BERTIL NÄSLUND & TORSTEN PERSSON

1997 års ekonomipristagare: Robert C. Merton och Myron S. Scholes

Robert C. Merton och Myron S. Scholes har – tillsammans med den framlidne Fischer Black – utvecklat en banbrytande optionsvärderingsformel. Pristagarnas metod har haft mycket stor betydelse för ekonomiska värderingar på många områden. Den har också bidragit till att generera nya finansieringsinstrument och underlättat en effektivare riskhantering i samhället.

Riskhantering är mycket viktigt för att en modern marknadsekonomi skall fungera väl. Med finansmarknadernas hjälp kan företag och hushåll välja en lämplig risknivå i sin verksamhet, genom att omfördela sina risker till andra aktörer som är villiga och har möjlighet att överta dessa. Marknaderna för optioner, terminer och andra s k derivatinstument – eller, kortare, derivat – intar en speciell ställning. Aktörerna kan t ex skydda sig mot framtida risker genom terminsaffärer; terminskontrakt utlovar framtida leverans av en viss vara till ett visst pris. Ett gruvföretag kan exempelvis besluta sig för att påbörja utvinning av koppar när det förvissat sig om att den utvunna metallen i förväg kan säljas på terminsmarknaden för koppar. Risken för framtida förändringar i kopparpriset överförs sålunda från gruvans ägare till köparen av kontraktet. Optionernas speciella utformning gör att aktörerna kan skydda sig mot ensidiga risker; optionskontrakt ger en rättighet, men inte en skyldighet, att i framtiden köpa eller sälja någonting till ett i förväg fastställt pris. Ett företag som räknar med att göra en stor utbetalning i dollar för att köpa en importerad maskin kan skydda sig mot den ensidiga risken för stora förluster vid en framtida dollaruppgång genom att förvärva köpoptioner som ger rättighet att i framtiden köpa dollar till ett givet pris. För att dra full fördel av sådan riskhantering krävs det dock att dessa instrument är korrekt värderade (prissatta).

Fischer Black, Robert Merton och Myron Scholes gjorde en banbrytande insats när de utvecklade en helt ny metod för att värdera derivat. Deras innovativa arbete tidigt på 1970-talet löste inte bara ett klassiskt problem inom finansiell ekonomi. Den metod de utvecklade har också gett oss helt nya möjligheter att hantera finansiella risker, såväl i teorin som i praktiken. Metoden har bidragit avsevärt till den kraftiga expansion av derivatmarknaderna och den tillkomst av en flora nya derivatinstrument, som vi bevittnat under de två senaste årtiondena. Fischer

BERTIL NÄSLUND är professor i finansiell ekonomi vid Handelshögskolan i Stockholm. Hans pågående forskning rör främst värderingsproblem inom företagsfinansering. TORSTEN PERSSON är professor och chef vid Institutet för internationell ekonomi, Stockholms universitet. Författarna är ordförande respektive sekreterare i ekonomipriskommittén.

Black dog i augusti 1995, blott drygt 50 år gammal.

Black, Merton och Scholes insats omfattar emellertid betydligt mer än prissättningen av derivat. Även om de flesta optioner är finansiella, så kan många realekonomiska kontrakt och beslut också betraktas som optioner. Black, Merton och Scholes metod visades sig vara generell nog för att värdera flexibiliteten i fysiska investeringsprojekt samt för att värdera försäkringskontrakt och garantier. Metoden har också skapat nya forskningsområden – såväl inom som utanför finansiell ekonomi.

Artikeln börjar med en kort historik. Därefter diskuterar vi den s k Black-Scholes-formeln, den metod som pristagarna lanserade, samt den betydelse deras insatser har haft.

Optionsvärderingens historik

Försöken att värdera optioner och andra derivat går långt tillbaka i tiden. I sin doktorsavhandling vid Sorbonne år 1900 gjorde Louis Bachelier ett av de första försöken. Hans optionsformel byggde emellertid på orealistiska antaganden, bl a antog han att räntan var noll och tillät (implicit) aktiekurserna att bli negativa.

