UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

RAZLAGA NESTANOVITNOSTNE NESIMETRIČNOSTI S POMOČJO MODELA SESTAVLJENIH OPCIJ

Ljubljana, november 2006

GREGOR JENKO

IZJAVA

Študent Gregor Jenko izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Dušana Mramorja, in dovoljujem objavo diplomskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne________________ Podpis: ______________________

KAZALO

KAZALO TABEL IN SLIK

Kazalo tabel

Kazalo slik

Uvod

Organizirano trgovanje s standardiziranimi opcijami na delnice (*equity options*) se je začelo leta 1973 na Chicago board of options exchange (CBOE) v ZDA. Prav tako sta istega leta Fischer Black in Myron Scholes (1973) objavila razpravo o vrednotenju opcij in predstavila model za izračun vrednosti opcij, ki še danes velja za eno izmed najboljših povezav med ceno delnice in ceno opcije.

Black-Scholesov model je primeren za vrednotenje vseh vrst opcij, vendar pa v praksi prihaja do velikih razhajanj med teoretično ceno opcije, ki jo je mogoče izračunati na podlagi Black-Scholesovega modela, in tržno ceno opcije. To razhajanje je že vrsto let podlaga raziskav finančne strokovne javnosti.

Ena izmed glavnih predpostavk v Black-Scholesovem modelu pravi, da je nestanovitnost (*volatility*) primarnega instrumenta (*underlaying asset*), na katerega je napisana opcija, konstantna. V praksi se je izkazalo, da to ni res in da je nestanovitnost primarnega instrumenta potrebno izračunavati kot vgrajeno nestanovitnost (*implied volatility*) iz tržnih cen opcij preko Black-Scholesovega modela. Tako pri različnih izvršilnih cenah prihaja do različnih vgrajenih nestanovitnosti primarnega instrumenta, kar tvori obliko, ki je v strokovni javnosti poznana kot nestanovitnostna nesimetričnost (*volatility skew*).

Nestanovitnostna nesimetričnost je posledica tržnega vrednotenja cen opcij, kjer imajo opcije z različnimi izvršilnimi cenami, ki so izdane na isti primarni instrument in imajo enako zapadlost, v svojih cenah vgrajeno različno nestanovitnost primarnega instrumenta.

Namen diplomske naloge je predstaviti nestanovitnostno nesimetričnost in model sestavljenih opcij kot model vrednotenja opcij na delnico ter z njegovo analizo ugotoviti vpliv stopnje zadolženosti podjetja na vrednost opcije na delnico istega podjetja. Na osnovi ugotovitev bom poskusil potrditi eno izmed možnih razlag, zakaj prihaja do nestanovitnostne nesimetričnosti. Za to temo sem se odločil, ker je za trgovanje z opcijami potrebno podrobno poznati nestanovitnostno nesimetričnost in možne razloge, zakaj prihaja do le-te.

Diplomska naloga je razdeljena na 4 poglavja. V prvem poglavju predstavljam delniške opcije, njihove lastnosti in dva možna načina vrednotenja opcij. V drugem sledi predstavitev nestanovitnostne nesimetričnosti in več možnih razlag za njen obstoj. V tretjem poglavju predstavljam model sestavljenih opcij. V zadnjem poglavju pa je analiza vgrajenih nestanovitnosti delnice, izpeljanih iz cen opcij, izračunanih s pomočjo modela sestavljenih opcij

1 Opcije, Black-Scholesov model in binomski model

V prvem poglavju diplomskega dela podajam definicijo opcije in predstavljam osnovne pojme, ki so povezani z opcijami. Na tem mestu predstavljam in opišem tudi glavne dejavnike, ki neposredno vplivajo na ceno opcije, hkrati pa predstavim tudi dva najbolj uporabljana modela za vrednotenje opcij, to sta Black-Scholesov model in binomski model.

1.1 Definicija in osnovni elementi opcije

Opcija je izvedena finančna oblika, kar pomeni, da je njena vrednost odvisna od vrednosti primarnega instrumenta, na katerega je napisana oziroma izdana.

Opcija je finančni instrument, ki daje njenemu lastniku pravico, ne pa tudi dolžnosti, kupiti ali prodati primarni instrument na določen datum v prihodnosti ali v določenem prihodnjem obdobju po ceni, določeni v opciji (Mramor, 1993, str. 131).

V vsaki opciji mora biti določeno najmanj naslednje (Hull, 2000, str. 6):

1. Opcija se mora nanašati na točno določen primarni instrument.
2. V opciji mora biti določeno, ali daje opcija nakupno ali prodajno pravico.
3. V opciji mora biti točno določena izvršilna cena.
4. Vsaka opcija mora imeti določeno obdobje oziroma datum izvršitve (to je odvisno od tega, za kateri tip opcije gre: ameriškega ali evropskega).
5. Vsaka opcija ima svojo ceno, ki jo v finančnem žargonu imenujemo premija.

Opcija ni primarni finančni instrument, temveč izvedena finančna oblika, kar pomeni, da je izvedena iz primarnega instrumenta. To je tudi razlog, zakaj mora biti v vsaki opciji določeno, na kateri primarni instrument se le-ta nanaša. Opcije so lahko izdane na različne primarne instrumente, in sicer: na posamezne delnice, delniške indekse, blago (surovine), obrestne mere, tuje valute in podobno.

Zaradi same narave opcije mora biti točno določeno, kakšno pravico nam daje v odnosu na primarni instrument, na katerega je izdana. Opcija lahko daje njenemu lastniku pravico do nakupa ali pa do prodaje primarnega instrumenta. Nakupna opcija (*Call option*) daje njenemu lastniku pravico do nakupa primarnega instrumenta, prodajna opcija (*Put option*) pa mu daje pravico do prodaje primarnega instrumenta.

Izvršilna cena (*exercise price* ali *strike price*) je cena, ki je določena v opciji in nam pove, po kakšni ceni se bo izvršitev opcije izvedla (bodisi nakup bodisi prodaja primarnega instrumenta).

Poznani sta ameriška in evropska opcija. Kadar je dano časovno obdobje, v katerem se lahko opcija izvrši, govorimo o ameriški opciji, kadar pa je določen datum, na katerega se opcija lahko izvrši, govorimo o evropski opciji. Obdobje oziroma datum izvršitve sta v vsaki opciji določena, saj je vsaka opcija vedno časovno omejena.

Opcijska pravica ima še svojo ceno, ki jo lahko imenujemo tudi premija. Ker opcija ni samostojen vrednostni papir, temveč je vezana na primarni instrument, je tudi vrednost opcije tesno povezana z vrednostjo primarnega instrumenta (Hull, 2000, str. 6). Na vrednost opcije vpliva več dejavnikov, ki jih bom podrobneje razložil v nadaljevanju diplomskega dela.

Opcije lahko glede na višino izvršilne cene, ki je določena v opciji, in trenutne tržne cene primarnega instrumenta, na katerega je opcija izdana, razvrstimo na opcije, ki se splačajo (*in the money option*), opcije, ki se ne splačajo (*out of the money option*), in na opcije, ki so na meji (*at the money option*) (Veselinovič, 1996, str. 46).

Tabela 1: Razvrstitev nakupne in prodajne opcije glede na višino izvršilne cene in trenutne tržne cene delnice

	Nakupna opcija (Call)	Prodajna opcija (Put)
Izvršilna cena opcije je višja od trenutne tržne cene delnice	Opcija, ki se ne splača	Opcija, ki se splača
Izvršilna cena opcije je enaka trenutni tržni ceni delnice	Opcija na meji	Opcija na meji
Izvršilna cena opcije je nižja od trenutne tržne cene delnice	Opcija, ki se splača	Opcija, ki se ne splača

Vir: Perridon, Steiner, 2004, str. 332.

1.2 Notranja in časovna vrednost opcije

Za potrebe razlage vrednosti opcije se bom v nadaljevanju omejil na nakupno delniško opcijo, s katero se v praksi veliko več trguje.

Celotna vrednost opcije je sestavljena iz notranje vrednosti (*intrinsic value*) in časovne vrednosti (*time value*). Notranja vrednost nakupne opcije se izračuna tako, da se od tržne vrednosti primarnega instrumenta, na katerega je nakupna opcija izdana, odšteje izvršilno ceno, določeno v opciji. V primeru, da je razlika pozitivna, je notranja vrednost opcije enaka razliki, če pa je razlika negativna, je notranja vrednost opcije enaka 0. Notranja vrednost opcije tako nikoli ne more biti negativna (Ritchken, 1987, str. 18).

Iz tega sledi, da je notranja vrednost opcij, ki se splačajo, pozitivna. Notranja vrednost opcij, ki se ne splačajo, pa je enaka 0. Na dan izvršitve opcije je celotna vrednost opcije enaka njeni notranji vrednosti.

$C\ (S_T, 0, X) = \text{Max}\ (S_T - X, 0)$

Kjer je:
C = celotna vrednost opcije,
S_T = cena delnice na dan izvršitve opcije,
X = izvršilna cena, ki je določena v opciji.

Razliko med celotno in notranjo vrednostjo opcije imenujemo časovna premija oziroma časovna vrednost opcije. Opcija, ki ima daljši rok do zapadlosti, ima vse lastnosti opcije, ki ima krajši rok do zapadlosti. Vrednost nakupnih opcij z enakimi izvršilnimi cenami z daljšanjem roka zapadlosti narašča.

Spodnja enačba prikazuje zgoraj opisani odnos med vrednostjo dveh nakupnih opcij, ki imata enake lastnosti in se razlikujeta samo po času zapadlosti. Tako lahko vidimo iz enačbe, da je vrednost nakupne opcije z daljšim rokom do zapadlosti višja od vrednosti nakupne opcije s krajšim rokom do zapadlosti.

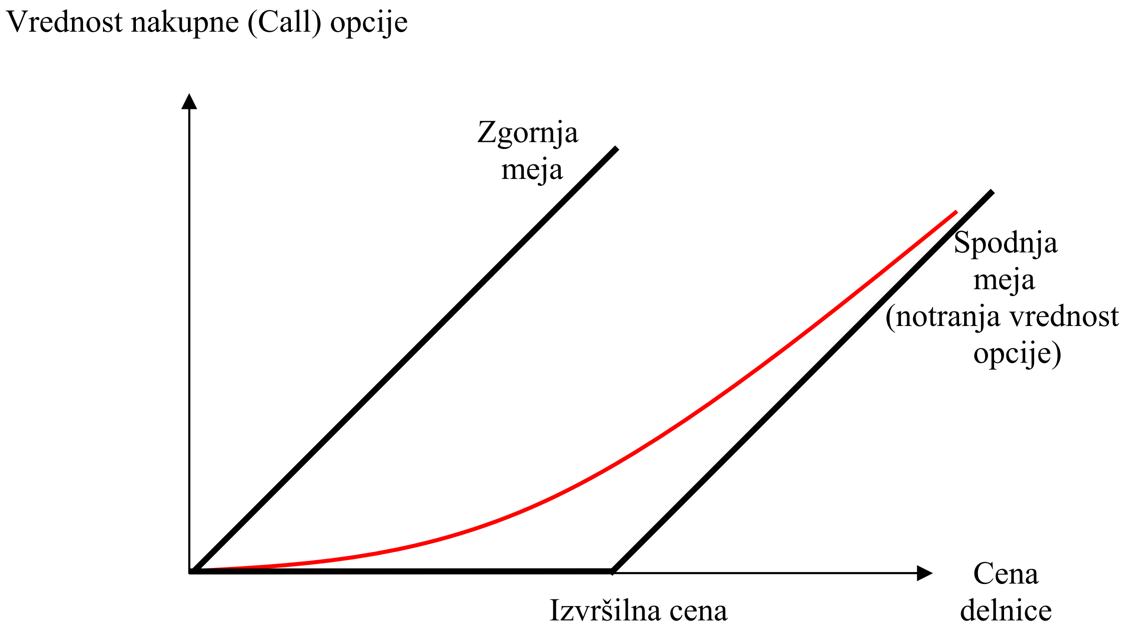
$C\ (S_0, T_1, X) \leq C\ (S_0, T_2, X)$, ko je $T_1 \leq T_2$

Kjer je:

C = celotna vrednost opcije,
S_0 = cena delnice na dan primerjave vrednosti opcij,
X = izvršilna cena, ki je določena v opciji,
T = čas do zapadlosti opcije.

(Ritchken, 1987, str. 18)

Slika 1: Grafična ponazoritev vrednosti nakupne opcije ter njene spodnje in zgornje meje vrednosti



Vir: Brealey, Myers, 2003, str. 577.

Zgornja slika prikazuje vrednost nakupne opcije (rdeča črta) pred njenim izvršilnim datumom. Iz slike je razvidna velika odvisnost vrednosti opcije od vrednosti delnice. Zaradi časovne vrednosti opcije ima opcija, ki dospe v treh mesecih, višjo vrednost, kot jenjena notranja vrednost. Na grafu sta z odebeljeno črno črto označeni zgornja in spodnja meja vrednosti opcije. Leva odebeljena črta predstavlja zgornjo mejo vrednosti opcije in ponazarja, da vrednost opcije nikoli ne more biti večja od vrednosti delnice. Spodnja in desna odebeljena črta predstavljata spodnjo mejo vrednosti opcije in vrednost izvršitve opcije, če bi le-ta dospela v izvršitev takoj. Spodnja meja vrednosti opcije je hkrati tudi njena notranja vrednost (Brealey, Myers, 2003, str. 577).

1.3 Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na vrednost opcije

Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na ceno opcije in s tem tudi na časovno vrednost opcije pri opcijah na delnice, so naslednji (Perridon, Steiner, 2004, str. 333):

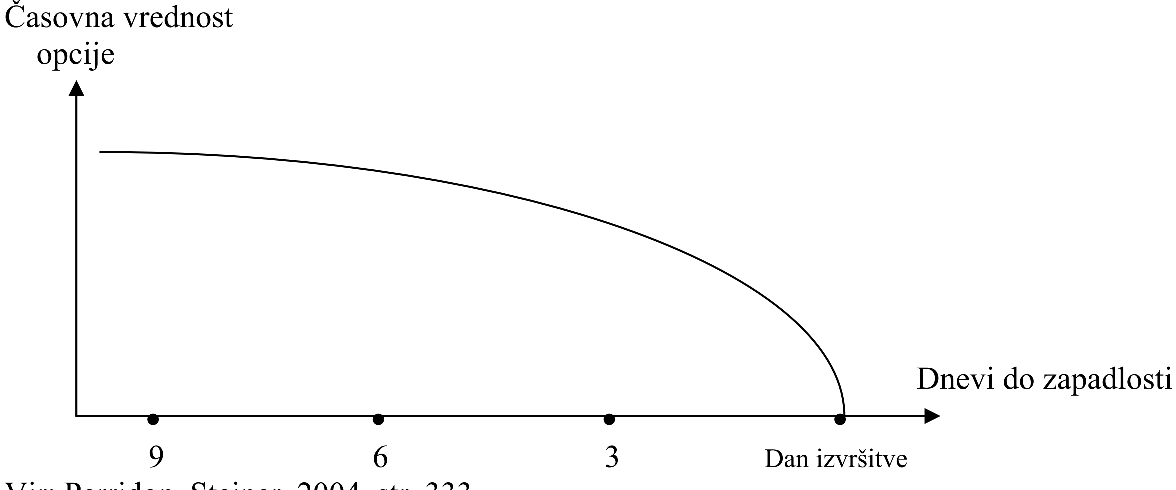
1. Izvršilna cena opcije.
2. Trenutna tržna vrednost delnice.
3. Nestanovitnost cene delnice.
4. Čas do zapadlosti opcije (*expiration time*).
5. Netvegana obrestna mera (*Risk-free interest rate*).
6. Dividendna izplačila.

