Mr Nermina Pobrić*

Vrednovanje opcija na kamatnu stopu

Rezime

Vrednost odnosno cena opcije koja je jednaka zbiru unutrašnje i vremenske vrednosti naziva se teorijska vrednost odnosno teorijska cena opcije. Vrednost opcije je funkcija verovatnoće da će ona biti izvršena. Da li će opcija biti izvršena ili ne, pa samim tim i vrednost opcije, zavisi od sledećih šest faktora: tekuća cena osnovnog instrumenta, cena izvršenja opcije, vreme do dospeća opcije, kratkoročna nerizična kamatna stopa tokom života opcije, kamatna stopa na obveznicu i očekivana promenljivost cene osnovnog instrumenta tokom života opcije. Jednačina $C = S_0 \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-rt} \cdot N(d_2)$ *je jednačina Black–Scholesovog modela vrednovanja evropske call opcije. Primenom navedene formule vrednujemo, između ostalih, i evropske call i put opcije na obveznicu bez kupona. Formula za vrednovanje evropskih call odnosno put opcija na kuponsku obveznicu zasnovana je na upotrebi prilagođene (tekuća cena kuponske obveznice umanjena za sadašnju vrednost isplaćenih kamata u toku života date call odnosno put opcije), a ne tekuće cene date kuponske obveznice. Budući da američka call opcija ne bi trebalo da bude izvršena pre dospeća, njena vrednost je ista kao vrednost evropske call opcije, a Black – Scholesov model se primenjuje kod obe opcije. S obzirom na to da se Black – Scholesov model vrednovanja opcija zasniva na pretpostavci o nemogućnosti ranijeg izvršenja, on se ne može primenjivati u vrednovanju američkih put opcija. S obzirom na to da su dva od šest faktora, cena izvršenja opcije i kamatna stopa na obveznicu, koji utiču na visinu cene opcije konstantna tokom života opcije, postoje četiri mere uticaja promenljivosti svakog pojedinačnog od ostala četiri faktora na cenu opcije. To su: delta, theta, vega i ro.*

UVOD

„U najopštijem smislu, opcija bi se mogla definisati kao instrument koji obezbeđuje svom držaocu šansu da kupi ili proda naznačenu aktivu po naznačenoj ceni na ili pre postavljenog dana dospeća.“[1] Aktiva koja se može kupiti ili prodati u okviru izvršenja opcije naziva se osnovna aktiva ili osnovni instrument opcionog ugovora. „Fiksirana cena u opcionom ugovoru po kojoj njegov držalac može kupiti ili prodati osnovnu aktivu se naziva cena izvršenja.“[2] U zavisnosti od toga da li se opcija izvršava pre ili na dan dospeća, razlikujemo dve vrste opcija, i to: američku opciju i evropsku opciju. „Američka opcija može biti izvršena u bilo koje vreme pre dana dospeća. Evropska opcija se razlikuje od američke opcije po tome što ona može biti izvršena samo na dan dospeća.“[3] Zbog mogućnosti izvršenja u bilo koje vreme pre dana dospeća, američka opcija vredi najmanje onoliko koliko vredi evropska opcija. U praksi postoji ograničen broj pretpostavki pod kojima rano izvršenje opcije pruža pogodnosti, tako da američka opcija retko košta značajno više od evropske. „Opcioni ugovor koji daje držaocu pravo da kupi osnovnu aktivu po naznačenoj ceni za određeni fiksirani period vremena se naziva call opcija.“[4] Držalac call opcije će iskoristiti dato mu pravo ako je tekuća cena osnovne aktive viša od cene izvršenja opcionog ugovora. U suprotnom, opciono pravo će ostati neiskorišćeno. „Ako prodavac call opcije poseduje aktivu koja je osnova date call opcije, kaže se da je prodavac prodao pokrivenu call opciju. Suprotno, ako prodavac proda call opciju na aktivu koju ne poseduje, za njega se kaže da je prodao otvorenu call opciju.“[5] „Opcioni ugovor koji daje držaocu pravo da proda osnovnu aktivu po naznačenoj ceni za određeni fiksirani period vremena se naziva put opcija.“[6] Držalac put opcije će iskoristiti dato mu pravo ako je tekuća cena osnovne aktive niža od cene izvršenja opcionog ugovora. Ako je tekuća cena osnovne aktive viša od cene izvršenja opcionog ugovora, opciono pravo sadržano u put opciji će ostati neiskorišćeno. Nadoknada koju kupac opcije plaća prodavcu naziva se cena opcije ili opciona premija.

Zauzimanjem duge pozicije u call opciji investitor će na svaku novčanu jedinicu rasta cene osnovne aktive iznad cene izvršenja opcionog ugovora ostvariti jednu novčanu jedinicu dobitka, a pri padu cene osnovne aktive ispod cene izvršenja opcionog ugovora investitor neće ostvariti ni dobitak ni gubitak jer se opcioni ugovor

* Asistent Ekonomskog fakulteta u Brčkom

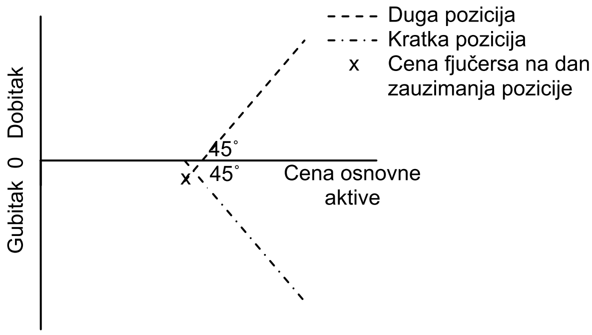
1 Gitman, L. J. (2005), *Principles of Managerial Finance*, Addison Wesley, Boston, str. 728.
2 Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J. (2005), *Corporate Finance*, McGraw-Hill, Irwin, Boston, str. 618.
3 Isto, str. 619.
4 Strumeyer, G. (2005), *Investing in Fixed Income Securities: Understanding the Bond Market*, John Wiley & Sons Inc, New Jersey, str. 460.
5 Keown, A. J., Martin, J. D., Petty, J. W., Scott, D. F. jr. (2005), *Financial Management*, Pearson, Prentice Hall, New Jersey, str. 748.
6 Strumeyer, G., citirano delo, str. 460.

neće izvršiti, uz uvažavanje pretpostavke o zanemarivanju inicijalnog troška (cene opcije, tj. opcione premije) kupovine opcije. Kratka pozicija u call opciji će imati za rezultat gubitak od jedne novčane jedinice na svaku novčanu jedinicu rasta cene osnovne aktive iznad cene izvršenja opcionog ugovora. Sa druge strane, pad cene osnovne aktive ispod cene izvršenja opcionog ugovora neće usloviti ni dobitak ni gubitak za tržišnog učesnika koji je zauzeo kratku poziciju u call opciji. Ovde, takođe, treba uvažavati pretpostavku o zanemarivanju inicijalnog novčanog priliva po osnovu prodaje opcije. Na slikama 1. i 2. će biti grafički predstavljen odnos između dobitka i gubitka od duge i kratke pozicije u call odnosno put opciji. Sa slika vidimo da je odnos između rizika i prinosa kod opcionog ugovora asimetričan.

