

dr Marcin M. SMOLARKIEWICZ
Katedra Zarządzania i Programowania Bezpieczeństwem
Zakład Zarządzania Kryzysowego, SGSP

NIEPEWNOŚĆ IDENTYFIKACJI I WYZNACZENIA RYZYKA W METODZIE ANALIZY RISK SCORE

W niniejszym artykule przedstawiono metodologię identyfikacji i wyznaczania niepewności ryzyka w metodzie analizy ryzyka Risk Score. Wnioskowanie poparte zostało przykładami obliczeniowymi.

In this article the methodology of identification and calculation of risk uncertainty in the Risk Score method was introduced. Analyses and calculations were based on analytical examples.

1. Wstęp

W 1976 r. Kinney i Wiruth zaproponowali wskaźnikową metodę oceny ryzyka związanego z wykonywaną pracą (ryzyka zawodowego) za pomocą wskaźnikowej metody Risk Score¹. Metoda ta jest dość uniwersalnym narzędziem pozwalającym szacować ryzyko zarówno zdarzeń rzadkich o katastrofalnych skutkach, jak również zdarzeń dość powszechnych o niewielkich skutkach. W metodzie tej ryzyko (R) wyznacza się jako iloczyn trzech czynników: prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niekorzystnego (P), czasu ekspozycji na zagrożenie (E) oraz potencjalnych skutków – strat w ludziach lub strat materialnych (S), zgodnie z wzorem:

¹ Kinney G. F., Wiruth A. D.: Practical Risk Analysis for Safety Management. US Naval Postgraduate School, Security Department China Lake, Kalifornia 1976.

$$R = S \cdot E \cdot P \quad (1)$$

Wielkość każdego z czynników określa się na podstawie zaproponowanego przez Kinneya i Wirutha zastawienia wartości dyskretnych wskaźników, które kwalifikują poszczególne czynniki w ramach skal umownych:

- skutki (S) w przedziale od 0 do 100,
- czas ekspozycji (E) w przedziale od 0 do 10,
- prawdopodobieństwo (P) w przedziale od 0 do 10,

gdzie w każdym z przypadków przyporządkowanie czynnikowi wartości 0 oznacza zerową wartość ryzyka.

Wartość każdego ze wskaźników (odpowiednio P , E i S) wylicza się, kwalifikując prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niekorzystnego w przedziałach od 10^{-6} do 5×10^{-2} , czas ekspozycji na zagrożenie w skali od „raz w roku” do „codziennie”, oraz skutki wystąpienia zdarzenia w skali od „udzielenie pierwszej pomocy” do „wiele ofiar śmiertelnych” (straty w ludziach) i/lub w skali od „poniżej 1000 USD” do „powyżej 10 mln USD” (straty materialne).

W metodzie Risk Score wyznaczana wartość ryzyka jest również wskaźnikiem, który jest kwalifikowany w pięciostopniowej skali, co pozwala przypisać analizowanym warunkom pracy ryzyko w zakresie od „bardzo małe”, oznaczające brak konieczności redukcji, do „bardzo duże”, który to stan wskazuje na konieczność przerwania pracy (zaprzestania działania w tak niebezpiecznych warunkach).

Ciekawy jest fakt, że od czasu stosowania metody Risk Score, tj. od 1976 r., nie poświęcono szczególnej uwagi następującym aspektom:

- skala parametru E (czasu ekspozycji) jest określona w sposób częściowo jakościowy, ciężko odnaleźć ilościowe różnice pomiędzy zdarzeniami charakteryzowanymi, np. jako występujące „codziennie” i „stałe”;
- skala parametru S (strat materialnych) jest przyjmowana od 1976 r. na tym samym poziomie, co najwyżej w literaturze polskojęzycznej przelicza się wartości w USD na wartości w PLN przyjmując aktualny kurs²;
- sama metoda oceny ryzyka może być zakwalifikowana jako metoda „ostrego obciążenia”, gdzie przejście pomiędzy jednym a kolejnym obszarem ryzyka następuje po przekroczeniu określonej wartości parametru R ;

² Romanowska-Słomka I., Słomka A.: Zarządzanie ryzykiem zawodowym. Tarbonus, Wyd. III, Tarnobrzeg 2003.

- nie prowadzi się rozważań nad oceną niepewności (błędu) w takim podejściu do analizy ryzyka.

W niniejszym artykule pokazano próbę uwzględnienia przy zastosowaniu metody Risk Score wyżej wymienionych aspektów.

