

## Economics and management Ekonomika ir vadyba

### PASIRINKIMO SANDORIŲ KAINOS JAUTRUMO VERTINIMAS

Viktorija SODAUNYKAITĖ \*, Raimonda MARTINKUTĖ-KAULIENĖ 

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva*

Gauta 2019 m. vasario 26 d.; priimta 2020 m. vasario 5 d.

**Santrauka.** Dėl finansų inžinerijos atsiradusios išvestinės finansinės priemonės kasdien vis labiau populiarėja. Rinkoms tampant labiau nenuspėjamoms, įmonės ir individualūs investuotojai vis dažniau naudoja šias priemones rizikai ir įsipareigojimams valdyti, bei investicijų grąžai didinti. Sudarant bet kurį sandorį, svarbiausias aspektas – sandorio kaina, nes nuo jos priklauso finansinis sandorio rezultatas. Ne išimtis ir pasirinkimo sandoriai. Kiekvienu atveju pasirinkimo sandorio kaina priklauso nuo daugelio veiksnių, kuriuos sunku apibrėžti ir numatyti iš anksto. Pasirinkimo sandorio kainos jautrumo vertinimas leidžia nustatyti, nuo ko ir kaip priklauso pasirinkimo sandorio kaina. Tai žinodamas investuotojas gali valdyti pasirinkimo sandorių riziką. Straipsnio tikslas – remiantis mokslinės literatūros šaltiniais ir realiais rinkos duomenimis, įvertinti skirtingų pasirinkimo sandorių kainos jautrumą rinkos veiksniams. Tyrimui atlikti taikomas Black-Scholes pasirinkimo sandorių kainodaros modelis, sandorių kainos jautrumui nustatyti ir vertinti apskaičiuojamos ir analizuojamos graikiškųjų raidžių reikšmės. Atlikus tyrimą paaiškėjo, kad bazinio turto kainos pokyčiams, kintamumo ir nerizikingos palūkanų normos pokyčiams jautriausia yra valiutos pasirinkimo sandorio kaina, o laikui jautriausia yra aukso pasirinkimo sandorio kaina (nors teoriškai auksas ilgu laikotarpiu puikiai išsaugo savo vertę). Žinant, kurioms komponentėms tam tikras pasirinkimo sandoris yra jautrus ir sugebant prognozuoti tų komponentių pokyčius, galima numatyti pasirinkimo sandorio kainos pokyčius ir išvengti papildomos rizikos.

**Reikšminiai žodžiai:** pasirinkimo sandoris, kainos jautrumas, graikiškosios raidės, Black-Scholes modelis, išvestinė finansinė priemonė.

#### Įvadas

Rinkoms tampant labiau nenuspėjamoms, įmonės ir individualūs investuotojai rizikai ir įsipareigojimams valdyti, investicijų grąžai didinti vis dažniau naudoja išvestines finansines priemones. Ateities, būsimieji, pasirinkimo ir apsigkeitimo sandoriai dažnai naudojami tiek įmonių, tiek individualių investuotojų, kurie siekia apsisaugoti nuo nepalankių valiutos, palūkanų normos, akcijų ir kito turto kainų svyravimų, naudodami išvestines finansines priemones, kurios leidžia sudaryti sandorius norimam baziniam turtui dabartinėmis rinkos kainomis. Išvestinė finansinė priemonė laikomas toks vertybinis popierius, kurio vertė priklauso nuo bazinio turto vertės (Chui, 2016; Dejanovski, 2014; Helfenstein, 2017; Juozapavičienė, 2013; Kancerevyčius, 2009; Valakevičius, 2008). Tai finansiniai sandoriai, kurių vertė nustatoma iš rinkos finansinių priemonių kainos tam tikru laiku (akcijų, obligacijų, valiutos, prekių ir pan.).

Anton (2016), Sahoo (2016) bei Jiang ir kt. (2017) atlikti tyrimai parodė, kad vakarų šalyse išvestinės finansinės priemonės tapo svarbiausia įmonių rizikos valdymo dalimi. Park ir Kim (2015) atlikti tyrimai parodė, kad rizikos valdymas, naudojant pasirinkimo sandorius, turi teigiamą įtaką įmonių įsipareigojimams. Išvestinės finansinės priemonės padeda įmonėms valdyti savo įsipareigojimus ir padidinti investicijų grąžą. Nandy ir Chattopadhyay (2014) savo darbe teigia, kad išvestinės finansinės priemonės buvo sukurtos būtent rizikai valdyti. Pagrindinis jų tikslas – apsisaugoti nuo nepalankaus tam tikro turto kainų kitimo ateityje. Augantis rinkos kintamumas lėmė šių priemonių atsiradimą, nes jos suteikia platesnių rizikos valdymo galimybių įmonėms ir investuotojams, skatina ekonomikos augimą, mažina kapitalo formavimo sąnaudas, paskirsto riziką. Kornel (2014) atliko tyrimą, kuris parodė, kad bankų veikloje taip pat naudojamos išvestinės finansinės priemonės, jos padeda sumažinti valiutos ir palūkanų normos riziką. Tyrimas taip pat atskleidė

\*Autorius susirašinėti. El. paštas [viktorija.sodaunykaite@stud.vgtu.lt](mailto:viktorija.sodaunykaite@stud.vgtu.lt)

apskaitos problemą – apskaitos standartai atsilieka nuo šių priemonių plitimo greičio, sunku pritaikyti ir pakeisti apskaitos standartus, nes išvestinės priemonės yra sudėtingos. Donohoe (2015) atlikti tyrimai parodė, kad išvestinės priemonės turi ne tik teigiamą įtaką pasaulio ekonomikai. Pasak Aleknevičienės (2005), Helfenstein (2017) bei Coelho ir Reddy (2017), išvestinės finansinės priemonės padeda perkelti riziką nuo tų, kurie jos nepageidauja, tiems, kurie norėtų rizikuoti. Šiomis priemonėmis spekuliaciniai rinkos sandoriai tapo labiau kontroliuojami. Jos taip pat padeda didinti santaupas ir investicijų grąžą ilguoju laikotarpiu. Dėl šių priežasčių jos pastaruoju metu tampa vis populiareesnės ir labiau naudojamos.