Izvršilna cena opcije in trenutna tržna cena delnice opredeljujeta zgornjo in spodnjo mejo vrednosti opcije, hkrati pa določata tudi njeno notranjo vrednost. Višja kot je tržna vrednost delnice, višja je tudi vrednost nakupne opcije in manjša je vrednost prodajne opcije. Višja kot je izvršilna cena opcije, nižja je vrednost nakupne opcije in višja je vrednost prodajne opcije (Bodie, Kane, Marcus, 2001, str. 653).

Nestanovitnost cene delnice je mera razpršitve njenih možnih prihodnjih vrednosti v določenem časovnem obdobju. Največkrat se meri s standardnim odklonom (δ) ali pa z varianco (δ^2) in se jo uporablja kot mero tveganja prihodnjega gibanja cene delnice za določeno časovno obdobje. Delnica z višjo nestanovitnostjo ima večji razpon možnih prihodnjih vrednosti, in sicer tako pozitivnih kot tudi negativnih. V nasprotnem primeru bi bila delnica brez nestanovitnosti popolnoma netvegana, saj bi bile prihodnje vrednosti zanesljive. Z zvišanjem nestanovitnosti delnice se zviša tudi vrednost nakupne opcije, saj v primeru, da se cena delnice zelo poveča, dobiček lastnika nakupne opcije ni omejen. V primeru, da pride do padca cene delnice, lastnik svoje opcije ne bo izvršil. Njegova izguba je tako omejena in je enaka višini plačane premije za nakup opcije. Tudi vrednost prodajne opcije se s povišanjem volatilnosti delnice poveča, saj je enako kot pri nakupni opciji izguba lastnika opcije omejena (Jabbour, Budwick, 2004, str. 32).

Daljši kot je čas do zapadlosti opcije v izvršitev, višja je časovna vrednost opcije in posledično višja je tudi vrednost opcije. Verjetnost, da bo lastnik opcijo izvršil, je pri daljšem času do zapadlosti opcije veliko večja kot pri krajšem času, saj v daljšem času obstaja večja verjetnost, da bo prišlo do spremembe vrednosti delnice. Stopnja, s katero opcija izgublja svojo časovno vrednost, ni linearna, temveč je enaka kvadratnemu korenu časa, ki je ostal do zapadlosti opcije v izvršitev (Jabbour, Budwick, 2004, str. 34).

Slika 2: Grafična ponazoritev odvisnosti časovne vrednosti opcije od preostalega časa do zapadlosti opcije



Vir: Perridon, Steiner, 2004, str. 333.

Dvig obrestne mere ima dva učinka:

1. učinek na delnico in
2. učinek na opcijo.

Z dvigom obrestne mere se prihodnja pričakovanja o rasti delniških tečajev povečajo, kar predstavlja pozitiven učinek na vrednost nakupne opcije in negativnega na vrednost prodajne opcije. Hkrati pa ima dvig obrestne mere tudi neposreden negativen učinek na vrednost tako nakupne kot tudi prodajne opcije, saj je z dvigom obrestne mere potrebno možne prihodnje denarne tokove iz opcije diskontirati z višjim diskontnim faktorjem, kar pa pomeni nižjo sedanjo vrednost opcije. Vrednost prodajne opcije se z dvigom obrestne mere zmanjša zaradi obeh učinkov. Vrednost nakupne opcije pa se z dvigom obrestne mere poveča, ker pozitiven učinek vedno prevlada nad negativnim (McMillan, 2004, str. 36).

Izplačilo dividende ob ostalih nespremenjenih pogojih praviloma zmanjša vrednost delnice, kar negativno vpliva na vrednost nakupne in pozitivno na vrednost prodajne opcije. Najpomembnejši je torej vpliv spremembe razmerja med izplačano dividendo in vrednostjo delnice pred in po izplačilu dividende, saj ta poleg ostalih posrednih dejavnikov najbolj vpliva na spremembo vrednosti delnice in s tem posledično tudi na vrednost opcije (Veselinovič, 1996, str. 54).

Predstavil sem šest najpomembnejših dejavnikov in opisal vpliv njihovih sprememb na spremembo vrednosti opcije. Obstajajo še drugi dejavniki, ki preko cene delnice posredno vplivajo na spremembo vrednosti opcije, vendar je njihov vpliv manj pomemben.[1]

1.4 Black-Scholesov model

Fischer Black in Myron Scholes sta leta 1973 objavila razpravo o vrednotenju opcij, v kateri sta med drugim objavila tudi matematično formulo, s pomočjo katere je možno izračunati vrednost evropskih opcij.

Največja revolucionarnost njune razprave je poleg izpeljave matematične formule in predpostavke o možnem popolnem nevtraliziranju tveganja v tem, da z opcijami vzpostavita odnose oziroma razmerja z drugimi osnovnimi in predvsem izvedenimi instrumenti. S tem sta postavila temelj za vrednotenje vseh vrst opcij. Opcije tako lahko ovrednotimo na podlagi modela, ki se po njegovih avtorjih običajno imenuje – Black-Scholesov model (Black, Scholes, 1973).

[1] Ostali dejavniki, ki vplivajo na vrednost opcije, so še: pričakovana rast cene osnovnega instrumenta, dodatne lastnosti cenovnih gibanj osnovnega instrumenta, odnos investitorjev do tveganja, davčna zakonodaja, lastnosti drugih razpoložljivih osnovnih instrumentov, transakcijskih stroškov, predpisov o obveznih maržah pri poslovanju z osnovnimi in tudi izvedenimi instrumenti ter struktura trga.

1.4.1 Predpostavke modela

Osnovni Black-Scholesov model je zasnovan na podlagi naslednjih predpostavk (Veselinovič, 1996, str. 115):

1. Kratkoročna obrestna mera je znana in konstantna ter netvegana.
2. Obnašanje tržne cene osnovnega instrumenta ustreza lognormalni porazdelitvi verjetnosti, medtem ko pričakovana stopnja donosa osnovnega instrumenta ustreza normalni porazdelitvi verjetnosti.
3. Varianca donosa osnovnega instrumenta je konstantna.
4. Če je osnovni instrument lastniški (delnica), ni v opcijskem času nobenih izplačil dividend in drugih morebitnih ugodnosti.
5. Opcija je lahko unovčena samo ob svoji zapadlosti, kar pomeni, da formula velja za evropsko različico opcije. Ameriška različica omogoča njenemu imetniku, da jo lahko unovči kadar koli do roka končne zapadlosti, zato so premije za slednjo višje.
6. Pri nakupih in prodajah osnovnega instrumenta in opcij na osnovni instument ni nikakršnih transakcijskih stroškov, provizij, davkov.
7. Davčne dajatve, če obstajajo, so enake za vse transakcije in tržne udeležence.
8. Investitorji si lahko izposodijo denar ali ga posodijo po isti netvegani, konstantni obrestni meri.
9. Ni arbitražnih priložnosti.
10. Nestanovitnost osnovnega instrumenta je konstantna.

Številni avtorji so kasneje zgoraj omenjenim predpostavkam dodali še druge[2].

1.4.2 Black-Scholesova formula

Izpeljava Black-Scholesove formule je matematično zelo kompleksna in presega okvir diplomskega dela. Prikažem le Black-Scholesovo formulo za določanje premije evropske nakupne opcije na delnico, ki ne izplačuje dividend (Black, Scholes, 1973, str. 641).

$$C = S_0 N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2),$$

pri čemer je:

$$d_1 = \frac{\ln\left(S_0 / X\right) + \left(r + \delta^2 / 2\right) T}{\delta \sqrt{T}}$$

[2] Hull (2000) je dodal še dve predpostavki, in sicer, da je trgovanje z osnovnim instrumentom kontinuirano ter da je prodajanje na kratko dovoljeno. Pravi tudi, da je Black-Scholesov model še vedno natančen, če sta donosnost in nestanovitnost osnovnega instrumenta ne samo konstantni, ampak vsaj znani funkciji izvršilne cene in časa.

$$d_2 = \frac{\ln\left(S_0 / X\right) + \left(r - \delta^2 / 2\right) T}{\delta \sqrt{T}}$$

kjer je:

S_0 = tržna cena opcije v času 0,
X = izvršilna cena opcije,
r = netvegana obrestna mera,
δ = nestanovitnost cene primarnega instrumenta,
T = čas do zapadlosti opcije,
N(d) = standardizirana normalna porazdelitev.

Vir: Black, Scholes, 1973, str. 642–643.

Black-Scholesov model ima veliko pomanjkljivosti, ki so jih nekateri drugi avtorji odpravili ali vsaj omilili.

1.4.3 Popravki in izboljšave modela

Kot sem omenil, je bil osnovni Black-Scholesov model razvit za evropsko opcijo na delnico, ki ne izplačuje dividend. Prav zato sta nujna vsaj dva popravka osnovne Black-Scholesove formule, in sicer izplačila dividend in možnost predčasne izvršitve opcije.

V primeru, ko delnica ne izplačuje dividend, je vrednost ameriške nakupne opcije enaka vrednosti evropske nakupne opcije in jo prav tako lahko vrednotimo z osnovnim Black-Scholesovim modelom. Vendar pa je predpostavka o neizplačevanju vsakršnih dividend nerealna in je zato potrebno osnovni Black-Scholesov model nadgraditi.

1.4.3.1 Evropske opcije in dividende

Kadar delnica, na katero je napisana opcija, izplačuje dividende, pride v trenutku izplačila do padca cene delnice za znesek, ki je zaradi davčnih razlogov nekoliko manjši od zneska izplačane dividende. To pomeni, da je potrebno vse dividende, ki jih izplača določena delnica v času do zapadlosti opcije, diskontirati z netvegano obrestno mero in potem dobljeno vrednost dividend odšteti od tekoče cene delnice. Za sedanjo vrednost dividend uporabimo potem prilagojeno vrednost delnice v osnovnem Black-Scholesovem modelu, s katerim lahko izračunamo sedanjo vrednost opcije, prilagojeno za vrednost dividend (Merton, 1973, str. 141–183).

1.4.3.2 Ameriške opcije in dividende

Vrednost ameriških opcij je zaradi možne predčasne izvršitve odvisna tako od nihanja delnice v času do d. e. opcije v izvršitev kot od dni izplačila dividend.

V trenutku po izplačilu dividende cena delnice pade za vrednost izplačane dividende, kar posledično pomeni tudi padec vrednosti ameriške nakupne opcije. A za razliko od evropske nakupne opcije imajo lastniki ameriške nakupne opcije pravico do predčasne izvršitve opcije pred izplačilom dividende, s čimer se zavarujejo pred padcem cene nakupne opcije zaradi padca vrednosti delnice po izplačani dividendi. Black (1975) je izpeljal postopek za vrednotenje ameriške nakupne opcije, ki upošteva izplačilo dividend in možno predčasno izvršitev opcije:

V primeru, ko pogoj:

$$D_i \leq X \times \left(1 - e^{-r(t_{i+1} - t_i)}\right)$$

ni izpolnjen, ni optimalno izvršiti opcije v času t_i,
kjer je:

i = indeks dividende,
D_i = dividenda z indeksom i,
X = izvršilna cena opcije,
t_i = čas tik pred izplačilom i-te dividende.

Vir: Black, 1975, str. 37.

V primeru, ko je pogoj izpolnjen, je potrebno izračunati vrednost evropske nakupne opcije in njeno vrednost primerjati z vrednostjo evropske nakupne opcije ob njeni zapadlosti. Vrednost ameriške nakupne opcije je enaka višji izmed obeh vrednosti primerjanih evropskih nakupnih opcij (Black, 1975, str. 36–41).

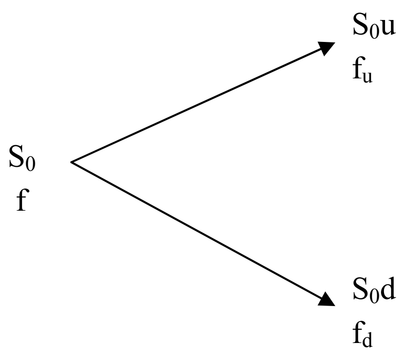
1.5 Binomski model

Drugi model za vrednotenje opcij je binomski model. Prvič ga je leta 1978 omenil William Sharpe, dokončno pa se je uveljavil leta 1979, ko so ga dopolnili John Cox, Stephen Ross in Mark Rubinstein (1979)[3].

[3] O razvoju binomskega modela si lahko bralec več prebere v Florescu in Viens (2005).

Osnova binomskega modela za razliko od Black-Scholesovega modela predpostavlja, da je čas diskretna spremenljivka ter da se cena primarnega instrumenta spreminja naključno. Binomski model predpostavlja, da je v začetni točki vrednost primarnega instrumenta enaka S_0, vrednost opcije (oziroma katerega koli drugega izvedenega finančnega instrumenta, katerega vrednost je odvisna od primarnega instrumenta) pa f. V času do zapadlosti opcije se lahko vrednost primarnega instrumenta bodisi poveča z vrednosti S_0 na novo vrednost S_0u bodisi pade z vrednosti S_0 na novo vrednost S_0d. Tako je razvidno, da se v primeru porasta vrednost primarnega instrumenta poveča za 1 + u, v primeru padca vrednosti primarnega instrumenta pa se vrednost primarnega instrumenta zmanjša za 1 – d. Tako lahko ugotovimo, da je parameter u večji od 1, parameter d pa manjši od 1. Proporcionalni dvig cene primarnega instrumenta znaša u – 1; proporcionalni padec cene primarnega instrumenta pa znaša 1 – d. Kadar se vrednost primarnega instrumenta dvigne na S_0u, se predpostavlja, da bi vrednost opcije znašala f_u; kadar pa vrednost primarnega instrumenta pade na S_0d, se predpostavlja, da bi vrednost opcije znašala f_d. Verjetnost, da bo v naslednjem časovnem trenutku prišlo do dviga cene primarnega instrumenta, označimo s p. Torej je verjetnost, da bo prišlo do padca cene primarnega instrumenta 1 – p (Cox, Ross, Rubinstein, 1979, str. 229–263).

Slika 3: Grafični prikaz vrednosti primarnega instrumenta in opcije v enostavnem enostopenjskem binomskem drevesu



Vir: Cox, Ross, Rubinstein, 1979, str. 229–263.

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d}$$

pri čemer:

$$u = e^{\delta\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\delta\sqrt{\Delta t}}$$

Kjer je:

p = verjetnost, da bo v naslednjem časovnem trenutku prišlo do dviga cene primarnega instrumenta,
r = netvegana obrestna mera,
T = čas do zapadlosti opcije,
u = faktor, ki pove, za koliko se poveča vrednost primarnega instrumenta v naslednjem časovnem trenutku,
d = faktor, ki pove, za koliko se zmanjša vrednost primarnega instrumenta v naslednjem časovnem trenutku.

Binomski model predpostavlja nevtralnost tveganja, kar pomeni, da je mogoče premoženje popolnoma zavarovati, s tem pa postane netvegano. V tem primeru so investitorji nevtralni do tveganja, donosnost premoženja pa je enaka netvegani obrestni meri (Cox, Ross, Rubinstein, 1979, str. 229–263).

V tem poglavju sem predstavil opcije, glavne dejavnike, ki vplivajo na ceno opcije, ter oba najbolj uporabljana modela za vrednotenje opcij. Po krajšem uvodu v osnovne pojme, povezane z opcijami, bom v naslednjem poglavju predstavil vgrajeno nestanovitnost delnice, načine izračunavanja le-te ter nato predstavil nestanovitnostno nesimetričnost, ki bo poleg modela sestavljenih opcij, ki ga predstavljam v tretjem poglavju, služila kot glavna podlaga za mojo analizo, ki jo predstavljam v četrtem poglavju.

