

# KOMPUTEROWA SYMULACJA PROCESÓW ZWIĄZANYCH Z RYZYKIEM PRZY WYKORZYSTANIU ŚRODOWISKA ADONIS

Bogdan RUSZCZAK

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia metodę komputerowej symulacji czynników ryzyka dla projektu inwestycyjnego oraz niezbędne do jej wykonania etapy – zbudowania modelu procesów, wyodrębnienia zagrożeń im towarzyszących i kwantyfikacji poziomów ryzyka składowych procesów. W celu zmierzenia poziomów ryzyka posłużono się miarami statystycznymi oraz metodą VaR a do przeprowadzenia symulacji zaproponowano narzędzie BOC Adonis służące do modelowania procesów biznesowych.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie ryzykiem, modelowanie procesów biznesowych, symulacje komputerowe, pomiar ryzyka metodą VaR, BOC Adonis.

## 1. Wstęp

Procesy inwestycyjne angażujące znaczne ilości kapitału wymagają wiedzy na temat przyszłych wydatków i wpływów danej inwestycji. Wiedzy tej często nie sposób uzyskać w wyniku prostego rachunku ekonomicznego – niejednokrotnie wymaga ona przewidzenia szeregu zdarzeń, które mogą wystąpić podczas procesu inwestycyjnego lub w trakcie eksploatacji inwestycji. Aby analizować wydarzenia, które mają wpływ na daną inwestycję należy zamodelować procesy składające się na nią oraz określić potencjalne zagrożenia towarzyszące jej przebiegowi.

Dla zbudowanego modelu procesów określa się czynniki ryzyka związane z poszczególnymi zagrożeniami, tak aby możliwe było przeprowadzenie symulacji obrazującej wpływ tych czynników na ogólny poziom rentowności przedsięwzięcia. Symulacja ta w postaci rozkładu prawdopodobieństwa potencjalnych strat określa poziom ryzyka projektu i ułatwia wybór jednego z kilku potencjalnych wariantów inwestycji.

## 2. Definiowanie ryzyka metodą VaR

Wszelkie zagrożenia towarzyszące projektowi determinują ryzyko dla tego projektu. Określanie poziomu ryzyka dla projektu inwestycyjnego wiąże się z koniecznością określenia poszczególnych jego poziomów dla wszystkich procesów składowych wpływających istotnie na rentowność inwestycji.

Przy wyznaczaniu poziomu ryzyka należy pamiętać że jest on definiowany dwuwymiarowo – dla każdego potencjalnego zagrożenia należy określić potencjalny skutek ekonomiczny – wyrażony kapitałowo, oraz częstotliwość bądź prawdopodobieństwo jego wystąpienia.

W celu określenia ogólnego poziomu ryzyka projektu inwestycyjnego zastosowana została metoda „wartości ryzykowanej” - VaR (Value at Risk). Wartość narażona na ryzyko jest statystyczną miarą ryzyka, która szacuje maksymalną stratę na portfelu, jaka może wystąpić przy założonym poziomie ufności. VaR określa prawdopodobieństwo, zgodnie z którym straty będą mniejsze od założonej kwoty. Wyznacza kwotę jaka może być

stracona w ściśle określonym czasie. Ten czas uzależniony jest od okresu, na jaki przyjęto stałość portfela [2].

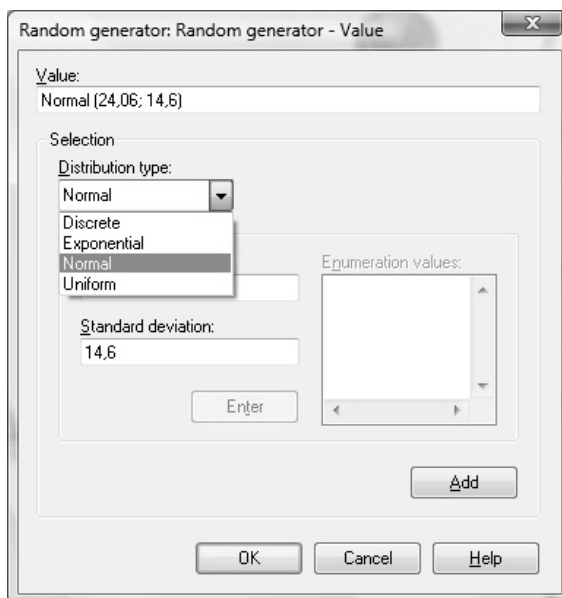
Wykorzystanie metody VaR owocuje swoistą kwantyfikacją inwestycji na czynnik finansowy, co umożliwia późniejsze porównywanie jej różnych wariantów, innych inwestycji czy też odniesienie inwestycji do tradycyjnych form inwestowania kapitału jak lokaty bankowe czy zakup obligacji skarbowych. Co najważniejsze stosowanie VaR umożliwia oszacowanie ryzyka dla projektu na który składa się szereg procesów, których nie sposób odnieść do siebie prostym rachunkiem.