Lietuvių autoriai Rutkauskas ir Stankevičius (2006), Valakevičius (2008), Kancerevyčius (2009), Sūdžius (2011) ir užsienio autoriai Chui (2016), Dejanovski (2017), Helfenstein (2017), Anton (2016), Sahoo (2016) bei Jiang ir kt. (2017), Hull (2015) ir daugelis kitų moksliniuose darbuose analizuoja išvestines finansines priemones, daugiausia pasirinkimo sandorius. Ši išvestinė priemonė laikoma plačiausiai naudojama dėl savo privalumų, lyginant su kitomis priemonėmis: toks sandoris leidžia uždirbti neribotą pelną iš anksto žinant galimą nuostolį, o naudojant ateities ir būsimojus sandorius galima patirti neribotą nuostolį. Sudarydamas pasirinkimo sandorį, investuotojas iš anksto žino, kokią pinigų sumą gali prarasti. Dar vienas privalumas tas, kad pasirinkimo sandoris įvykdomas tik klientui pageidaujant. Tai vienintelė išvestinė priemonė, kuri suteikia teisę rinktis, ar sandoris bus vykdomas. Pasirinkimo sandoriai gali būti plačiai naudojami tiek įmonių, tiek individualių investuotojų. Šie sandoriai naudojami spekuliacijai (bandymas atspėti būsimą bazinio turto kainą), apsidraudimui nuo tam tikro turto kainos svyravimų (rizikai valdyti), darbuotojams skatinti ir dėl šių priežasčių verta plačiau analizuoti ir daugiausia dėmesio skirti būtent šiai išvestinei finansinei priemonei.

Siekiant tinkamai išnaudoti šios išvestinės priemonės galimybes ir sėkmingai dalyvauti prekyboje, privalu suprasti, kas yra ir nuo ko priklauso pasirinkimo sandorio kainos svyravimai. Pasirinkimo sandorio kaina yra svarbiausias sandorio aspektas, tačiau jis itin sudėtingai įvertinamas. Problema ta, kad labai sudėtinga įvertinti kainos jautrumą tam tikriems veiksniams, nes jie yra sunkiai apibrėžiami, labiausiai dėl kintamumo komponentės. Nors tam yra sukurta įvairių pasirinkimo sandorių kainų nustatymo modelių, jie paremti prielaidomis, kurios dažnai neatitinka realybės. Kiekvienas, norintis sėkmingai investuoti į šią išvestinę finansinę priemonę, turi suprasti, nuo kokių veiksnių priklauso pasirinkimo sandorio kaina.

Straipsnio tikslas – remiantis mokslinės literatūros šaltiniais ir realiais rinkos duomenimis, įvertinti pasirinkimo sandorių kainos jautrumą. Šiam tikslui keliami tokie uždaviniai:

1. Pateikti pasirinkimo sandorių teorinius aspektus išvestinių finansinių priemonių kontekste, atliekant mokslinės literatūros šaltinių analizę.
2. Išanalizuoti pasirinkimo sandorių kainos nustatymo teorinius aspektus, Black-Scholes pasirinkimo sandorių kainos nustatymo modelį ir graikiškąsias raides.

3. Remiantis statistiniais duomenimis įvertinti pasirinkimo sandorių kainas ir jų jautrumą skirtingiems veiksniams.

## 1. Pasirinkimo sandorių kainos ir jai darančių veiksnių analizė

Investuojant į pasirinkimo sandorius, pelną lemia sandorių kaina, kuri priklauso nuo daugelio veiksnių ir nuolat kinta. Kadangi tai yra suma, kurią investuotojas sumoka iš anksto, be galimybės atgauti, privalu žinoti, kas lemia rizikos premijos dydį ir ar rizika verta galimybės užsidirbti. Pasirinkimo sandorio kaina yra premija, kurią sandorio pirkėjas moka pardavėjui. Pasirinkimo sandoryje tai pagrindinis kintamasis, o šio kintamojo nustatymas – svarbiausias etapas, formuojant investavimo strategiją. Pasirinkimo sandorio kainą (premią) sudaro dvi dalys: vidinė vertė ir laiko vertė (Hull, 2015). Chisholm (2010), Hull (2015), Lee ir kt. (2016) bei Helfenstein (2017) teigia, kad vidinė pasirinkimo sandorio vertė priklauso nuo bazinio turto rinkos kainos, sulygtos kainos (kaina, kuria sutariama parduoti bazinį turtą) ir palūkanų normos, o laiko vertė priklauso nuo sandorio galiojimo laiko ir bazinio turto kintamumo. Pasirinkimo sandoriai laikomi pelningais, jeigu jų vidinė vertė didesnė už nulį, nepelningais pasirinkimo sandoriais laikomi tie, kurie neturi vidinės vertės, tačiau tokie sandoriai niekada nebus įvykdyti, nes tai būtų nuostolinga. Taip pat gali būti rinkos vertės sandoriai – tie, kurių sulygtą kaina yra lygi bazinio turto kainai rinkoje. Jie neduos jokio pelno, nes sandorio pirkėjas turi teisę pirkti bazinį turtą už tokią pačią kainą kaip ir rinkoje (sandorio turėtojo patirtas nuostolis bus lygus sumokėtai premijai už įgytą teisę). Pelningi pirkimo pasirinkimo sandoriai yra tokie sandoriai, kurių sulygtą kaina mažesnė už bazinio turto kainą rinkoje. Jie generuos pelną, kadangi sandorio pirkėjas turi teisę įsigyti bazinį turtą už mažesnę kainą negu rinkoje ir iš karto įvykdęs sandorį, nes tą bazinį turtą rinkos kaina. Tačiau privalu pabrėžti, kad pelnas bus gautas tuo atveju, jeigu sumokėta pirkimo ar pardavimo pasirinkimo premija bus mažesnė už bazinio turto kainos padidėjimą (pardavimo pasirinkimo sandoriams) arba mažėjimą (pirkimo pasirinkimo sandoriams). Su nepelningais pirkimo pasirinkimo sandoriais susiduriama tada, kai bazinio turto rinkos kaina mažesnė už sulygtąją kainą ir sandorio neverta įgyvendinti.

Pasirinkimo sandorio kaina taip pat priklauso nuo laiko. Net ir tada, kai pasirinkimo sandoris vidinės vertės neturi, jis vis dar turi vertę – laiko vertę, už kurią ir mokama premija. Tai yra laikas, per kurį gali būti įgyvendintas sandoris. Laiko vertė atspindi tikimybę, kad pasirinkimo sandorio vidinė vertė per tą laiką pasikeis ir jis taps pelningas. Pasirinkimo sandorio kaina yra funkcija, priklausanti nuo pasirinkimo sandorio kainos parametrų (Bellalah, 2014):

$$C = f(S, X, T, r, \sigma), \quad (1)$$

čia:  $S$  – bazinio turto rinkos kaina;  $X$  – pasirinkimo sandorio sulygtą kaina;  $T$  – sandorio galiojimo laikas;  $r$  – nerizikinga palūkanų norma;  $\sigma$  – bazinio turto kainos kintamumas.

Aptarti pasirinkimo sandorio kainos parametrai sudaro sandorio laiko vertę. Pasirinkimo sandorio vertė, kai jis termino pabaigoje yra pelningas, yra pasirinkimo sandorio tikroji vertė. Pirkimo pasirinkimo sandorio tikroji vertė yra  $\max[S-X]$  arba nieko. Pardavimo pasirinkimo sandorio tikroji vertė yra  $\max[X-S]$  arba nieko (Hull, 2015).

