

# Szacowanie ryzyka z wykorzystaniem zmiennej losowej o pramatkach rozmytych w oparciu o język BPFPRAL

Mgr inż. Michał Bętkowski, dr inż. Andrzej Pownuk

Wydział Budownictwa

Politechnika Śląska w Gliwicach

[Michal.Betkowski@polsl.pl](mailto:Michal.Betkowski@polsl.pl), [Andrzej.Pownuk@polsl.pl](mailto:Andrzej.Pownuk@polsl.pl)

**Streszczenie.** W wielu przypadkach, chcąc oszacować poziom ryzyka, stoimy przed problemem braku wiarygodnych danych statystycznych. W artykule autorzy zaprezentują autorską koncepcję zmiennej losowej o parametrach rozmytych oraz język programowania pozwalający modelować ryzyko ujmując niepewny charakter danych.

Słowa kluczowe: ryzyko, zmienna losowa, zbiory rozmyte.

**Abstract.** In many cases, if one would like to estimate the level of risk then one faces the problem of lack of credible statistical data. In order to resolve this problem in this paper the authors will show a new concept of random variable with fuzzy parameters as well as programming language which allow to calculate risk which take into account data uncertainty.

Keywords: risk, random variable, fuzzy sets.

## Wstęp

Systemy produkcyjne są złożonymi obiektami. Zgodnie z zasadami analizy systemowej mogą być dla celów ich badania rozłożone na poszczególne proste elementy składowe. Zasada dekompozycji pozwala na podział i rozdzielny opis każdego elementu, a następnie w wyniku procesu syntezy łączy się poszczególne elementy w system [3]. Na rynku istnieje wiele programów wspomagających szacowanie ryzyka (Risk , PertMaster ), jednak podstawową barierą w szacowaniu poziomu ryzyka jest brak znajomości wszystkich czynników oraz dostatecznej ilości danych wejściowych do modeli [2]. Dokładność oszacowania zależy więc od trafności przyjęcia poszczególnych parametrów opartych o intuicję lub niewielką ilość danych. Jest to wprowadzanie sztucznej dokładności tam gdzie nie wynika ona z charakteru danych i nie przekłada się na wiarygodność wyników.

## Zmienna losowa o parametrach rozmytych

Każdy proces jest złożony z szeregu procesów składowych przyjmujących zmienne parametry. Charakter poszczególnych procesów możemy opisać przy pomocy zmiennych losowych, a w przypadku niedostatecznej liczby informacji możemy posłużyć się zmienną rozmytą. Każde z podejść ma szereg zalet i wad. Główną zaletą zmiennej rozmytej jest niewielka liczba informacji potrzebnych do jej skonstruowania.

Niestety wady tego opisu ujawniają się wraz ze wzrostem liczby procesów składowych.

Jeśli mamy dany rozkład prawdopodobieństwa  $f_X(x, \mathbf{h})$  zależny od wektora parametrów  $\mathbf{h}$ , który charakteryzuje rozkład pewnej zmiennej losowej  $X$ . Ryzyko (zależne od parametru  $\mathbf{h}$ ) przekroczenia przez zmienną losową  $X$  pewnego założonego poziomu  $X_0$  można obliczyć następująco:

$$R(X_0, \mathbf{h}) = \int_{X_0}^{\infty} f_X(x, \mathbf{h}) dx \quad (1)$$

Jeśli parametry  $\mathbf{h}$  są opisane przy pomocy liczb rozmytych  $\mathbf{h}_F$ , to można obliczyć ryzyko jako liczbę rozmytą określoną przy pomocy metody  $\alpha$ -przekrojów.