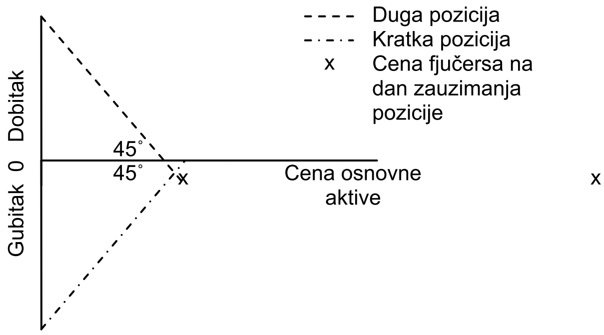
Za call opciju se kaže da je „u novcu“ kada ima unutrašnju vrednost, tj. kada je na dan izvršenja opcije tekuća cena osnovnog instrumenta viša od cene izvršenja opcije. Call opcija kod koje je na dan izvršenja opcije cena izvršenja viša od tekuće cene osnovnog instrumenta je „izvan novca“ i nema unutrašnju vrednost, tj. njena unutrašnja vrednost je jednaka nuli. Kada su na dan izvršenja opcije cena izvršenja opcije i tekuća cena osnovnog instrumenta jednake, za call opciju se kaže da je „na novcu“ i njena unutrašnja vrednost je jednaka nuli.

Kada put opcija ima unutrašnju vrednost, tj. kada je na dan izvršenja opcije cena izvršenja viša od tekuće cene osnovnog instrumenta, kaže se da je put opcija „u novcu“. Za put opciju se kaže da je „izvan novca“ kada je na dan izvršenja opcije tekuća cena osnovnog instrumenta viša od cene izvršenja opcije. Put opcija koja je „izvan novca“ nema unutrašnju vrednost, tj. njena unutrašnja vrednost je jednaka nuli. Put opcija je „na novcu“ kada su na dan izvršenja opcije tekuća cena osnovnog instrumenta i cena izvršenja opcije jednake. Unutrašnja vrednost put opcije koja je „na novcu“ je jednaka nuli.

Slika 1: Grafička ilustracija odnosa između dobitka i gubitka od duge i kratke pozicije u call opciji



Slika 2: Grafička ilustracija odnosa između dobitka i gubitka od duge i kratke pozicije u put opciji



Osnovna aktiva opcionog ugovora može biti realna ili finansijska aktiva. Opcija koja je bazirana na realnoj aktivi (npr. poljoprivredni proizvodi, nafta i derivati nafte, plemeniti metali i sl.) naziva se robna opcija, a opcija koja je bazirana na finansijskoj aktivi naziva se finansijska opcija. U zavisnosti od vrste finansijske aktive koja čini osnovu finansijske opcije razlikujemo:

(1) opcije na instrumente tekućeg tržišta:

- opcija na akciju,
- opcija na indeks akcija,
- valutna opcija,
- opcija na instrument duga,

(2) opcije na fjučerse:

- opcija na fjučers na indeks akcija,
- opcija na valutni fjučers,
- opcija na fjučers na kamatnu stopu,
- opcija na robni fjučers.

Opcija na instrument duga i opcija na fjučers na kamatnu stopu se zajedničkim imenom nazivaju opcije na kamatnu stopu. Opcije na kamatnu stopu imaju zadatak da investitora zaštite od nepovoljnih kretanja kamatnih stopa. Trgovina ovim opcijama na berzi datira od 1982. godine. Na berzi, intenzitet trgovine opcijama na državne hartije od vrednosti daleko je manji od intenziteta trgovine opcijama na fjučerse na kamatnu stopu. Trgovina opcijama na državne hartije od vrednosti na berzi lagano nestaje, ali se posao sa ovim opcijama može obavljati preko investicionih banaka. Najlikvidnije tržište imaju opcije na dugoročne državne obveznice kojima se trguje na Chicago Board of Trade – Option Exchange. „Suprotno, berzanska trgovina opcijama na fjučerse dramatično raste i danas postoje: opcija na fjučers na eurodolarski depozitni certifikat, opcija na fjučers na srednjoročnu državnu obveznicu, opcija na fjučers na dugoročnu državnu obveznicu i opcija na fjučers na britanski i nemački dugoročni dug. Obim trgovine opcijama na fjučers na dugoročnu državnu obveznicu je najveći.“[7]

1. TEORIJSKA VREDNOST OPCIJE

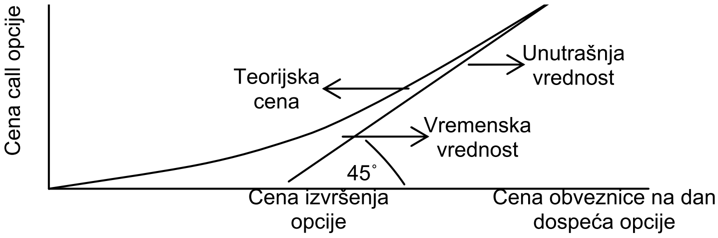
Zauzimanje duge pozicije u opciji podrazumeva novčani izdatak na ime opcione premije (cene opcije) čija visina zavisi od unutrašnje vrednosti i vremenske vrednosti opcije. „Unutrašnja vrednost je vrednost opcije ukoliko se ona izvrši odmah, dok je vremenska vrednost ostatak do ukupne vrednosti opcije čija visina zavisi od dužine vremena do dospeća opcije. Jasno, ukoliko je ostalo više vremena do dospeća, vremenska vrednost opcije je veća.“[8] Vrednost odnosno cena opcije koja je jednaka zbiru unutrašnje i vremenske vrednosti naziva se teorijska vrednost odnosno teorijska cena opcije. Na slici 3. je dat grafički prikaz teorijske cene call opcije na obveznicu.

„Linija od koordinatnog početka do cene izvršenja opcije duž apscisne ose je unutrašnja vrednost call opcije kada je cena osnovnog instrumenta niža od cene izvršenja opcije, budući da je unutrašnja vrednost jednaka nuli. Linija koja je pod uglom od 45° u odnosu na apscisnu osu povučena iz tačke koja reprezentuje cenu izvršenja opcije je unutrašnja vrednost call opcije kada je cena osnovnog instrumenta viša od cene izvršenja opcije.“[9] Prethodno spomenuta linija je pod uglom od 45° zbog toga što unutrašnja vrednost call

7 Horne, J. C. V. (2002), *Financial Management and Policy,* Prentice Hall, New Jersey, str. 655.
8 Fabozzi, F. J. (2005), *The Handbook of Fixed Income Securities,* McGraw Hill, New York, str. 1229.
9 Fabozzi, F. J. Fabozzi, T.D. (1989), *Bond Markets, Analysis and Strategies,* Prentice Hall Inc, New Jersey, str. 289.

opcije raste za 1 n. j. na svaku novčanu jedinicu rasta cene osnovnog instrumenta iznad cene izvršenja opcije. Teorijska cena call opcije je predstavljena konveksnom linijom. Razlika između teorijske cene call opcije i unutrašnje vrednosti pri datoj ceni osnovnog instrumenta je vremenska vrednost opcije.

Slika 3: Grafički prikaz teorijske cene call opcije na obveznicu



Izvor: Fabozzi, F. J., Fabozzi, T. D. (1989), *Bond Markets, Analysis and Strategies,* Prentice Hall Inc, str. 290.

Opcije „na novcu“ imaju najveću vremensku vrednost; ugovori „u novcu“ imaju veću vremensku vrednost od ugovora „izvan novca“.“[10] Call opcije „izvan novca“ imaju najmanju verovatnoću da budu izvršene, tako da njihovi prodavci ne moraju čak ni vršiti zaštitu svoje kratke pozicije od dejstva rizika pada kamatnih stopa, odnosno rasta cene osnovnog instrumenta. Ostavljajući nezaštićenu svoju kratku poziciju u call opcijama, prodavci se, naravno, izlažu riziku da će cena osnovnog instrumenta porasti toliko da premaši cenu izvršenja call opcije, u kom slučaju moraju kupiti osnovnu aktivu na tržištu kako bi je u okviru izvršenja isporučili kupcu call opcije i podneti gubitak. Takav scenario je manje verovatan kod opcija koje su duboko „izvan novca“. Dakle, opcije koje su najdublje “izvan novca“ za prodavce su najmanje rizične, tako da je njihova vremenska vrednost najmanja.