Moksliniuose darbuose (Chisholm, 2010; Bellalah, 2014; Hull, 2015; Lee et al., 2016; Goodman et al., 2018; Helfenstein, 2017) išskiriami tokie pagrindiniai veiksniai, turintys įtakos pasirinkimo sandorio kainai:

- 1) **bazinio turto rinkos kaina ( $S$ )**;
- 2) **sulygta kaina ( $X$ )** – kaina, už kurią susitariama pirkti arba parduoti bazinį turtą tam tikrą dieną arba iki jos;
- 3) **nerizikinga palūkanų norma ( $r$ )** – veiksnys, kuris lemia pasirinkimo sandorio kainą netiesiogiai. Didėjant palūkanų normai rinkoje, yra tikimybė, kad didės ir bazinio turto kaina rinkoje;
- 4) **bazinio turto kainos kintamumas ( $\sigma$ )** – visada yra tikimybė, kad bazinio turto kaina keisis sandorio galiojimo metu;
- 5) **sandorio galiojimo laikas ( $T$ )**. Pasirinkimo sandorio kaina kinta priklausomai nuo šių veiksnių. Pasirinkimo kaina yra svarbiausias ir sudėtingai įvertinamas kintamasis, šiai problemai išspręsti yra sukurta įvairių pasirinkimo sandorių kainos nustatymo modelių.

Akivaizdu, kad, renkant pasirinkimo sandorį, svarbiausias kriterijus – jo kaina, nes būtent sumokėta rizikos premija pirkimo pasirinkimo arba pardavimo pasirinkimo sandorio pirkėjui reiškia didžiausią galimą nuostolį, pardavėjui – didžiausią galimą pelną. O kainos jautrumas bazinio turto kainos, sulygtos kainos, kintamumo, laikotarpio ir nerizikingos palūkanų normos pasikeitimams yra puiki galimybė pelningai investuoti, nes tinkama šių veiksnių pokyčių prognozė ir žinojimas, kiek tai paveiks pasirinkimo sandorio kainą, leidžia tuo spekuliuoti. Todėl kiekvienas, siekiantis spekuliacijos, apsidraudimo arba rizikos valdymo tikslais sėkmingai pasinaudoti šia išvestine finansine priemone, turi suprasti, nuo ko priklauso ir kaip apskaičiuojama pasirinkimo sandorio kaina. Jo kaina išreiškiama kaip funkcija, priklausanti nuo bazinio turto rinkos kainos, sulygtos kainos, nerizikingos palūkanų normos, bazinio turto rinkos kainos kintamumo ir sandorio galiojimo laiko. Pasirinkimo sandorio vertę sudaro tikroji vertė termino pabaigoje ir laiko vertė, jei terminas dar nepasibaigęs. Laiko vertė yra didesnė, jei terminas ilgesnis, ir atvirkščiai. Yra sukurta įvairių pasirinkimo sandorio kainos nustatymo modelių, tačiau čia kyla dar viena problema – visi modeliai paremti prielaidomis, kurios realybėje neegzistuoja.

## 2. Black-Scholes pasirinkimo sandorio kainos nustatymo modelio koncepcija

1973 m. Black ir Scholes sukūrė patį populiariausią ir svarbiausią modelį pasirinkimo sandorių kainai (Nwozo ir Fadugba, 2014). Šis pasirinkimo sandorių įkainojimo

modelis yra visuotinai pripažintas ir plačiai taikomas europietiško tipo pasirinkimo sandorių kainai nustatyti.

Matematinė pirminio Black-Scholes modelio išraiška pateikta formulėse:

$$C = S_0 e^{-qt} \times N(d_1) - X e^{-rt} \times N(d_2); \quad (2)$$

$$P = X e^{-rt} \times N(-d_2) - S_0 e^{-qt} \times N(-d_1); \quad (3)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + t\left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{t}}; \quad (4)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}, \quad (5)$$

čia:  $C$  – europietiškojo pirkimo pasirinkimo sandorio vertė;  $P$  – europietiškojo pardavimo pasirinkimo sandorio vertė;  $S$  – akcijos einamoji kaina;  $X$  – sulygta kaina;  $t$  – pasirinkimo sandorio galiojimo laikas;  $r$  – nerizikinga palūkanų norma;  $q$  – dividendų norma;  $\sigma$  – bazinio turto kainos kintamumas;  $N_1, N_2$  – normaliojo pasiskirstymo funkcijos.

Autoriai (Bellalah, 2014; Edeki et al., 2015; Helfenstein, 2017; Lee et al., 2016; Sinclair, 2010; Jarrow, 2014; Gregoriou, 2010; Coelho ir kt., 2017; Kancerevyčius, 2009; Aleknevičienė, 2005; Hull, 2015) teigia, kad modelis paremtas keliomis prielaidomis: nėra arbitražinių sandorių galimybių, komisinių ir kitų mokesčių, bazinio sandorio turto grąža pasiskirsčiusi pagal normalųjį skirstinį, nerizikinga palūkanų norma bei kintamumas yra pastovūs dydžiai visą pasirinkimo sandorio galiojimo laiką ir yra vienodo dydžio bet kokios trukmės sandoriui. Prielaida, kad kintamumas yra pastovus dydis, kelia daug sunkumų nustatant pasirinkimo sandorio kainą, nes realybėje to nėra. Atsižvelgiant į tai, Black-Scholes modelis yra vienas dažniausiai taikomų modelių pasirinkimo sandorio kainai nustatyti, jis laikomas naudingą tiek teoriškai, tiek praktiškai (Edeki et al., 2015). Pasak Gregoriou (2010), viena iš pagrindinių prielaidų ta, kad nėra komisinių ir kitų mokesčių. Pastaruoju metu mokslinėje literatūroje daug dėmesio skiriama šiai prielaidai ir jos įtakai pasirinkimo sandorių kainai tirti. Tyrimai rodo, kad bazinio turto kaina padidėja proporcingai, atsižvelgiant į prekybos išlaidas.

Jarrow (2014), Walling ir Moore (2010), Nwozo ir Fadugba (2014) darbuose teigiama, kad Black-Scholes pasirinkimo sandorio kainos nustatymo modelis grindžiamas šiomis prielaidomis: rinkos yra konkurencingos, nėra arbitražinių sandorių galimybių, komisinių bei kitų mokesčių, bazinio sandorio turto grąža pasiskirsčiusi pagal normalųjį skirstinį, nerizikinga palūkanų norma yra pastovus dydis visą pasirinkimo sandorio galiojimo laiką ir yra vienodo dydžio bet kokios trukmės sandoriui. Lesmana ir Wang (2017) atlikti tyrimai parodė, kad šios prielaidos neatitinka realybės ir kintamumas nėra pastovus dydis. Šiai problemai spręsti buvo pasiūlyta kitų modelių, kuriuos galima skirstyti į tris klases: stochastiniai modeliai, determinantiniai funkciniai modeliai ir difuzijos modeliai (Lesmana ir Wang, 2017). Pasak Xu ir Yang (2013), Song ir Wang (2013), Lee ir kt. (2017), po to, kai buvo pasiūlyta

Black-Scholes klasikinė lygtis pasirinkimo sandorio kainai nustatyti, dalinės diferencialinės lygties metodika tapo populiarė. Tyrimų rezultatai apima du pagrindinius aspektus: nustatyti pasirinkimo sandorio kainą, taikant tikslingesnius matematinius metodus, ir kitas – sukurti naujus pasirinkimo sandorių įkainojimo modelius, kurie labiau atspindėtų realią rinką. Pastaruosius dešimtmečius Black-Scholes kainos nustatymo modelis itin plačiai taikomas, tačiau klasikinė modelio lygtis grindžiama griežtomis prielaidomis, kurios realybėje ne visada egzistuoja.