$$\hat{R}_\alpha(X_0) = \{R(X_0, \mathbf{h}) : \mathbf{h} \in \hat{\mathbf{h}}_\alpha\} \quad (2)$$

$$\mu_{R(X_0)}(x) = \sup\{\alpha : x \in \hat{R}_\alpha(X_0)\} \quad (3)$$

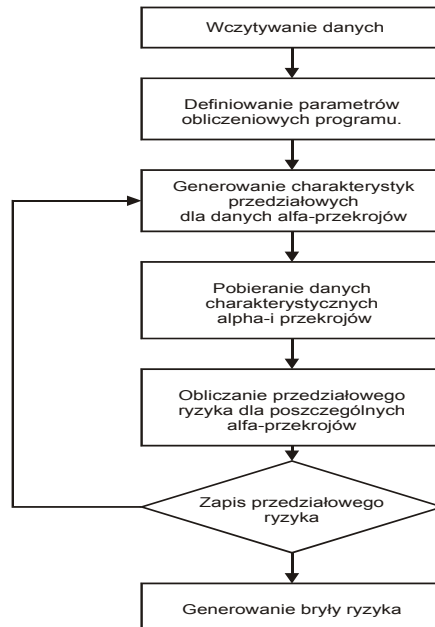
Tak określone rozmyte ryzyko  $R_F(X_0)$  może zostać obliczone np. przy wykorzystaniu zmodyfikowanej metody Monte Carlo [1].

## BPFPRAL – podstawowe cechy języka

BPFPRAL (Bętkowski Pownuk Fuzzy Probabilisty Risk Analysis Language) [5] jest nowoczesnym, elastycznym językiem pozwalającym odwzorowywać modele o różnej złożoności oraz pozwalającym wykorzystywać dane o charakterze :

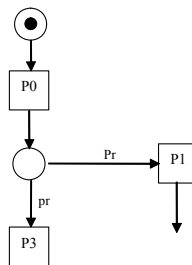
- deterministycznym
- probabilistycznym
- przedziałowym
- rozmytym
- probabilistycznym o przedziałowej charakterystyce parametrów

Ogólną procedurę postępowania przedstawia rys 1.



Rys. 1

Opis przykładowego węzła prezentuje rys 2.



Rys. 2

Kod programu opisujący przykładowy węzeł w języku BPFPRAL przedstawia tabulogram:

```
Node
NumberOfNode 0
Children 1 3
Probability 0.35
IntervalProbability 0.2
xMinMin 1903.13
xMinMax 2120.63
```

```

xMidMin 2120.63
xMidMax 2229.38
xMaxMin 2229.38
xMaxMax 2446.88
ProbabilityGrids 3
NumberOfGrid 3
DistributionType 2
End

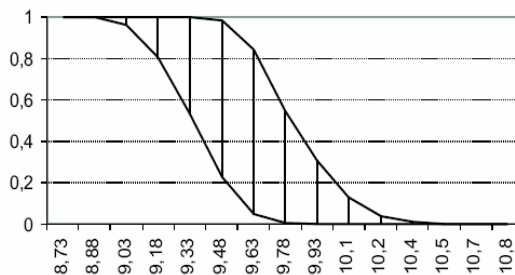
```

Gdzie:

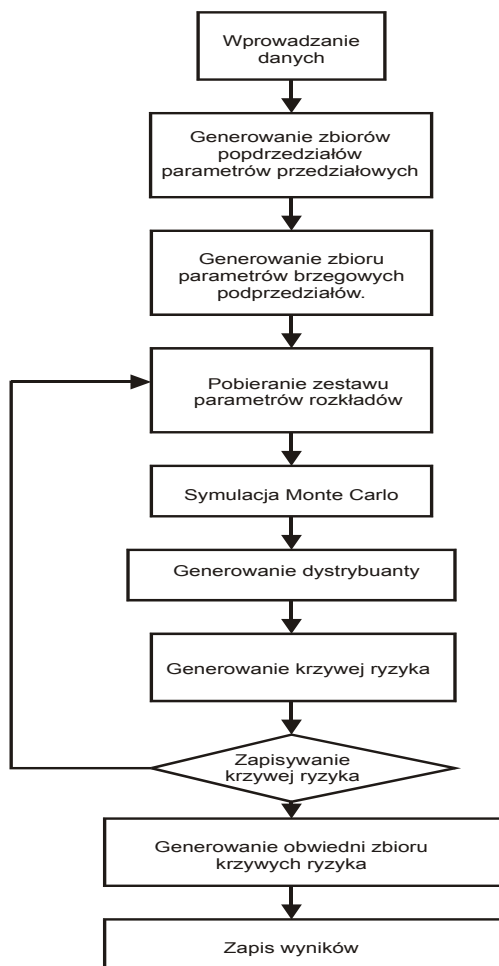
Node	-	początek definicji węzła
NumberOfNode	-	numer węzła
NumberOfChildren	-	liczba wychodzących rozgałęzień
Children	-	numery wychodzących węzłów
Probabilist	-	prawdopodobieństwo wylosowania pierwszego węzła
IntervalProbability	-	rozmycie prawdopodobieństwa
xMinMin , xMinMax	-	rozmycie wartości optymistycznej (dla beta-pert)
xMidMin , xMidMax	-	rozmycie wartości najbardziej prawdopodobnej (dla beta-pert)
xMaxMin xMaxMax	-	rozmycie wartości pesymistycznej (dla beta-pert)
NumberOfGrid	-	liczba podziałów wszystkich przedziałów
ProbabilityGrids	-	ilość podziałów przedziału rozmycia prawdopodobieństwa wystąpienia procesu
DistributionType	-	typ rozkładu prawdopodobieństwa
		1 – rozkład Gaussa
		2 – rozkład Beta
		3 – stała
End	-	koniec definicji węzła

Dla zadanej liczby przekrojów przeprowadzane są obliczenia generujące obwiednie ryzyka według procedury przedstawionej na rys. 4.

Przykładową obwiednie prezentuje rys. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**



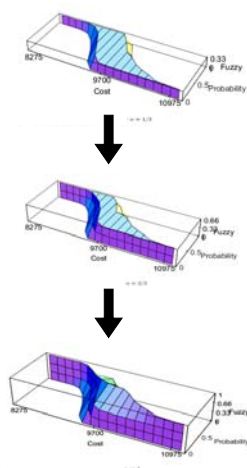
Rys. 3



Rys. 4

Generowanie bryły ryzyka z rzędnych uzyskanych na podstawie poszczególnych przekrojów przedstawia rys.5

Obliczenia wykonano przy wykorzystaniu autorskiego programu. Demonstracyjna wersja programu może zostać uruchomiona na stronie internetowej [6].



Rys. 5

### Podsumowanie

Obecnie na rynku brak oprogramowania pozwalającego na modelowanie tego typu problemów. Legło to u podstaw opracowania przez autorów języka. Zastosowanie powyższej metodologii pozwala na maksymalne wykorzystanie dostępnych informacji, a zarazem daje obraz niepewności danych. Poziom wiarygodności takiego oszacowania jest w dużej mierze zależny od procesu identyfikacji elementów składowych, możliwych scenariuszy oraz doświadczenia.

### Literatura

- [1] Bętkowski, M, Pownuk, A., Calculating Risk of Cost Using Monte Carlo Simulation with Fuzzy Parameters in Civil Engineering , NSF workshop on Reliable Engineering Computing, September 15-17, 2004, Savannah, Georgia, USA.
- [2] Bizon-Górecka J.; Metodyka zarządzania ryzykiem w produkcji budowlanej - Rozprawy nr 89 Bydgoszcz 1998.
- [3] Gordon G.: Symulacja systemów. WNT, Warszawa 1974
- [4] Bętkowski M, Pownuk A., Koncepcja zmiennej losowej o parametrach rozmytych jako narzędzia do szacowania ryzyka procesów budowlanych w warunkach ograniczonej ilości danych. Konferencja naukowo-techniczna pt. BUDOWNICTWO POLSKIE W ROKU WSTĄPIENIU DO UNII EUROPEJSKIEJ Gdańsk 9-11.06.2005
- [5] Bętkowski M., Pownuk A., .: BPFPRAL ver. 1.8.2 – User manual, Gliwice, Poland, 2004.
- [6] [http://pownuk.prv.pl/interval\\_web\\_applications.htm](http://pownuk.prv.pl/interval_web_applications.htm)