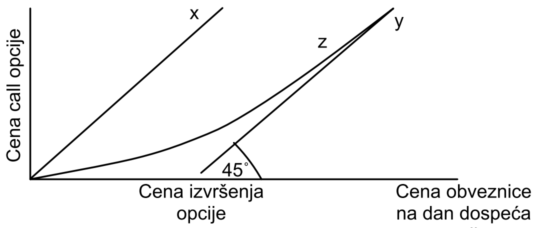
Verovatnoća da će call opcije „u novcu“ biti izvršene je velika, što je razlog tome da prodavci ovih opcija, generalno, vrše zaštitu svoje kratke pozicije od dejstva rizika pada kamatnih stopa, odnosno rasta cene osnovnog instrumenta. Zaštita se može vršiti upotrebom fjučers ugovora ili zauzimanjem takvih pozicija koje će omogućiti neutralisanje rizika (npr. duga pozicija u call opcijama na istu osnovnu aktivu ili duga pozicija u aktivi koja je identična osnovnom instrumentu call opcija). Ukoliko prodavci call opcija vrše zaštitu kratke pozicije od dejstva rizika pada kamatnih stopa zauzimanjem duge pozicije u call opcijama na istu aktivu kod kojih su cene izvršenja neznatno više, gubitak je ograničen na razliku između ovih dveju cena izvršenja (pod pretpostavkom da su opcione premije jednake). Gubitak će biti kompenzovan istovremenom prodajom call opcija kod kojih je vreme do dospeća duže. Prodavci call opcija mogu ostvariti potpunu zaštitu svoje kratke pozicije od dejstva rizika pada kamatnih stopa zauzimanjem duge pozicije u call opcijama na istu aktivu kod kojih su cene izvršenja niže. Sa druge strane, zaštita kratke pozicije u call opcijama od dejstva rizika pada kamatnih stopa bazirana na zauzimanju duge pozicije u aktivi koja je identična osnovnom instrumentu datih call opcija prodavce izlaže riziku da će cena osnovnog instrumenta pasti na nivo ili ispod cene izvršenja u kom slučaju opcije neće biti izvršene i oni (prodavci) će biti prinuđeni da prodaju aktivu uz gubitak. Kod opcija koje su duboko „u novcu“ takav scenario je manje verovatan. Dakle, opcije koje su dublje „u novcu“ su za prodavce manje rizične, tako da je njihova vremenska vrednost manja.

Opcije „na novcu“ su najrizičnije za prodavce. Naime, one imaju 50% šanse da budu izvršene, tako da je odlučivanje o tome da li zaštititi kratku poziciju ili ne teže nego kod drugih opcija. Stoga, opcije „na novcu“ imaju najveću vremensku vrednost.

Veća vremenska vrednost opcije implicira veću njenu teorijsku vrednost odnosno teorijsku cenu. Stoga, opcije „na novcu“ imaju najveću teorijsku vrednost odnosno teorijsku cenu. Teorijska vrednost odnosno teorijska cena kod opcija „u novcu“ je veća od iste kod opcija „izvan novca“.

Najveću vrednost odnosno cenu koju call opcija može imati je vrednost odnosno cena koja je jednaka vrednosti odnosno ceni osnovnog instrumenta. Na slici 4. je linijom x, linijom koja polazi iz koordinatnog početka i sa apscisnom osom zaklapa ugao do 45˚, prikazana gornja granica vrednosti call opcije na obveznicu.

Slika 4: Grafički prikaz gornje i donje granice vrednosti call opcije na obveznicu



„Ova vrednost može biti dostignuta, verovatno, samo ako opcija ima veoma dug vremenski period do dospeća, možda beskonačan, i ako se ne očekuje da opcija bude izvršena sve do nekog dalekog vremenskog trenutka u budućnosti. Pod ovim pretpostavkama, sadašnja vrednost cene izvršenja koja će biti plaćena u budućnosti se približava nuli.“[11] Kao rezultat toga, vrednost call opcije se približava vrednosti osnovnog instrumenta. Najveća vrednost call opcije se može matematički prikazati na sledeći način:

$C \leq S$ pri čemu je:

C – cena call opcije
S – tekuća cena osnovnog instrumenta

Analogno, maksimalna vrednost odnosno cena put opcije je vrednost odnosno cena koja je jednaka sadašnjoj vrednosti cene izvršenja opcije odnosno:

10 Choudhry, M. (2005), *The Fixed Income Securities and Derivatives Handbook:* Analysis and Valuation, Bloomberg Press, Princeton, str. 159.
11 Horne, J. C. V. citirano delo, str. 106.

$P \le X \cdot e^{-r \cdot t}$, pri čemu je:

P – cena put opcije,
X – cena izvršenja put opcije,
e – baza prirodnog logaritma,
r – nerizična kamatna stopa,
t – broj godina u životu opcije.

Sa druge strane, minimalna vrednost call opcije je jednaka njenoj unutrašnjoj vrednosti koja je na slici 4. predstavljena linijom y, odnosno

$$P \ge \max\left[X \cdot e^{-r \cdot t} - S, 0\right]$$

Minimalna vrednost i put opcije je jednaka njenoj unutrašnjoj vrednosti, odnosno

$$P \ge \max\left[X \cdot e^{-r \cdot t} - S, 0\right]$$

Vrednost opcije (bilo put, bilo call) najčešće se nalazi između graničnih vrednosti i predstavlja se konveksnom linijom. Na slici 4. ta vrednost kod call opcije na obveznicu predstavljena je konveksnom linijom z koja reprezentuje, videli smo ranije, teorijsku vrednost odnosno teorijsku cenu call opcije na obveznicu. Dakle, teorijska cena call opcije, generalno, nalazi se između tekuće cene osnovne aktive i unutrašnje vrednosti date call opcije, tj.

$$\max\left[S - X \cdot e^{-r \cdot t}, 0\right] < C_{TC} < S$$

pri čemu je C_{TC} teorijska cena call opcije.

Slično, teorijska cena put opcije, generalno, nalazi se između sadašnje vrednosti cene izvršenja date put opcije i njene unutrašnje vrednosti, tj.

$$\max\left[X \cdot e^{-r \cdot t} - S, 0\right] < P_{TC} < X \cdot e^{-r \cdot t}$$

2. FAKTORI KOJI UTIČU NA VREDNOST OPCIJE

Vrednovanje opcija je mnogo kompleksniji proces od vrednovanja obveznica i fjučersa na kamatnu stopu. Ovo stoga što nije unapred poznato da li će opcija biti izvršena na dan njenog dospeća ili ne. Zato, vrednost opcije je funkcija verovatnoće da će ona biti izvršena. Da li će opcija biti izvršena ili ne, pa samim tim i vrednost opcije, zavisi od sledećih šest faktora:

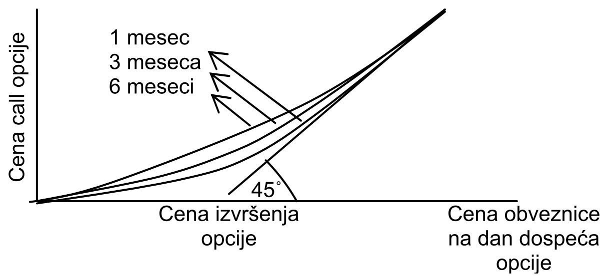
- tekuća cena osnovnog instrumenta,
- cena izvršenja opcije,
- vreme do dospeća opcije,
- kratkoročna nerizična kamatna stopa tokom života opcije,
- kamatna stopa na obveznicu,
- očekivana promenljivost cene osnovnog instrumenta tokom života opcije.