### 3. Graikiškosios raidės vertinant pasirinkimo sandorių kainos jautrumą

Pasak Martinkutės-Kaulienės (2013), kiekvienas, naudojantis pasirinkimo sandorius, turi suprasti ir įvertinti galimą riziką. Kartais investuotojai neskiria pakankamai dėmesio rizikingų pasirinkimo sandorių naudojimui, pritaikymui ir valdymui. Rizikos įvertinimas yra pagrindinis veiksnys, lemiantis sėkmingą pasirinkimo sandorių naudojimą.

Pasirinkimo sandorio riziką apibrėžia jo kainos jautrumas tam tikriems rinkos veiksniams. Kaip minėta, pasirinkimo sandorio kainą gali paveikti penki kintamieji: bazinio turto kaina, vykdymo kaina, nerizikinga palūkanų norma, kintamumas ir sandorio galiojimo terminas. Pasak Hull (2015), Paunovic (2014), graikiškosios raidės žymi tam tikrus pasirinkimo sandorio rizikos charakteristikų santykius ir parodo sandorio kainos jautrumą šiems kintamiesiems. Investuotojas, suprasdamas ir mokėdamas įvertinti pasirinkimo sandorių jautrumą įvertinančias graikiškąsias raides, gali valdyti ne tik šių sandorių riziką, bet ir viso portfelio rizikingumą (Kancerevyčius, 2009). Atlikta nemažai tyrimų, įvertinančių graikiškąsias raides Black-Scholes pasirinkimo sandorių kainos nustatymo

modelio pagrindu. Chen ir Lee (2008) paaiškino graikiškųjų raidžių vartojimą akcijų pasirinkimo sandoriams (su dividendais ir be jų), taip pat paaiškino ryšius tarp šių graikiškųjų raidžių. Juneja (2013) atliko tyrimą, kurio metu įrodė, kad prekyba pasirinkimo sandoriais ir visos pasirinkimo sandorių strategijos paremtos rizikos veiksniais, o jie gali būti įvertinami Black-Scholes arba Binominio pasirinkimo sandorio kainos nustatymo modeliu ir graikiškosiomis raidėmis.

Remiantis atliktais tyrimais, galima daryti išvadą, kad graikiškųjų raidžių analizė yra būtina, norint įvertinti pasirinkimo sandorio kainos jautrumą. Pagrindinės graikiškosios raidės pateiktos 1 lentelėje.

**Delta.** Rodo pasirinkimo sandorio kainos jautrumą bazinio turto kainos rinkos pokyčiams, kitiems veiksniams nekintant. Delta, taip pat vadinama apsidraudimo rodikliu, leidžia apsaugoti nuo bazinio turto vertės pokyčių (Chen ir Lee, 2008). Delta reikšmė visada yra tarp 0 ir 1 arba tarp –1 ir 0. Delta parodo tikimybę, kad sandoriu termino pabaigoje bus pasinaudota pelningai. Jeigu pasirinkimo sandoris yra beveik pelningas, delta bus lygi 0,5. Kadangi tikimybė, jog sandoris bus pelningas, yra tokia pati kaip ir tikimybė, kad sandoris nebus pelningas. Jeigu sandoris yra nepelningas, tokio sandorio delta bus arti nulio, nes tikimybė, kad sandoriu bus pasinaudota, yra maža, dėl to rinkos veiksniai beveik neturės įtakos pasirinkimo sandorio kainai. Delta dažniausiai išreiškiama procentais. Pavyzdžiui, jeigu delta yra lygi 1 (100 %), pasirinkimo sandorio kainos pokytis lygus bazinio turto kainos pokyčiui. Jeigu delta yra 0,5, arba 50 %, vadinasi, bazinio turto rinkos kainai padidėjus vienu vienetu, pasirinkimo sandorio kaina padidės per pusę tiek, kiek padidėjo bazinio turto kaina. Kai delta lygi 0, arba 0 %, sandorio kaina nepriklauso nuo bazinio turto kainos ir toks sandoris nėra pelningas. Dažnai delta reikšmė būna ir neigiamoji – tai

1 lentelė. Graikiškųjų raidžių charakteristikos (Murauskaitė, 2011)

Graikiškoji raidė	Žymėjimas	Formulė		Jautrumas
		Pirkimo pasirinkimo sandoris	Pardavimo pasirinkimo sandoris	
Delta	$\Delta$	$e^{-qt} \times N(d_1)$	$e^{-qt} \times (N(d_1) - 1)$	Pasirinkimo sandorio kainos jautrumas bazinio turto kainos pokyčiams
Gamma	$\Gamma$	$\frac{e^{-qt}}{S_0 \sigma \sqrt{t}} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{d_1^2}{2}}$	$\frac{e^{-qt}}{S_0 \sigma \sqrt{t}} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{d_1^2}{2}}$	Pasirinkimo sandorio delta jautrumas bazinio turto kainos pokyčiams
Theta	$\Theta$	$\frac{1}{T} \left( - \left( \frac{S_0 \sigma e^{-qt}}{2\sqrt{t}} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{d_1^2}{2}} \right) - rXe^{-rt} N(d_2) + qS_0 e^{-qt} N(d_1) \right)$		Pasirinkimo sandorio kainos jautrumas laikui iki sandorio vykdymo dienos
Vega	K	$\frac{1}{100} S_0 e^{-qt} \sqrt{t} \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{d_1^2}{2}}$		Pasirinkimo sandorio kainos jautrumas bazinio turto kintamumui
Rho	P	$\frac{1}{100} Xte^{-rt} \times N(d_2)$	$\frac{1}{100} Xte^{-rt} \times N(-d_2)$	Pasirinkimo sandorio kainos jautrumas nerizikingai palūkanų normai



rodo kainos pasikeitimo kryptį. Pirkimo pasirinkimo pirkimas ir pardavimo pasirinkimo pardavimas turi teigiamas delta, o pardavimo pasirinkimo pirkimas ir pirkimo pasirinkimo pardavimas turi neigiamas delta (Martinkutė-Kaulienė, 2013). Pasak Chisholm (2010):

1. Pirkimo pasirinkimo pirkimas – teigiama delta. Pirkimo pasirinkimo sandorio teigiama delta reiškia, kad sandoris tampa pelningas tada, kai kyla bazinio turto kaina.
2. Pirkimo pasirinkimo pardavimas – neigiama delta. Sandoris praranda vertę, kai bazinio turto kaina kyla. Sandorio vertė didėja mažėjant bazinio turto kainai.
3. Pardavimo pasirinkimo pirkimas – neigiama delta. Pardavimo pasirinkimo neigiama delta reiškia, kad sandoris tampa pelningas, kai bazinio turto kaina mažėja.
4. Pardavimo pasirinkimo pardavimas – teigiama delta. Sandorio vertė didėja, kai bazinio turto kaina kyla ir mažėja tada, kai bazinio turto kaina krenta.