2 Nestanovitnostna nesimetričnost

2.1 Nestanovitnost delnice

Za izračun teoretične vrednosti opcije s pomočjo Black-Scholesovega modela je potrebno poznati šest determinant, in sicer: izvršilno ceno opcije, trenutno tržno vrednost primarnega instrumenta (v našem primeru delnice), nestanovitnost cene delnice, čas do zapadlosti opcije, višino netvegane obrestne mere in višino dividendnih izplačil. Medtem ko so vse ostale determinante neposredno izražene, je določitev točne prihodnje nestanovitnosti delnice praktično nemogoča. Black-Scholesov model pri izračunu teoretične vrednosti opcije predvideva konstantno nestanovitnost delnice, izračunano na podlagi predhodnega nihanja cene delnice. Alternativni pristop k ugotavljanju nestanovitnosti delnice pa vključuje vgrajeno nestanovitnost (Hull, 2000, str. 255).

2.2 Vgrajena nestanovitnost delnice

Z veliko opcijami se vsakodnevno organizirano trguje in so tako ovrednotene na trgu. Cena opcije, ki se oblikuje na trgu, se imenuje tržna cena. Kadar koli pa je tržna cena opcije poznana, je možno iz nje, na podlagi ostalih poznanih determinant, preko Black-Scholesovega modela izračunati vgrajeno nestanovitnost delnice. Izkaže se, da imajo opcije z različnimi izvršilnimi cenami in različnim časom do zapadlosti različne vgrajene nestanovitnosti. Iz tega izhaja, da delnica ali delniški indeks nimata ene same vgrajene nestanovitnosti, temveč jih imata več − za vsako opcijo eno. Ta predpostavka je v popolnem nasprotju s predpostavko Black-Scholesovega modela o konstantni nestanovitnosti delnice. To je tudi razlog, zakaj prihaja do odmikov med teoretičnimi cenami opcij, izračunanimi na podlagi Black-Scholesovega modela, ter med tržnimi cenami opcij (Chriss, 1996, str. 327).

2.3 Izračunavanje vgrajene nestanovitnosti

Za izračunavanje vgrajene nestanovitnosti ne obstaja splošna formula. Torej, če je poznana vrednost opcije C na delnico S, je algebraično nemogoče iz vrednosti opcije C izračunati vgrajeno nestanovitnost delnice S. Da bi razumeli, zakaj ne obstaja splošna formula za izračunavanje vgrajene nestanovitnosti delnice, si moramo še enkrat pogledati Black-Scholesovo formulo:

$$C(S_t, K, T - t, \delta, r) = N(d_1)\, S_t - N(d_1) K e^{-r(T-t)}$$

kjer je:

N(*)	=	kumulativna standardizirana normalna porazdelitev.
S_t	=	trenutna cena delnice,
K	=	izvršilna cena opcije,
T-t	=	čas do zapadlosti opcije,
δ	=	nestanovitnost delnice.

Formula povezuje determinante S_t, K, T – t, δ in r v Black-Scholesovo ceno opcije. Če je cena opcije že poznana in želimo izračunati, katera vrednost nestanovitnosti delnice ustreza tej ceni, je potrebno funkcijo $C(S_t, K, (T - t), \delta, r)$ rešiti za vgrajeno nestanovitnost. Potrebno je torej poiskati funkcijo $\delta(C, S_t, K, (T - t), r)$, ki povezuje ceno opcije in ostale determinante z vgrajeno nestanovitnostjo. Komponente Black-Scholesove formule so zelo zapletene, predvsem funkcija kumulativne standardizirane normalne porazdelitve N(*). Tako zahtevne enačbe je navadno zelo težko algebraično rešiti, zato je največkrat potrebno uporabiti numerične metode, ki omogočajo izračunavanje vgrajene nestanovitnosti preko Black-Scholesove formule. V nadaljevanju bom predstavil dve metodi, s pomočjo katerih je možno preko Black-Scholesove formule izpeljati vgrajeno nestanovitnost (Chriss, 1996, str. 329–330).

2.3.1 Metoda razpolovitve (The Method of Bisection)

Metoda razpolovitve je splošna metoda za reševanje enačb, ki jih je navadno algebraično zelo težko rešiti. To je numerična metoda, pri kateri je s pomočjo poskusov mogoče priti do končnega rezultata.

Za uporabo te metode morajo biti poznane naslednje determinante: C, S_t, K, (T – t), r. Poleg tega je trenutna tržna cena opcije C enaka C_t. Najprej je potrebno naključno izbrati vgrajeno nestanovitnost in nato na podlagi naključno izbrane vgrajene nestanovitnosti ter ostalih poznanih determinant izračunati vrednost opcije z Black-Scholesovo formulo. Tako dobljena vrednost opcije je prvi poskus. Izračunano vrednost opcije je potrebno primerjati z vrednostjo opcije, ki se je oblikovala na trgu. Obstaja velika verjetnost, da prva naključno izbrana nestanovitnost ne bo pravilna in da bosta tržna in Black-Scholesova vrednost opcije različni. Zato je potrebno poskusiti z drugo naključno izbrano vgrajeno nestanovitnostjo. Če je tržna cena opcije višja od cene opcije, izračunane na podlagi prve naključno izbrane vgrajene nestanovitnosti, mora biti naslednja naključno izbrana vgrajena nestanovitnost višja od prve, v nasprotnem primeru pa nižja. Z vsako nadaljnjo izbrano vgrajeno nestanovitnostjo se vedno bolj približujemo pravi vgrajeni nestanovitnosti, ki izenači vrednost opcije na trgu z njeno Black-Scholesovo vrednostjo (Chriss, 1996, str. 329–330).

Metoda razpolovitve je vsebinsko gledano prava in zanesljiva metoda izračunavanja vgrajene nestanovitnosti, a ima eno veliko slabost in ta je, da je zamudna. Največkrat je pri tej metodi potrebno s številnimi naključno izbranimi vgrajenimi nestanovitnostmi iteracijski postopek izračunavanja Black-Scholesove vrednosti opcije ponavljati v nedogled, kar predstavlja zelo zamudno opravilo. Zato večina za izračunavanje vgrajene nestanovitnosti uporablja postopek, bolj poznan kot Newton-Raphsonova metoda (Chriss, 1996, str. 330–331).

2.3.2 Newton-Raphsonova metoda

Isaac Newton (1671) je prvi razvil grobo metodo reševanja numeričnih enačb, ki pa se v marsičem razlikuje od današnje Newton-Raphsonove metode. Joseph Raphson (1690) je metodo nadgradil in tako razširil možnosti njene uporabe tudi na druga področja. Za tem je Thomas Simpson (1740) metodo opisal kot iterativno in jo nadgradil. Kasneje je prišlo do še nekaterih popravkov in nadgradenj, ki pa niso bistveno vplivali na zasnovo, kakršno sta postavila Isaac Newton in Joseph Raphson (Tjalling, 1995, str. 531–551).

Tako kot pri metodi razpolovitve je tudi pri Newton-Raphsonovi[4] metodi najprej potrebno naključno izbrati vgrajeno nestanovitnost (δ_1). Za tem je potrebno na njeni podlagi izračunati Black-Scholesovo vrednost opcije in vego (λ) te opcije. Vego opcije izračunamo tako, kot je prikazano v spodnji formuli. S pomočjo teh izračunanih vrednosti in spodnje enačbe lahko izračunamo drugo izbrano vgrajeno nestanovitnost (δ_2), ki je veliko bližje pravi vgrajeni nestanovitnosti, kot je bila prva naključno izbrana vgrajena nestanovitnost (Kelley, 2003, str. 7–9).

$$\lambda(\delta_1) = \frac{C(\delta_1) - C}{\delta_1 - \delta_2}$$

Kjer je:

$\lambda(\delta_1)$	=	vega opcije pri prvi naključno izbrani vgrajeni nestanovitnosti,
$C(\delta_1)$	=	Black-Scholesova vrednost opcije pri prvi naključno izbrani vgrajeni nestanovitnosti,
C	=	tržna cena opcije,
δ_1	=	prva naključno izbrana vgrajena nestanovitnost,
δ_2	=	druga izbrana vgrajena nestanovitnost.

Leva stran enačbe predstavlja vego opcije. Desna stran enačbe predstavlja naklon. Pri tem je naklon definiran kot sprememba na ordinatni osi ($C(\delta_1) - C$), deljena s spremembo na abscisni osi ($\delta_1 - \delta_2$). Enačbo je potrebno preurediti, saj je edina neznanka v enačbi δ_2.

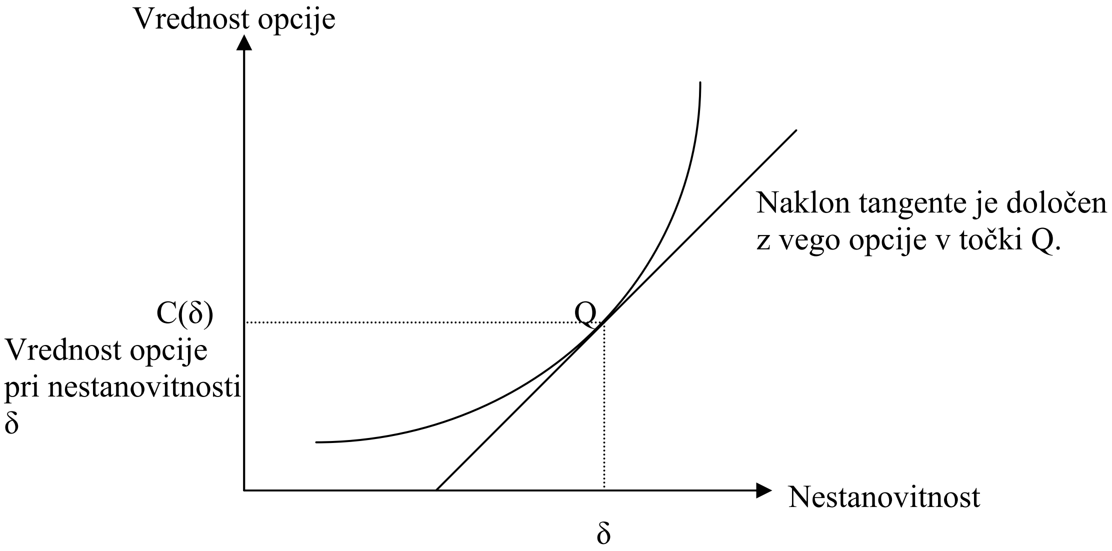
$$\delta_2 = \delta_1 - \frac{C(\delta_1) - C}{V(\delta_1)}$$

Drugo izbrano vgrajeno nestanovitnost dobimo torej tako, da od prve naključno izbrane vgrajene nestanovitnosti odštejemo razliko med Black-Scholesovo vrednostjo opcije in tržno ceno opcije, deljeno z vego opcije, izračunane na podlagi prve naključno izbrane nestanovitnosti. Na podlagi druge izbrane vgrajene nestanovitnosti se potem izračuna Black-Scholesova vrednost opcije, ki je veliko bližje tržni ceni opcije, kot je bila Black-Scholesova vrednost opcije, izračunana na podlagi prve naključno izbrane vgrajene nestanovitnosti. Tako je tudi druga izbrana vgrajena nestanovitnost veliko bližje pravi vgrajeni nestanovitnosti, kot je bila prva naključno izbrana vgrajena nestanovitnost. Postopek ponavljamo, dokler na koncu izračunana Black-Scholesova vrednost opcije ni enaka tržni ceni opcije, kar pomeni, da je tudi izbrana vgrajena nestanovitnost enaka pravi vgrajeni nestanovitnosti (Kelley, 2003, str. 2–5).

[4] Bralec si lahko več o Newton-Raphsonovi metodi prebere v Kelley, 2003.

V spodnjem grafu je prikazan odnos med nestanovitnostjo in Black-Scholesovo vrednostjo opcije. Abscisna os predstavlja nestanovitnost, medtem ko ordinatna os predstavlja Black-Scholesovo vrednost evropske nakupne opcije z določenim časom zapadlosti opcije ter določeno izvršilno ceno. Graf prikazuje spremembo vrednosti opcije z upoštevanjem spremembe nestanovitnosti.

Slika 4: Grafična ponazoritev spremembe vrednosti opcije glede na višino nestanovitnosti



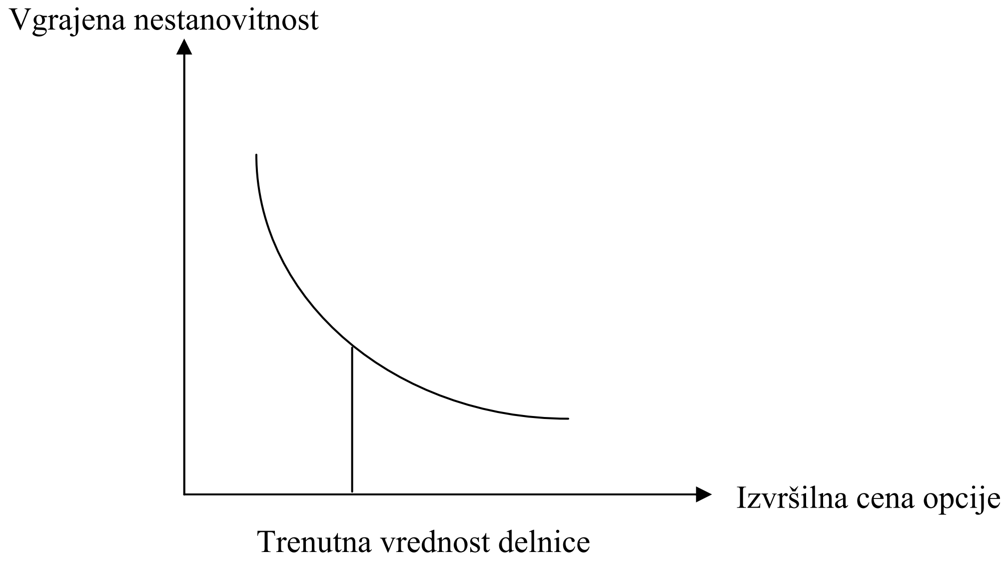
Vir: Chriss, 1996, str. 337.

Naklon tangente je enak trenutni stopnji spremembe cene opcije v odvisnosti od nestanovitnosti. Tako lahko naklon tangente definiramo tudi kot vego opcije. Vega nam pove, za koliko se spremeni cena opcije, če se spremeni nestanovitnost delnice. Vega se navadno ne spremeni veliko, razen v primeru, ko pride do velike spremembe v razmerju med ceno delnice in izvršilno ceno opcije ali če pride do velike spremembe v nestanovitnosti delnice (Veselinovič, 1996, str. 60).

2.4 Nestanovitnostna nesimetričnost

Kot je bilo omenjeno že v predprejšnjem poglavju, ima vsaka na trgu ovrednotena opcija svojo vgrajeno nestanovitnost. Za lažje opazovanje in razumevanje različnih vgrajenih nestanovitnosti pri različnih opcijah je potrebno preučiti opcije, ki imajo enak čas do zapadlosti in različne izvršilne cene. Če bi torej analizirali opcije na isto delnico z enakim časom do zapadlosti in različnimi izvršilnimi cenami, bi dobili odvisnost med vgrajeno nestanovitnostjo in izvršilno ceno, kot je prikazana na Sliki 5 (na str. 17).

Slika 5: Grafična ponazoritev odvisnosti vgrajenih nestanovitnosti in izvršilnih cen opcij pri opcijah na isto delnico in z enakim časom do zapadlosti



Vir: Perridon, Steiner, 2004, str. 333.