Kada tekuća cena osnovnog instrumenta raste (pada), call opciona cena, takođe, raste (pada). Kod put opcije, rast (pad) tekuće cene osnovnog instrumenta implicira pad (rast) put opcione cene.

„Ako su svi ostali faktori konstantni, porast cene izvršenja opcije implicira pad cene call opcije. Kod put opcije važi suprotno; porast cene izvršenja opcije implicira porast cene put opcije.“[12]

„Generalno, produžavanjem vremena do dospeća povećava se vrednost opcije u odnosu na njenu unutrašnju vrednost. Jedan razlog za ovo je to što postoji više vremena u kojem opcija može imati vrednost.[13] Dalje, produžavanjem vremena do dospeća smanjuje se sadašnja vrednost cene izvršenja opcije koja treba da bude plaćena u budućnosti; ovo, takođe, povećava vrednost opcije, ako svi ostali faktori ostanu isti. Kako se dospeće približava, takođe, odnos između vrednosti opcije i vrednosti osnovnog instrumenta postaje konveksniji.“[14] Na slici 5. je dat grafički prikaz uticaja dužine vremena do dospeća na vrednost call opcije na obveznicu.

Slika 5: Grafički prikaz uticaja dužine vremena do dospeća na vrednost call opcije na obveznсu



Pre dospeća, opcija „izvan novca“ ima samo vremensku vrednost, a opcija „u novcu“ ima i vremensku i unutrašnju vrednost. Na dan dospeća, opcija može imati samo unutrašnju vrednost.“[15] Imajući ovo u vidu, za držaoca opcije nikada nije optimalno da istu izvrši ranije. Naime, kod američke opcije ranije izvršenje rezultuje realizovanje samo unutrašnje vrednosti iako tržište pripisuje opciji veću vrednost. Suprotno, interes prodavca opcije je da se ona izvrši što je moguće ranije.

Ako su svi ostali faktori konstantni, cena call opcije na obveznicu će rasti sa rastom kratkoročne nerizične kamatne stope. Naime, porast diskontne stope implicira smanjenje sadašnje vrednosti cene izvršenja opcije na obveznicu i povećanje njene vrednosti. Kod put opcije na obveznicu važi suprotno; rast kratkoročne nerizične kamatne stope će sniziti cenu put opcije na obveznicu. I kod call i kod put opcije na fjučers na kamatnu stopu opciona cena će se sniziti kada kratkoročna nerizična kamatna stopa poraste.

Viša kamatna stopa na obveznicu povećava njenu atraktivnost za investitora. Stoga, investitor preferira zauzimanje duge pozicije u obveznici umesto duge pozicije u call opciji na obveznicu. Porastom kamatne stope na obveznicu, snižava se cena call opcije na obveznicu. Kod put opcije na obveznicu važi obrnuto; viša kamatna stopa na obveznicu implicira višu cenu put opcije na obveznicu.

Rizik je jedan od faktora čije povećanje uzrokuje rast kamatne stope, a rast kamatne stope ima za rezultat snižavanje cene obvezni-

12 Fabozzi, F. J., Fabozzi, T. D., citirano delo, str. 288.
13 Tj. postoji više vremena da opcija postane opcija „u novcu“ i bude izvršena.
14 Horne, J. C. V., citirano delo, str. 107.
15 Shapiro, A. C., Balbirer, S. D. (2000), *Modern Corporate Finance,* Prentice Hall, New Jersey, str. 224.

ce. Dakle, povećanje rizika, preko rasta kamatne stope, rezultuje snižavanjem cene obveznice. Kod opcije nije tako. Naime, glavni rizik kod opcije je rizik promene cene osnovnog instrumenta tokom života opcije. Merenje promenljivosti cene osnovnog instrumenta se vrši izračunavanjem standardne devijacije prinosa koje generišu cene osnovnog instrumenta, a ne samih cena. Izračunavanje se vrši primenom sledeće formule[16]

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} \frac{(x_i - \mu)^2}{R-1}} \tag{1}$$

gde je:

S_0 - i-ti cenovni odnos[17],

μ – aritmetička sredina posmatranih cena,

R – ukupan broj posmatranja,

σ– promenljivost cenovnih prinosa.

Standardna devijacija cenovnih prinosa na osnovnu aktivu meri samo raspon, ali ne i smer promene cene osnovnog instrumenta, što ne umanjuje vrednost ove mere promenljivosti cene osnovnog instrumenta s obzirom na to da nijedan model vrednovanja opcija nije baziran na pretpostavci o smeru, nego na pretpostavci o distribuciji cenovnih prinosa. Veća standardna devijacija cenovnih prinosa znači veću promenljivost cene osnovnog instrumenta; veća promenljivost cene osnovnog instrumenta znači veću mogućnost da opcija postane opcija „u novcu" i da bude izvršena; veća mogućnost izvršenja opcije implicira veću vrednost opcije. Naime, veća promenljivost cene osnovnog instrumenta podrazumeva, istovremeno, veću mogućnost i povoljnih i nepovoljnih odstupanja cene osnovnog instrumenta. Nepovoljna kretanja cene osnovnog instrumenta su irelevantna s obzirom na to da vrednost opcije ne može biti manja od nule. Dakle, sa povećanjem promenljivosti cene osnovnog instrumenta povećava se mogućnost povoljnih kretanja cene osnovnog instrumenta i povećanja vrednosti opcije. Prema tome, povećanje rizika izaziva kod opcije povećanje njene vrednosti.

Promenljivost cene osnovnog instrumenta izračunata primenom formule (1) naziva se istorijska ili empirijska promenljivost s obzirom na to da se izračunava na osnovu istorijskih podataka. Za vrednovanje opcije koja dospeva u budućnosti relevantna je buduća, a ne istorijska promenljivost koja, po definiciji, ne može biti merena direktno. Problem izračunavanja buduće promenljivosti cene osnovnog instrumenta može se rešiti primenom modela vrednovanja opcije na osnovu promenljivosti i drugih parametara. Naime, za datu cenu opcije i date vrednosti ostalih parametara možemo izračunati promenljivost cene osnovnog instrumenta koja se naziva sadržana promenljivost. Rezultat ovog izračunavanja je promenljivost cene osnovnog instrumenta izražena u procentualnom obliku koja, dalje, može biti konvertovana u bilo koju vrstu promenljivosti cene.

U tabeli 1. je u sumarnom obliku predstavljen uticaj prethodno navedenih šest faktora na vrednost opcije.

Tabela 1: Uticaj relevantnih faktora na vrednost opcije na obveznicu

Povećanje	Call opcija	Put opcija
Tekuća cena osnovnog instrumenta	Povećanje	Smanjenje
Cena izvršenja opcije	Smanjenje	Povećanje
Vreme do dospeća opcije	Povećanje	Povećanje
Kratkoročna nerizična kamatna stopa	Povećanje	Smanjenje
Kamatna stopa na obveznicu	Smanjenje	Povećanje
Promenljivost cene osnovnog instrumenta	Povećanje	Povećanje

3. BLACK–SCHOLESOV MODEL VREDNOVANJA OPCIJA

Vrednovanje opcija je jedan od najkompleksnijih zadataka u korporativnim finansijama. Do 1973. godine samo veoma jednostavne opcije su mogle biti vrednovane. Fisher Black i Myron Scholes su 1973. godine razvili formulu za vrednovanje evropskih opcija. Inicijalno, ova formula je korišćena za vrednovanje opcija na akcije, ali se ona danas, uz neznatna prilagođavanja, koristi za vrednovanje i ostalih vrsta opcija (robnih opcija, valutnih opcija i opcija na kamatnu stopu).

