

АНАЛИЗ НА РИСКА ПРИ ИКОНОМИЧЕСКАТА ОЦЕНКА НА МИННИТЕ ИНВЕСТИЦИИ

Богдана Бранкова

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
E-mail:brankova@mgu.bg

Паулин Златанов

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България

РЕЗЮМЕ

Икономическата оценка и оценката на риска са двата основни елемента при анализа на проектите за инвестиране в минната индустрия. Значението на риска в тези проекти обуславя необходимостта неговото отчитане и количествено управление да става със същата акуратност, каквато се прилага и към икономическите им показатели. За тази цел се предлага да се използва инструментариума на Анализа на риска и на метода Монте Карло. Те дават възможност да се оценява рентабилността на проекта и неговия риск по интегриран начин на базата на една и съща икономическа информация с вероятностен характер.

С резултатите получени от анализа и възприетото отношение на лицето вземащо решение (инвеститора) към риска, може да се определи доколко даден проект е приемлив или доколко различни проекти са приемливи, ранжирайки ги по тяхната значимост за инвеститора.

Икономическата оценка и оценката на риска са два основни елемента при анализа на минните проекти. Оценката на риска в този случай е също толкова значима, колкото и тази на икономическите показатели и определянето им трябва да става интегрирано, като се прилагат единни принципи.

Минните инвестиции са чувствителни към факторите на неопределеност, несигурност и риск. Много от променливите, които определят тяхната бъдеща рентабилност притежават белези на несигурност - както тези с геоложки характер, така и тези с технологически, икономически, социален и политически характер. Освен това, тъй като минните инвестиции обикновено са многократно по-големи в сравнение с годишните доходи, на които впоследствие са източник, то те се характеризират и с продължително време за възстановяване. Това води до значително по-голямо излагане на проекта на риск в по-късните му фази на реализация, отколкото при другите индустриални дейности.

Решението да се инвестира се отнася винаги за бъдещо събитие и по тази причина се взема неизбежно в условия на известна несигурност и риск. Крайният резултат от реализирането на проекта зависи от това как ще се изменят в бъдеще онези условия и определящи ги фактори, които не могат да се предскажат, нито да се оценят със сигурност в дадения момент. Когато рискът е малък и методиката на оценяването му е проста, може се извърши традиционен икономически анализ, при условия за предполагаема сигурност. В този случай, чрез обикновен анализ на чувствителността, могат да се определят критичните променливи и ефекта от тяхната

флуктуация върху рентабилността на проекта. Когато рискът е съществен фактор и неговите последици са трудно предвидими по обичаен начин, както се случва при много минни проекти, е необходимо да се използват по-прецизни и по-мощни инструменти за анализ.

Анализът на решенията е дисциплина, която дава подходящ инструментариум за структуриране и оценяване на направленията на възможните действия в ситуация на риск. Между различните методи, които съществуват, анализът на риска се е оказал най-полезен, тъй като позволява да се получат по-комплексни резултати, изхождайки от една и съща разполагаема икономическа информация с вероятностен характер.

Както е известно, икономическата оценка на цялата минна инвестиция изисква формулирането на модел, въз основа на който да се оценят нетните годишните парични потоците за целия предвиждан живот на проекта.

По традиция, на входните величини в модела се задават конкретни, познати със сигурност стойности. Ефектите от възможните им вариции се оценяват чрез анализ на чувствителността, който се извършва с многократно прилагане на същия икономически модел, при нови стойности на входните параметри.

Но, действителността е много по-сложна. Входните параметри могат да приемат различни стойности, едни по-вероятни от други, но всички са възможни и групирани в по-тесен или по-широк интервал. Реалната икономическа оценка на проекта ще зависи от комбинацията на стойностите на параметрите, които ще се появят действително през неговия живот. Това обикновено не е възможно да се предскаже със сигурност в момента, в

който се прави анализа. Най-много, което може да се получи при такъв подход е една съвкупност от възможни резултати, без да се знае кой от тях ще настъпи реално, ако се вземе решение за реализиране на проекта.