**Gamma.** Parodo delta jautrumą bazinio turto kainos pokyčiams. Kuo gamma yra didesnė, tuo delta labiau reaguoja į bazinio turto kainos pasikeitimus. Pirkimo pasirinkimo ir pardavimo pasirinkimo pirkimo sandoriai turi teigiamas gamma, o pirkimo pasirinkimo ir pardavimo pasirinkimo sandoriai turi neigiamas gamma (Hull, 2015).

**Theta.** Pasirinkimo sandoriams būdingas rizikos veiksnys – laikas. Theta parodo pasirinkimo sandorio jautrumą laikui. Visi pasirinkimo sandoriai praranda savo vertę mažėjant laikui, todėl theta yra neigiama. Jie neturi vertės, pasibaigus terminui. Jeigu, pavyzdžiui, theta lygi 0,07, likus vienai dienai mažiau iki termino pabaigos, pasirinkimo sandorio kaina sumažės 0,07 Eur (Cassidy et al., 2013).

**Vega.** Rodo kintamumo pokytį. Kintamumas gali būti dviejų tipų: statistinis ir numatomas. Statistiniu kintamumu dažnai laikomas standartinis nuokrypis, o numatomas kintamumas naudojamas įkainojant pasirinkimo sandorius – tai sandorių paklausos ir pasiūlos rodiklis. Statistinis kintamumas rodo tikrą pasirinkimo sandorio kainos pokytį per tam tikrą laikotarpį, o numatomas kintamumas rodo investuotojo lūkesčius pasirinkimo sandorio kainai. Apskaičiuoti vegai naudojamas istorinis kintamumas (Kim et al., 2014). Jį galima laikyti rizikos matu. Laikui bėgant vega mažėja, nes laikas didina kintamumą. Pirkimo pasirinkimo ir pardavimo pasirinkimo pirkimo sandoriai turi teigiamą vega, o pirkimo pasirinkimo ir pardavimo pasirinkimo pardavimo sandoriai turi neigiamą vega. Pavyzdžiui, jeigu pasirinkimo sandorio vega lygi 7,85, vadinasi, kintamumui padidėjus 1 %, sandorio kaina padidės 0,785 Eur (Sinha ir Johar, 2010).

**Rho.** Parodo pasirinkimo sandorio kainos jautrumą palūkanų normai. Kuo daugiau laiko lieka iki sandorio įvykdymo dienos, tuo jautrumas didesnis. Didėjanti palūkanų norma mažina pardavimo pasirinkimo sandorių vertę (rho neigiama) ir didina pirkimo pasirinkimo sandorių vertę (rho teigiama) (Rajanikanth ir Reddy, 2015).

Toliau tyrime pasirinkimo sandorio kaina nustatoma taikant Black-Scholes kainos nustatymo modelį ir vertinamos skirtingo tipo pasirinkimo sandorių kainų graikiškosios raidės. Siekiant įvertinti sandorio kainos jautrumą pagal Black-Scholes modelyje kainai nustatyti taikomos komponentės: bazinio turto, suldytos kainos, nerizikingos palūkanų normos, kintamumo ir sandorio galiojimo laiko pokyčiams. Šis modelis parodo, nuo ko priklauso pasirinkimo sandorio kaina, o skirtingos graikiškosios raidės parodo pasirinkimo sandorio kainos jautrumą skirtingiems veiksniams: delta parodo jautrumą bazinio turto kainos pasikeitimams, gamma – pačios delta jautrumą bazinio turto pasikeitimams, vega rodo jautrumą laikui, theta – kintamumui, o rho – jautrumą nerizikingos palūkanų normos svyravimams.

Pasirinkimo sandorių kainos skaičiavimas yra kainos jautrumo vertinimo pagrindas, graikiškųjų raidžių skaičiavimas bei interpretavimas – vertinimo esmė.

#### 4. Pasirinkimo sandorių kainos jautrumo vertinimas

Siekiant nustatyti pasirinkimo sandorio kainą pagal Black-Scholes modelį, reikia turėti šiuos duomenis: bazinio turto kainą, sandorio galiojimo laiką, nerizikingos palūkanų normos dydį, bazinio turto kainos kintamumą ir dividendų normą (jeigu sandorio bazinis turtas yra akcija). Kainos jautrumui minėtiems veiksniams įvertinti vartojamos graikiškosios raidės: delta, gamma, theta, vega ir rho. Gauti dydžiai interpretuojami. Toliau surenkami reikalingi parametrai ir nustatoma pasirinkimo sandorio, sudaryto tam tikro bazinio turto pagrindu, kaina. Tiek pasirinkimo sandorio kaina, tiek jos jautrumas vertinami remiantis realių rinkų statistiniais duomenimis, šiuo atveju JAV pasirinkimo sandorių rinkos, kuri yra didžiausia šių išvestinių finansinių priemonių rinka pasaulyje. Atliekant pasirinkimo sandorio kainos jautrumo vertinimą, pirmiausia atrenkami reikalingi parametrai: laikotarpis (1 metai), bazinio turto kaina (šiuo atveju turimos „Apple“ akcijų, aukso, EUR/USD valiutos poros ir kakavos kainos nuo 2017 m. kovo 20 d. iki 2018 m. kovo 16 d. ir tai yra 252 reikšmės), suldyta kaina (daroma prielaida, kad, suėjus terminui, jog bazinio turto kaina bus tokia pati kaip sandorio sudarymo dieną), kintamumas skaičiuojamas taip:

apskaičiuojami kiekvienos dienos turto kainų pokyčiai (išreiškiami procentais).

$$P_n = \frac{K_n - K_{n-1}}{K_{n-1}} \times 100 \% , \quad (6)$$

čia:  $K_n$  – bazinio turto kaina  $n$  dieną;  $K_{n-1}$  – bazinio turto kaina dieną prieš;  $n$  – diena.

Pritaikius Excel funkciją STDEV skaičiuojamas viso laikotarpio kainų pokyčių standartinis nuokrypis ir taip gaunamas dienos kintamumas, o norint gauti viso laikotarpio (252 dienų) kintamumą, taikoma ši formulė:

$$\text{Kintamumas} = \sigma \times \sqrt{252} . \quad (7)$$

Atlikus skaičiavimus, gautas 19,71 % metinis akcijų kainos kintamumas, 10,46 % aukso kainos kintamumas, 7,17 % EUR/USD valiutos kintamumas ir 33,96 % kakavos kainos kintamumas. Dar vienas reikalingas parametras yra nerizikinga palūkanų norma, kuria JAV rinkoje laikoma vyriausybės obligacijų palūkanų norma – 2018 m. kovo 16 d. buvo lygi 2,84 %. 2 lentelėje pateikiami duomenys, reikalingi pasirinkimo sandorių kainai skaičiuoti.