Iz grafa je razvidno, da se vgrajena nestanovitnost zmanjšuje, ko se izvršilna cena opcije povišuje. To pomeni, da je vgrajena nestanovitnost pri opcijah z nižjimi izvršilnimi cenami (to so nakupne opcije, ki se zelo splačajo, in prodajne opcije, ki se ne splačajo) znatno višja od vgrajene nestanovitnosti pri opcijah z višjimi izvršilnimi cenami (to so nakupne opcije, ki se ne splačajo, in prodajne opcije, ki se zelo splačajo) (Perridon, Steiner, 2004, str. 342).

Oblika, ki jo tvori zgornji grafični prikaz odnosa med vgrajeno nestanovitnostjo in različnimi izvršilnimi cenami, se imenuje nestanovitnostna nesimetričnost. Nestanovitnostna nesimetričnost je postala veliko bolj izrazita po borznem zlomu 1987. Pred borznim zlomom je bila oblika porazdelitve nestanovitnosti glede na izvršilno ceno opcije podobna črki U, zato so to obliko imenovali nestanovitnostna simetričnost (*volatility smile*) (Derman, 2003, str. 2).

2.5 Vgrajena porazdelitev in lognormalna porazdelitev cen opcij

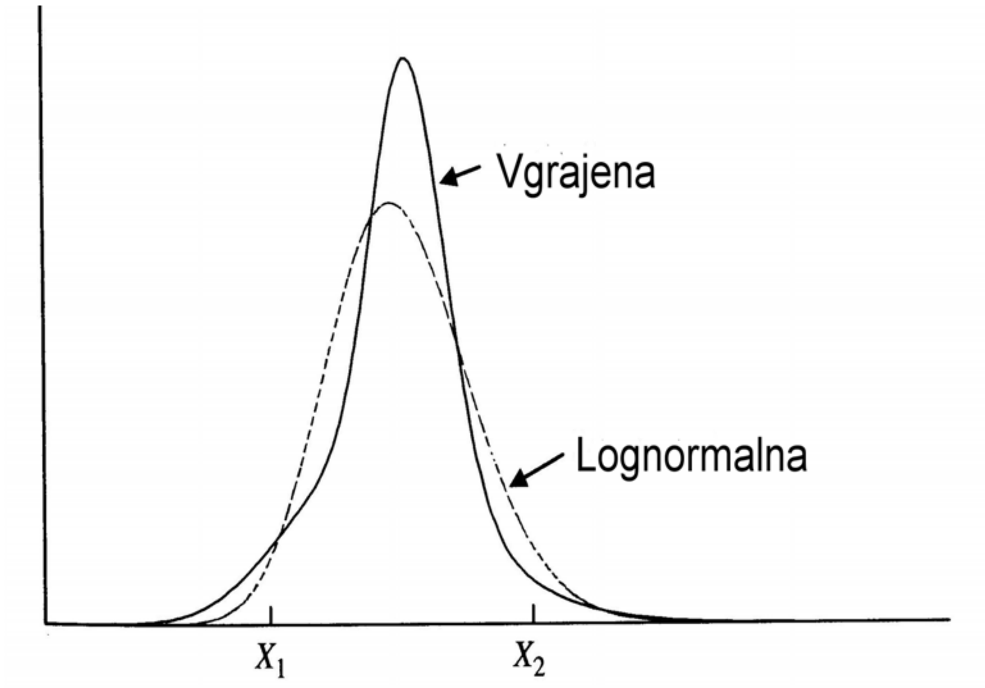
V točki 1.4.1 tega diplomskega dela sem omenil, da je ena izmed predpostavk Black-Scholesovega modela tudi lognormalna porazdelitev cene primarnega instrumenta. Obstaja pa tudi vgrajena porazdelitev cene primarnega instrumenta[5]. To je verjetnostna porazdelitev, ki je izračunana iz cen več različnih opcij (tako opcij, ki se splačajo, kot tudi opcij, ki se ne splačajo), ki imajo enak čas do zapadlosti. Navadno se vgrajena porazdelitev

[5] Bralec si lahko več o vgrajeni verjetnostni porazdelitvi cen delnic prebere v Darsinos, Satchell, 2002, kjer avtorja zelo nazorno prikažeta razlike med lognormalno in vgrajeno verjetnostno porazdelitvijo.

cene primarnega instrumenta opazno razlikuje od lognormalne porazdelitve cene primarnega instrumenta. Obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti potrjuje, da se vgrajena porazdelitev razlikuje od lognormalne porazdelitve in da zato prihaja do napak pri vrednotenju opcij z Black-Scholesovim modelom (European Central Bank, 2000, str. 5).

Slika 6: Grafični prikaz vgrajene in lognormalne verjetnostne porazdelitve cene delnice

Verjetnost



Izvršilna cena

Vir: Hull, 2000, str. 439.

Tako lognormalna porazdelitev cene delnice kot tudi vgrajena porazdelitev cene delnice imata enako povprečno vrednost in enak standardni odklon. Iz zgornje slike pa je razvidno, da ima vgrajena porazdelitev cene delnice širši levi del in ožji desni del kot lognormalna porazdelitev cene delnice (Gemmill, Saflekos, 2000, str. 2)

Tako ima cena nakupne opcije z izvršilno ceno X_2, ki se zelo ne splača, relativno nižjo vrednost, če uporabimo vgrajeno porazdelitev cene delnice, kot bi jo imela v primeru uporabe lognormalne porazdelitve cene delnice. To izhaja iz dejstva, da je verjetnost, da bo nakupna opcija, ki se zelo ne splača, imela ob zapadlosti pozitivno vrednost, manjša pri vgrajeni porazdelitvi cene delnice kot pri lognormalni porazdelitvi cene delnice. To je skladno tudi z grafom nestanovitnostne nesimetričnosti, kjer lahko vidimo, da imajo nakupne opcije, ki se zelo ne splačajo, nizko vgrajeno nestanovitnost (Hull, 2000, str. 239–240).

Cena prodajne opcije z izvršilno ceno X_1, ki se zelo ne splača, pa ima relativno višjo vrednost, če uporabimo vgrajeno porazdelitev cen opcij, kot bi jo imela v primeru uporabe lognormalne porazdelitve cene delnice. To izhaja iz dejstva, da je verjetnost, da bo prodajna opcija, ki se zelo ne splača, imela ob zapadlosti pozitivno vrednost, večja pri vgrajeni porazdelitvi cene delnice kot pa pri lognormalni porazdelitvi cene delnice. Tudi to je skladno z grafom nestanovitnostne nesimetričnosti, iz katerega je razvidno, da imajo prodajne opcije, ki se zelo ne splačajo, visoko vgrajeno nestanovitnost (Hull, 2000, str. 439–440).

2.6 Zakaj pride do nestanovitnostne nesimetričnosti

Čeprav je fenomen nestanovitnostne nesimetričnosti poznan od samega začetka organiziranega trgovanja z opcijami pa vse do danes, še nihče ni podal enotne teoretične razlage, ki bi pojasnjevala, zakaj prihaja do tega pojava. V literaturi tako obstaja več možnih razlag. Posamezni avtorji zagovarjajo različne razlage in jih utemeljujejo z različnimi argumenti. V finančni teoriji so tako največkrat omenjene razlage za obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti naslednje:

1) Strah pred borznim zlomom (*Crashophobia*)

Po borznem zlomu leta 1987 je večina udeležencev na trgu opcij spremenila svoj pogled na vrednost opcij na delnice in indekse. Prodajne opcije, ki se ne splačajo (zaradi nakupno-prodajne enakosti pa tudi nakupne opcije, ki se splačajo), so postale veliko višje vrednotene. Tako je prišlo do situacije, v kateri se nahajamo še danes − opcije z nižjimi izvršilnimi cenami imajo v svojih cenah vgrajeno znatno višjo vgrajeno nestanovitnost kot opcije z višjimi izvršilnimi cenami. Namreč, kdor koli je kupil prodajno opcijo pred borznim zlomom in jo držal ves teden, ko je trajal borzni zlom, je zelo veliko zaslužil. Cene prodajnih opcij pa niso zrasle samo zaradi 20-odstotnega padca indeksa, temveč tudi zato, ker se je vgrajena nestanovitnost potrojila, ponekod tudi početverila. Tržne cene opcij na delnice in indekse po borznem zlomu leta 1987 kažejo na čedalje večji strah udeležencev na trgu pred novim borznim zlomom (Rubinstein, 1994, str. 7).

2) Nesorazmerje med povpraševanjem in ponudbo

Naslednja izmed možnih razlag za obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti je povezana z obnašanjem glavnih subjektov na trgu opcij. Glavna predpostavka te razlage je, da na trgu opcij obstaja nesorazmerje med ponudbo in povpraševanjem po opcijah, kar posledično vpliva na cene opcij. Tako se zaradi institucionalnih vlagateljev, kot so upravljavci vzajemnih skladov, upravljavci osebnega premoženja in upravljavci hedge skladov[6], povečuje nakupni pritisk na prodajne opcije, ki se ne splačajo. Brez nasprotnega naravnega prodajnega pritiska prodajnih opcij, ki se ne splačajo, pa cene opcij zrastejo do nivoja, ko se izdajatelji opcij (*options issuers*) na podlagi verjetnosti, da cena delnice ali indeksa v času do zapadlosti ne bo padla pod izvršilno ceno, odločijo za novo izdajo nekritih prodajnih opcij, ki se ne splačajo. Tako so izdajatelji opcij pripravljeni prevzeti določeno tveganje šele pri višjih cenah prodajnih opcij, ki se ne splačajo. To pa pomeni, da je vgrajena nestanovitnost pri tej vrsti opcij veliko višja (Dumas, Fleming, Whaley, 1996, str. 21).

3) Učinek zadolženosti (*Leverage effect*)

Ena izmed najverjetnejših razlag za obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti je povezana z zadolženostjo podjetja. Glavna ideja te razlage je, da vrednost premoženja podjetja sledi procesu konstantne nestanovitnosti, vendar pa cena delnice zaradi učinka zadolženosti ne sledi temu procesu. Tako se v času, ko se vrednost zadolženega podjetja zniža zaradi dolga, ki ostane nespremenjen, poveča finančni vzvod podjetja. Podjetje postane bolj zadolženo, zaradi česar postane z vidika investitorja bolj tvegano. Z večanjem zadolženosti podjetja se nestanovitnost lastniškega kapitala povečuje. Geske ter Toft in Prucyk (1997) so izpeljali modele vrednotenja opcij, v katerih predvidevajo naravno negativni odnos med ceno delnice in nestanovitnostjo. Model predpostavlja konstantno nestanovitnost vrednosti sredstev podjetja in konstantno vrednost dolga podjetja, zato je nestanovitnost delnice negativno korelirana z vrednostjo sredstev podjetja. Torej, če se vrednost sredstev podjetja zmanjša, se povečata finančni vzvod podjetja in nestanovitnost delnice. Če pa se vrednost premoženja podjetja poveča, se finančni vzvod in nestanovitnost delnice zmanjšata (Geske, 1979 str. 73–74).

Kot sem že omenil, je Robert Geske že leta 1979 podal eno izmed najverjetnejših razlag za obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti, ki pravi, da je vgrajena nestanovitnost odvisna od stopnje zadolženosti podjetja. Geske je v svojem članku predstavil model sestavljenih opcij (*Compound Option Model*), s pomočjo katerega je prikazal vpliv stopnje zadolženosti podjetja na vgrajeno nestanovitnost.

V tem poglavju sem predstavil vgrajeno nestanovitnost delnice in nestanovitnostno nesimetričnost. Na koncu poglavja sem podal več možnih razlag, ki logično pojasnjujejo obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti. V naslednjem poglavju podrobneje predstavljam model sestavljenih opcij kot model vrednotenja opcij, ki služi kot podlaga za analizo vpliva

[6] Institucionalni vlagatelji kupujejo prodajne opcije, ki se ne splačajo, z različnimi nameni. Medtem ko upravljavci tradicionalnih skladov in osebnega premoženja povprašujejo po prodajnih opcijah z namenom zavarovanja premoženja, pa upravljavci hedge skladov povprašujejo po le-teh zaradi hitrega zaslužka.

različnih stopenj zadolženosti podjetja na vgrajeno nestanovitnost, ki jo predstavljam v četrtem poglavju.

3 Model sestavljenih opcij

V tem poglavju predstavljam vrednotenje nakupne opcije s pomočjo modela sestavljenih opcij. Ta model se od vseh klasičnih modelov vrednotenja razlikuje po tem, da kot primarni instrument postavi vrednost premoženja podjetja. Delnica tako predstavlja opcijo na vrednost premoženja podjetja, opcija na delnico pa predstavlja opcijo na opcijo na vrednost premoženja podjetja oziroma sestavljeno opcijo. Ker na vrednost premoženja podjetja odločilno vpliva dolg podjetja, je Robert Geske (1979), ki je prvi predstavil model sestavljenih opcij, razvil idejo, da stopnja zadolženosti podjetja preko svojega odnosa z nestanovitnostjo delnice odločilno vpliva na vrednost opcije.

Največja težava pri uporabi Black-Scholesovega modela za vrednotenje sestavljenih opcij je, da ta predvideva konstantno nestanovitnost delnice. Pri sestavljenih opcijah nestanovitnost ni konstantna, temveč je odvisna od višine cene delnice oziroma bolj natančno od vrednosti premoženja podjetja (Geske, 1979, str. 64).

Pri vrednotenju opcij na delnico s pomočjo modela sestavljenih opcij je najprej potrebno predpostaviti model različnih vrednosti premoženja podjetja. Na podlagi tega modela je potem potrebno izpeljati možne vrednosti delnice, ki skupaj tvorijo model različnih vrednosti delnice. Na podlagi tega modela je možno izpeljati cene nakupnih opcij kot sestavljene opcije (torej kot opcije na opcije na vrednost premoženja podjetja).

Geskejev model sestavljenih opcij je uporaben tako pri zveznem spreminjanju cene primarnega instrumenta kot tudi pri diskretnem naključnem gibanju cene primarnega instrumenta. V nadaljevanju diplomskega dela sem se osredotočil na vrednotenje sestavljenih opcij s predpostavko o diskretnem naključnem gibanju cene delnice in si pri tem pomagal z binomskim modelom.

3.1 Predpostavke modela

Model sestavljenih opcij je osnovan na podlagi naslednjih predpostavk (Rathgeber, 2005, str. 4):

1) Obstaja neskončno število gospodarskih subjektov. Ti gospodarski subjekti poznajo danes, to je v točki t_0, mogoče vrednosti sredstev podjetja v točki t_1 in t_2 . V kasnejših časovnih točkah pa poznajo realizirane vrednosti sredstev podjetja.
2) Noben subjekt ne more vplivati na ceno.
3) Vsi subjekti imajo večjo koristnost z večanjem tekočega dohodka.

4) Ni transakcijskih stroškov.
5) Prodaja na kratko je dovoljena.
6) Konstantna netvegana obrestna mera znaša 5 %.
7) Trgi so popolni.

3.2 Nakupno-prodajna pariteta (*Put-Call Parity*)

Nakupno-prodajna pariteta je odnos, ki ga je prvi prepoznal Hans R. Stoll (1969) in mora obstajati med cenama evropske nakupne in prodajne opcije, če sta obe opciji izdani na isti primarni instrument, imata isto izvršilno ceno in isti čas do zapadlosti. Stoll je odnos razvil na podlagi arbitražnih predpostavk.

Med cenami (evropskih) nakupnih in prodajnih opcij na isto delnico obstaja določen medsebojni odnos. Ta odnos je v strokovni javnosti bolj poznan pod imenom nakupno-prodajna pariteta in podaja osnove za vrednotenje opcije ter vpogled v nekatere značilnosti opcij.