Приложение на метода Монте Карло

Изложеното по-горе показва, че входните величини в икономическия модел за оценка рентабилността на проекта реално са случайни променливи, които могат да бъдат оценени по аналогичен, но малко по-сложен начин, отколкото при традиционните детерминирани оценки. Използването на вероятностни оценки не е трудно, при предварителна подходяща подготовка.

Първото, което трябва да се намери е интервалът, в който ще се съдържа всяка променлива. Посредством консултации с експерти, чрез обработване на събрана статистическа информация или чрез обикновени детерминирани анализи, лесно могат да се намерят споменатите интервали. Въз основа на събраната информация се построява след това функцията на плътността на вероятността на всяка от входните променливи.

Ако проектът се приведе в изпълнение, всяка от случайните променливи би приела една от възможните стойности от своя размах на вариация. Резултатът, който би се получил от въвеждането на тези стойности в икономическия модел би бил една реална икономическа оценка за проекта. За съжаление е невъзможно да се осъществи такова предвиждане предварително. Единственото, което се знае в момента на анализа, е разпределението на вероятностите на различните възможни стойности на всяка променлива. Ако се направи случаен избор на набор от възможни стойности на входните променливи, ще се получи едно решение измежду многото възможни. Ако се повтори процесът достатъчен брой пъти ще се получи съвкупност от резултати, които са представителна извадка от всички възможни. Така, икономическата оценка на проекта се представя като случайна променлива, с познато разпределение на вероятностите, определена въз основа на получената извадка. Това е фундамента на анализа на риска, който е резултат от приложението на метода Монте Карло при икономическата оценка на рентабилността на минните проекти.

Генерирането на стойности на различните входни случайни променливи и тяхното въвеждане в икономическия модел се прави по удобен и бърз начин чрез компютър. С помощта на подходяща програма, се генерират стойности изхождайки от функциите на разпределение за всяка променлива. Тези стойности се въвеждат в икономическия модел и в резултат на реализацията му се получава една възможна оценка. Повторението на този процес определен брой пъти е равнозначно на икономическа симулация на развитието на проекта. По този начин се получава съвкупност от икономически оценки (представителна извадка от всички възможни). Резултатите се класират автоматично и се построява хистограмата на относителните им честоти и някоя друга интересуваша ни графика. Изчисляват се и съответните статистически характеристики - средна аритметична, стандартно отклонение, дисперсия и др.

Винаги, когато се предприеме вероятностен анализ в дискутираната област, трябва предварително да се състави икономически модел, както за обичайна детерминирана оценка. Същият модел се използва и при симулирането с метода Монте Карло. По такъв начин, допълнителната работа на аналитика се свежда само до оценката на случайните променливи на входа на модела, а всичко останало се изпълнява на компютър.

Посредством програмата за симулиране с метода Монте Карло се получава резултат, който също е случайна величина. Последната може да се представи в числена и графична форма, подходящи за вземане на управленски решения. Единственият допълнителен проблем за аналитика се състои в определянето на функциите на плътността на вероятността на входните величини.

Често пъти съществуват теоритични предпоставки, които позволяват да се определи адекватния тип разпределение на дадена променлива. Но в повечето случаи е необходимо да се сравнят няколко разпределения докато се стигне да това, което най-добре ѝ отговаря.

Изследванията са показали, че резултатите от симулацията с метода Монте Карло са много по-чувствителни на приетите интервали на вариация за всяка променлива, отколкото на типа на непрекъснатото ѝ разпределение. Следователно за правилен избор на типа на разпределението е достатъчно да се направят няколко разумни апроксимации.