2. Sposób wyznaczenia niepewności wartości ryzyka w metodzie Risk Score

W pracy M. M. Smolarkiewicza³ zaproponowano metodykę szacowania niepewności (błędu) ryzyka, opierając się na estymacji częstości występowania zdarzeń niekorzystnych i przybliżenie za jej pomocą wielkości prawdopodobieństwa tych zdarzeń. Jak pokazano w tej pracy, w przypadku zdarzeń bardzo rzadkich, dla których nie dysponuje się wystarczającą statystyką zdarzeń historycznych, wyznaczając częstość zdarzenia można popełnić błąd względny nawet rzędu 50%. Zbliżone rozumowanie można zastosować w przypadku metody Risk Score. Korzystając z wzoru (1), oraz z zasady propagacji błędu funkcji zależnej⁴ (przyjmując założenie, że błędy ograniczają się wyłącznie do błędów statystycznych), można określić wzór na niepewność (błąd) oceny ryzyka w metodzie Risk Score w postaci:

$$\Delta R = S \cdot E \cdot \Delta P + S \cdot P \cdot \Delta E + E \cdot P \cdot \Delta S, \quad (2)$$

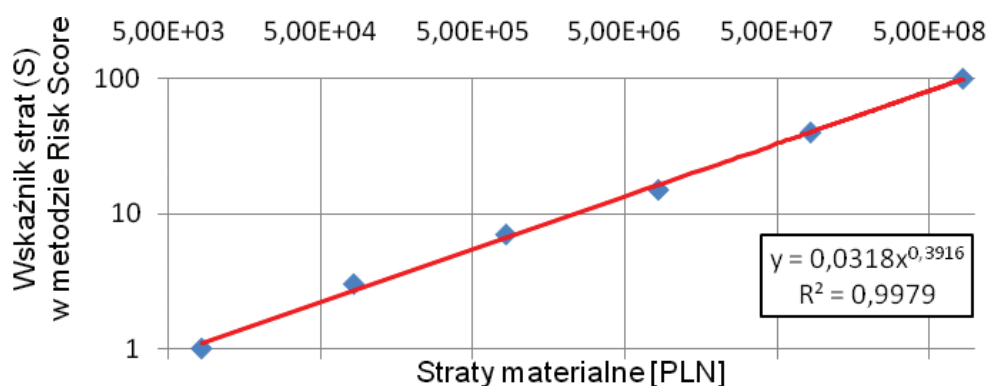
gdzie ΔR , ΔP , ΔS i ΔE są niepewnością (błędem) wyznaczenia wskaźników odpowiednio ryzyka, prawdopodobieństwa zdarzenia, skutków i czasu ekspozycji.

Należy jednak zaznaczyć, że niepewność wyznaczenia wartości wskaźników nie jest błędem bezpośrednim a pośrednim, wynikającym z niepewności określenia czynników pierwotnych, takich jak rzeczywiste (nie wskaźnikowe) prawdopodobieństwo zdarzenia, czy skutki materialne mierzone w USD, czy PLN. Z tego względu, aby określić zależności pomiędzy błędem wyznaczenia wartości wskaźnika (P , S lub E), należy wyznaczyć zależność funkcyjną pomiędzy wartością wskaźnika a czynnikiem bezpośrednio mierzonym. Na rys. 1–3 pokazano

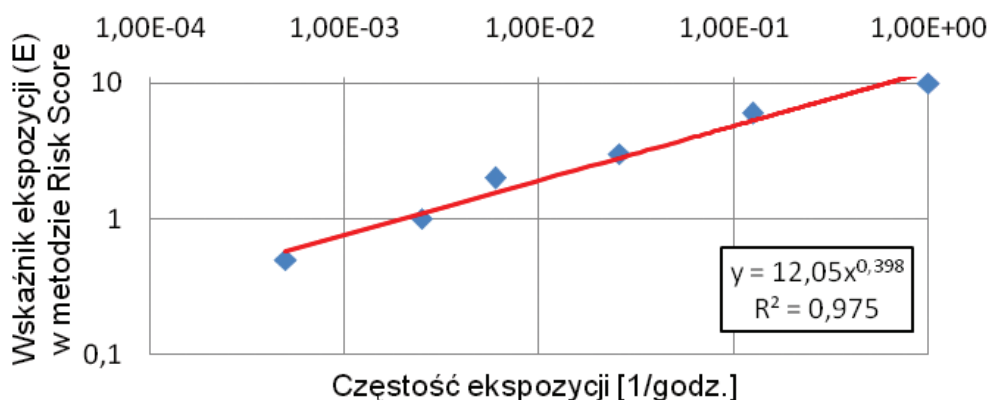
³ Smolarkiewicz M. M.: Metodyka wyznaczania niepewności określenia ryzyka na potrzeby zarządzania kryzysowego, W: M. Lisiecki (red.), M. Raczkowska-Lipińska, B. Sitko, W. Pokruszyński: Bezpieczeństwo wewnętrzne Rzeczypospolitej Polskiej na tle innych państw Unii Europejskiej. Stan obecny oraz perspektywy zmian. Nakł. Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide de Gasperi w Józefowie k. Otwocka, Józefów 2009.