Turint visus reikiamus duomenis, Excel programa skaičiuojama pirkimo pasirinkimo sandorio ir pardavimo pasirinkimo sandorio kaina 2018 m. kovo 16 d. Pavyzdžiui, pirkimo pasirinkimo sandorio kaina akcijai skaičiuojama taip remiantis 8 formule:

$$C = S_0 e^{-qt} \times N(d_1) - X e^{-rt} \times N(d_2). \quad (8)$$

Naudojant šią formulę, pirmiausia paskaičiuojami  $d_1$  ir  $d_2$  parametrai (4, 5 formulės). Norint gauti  $N(d_1)$  ir  $N(d_2)$ , taikoma NORMSDIST funkcija. Funkcija EXP gaunamos  $e^{-qt}$  ir  $e^{-rt}$  reikšmės. Gauti rezultatai toliau bus naudojami graikiškosioms raidėms skaičiuoti (3 lentelė).

Pasirinkimo sandorio kainos jautrumo vertinimas atliekamas skaičiuojant ir interpretuojant graikiškąsias raides: delta, gamma, tetha, vega ir rho. Gauti rezultatai pateikiami 4 lentelėje.

Akcijos pasirinkimo sandorio delta lygi 0,618, tai reiškia, kad, akcijos kainai pasikeitus 1 Eur, pirkimo pasirinkimo sandorio kaina pasikeičia 0,618 Eur (3,5 %) (bazinio turto kainai padidėjus, pasirinkimo sandorio kaina didėja, sumažėjus – mažėja), o bazinio turto kainai padidėjus 1 Eur pardavimo pasirinkimo kaina sumažėja 0,382 Eur (3,6 %) (bazinio turto kainai padidėjus, pasirinkimo sandorio kaina mažėja, sumažėjus – didėja). Aukso kainai pasikeitus 1 Eur, pirkimo pasirinkimo sandorio kaina pasikeičia 0,668 Eur (0,8 %), o pardavimo pasirinkimo sandorio kaina sumažėja 0,332 Eur (1,2 %), atitinkamai valiutai pabrangus arba atpigus 1 Eur, jos pirkimo pasirinkimo sandorio kaina padidėja arba atitinkamai sumažėja 0,724 Eur, o pardavimo pasirinkimo kaina sumažėja 0,276 Eur (daugiau nei 1000 %), kakavos kainai pasikeitus 1 Eur, pirkimo pasirinkimo sandorio kaina pasikeičia 0,613 Eur (0,19 %), o pardavimo pasirinkimo sandorio kaina sumažėja 0,387 Eur (0,16 %).

Akcijos gamma lygi 0,012, tai reiškia, kad akcijos kainai pasikeitus 1 Eur, pasirinkimo sandorio delta pasikeis 0,012. Aukso kainai pasikeitus 0,003, delta pasikeis 0,003, valiutai pabrangus arba atpigus 1 Eur, delta atitinkamai pasikeis 5,360, o kakavai pasikeitus 1 Eur, delta pasikeis tik 0,001. 1 Eur pasikeitus akcijų, aukso ir kakavos kainoms,

2 lentelė. Pasirinkimo sandorio kainai nustatyti reikalingi duomenys (sudaryta autorių, remiantis APPL, 2018; Gold, 2018; EUR/USD, 2018; Cocoa, 2018)

Pavadinimas	Bazinio turto kaina, Eur	Sulygta kaina, Eur	Kintamumas, %	Nerizikinga palūkanų norma, %	Laikotarpis, metais
Akcijos	178,0	178,0	19,71	2,84	1,00
Auksas	1253,1	1253,1	10,46	2,84	1,00
Valiuta	1,2	1,2	7,17	2,84	1,00
Kakava	2117,9	2117,9	33,96	2,84	1,00

3 lentelė. Pasirinkimo sandorio kaina (sudaryta autorių)

Turto pavadinimas	Bazinio turto kaina, Eur	Sulygta kaina, Eur	Kintamumas, %	Nerizikinga palūkanų norma, %	Laikotarpis, metais	Pirkimo pasirinkimo sandorio kaina, Eur	Pardavimo pasirinkimo sandorio kaina, Eur
Akcijos	178,02	178,02	19,71	2,84	1,00	17,47	10,49
Auksas	1253,15	1253,15	10,46	2,84	1,00	79,53	30,39
Valiuta	1,24	1,24	7,17	2,84	1,00	0,06	0,02
Kakava	2117,98	2117,98	33,96	2,84	1,00	323,39	240,34

4 lentelė. Graikiškosios raidės (sudaryta autorių)

Pasirinkimo sandoris	Delta		Gamma		Tetha		Vega		Rho	
	Pirk.	Pard.	Pirk.	Pard.	Pirk.	Pard.	Pirk.	Pard.	Pirk.	Pard.
Akcijos	0,618	-0,382	0,012		-0,044	-0,017	0,743		0,926	-0,784
Auksas	0,668	-0,332	0,003		-0,234	-0,043	5,495		7,577	-4,463
Valiuta	0,724	-0,276	5,360		0,0002	0,00003	0,006		0,008	-0,004
Kakava	0,613	-0,387	0,001		-0,748	-0,425	8,806		9,753	-10,597

jų delta pokyčiai nesiektų 1 %, o valiutos delta pasikeistų beveik 1000 % – tai reiškia, kad valiutos pasirinkimo sandorio delta jautriausia.

Akcijos tetha lygi  $-0,044$ , tai reiškia, kas pirkimo pasirinkimo sandorio vertė su kiekviena diena sumažėja 0,044 Eur (0,25 %), o pardavimo pasirinkimo sandorio vertė 0,017 Eur (0,16 %). Pirkimo pasirinkimo sandorio vertė auksui kiekvieną dieną sumažėja 0,234 Eur (0,29 %), o pardavimo pasirinkimo vertė sumažėja 0,043 Eur (0,14 %). EUR/USD pasirinkimo sandorių vertė su kiekviena diena nežymiai didėja, o kakavos pirkimo pasirinkimo sandorio (0,748 Eur) ir pardavimo pasirinkimo sandorio (0,425 Eur) vertė su kiekviena diena mažėja 0,23 % ir 0,17 %. Visų analizuojamų pasirinkimo sandorių vertė mažėja su laiku, išskyrus valiutos pasirinkimo sandorį – atlikus vertinimą, gauti rezultatai rodo, jog valiutos pasirinkimo sandorio vertė kasdien nežymiai didėja.