Много важен е въпросът за евентуалното съществуване на корелации или на връзки на зависимост между някои от входните случайни променливи. При наличие на строга функционална зависимост и ако тя е правилно установена предварително, би трябвало да е вече отразена в детерминирания икономически модел. Но понякога могат да съществуват приблизително маркирани корелации, които трудно могат да бъдат формулирани или не са добре познати. Такива се срещат най-често при социо-икономическите параметри. Наличието на подобни зависимости между променливите изисква по-внимателно отношение към проекта и неговата оценка. Веднъж определени коректно, тяхното въвеждане в процеса на симулация не би представлявало проблем. Много е важно да се знае, че една грешка в това отношение може да направи напълно невалиден целия анализ.

Като следваща стъпка от симулацията трябва да се определи необходимия брой на изчислителните итерации, за да бъде получения модел представителен и оценките достоверни. Не съществуват определени правила в това отношение. Възможни са различни подходи. Един от начините, които често се използват е да се направят ограничен брой итерации и ако полученото разпределение не се изменя значително, се изпълняват още няколко допълнителни стъпки.

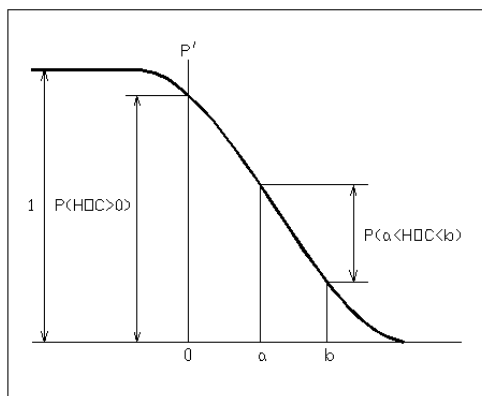
Обикновено времето за изпълнение на една итерация чрез компютър е много малко и процедурата по определяне на оценката няма да се забави много, ако се завиши броя на входните променливи в модела. Още повече, че сега съществуват алгоритми на усъвършенствани модели, които позволяват да се намали почти с

порядък броя на изискваните итерации (свеждайки ги например до 500, вместо 2000).

Представяне на резултатите

Най-често като модел за икономическата оценка на инвестиционния проект се използва нетната осъвременена стойност (или НОС) на проекта. Както се знае, НОС е алгебрична сума от актуализираните стойности на годишните парични потоци, т.е. нетните годишни кеш-флоу за целия предвиждан живот на проекта, приведени към началния момент от реализацията му. Прилаганата актуализационна норма е минимално приемливата рентабилност, която представлява стойността на капитала за предприятието. Известно е, че ако НОС на един проект е положителна, то проектът е приемлив от икономическа гледна точка.

Резултатът от симулацията с метода Монте Карло може да се представи графически чрез хистограмата на относителните честоти или от функцията на плътността на вероятността, но е за предпочитане това да се направи с **профила на риска**. Така се нарича кривата, която за всяка стойност на абсцисата X дава вероятността НОС на проекта да превишава споменатата стойност X (фиг.1).



Фигура 1. Профил на риска

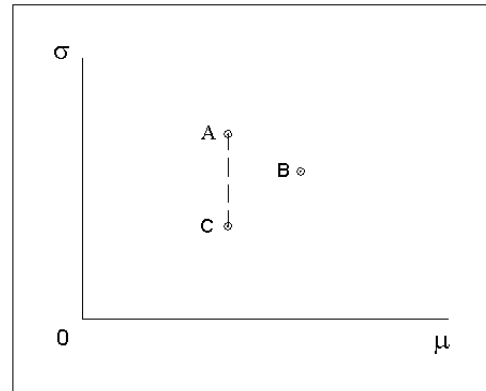
Профилът на риска, по систематизиран начин, дава много ценна информация за икономическата оценка и риска на един проект. Очевидно, колкото по-надясно е разположен профилът, толкова по-голяма ще бъде икономическата оценка на проекта и колкото по-разпространен е профилът, толкова по-голям ще бъде рискът.

С помощта на профила на риска на един проект може да се отговори на много въпроси свързани с неговото оценяване. Например, вероятността $P(\text{НОС} > 0)$, при която неговата НОС е положителна и следователно - проектът приемлив, се дава с ординатата на профила в началото на координатната система, а вероятността НОС да е включена между две дадени оценки - a и b , т.е. $P(a < \text{NPV} < b)$, се определя от разликата между съответните ординати на споменатите оценки.

