Komisja Egzaminacyjna dla Aktuariuszy

LXXXIII Egzamin dla Aktuariuszy

Sesja egzaminacyjna w dniu 05 października 2021 r.

Zarządzanie ryzykiem zakładu ubezpieczeń

Imię i nazwisko osoby egzaminowanej: .....

Czas trwania egzaminu: 120 minut

Zadanie 1.

Opisz i dokonaj krótkiej charakterystyki modelu wyceny opcji Stevena L. Hestona.

Rozwiązanie:

Model Heston to metoda wyceny opcji, która uwzględnia zmiany zmienności obserwowane w różnych opcjach będących przedmiotem obrotu w danym czasie dla tego samego składnika aktywów. Stara się odtworzyć ceny rynkowe, stosując procesy stochastyczne do modelowania zmienności i stóp procentowych.

Model Hestona zadany jest przez układ stochastycznych równań różniczkowych

$$\begin{aligned} dS_t &= r(t)S_t dt + \sqrt{V_t} S_t dW_t^S, \\ dV_t &= \kappa(\theta - V_t)dt + \omega\sqrt{V_t} dW_t^V, \end{aligned}$$

gdzie W^S, W^V są standardowymi procesami Wienera o wpółczynniku korelacji $\rho \in [-1, 1]$, tj. $d\langle W^S, W^V\rangle_t = \rho dt$.

Zadanie 2.

Zakład ubezpieczeń na życie nabył 5-letnią obligację rządową w dniu jej emisji po cenie równej wartości nominalnej, która wynosi 100.000 zł. Oprocentowanie obligacji jest stałe i wynosi 1,8% p.a. Stopa dyskontowa wynosi 4%. Obligacja jest tak skonstruowana, że kupony są płatne w okresach rocznych. Na rynku pojawiają się informacje, że rynkowe stopy procentowe mogą w najbliższym czasie wzrosnąć o 25 pb. Proszę obliczyć *duration* oraz odpowiedzieć na pytanie czy zmieni się cena obligacji w przypadku wzrostu stóp procentowych.

Rozwiązanie:

	Okres (t)					
Wyszczególnienie	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Łącznie:**
CF	1 800	1 800	1 800	1 800	101 800	**109 000**
Stopa dyskontowa	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	**-**
PV	1 730,77	1 664,20	1 600,19	1 538,65	83 672,18	**90 205,99**
PV * t	1 730,77	3 328,40	4 800,58	6 154,59	418 360,90	**434 375,24**
D=	4,82					
zmiana wartości [%]	-1,1826%					
zmiana wartość [zł]	-1066,74					

Zadanie 3.

Jaki jest poziom prawdopodobieństwa upadku zakładu ubezpieczeń w ciągu następnego roku jeśli podstawowe środki własne równają się SCR (Kapitałowy Wymóg Wypłacalności - Solvency Capital Requirements)? Odpowiedź krótko uzasadnij.

Rozwiązanie:

Kapitałowy wymóg wypłacalności (SCR) - odpowiada wartości narażonej na ryzyko (zmiany) podstawowych środków własnych na poziomie ufności 99,5% w okresie jednego roku. Gdy podstawowe ŚW = SCR, wówczas prawdopodobieństwo upadku wynosi 0,5% w ciągu następnego roku. Jednocześnie zagwarantowane jest, że z prawdopodobieństwem 99,5% wypełnić swoje zobowiązanie przez najbliższe 12 miesięcy.

Zadanie 4.

Stowarzyszenie firm zrzeszające niezależne firmy doradcze myśli o powołaniu własnego towarzystwa ubezpieczeń. Celem działania towarzystwa będzie objęcie ochroną ubezpieczeniową odpowiedzialności zawodowej doradców (*professional liability insurance PLI*) zatrudnionych w firmach będących jego członkami. Celem takiego działania jest zaproponowanie doradcom ubezpieczenia PLI ze składką konkurencyjną (niższą) w stosunku do składki rynkowej (proszę przyjąć założenie, że składka oferowana przez nowe towarzystwo będzie o 500 zł niższa od składki rynkowej w ostatnim roku).