Če je:

C = evropska nakupna opcija,
X = izvršilna cena,
P = evropska prodajna opcija,
S = trenutna cena osnovnega instrumenta oz. delnice,
R = netvegana obrestna mera,
T = čas do zapadlosti,

potem velja razmerje:

$$C + X \times e^{-r \times t} = P + S$$

Z izrazom nakupno-prodajna pariteta poimenujemo zgornje razmerje spremenljivk. Z njegovo pomočjo je namreč mogoče izračunati ceno nakupne opcije iz cene prodajne opcije in obratno. Da lahko izračunamo cene nakupne opcije iz prodajne in obratno, morajo biti izpolnjeni določeni predpogoji. Tako nakupna kot tudi prodajna opcija morata imeti enako izvršilno ceno, enak čas do zapadlosti opcije ter morata biti izdani na isti primarni instrument (Stoll, 1969, str. 805).

Za potrebe predstavitve modela sestavljenih opcij sem zgornjo enačbo nekoliko preuredil.

$$S = C + X \times e^{-r \times t} - P$$

Tako je trenutna cena delnice enaka vsoti med ceno nakupne opcije in sedanje vrednosti izvršitve opcije, zmanjšani za ceno prodajne opcije.

Če predpostavimo, da je premoženje podjetja financirano z lastniškim kapitalom in dolgom, potem lahko podjetje na svoj dolg izda brezkuponsko obveznico, ki njenim lastnikom zagotavlja enkratno izplačilo na določen trenutek v prihodnosti. Istočasno pa lahko podjetje na lastniški kapital izda delnice, ki njihovim lastnikom na isti določen trenutek v prihodnosti zagotavlja ostanek vrednosti premoženja podjetja po izplačilu obveznosti do lastnikov obveznic. Tako je današnja vrednost premoženja podjetja obravnavana kot trenutna cena delnice, lastniški kapital je obravnavan kot cena nakupne opcije in dolg je obravnavan kot sedanja vrednost izvršitve opcije minus cena prodajne opcije. Tako dobimo enačbo, kjer je trenutna cena delnice podjetja enaka vsoti med lastniškim kapitalom in dolgom podjetja (Geske, 1979, str. 74).

V nadaljevanju tretjega poglavja bolj podrobno obravnavam vse komponente modela sestavljenih opcij. Tako najprej predstavim model različnih vrednosti premoženja, nato iz njega izpeljem model različnih vrednosti delnice, nakar izpeljem še vrednotenje opcije na delnico kot primer sestavljene opcije. Na koncu tretjega poglavja opišem še slabosti modela sestavljenih opcij.

3.3 Model različnih vrednosti premoženja

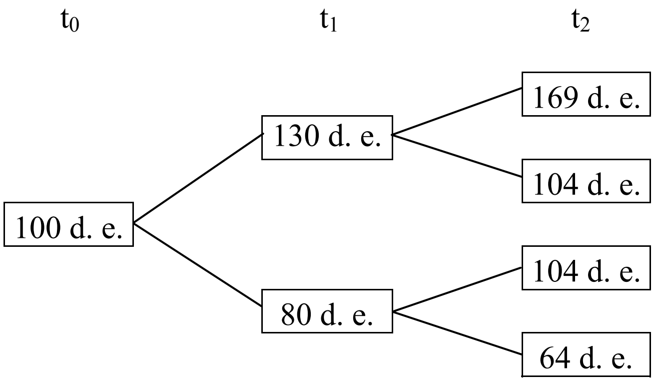
Za potrebe konstruiranja modela različnih vrednosti premoženja predpostavimo, da obstaja podjetje, ki ima nepoznane vrednosti premoženja v prihodnosti. Hkrati pa predpostavimo, da vrednost premoženja istega podjetja v t_0 znaša 100 d. e. Ta vrednost se bo s časom spreminjala, in sicer bo vrednost lahko nihala v dveh časovnih obdobjih. Po prvem in drugem časovnem obdobju obstaja:

1. Možnost porasta vrednosti premoženja za 30 % glede na vrednost premoženja v prejšnjem časovnem obdobju v primeru, da se poslovanje podjetja izboljša.
2. Možnost padca vrednosti premoženja za 20 % glede na vrednost premoženja v prejšnjem časovnem obdobju v primeru, da se poslovanja podjetja poslabša.

Tako se po preteku prvega obdobja oblikujeta dve vrednosti premoženja podjetja. Po preteku drugega obdobja pa se neodvisno oblikujejo štiri vrednosti premoženja podjetja.

Predpostavimo, da je verjetnost, s katero pride bodisi do porasta vrednosti premoženja za 30 % glede na vrednost premoženja v prejšnji časovni točki bodisi do padca vrednosti premoženja za 20 % glede na vrednost premoženja v prejšnji časovni točki, enaka. To pomeni, da je verjetnost za nastanek katerega koli od obeh možnih dogodkov vedno enaka in tako v našem primeru znaša 50 %. Dogodek, ki nastane v naslednjem časovnem trenutku, je vedno popolnoma neodvisen od dogodka, ki se je zgodil pred njim.

Slika 7: Binomsko drevo različnih možnih vrednosti premoženja podjetja v različnih časovnih trenutkih



Vir: Rathgeber, 2005, str. 3.

3.4 Model različnih vrednosti delnice

Na podlagi modela različnih možnih vrednosti premoženja je možno izpeljati model različnih možnih vrednosti delnice. Vrednost delnice po preteku drugega obdobja je enaka vrednosti premoženja podjetja po plačilu obveznosti iz dolga. To pomeni, da delničarji po preteku drugega obdobja dobijo izplačilo, ki je enako pozitivni razliki med vrednostjo premoženja podjetja in obveznostjo do lastnikov obveznic.

Obstajata dve vrsti terjatev do podjetja:

1. Terjatve iz naslova dolga, ker je podjetje izdalo brezkuponsko obveznico za dve časovni obdobji, kar pomeni, da obveznica dospe v plačilo konec drugega časovnega obdobja, torej v točki t_2. Obveznica bo v t_2 svojim lastnikom izplačala 75 d. e. Če podjetje v t_2, torej ob dospelosti obveznosti, tega ne izpolni, imajo lastniki obveznic pravico, da pred lastniki podjetja poplačajo svoje terjatve iz stečajne mase.
2. Terjatve iz naslova lastniškega kapitala, ker je podjetje izdalo delnice, ki lastnikom dajejo pravico, da jim v točki t_2, po plačilu obveznosti lastnikom obveznic, pripada ostalo premoženje podjetja.

Delničarjem v točki t_2 oziroma ob likvidaciji pripada znesek, ki je enak pozitivni razliki med vrednostjo premoženja podjetja ter obveznim plačilom lastnikom obveznic. Tako lahko izplačilo lastnikom delnic prikažemo tudi s pomočjo spodnje formule.

Izplačilo lastnikom delnic: LK_2 = Max (S_2 – 75; 0) d. e.

Kjer je:

LK_2 = Vrednost premoženja podjetja, ki po plačilu obveznosti iz naslova obveznic pripada lastnikom podjetja.
S_2 = Vrednost premoženja podjetja.

V primeru, da podjetje ne uspe poplačati svojih obveznosti lastnikom obveznic, bodo lastniki delnic podjetja ostali brez svojega izplačila, saj se bo premoženje podjetja najprej porabilo za poplačilo obveznosti lastnikom obveznic. V tem primeru lastniki delnic ostanejo brez izplačila, a jim hkrati tudi ni potrebno nič plačati. Tako je v najslabšem primeru njihov prihodek enak 0. Iz zgoraj navedenega pa je razvidno, da v primeru pozitivne razlike med vrednostjo premoženja podjetja ter obveznim plačilom lastnikom obveznic ta razlika pripada lastnikom delnic. Tako izplačilo je enako izplačilu nakupne opcije (Geske, 1979, str. 65).

Iz modela različnih možnih vrednosti premoženja podjetja smo izpeljali štiri možne vrednosti premoženja podjetja v točki t_2. Na podlagi teh štirih možnih vrednosti premoženja podjetja pa je možno izpeljati od njih odvisna izplačila lastnikom delnic v točki t_2.

Tabela 2: Prikaz štirih možnih vrednosti premoženja podjetja in od njih odvisnih izplačil lastnikom delnic v točki t_2

Vrednost premoženja podjetja v t_2	Izplačilo lastnikom delnic v t_2
169 d. e.	169 d. e. – 75 d. e. = 94 d. e.
104 d. e.	104 d. e. – 75 d. e. = 29 d. e.
104 d. e.	104 d. e. – 75 d. e. = 29 d. e.
64 d. e.	0 d. e ., ker je 64 d. e. – 75 d. e. < 0 d. e.

Vir: Rathgeber, 2005, str. 5.

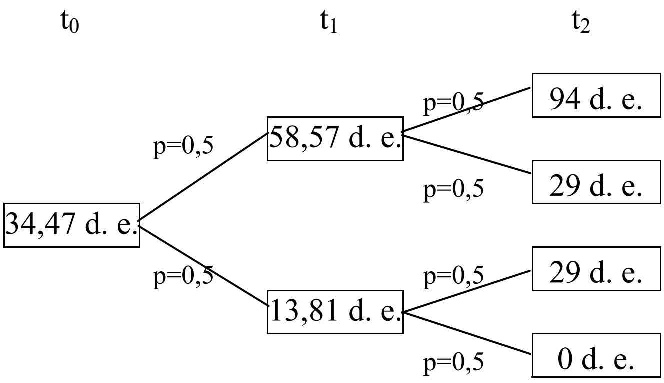
Z upoštevanjem teorije vrednotenja opcij lahko izračunamo ustrezno vrednost delnice v točki t_0. Vrednost delnice v točki t_0 je enaka pričakovanim vrednostim delnice v točki t_2, prilagojenim z verjetnostjo in diskontiranim z netvegano obrestno mero za dve obdobji[7].

$$LK_0 = \frac{0{,}25 \times 94 d.e. + 0{,}25 \times 29 d.e. + 0{,}25 \times 29 d.e. + 0{,}25 \times 0 d.e.}{1{,}05^2} = \frac{38 d.e.}{1{,}05^2} = 34{,}47 d.e.$$

[7] Bralec si lahko več o vrednotenju opcij s pomočjo binomskega modela prebere v Conroy, 2003.

Rezultat 34,47 d. e. nam pove, kolikšna je vrednost sredstev, ki pripadajo lastnikom delnic podjetja v t_0 ob pričakovanih različnih možnih vrednosti premoženja podjetja v t_2.
Vrednost delnic je možno določiti v vsakem trenutku in za vse vrednosti premoženja podjetja. Izračunamo lahko tudi vrednosti delnic v točki t_1, in sicer za obe možnosti, tako v primeru porasta vrednosti premoženja podjetja kot tudi v primeru padca vrednosti premoženja. Tako dobimo model različnih vrednosti delnic, ki ga prikazujem na Sliki 8.

Slika 8: Binomsko drevo različnih možnih vrednosti delnice v različnih časovnih trenutkih



Vir: Rathgeber, 2005, str. 6.

3.5 Vrednotenje opcije na delnice kot sestavljene opcije

V nadaljevanju bom predstavil vrednotenje evropske nakupne opcije na delnico. Gre torej za vrednotenje opcije na opcijo oziroma tako imenovano vrednotenje sestavljene opcije. Ta bo vrednotena na podlagi predpostavljenega modela različnih vrednosti premoženja. Predpostavimo, da nakupna opcija daje njenemu lastniku pravico nakupa delnice v točki t_2 po izvršilni ceni 22 d. e.

Lastnikom nakupne opcije v točki t_2 pripada znesek, ki je enak pozitivni razliki med vrednostjo delnice in izvršilne cene opcije. Ker pa je vrednost delnice v točki t_2 odvisna od vrednosti premoženja podjetja v točki t_2, je potrebno torej od vrednosti delnice odšteti izvršilno ceno nakupne opcije. Tako lahko izplačilo lastnikom nakupne opcije prikažemo s pomočjo spodnje formule.

Izplačilo lastnikom nakupne delniške opcije z izvršilno ceno 22 d. e brez upoštevanja modela različnih vrednosti premoženja podjetja v točki t_2:

$O_2 = \text{Max}\ (LK_2 - 22 \text{ d. e. } ; 0 \text{ d. e.})$

Kjer je:

LK_2 = Vrednost premoženja podjetja, ki po plačilu obveznosti iz naslova obveznic v točki t_2 pripada lastnikom podjetja.
O_2 = Izplačilo lastnikom nakupne opcije z izvršilno ceno 22 d. e. v točki t_2.

Izplačilo lastnikom nakupne delniške opcije z izvršilno ceno 22 d. e. z upoštevanjem modela različnih vrednosti premoženja podjetja v točki t_2:

O_2 = Max (Max (S_2 – 75 d. e. ; 0 d. e.) – 22 d. e. ; 0 d. e.) = Max (S_2 – 97 d. e. ; 0 d. e.)

Kjer je:

S_2 = Vrednost premoženja podjetja.
O_2 = Izplačilo lastnikom nakupne opcije z izvršilno ceno 22 d. e. v točki t_2.

Iz zgornje enačbe je razvidno, da je nakupna opcija na delnico pravzaprav opcija na opcijo na vrednost premoženja podjetja oziroma tako imenovana sestavljena opcija.

Iz modela različnih možnih vrednosti premoženja podjetja smo izpeljali štiri možne vrednosti premoženja podjetja v točki t_2. Na podlagi teh štirih možnih vrednosti premoženja smo nato izpeljali od njih odvisna izplačila lastnikom delnic v točki t_2. Sedaj lahko na podlagi izplačil lastnikom delnic izpeljemo od njih odvisna izplačila lastnikom nakupne opcije v točki t_2.

Tabela 3: Prikaz štirih možnih vrednosti premoženja podjetja, štirih možnih izplačil lastnikom delnic in od njih odvisnih izplačil lastnikom nakupne opcije v točki t_2

Vrednost premoženja podjetja v t_2	Izplačilo lastnikom delnic v t_2	Izplačilo lastnikom nak. opcije v t_2
169 d. e.	94 d. e.	169 d. e. – 97 d. e. = 72 d. e. oz 94 d. e. – 22 d. e.
104 d. e.	29 d. e.	29 d. e. – 22 d. e. = 7 d. e.
104 d. e.	29 d. e.	29 d. e. – 22 d. e. = 7 d. e.
64 d. e.	0 d. e.	0 d. e., ker je 64 d. e. < 97 d. e.

Vir: Rathgeber, 2005, str. 11.

Z upoštevanjem teorije vrednotenja opcij lahko izračunamo ustrezno vrednost opcije v točki t_0. Vrednost opcije v točki t_0 je enaka pričakovanim vrednostim opcije v t_2, prilagojenim z verjetnostjo in diskontiranim z netvegano obrestno mero za dve obdobji. Vrednost nakupne opcije v točki t_0 lahko izračunamo s pomočjo naslednje formule:

$$O_2 = \frac{0{,}25 \times 72 d.e. + 0{,}25 \times 7 d.e. + 0{,}25 \times 7 d.e. + 0{,}25 \times 0 d.e.}{1{,}05^2} = \frac{21{,}5 d.e.}{1{,}05^2} = 19{,}50 d.e.$$

Kjer je:

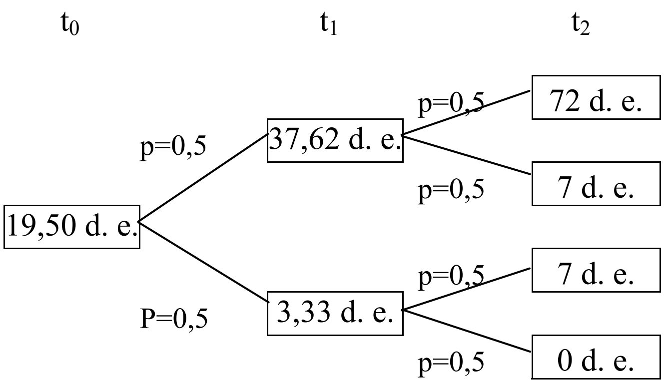
O_2 = Izplačilo lastnikom nakupne opcije z izvršilno ceno 22 d. e. v točki t_2.
Rezultat 19,50 d. e. pove, kolikšna je vrednost nakupne opcije v t_0 ob pričakovanih različnih možnih vrednostih delnice podjetja v t_2.

