



## ПРИЛАГАНЕ НА МЕТОДА ЗА ВЪТРЕШНА НОРМА ЗА ВЪЗВРАЩАЕМОСТ НА ИНВЕСТИЦИИТЕ ПРИ ОЦЕНКА НА АЛТЕРНАТИВИ В ТРАНСПОРТА

Димитър ДИМИТРОВ, Тодор РАЗМОВ  
[dimitar@vtu.bg](mailto:dimitar@vtu.bg), [trazmov@vtu.bg](mailto:trazmov@vtu.bg)

гл. ас. д-р инж. Димитър Димитров, доц. д-р инж. Тодор Размов, ВТУ „Тодор Каблешков”, ул. “Гео Милев” 158, София, 1574

**БЪЛГАРИЯ**

**Резюме:** Настоящата публикация разглежда проблемите по оценка на алтернативи в транспорта по метода за определяне на вътрешната норма за възвръщаемост на инвестициите. Използвания подход е адаптиран за прилагане в транспорта, като в тази връзка е направен модел и методика за оценка на алтернативите, чрез използване на универсалния програмен инструментариум Excel. Представен е още и числен пример, чрез който се илюстрира метода.

**Ключови думи:** инвестиции, транспорт, вътрешна норма на възвръщаемост, вземане на решение, избор на алтернативи.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Изграждането на дадена транспортна инфраструктура, както и реализацията на определена транспортна схема или решение е сложна задача, имаща технико-икономически характер и е свързана с управлението и оценката на парични потоци. Най-често задачи от такъв тип имат динамичен характер, което е фактор определящ необходимостта от отчитане на времето за което ще бъде изградена и експлоатирана съответната инфраструктура или схема. Сравняването на алтернативи е свързано със сравняването на множество показатели, които не мога да бъдат пряко оценени поради техните различни измерители.

Известни са редица подходи чрез които се постига решение на подобен тип задачи. Един от тези подходи е така наречения подход за определяне на вътрешната норма на възвръщаемост на инвестициите **IRR** (Internal Rate of Return).

Настоящата публикация разглежда подхода за определяне на вътрешната норма

на възвръщаемост на паричните потоци. Формулирани са приложните аспекти на метода, алгоритъм за работа и е дефиниран и решен конкретен пример от областта на транспорта. Чрез средствата на Microsoft Excel е проигран метода и е решен числен пример, чрез който се представя и апробира разглеждания подход.

### ОБЩА ПОСТАНОВКА НА МЕТОДА

Методът за определяне на вътрешната норма на възвръщаемост на инвестициите [1,2] може да се формулира по следния начин:

$$IRR[i] \{N^{IRR}[i]\} \rightarrow \max \quad (1)$$

където  $N^{IRR}[i]$  – множеството възможни алтернативи;  
 $i$  – съответната алтернатива която се разглежда.

Множеството от алтернативи е съответно  $i=1, 2, \dots, I$ .

В общия случай се търси това подмножество от възможните алтернативи  $n^{IRR}[i] \in N^{IRR}[i]$ , при което се изпълнява условието за  $\forall i$  при което  $IRR[i] \geq r$ , където  $r$  е изискуемата норма на възвръщаемост на инвестициите (цена на капитала).

### АЛГОРИТЪМ НА МЕТОДА

Определянето на  $\forall IRR[i]$  се базира на условието при което се определя в кой момент от времето се удовлетворява равенството показано на формула (2).

$$0[i] = -\sum_{t=0}^m \frac{I_t[i]}{(1+IRR[i])^t} + \sum_{t=m+1}^n \frac{F_t[i]}{(1+IRR[i])^t} + \frac{A_n[i]}{(1+IRR[i])^n}$$

където

$I_t[i]$  – направените първоначални и последващи инвестиции за периода  $t$ , като  $t$  се изменя от  $0, \dots, m$  и  $m$  е последния период в който се правят инвестиции;

$F_t[i]$  – нетните парични приходи за периода  $t$ , като  $t$  се изменя от  $m+1, \dots, n$  и  $n$  е последния период в който се реализират приходи генерирани от работата по съответната транспортна схема или съоръжение;

$A_n[i]$  – остатъчна парична стойност придобита след приключване на съответното съоръжение или схема;

Определянето на  $IRR[i]$  не може да стане директно и затова се използва итеративен подход, чрез който стъпково се определя при каква стойност на  $IRR[i]$  ще се удовлетвори равенството показано на ф-ла (2).