Under sextiotalet förbättrade bl a James Boness, Case Sprenkle och Paul Samuelson Bacheliers formel. De antog att värdepapperspriser är lognormalt fördelade (vilket garanterar positiva aktiekurser) och använde en positiv ränta i beräkningarna. De antog också att investerare är obenägna att ta risker och att de kräver en riskpremie utöver den riskfria räntesatsen. 1964 presenterade Boness en formel som liknade Black-Scholes-formeln, men den byggde fortfarande på en okänd räntesats, som skulle kompensera innehavaren av optionen för den risk som låg i placeringen.

De värderingsförsök som gjordes före 1973 fastställde i princip ett värdepappers förväntade värde på förfallodagen och diskonterade sedan värdet tillbaka till tidpunkten för värderingen. Ett sådant tillvägagångssätt kräver att man fastställer vilken riskpremie som skall användas vid diskonteringen, eftersom optionsvärdet kommer att bero på förändringar i värdepapperspriset från värderingsdatumet till förfallodatumet. Men att fastställa en riskpremie är inte lätt. Riskpremien skall inte endast återspegla risken för förändringar i värdepapperspriset, utan också ägarnas riskaversion. Riskaversionen kan visserligen definieras exakt i teorin, men är svår att observera i praktiken.

Black-Scholes-formeln

Årets pristagare insåg att det inte var nödvändigt att använda en riskpremie för att värdera en option, och löste därmed problemen. Detta innebär inte att riskpremien försvinner, utan att den redan inkluderats i värdepapperspriset. 1973 publicerade Fischer Black och Myron S. Scholes den berömda optionsprisformeln som nu bär deras namn (Black & Scholes [1973]). De bedrev ett nära samarbete med Robert C. Merton som – samma år – publicerade en artikel vilken också innehöll formeln plus olika vidareutvecklingar av denna (Merton [1973]).

Tanken bakom den nya metod som Black, Merton and Scholes utvecklade kan förenklat förklaras på följande sätt. Betrakta en s k europeisk köpoption som ger rätten att köpa en viss aktie till ett lösenpris av 100 kronor om tre månader (en europeisk option ger endast rätt att köpa eller sälja vid ett visst datum, medan en s k amerikansk option ger samma rätt vid vilken tidpunkt som helst fram till ett visst datum). Köpoptionens värde beror naturligtvis på aktiens värde; ju högre aktiekursen är idag, desto mer sannolikt är det att den kommer att överstiga 100 kronor om tre månader, och att det sålunda kommer att löna sig att utnyttja optionsrätten. En optionsvärderingsformel skall sålunda exakt fastställa sambandet mellan optionsvärdet och aktievärdet vid värderingstidpunkten. De förändringar i optionsvärdet som sker till följd av förändringar i aktiens värde kallas optionens ”delta”.

Antag att optionsvärdet ökar med en krona när aktiens värde går upp två kronor och går ned en krona när aktien går ned två kronor (d v s delta är lika med en halv). Antag också att en ägare av den underliggande aktien vill skydda sig mot risken för förändringar i aktiekursen. Han kan då skapa en helt riskfri portfölj genom att sälja (d v s ställa ut) dubbelt så många köpoptioner som det antal aktier han äger. Om aktiekursen inte faller alltför mycket blir nämligen förlusten på aktierna densamma som vinsten på optionerna för aktieägaren och tvärtom när aktiekursen stiger. En portfölj med denna sammansättning är riskfri och måste därmed ge samma avkastning som en riskfri tremånaders skattkammarväxel. Om så inte vore fallet, skulle en arbitragehandel börja, som skulle eliminera möjligheten att göra riskfria vinster.