Vrednost opcije je možno določiti v vsakem trenutku in za vse možne vrednosti delnice podjetja. Tako lahko izračunamo vrednosti opcije tudi v točki t_1, in sicer za obe možnosti, tako v primeru porasta vrednosti premoženja podjetja kot tudi v primeru padca vrednosti premoženja. Spodaj je prikazan izračun vrednosti opcije v točki t_1, in sicer v primeru padca vrednosti premoženja podjetja.

$$O_1(padec - v.p.) = \frac{0{,}5 \times 7 d.e. + 0{,}5 \times 0 d.e.}{1{,}05} = \frac{3{,}5 d.e.}{1{,}05} = 3{,}33 d.e.$$

Če na podoben način izračunamo tudi vrednost nakupne opcije v točki t_1, dobimo različne možne vrednosti nakupne opcije v različnih časovnih točkah, torej v t_0, t_1 in t_2.

Slika 9: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije v različnih časovnih točkah



Vir: Rahtgeber, 2005, str. 11.

3.6 Slabosti modela sestavljenih opcij

Kot bom prikazal v nadaljevanju, model sestavljenih opcij, za razliko od Black-Scholesovega modela, pri svojem vrednotenju upošteva tudi nestanovitnostno nesimetričnost in tako blaži odmike, ki nastajajo pri vrednotenju z Black-Scholesovim modelom. Kot tak bi lahko bil veliko bolj primeren za vrednotenje opcij, vendar pa mu očitajo, da je potrebno poznati dve determinanti več kot za vrednotenje opcij s pomočjo Black-Scholesovega modela, poleg tega pa sta tudi težko določljivi. Ti dve dodatni determinanti sta: višina celotnega dolga podjetja in dospelost dolga podjetja. Geske sicer v svojem članku na očitke odgovarja, da je višino celotnega dolga podjetja možno prebrati iz bilance podjetja, dospelost dolga podjetja pa je potrebno izračunavati kot povprečno dospelost celotnega dolga (Geske, 1979, str. 74).

V tem poglavju sem predstavil vrednotenje nakupne opcije z modelom sestavljenih opcij, ki je ključen za mojo analizo vgrajenih nestanovitnosti delnice, izpeljanih iz cen opcij, ki so izračunane s pomočjo tega modela. Analizo predstavljam v naslednjem poglavju.

4 Analiza vgrajenih nestanovitnosti delnice, izpeljanih iz cen opcij, izračunanih s pomočjo modela sestavljenih opcij

V tem poglavju predstavljam analizo, ki je po mojem mnenju smiselna aplikacija nestanovitnostne nesimetričnosti in modela sestavljenih opcij. Na podlagi analize poskušam potrditi hipotezo, da je učinek zadolženosti dobra razlaga za obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti.

4.1 Namen analize

Namen analize je ugotoviti, kakšne vgrajene nestanovitnosti delnice vsebujejo nakupne opcije v svojih cenah, izračunanih na podlagi modela sestavljenih opcij, pri sicer enakih podjetjih, ki pa se med seboj razlikujejo glede na stopnjo zadolženosti. Na osnovi analize bom poskušal ugotoviti, ali model sestavljenih opcij pri vrednotenju opcij upošteva v praksi opaženo obliko vgrajenih nestanovitnosti in ali obstaja vpliv stopnje zadolženosti podjetja na vgrajeno nestanovitnost delnice. V zaključku bom izpeljal možno razlago za obstoj nestanovitne nesimetričnosti.

4.2 Analiza

Najprej je potrebno s pomočjo modela sestavljenih opcij izračunati vrednosti opcij ter nato s pomočjo Black-Scholesovega modela iz njihovih cen izračunati posamezne vgrajene nestanovitnosti cene delnice. Vgrajene nestanovitnosti cen delnic podjetij z različnimi stopnjami zadolženosti bom za potrebe lažje medsebojne primerljivosti med seboj primerjal glede na to, ali gre za opcije, ki se splačajo, za opcije, ki se ne splačajo, ali pa za opcije, ki so na meji. Nato bom strukturo vgrajenih nestanovitnosti predstavil tudi grafično in povzel opažanja, ki jih bom zasledil tekom analize.

Za potrebe analize, ki bo sledila v nadaljevanju, bom uporabil naslednje podatke:

1) Standardni odklon vrednosti premoženja podjetja: δ = 15 %.
2) Obdobje opazovanja: T = 10 let.
3) Netvegana konstantna letna obrestna mera: r = 3 %.
4) Vrednost premoženja podjetja v točki t_0: P_0 = 100 d. e.
5) Znesek dolga, ki ga mora podjetje v celoti odplačati v t_{10}: a) 60 d. e.
   b) 90 d. e.
   c) 120 d. e.
6) Denarnost opcije (*Moneyness*): a) 0,812
   b) 0,903
   c) 0,993
   č) 1,083
   d) 1,173
7) Ni dividend.

Do sedaj sem za grafični prikaz nestanovitnostne nesimetričnosti uporabljal vgrajeno nestanovitnost cene delnice in izvršilno ceno opcije. Za potrebe razvoja analize pa bom v nadaljevanju namesto izvršilne cene opcije uporabljal denarnost opcije, saj lahko le tako med seboj primerjam vgrajene nestanovitnosti cen delnic, izračunanih iz cen opcij, ki imajo različne izvršilne cene. Denarnost opcije izračunavam s pomočjo spodaj prikazane formule:

$$M = \frac{X}{S}$$

Kjer je:

M = denarnost opcije,
X = izvršilna cena opcije,
S = trenutna cena delnice.

Vir: Jiang, Yisong, 2003, str. 16.

Na podlagi podatkov, ki jih potrebujemo za analizo, moram za izdelavo modela različnih vrednosti premoženja najprej izračunati parametre u, d in p, ki definirajo verjetnost in spremembo vrednosti delnice v časovnem intervalu t.[8]

$$u = e^{\delta\sqrt{\Delta t}} \Rightarrow u = e^{0,15\sqrt{1}} \approx 1,162$$

$$d = \frac{1}{u} = \frac{1}{1,162} \approx 0,861$$

$$p = \frac{e^{r\times\Delta t} - d}{u-d} = \frac{e^{0,03\times 1} - 0,861}{1,162 - 0,861} \approx 0,56$$

$$1 - p = 1 - 0,56 = 0,44$$

Kjer je:

u	=	faktor pozitivne spremembe vrednosti delnice,
d	=	faktor negativne spremembe vrednosti delnice,
δ	=	standardni odklon oziroma nestanovitnost cene delnice,
t	=	časovni interval v letih,
p	=	verjetnost pozitivne spremembe delnice,
1 – p	=	verjetnost negativne spremembe delnice.

S pomočjo zgoraj izračunanih faktorjev lahko sedaj izpeljemo model različnih vrednosti premoženja podjetja, in sicer v 10-stopenjskem binomskem drevesu. Začetno stanje vrednosti premoženja podjetja se v t_1 bodisi poveča z verjetnostjo p = 0.56 na vrednost 116,2 d. e. bodisi zmanjša z verjetnostjo 1 – p = 0,44 na vrednost 86,1 d. e. Če vse naslednje vrednosti izpeljemo po enakem pravilu, dobimo naslednji model različnih vrednosti premoženja podjetja:

[8] Več o parametrih, s pomočjo katerih se zgradi binomsko drevo, si lahko bralec prebere v točki 1.5 tega diplomskega dela.

Slika 10: Binomsko drevo različnih možnih vrednosti premoženja podjetja v različnih časovnih trenutkih

t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
										448,81
									386,24	
								332,39		332,39
							286,05		286,05	
						246,17		246,17		246,17
					211,85		211,85		211,85	
				182,32		182,32		182,32		182,32
			156,90		156,90		156,90		156,90	
		135,02		135,02		135,02		135,02		135,02
	116,20		116,20		116,20		116,20		116,20	
100,00		100,00		100,00		100,00		100,00		100,00
	86,10		86,10		86,10		86,10		86,10	
		74,13		74,13		74,13		74,13		74,13
			63,83		63,83		63,83		63,83	
				54,96		54,96		54,96		54,96
					47,32		47,32		47,32	
						40,74		40,74		40,74
							35,08		35,08	
								30,20		30,20
									26,00	
										22,39

Vir: Lastni izračun.

Na podlagi modela različnih vrednosti premoženja lahko sedaj izpeljemo model različnih vrednosti delnice. Vrednost delnice po preteku zadnjega obdobja je enaka vrednosti premoženja podjetja po plačilu obveznosti iz dolga, ki v našem prvem primeru znaša 60 d. e. To pomeni, da delničarji po preteku zadnjega obdobja dobijo izplačilo, ki je enako pozitivni razliki med vrednostjo premoženja podjetja in obveznostjo do lastnikov obveznic, ki znaša 60 d. e. Tako lahko izračunamo vrednost 327,75 v časovnem trenutku t_9 s pomočjo naslednje formule:

$$D = \frac{(448{,}81 - 60) \times p + (332{,}39 - 60) \times (1 - p)}{1 + r} = \frac{388{,}81 \times 0{,}56 + 272{,}39 \times 0{,}44}{1{,}03} \approx 327{,}75$$

Slika 11: Binomsko drevo različnih možnih vrednosti delnice v različnih časovnih trenutkih pri vrednosti dolga v višini 60 d. e.

										t_{10}
									t_9	
								t_8		388,81
							t_7		327,75	
						t_6		275,43		272,39
					t_5		230,62		227,63	
				t_4		192,27		189,32		186,17
			t_3		159,46		156,56		153,47	
		t_2		131,41		128,57		125,54		122,32
	t_1		107,47		104,67		101,71		98,55	
t_0		87,09		84,32		81,39		78,31		75,02
	69,85		67,10		64,17		61,09		57,88	
55,39		52,67		49,76		46,63		43,34		40,00
	40,76		37,90		34,80		31,42		27,78	
		28,37		25,40		22,11		18,39		14,13
			18,16		15,17		11,78		7,68	
				10,19		7,38		4,18		0,00
					4,54		2,27		0,00	
						1,23		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Vir: Lastni izračun.

Iz modela različnih možnih vrednosti premoženja podjetja smo izpeljali od njih odvisna izplačila lastnikom delnic v točki t_{10}. Sedaj lahko na podlagi izplačil lastnikom delnic izpeljemo od njih odvisna izplačila lastnikom nakupne opcije z izvršilno ceno 50 d. e. v točki t_{10}. Pravilo za izračun vrednosti opcije je enako pravilu za izračun vrednosti izplačil lastnikom delnic.

Slika 12: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 60 d. e. z izvršilno ceno 50 d. e. v različnih časovnih točkah

t_0	T_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	T_{10}
										338,81
									279,21	
								228,30		222,39
							184,87		179,08	
						147,84		142,19		136,17
					116,47		110,80		104,93	
				90,21		84,47		78,41		72,32
			68,65		62,95		56,73		50,01	
		51,33		45,89		39,86		33,00		25,02
	37,72		32,77		27,30		21,10		13,61	
27,27		22,97		18,31		13,19		7,40		0,00
	15,82		12,05		8,11		4,02		0,00	
		7,81		4,91		2,19		0,00		0,00
			2,95		1,19		0,00		0,00	
				0,65		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Vir: Lastni izračun.

Binomska drevesa za vrednotenje opcij z ostalimi izvršilnimi cenami se nahajajo v prilogi tega diplomskega dela.

V nadaljevanju bom v tabeli predstavil vrednosti delnice pri različnih vrednostih dolga podjetja. Prav tako bom v tabeli predstavil tudi različne vrednosti nakupnih opcij z različnimi izvršilnimi cenami, izračunanih s pomočjo modela sestavljenih opcij. V tabeli bodo prikazane tudi različne stopnje denarnosti posameznih opcij.

Tabela 4: Prikaz vrednosti delnic, višine dolga, vrednosti opcij, izračunanih s pomočjo modela sestavljenih opcij, izvršilnih cen opcij in denarnosti opcij

Vrednost dolga	Vrednost delnice v t_0	Denarnost	Izvršilna cena	Vrednost opcije v t_0
Dolg = 60	55,39	0,812	45	29,24
		0,903	50	27,27
		0,993	55	25,29
		1,083	60	23,32
		1,173	65	21,35
Dolg = 90	35,16	0,812	28,55	23,88
		0,903	31,75	22,63
		0,993	34,91	21,38
		1,083	38,08	20,13
		1,173	41,24	18,88
Dolg = 120	23,32	0,812	18,94	16,55
		0,903	21,06	16,10
		0,993	23,16	15,65
		1,083	25,26	15,20
		1,173	27,35	14,75

Vir: Lastni izračun.

Pri podjetju, ki mora v t_{10} plačati 60 d. e. dolga, so izvršilne cene, ki sem jih izbral za potrebe analize, smiselno izbrane. Na podlagi teh izvršilnih cen sem s pomočjo spodnje formule izračunal denarnost vsake posamezne opcije, kar sem v nadaljevanju uporabil za določanje izvršilnih cen opcij na vrednost delnic podjetij, ki morajo v t_{10} plačati 90 d. e. in 120 d. e. dolga. Nato sem s pomočjo modela sestavljenih opcij izračunal posamezne vrednosti opcij v t_0.

Za potrebe analize je v nadaljevanju potrebno s pomočjo modela sestavljenih opcij izračunanih vrednosti opcij preko Black-Scholesovega modela izračunati vgrajene nestanovitnosti delnice. Sam postopek izračunavanja vgrajenih nestanovitnosti delnice iz opcijskih cen sem podrobneje opisal v poglavju 2.2 in ga na tem mestu ne bom znova prikazoval.