Алгоритъмът, чрез който се правят изчисленията има следните фази:

#### ПЪРВА ФАЗА

Тази фаза включва следните стъпки:

1. Избира се първоначална стойност за  $IRR[i] = r_0[i]$  с която се правят изчисления по ф-ла (2).

2. Избира се първоначална стъпка за промяна на стойността  $s_0[i]$ .

3. Задават се нови стойности за  $IRR[i] = r_s[i]$  като стойността  $r_1[i] = r_0[i] + s_0[i]$ , стойността  $r_2[i] = r_1[i] + s_0[i]$ , ..., и стойността  $r_s[i] = r_{s-1}[i] + s_0[i]$  и се правят изчисления по ф-ла (2). В случая  $r_s = r_1, \dots, r_s$  итерации.

4. Стоп-критерият за определяне на стойността на  $r_s$  се базира на условието за промяна на стойността получена при изчисленията по ф-ла (2), което се изразява в промяна на положителната стойност с отрицателна (ф-ла 3).

$$Stop \begin{cases} + R(r_{s-1}[i]) \\ - R(r_s[i]) \end{cases} \quad (3)$$

където

$R(r_{s-1}[i])$  и  $R(r_s[i])$  – са получените резултати от дясната част на равенството показано на ф-ла 2 чрез използване на зададени стойности за  $IRR[i]$  стойностите на  $r_{s-1}[i]$  и  $r_s[i]$ .

#### (2) ВТОРА ФАЗА

В тази фаза се избира нова стъпка  $s_1[i]$ , като условието е  $s_1[i] < s_0[i]$ , след което се изпълнява отново процедурата описана в първа фаза. Изпълнението на тази фаза може да се мултиплицира с оглед допълнително намаляване на стъпката. Това става на принципа на задаване на следваща стъпка  $s_2[i]$  при условие  $s_2[i] < s_1[i]$  и така нататък. На тази фаза също трябва да се дефинира стоп-критерий, който се задава предварително и се базира на предварително зададен интервал на разлика  $R(r^{STOP}[i])$  между стойностите на  $R(r_s[i])$  и  $R(r_{s-1}[i])$  при изпълнение на неравенството:

$$R(r^{STOP}[i]) \leq R(r_{s-1}[i]) + (-R(r_s[i])) \quad (4)$$

В общия случай не може да се определи точната стойност на  $r[i]$  по описаните стъпки на алгоритъма дотук, при която се изпълнява равенство (ф-ла 2). Поради това се преминава към следващата фаза за точното определяне на стойността на  $r[i]$ .

#### ТРЕТА ФАЗА

При тази фаза се приема, че предварително е намерен достатъчно малък интервал на разлика на стойностите на  $r_{s-1}[i]$  и  $r_s[i]$ . На тази база след използване на метода за линейно интерполиране се определя точната стойност за  $r[i]$  по следващата формула:

$$r[i] = r_{s-1} + \frac{(R(r_{s-1}[i]) - R(r_s[i]))(r_s - r_{s-1})}{R(r_{s-1}[i]) - R(r_s[i])} \quad (5)$$

където

$R(r[i]) = 0$ , тъй като това е търсената стойност за равенството (ф-ла 2).