Pretpostavke na kojima se zasniva Black–Scholesov model vrednovanja opcija su:

- sve varijable u modelu osim tekuće cene osnovnog instrumenta i vremena su konstantne,
- ne postoje transakcioni troškovi i tržište dozvoljava prodaju na kratko,
- trgovina je kontinuirana,
- prinos na osnovni instrument se ne isplaćuje,
- kratkoročna kamatna stopa je poznata i konstantna tokom života opcije i tržišni učesnici mogu i pozajmljivati i plasirati sredstva po toj stopi,
- opcija može biti izvršena samo na dan dospeća, tj. model razmatra samo evropske opcije,
- distribucija verovatnoće (odnosno prirodnih logaritama) cenovnih prinosa na osnovnu aktivu u određenom vremenskom trenutku je normalna,
- varijansa prinosa je konstantna tokom života opcionog ugovora i poznata tržišnim učesnicima.

Vrednost opcije u trenutku njenog iniciranja je funkcija očekivane konačne vrednosti opcije diskontovane na dan kada je ugovor bio zaključen. Jednačinom (2) je matematički zapisana očekivana vrednost call opcije na dan njenog dospeća T.

$$E(C_T) = E\left[\max(S_T - X, 0)\right] \tag{2}$$

pri čemu je:

S_0 – cena call opcije na dan dospeća T,

E – operator očekivanja,

S_0 – cena osnovnog instrumenta na dan dospeća T,

X – cena izvršenja opcije.

Ako jednačinu (2) pomnožimo sa verovatnoćom da na dan dospeća T S_0 bude veće od X, dobićemo da je

$$E(C_T) = p \cdot (E\left[S_T \middle| S_T > X\right] - X) \tag{3}$$

pri čemu je:

p – verovatnoća da je na dan dospeća T S_0 >X

$E\left[S_T \middle| S_T > X\right]$ – očekivana vrednost S_0 ako je $S_0 > X$

16 Choudhry, M., citirano delo, str. 144.

17 I-ti cenovni odnos se dobija stavljanjem u odnos cene osnovnog instrumenta u posmatranom i u prethodnom periodu.

Diskontovanjem očekivane vrednosti call opcije na dan dospeća T date jednačinom (3) na dan iniciranja call opcionog ugovora dobićemo da je

$$C = p \cdot e^{-r \cdot t} \cdot (E[S_T | S_T > X] - X) \qquad (4)$$

pri čemu je:

C – cena call opcije na dan njenog iniciranja,

r – nerizična kamatna stopa,

t – broj godina u životu opcije.

Iz jednačine (4) vidimo da vrednovanje call opcije zahteva poznavanje dve veličine: verovatnoće da će opcija dospeti „u novcu“, tj. da će biti $S_0 >$ X, i očekivane vrednosti call opcije kada je ona „u novcu“ na dan dospeća T, tj. $E[S_T | S_T > X] - X$.

„Verovatnoća, p, da će cena osnovne aktive na dan dospeća premašiti X je jednaka verovatnoći da će njen prinos tokom perioda držanja opcije premašiti određenu kritičnu vrednost.“[18] Budući da je pretpostavljeno da su cenovni prinosi na osnovnu aktivu lognormalno distribuirani, ova ekvivalentnost može biti izražena na sledeći način:

$$p = prob[S_T > X] = prob\left[R > \ln\left(\frac{X}{S_0}\right)\right] \qquad (5)$$

pri čemu je:

R – lognormalno distribuirani cenovni prinosi na osnovnu aktivu od trenutka iniciranja do trenutka dospeća opcije,

S_0 – cena osnovne aktive na dan iniciranja opcije.

„Generalno, verovatnoća da će normalno distribuirana varijabla x premašiti kritičnu vrednost S_0 je data jednačinom

$$p(x > x_C) = 1 - N\left(\frac{x_C - \mu}{\sigma}\right) \qquad (6)$$

gde je:

μ i σ – srednja vrednost i standardna devijacija, respektivno, od x,

N() – kumulativna normalna distribucija.

Ekspanzija za μ je prirodni logaritam cenovnih prinosa na osnovnu aktivu, a za standardnu devijaciju prinosa je $\sigma \cdot \sqrt{t}$. Jednačine (5) i (6) mogu biti kombinovane pa dobijamo jednačinu (7).

$$p = prob[S_T > X] = prob\left[R > \ln\left(\frac{X}{S_0}\right)\right] = 1 - N\left[\frac{\ln(\frac{X}{S_0}) - (r - \frac{\sigma^2}{2}) \cdot t}{\sigma\sqrt{t}}\right] \qquad (7)^{19}$$

Simetričan oblik normalne distribucije znači da je 1-N(d) isto što i N(-d). Imajući ovo u vidu, dobijamo da je:

$$p = prob[S_T > X] = prob\left[R > \ln\left(\frac{X}{S_0}\right)\right] = N\left[\frac{\ln(\frac{S_0}{X}) + (r - \frac{\sigma^2}{2}) \cdot t}{\sigma\sqrt{t}}\right] \qquad (8)$$

Izračunavanje očekivane vrednosti call opcije na dan dospeća T podrazumeva određivanje integrala krive normalne distribucije u intervalu od x do ∞. Rezultat tog izračunavanja će biti:

$$E[S_T | S_T > X] = S_0 \cdot e^{r \cdot t} \cdot \frac{N(d_1)}{N(d_2)} \qquad (9)$$

pri čemu je:

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S_0}{X}) + (r + \frac{\sigma^2}{2}) \cdot t}{\sigma\sqrt{t}} \qquad (10)$$

$$d_2 = \frac{\ln(\frac{S_0}{X}) + (r - \frac{\sigma^2}{2}) \cdot t}{\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{t} \qquad (11)$$

Uvrštavanjem jednačina (7) i (8) u jednačinu (4) dobićemo da je

$$C = N(d_2) \cdot e^{-r \cdot t} \cdot \left[S_0 \cdot e^{r \cdot r} \cdot \frac{N(d_1)}{N(d_2)} - X\right] \qquad (12)$$

ili jednostavnije

$$C = S_0 \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2) \qquad (13)$$

pri čemu je:

$N(d_1)$ - delta opcije, tj. promena cene opcije za datu promenu cene osnovne aktive

$N(d_2)$ - verovatnoća da će opcija biti precenjena,

$N(d_2)$ - sadašnja vrednost 1 n. j. primljene nakon t godina od dana iniciranja opcije.

Jednačina (13) je jednačina Black–Scholesovog modela vrednovanja evropske call opcije.

Ako pođemo od pretpostavke o potpunoj sigurnosti ($N(d_2)$ =1 i $N(d_2)$ =1) jednačina (13) će biti

$$C = S_0 - X \cdot e^{-r \cdot t} \qquad (14)$$

Primenom formule (13) vrednujemo, između ostalih, i evropske call opcije na obveznicu bez kupona. Vrednovanje evropske call opcije na kuponsku obveznicu zahteva umanjivanje tekuće cene obveznice (S_0) za sadašnju vrednost svih isplaćenih kamata u toku života date call opcije. Prema tome, formula za vrednovanje evropskih call opcija na kuponsku obveznicu je bazirana na upotrebi prilagođene, a ne tekuće, cene date kuponske obveznice. Iz ovoga proizilazi da evropske call opcije na kuponsku obveznicu imaju često nižu cenu nego evropske call opcije na obveznicu bez kupona jer kuponska plaćanja čine atraktivnijim držanje samih obveznica nego call opcija na obveznicu.

Prema Black–Scholesovom modelu, vrednovanje evropskih put opcija se vrši primenom sledeće formule:

$$P = -S_0 \cdot N(-d_1) + X \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(-d_2)$$

pri čemu je:

P – cena put opcije na dan njenog iniciranja,

18 Choudhry, M., citirano delo, str. 147.

19 Isto.

Ostale varijable imaju isto značenje kao što je ranije navedeno.