Akcijos vega lygi 0,743, tai rodo, kad akcijos kintamumui pasikeitus 1 %, pasirinkimo sandorio kaina pasikeis 0,743 Eur (padidėjus kintamumui, kaina didės, o sumažėjus – mažės) (pirkimo pasirinkimo sandorio – 4,25 %, o pardavimo pasirinkimo – 5,13 %). Aukso kintamumui pasikeitus 1 %, pasirinkimo sandorio kaina pasikeis 5,495 Eur (pirkimo pasirinkimo sandorio – 6,91 %, o pardavimo pasirinkimo – 18,08 %). Valiutos kintamumui pasikeitus 1 %, valiutos pasirinkimo sandorio kaina keisis 0,006 Eur (pirkimo pasirinkimo sandorio – 10 %, o pardavimo pasirinkimo – 30 %), o kakavos kintamumui pasikeitus 1 %, pasirinkimo sandorio kaina pasikeis 8,806 Eur (pirkimo pasirinkimo sandorio – 2,72 %, o pardavimo pasirinkimo – 3,66 %).

Akcijos rho lygi 0,926, galima teigti, kad nerizikingai palūkanų normai pasikeitus 1 % akcijų pirkimo pasirinkimo sandorio kaina pasikeis 0,926 Eur (5,3 %), aukso – 7,577 Eur (9,5 %), valiutos – 0,008 Eur (13,33 %), o kakavos – 9,753 Eur (3,13 %). Nerizikingai palūkanų normai padidėjus 1 %, akcijų pardavimo pasirinkimo kaina sumažės 0,784 Eur (7,4 %) (o nerizikingai palūkanų normai padidėjus 1 %, padidės 0,784 Eur), aukso – sumažės 4,463 Eur (14,68 %), valiutos – 0,004 Eur (20 %), o kakavos 10,597 Eur (4,41 %).

Atlikus pasirinkimo sandorio kainos jautrumo vertinimą, galima daryti išvadą, kad bazinio turto kainos pokyčiams jautriausia yra valiutos pasirinkimo sandorio kaina, daugiausia per dieną nuvertėja (t. y. jautriausia laikui) aukso pasirinkimo sandorio kaina, į kintamumo ir nerizikingos palūkanų normos pasikeitimus labiausiai reaguoja valiutos pasirinkimo sandorio kaina. Akcijos ir kakavos pasirinkimo sandorio kaina jautriausia nerizikingos palūkanų normos pasikeitimams, aukso pasirinkimo sandorio kaina labiausiai reaguoja į kintamumo ir palūkanų normos pokyčius, o valiutos pasirinkimo sandorio kaina labiausiai reaguoja į bazinio turto kainos pasikeitimus. Investuotojas, prieš išgydamas pasirinkimo sandorį, turi atkreipti dėmesį į skirtingo bazinio turto pagrindu sudaryto pasirinkimo sandorio kainos jautrumą tam tikriems veiksniams, nes, prognozuojant bazinio turto kainos pokyčius, nerizikingos palūkanų normos pasikeitimus gali-

ma numatyti ir atitinkamus pasirinkimo sandorio kainos pasikeitimus, paskui sandorį pardavus – iš to užsidirbti arba išvengti galimų nuostolių.

## Literatūra

- AAPL. (2018). *Yahoo finance*. <https://finance.yahoo.com/quote/AAPL?p=AAPL>
- Aleknevičienė, V. (2005). *Finansai ir kreditas*. Enciklopedija.
- Anton, S. G. (2016). Risk management with financial derivatives: Empirical evidence from Romanian Non-financial firms. *Annals of Faculty of Economics, University of Oradea*, 1(2), 336–342. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=4&sid=771c8ef2-25e3-4e03-a765-66e1a0da344b%40pdc-v-sessmgr01&bdata=JnNpdGU9ZWVhY3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=120823159&db=bth>
- Bellalah, M. (2009). *Derivatives, risk management and value*. World Scientific Publishing.
- Cassidy, D. T., Hamp, M. J., & Ouyed, R. (2013). Log Student's *t*-distribution-based option sensitivities: Greeks for the Gosset formulae. *Quantitative Finance*, 8(13), 1289–1302. <https://doi.org/10.1080/14697688.2012.744087>
- Chen, H. Y., & Lee, C. F. (2008). *Handbook of quantitative finance and risk management*. Rutgers University, and Weikang Shih, Rutgers University. <https://epdf.pub/handbook-of-quantitative-finance-and-risk-management-v-1-3.html>
- Chisholm, A. M. (2010). *Derivatives demystified: A step-by-step guide to forwards, futures, swaps and options* (2<sup>nd</sup> ed.). John Wiley & Sons.
- Chui, M. (2016). Derivatives markets, products and participants: An overview. *IFC Bulletin No 35*. <https://www.bis.org/ifc/publ/ifcb35a.pdf>
- Cocoa. (2018). *Trading economics*. <https://tradingeconomics.com/commodity/cocoa>
- Coelho, F. R., & Reddy, Y. V. (2017). Applicability of Black-Scholes and Black's option pricing models in Indian derivatives market. *IUP Journal of Financial Risk Management*, 14(2), 61–69. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=13&sid=771c8ef2-25e3-4e03-a765-66e1a0da344b%40pdc-v-sessmgr01&bdata=JnNpdGU9ZWVhY3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=123767355&db=bth>
- Dejanovski, A. (2014). The role and importance of the options as a unstandardized financial derivatives. *TEM Journal*, 3(1), 81–87. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=15&sid=771c8ef2-25e3-4e03-a765-66e1a0da344b%40pdc-v-sessmgr01&bdata=JnNpdGU9ZWVhY3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=94733496&db=a9h>
- Donohoe, M. P. (2015). Financial derivatives in corporate tax avoidance: A conceptual perspective. *The Journal of the American Taxation Association*, 37(1), 37–68. <https://doi.org/10.2308/atax-50907>
- Edeki, O. S., Ugbebor, O., & Owoloko, A. (2015). Analytical solutions of the Black-Scholes pricing model for European option valuation via a projected differential transformation method. *Entropy*, 2(17), 7510–7521. <https://doi.org/10.3390/e17117510>
- EUR/USD Historical Data. (2018). *Investing*. <https://www.investing.com/currencies/eur-usd-historical-data>
- Gold. (2018). *Trading economics*. <https://tradingeconomics.com/commodity/gold>
- Goodman, T., Neamtiu, M., & Zhang, F. (2018). Fundamental analysis and option returns. *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 33(1), 72–97. <https://doi.org/10.1177/0148558X17733593>