Определянето на  $r[i]$  дава точна представа за способността за вътрешна възвръщаемост на инвестициите  $IRR[i]$ , т.е.:

$$IRR[i] \equiv r[i] \quad (6)$$

### ЗАКЛЮЧИТЕЛНА ФАЗА

Заключителната фаза на представения алгоритъм включва определяне на онези елементи от подмножеството  $n^{IRR}[i]$  при които ще имаме максимална или близка до максималната стойност за  $IRR[i]$ . Когато в подмножеството от решения  $n^{IRR}[i]$  съществуват повече от един вариант с еднаква или близка стойност  $IRR[i]$  може да се пристъпи към допълнителна експертна оценка с оглед анализиране на други показатели с нямащи икономически измерения.

### ЧИСЛЕН ПРИМЕР

Таблица 2

период [t]	алтернатива 1		алтернатива 2		алтернатива 3		алтернатива 4		алтернатива 5	
	разходи	приходи	разходи	приходи	разходи	приходи	разходи	приходи	разходи	приходи
0	3000		4000		5000		5500		8000	
1	1200	2900	1500	4100	2000	2000	1000	2000	5000	
2	1000	1100	1200	1400	1500	2000	1000	2000	5000	7000
3	1000	900	1200	1200	1500	2000	1000	2000		7000
4		900	1300	1300	1500	2000	1000	2000		7000
5					2000	2000	1000	2000	5000	
6						2000	1000	2000	5000	7000
7						2000	1000	2000		7000
8						2000	1000	2000		7000
9						2000	1000	2000	5000	
10							1000	2000	5000	7000
ликвидация	1000			1000		2000	2000	2200	2000	4200

### РЕШЕНИЕ

За изпълнение на задачата преобразуваме таблица 2, както е показано на таблица 3.

Таблица 3

период t[i]	паричен баланс	паричен баланс	паричен баланс	паричен баланс	паричен баланс
0	-3000	-4000	-5000	-5500	-8000
1	1700	2600	0	1000	-5000
2	100	200	500	1000	2000
3	-100	0	500	1000	7000
4	-100	1000	500	1000	7000
5			0	1000	-5000
6			2000	1000	2000
7			2000	1000	7000
8			2000	1000	7000
9			2000	1000	-5000
10				1200	4200

Прилагайки представения алгоритъм по горе и използвайки ф-ла 2 определяме следните  $r_0[i]=0$  и  $s_0[i]=0,2$  за всяка алтернатива.

Получените резултати от процедурата описана в първата фаза на алгоритъма се представя в таблица 4. Анализирайки

Разгледания по долу пример илюстрира метода за определяне на вътрешната норма за възвръщаемост на паричните потоци за множество алтернативи.

### ЗАДАНИЕ

Използвайки зададените множество алтернативи  $N^{IRR}[5]$  в таблица 1 и таблица 2 да се определи и анализира подмножеството вътрешната норма на доходност  $n^{IRR}[i]\{N^{IRR}[i]\}$ , чрез метода  $IRR[i]$ .

Таблица 1

алтерна- тива [i]	продължи- телност T	r[i],%
1	4	12
2	4	13
3	9	10
4	10	12
5	10	16

таблицата се вижда, че алтернативи  $N[1]$  и  $N[2]$  имат винаги отрицателни стойности, което означава, че тяхната реализация е безсмислена, тъй като водят до загуби дори и при  $r[i]=0$ . На тази база тези две алтернативи се премахват от множеството допустими решения.

Таблица 4

r, %	N[1]	N[2]	N[3]	N[4]	N[5]
0	-1400	-200	4500	4700	13200
2	-1423,833	-334,9012	3311,2227	3646,655	10660,88
4	-1447,309	-460,2846	2301,1969	2746,009	8477,709
6	-1470,398	-577,0769	1439,5117	1971,766	6591,685
8	-1493,078	-686,095	701,4562	1302,72	4954,989
10	-1515,334	-788,0609	66,861362	721,6758	3528,529
12	-1537,153	-883,6146	-480,8067	214,6177	2280,183
14	-1558,53	-973,3245	-955,1586	-229,9356	1183,421
16	-1579,461	-1057,697	-1367,444	-621,4358	216,2329
18	-1599,946	-1137,184	-1726,996	-967,7008	-639,7313

По-нататък се разглеждат останалите алтернативи изпълнявайки втората фаза на алгоритъма. Избираме нова стъпка  $s_1[i]=0,1$  и получаваме резултати в таблица 5.