⁴ Szydłowski H.: Pracownia fizyczna. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 1994, s. 56.

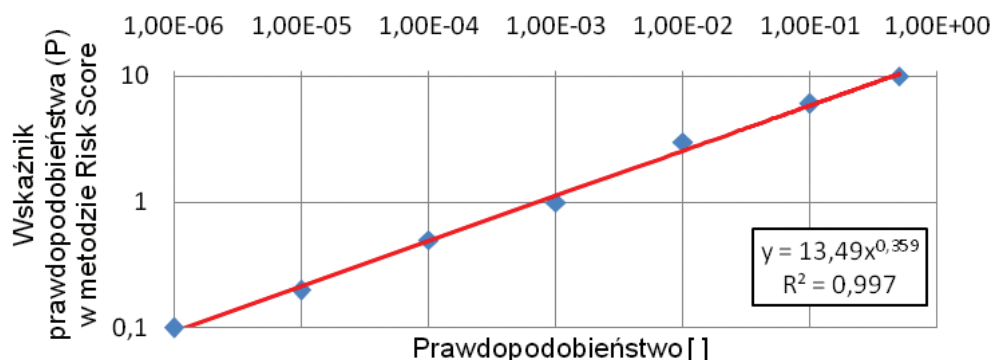
rozkłady wartości wskaźników S , E i P wykorzystywanych w metodzie Risk Score, w funkcji bezpośrednich czynników określających ryzyko, tzn. strat materialnych wyrażonych w PLN (rys. 1), częstości ekspozycji na zagrożenie (rys. 2 – opis parametru poniżej) oraz prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia (rys. 3). Do rozkładów przedstawionych na wszystkich trzech rysunkach dopasowano funkcje potęgowe postaci $y = ax^b$, reprezentowane przez linie proste na wykresach w skali log-log (na wykresach, w ramach pokazano również wartości parametrów dopasowanych funkcji).



Rys. 1. Estymacja funkcji potęgowej do rozkładu wartości wskaźnika skutków materialnych (S) w metodzie Risk Score (reprezentacja w skali log-log, opracowanie własne)



Rys. 2. Estymacja funkcji potęgowej do rozkładu wartości wskaźnika czasu ekspozycji na zagrożenie (E) w metodzie Risk Score (reprezentacja w skali log-log, opracowanie własne)



Rys. 3. Estymacja funkcji potęgowej do rozkładu wartości wskaźnika prawdopodobieństwa (P) w metodzie Risk Score (reprezentacja w skali log-log, opracowanie własne)

Z uwagi na fakt, że w oryginalnej pracy Kinneya i Wirutha parametr E (czas ekspozycji) został mało precyzyjnie określony, w niniejszej pracy zaproponowano przeliczenie częstości występowania ekspozycji na zagrożenie ze skali odnoszącej się do 1 roku, do skali 1 roku wyrażonego przez liczbę godzin pracy. W obliczeniach przyjęto następujące założenia:

- przeliczenie częstości występowania zagrożenia (czasu ekspozycji na zagrożenie) wykonano, korzystając z faktu, że 1 rok pracy ma 2024 godziny robocze⁵;
- określenie „kilka razy w roku” wyrażono jako 5 razy w roku;
- określenie „codziennie” potraktowano jako „raz dziennie” (1 godz. dziennie), czyli średnio raz na 8 godzin pracy;
- określenie „stale” potraktowano jako „w każdej godzinie pracy”, czyli raz na godzinę pracy.