Optionens delta kommer dock att ändras allteftersom priset förändras över tiden och förfallodagen närmar sig. För att bibehålla en riskfri portfölj av aktier och optioner måste aktieägaren i vårt exempel förändra portföljens sammansättning. Black, Merton och Scholes antog att den nödvändiga portföljjusteringen kan ske löpande utan transaktionskostnader (sådana introducerades senare av andra). Villkoret att avkastningen från en riskfri portfölj skall vara lika med den riskfria räntan vid varje tidpunkt, kan sammanfattas i en partiell differentialekvation, vars lösning är just Black-Scholes-formeln för köpoptioner:

$$C = SN(d) - Le^{-rt} N(d - \sigma\sqrt{t})$$

där variabeln d definieras som:

$$d = \frac{\ln = \frac{S}{L} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) t}{\sigma\sqrt{t}}$$

Enligt denna formel bestäms köpoptionens värde C av skillnaden mellan den förväntade aktiekursen – den första termen på höger sida – och den förväntade kostnaden – den andra termen – om optionsrätten utnyttjas. Optionsvärdet är högre ju högre värdet är på aktien S, ju mer volatil aktiekursen är (då volatiliteten mäts som aktieavkastningens standardavvikelse σ), ju högre den riskfria räntan r är, ju längre tid t det är till förfallodagen, ju lägre lösenpriset L är och ju högre (den riskjusterade) sannolikheten är för att optionsrätten skall utnyttjas (denna sannolikhet beräknas av den standardiserade normala fördelningsfunktionen N). Samtliga parametrar i ekvationen kan direkt observeras utom σ, som måste beräknas utifrån marknadsdata. Om priset på köpoptionen är känt kan formeln i stället användas för att beräkna marknadens estimat av σ.

Optionsprisformeln är uppkallad efter Black och Scholes eftersom de var först med att härleda den. Black och Scholes baserade ursprungligen sitt resultat på den speciella teori för aktieprissättning som betecknas Capital Asset Pricing Model (CAPM, för vilken Sharpe fick 1990 års pris). De influerades i stor utsträckning av Merton när de skrev sin artikel 1973. Black beskriver detta i en artikel (Black [1989]):

> Medan vi skrev artikeln hade vi långa diskussioner med Robert Merton som också arbetade med optionsvärdering. Merton kom med många förslag som förbättrade vår artikel. Han framhöll speciellt att om man antar fortlöpande handel med optionen och värdepapperet så kan man upprätthålla ett fullständigt riskfritt förhållande dem emellan. I den slutliga versionen av artikeln härledde vi formeln på detta sätt eftersom det verkade vara den mest generella härledningen.

Det var sålunda Merton som utformade

den viktiga generaliseringen att jämvikt på marknaden inte är en förutsättning för optionsprisvärdering; avsaknaden av möjlighet till arbitrage är tillräckligt. Den metod som beskrivs i ovanstående exempel bygger just på arbitragefrihet (och på stokastisk differentialkalkyl) och har generell tillämpning vid värdering av andra slags derivat. Mertons artikel från 1973 innehöll även Black-Scholes-formeln, men också vissa generaliseringar; han lät t ex räntesatsen vara stokastisk. Fyra år senare utvecklade han också (Merton [1977]) en mer generell metod för att härleda formeln, som bygger på att optioner kan skapas syntetiskt genom handel i den underliggande aktien och en riskfri obligation.

Vetenskaplig betydelse

Optionsprisformeln var lösningen på ett mer än sjuttio år gammalt problem. Den är givetvis en viktig vetenskaplig upptäckt i sig. Den mest betydelsefulla aspekten av Black, Merton and Scholes insats är emellertid den teoretiska och den praktiska betydelsen av deras analysmetod. Metodens vetenskapliga betydelse gäller såväl prissättning av derivat som värderingar på andra områden.

Prissättning av derivat

Den metod som här beskrivs har haft mycket stor betydelse för prissättningen av derivatinstrument. Pristagarna initierade den snabba utveckling av optionsprissättning som ägt rum under de två senaste decennierna. Samma metod har använts för att fastställa värdet på valutaoptioner, ränteoptioner, optioner på terminer, etc. Optioner på andra värdepapper än aktier ger upphov till andra formler, som ibland måste lösas numeriskt.