Formula za vrednovanje evropskih put opcija na kuponsku obveznicu je, takođe, zasnovana na upotrebi prilagođene (tekuća cena kuponske obveznice umanjena za sadašnju vrednost isplaćenih kamata u toku života date put opcije), a ne tekuće cene date kuponske obveznice.

Kada smo govorili o faktorima koji utiču na vrednost opcije rekli smo da se sa produžavanjem vremena do dospeća povećava vrednost opcije u odnosu na njenu unutrašnju vrednost. „Tako, ako izvršimo američku call opciju rano, bespotrebno bismo smanjili njenu vrednost. Budući da američka call opcija ne bi trebala biti izvršena pre dospeća, njena vrednost je ista kao vrednost evropske call opcije, a Black–Scholesov model se primenjuje kod obe opcije.“[20]

Ranije izvršenje američke put opcije je nekada isplatnije nego čekanje sa izvršenjem do dospeća. Na primer, pretpostavimo da odmah nakon kupovine američke put opcije cena obveznice bez kupona padne na nulu. U ovom slučaju je besmisleno i dalje držati opciju budući da ona ne može postati vrednija, zato je bolje izvršiti datu put opciju i investirati primljeni iznos na ime cene izvršenja opcije. Stoga, američka put opcija je uvek vrednija od evropske put opcije. „U našem ekstremnom primeru, razlika između cena ovih dveju opcija (američke i evropske) je jednaka sadašnjoj vrednosti kamate koja se može zaraditi reinvestiranjem cene izvršenja. U svim ostalim slučajevima razlika je manja.“[21] S obzirom na to da se Black–Scholesov model vrednovanja opcija zasniva na pretpostavci o nemogućnosti ranijeg izvršenja, on se ne može primenjivati u vrednovanju američkih put opcija.

Glavne zamerke Black–Scholesovom modelu vrednovanja opcija se odnose na pretpostavke na kojima je on zasnovan. Pretpostavka o konstantnosti kamatne stope je najnerealnija pretpostavka jer je ova varijabla vrlo dinamična. Dalje, pretpostavka o lognormalnoj distribuciji cenovnih prinosa na osnovnu aktivu se prihvata kao razumna pretpostavka, ali ni ona nije potpuno ispravna i primenjiva u slučaju ekstremnih promena cena i tržišnih šokova koji se ponekad događaju. Isključiva primenljivost modela u vrednovanju evropskih opcija umanjuje vrednost ovog modela s obzirom na to da nekada situacija nalaže ranije izvršenje opcije. Budući da je kontinuirana trgovina imanentna velikim tržištima, pretpostavka o kontinuiranoj trgovini je loša aproksimacija stvarnosti. Konačno, pretpostavke o nepostojanju transakcionih troškova i neisplaćivanju prinosa na osnovnu aktivu, takođe, nemaju uporište u stvarnosti.

4. MERE OSETLJIVOSTI CENE OPCIJE

Na visinu cene opcije utiče šest faktora (tekuća cena osnovnog instrumenta, cena izvršenja opcije, vreme do dospeća opcije, kratkoročna nerizična kamatna stopa tokom života opcije, kamatna stopa na obveznicu i očekivana promenljivost cene osnovnog instrumenta tokom života opcije) od kojih su dva faktora, cena izvršenja opcije i kamatna stopa na obveznicu, konstantna tokom života opcije. Mere uticaja promenljivosti svakog pojedinačnog od ostala četiri faktora na cenu opcije su: delta, theta, vega i ro.

Delta predstavlja racio (odnos) između promene cene opcije i promene cene osnovnog instrumenta i pokazuje veličinu promene cene opcije pri promeni cene osnovnog instrumenta za 1 n. j. Delta, kao mera osetljivosti cene opcije, se može koristiti samo pri malim promenama cene osnovnog instrumenta. Kod call opcije delta će biti

$$\delta = \frac{\Delta C}{\Delta S}$$

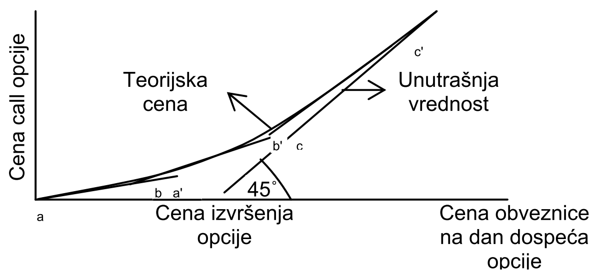
Delta će kod put opcije biti

$$\delta = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

Na slici 6. je grafički predstavljena delta kod call opcije na obveznicu.

Nagib tangente na krivu teorijske cene opcije je ekvivalentan parametru delta. Veći nagib tangentne linije znači veću vrednost parametra delta. Kada je call opcija duboko „izvan novca“, tangentna linija je relativno ravna (linija a-a'). To znači da se delta kod call opcije koja je duboko „izvan novca“ približava 0. Kod call opcije koja je duboko „u novcu“ nagib tangentne linije (linija c-c') se približava nagibu dela linije koji reprezentuje unutrašnju vrednost call opcije „u novcu“, tj. približava se 1. Prema tome, delta kod call opcije se kreće u rasponu od 0 do 1. Delta kod call opcije „na novcu“ je aproksimativno 0,5.

Slika 6: Delta kod call opcije na obveznicu



Izvor: Fabozzi, F. J., Fabozzi, T. D. (1989), *Bond Markets, Analysis and Strategies,* Prentice Hall Inc, str. 291.

Za razliku od call opcije kod koje se opciona cena i cena osnovnog instrumenta kreću u istom smeru, kod put opcije rast (pad) cene osnovnog instrumenta implicira pad (rast) opcione cene. Zato, kod put opcije delta ima negativnu vrednost. Kod put opcije koja je duboko „izvan novca“ delta ima negativnu vrednost koja se približava 0. Kod put opcije koja je duboko „u novcu“ delta se približava vrednosti -1. Delta kod put opcije „na novcu“ je aproksimativno -0,5. Delta opcije se još naziva i hedžing racio i svoju praktičnu primenu nalazi u procesu hedžinga. Množenjem delta opcije i vrednosti pozicije u opciji koju treba zaštititi dobijamo vrednost pozicije kojom vršimo zaštitu. Pozicija kojom vršimo zaštitu mora biti suprotna po vrednosti poziciji koja je predmet zaštite. Na primer, investitor ima kratku poziciju u call opciji na obveznicu kod koje je delta 0,6 vrednu 100.000 n. j. Potpunu zaštitu ove pozicije investitor će osigurati zauzimanjem duge pozicije u obveznici vredne 60.000 n. j. (ako zanemarimo troškove zauzimanja pozicija). Kombinovane pozicije su delta neutralne, a proces je poznat kao delta hedžing. Delta opcije je dinamička veličina, veličina koja se menja tokom vremena.

20 Breley, R. A., Myers, S. C., Allen, F. (2005), *Corporate Finance,* McGraw-Hill, Irwin, Boston, str. 582.
21 Isto.

Promena delta opcije zahteva prilagođavanje delta hedžinga, a prilagođavanje delta hedžinga je proces koji je poznat pod nazivom dinamički hedžing.

