procjena buduće vrijednosti:

$$FW(20\%) = -50000(F/P, 20\%, 5) + 16000(F/A, 20\%, 5) + 10000 = -50000(2.4883) + 16000(7.4416) + 10000 = 4650.6 \text{ €}$$

I ovom metodom je projekat prikazan kao dobra investicija. Buduća vrijednost (FW) je ekvivalentna sadašnjoj vrijednosti, tj.

$$PW(20\%) = 4650.6(P/F; 20\%, 5) = 4650.6(0.4015) = 1867.6 \text{ €}$$

c) Metoda godišnje vrijednosti

$$AW(20\%) = R - E - CR(20\%)$$

$$AW(20\%) = 16000 - [50000(A/P, 20\%, 5) - 10000(A/F, 20\%, 5)] = 16000 - [5000(0.3343) - 10000(0.1344)] = 625 \text{ €}$$

Godišnji ekvivalentni "višak" je 625 €, tj. pozitivan je, pa se i ovom metodom projekat može prihvatiti kao dobra investicija.

d) Metoda interne stope zarade

Koristeći jednačinu:

$$PW = \sum_{k=0}^N R_k(P/F, i\%, k) - \sum_{k=0}^N E_k(P/F, i\%, k) = 0$$

dobija se izraz:

$$16000(P/F, i\%, 5) + 10000(P/F, i\%, 5) - 50000 = 0, \text{ iz kojeg treba odrediti } i\%.$$

Rješenje jednačine pomoću pokušaja – greške dato je u tabeli 2.

Tabela 2: Računanje sadašnje vrijednosti

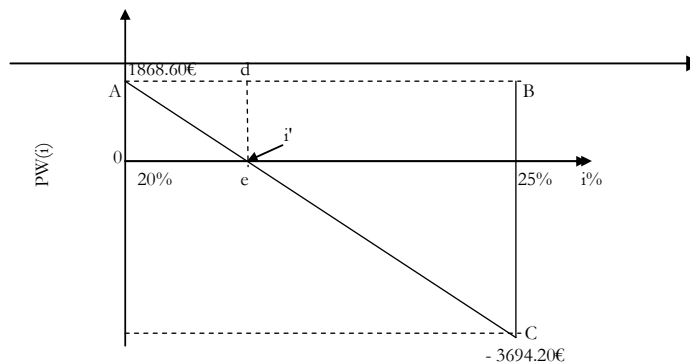
i'	PW(i')
0.00	1600(5) + 10000(1) - 50000 = 40000
0.10	1600(3.7908) + 10000(0.6209) - 50000 = 16861.8
0.20	1600(2.9906) + 10000(0.4019) - 50000 = 1868.6
0.25	1600(2.6893) + 10000(0.2693) - 50000 = - 3694.2
0.30	1600(2.436) + 10000(0.2693) - 50000 = - 8331

Vrijednost i' kada je sadašnja vrijednost nula je između 20% i 25%, što prelazi vrijednost minimalne prihvatljive stope zarade.

Preciznija vrijednost i' može se odrediti rješavanjem jednačine sa ponovljenim kalkulacijama pokušaj – greška, pa se dobija da je i' = 21.577%.

Jasno je da je i ovom metodom projekat ekonomski prihvatljiv.

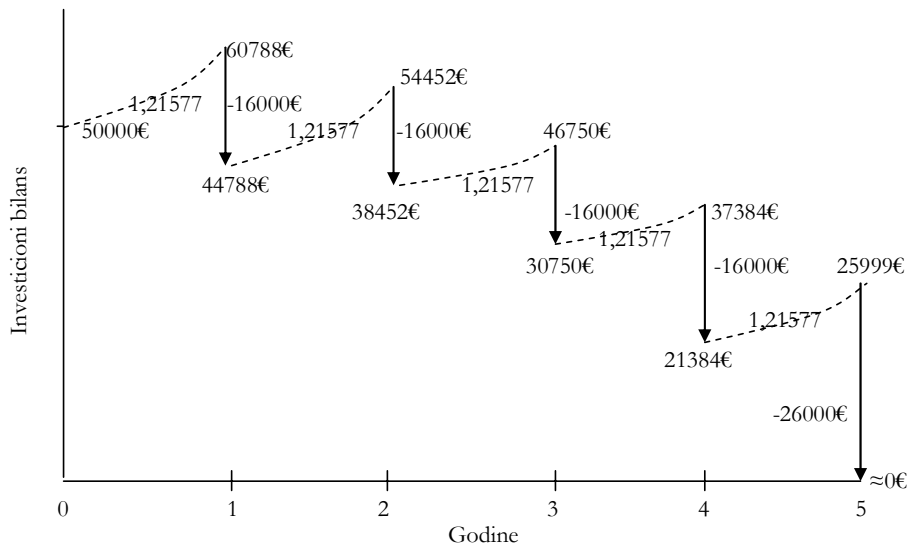
Za približno određivanje interne stope zarade može se koristiti linearna interpolacija za interval (i) u kojem sadašnja vrijednost (PW) mijenja znak (slika 7).