От цялата информация, която се получава при анализа на риска най-важни са два основни резултата. Това са средната оценка или математическото очакване за

НОС и нейното стандартно отклонение, представени съответно от μ и σ .

За интерпретацията на резултатите от анализа е много полезна диаграмата (μ, σ) (фиг. 2).



Фигура 2. Диаграма (μ, σ)

Преместването на точката (μ, σ) на дясно означава по-голяма икономическа оценка за проекта, а преместването ѝ надолу - по-малка несигурност. На тази база могат да се направят интересни сравнения между различните проекти и да се очертаят тенденциите на изменение на оценките при последователни анализи на един и същи проект. Въз основа на тези две условия се разполага с мощен инструмент за вземане на управленски решения.

Сравнението на проектите върху диаграмата (μ, σ) не винаги може да се направи непосредствено. Да разгледаме например два проекта, чиито оценки са представени от точките A и B. Очевидно е, че B е по-добър от A, тъй като има по-голяма очаквана НОС и е с по-малък риск. Ако се въведе в сравнителния анализ и друг проект C, който има същата очаквана НОС, както A, но по-малко стандартно отклонение σ е ясно, че ще се предпочете C, защото има същата очаквана НОС и е по-малко рисков.

Въпросът няма да бъде толкова ясен, ако се сравни B със C, чиито очаквана НОС е по-малка, както и рискът. С изложеното до тук тълкуване не може да се реши този проблем. Важно е да се познава отношението на лицето, което взема решенията, т.е. инвеститора (за краткост ЛВР), към икономическата оценка в сравнение с риска или към риска в сравнение с икономическата оценка: обикновено се предпочита максимална икономическа оценка и минимален риск. Неговото отношение не се отчита, когато и двата елемента варират. Тогава решението за приемливостта на проектите се взема чрез общо разглеждане на ситуацията.

Приложение на функцията на полезността

Отношението на всяко ЛВР към паричната маса при инвестиране, може да се представи чрез т.н. функция на полезност или предпочитанието. Тази функция има следните свойства:

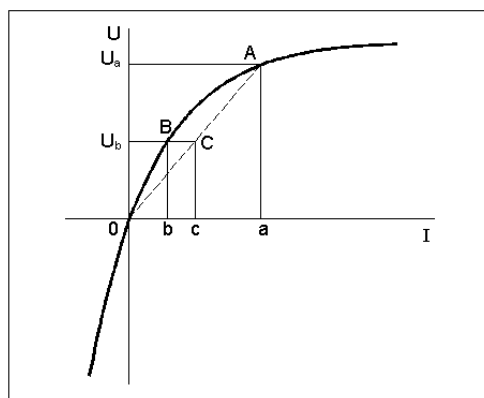
1). Полезността се увеличава с нарастването на паричната маса и следователно тя трябва да бъде монотонно нарастваща, с положителна първа производна;

2). От определено място нататък, колкото са по-големи сумите, които се инвестират, толкова по-малко е нарастването на полезността получена от 1 добавъчна парична единица. С други думи, маргиналната полезност дори да е положителна - започва да намалява при увеличаване паричната маса вложена в проекта.

От изложеното следва, че функцията на полезността обикновено е изпъкнала и се представя във формата показана на фиг.3, където оста на абсцисата представя паричната маса (I), а тази на ординатата - полезността (U).

Въпреки, че е съставена в условията на сигурност, функцията на полезността отразява много добре отношението на ЛВР към риска. Ще илюстрираме това с един пример.

Нека разгледаме един инвеститор с функцията на полезността представена на фиг.3.