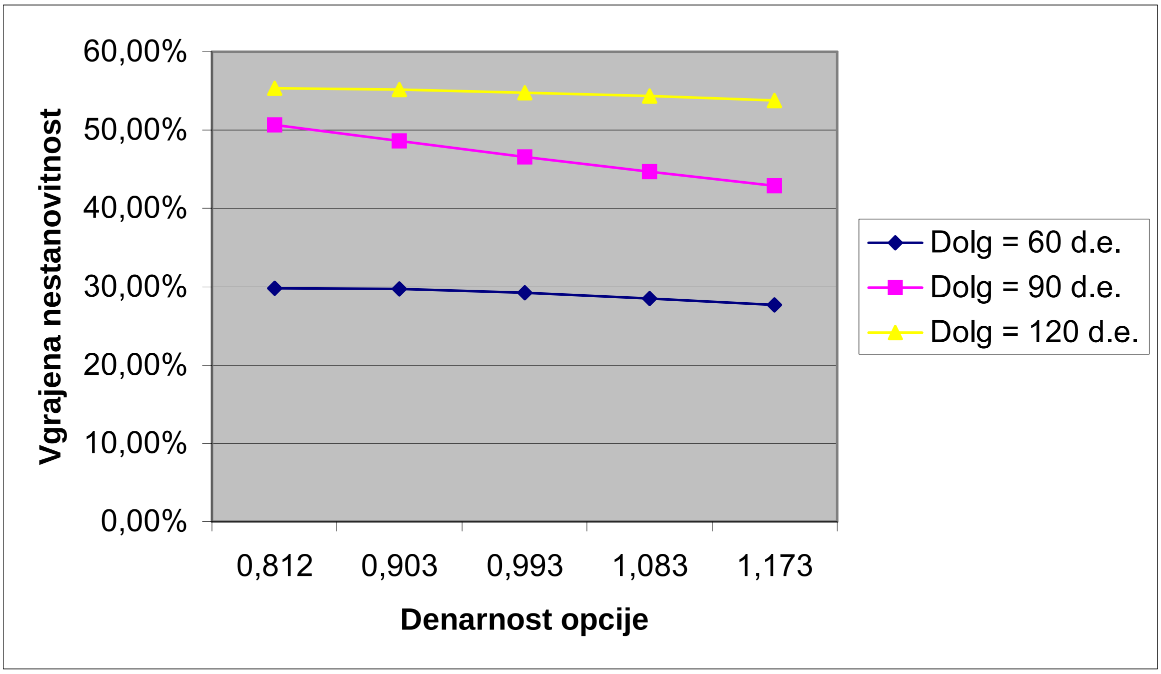
Tabela 5: Prikaz vrednosti delnice, višine dolga, vrednosti opcij, izračunanih s pomočjo modela sestavljenih opcij, denarnosti opcij in pripadajočih vgrajenih nestanovitnosti

Vrednost dolga	Vrednost delnice v t_0	Denarnost	Izvršilna cena	Vgrajena nestanovitnost
Dolg = 60	55,39	0,812	45	29,80 %
		0,903	50	29,74 %
		0,993	55	29,21 %
		1,083	60	28,52 %
		1,173	65	27,69 %
Dolg = 90	35,16	0,812	28,55	50,67 %
		0,903	31,75	48,59 %
		0,993	34,91	46,60 %
		1,083	38,08	44,70 %
		1,173	41,24	42,91 %
Dolg = 120	23,32	0,812	18,94	55,30 %
		0,903	21,06	55,13 %
		0,993	23,16	54,79 %
		1,083	25,26	54,34 %
		1,173	27,35	53,81 %

Vir: Lastni izračun.

Za lažje razumevanje sem v nadaljevanju vsebino zgornje tabele podal tudi v grafični obliki, kjer sem predstavil vgrajene nestanovitnosti delnice pri različnih stopnjah denarnosti opcije za vsako podjetje posebej.

Slika 13: Grafična predstavitev vgrajenih nestanovitnosti v odvisnosti od denarnosti opcij



Vir: Lastni izračun.

Iz grafa je razvidno, da cene opcij, ki sem jih izračunal s pomočjo modela sestavljenih opcij, vsebujejo padajoče vgrajene nestanovitnosti in tako tvorijo obliko nestanovitnostne nesimetričnosti. Prav tako je razvidno tudi to, da ima podjetje z višjim dolgom višje vgrajene nestanovitnosti kot podjetja z nižjim dolgom. Različni nakloni posameznih nestanovitnostnih nesimetričnosti so posledica velike razlike med vrednostmi dolgov podjetij in kot taki presegajo okvir tega diplomskega dela.

4.3 Ugotovitve na podlagi analize

Na podlagi tabelarnega in grafičnega prikaza iz cen opcij izračunanih vgrajenih nestanovitnosti delnice lahko ugotovimo, da model sestavljenih opcij vključuje predpostavko, da posamezno podjetje nima le ene nestanovitnosti delnice, kot sta to predpostavila Black in Scholes v svojem modelu, temveč da ima vsako podjetje pri različni stopnji denarnosti opcije različno vgrajeno nestanovitnost. Tako lahko vidimo, da se je z izračunavanjem cen opcij s pomočjo modela sestavljenih opcij možno veliko bolj približati k v praksi opaženi obliki vgrajene nestanovitnosti, kar kaže na to, da so s pomočjo tega modela izračunane cene opcij bližje cenam opcij, ki se oblikujejo na trgu kot cene opcij, ki so izračunane s pomočjo Black-Scholesovega modela.[9]

Druga ugotovitev, ki jo lahko izpeljemo na podlagi tabelarnega in grafičnega prikaza iz cen opcij izračunanih vgrajenih nestanovitnosti delnice, je, da so vgrajene nestanovitnosti delnice pri podjetjih, ki se med seboj razlikujejo zgolj glede na različne stopnje zadolženosti, različne. Ugotovimo lahko, da so vgrajene nestanovitnosti delnice pri podjetjih z višjo stopnjo zadolženosti višje pri vseh denarnostih opcije kot pri podjetjih z nižjo stopnjo zadolženosti. Tako lahko povzamemo, da se stopnja zadolženosti podjetja in vgrajena nestanovitnost cene delnice gibata v isti smeri.

Z združitvijo zgornjih dveh ugotovitev in hkratnim upoštevanjem dejstva, da se z vsako spremembo cene delnice zaradi fiksnega zneska dolga podjetja vsakič znova spremeni tudi stopnja zadolženosti podjetja, lahko ugotovimo, da sta nestanovitnost delnice in cena delnice v obratnem sorazmerju. Tako se v primeru, ko se vrednost premoženja podjetja poveča, poveča tudi vrednost delnice. S povečanjem vrednosti delnice pa se stopnja zadolženosti podjetja zmanjša, kar povzroči, da podjetje postane manj tvegano, posledica tega pa je padec nestanovitnosti delnice. Obratno se v primeru padca vrednosti premoženja podjetja stopnja zadolženosti podjetja poveča, kar povzroči, da podjetje postane bolj tvegano, to pa se izrazi z dvigom nestanovitnosti delnice (Geske, 1979, str. 73). Ta odvisnost nestanovitnosti delnice od stopnje zadolženosti podjetja je konsistentna s Sliko 5 (na str. 17), ki prikazuje nestanovitnostno nesimetričnosti in v javnosti velja za eno izmed možnih razlag za nestanovitnostno nesimetričnost.

Sklep

Opcija kot izvedeni instrument je ena izmed najzahtevnejših finančnih oblik nasploh. Posledica tega so težave, ki nastanejo pri samem vrednotenju opcij. Fischer Black in Myron Scholes sta leta 1973 objavila razpravo o vrednotenju opcij in predstavila model za izračun vrednosti opcij, ki še danes velja za eno izmed najboljših povezav med ceno delnice in ceno opcije.

Kljub temu da Black-Scholesov model velja za enega izmed bolj enostavnih modelov, je potrebno za potrebe vrednotenja opcije s pomočjo tega modela poznati kar šest dejavnikov, ki neposredno vplivajo na vrednost opcije. Ti dejavniki so: izvršilna cena opcije, trenutna tržna vrednost primarnega instrumenta (v našem primeru delnice), nestanovitnost cene delnice, čas do zapadlosti opcije, višina netvegane obrestne mere in višina dividendnih izplačil.

[9]Za izračun cene opcije s pomočjo modela sestavljenih opcij je potrebno poznati 7 spremenljivk, med katerimi jih je nekaj zelo težko določljivih. Več o slabostih modela sestavljenih opcij si bralec lahko prebere v poglavju 3.6.

Medtem ko so vse ostale determinante neposredno izražene, je določitev točne prihodnje nestanovitnosti delnice praktično nemogoča. Black-Scholesov model pri izračunu teoretične vrednosti opcije predvideva konstantno nestanovitnost delnice, izračunano na podlagi predhodnega nihanja cene delnice, ki pa je v praksi daleč od resničnosti. Alternativni pristop k ugotavljanju nestanovitnosti delnice vključuje vgrajeno nestanovitnost.

Kadar koli je poznana tržna cena opcije, je iz nje, na podlagi ostalih poznanih determinant, možno preko Black-Scholesovega modela izračunati vgrajeno nestanovitnost delnice. Izkaže se, da imajo opcije z različnimi izvršilnimi cenami in različnimi zapadlostmi različne vgrajene nestanovitnosti. Iz tega izhaja, da delnica ali delniški indeks nimata samo ene vgrajene nestanovitnosti, temveč več, za vsako opcijo eno. Ta predpostavka je v popolnem nasprotju z Black-Scholesovo predpostavko o konstantni nestanovitnosti delnice. To je tudi razlog, zakaj prihaja do odmikov med teoretičnimi cenami opcij, izračunanih na podlagi Black-Scholesovega modela, in tržnimi cenami opcij.

S proučevanjem opcij na isto delnico z enako zapadlostjo in različnimi izvršilnimi cenami je možno ugotoviti, da obstaja negativni odnos med vgrajeno nestanovitnostjo in izvršilno ceno. Opcije z višjimi izvršilnimi cenami imajo tako v svojih cenah nizko vgrajeno nestanovitnost delnice, opcije z nižjimi izvršilnimi cenami pa imajo v svojih cenah visoko vgrajeno nestanovitnost delnice. Ta fenomen je poznan kot nestanovitnostna nesimetričnost.

Čeprav je fenomen nestanovitnostne nesimetričnosti poznan vse od borznega zloma leta 1987, pa vse do danes še nihče ni podal enotne teoretične razlage, ki bi pojasnjevala, zakaj prihaja do tega pojava. V finančni teoriji so tako največkrat omenjene razlage za obstoj nestanovitne nesimetričnosti naslednje: strah pred borznim zlomom, učinek zadolženosti in nesorazmerje med povpraševanjem in ponudbo.

Model sestavljenih opcij, ki ga je leta 1979 prvi predstavil R. Geske, sem uporabil kot podlago za svojo analizo. Ta model se od vseh klasičnih modelov vrednotenja razlikuje po tem, da kot primarni instrument postavi vrednost premoženja podjetja. Delnica tako predstavlja opcijo na vrednost premoženja podjetja, opcija na delnico pa predstavlja opcijo na opcijo na vrednost premoženja podjetja oziroma sestavljeno opcijo.

Na podlagi analize sem ugotovil, da je iz cen opcij izračunanih vgrajenih nestanovitnosti delnice razvidno, da model sestavljenih opcij vključuje predpostavko, da vsako podjetje nima le ene nestanovitnosti delnice, kot sta to predpostavila Black in Scholes v svojem modelu, temveč da ima vsako podjetje pri različni denarnosti opcije različno vgrajeno nestanovitnost. Tako lahko vidimo, da se je z izračunavanjem cen opcij s pomočjo modela sestavljenih opcij možno veliko bolj približati k v praksi opaženi obliki vgrajene nestanovitnosti, kar kaže na to, da je s tem modelom možno veliko bolje vrednotiti opcije kot z Black-Scholesovim modelom. Vendar za vrednotenje s pomočjo modela sestavljenih opcij potrebujemo dodatni dve spremenljivki, in sicer vrednost celotnega dolga podjetja in dospelost celotnega dolga, ki pa ju je v praksi izredno težko določiti.

Prav tako sem na podlagi analize ugotovil, da se z vsako spremembo cene delnice zaradi fiksnega zneska dolga podjetja vsakič znova spremeni tudi stopnja zadolženosti podjetja. Tako sem ugotovil, da se stopnja zadolženosti podjetja in vgrajena nestanovitnost cene delnice gibata v isti smeri. Torej se v primeru, ko se vrednost premoženja podjetja poveča, poveča tudi vrednost delnice. S povečanjem vrednosti delnice se stopnja zadolženosti podjetja zmanjša, kar povzroči, da podjetje postane manj tvegano, to pa se izrazi s padcem vgrajene nestanovitnosti in obratno.

Dejstvo je, da je v cenah delniških in indeksnih opcij, ki se oblikujejo na trgu, mogoče opaziti, da se iz cen opcij izpeljane vgrajene nestanovitnosti porazdeljujejo nesimetrično. Če torej predpostavimo, da so cene opcij pravilno ovrednotene, torej da ne obstaja možnost arbitraže, lahko ugotovimo, da je nestanovitnostna nesimetričnost posledica popolnoma naravnega tržnega oblikovanja cen opcij. Razlag, zakaj se na trgu oblikujejo takšne cene opcij, pa je več. Največkrat omenjene razlage za oblikovanje takih cen opcij in posledično za obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti so naslednje: strah pred borznim zlomom, efekt zadolženosti ter nesorazmerje med povpraševanjem in ponudbo. Vse razlage logično pojasnjujejo obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti, zato se je zelo težko opredeliti za katero koli izmed njih. S pomočjo analize sem predstavil, kako vpliva stopnja zadolženosti podjetja na nestanovitnost delnice istega podjetja in tako potrdil, da je učinek zadolženosti eden izmed možnih razlag za obstoj nestanovitnostne nesimetričnosti.

Literatura

1. Black Fischer: Fact and Fantasy in the Use of Options. Financial Analysts Journal, London, 31(1975), str. 36–72.
2. Black Fischer, Scholes Myron: The Pricing of Options and Corporate Liabilities. Journal of Political Economy, New York, maj/junij 1973, str. 637–654.
3. Bodie Zvi, Kane Alex, Marcus J. Alan: Investments. Boston : Irwin McGraw-Hill, 2004. 1164 str.
4. Brealey A. Richard, Myers C. Stewart: Principles of corporate finance. Seventh edition. Boston : Irwin McGraw-Hill, 2003. 1071 str.
5. Chriss A. Neil: Black-Scholes and Beyond : Option Pricing Models. Boston : Irwin McGraw-Hill, 1996. 476 str.
6. Conroy M. Robert: Binomial option pricing. Virginia, University of Virginia, : 2003. 12 str.
7. Cox John, Ross Stephen, Rubinstein Mark: Options pricing: A simplified approach. Journal of Financial Economics, Rochester, 7 (1979), str. 229–263.
8. Darsinos Theofanis, Satchell E. Stephen: The Implied Distribution for Stocks of Companies with Warrants and/or Executive Stock Options. Cambridge, University of Cambridge : 2002. 43 str.
9. Derman Emanuel: Laughter in the Dark - The Problem of the Volatility Smile. Working paper. 2003. 13 str.
10. Derman Emanuel, Iraj Kani: Riding on a Smile. Risk, London, 7(1994), 2, str. 32–39.
11. Dumas, Bernard, Jeff Fleming and Robert E. Whaley: Implied Volatility Functions: Empirical Tests . Journal of Finance, New York, 53(1996), str. 2059–2106.
12. Dupire Bruno: Pricing with a smile. Risk, London, 7(1994), 1, str. 18–20.
13. Fama, Eugene F. and Kenneth R. French, The Cross-Section of Expected Stock Returns, Journal of Finance, New York, 47(1992), 2, str. 427–465.
14. Ionut Florescu Ionut, Viens Frederi: A binomial tree approach to stochastic volatility driven model of the stock price. Annals of University of Craiova, Craiova, 32(2005), str. 126–142.
15. Gemmill Gordon, Saflekos Apostolos: How Useful are Implied Distributions? Evidence from Stock-Index Options. The Journal of Derivatives, New York, 2000, str. 27.
16. Geske Robert: The Valuation of Corporate Liabilities as Compound Options. Journal of Financial and Quantitative Analysis, Washington, 12(1977), 4, str. 541–552.
17. Geske Robert: The Valuation of Compound Options. Journal of Financial Economics, New York, 1979, str. 63–81.
18. Hull John: Options, Futures & other derivatives (Fourth Edition). London, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. 683 str.
19. Jabbour George, Budwick Phillip: The Option Trader Handbook: Strategies and Trade Adjustments. New Jersey : John Wiley & Sons, 2004. 364 str.