Flera av de ursprungliga – och restriktiva – antagandena bakom den ursprungliga härledningen av Black-Scholes-formeln har efter hand mjukats upp. I modern optionsprissättning kan räntesatsen vara stokastisk, volatiliteten i värdepapperskurserna kan variera stokastiskt över tiden, prissättningsprocessen kan inkludera plötsliga hopp, transaktionskostnaderna kan vara positiva och prissättningsprocessen kan kontrolleras (t ex då valutor tvingas att röra sig inom givna band). Samtliga dessa utvidgningar bygger på Black, Merton och Scholes analysmetod.

Finansiella kontrakt

Black, Merton and Scholes insåg redan 1973 att en aktie kan anses vara en option på ett helt företag (titeln på deras artikel från 1973 är ”The pricing of options and corporate liabilities”). Om lånen förfaller och företagets värde understiger det nominella värdet av skulderna har aktieägaren rätt, men inte skyldighet, att återbetala lånen. Pristagarnas metod kan således användas för att fastställa aktiepriser, vilket kan vara av vikt om ingen handel sker med aktierna. Eftersom andra slags skuldebrev i företaget också är derivat (vilkas värde också beror på företagets värde), kan de värderas med samma metod. Black, Merton and Scholes skapade sålunda en tillfredsställande grund för en gemensam teori för att prissätta ett företags samtliga skuldebrev.

Den finansiella kontraktsteorin genomgår för närvarande en snabb utveckling. Black-Merton-Scholes-metoden har spelat en betydande roll i de försök som på senare tid gjorts att utforma optimala finansiella kontrakt, vilka beaktar konkurslagens olika aspekter.

Utvärdering av investeringar

Flexibilitet är en avgörande faktor i valet mellan olika investeringsalternativ. Maskiner kan variera i flexibilitet då det gäller att stoppa och återuppta driften (allteftersom produktens marknadspris varierar), att utnyttja olika energikällor (allteftersom relativpriset mellan t ex olja och elektricitet varierar), etc. Black-Merton-Scholes-metoden kan i dessa fall ofta användas för att underlätta mer precisa investeringsbeslut genom att flexibilitet ger optioner som kan värderas.

Garantier och försäkringskontrakt

Många slags försäkringskontrakt och garantier kan värderas med modern optionspristeori. Antag att ett försäkringsbolag vill fastställa värdet av ett försäkringskontrakt som skyddar en obligationsinnehavare mot risken att det företag som ställer ut obligationen går i konkurs. Värdet av ett sådant försäkringskontrakt kan uppskattas genom att värdera en säljoption på obligationen med ett lösenpris lika med obligationens nominella värde. Om obligationsvärdet sjunker under lösenpriset har innehavaren rätt att sälja obligationen till detta pris – d v s, den potentiella förlusten är begränsad. I praktiken konkurrerar därför ett försäkringsbolag inte endast med andra försäkringsbolag utan också med optionsmarknaden.

Praktisk betydelse

Chicago Board Options Exchange införde handel med optioner i april 1973, en månad innan optionsprisformeln publicerades. 1975 hade handlare på optionsbörsen börjat tillämpa formeln – med hjälp av speciellt programmerade miniräknare – för att prissätta och skydda sina optionspositioner. Numera använder tusentals handlare och aktieägare formeln varje dag för att värdera optioner på marknader världen över.

En sådan snabb och utbredd tillämpning av ett teoretiskt resultat var någonting nytt inom ekonomi. Det var speciellt anmärkningsvärt eftersom den matematik som användes för att härleda formeln inte tillhörde utbildningen av dåtidens akademiskt eller praktiskt verksamma ekonomer.