Dane są następujące informacje:

Towarzystwo zrzesza 317 firm doradczych zatrudniających do 5 doradców (mała firma) oraz 50 firm zatrudniających po 30 doradców (duża firma). Małe firmy ubezpieczą po 3 doradców. Duże firmy jeśli podejmą decyzję o ubezpieczeniu wówczas ubezpieczą wszystkich zatrudnionych doradców. Składka rynkowa dotycząca podobnych polis w okresie ostatnich trzech lat na doradcę wyniosła 2000 zł/rocznie, w tym 200 zł to narzuty na koszty. W ostatnim roku składka rynkowa wzrosła do 3.500 zł., w tym 200 zł to narzut na koszty. Z historii szkodowej wiadomo, że 99,5% szkód miało średni poziom 20.000 zł, 0,5% szkód osiągnęło poziom 1 mln zł. W ostatnim roku częstość występowania szkód ukształtowała się na poziomie 10 szkód na każdego ze 100 doradców. Odchylenie standardowe wartości szkód wyniosło 25% ich wartości zagregowanej. Percentyl 99,5 rozkładu szkód znajduje się na poziomie 3,5 odchylenia standardowego powyżej wartości średniej szkód zagregowanych. Oczekiwana stopa zwrotu z portfela lokat nowego towarzystwa ubezpieczeń wynosi 3% rocznie, przy odchyleniu standardowym równych 25% średnich dochodów z inwestycji. Inwestowany jest przychód ze składek netto. Percentyl 0,5 rozkładu dochodów z inwestycji znajduje się na poziomie 2,2 odchylenia standardowego powyżej wartości średniej. Oczekiwane straty z portfela inwestycyjnego (*credit default losses*) oszacowano na poziomie 0,5% rocznie. Odchylenie standardowe rozkładu strat oszacowano na poziomie 50% wartości średniej. Percentyl 99,5 rozkładu strat z portfela inwestycyjnego znajduje się na poziomie 2,5 odchylenia standardowego powyżej średniej. Zatrudniony CRO zidentyfikował dwa rodzaje ryzyka operacyjnego, które może się zrealizować raz w cyklu życia towarzystwa. Ryzyko I może wystąpić z prawdopodobieństwem 5% rocznie generując straty na poziomie 500.000 zł. Ryzyko II

może wystąpić z prawdopodobieństwem 0,25%, generując straty na poziomie 1.000.000 zł. Organ nadzoru wymaga aby towarzystwo ubezpieczeniowe posiadało kapitał regulacyjny w wysokości co najmniej najlepszego oszacowania rezerw wynikających z zawartych polis ubezpieczeniowych. Oszacowany kapitał powinien gwarantować, że towarzystwo będzie w stanie realizować zobowiązania wynikające z zawartych polis ubezpieczeniowych z prawdopodobieństwem 99,5%, przy założeniu niekorzystnego scenariusza rozwoju szkód. **Oblicz początkowy minimalny kapitał regulacyjny dla planowanego towarzystwa ubezpieczeń**, opisując przyjęte założenia. W obliczeniach wykorzystaj także następujące informację: 40% firm (zarówno małych jak i dużych firm) wykupi polisy PLI dla swoich doradców. Ryzyko rynkowe i ryzyko kredytowe są zależne w 100%. Koszty szkód, ryzyko operacyjne są niezależne od ryzyka rynkowego i kredytowego.

Rozwiązanie:

Wartość minimalnego wymogu kapitałowego wynosi 2.226.502 zł.
W można przyjąć zaokrągleniu 2.300.000 zł

Wartość ta może różnić się w zależności od przyjętych ostatecznych założeń, jednak powinna wahać się w granicach 2.5/3 mln zł. Zadanie było pozytywnie ocenione jeśli kandydat wykazał poprawny tok rozumowania oraz zastosował właściwe podejście do wyliczenia wymogu kapitałowego. Kandydat powinien także zwrócić uwagę na fakt, że prawdopodobieństwo ryzyka II jest poza 99,5 percentylem dlatego narzut kapitałowy w związku z tym ryzykiem jest równy zero. W przypadku ryzyka I można było założyć, że ryzyko to jest rozłożone w ogonie rozkładu i przyjąć wielkość niższą niż 500.000 zł. Na przykład można było przyjąć założenie, że wystąpi z prawdopodobieństwem 90% w ogonie rozkładu. Wówczas redukcja wartości aktywów w związku z ryzykiem operacyjnym może wynieść 450.000 zł.

Zadanie 5.