S obzirom na to da je delta mera osetljivosti cene opcije pri malim promenama cene osnovnog instrumenta, postoji mogućnost da pozicije koje su delta neutralne na jednom nivou cene osnovnog instrumenta ne budu delta neutralne kada cena osnovnog instrumenta poraste ili opadne. Upotreba parametra gama pruža zaštitu od takve pojave. Gama je mera promene parametra delta pri malim promenama cene osnovnog instrumenta. Dakle, gama pokazuje za koliko će se promeniti parametar delta ako se cena osnovnog instrumenta promeni za 1 n. j., a matematički zapisano to izgleda ovako:

$$\Gamma = \frac{\Delta\delta}{\Delta S}$$

Gama nije mera osetljivosti cene opcije već je mera osetljivosti parametra delta. „Budući da delta determiniše hedžing racio opcije, gama indicira za koliko se ovaj racio mora promeniti pri promeni cene osnovnog instrumenta.“[22] Opcija kod koje je gama različito od nule je problematična jer zahteva kontinuirano menjanje hedžing racija. Opcije „na novcu“ imaju najveću vrednost parametra gama jer je kod njih prisutna najveća nesigurnost izvršenja opcije i, samim tim, najviši stepen rizika. Sa druge strane, parametar gamma je kod opcija koje su duboko „izvan novca“ i „u novcu“ nesignifikantan.

Duge pozicije u opciji imaju pozitivnu vrednost parametra gama, a kratke pozicije u opciji imaju negativnu vrednost parametra gama. Hedžing sa opcijama sa velikom vrednošću parametra gama, bilo pozitivnom, bilo negativnom, zahteva kontinuirano prilagođavanje kako bi se održala delta neutralnost, a to iziskuje velike transakcione troškove. Pozicija sa negativnom vrednošću parametra gama je najrizičnija i može biti zaštićena samo preko dugih pozicija u drugim opcijama.

Pozicije su gama neutralne kada se delta ne menja pri promeni cene osnovnog instrumenta. Kada je parametar gama pozitivan, rast cene osnovnog instrumenta implicira rast parametra delta. Sa ciljem održavanja gama neutralnosti neophodno je prodati osnovni instrument ili relevantne fjučers ugovore. Kada cena osnovnog instrumenta pada, važi obrnuto. Prodajna pozicija na rastućem tržištu i/ili kupovna pozicija na opadajućem tržištu garantuju profit.

Sa druge strane, kada je parametar gama negativan, rast cene osnovnog instrumenta implicira pad parametra delta i obrnuto. Održavanje gama neutralnosti zahteva kupovinu osnovnog instrumenta ili relevantnih fjučers ugovora kada cena osnovnog instrumenta raste, odnosno prodaju osnovnog instrumenta ili relevantnih fjučers ugovora kada cena osnovnog instrumenta pada. Kupovna pozicija na rastućem tržištu i/ili prodajna pozicija na opadajućem tržištu garantuju gubitak. Stoga, pozicije sa negativnom vrednošću parametra gama su visokorizične.

Održavanje gama neutralnosti kupovinom odnosno prodajom osnovnog instrumenta može rezultovati promenu parametra delta u narednom periodu, što će prouzrokovati potrebu ponovnog prilagođavanja delta hedžinga i dodatne troškove. Zato je bolje gama neutralnost održavati kupovinom odnosno prodajom opcija i fjučersa.

Budući da je gama, isto kao i delta, dinamička veličina, za gama hedžing se, takođe, može reći da je dinamički hedžing.

Lambda opcije i delta opcije su slične jer i jedna i druga veličina pokazuju promenu cene opcije pri promeni cene osnovnog instrumenta. Međutim, lambda opcije meri osetljivost cene opcije na procentualnu, a ne apsolutnu, promenu cene osnovnog instrumenta. Tako, ona pokazuje leverage opcije koji, ustvari, predstavlja očekivani profit ili gubitak od promene cene osnovnog instrumenta. Ako, na primer, lambda kod call opcije iznosi 5, to znači da će rast cene osnovnog instrumenta rezultovati profit od duge pozicije u call opciji koji je pet puta veći od profita koji bi se ostvario investiranjem iste sume novca u datu aktivu.

Theta opcije meri osetljivost cene opcije na promenu dužine vremena do njenog dospeća. Theta call odnosno put opcije se matematički može zapisati na sledeći način:

$$\theta = \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad \text{odnosno} \quad \theta = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Duge pozicije u opciji imaju negativnu vrednost parametra theta zbog toga što se sa približavanjem roka dospeća vremenska vrednost opcije smanjuje i teži nuli. Kratke pozicije u opciji imaju pozitivnu vrednost parametra theta. Sa približavanjem roka dospeća opcije povećava se vrednost parametra theta.

Theta meri opadanje vrednosti opcije uslovljeno protokom vremena. Opadanje vrednosti opcije uslovljeno protokom vremena šteti dugoj poziciji u opciji jer kako se bliži dospeće, cena opcije se sastoji skoro samo od unutrašnje vrednosti opcije koja može biti jednaka nuli. Suprotno, kratka pozicija u opciji ostvaruje korist od opadanja vrednosti uslovljenog protokom vremena koje smanjuje rizik kojem su prodavci opcija izloženi. Stoga, velika vrednost parametra theta bi trebala biti povoljna za prodavce opcionih ugovora. Budući da velika vrednost parametra theta povlači za sobom veliku vrednost parametra gama, prodavci neće ostvariti nikakav pozitivni efekat iz ove situacije.

Vega (ili epsilon (ε), ili eta (η), ili kappa (κ)) opcije meri osetljivost cene opcije na promenljivost cene osnovnog instrumenta. Na primer, cena opcije kod koje vega iznosi 11,30 će se povećati za 0,1130 n. j. ako se cena osnovnog instrumenta poveća za 1%. Vega call odnosno put opcije se može predstaviti formulom na sledeći način:

$$\upsilon = \frac{\Delta C}{\Delta\delta} \quad \text{odnosno} \quad \upsilon = \frac{\Delta P}{\Delta\delta}$$

Opcije „na novcu“ imaju najveću vrednost parametra vega. Vrednost ovog parametra se smanjuje kako se razlika između tekuće cene osnovnog instrumenta i cene izvršenja opcije povećava. Opcije sa kratkim rokom dospeća imaju manju vrednost parametra vega nego opcije sa dužim rokom dospeća. Generalno, pozitivna vrednost parametra vega podrazumeva pozitivnu vrednost parametra gama. Duge pozicije u opciji imaju pozitivnu vrednost parametra vega, što znači da povećanje promenljivosti cene osnovnog instrumenta implicira porast cene opcije.

Konačno, ro opcije meri osetljivost cene opcije na promenu kamatne stope. Ova mera osetljivosti cene opcije se najmanje koristi jer su tržišne kamatne stope najmanje promenljive u poređunju sa ostalim parametrima koji se koriste za vrednovanje opcija. Rho call odnosno put opcije se matematički može zapisati na sledeći način:

$$\rho = \frac{\Delta C}{\Delta r} \quad \text{odnosno} \quad \rho = \frac{\Delta P}{\Delta r}$$

Duga pozicija u call opciji ima pozitivnu vrednost parametra ro zato što rast kamatne stope implicira rast cene opcije i obrnuto. Duga pozicija u put opciji, pak, ima negativnu vrednost parametra ro zato što rast kamatne stope implicira pad cene opcije i obrnuto. Za kratke pozicije u opciji važi obrnuto.

S obzirom na to da su opcije sa dužim rokom dospeća osetljivije na promenu kamatne stope od opcija sa kraćim rokom dospeća, opcije sa dužim rokom dospeća imaju veću vrednost parametra ro.

22 Choudhry, M., citirano delo, str. 163.

ZAKLJUČAK

Vrednost odnosno cena opcije koja je jednaka zbiru unutrašnje i vremenske vrednosti se naziva teorijska vrednost odnosno teorijska cena opcije. Opcije „na novcu" imaju najveću teorijsku vrednost odnosno teorijsku cenu. Teorijska vrednost odnosno teorijska cena kod opcija „u novcu" je veća od iste kod opcija „izvan novca". Teorijska cena call opcije, generalno, nalazi se između tekuće cene osnovne aktive i unutrašnje vrednosti date call opcije. Slično, teorijska cena put opcije, generalno, nalazi se između sadašnje vrednosti cene izvršenja date put opcije i njene unutrašnje vrednosti.