Det är mycket värdefullt att kunna använda optioner och andra derivat för att hantera risker. Portföljförvaltare använder exempelvis säljoptioner för att minska risken för stora aktiekursfall. Företag använder optioner och andra derivat för att minska sina risker. Banker och andra finansinstitut använder den metod som utvecklats av Black, Merton and Scholes för att utveckla nya produkter och fastställa deras värde samt för att sälja skräddarsydda finansiella lösningar till sina kunder och samtidigt minska sina egna risker genom handel på finansmarknaderna.

Finansinstitut har anställt matematiker, ekonomer och dataexperter som gjort viktiga insatser inom den tillämpade forskningen i optionsteori. De har utvecklat databaser, nya metoder för att beräkna de parametrar som krävs för att värdera optioner och numeriska metoder för att lösa partiella differentialfunktioner.

Andra vetenskapliga insatser

Merton and Scholes har även gjort andra viktiga vetenskapliga insatser än de som tidigare beskrivits.

Merton har gjort banbrytande insatser (Merton [1969] och [1971]) för analysen av konsumtions- och investeringsbeslut i kontinuerlig tid. Han har presenterat (Merton [1973b]) en viktig generalisering av CAPM, där han utvidgade denna från en statisk till en dynamisk modell. Han har också förbättrat och generaliserat optionsprisformeln på olika sätt. Framförallt har han härlett (Merton [1976]) en formel som tillåter diskontinuerliga förändringar i värdepapperspriset.

Scholes har studerat hur aktieutdelningar påverkar aktiepriser (Black and Scholes [1974] och Miller & Scholes [1978] [1982]). Han har också gjort empiriska insatser, till exempel när det gäller beräkningen av *b*, den parameter som mäter risken för en aktie i CAPM (Scholes & Williams [1977]), och när det gäller finansiella marknaders effektivitet (Black, Jensen & Scholes [1972]).

Referenser

Black, F & Scholes, M, [1972], ”The Valuation of Option Contracts and a Test of Market Efficiency”, *Journal of Finance*, vol 27, s 399–417.

Black, F & Scholes, M, [1973], ”The Pricing of Options and Corporate Liabilities”, *Journal of Political Economy*, vol 81, s 637–654.

Black, F & Scholes, M, [1974], ”The Effects of Divident Yield and Dividend Policy on Common Stock Prices and Returns”, *Journal of Financial Economics*, vol 1, s 1–22.

Black, F, [1989], ”How We Came Up with the Option Formula”, *Journal of Portfolio Management*, vol 15, s 4–8.

Black, F, Jensen, M C & Scholes, M, [1972], ”The Capital Asset Pricing Model:

Some Empirical Tests”, i Jensen, M C (red), *Studies in the Theory of Capital Markets*, Praeger.

Merton, R C, [1969], ”Lifetime Portfolio Selection under Uncertainty: The

Continuous-Time Case”, *Review of Economics and Statistics*, vol 51, s 247–257.

Merton, R C, [1971], ”Optimum Consumption and Portfolio Rules in a Continuous Time Model”, *Journal of Economic Theory*, vol 3, s 373–413.

Merton, R C, [1973a], ”Theory of Rational Option Pricing”, *Bell Journal of Economcis and Management Science*, vol 4, s 141–183.

Merton, R C, [1973b], ”An Intertemporal Capital Asset Pricing Model”, *Econometrica*, vol 41, s 867–887.

Merton, R C, [1976], ”Option Pricing When Underlying Stock Returns Are Discontinuous”, *Journal of Financial Economics*, vol 3, 125–144.

Merton, R C, [1977], ”On the Pricing of Contingent Claims and the Modigliani-Miller Theorem”, *Journal of Financial Economics*, vol 5, s 241–249.

Miller, M H & Scholes, M, [1978], ”Dividends and Taxes”, *Journal of Financial Economics*, vol 6, 333–364.

Miller, M H & Scholes, M, [1982], ”Dividends and Taxes: Some Empirical Evidence”, *Journal of Political Economy*, vol 90, s 1118–1141.

Scholes, M & Williams, J, [1977], ”Estimating Betas from Nonsynchronous Data”, *Journal of Financial Economics*, vol 5, s 309–327.