Towarzystwo reasekuracji R5 planuje opracować ofertę reasekuracji ryzyka operacyjnego wybranych towarzystw ubezpieczeń. Jako aktuariusz towarzystwa R5 krótko zdefiniuj ryzyko operacyjne. Towarzystwo reasekuracji R5 posiada dane dotyczące poziomu szkód wynikających z realizacji ryzyka operacyjnego z ostatnich kilku lat w przedmiotowych zakładach ubezpieczeń. Na podstawie tych danych R5 może ustalić poziom składki rocznej za proponowane ubezpieczenie. Szeregi czasowe rocznych wartości szkód związanych z danym ryzykiem dla wszystkich zakładów, które zgłosiły swoje zainteresowanie mają następujące parametry statystyczne:

Tablica 5.1 Parametry statystyczne szeregów czasowych szkód wynikających z ryzyka operacyjnego klientów R5 (dane w zł).

Klient R5	Średnia arytmetyczna	Wariancja
TU T1 S.A.	20.000,00	260.000.000,00
TU T2 S.A.	15.000,00	140.000.000,00
TU T3 S.A.	15.000,00	50.000.000,00
TU T4 S.A.	40.000,00	600.000.000,00
TU T5 S.A.	19.000,00	157.000.000,00

W związku z brakiem doświadczenia z ubezpieczeniem przedmiotowego ryzyka i z jego wyceną, w celu skalkulowania składki rocznej za takie ubezpieczenie zaproponowano dwa scenariusze:

Scenariusz I – polegający na policzeniu składki z uwzględnieniem średniej wartości szkód z narzutem w wysokości 50%, w związku z kosztami towarzystwa reasekuracji R5 i zakładanym poziomem zysku.

Scenariusz II – zakłada następujące kroki:

a) dopasowanie rozkładu gamma za pomocą momentów (*przy zastosowanej parametryzacji rozkładu gamma:* $E(X) = \alpha / \lambda$, $V(X) = \alpha / \lambda^2$) do całkowitych szkód z tytułu ryzyka operacyjnego, zaraportowanych przez klientów R5,

b) wyliczenie wymogu kapitałowego w ujęciu jednostkowym przy pomocy VaR z założonym poziomem ufności równym 99,5%,

c) wyznaczenie składek jako wartość oczekiwanej szkód zaraportowanych, powiększonych o koszt kapitału (6% wymogu kapitałowego w ujęciu jednostkowym) oraz powiększonych o 30% narzutu na pokrycie kosztów i zapewnienie zakładanego poziomu zysku.

Jako aktuariusz Towarzystwa reasekuracji R5 oblicz poziom składek w obu scenariuszach dla każdego z klientów R5 wykorzystując parametry statystyczne podane w tablicy 5.1 oraz wartości strat z rozkładu gamma (tablica 5.2) dla 0,995 kwantyla.

Tablica 5.2. Kwantyle rzędu 0,995 dla rozkładu gamma dla danych parametrów α i λ

Lambda (λ)	**0,00008**	**0,00011**	**0,00030**	**0,00007**	**0,00012**
Alpha (α)					
1,54	84 499	60 666	21 667	97 499	53 710
1,61	86 358	62 001	22 143	99 644	54 892
4,50	153 331	110 084	39 316	176 920	97 461
2,67	112 825	81 002	28 929	130 183	71 715
2,30	104 027	74 686	26 674	120 031	66 123

Jaki byłby wymóg kapitałowy dla R5, gdyby wszyscy klienci zdecydowali się na zawarcie umowy reasekuracyjnej przy danym poziomie składek oraz przy założeniu, że ryzyka operacyjne poszczególnych klientów są od siebie niezależne. Czy wymóg kapitałowy wzrośnie czy zmaleje w sytuacji gdy założymy, że ryzyko operacyjne TU T1 S.A. jest zależne od ryzyka operacyjnego TU T2 S.A.? Towarzystwa te działają w jednej grupie kapitałowej i w związku z tym zależność jest dodatnia.

Rozwiązanie:

Scenariusz I

Klient RE4	Średnia arytmetyczna	Składka reasekuracyjna
TU T1 S.A.	20 000,00	30 000,00
TU T2 S.A.	15 000,00	22 500,00
TU T3 S.A.	15 000,00	22 500,00
TU T4 S.A.	40 000,00	60 000,00
TU T5 S.A.	19 000,00	29 500,00

Scenariusz II

Stosując metodę momentów można zapisać, że:

$$E(X) = \alpha / \lambda$$
$$V(X) = \alpha / \lambda^2$$

stąd po przekształceniu otrzymujemy:

$\lambda = E(X) / V(X)$
$\alpha = E(X)^2 / V(X)$

Wyliczenie parametrów:

Klient RE4	Alpha(α)	Lambda (λ)
TU T1 S.A.	1,54	0,00008
TU T2 S.A.	1,61	0,00011
TU T3 S.A.	4,50	0,00030
TU T4 S.A.	2,67	0,00007
TU T5 S.A.	2,30	0,00012

Na podstawie wartości 99,5 kwantyla z tablic rozkładu gamma dla obliczonych parametrów α i λ otrzymujemy wymóg kapitałowy dla poszczególnych klientów

Klient RE4	Wymóg kapitałowy
TU T1 S.A.	84 499,45
TU T2 S.A.	62 000,63
TU T3 S.A.	39 315,58
TU T4 S.A.	130 182,56
TU T5 S.A.	66 122,61

Koszt kapitału stanowi 6% wymogu kapitałowego.

Klient RE4	Koszt kapitału
TU T1 S.A.	5 069,97
TU T2 S.A.	3 720,04
TU T3 S.A.	2 358,94
TU T4 S.A.	7 810,95
TU T5 S.A.	3 967,36

Uwzględniając narzut w wysokości 30% składki policzone dla poszczególnych klientów sa równe:

Klient RE4	Składka reasekuracyjna
TU T1 S.A.	32 590,96
TU T2 S.A.	24 336,05
TU T3 S.A.	22 566,62
TU T4 S.A.	62 154,24
TU T5 S.A.	29 857,56

Wymóg kapitałowy w sytuacji przejęcia wszystkich klientów przez R5 wynosi:
183 982,74

Wymóg kapitałowy wzrośnie w sytuacji, gdy ryzyko operacyjne TU T1 S.A oraz TU T2 S.A. są zależne

Zadanie 6.

Historyczne dane szkodowe dla zakładu ubezpieczeń X6 S.A. dotyczące portfela ubezpieczeń odpowiedzialności cywilnej posiadaczy pojazdów mechanicznych przedstawiono w trójkącie szkód (tablica 6.1).

Tablica 6.1. Trójkąt szkód nieskumulowanych (w mln. zł.).

Lata zajścia szkody (i)	Lata rozwoju szkody (j)			
	0	1	2	3
0 (2017)	420	95	30	18
1 (2018)	395	125	34	
2 (2019)	362	118		
3 (2020)	410			

Na podstawie danych zawartych w tablicy 6.1 oszacuj wielkość rezerwy na niewypłacone odszkodowania i świadczenia na koniec analizowanego okresu wykorzystując prostą technikę *chain ladder (CL)* oraz *metodę* Bornhuettera-Fergusona (BF). Następnie porównaj otrzymane wyniki i odpowiedz na pytanie, czy można jednoznacznie stwierdzić, która metoda daje bardzie adekwatny wynik dotyczący szacowania poziomu zobowiązań zakładu ubezpieczeń. W obliczenia wykorzystaj dane zawarte w tablicy 6.2

Tablica 6.2

	Liczba czynnych polis [tys. szt.]	Składka przypisana brutto [mln. zł]	ULR (współczynnik szkodowości)
	1	2	3
2017	175	490	97%
2018	180	510	92%
2019	195	515	91%
2020	205	520	88%

Rozwiązanie:

Wartość rezerwy IBNR wyliczona metodą CL wynosi 234 mln zł.

Wartość rezerwy wyliczona metoda B-F wynosi 192 mln zł.

Wyliczając rezerwę IBNR dwoma wskazanymi metodami otrzymaliśmy różnicę na poziomie 42 mln zł. co stanowi 18% rezerwy wyliczonej metodą Chain-Ladder i o taką

kwotę byłby lepszy wynik finansowy zakładu ubezpieczeń gdyby zastosował metodę B-F. Nie można jednoznacznie stwierdzić, która z powyższych metod jest lepsza i powinna być stosowna. Przy wyliczaniu rezerwy IBNR dla danej linii należy również uwzględnić jej specyfikę.

Zadanie 7.

Towarzystwo ubezpieczeń BIS S.A. ocenia zależność pomiędzy wartością szkód zaistniałych w dwóch portfelach ubezpieczeń: portfel I i portfel II. Historyczne wartości szkód dla danych portfeli ubezpieczeń są następujące:

Tablica 7.1 Historyczne wartości szkód zaistniałych w dwóch portfelach ubezpieczenia dla towarzystwa BIS S.A. (w tys. zł.).