Таблица 5

r,%	N[3]	N[4]	N[5]
10	66,86136	721,67576	3528,529
11	-216,9266	459,66891	2883,867
12	-480,8067	214,61768	2280,183
13	-726,3945	-14,83885	1714,325
14	-955,1586	-229,9356	1183,421
15	-1168,436	-431,7944	684,8545
16	-1367,444	-621,4358	216,2329
17	-1553,293	-799,7889	-224,6289

Приема се, че интервалът е достатъчно малък между двете съседни стойности на  $r_{S-1}[i]$  и  $r_{S-1}[i]$ , след което се преминава към точното определяне на  $IRR[i]$ . Замествайки по ф-ла 5 получаваме следните резултати показани в таблица 6.

Таблица 6

IRR[3]	IRR[4]	IRR[5]
10,23560	12,93533	16,49048

Анализирайки таблица 6 се вижда, че вътрешната норма на възвръщаемост е най-висока при алтернатива 5, където се получава най-голям процент за възвръщаемост на инвестициите. Съгласно първоначалното задание (таблица 1) трябва да се анализира и изискуемата норма на възвръщаемост, която за алтернатива 5 е по-висока от останалите. На тази база е необходимо да се определят разликите между изискуемата норма за възвръщаемост и действителната вътрешна норма за възвръщаемост на капитала. Това е показано в таблица 7.

Таблица 7

алтерна- тива [i]	r[i],%	IRR[i],%	IRR[i]-r[i] %
3	10	10,23560	0,23560
4	12	12,93533	0,93533
5	16	16,49048	0,49048

Резултатите в таблица 7 показват, че най-целесъобразно според зададените условия е да

се реализира алтернатива 4, която има най-висок показател по отношение  $IRR[i]-r[i]$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящата публикация разглежда подхода за определяне на вътрешната норма на възвръщаемост на паричните потоци. На базата на дефинираната критериална функция (ф-ла 1) за комплексно разглеждане и оценка на алтернативите се представи приложен алгоритъм на метода, чрез който могат да бъдат решавани практически задачи с транспортна и друга насоченост свързана с оценка на инвестициите.

Чрез показания числен пример се извърши проиграване на алгоритъма и метода, като са получени конкретни резултати за представения пример.

Представения алгоритъм е внедрен в учебния процес и чрез средствата на Microsoft Excel е разработен от авторите практически инструментариум за решаване на задачи от такъв клас [1]. Методът и приложния инструментариум е апробиран и използван за решаването на задачи с транспортна и друга насоченост, свързани с оценка на инвестициите при изграждането на инфраструктури и оценка на алтернативи в транспорта.

## ЛИТЕРАТУРА:

[1] Размов Т., Димитров Д., Ръководство за лабораторни упражнения и курсово проектиране по управление на проекти, София, 2006.

[2] Shtub A., Bard J. F., Globenson S, Project Management, Prentice Hall, 1994.

[3] Microsoft Office Online Documentation, <http://office.microsoft.com/bg-bg/default.aspx>

## ABOUT THE INTERNAL NORM OF INVESTMENT RECCURENCE WITH ASSESSMENT OF ALTERNATIVES IN TRANSPORT

Dimitar Dimitrov, Todor Razmov

Dimitar Dimitrov, PhD, Senior lecturer, Todor Razmov, Assoc. Prof., PhD., , Higher School of Transport , 158 Geo Milev Street, Sofia 1574

BULGARIA

**Abstract:** The paper presents the problems of the assessment of alternatives in transport by the method of defining the internal norm of the investment recurrence. The approach used is adapted for applying in transport as in this connection a model and methods have been developed to assess the alternatives using the universal software tool Excel. Also, a numerical example is presented to illustrate the method described in the paper.

**Key words:** investment, transport, internal norm of recurrence, decision makingq choice of alternatives.