Фигура 3. Функция на полезността

Ако ЛВР е изправено пред една операция (инвестиция), която може да му донесе, с вероятност 50:50 %, изгода a единици или 0, то за него възможните полезности, които ще извлече от нея ще бъдат U_a или 0. При тези условия, средната полезност за операцията ще бъде:

$$U_b = 0,5 \cdot 0 + 0,5 U_a = U_a / 2.$$

На тази полезност U_b би отговаряла сумата b , представена от абсцисата на т.В от функцията на полезността. Това означава, че определената сума b ще има същата полезност за ЛВР, както ако то инвестира в някоя друга операция, от която с вероятност 50:50 % би получил изгода a единици или 0. Във втория случай осреднената изгода от операцията очевидно ще бъде:

$$c = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot a = a / 2,$$

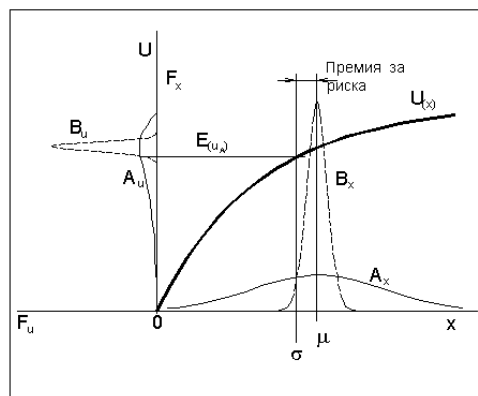
което означава, че за да не увеличи риска да има нулева изгода, ЛВР следва да се откаже от една изгода $c=b$, която е разлика между очакваната изгода c на втората операция и нейния еквивалент b при първата операция. Тази разлика се нарича премия за риска. Този факт отразява нежеланието на ЛВР да рискува. Колкото по-малко е то, толкова по-изразена ще бъде изпъкналостта на функцията на полезността. Когато ЛВР е неутрално пред риска, неговата функция на полезността се намалява по

линията ОА. Очевидно, неутралното ЛВР се ръководи от очакваната изгода от операцията и неговата премия за риска е винаги нула.

На инвестиционния пазар се срещат и ЛВР склонни към риск, чиято функция на полезността е вдлъбната и има отрицателна премия за риска. Такива ЛВР са склонни да плащат определена свръхцена за да се ограничи риска.

Веднъж позната функцията на полезността на ЛВР, е лесно да се превърнат актуализираните нетни стойности в полезности. На фиг.4, кривата A_x представя функцията на плътността на вероятностите $F_x(x)$ на НОС на един проект, получена посредством метода Монте Карло. Допуска се, че НОС е симетрична случайна променлива, с очаквана стойност μ , която съвпада с нейната най-вероятна оценка. С помощта на функцията на полезността $U(x)$ се получава функцията на плътността на вероятностите $F_U(U)$ на полезността на проекта, представена чрез кривата A_U .

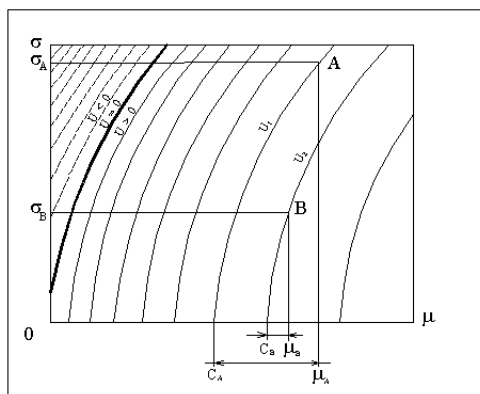
Подобно на изпъкналостта на функцията на полезността, кривата A_U не е симетрична, има отрицателна кривина, поради което нейната средноаритметична стойност ще бъде по-малка от най-вероятната ѝ стойност. Аналогично, очакваната полезност $E(U_a)$ отговаря на една парична маса по-ниска от μ . Тази парична маса C_a е точно еквивалентната на НОС на проекта. Разликата между двете е очевидно премията за риска.