Vrednovanje opcija je mnogo kompleksniji proces od vrednovanja obveznica i fjučersa na kamatnu stopu. Ovo stoga što nije unapred poznato da li će opcija biti izvršena na dan njenog dospeća ili ne. Zato, vrednost opcije je funkcija verovatnoće da će ona biti izvršena. Da li će opcija biti izvršena ili ne, pa samim tim i vrednost opcije, zavisi od sledećih šest faktora: tekuća cena osnovnog instrumenta, cena izvršenja opcije, vreme do dospeća opcije, kratkoročna nerizična kamatna stopa tokom života opcije, kamatna stopa na obveznicu i očekivana promenljivost cene osnovnog instrumenta tokom života opcije.

Fisher Black i Myron Scholes su 1973. godine razvili formulu za vrednovanje evropskih opcija. Inicijalno, ova formula je korišćena za vrednovanje opcija na akcije, ali se ona danas, uz neznatna prilagođavanja, koristi za vrednovanje i ostalih vrsta opcija (robnih opcija, valutnih opcija i opcija na kamatnu stopu). Jednačina $C = S_0 \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2)$ je jednačina Black–Scholesovog modela vrednovanja evropske call opcije.

Primenom navedene formule vrednujemo, između ostalih, i evropske call opcije na obveznicu bez kupona. Vrednovanje evropske call opcije na kuponsku obveznicu zahteva umanjivanje tekuće cene obveznice (S_0) za sadašnju vrednost svih isplaćenih kamata u toku života date call opcije. Prema tome, formula za vrednovanje evropskih call opcija na kuponsku obveznicu je bazirana na upotrebi prilagođene, a ne tekuće, cene date kuponske obveznice. Formula za vrednovanje evropskih put opcija na kuponsku obveznicu je, takođe, zasnovana na upotrebi prilagođene (tekuća cena kuponske obveznice umanjena za sadašnju vrednost isplaćenih kamata u toku života date put opcije), a ne tekuće cene date kuponske obveznice.

Sa produžavanjem vremena do dospeća povećava se vrednost opcije u odnosu na njenu unutrašnju vrednost. Tako, ako izvršimo američku call opciju rano, bespotrebno bismo smanjili njenu vrednost. Budući da američka call opcija ne bi trebalo da bude izvršena pre dospeća, njena vrednost je ista kao vrednost evropske call opcije, a Black–Scholesov model se primenjuje kod obe opcije. S obzirom na to da se Black–Scholesov model vrednovanja opcija zasniva na pretpostavci o nemogućnosti ranijeg izvršenja, on se ne može primenjivati u vrednovanju američkih put opcija.

Glavne zamerke Black–Scholesovom modelu vrednovanja opcija se odnose na pretpostavke na kojima je on zasnovan. Pretpostavka o konstantnosti kamatne stope je najnerealnija pretpostavka jer je ova varijabla vrlo dinamična. Dalje, pretpostavka o lognormalnoj distribuciji cenovnih prinosa na osnovnu aktivu se prihvata kao razumna pretpostavka, ali ni ona nije potpuno ispravna i primenjiva u slučaju ekstremnih promena cena i tržišnih šokova koji se ponekad događaju. Isključiva primenljivost modela u vrednovanju evropskih opcija umanjuje vrednost ovog modela s obzirom na to da nekada situacija nalaže ranije izvršenje opcije. Budući da je kontinuirana trgovina imanentna velikim tržištima, pretpostavka o kontinuiranoj trgovini je loša aproksimacija stvarnosti. Konačno, pretpostavke o nepostojanju transakcionih troškova i neisplaćivanju prinosa na osnovnu aktivu, takođe, nemaju uporište u stvarnosti.

S obzirom na to da su dva od šest faktora, cena izvršenja opcije i kamatna stopa na obveznicu, koji utiču na visinu cene opcije, konstantna tokom života opcije, postoje četiri mere uticaja promenljivosti svakog pojedinačnog od ostala četiri faktora na cenu opcije. To su: delta, theta, vega i ro. Delta predstavlja racio (odnos) između promene cene opcije i promene cene osnovnog instrumenta i pokazuje veličinu promene cene opcije pri promeni cene osnovnog instrumenta za 1 n. j. Delta, kao mera osetljivosti cene opcije, može se koristiti samo pri malim promenama cene osnovnog instrumenta. Theta opcije meri osetljivost cene opcije na promenu dužine vremena do njenog dospeća. Vega (ili epsilon (ε), ili eta (η), ili kapa (κ)) opcije meri osetljivost cene opcije na promenljivost cene osnovnog instrumenta. Konačno, ro opcije meri osetljivost cene opcije na promenu kamatne stope. Ova mera osetljivosti cene opcije se najmanje koristi jer su tržišne kamatne stope najmanje promenljive u poređenju sa ostalim parametrima koji se koriste za vrednovanje opcija.

LITERATURA

1. Brealey, R. A., Myers, S. C., Allen, F. (2005), *Corporate Finance,* McGraw-Hill, Irwin, Boston.
2. Choudhry, M. (2005), *The Fixed Income Securities and Derivatives Handbook: Analysis and Valuation,* Bloomberg Press, Princeton.
3. Fabozzi, J. F. (2005), T*he Handbook of Fixed Income Securities,* McGraw Hill, New York.
4. Fabozzi, J. F. Fabozzi, T.D., (1989), *Bond Markets, Analysis and Strategies,* Prentice Hall Inc, New Jersey.
5. Gitman, L. J. (2005), *Principles of Managerial Finance,* Addison Wesley, Boston.
6. Horne, J. C. V. (2002), *Financial Management and Policy,* Prentice Hall, New Jersey.
7. Horne, J. C. V., Wachowicz, J. M. jr. (2002), *Osnove finansijskog menadžmenta,* Mate, Zagreb.
8. Keown, A. J., Martin, J. D., Petty, J. W., Scott, D. F. jr. (2005), *Financial Management,* Pearson, Prentice Hall, New Jersey.
9. Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J. (2005), *Corporate Finance,* McGraw-Hill, Irwin, Boston.
10. Shapiro, A. C., Balbirer, S. D. (2000), *Modern Corporate Finance,* Prentice Hall, New Jersey.
11. Strumeyer, G. (2005), *Investing in Fixed Income Securities: Understanding the Bond Market,* John Wiley & Sons Inc, New Jersey.

Summary

Option value i.e. option price that is equal to sum of intrinsic and time value is theoretical value i.e. theoretical price of option. Option value is function of probability that it will be exercised. Whether option will or will not be exercised, and also option value, depends on following six factors: underlying price, strike price, time to expiration, short term risk free rate, coupon rate and expected underlying price volatility. Equation $C = S_0 \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2)$ *is Black-Scholes mathematical european call option pricing model. By applying the noted form we price, among others, european call and put zero coupon bond options. Equation for pricing of european call and/or put coupon bond options is based on useing adjusted (coupon bond current price minus present value of coupon paid during the life of call and/or put options) but not current price of coupon bond. Since that american call option should not be exercised prior to maturity, its value is same as european call option price, and Black-Scholes model is appliable for both options. Because Black-Scholes option pricing model is based on assumption about earlier exercising impossibility, it can not be applying for pricing of american put options. Since two among six factors, strike price and coupon rate, that affect on option price size, is constant during the option life, there are four indicators that measure the impact of each individual of other four factors on the option price. They are: delta, theta, vega and rho.*