20. Jošar Benjamin: Tržna vrednost izvedenih finančnih instrumentov. Diplomsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 1996. 51 str.
21. J.P. Selby Michael, D. Hodges Stewart: On evaluation of compound options. Management science, 33 (1987), 3, str. 347–355.
22. Kelley C. Tim: Solving Nonlinear Equations with Newton's Method. SIAM, Philadelphia, SIAM : 2003. 104 str.
23. McMillan J. Lawrence: McMillan on Options (Second Edition). New Jersey : John Wiley & Sons, 2004. 684 str.
24. Merton, Robert: Theory of Rational Option Pricing. Bell Journal of Economics and Management Science, 4(1973), 1, str. 141–183.
25. Newton Isaac: De analysi per aequationes numero terminorum infinitas. John Wallis, 1669.
26. Patrick Dennis, Stewart Mayhew: Implied Volatility Smiles: Evidence From Options on Individual Equities. Georgia : University of Georgia. 1998, 35 str.
27. Perridon Louis, Steiner Manfred: Finanzwirtschaft der Unternehmung. 13. Auflage. München : Verlag Franz Vahlen, 2004. 670 str.
28. Raphson Joseph: Analysis eaquationum universalis. 1690.
29. Rosenberg V. Joshua: Implied volatility functions: a reprise. New York, New York University, 1999. 21 str.
30. Rubinstein Mark: Double Trouble. Risk, London, 1992, str. 73–80.
31. Rubinstein Mark: Implied Binomial Trees. The Journal of Finance, New York, 49 (1994), str. 771–818.
32. Rubinstein, Mark, Nonparametric Tests of Alternative Option Pricing Models Using All Re-ported Trades and Quotes on the 30 Most Active CBOE Option Classes from August 23, 1976, through August 31, 1978. Journal of Finance, New York, 40(1985), 2, str. 455–480.
33. Rathgeber Andreas: Reduktionsmodelle und Strukturelle Modelle in der Bewertung - Eine Einführung in einer zeit- und zustandsdiskreten Modellwelt. Arbeitspapier Universität Augsburg. Augsburg : Universität Augsburg, 2004. 15 str.
34. Ritchken Peter: Options: Theory, Strategy and Applications. Illinois : Addison-Wesley Educational Publishers, 1987. 414 str.
35. Sharpe F. William: Investments. Second edition. London : Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1978. 386 str.
36. Stoll R. Hans: The Relationship between Put and Call Option Prices. The Journal of Finance, New York, 24(1969), 5, str. 801–824.
37. Tjalling J. Ypma: Historical Development of the Newton-Raphson Method. SIAM Review, 37(1995), 4, str. 531–551.
38. Toft Klaus Bjerre, Prucyk Brian: options on Leveraged Equity: Theory and Empirical Test. The journal of finance. New York, 52(1997), 3, str. 1151–1180.
39. Veselinovič Draško: Opcije in njihovo vrednotenje kot osnova za izvedene finančne oblike. Doktorska disertacija. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 1996. 257 str.

40. Zhao Yonggan, Ziemba T. William: On Leland's Option Hedging Strategy with Transaction Costs. Vancouver : University of British Columbia, 2003. 34 str.
41. Ziemba T. William, Tompkins G. Robert, Hodges D. Stewart: The Favorite-Longshot Bias in S&P 500 and FTSE 100 Index Futures Options. The Return to Bets and the Cost of Insurance. Warwick : University of Warwick, 2002. 23 str.

Viri

1. Bollen P. B. Nicolas, Whaley E. Robert: Does net buying Pressure Affect the shape of implied volatility functions? Vanderbilt University, [URL: http://www2.owen.vanderbilt.edu/fmrc/pdf/wp2001-27.pdf], Julij 2002.
2. Chicago Board of Option Exchange (CBOE) [URL: http://www.cboe.com/AboutCBOE/History.aspx], 26. 6. 2006
3. Daglish Toby, Hull John, Wulin Suo: Volatility Surfaces: Theory, Rules of Thumb, and Empirical Evidence. University of Toronto, [URL:http://www.rotman.utoronto.ca/~hull/DownloadablePublications/DHSPaperdraft7.pdf],Oktober 2002
4. Online option calculator [URL : http://www.numa.com/derivs/ref/calculat/option/calc-opa.htm], 14. 5. 2006
5. Evropska centralna banka: [URL : http://www.ecb.int/pub/pdf/scpwps/ecbwp016.pdf], 16. 6. 2006

Priloge

Priloga 1: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 60 d. e. z izvršilno ceno 45 d. e. v različnih časovnih točkah

										343,81
									284,06	
								233,02		227,39
							189,44		183,94	
						152,29		146,90		141,17
					120,71		115,38		109,78	
				94,14		88,75		83,12		77,32
			72,15		66,74		60,91		54,86	
		54,32		49,08		43,29		36,80		30,02
	40,19		35,33		29,94		23,80		16,32	
29,24		24,94		20,24		15,00		8,88		0,00
	17,30		13,42		9,28		4,83		0,00	
		8,75		5,65		2,62		0,00		0,00
			3,40		1,43		0,00		0,00	
				0,78		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 2: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 60 d. e. z izvršilno ceno 55 d. e. v različnih časovnih točkah

										333,81
									274,35	
								223,59		217,39
							180,29		174,23	
						143,40		137,47		131,17
					112,23		106,23		100,07	
				86,29		80,20		73,70		67,32
			65,16		59,17		52,54		45,15	
		48,33		42,71		36,43		29,20		20,02
	35,25		30,21		24,67		18,40		10,89	
25,29		20,99		16,37		11,38		5,92		0,00
	14,35		10,69		6,94		3,22		0,00	
		6,87		4,18		1,75		0,00		0,00
			2,49		0,95		0,00		0,00	
				0,52		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 3: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 60 d. e. z izvršilno ceno 60 d. e. v različnih časovnih točkah

										328,81
									269,50	
								218,88		212,39
							175,72		169,37	
						138,96		132,76		126,17
					107,98		101,65		95,22	
				82,36		75,92		68,98		62,32
			61,66		55,38		48,36		40,30	
		45,34		39,52		33,00		25,40		15,02
	32,77		27,65		22,03		15,71		8,17	
23,32		19,02		14,44		9,57		4,44		0,00
	12,88		9,32		5,76		2,41		0,00	
		5,94		3,44		1,31		0,00		0,00
			2,04		0,71		0,00		0,00	
				0,39		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 4: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 60 d. e. z izvršilno ceno 65 d. e. v različnih časovnih točkah

										323,81
									264,65	
								214,16		207,39
							171,14		164,52	
						134,52		128,05		121,17
					103,74		97,07		90,36	
				78,44		71,65		64,27		57,32
			58,17		51,59		44,17		35,44	
		42,35		36,33		29,57		21,60		10,02
	30,30		25,10		19,39		13,01		5,45	
21,35		17,04		12,51		7,76		2,96		0,00
	11,40		7,95		4,59		1,61		0,00	
		5,00		2,70		0,88		0,00		0,00
			1,58		0,48		0,00		0,00	
				0,26		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 5: Binomsko drevo različnih možnih vrednosti delnice v različnih časovnih trenutkih pri vrednosti dolga v višini 90 d. e.

										358,81
									298,63	
								247,16		242,39
							203,17		198,50	
						165,61		161,04		156,17
					133,43		129,10		124,34	
				105,91		101,58		97,26		92,32
			82,63		78,11		73,47		69,42	
		63,30		58,64		53,57		48,20		45,02
	47,60		43,01		37,85		31,89		24,48	
35,16		30,87		26,04		20,43		13,31		0,00
	21,72		17,52		12,79		7,24		0,00	
		11,56		7,87		3,93		0,00		0,00
			4,77		2,14		0,00		0,00	
				1,16		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 6: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 90 d. e. z izvršilno ceno 28,57 d. e. v različnih časovnih točkah

										330,24
									270,89	
								220,23		213,82
							177,02		170,76	
						140,23		134,11		127,60
					109,20		102,96		96,61	
				83,49		77,15		70,33		63,75
			62,66		56,46		49,55		41,69	
		46,19		40,43		33,98		26,49		16,45
	33,48		28,39		22,78		16,48		8,95	
23,88		19,58		14,99		10,09		4,86		0,00
	13,30		9,71		6,10		2,64		0,00	
		6,21		3,65		1,44		0,00		0,00
			2,17		0,78		0,00		0,00	
				0,42		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 1: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 90 d. e. z izvršilno ceno 31,75 d. e. v različnih časovnih točkah

										327,06
									267,80	
								217,23		210,64
							174,11		167,67	
						137,40		131,11		124,42
					106,50		100,05		93,52	
				80,99		74,43		67,33		60,57
			60,44		54,05		46,89		38,60	
		44,29		38,40		31,80		24,07		13,27
	31,91		26,76		21,11		14,76		7,22	
22,63		18,33		13,76		8,94		3,92		0,00
	12,36		8,84		5,35		2,13		0,00	
		5,61		3,18		1,16		0,00		0,00
			1,88		0,63		0,00		0,00	
				0,34		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 2: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 90 d. e. z izvršilno ceno 34,91 d. e. v različnih časovnih točkah

										323,90
									264,73	
								214,25		207,48
							171,22		164,61	
						134,60		128,13		121,26
					103,82		97,16		90,45	
				78,51		71,72		64,36		57,41
			58,23		51,65		44,25		35,53	
		42,40		36,39		29,63		21,67		10,11
	30,35		25,14		19,44		13,06		5,50	
21,38		17,08		12,54		7,79		2,99		0,00
	11,43		7,98		4,61		1,63		0,00	
		5,02		2,71		0,88		0,00		0,00
			1,59		0,48		0,00		0,00	
				0,26		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 3: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 90 d. e. z izvršilno ceno 38,08 d. e. v različnih časovnih točkah

										320,73
									261,66	
								211,26		204,31
							168,32		161,53	
						131,78		125,15		118,09
					101,13		94,26		87,37	
				76,02		69,01		61,37		54,24
			56,01		49,25		41,59		32,45	
		40,50		34,37		27,46		19,26		6,94
	28,78		23,52		17,77		11,35		3,78	
20,13		15,83		11,32		6,65		2,05		0,00
	10,49		7,11		3,87		1,12		0,00	
		4,42		2,25		0,61		0,00		0,00
			1,30		0,33		0,00		0,00	
				0,18		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 4: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 90 d. e. z izvršilno ceno 41,24 d. e. v različnih časovnih točkah

										317,57
									258,59	
								208,28		201,15
							165,43		158,46	
						128,97		122,17		114,93
					98,45		91,36		84,31	
				73,54		66,31		58,39		51,08
			53,81		46,86		38,95		29,39	
		38,61		32,35		25,29		16,86		3,78
	27,22		21,90		16,10		9,64		2,06	
18,88		14,58		10,09		5,50		1,12		0,00
	9,56		6,25		3,13		0,61		0,00	
		3,83		1,78		0,33		0,00		0,00
			1,01		0,18		0,00		0,00	
				0,10		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 5: Binomsko drevo različnih možnih vrednosti delnice v različnih časovnih trenutkih pri vrednosti dolga v višini 120 d. e.

										328,81
									269,50	
								218,88		212,39
							175,72		169,37	
						138,96		132,76		126,17
					107,98		101,65		95,22	
				82,36		75,92		68,98		62,32
			61,66		55,38		48,36		40,30	
		45,34		39,52		33,00		25,40		15,02
	32,77		27,65		22,03		15,71		8,17	
23,32		19,02		14,44		9,57		4,44		0,00
	12,88		9,32		5,76		2,41		0,00	
		5,94		3,44		1,31		0,00		0,00
			2,04		0,71		0,00		0,00	
				0,39		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 6: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 120 d.e.z izvršilno ceno 18,94 d. e. v različnih časovnih točkah

										309,87
									251,11	
								201,02		193,45
							158,38		150,98	
						122,26		114,91		107,23
					92,27		84,62		76,83	
				68,08		60,39		51,85		43,38
			49,16		41,92		33,67		23,58	
		34,80		28,43		21,28		12,82		0,00
	24,19		18,90		13,19		6,97		0,00	
16,55		12,35		8,05		3,79		0,00		0,00
	7,95		4,86		2,06		0,00		0,00	
		2,90		1,12		0,00		0,00		0,00
			0,61		0,00		0,00		0,00	
				0,00		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 7: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 120 d.e. z izvršilno ceno 21,06 d. e. v različnih časovnih točkah

										307,75
									249,05	
								199,03		191,33
							156,44		148,93	
						120,45		112,91		105,11
					90,66		82,85		74,77	
				66,72		58,94		50,23		41,26
			48,07		40,81		32,52		22,43	
		33,96		27,61		20,51		12,20		0,00
	23,57		18,32		12,69		6,63		0,00	
16,10		11,95		7,74		3,60		0,00		0,00
	7,69		4,66		1,96		0,00		0,00	
		2,78		1,07		0,00		0,00		0,00
			0,58		0,00		0,00		0,00	
				0,00		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 8: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 120 d. e. z izvršilno ceno 23,16 d. e. v različnih časovnih točkah

										305,65
									247,01	
								197,05		189,23
							154,52		146,89	
						118,65		110,93		103,01
					89,07		81,09		72,73	
				65,39		57,50		48,64		39,16
			47,00		39,70		31,39		21,29	
		33,13		26,80		19,75		11,57		0,00
	22,95		17,74		12,20		6,29		0,00	
15,65		11,56		7,43		3,42		0,00		0,00
	7,42		4,47		1,86		0,00		0,00	
		2,67		1,01		0,00		0,00		0,00
			0,55		0,00		0,00		0,00	
				0,00		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 9: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 120 d. e. z izvršilno ceno 25,26 d. e. v različnih časovnih točkah

										303,55
									244,98	
								195,07		187,13
							152,60		144,85	
						116,86		108,95		100,91
					87,48		79,33		70,69	
				64,05		56,06		47,04		37,06
			45,92		38,59		30,26		20,15	
		32,30		25,98		18,99		10,95		0,00
	22,33		17,17		11,71		5,96		0,00	
15,20		11,16		7,12		3,24		0,00		0,00
	7,16		4,28		1,76		0,00		0,00	
		2,55		0,96		0,00		0,00		0,00
			0,52		0,00		0,00		0,00	
				0,00		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 10: Binomsko drevo različnih vrednosti nakupne opcije podjetja z dolgom 120 d. e. z izvršilno ceno 27,35 d. e. v različnih časovnih točkah

										301,46
									242,95	
								193,10		185,04
							150,69		142,82	
						115,07		106,98		98,82
					85,90		77,58		68,66	
				62,72		54,62		45,45		34,97
			44,85		37,49		29,13		19,01	
		31,48		25,18		18,24		10,34		0,00
	21,71		16,60		11,22		5,62		0,00	
14,75		10,77		6,81		3,06		0,00		0,00
	6,89		4,09		1,66		0,00		0,00	
		2,43		0,90		0,00		0,00		0,00
			0,49		0,00		0,00		0,00	
				0,00		0,00		0,00		0,00
					0,00		0,00		0,00	
						0,00		0,00		0,00
							0,00		0,00	
								0,00		0,00
									0,00	
										0,00

Priloga 11: Slovar slovenskih prevodov tujih izrazov

equity options	– opcije na delnice in indekse
volatility	– nestanovitnost
underlaying asset	– primarni instrument, na katerega je napisana opcija
implied volatility	– vgrajena nestanovitnost
volatility skew	– nestanovitnostna nesimetričnost
volatility smile	– nestanovitnostna simetričnost
call option	– nakupna opcija
put option	– prodajna opcija
exercise price, strike price	– izvršilna cena opcije
in the money option	– opcija, ki se splača
out of the money option	– opcija, ki se ne splača
at the money option	– opcija, ki je na meji
intrinsic value	– notranja vrednost opcije
time value	– časovna vrednost opcije
expiration time	– zapadlost opcije
risk-free interest rate	– netvegana obrestna mera
crashophobia	– strah pred borznim zlomom
leverage effect	– učinek zadolženosti
market makers	– uradni tržni vzdrževalci likvidnosti
Compound option model	– model sestavljenih opcij
put-call parity	– nakupno-prodajna pariteta
option moneyness	– denarnost opcije