Фигура 4. Полезност и риск

Когато намалява несигурността на НОС, нейната функция на плътността на вероятността става по-малко разсеяна (с по-малко стандартно отклонение σ , но със същата средна стойност μ) и $E(U)$ нараства. Следователно еквивалентната ѝ точка се премества надясно и премията за риска намалява.

Посредством този подход може да се определи очакваната полезност за всеки проект подложен на анализ и се разполага с точен количествен критерий за неговото сравняване с други проекти върху равнината (μ, σ) . За да се улесни сравнението, може да се начертаят сноп от криви за безразличие, или криви с постоянна полезност, така както е показано на фиг.5.



Фигура 5. Криви на безразличието

Тези криви имат положителна намаляваща първа производна. Изчертават се за съвкупност от стойности на полезността изменящи се по аритметична прогресия, т.е. като се използва едно и също нарастване на полезността.

Кривата на очакваната полезност със стойност нула оставя от лявата си страна област с отрицателни очаквани полезности. Тази област е неприемлива за ЛВР и отговаря на кривите изобразени на фигурата с пунктирани линии. Като пример за работа с тази диаграма, да вземем един проект А, чиято очаквана НОС е μ_A , със стандартно отклонение σ_A и очаквана полезност U_1 . Кривата на последната пресича абсцисната ос в точка C_A . Тази точка отговаря на един фиктивен проект еквивалентен на дадения, но с очаквана НОС C_A и несигурност нула. Премията за риска на проекта А ще бъде разликата $(\mu_A - C_A)$.

Да разгледаме втори проект В, чиято очаквана НОС μ_B е по-малка от тази на проекта А, и който има стандартно отклонение σ_B значително по-малко от σ_A . Неговия еквивалентен фиктивен проект би имал НОС C_B , която е е

по-голяма от C_A , въпреки че очакваната му НОС μ_B е по-малка μ_A . Следователно проектът В е по-малко рисков и неговата премия за риска ($\mu_B - C_B$) е много по-малка от тази на А.

От изложеното до тук следва, че е възможно да се извърши количествен анализ за икономическата рентабилност на минните проекти в условията на несигурност интегрирано с анализа на риска, ако се познават очакваните стойности и стандартното отклонение на съответните НОС, и ако е известно отношението на ЛВР към риска посредством неговата функция на полезността.

Анализът на риска трябва да се прилага тогава, когато може да се оцени разпределението на вероятностите на различните входни променливи в използвания икономически модел с достатъчна точност.

ЛИТЕРАТУРА

- Миркович К., Математическа икономия, ч. I, Стопанство, С., 1991.
- Георгиев Ив., Основи на инвестирането, Отворено общество, С., 1995.
- Научни трудове на УНСС, т.1, Стопанство, С., 2002, 99-137.
- Bezares G., Criterios de seleccion de inversiones con riesgo. Boletin de Estudios Economicos, 1987, 42 - 131.
- Villaon M., Evaluacion de proyectos y analisis de riesgo. Fundacion Gomes-Pardo, Madridq 1979.
- Whitney & Whitney. Investment dnd Risk Analisis in Minerals Industry. Whitney & Whitney, Inc., Reno, 1979.
- Кини Р., Райфа Х. Принятия решения при многих критериях: Предпочитания и замещения, Радио и связь. Москва. 1987.

INCORPORATION OF ANALYSIS OF RISK INTO THE ECONOMIC FEASIBILITY STUDY OF MINING INVESTMENTS

Bogdana Brankova, Paulin Zlatanov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"

ABSTRACT

The measurement of risk is a key element in the economic analysis of the investment projects in mining industry. The role of the uncertainty and risk in the evaluation of mining investment projects makes its precise quantifying and its incorporation into the feasibility study as important as it is to compute a project's expected profitability. For this purpose in the article presented the method *Analysis of risk* is applied. Under this method risk is quantified through assigning of a probability distribution to the variables in the evaluation. The results from the analysis and the degree of risk aversion of the decision maker are used to make conclusions about the economic feasibility of the investment projects and about the rank ordering of alternative investment opportunities.