Rok	Portfel I	Portfel II
2016	180	750
2017	140	470
2018	120	435
2019	230	695
2020	210	620
Średnia arytmetyczna	176	594

Źródło: materiały wewnętrzne Towarzystwa ZY S.A.

7.a) Na podstawie danych dotyczących wartości szkód (tablica 7.1) oblicz współczynnik korelacji *rho* Pearsona (r) oraz *tau* Kendalla (τ),

7.b) Zinterpretuj wynik dla obu współczynników. Na podstawie otrzymanego wyniku zasugeruj, z jakimi rodzajami ubezpieczeń możemy mieć do czynienia. Odpowiedz na pytanie: czy ewentualnie poziom szkód w danych portfelach może być determinowany „*wspólnym*" ryzykiem, czy mogą istnieć inne czynniki mające wpływ na poziom szkód w poszczególnych portfelach oddzielnie (niezależnie).

Rozwiązanie:

Ad 7a)

$r=0,8$ - *rho* Pearsona

$\tau=0,6$ - *tau* Kendalla

Ad 7b) Obie metody są relatywnie proste w kalkulacji. Jednakże współczynnik Pearsona zależy od rozkładu szkód i powinien być stosowany, w sytuacji kiedy rozkład szkód ma charakter rozkładu eliptycznego (np. rozkład normalny, T-Studenta, Laplace). W pozostałych przypadkach wynik może okazać się nie ważny.

Współczynnik Kendalla zależy jedynie od nadanych rang i niezależnie od rodzaju rozkładu szkód wynik zawsze jest ważny.

Policzone współczynniki mają wartość pozytywną, co sugeruje, że wartości szkód poruszają się w tym samym kierunku (są zależne) i mogą wynikać ze realizacji określonego ryzyka niejako wspólnie. Ryzyka powodujące szkody portfelu I i II są ze sobą skorelowane. Jednak wartości współczynników są niższe od 1, co może świadczyć także o tym, że na wartości szkód w podanych klasach ma wpływ jeszcze inny rodzaj ryzyka (ryzyko oddziaływujące oddzielnie na wartość szkód w portfelu I i portfelu II). Przykładem portfela szkód może być ubezpieczenie od powodzi i ubezpieczenie odpowiedzialności cywilnej posiadaczy pojazdów mechanicznych. W obu przypadkach wartość zgłaszanych szkód uzależniona jest od warunków pogodowych, ale oddziaływają także inne czynniki niezależnie.

Zadanie 8.

Osoba *35*-letnia kupiła polisę bezterminową na życie ze świadczeniem 100.000,- zł, wypłacanym na koniec roku śmierci. Na początku każdego roku płaci składkę netto w wysokości *P*. Po 22 latach osoba ta przerywa płacenie składek i otrzymuje dwie propozycje równoważnych aktuarialnie rozwiązań:

1. propozycja zamiany polisy na polisę *bezskładkową* ze świadczeniem zredukowanym do 8.000,- zł;
2. propozycja polegającą na wypłacie rezerwy netto w formie dożywotniej renty w wysokości 500 zł, wypłacanej na początek każdego roku.

Na podstawie powyższych informacji wyznacz składkę netto *P*. Dodatkowo omów czynniki ryzyka związane z kalkulacją taryf aktuarialnych w ubezpieczeniach na życie.

Rozwiązanie:

Na początku należy zapisać równania wynikające z analiza każdej z propozycji.

Analiza pierwszej propozycji prowadzi do następującego równania:

$$0{,}08 = \frac{{}_{22}V_{35}}{A_{57}} = 1 - \frac{P_{35}}{P_{57}}$$

Analiza drugiej propozycji do następującego równania:

$$\frac{{}_{22}\mathrm{V}_{35}}{\ddot{a}_{57}} = 0{,}05$$

Korzystając z własności, że:

$$\frac{{}_{22}\mathrm{V}_{35}}{\ddot{a}_{57}} = \frac{{}_{22}V_{35}}{A_{57}} * \frac{A_{57}}{\ddot{a}_{57}} = \left(1 - \frac{P_{35}}{P_{57}}\right) * P_{57} = P_{57} - P_{35}$$

W efekcie otrzymujemy następujący układ równań:

$$\begin{cases} 0{,}005 = P_{57} - P_{35} \\ 0{,}8 = 1 - \dfrac{P_{35}}{P_{57}} \end{cases}$$

Powyższy układ równań należy rozwiązać względem P_{35}; otrzymujemy $P_{35}=0{,}0575$ *zł.* Po przemnożeniu przez sumę ubezpieczenia poziom rocznej składki netto *P* wynosi ***5.750,00 zł***. Czynniki ryzyka to: zmiana poziomu umieralności, trendy, oraz zmienność współczynników umieralności.