- Gregoriou, A. (2010). Modeling the non-linear behaviour of option price deviations from the Black Scholes model. *Journal of Economic Studies*, 1(37), 25–35. <https://doi.org/10.1108/01443581011012243>
- Helfenstein, S. (2017). Back – to – Basics: A short primer on option pricing models and the DLOM. *A Professional Development Journal for the Consulting Disciplines*, 6. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=96399c64-7435-40e8-bc06-003dbbc07728%40sdc-v-sessmgr04>
- Hull, J. (2015). *Options, futures and other derivatives*. Pearson.
- Jarrow, R. (2014). *Financial derivatives pricing*. Selected works of Robert Jarrow.
- Jiang, I. M., Lo, C., Karathanasopoulos, A., & Skindilas, K. (2017). A risk control tool for foreign financial activities – A new derivatives pricing model. *Journal of Asset Management*, 18(4), 269–294. <https://doi.org/10.1057/s41260-016-0023-6>
- Juneja, S. (2013). Understanding the Greeks and their uses to measure risk. *International Journal of Research in Commerce, IT and Management*, 3(10), 2231–2256.
- Juozapavičienė, A. (2013). *Išvestiniai instrumentai tarptautinėse finansų rinkose* (2-asis leid.). Technologija. <https://doi.org/10.5755/e01.9786090208496>
- Kancerevyčius, G. (2009). *Finansai ir investicijos*. Smaltijos leidykla.
- Kim, Y., Bae, H. O., & Koo, H. K. (2014). Option pricing and Greeks via a moving least square meshfree method. *Quantitative Finance*, 14(10), 1753–1764. <https://doi.org/10.1080/14697688.2013.845686>
- Kornel, T. (2014). The effect of derivative financial instruments on bank risks, relevance and faithful representation: Evidence from banks in Hungary. *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, 23(1), 698–706. <http://down.aefweb.net/AefArticles/aef140108Keffala.pdf>
- Lee, C. F., Chen, Y., & Lee, J. (2016). Alternative methods to derive option pricing models: Review and comparison. *Quantitative Finance*, 8(47), 417–451. <https://doi.org/10.1007/s11156-015-0505-5>
- Lee, M. K., Yang, S. J., & Kim, J. H. (2017). Pricing vulnerable options with constant elasticity of variance versus stochastic elasticity of variance. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 51(1), 233–247. [ftp://www.ipe.ro/RePEc/cys/ecocyb\\_pdf/ecocyb1\\_2017p233-247.pdf](ftp://www.ipe.ro/RePEc/cys/ecocyb_pdf/ecocyb1_2017p233-247.pdf)
- Lesmana, D. C., & Wang, S. (2017). A numerical scheme for pricing American options with transaction costs under a jump diffusion process. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 4(13), 1793–1813. <https://doi.org/10.3934/jimo.2017019>
- Martinkutė-Kaulienė, R. (2013). Sensitivity of option contracts. *Verslas: Teorija ir Praktika*, 14(2), 157–165. <https://doi.org/10.3846/btp.2013.17>
- Murauskaitė, L. (2011). *Egzotinių opcijų vertinimo specifiška* (Magistro baigiamasis darbas). <https://epublications.vu.lt/object/elaba:2174534/2174534.pdf>
- Nandy, S., & Chattopadhyay, A. (2014). Impact of introducing different financial derivative instruments in India on its stock market volatility. *Paradigm*, 18(2), 135–153. <https://doi.org/10.1177/0971890714558704>
- Nwozo, C. R., & Fadugba, S. E. (2014). On the accuracy of binomial model for the valuation of standard options with dividend yield in the context of Black-Scholes model. *International Journal of Applied Mathematics*, 44(1), 33–44. [http://www.iaeng.org/IJAM/issues\\_v44/issue\\_1/IJAM\\_44\\_1\\_05.pdf](http://www.iaeng.org/IJAM/issues_v44/issue_1/IJAM_44_1_05.pdf)
- Park, D., & Kim, J. (2015). Financial derivatives usage and monetary policy transmission: Evidence from Korean Firm-level data. *Global Economic Review*, 44(1), 101–115. <https://doi.org/10.1080/1226508X.2015.1012093>
- Paunovic, J. (2014). Options, Greeks, and risk management. *Singidunum Journal of Applied Sciences*, 11(1), 74–83. <https://doi.org/10.5937/sjas11-5820>
- Rajanikanth, C., & Reddy, E. L. (2015). Analysis of price using Black Scholes and Greek letters in derivative European option market. *International Journal of Research in Management, Science & Technology*, 3(1), 34–37.
- Rutkauskas, A. V., & Stankevičius, P. (2006). *Investicinių sprendimų valdymas*. VPU leidykla.
- Sahoo, A. (2016). Pattern of corporate hedging through financial derivatives in non-financial companies of India. *Journal of Commerce & Management Thought*, 7(3), 444–477. <https://doi.org/10.5958/0976-478X.2016.00026.4>
- Sinclair, E. (2010). *Option trading: Pricing and volatility strategies and techniques*. John Wiley & Sons.
- Sinha, P., & Johar, A. (2010). Hedging Greeks for a portfolio of options using linear and quadratic programming. *The Journal of Prediction Markets*, 4(1), 17–26. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=4e13b2a7-601d-4061-bd60-184695e098a8%40pdc-v-sessmgr03>
- Song, L., & Wang, W. (2013). Solution of the fractional Black-Scholes option pricing model by finite difference method. *Abstract and Applied Analysis*, 2013, ID 194286, 10. Hindawi. <https://doi.org/10.1155/2013/194286>
- Sūdžius, V. (2011). *Finansinių priemonių ir paslaugų rinkodara: principai ir praktika*. Technika. <https://doi.org/10.3846/1232-S>
- Svishchuk, A. V. (2013). *Modeling and pricing of swaps for financial and energy markets with stochastic volatilities*. World Scientific. <https://doi.org/10.1142/8660>
- Valakevičius, E. (2008). *Investavimas finansų rinkose*. Technologija.
- Walling, J., & Moore, C. (2010). Does Black-Scholes overvalue early stage company allocations. *Business Valuation*, 16(1), 16–31. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=4e13b2a7-601d-4061-bd60-184695e098a8%40pdc-v-sessmgr03>
- Xu, S., & Yang, Y. (2013). Fractional Black-Scholes model and technical analysis of stock price. *Journal of Applied Mathematics*, 2013, ID 631795. <https://doi.org/10.1155/2013/631795>

## ASSESSMENT OF OPTION PRICE VOLATILITY

V. Sodaunykaitė, R. Martinkutė-Kaulienė

### Abstract

Financial derivatives are becoming increasingly popular on a daily basis. As markets become more unpredictable, companies and individual investors are increasingly using these tools to manage risk, leverage, and increase investment returns. The most important aspect of any contract is the contract price, as the financial result of the contract depends on the price. Also for an options. In each case, the option price depends on many factors that are difficult to define and predict in advance. The price sensitivity of the option allows you to determine where and on what the option price depends. Knowing this, the investor can manage the risk of the options. The purpose of the article is to assess the sensitivity of different options to market factors based on scientific literature and real market data. The study uses the Black-Scholes option pricing model, calculating and analyzing the value of Greek letters for the determination and valuation of transaction price sensitivity. The study showed that the most sensitive to changes in the underlying asset price, volatility and risk-free interest rate is the price of the currency option, and the



price of the gold option is most sensitive over time (although in theory, gold retains its value in the long run). Knowing which components a particular option is sensitive to and capable of predicting changes in those components, you can predict changes in the option price and avoid additional risk.

**Keywords:** option contract, price sensitivity, Greek letters, Black-Scholes model, derivative.