Przy przeliczaniu wartości wskaźnika S (straty materialne) należy zwrócić uwagę, że uwzględnienia wymaga nie tylko kurs USD do PLN⁶, ale również fakt, że w 1976 r. wartość 1 USD była inna niż obecnie. Przyjmując, że wskaźnikiem dewaluacji pieniądza jest wskaźnik rocznej inflacji, wyliczono, że inflacja w USA

⁵ Przyjęto liczbę godzin pracy dla roku 2010, stosując metodę ich wyliczenia określoną w art. 130 § 1 i 2 ustawy (Kodeks pracy) z dnia 26.06.1974 r. (Dz.U. 1998, nr 21, poz. 94, z późn. zm.). Wyniki obliczeń dla różnych lat kalendarzowych, z uwagi na różną liczbę godzin pracy, mogą się nieznacznie różnić (na poziomie ok. 0,05%).

⁶ W obliczeniach przyjęto kurs z dnia 14.04.2010, tzn. 1 USD = 2,8325 PLN; (źródło: <http://www.nbp.pl/kursy/>)

od 1976 do 2010 wyniosła w przybliżeniu 294%⁷. Uwzględniając dwa powyższe spostrzeżenia, przy przeliczaniu zakresów zmienności wskaźnika strat materialnych S w metodzie Risk Score przyjęto, że 1 USD (z 1976 r.) = 8,33 PLN (w 2010 r.).

Wartości wskaźników: reprezentujących straty – ofiary w ludziach i materialne – (S), czas ekspozycji na zagrożenie (E), prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia (P) oraz przedziały ryzyka (R) w metodzie analizy Risk Score, po uwzględnieniu wszystkich wyżej opisanych założeń, przedstawiono w tabelach 1 i 2.

3. Analiza niepewności wyznaczania ryzyka w metodzie Risk Score na przykładach

Wyznaczenie wartości niepewności (błędu) ryzyka R w metodzie analizy Risk Score wymaga zastosowania wzoru (2) oraz skorzystania z założeń opisanych w punkcie 2 niniejszej pracy, wraz z wyznaczonymi zależnościami funkcyjnymi pomiędzy wartościami wskaźników S , E i P a odpowiadającymi im czynnikami mierzonymi bezpośrednio.

Biorąc powyższe pod uwagę wyznaczono, korzystając z metody Risk Score, wartości ryzyka wraz z błędem jego określenia ($R \pm \Delta R$) dla wszystkich możliwych kombinacji: dwóch wartości prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niekorzystnego – 5,00E-05 8,00E-02, dwóch wartości czasu ekspozycji (częstości ekspozycji) na zagrożenie – 1,00E-01, 1,00E-02, oraz dwóch wartości strat materialnych – 4,00E+05 PLN, 8,00E+07 PLN. W ten sposób zdefiniowano 8 potencjalnych zdarzeń niekorzystnych (oznaczonych na potrzeby niniejszej pracy A, B, ..., H). Założono 5- i 15-procentowy błąd względny wyliczenia prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia, 5- i 10-procentowy błąd względny wyliczenia częstości (czasu) ekspozycji na zagrożenie, oraz 10- i 20-procentowy błąd wyliczenia potencjalnych strat materialnych. Obliczenia cząstkowe, jak również wyliczone wartości ryzyk, wraz z błędem, dla wszystkich wymienionych scenariuszy przedstawiono w tabeli 3.

⁷ Obliczono, opierając się na danych i narzędziach obliczeniowych z <http://inflation-data.com/>

Tabela 1. Wartości wskaźników reprezentujących straty – ofiary w ludziach i materialne – (S) oraz czas ekspozycji na zagrożenie (E) w metodzie analizy ryzyka Risk Score

Skutki zdarzenia (S)			Czas ekspozycji (E)		
Wskaźnik	Straty w ludziach	Straty materialne [USD]	Straty materialne [PLN]*	Wskaźnik Ekspozycja	Częstość ekspozycji#
100	wiele ofiar śmiertelnych	> 1,00E+07	> 8,33E+07	Stała	1,00E+00
40	kilka ofiar śmiertelnych	1,00E+06 ÷ 1,00E+07	8,33E+06 ÷ 8,33E+07	Częsta (codziennie)	1,25E-01
15	ofiara śmiertelna	1,00E+05 ÷ 1,00E+06	8,33E+05 ÷ 8,33E+06	Sporadyczna (raz na tydzień)	2,57E-02
7	ciężkie uszkodzenie ciała	1,00E+04 ÷ 1,00E+05	8,33E+04 ÷ 8,33E+05	Okazyjna (raz na miesiąc)	5,93E-03
3	absencja	1,00E+03 ÷ 1,00E+04	8,33E+03 ÷ 8,33E+04	Minimalna (kilka razy rocznie)	2,47E-03
1	udzielenie pierwszej pomocy	< 1,00E+03	< 8,33E+03	Znikoma (raz do roku)	4,94E-04

* uwzględniając przybliżoną inflację USD w latach 1976-2010, oraz kurs PLN do USD z kwietnia 2010, co oznacza 1 USD z 1976 r. = 8,33 PLN w 2010 r.

częstość ekspozycji obliczono w odniesieniu do czasu 1 roku pracy wyrażonego w godzinach pracy (2024 godz. w 2010 r.)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1] i [2].