Zadanie 9.

Wartość rynkowa instrumentu finansowego wynosi 100. Instrument generuje stałą dywidendę, przez okres czasu zmierzający do nieskończoności (*perpetuity*). Oczekiwana stopa zwrotu z instrumentu wynosi 6%. Stopa wolna od ryzyka (*risk free rate*) wynosi 2% a premia za ryzyko wynosi 4%. Jaka będzie cena rynkowa instrumentu jeśli kowariancja między rynkową stopą zwrotu a stopą instrumentu zwrotu wzrośnie trzykrotnie, przy niezmienionych pozostałych parametrach? Do wyliczeń zastosuj model CAPM.

Rozwiązanie:

Model CAPM:

$$\boldsymbol{E(r) - r_f = \beta(E(r_M) - r_f)}$$

gdzie

$$\beta = \frac{cov\ (r, r_M)}{var(r_M)}$$

stąd β=1

po potrojeniu β_{new}=3

wówczas

r_{new} = 14%

Wykorzystując wzór na wartość instrumentu, który generuje dywidendę równa 6:

Wartość instrumentu po potrojeniu β wyniesie **42,86**

Zadanie 10.

Dane są następujące stopy procentowe *spot*:

- 60 – dniowa, równa 2,3%
- 270 – dniowa, równa 2,7%.

Wyznacz stopę *forward* 180-dniową za 90 dni (stopę 6-miesięczną za 3 miesiące). Przyjmij umowną liczbę dni w roku równą 360.

Dodatkowo wymień i omów podstawowe teorie struktury terminowej stóp procentowych. Czy wzrost lub spadek krótkoterminowych, średnioterminowych i długoterminowy stóp procentowych w przybliżeniu o tę samą wielkość spowoduje zmianę nachylenia krzywej dochodowości?

Rozwiązanie:

Podstawowe teorie struktury terminowej stóp procentowych to:

- *teoria segmentacji rynku* – zakłada, że na rynku instrumentów dłużnych występują segmenty odpowiadające różnym okresom udostępniania kapitału, np. dzienny, półroczny, roczny. Według tej teorii niektórzy inwestorzy indywidualni i instytucjonalni preferują obligacje o określonym terminie wykupu, a stopy dochodu w poszczególnych segmentach rynku nie zależą od siebie. Założenie o niezależności stóp procentowych jest wadą tej teorii.
- *teoria oczekiwań* – głosi, że stopy długoterminowe zależą od stóp krótkoterminowych. Wychodzi z założenia, że długoterminowe stopy procentowe są średnią geometryczną oczekiwanych przyszłych krótkoterminowych stóp procentowych.
- *teoria preferencji płynności* – jednym ze składników stopy dochodu jest premia płynności. Premia ta rośnie w miarę wzrostu horyzontu inwestycji. Z reguły teoria ta wyjaśnia normalną krzywą dochodowości.
- *teoria preferowanego habitatu* – jest podobna do teorii segmentacji rynku, lecz dodatkowo wyjaśnia, że segmentacja rynku występuje z powodu preferencji podmiotów. Teoria wyjaśnia np. łukowatą krzywa dochodowości, która występuje w sytuacji, gdy występują zwiększone preferencje w zakresie podaży kapitału krótkoterminowego i kapitału długoterminowego w stosunku do kapitały średnioterminowego.

Opisana zmiana stóp procentowych spowoduje przesunięcie krzywej dochodowości, a nie zmianę jej nachylenia.

W celu wyznaczenia stopy *forward* na *v* dnia za *s* dni korzystamy z następującego wzoru:

$$r_{s,v} = \frac{N}{v}\left(\frac{1 + r_m \frac{m}{N}}{1 + r_s \frac{s}{N}} - 1\right)$$

gdzie:

$r_{s,v}$ – stopa terminowa na *v* dni za *s* dni; *m=s+v; N* - umowna liczba dni w roku; r_m – stopa *spot* na *m* dni; r_s- stopa *spot* na *s* dni.

Szukana stopa *forward* wynosi: **2,88%**

Egzamin dla Aktuariuszy

Sesja egzaminacyjna w dniu 05 października 2021r.

Zarządzanie ryzykiem zakładu ubezpieczeń

Arkusz ocen

Zadanie nr	Punktacja
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	