Slika 7: Upotreba linearne interpolacije za određivanje približne interne stope

Linija BA/linija BC = linija da/linija de, tj. $25\%-20\%/1868,6 - (-3694,2) = i\%-20\%/1868,6$, odakle se dobija $i' = 21.7\%$

Dijagram investicionog bilansa dat je na slici 8. Sa dijagrama se može vidjeti da je $i' = 21.57\%$ stopa zarade koja se računa u nepokrivenoj investiciji sa početka godine.



Slika 8: Dijagram investicionog bilansa

e) Metoda eksterne stope zarade

Kako je minimalna prihvatljiva stopa zarade 20% godišnje, pretpostavimo da je eksterna reinvesticiona stopa $\epsilon = 20\%$. Koristeći jednačinu:

$$\sum_{k=0}^N E_k(P/F, \epsilon\%, k)(F/P, i'\%, N) = \sum_{k=0}^N R_k(F/P, \epsilon\%, N-k), \text{ za date podatke dobija se veza za}$$

rješavanje alternativne eksterne stope zarade $i'\%$.

$$50000(F/P, i'\%, 5) = 16000(F/A, 20\%, 5) + 10000$$

$$(F/P, i'\%, 5) = [16000(7.4416) + 10000] / 50000 = 2.5813, \text{ odakle slijedi } i' = 20.88\%$$

zato što je: $i' = 20.88\% > 20\%$ altrnativa je "jedva" prihvatljiva.

f) Metoda perioda povraćaja uloženog

Tabela 1 (kolona 4 $\theta = 5$; kolona 5 $\theta' = 4$) ilustruje određivanje θ i θ' za zadati problem. Treba uočiti da je θ' prva godina u kojoj kumulativni diskontovani novčani prilivi prelaze kapitalnu investiciju od 50000€. Periodi povraćaja od 3 godine ili manje su uvijek poželjni u industriji, tako da bi projekat mogao biti odbijen i ako je profitabilan (PW od 20% = 1867.6 €)

5. Zaključak

Uspješnost inženjerskog projekta zasniva se na tehničkoj korektnosti i ekonomskoj opravdanosti. Ocjenom ekonomske opravdanosti se bavi inženjerska ekonomija. Drugim riječima, inženjerska ekonomija, kvantifikuje prihode i troškove inženjerskih projekata da bi se utvrdilo da li oni stvaraju dovoljno novca koji bi opravdao investiranje kapitala. U ovom radu dat je osvrt na osnovne zadatke inženjerske ekonomije koji imaju za cilj da sistematski procijene ekonomske vrijednosti predloženih rješenja inženjerskih problema. Radom je obuhvaćena i problematika novac – vrijeme. U tom dijelu je analiziran koncept ekvivalentnosti (ima za cilj da razmotri alternativne opcije predloženog rješenja) i prikazane su relacije novčanih tokova kojima je

data matematička veza: a) sadašnje i buduće ekvivalentne vrijednosti i b) uniformnog niza sa njegovim trenutnim i budućim ekvivalentnim vrijednostima.

Za ocjenu ekonomske profitabilnosti predloženog rješenja problema analizirano je pet metoda dok je šestom metodom (metoda perioda povraćaja uloženog) ukazano na projektnu likvidnost.

Na kraju rada, prikazana je procedura rješavanja problema ekonomske opravdanosti predloženog rješenja, primjenjujući metode ekonomske profitabilnosti predloženog rješenja.

Literatura

- Dutina J., Inženjerska ekonomija, Fakultet za proizvodnju i menadžment, Trebinje, 1998.
- Sullivan W., Bontadelli J., Wicks E., Engineering Economy, Prentice-Hall, New Jersey, 2000.
- Dubonjić R., Milanović D., Inženjerska ekonomija, Mašinski fakultet Beograd, Beograd 1997.
- Cvejić M., Jovanović-Kolomejceva L., Poslovni rečnik, Savremena administracija, Beograd, 1997.
- Đukić P., Osnovi ekonomije, Tehnološko metalurški fakultet Beograd, Beograd, 1994.
- Newnan D.G., Eschenbach T.G., Lavelle J.P., Engineering Economic Analysis, Oxford University Press, 2004.
- Newnan D.G., Wheller E., Study Guide for Engineering Economic Analysis, Oxford University Press, 2004.
- Arsovski S., Menadžment ekoonomikom kvaliteta, Mašinski fakultet Kragujevac, Kragujevac, 2002.
- Drljača M., Troškovi kvalitete, Oskar, Zagreb, 2004.
- Vukotić V., Makroekonomski modeli i računi, CID, Podgorica, 2001.
- Perović M.J., Menadžment, Informatika, Kvalitet, CIM Centar-Mašinski fakultet Kragujevac, Kragujevac, 2003.
- Vukčević M.M., Inženjerska ekonomija, Mašinski fakultet Podgorica, Podgorica, 2007.