Tabela 2. Wartości wskaźników reprezentujących prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia (S) oraz przedziały ryzyka (R) w metodzie analizy ryzyka Risk Score

Prawdopodobieństwo (P)		Ryzyko (R)	
Wskaźnik	Szansa		
10	bardzo prawdopodobne	$R \leq 20$	akceptowalne, wskazana kontrola
6	całkiem prawdopodobne	$20 < R \leq 70$	małe, potrzebna kontrola
3	mało prawdopodobne, ale możliwe	$70 < R \leq 200$	istotne, potrzebna poprawa
1	tylko sporadycznie możliwe	$200 < R \leq 400$	duże, konieczna natychmiastowa poprawa
0,5	możliwe do pomyslenia		
0,2	praktycznie niemożliwe		
0,1	tylko teoretycznie możliwe	$R > 400$	bardzo duże, wskazane wstrzymanie pracy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1] i [2].

Tabela 3. Wyniki analizy niepewności obliczenia ryzyka w metodzie analizy ryzyka Risk Score. W tabeli S, E i P są wskaźnikami strat, czasu ekspozycji na zagrożenie i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niekorzystnego w metodzie Risk Score, ΔS , ΔE i ΔP odpowiadającymi im wartościami wyliczonych niepewności (błędów), zaś $R \pm \Delta R$ reprezentuje wskaźnikową wartość wyliczonego ryzyka wraz z niepewnością (błędem). Przez A, B, ... H oznaczono rozpatrywane, hipotetyczne, zdarzenia niekorzystne

Scenariusz	Straty materialne [PLN]	Błąd szacow. strat mat. [%]	S	$\pm \Delta S$	Czas ekspozycji	Błąd szacow. czasu ekspozycji [%]	E	$\pm \Delta E$	Prawdopodobieństwo	Błąd szacow. prawdopodob. [%]	P	$\pm \Delta P$	R	$\pm \Delta R$	Błąd wzgl. $\Delta R / R$ [%]
A	4,00E+05	10	4,97	0,19	1,00E-02	10	1,93	0,08	5,00E-05	15	0,38	0,02	3,68	0,49	13,3
B	4,00E+05	10	4,97	0,19	1,00E-02	10	1,93	0,08	8,00E-02	5	5,44	0,10	52,17	5,06	9,7
C	4,00E+05	10	4,97	0,19	1,00E-01	5	4,82	0,10	5,00E-05	15	0,38	0,02	9,20	1,04	11,3
D	4,00E+05	10	4,97	0,19	1,00E-01	5	4,82	0,10	8,00E-02	5	5,44	0,10	130,45	10,05	7,7
E	8,00E+07	20	39,56	3,10	1,00E-02	10	1,93	0,08	5,00E-05	15	0,38	0,02	29,31	5,04	17,2
F	8,00E+07	20	39,56	3,10	1,00E-02	10	1,93	0,08	8,00E-02	5	5,44	0,10	415,46	56,54	13,6
G	8,00E+07	20	39,56	3,10	1,00E-01	5	4,82	0,10	5,00E-05	15	0,38	0,02	73,28	11,15	15,2
H	8,00E+07	20	39,56	3,10	1,00E-01	5	4,82	0,10	8,00E-02	5	5,44	0,10	1038,80	120,70	11,6

Źródło: opracowanie własne.

Jak pokazano w tabeli 3, błąd względny wyznaczenia ryzyka metodą Risk Score, w zależności od rozpatrywanego zdarzenia, waha się w przedziale od 7,7% do 15,2%. Oznacza to, że uwzględnienie nawet małych niepewności obliczenia pierwotnych wartości strat, prawdopodobieństwa zdarzenia i częstości ekspozycji (która de facto wyraża prawdopodobieństwo, że osoba znajdzie się w obszarze zagrożenia w chwili wystąpienia zdarzenia niekorzystnego) rzędu 5-10% może prowadzić do błędów wyznaczenia wartości ryzyka rzędu 10–11%. Fakt ten staje się szczególnie istotny w przypadku metody typu „ostrego obciążenia”, jaką jest Risk Score. W przypadku, gdy wartość wyznaczonego ryzyka jest bliska którejś z wartości granicznych (tzn. progu przejścia z jednego obszaru ryzyka do drugiego), niepewność obliczeń może prowadzić do przeszacowania lub niedoszacowania ryzyka. Każda z tych możliwości nie jest korzystna. Niedoszacowanie ryzyka może spowodować narażenie się na niepotrzebne straty w razie realizacji ryzyka, przeszacowanie ryzyka również pociąga za sobą straty (materialne) z uwagi na zbyt kosztowne w przypadku przeszacowania działania mające na celu redukcję ryzyka.

4. Podsumowanie

W niniejszym artykule przedstawiono metodę wyznaczenia niepewności (błądu) ryzyka obliczanego za pomocą metody analizy Risk Score. Jak pokazano, określenie tej niepewności wymagało uwzględnienia w obszarze szacowania strat zarówno dewaluacji dolara USA w latach 1976–2010, jak również kursu USD do PLN w roku 2010. Konieczne było również przybliżenie czasu ekspozycji określonego w metodzie Risk Score poprzez częstość ekspozycji, która została wyznaczona względem 1 roku pracy wyrażonego w godzinach pracy. Przeprowadzone obliczenia pokazały, że nawet niewielkie niepewności wyznaczenia pierwotnych wartości strat, prawdopodobieństwa zdarzenia i częstości ekspozycji rzędu 5–10% może prowadzić do błędów wyznaczenia wartości ryzyka rzędu 10–11%. Fakt ten, w przypadku metod typu „ostrego obciążenia”, jaką jest metoda Risk Score, może prowadzić do przeszacowania lub niedoszacowania wartości ryzyka. Z tego względu zaleca się szczególną ostrożność w wykorzystaniu tej metody, jeżeli wyznaczone wartości ryzyka są bliskie granicy przejścia pomiędzy sąsiadującymi kategoriami ryzyka.

PIŚMIENNICTWO

1. Kinney G. F., Wiruth A. D.: Practical Risk Analysis for Safety Management. US Naval Postgraduate School, Security Department China Lake, Kalifornia 1976.
2. Romanowska-Słomka I., Słomka A.: Zarządzanie ryzykiem zawodowym. Tarbonus, Tarnobrzeg 2003.
3. Smolarkiewicz M. M.: Metodyka wyznaczania niepewności określenia ryzyka na potrzeby zarządzania kryzysowego, W: M. Lisiecki (red.), M. Raczkowska-Lipińska, B. Sitko, W. Pokruszyński: Bezpieczeństwo wewnętrzne Rzeczypospolitej Polskiej na tle innych państw Unii Europejskiej. Stan obecny oraz perspektywy zmian. Nakł. Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide de Gasperi w Józefowie k. Otwocka, Józefów 2009.
4. Strona internetowa: <http://inflationdata.com/> Dostęp 15.10.2010.
5. Strona internetowa: <http://www.nbp.pl/kursy/kursya.html/> Dostęp 20.10.2010.
6. Szydłowski H.: Pracownia fizyczna. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 1994.
7. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy. Dz.U. 1998, nr 21, poz. 94, z późn. zm.

SUMMARY

dr Marcin M. SMOLARKIEWICZ

UNCERTAINTY OF DETERMINATION OF RISK IN THE RISK SCORE METHOD

In this article the methodology of identification and calculation of risk uncertainty in the Risk Score method was introduced. To adapt the Risk Score method, found in 1976 by Kinney and Wiruth, to reality of 2010 year, few changes to methodology had to be made. Inflation of USD from 1976 to 2010 and rate of exchange (USD to PLN) have been taken into account. The exposure time from Risk Score method was estimated by exposure frequency. The power dependence of probability, exposure frequency and material losses coefficients

on correspondent measured parameters were analyzed. The uncertainty of risk calculated by Risk Score method was estimated. Analyses and calculations were based on analytical examples. Calculations shown that even 5–10% uncertainties of probability of unfavorable event, potential losses and exposure time (frequency) result in 10-11% uncertainty of risk determined by Risk Score method. This may cause underestimation or overestimation of risk, especially in events for which calculated risk value is near the border value of tiled risk intervals in Risk Score method.