### 3. Modelowanie procesów biznesowych z wykorzystaniem środowiska BOC ADONIS

Do przeprowadzenia symulacji czynników ryzyka niezbędne jest wcześniejsze przygotowanie modelu procesów obciążonych tym ryzykiem. Do budowy tego modelu zaproponowano model procesów biznesowych – model zawierający procesy składające się na daną inwestycję oraz deklarujący ich przebieg. Do budowy modelu wykorzystywana jest notacja BPMN (Business Process Modeling Notation), która powstała z inicjatywy organizacji o nazwie Business Process Modeling Initiative (BPMI) [4].

Do zamodelowania procesu niezbędna jest znajomość jego przebiegu, oraz wiedza które procesy generują zagrożenia dla jego rentowności, co wymaga odpowiedniego doświadczenia z dziedziny dla której model jest przygotowywany.

Dla przeprowadzenia symulacji wykorzystano środowisko BOC Adonis, które umożliwia zamodelowanie wielu aspektów działalności przedsiębiorstwa. Pozwala na budowanie map procesów, modeli procesów biznesowych, modeli środowiska pracy, produktów, ryzyka i innych. Środowisko to umożliwia także wieloraką symulację dla wprowadzonych modeli a także ich analizę i ewaluację.



Rys. 1. Okno wyboru rozkładu prawdopodobieństw zmiennych losowych modelu

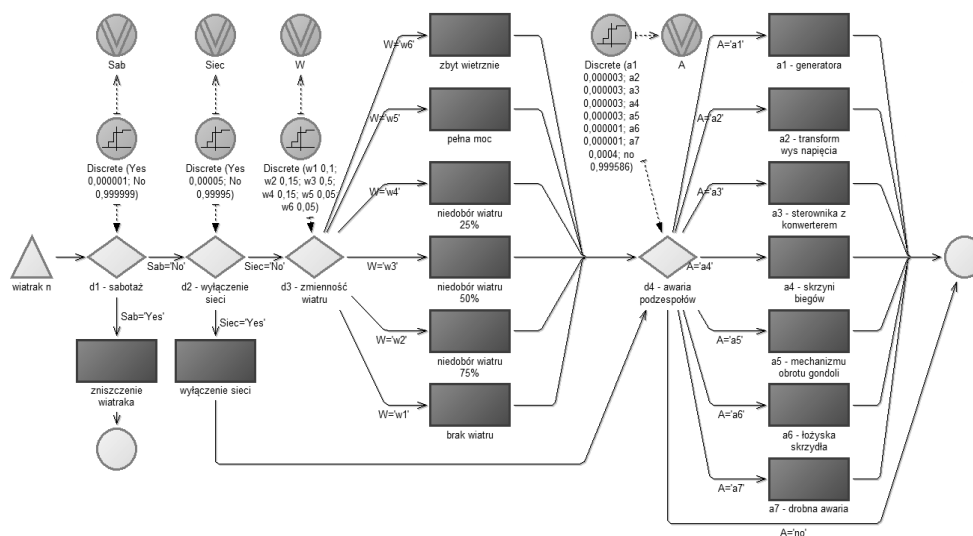
Dla potrzeb symulacji czynników ryzyka ważna jest możliwość określenia niezbędnych

danych wejściowych – odpowiednich kosztów towarzyszących danym procesom oraz prawdopodobieństw (lub częstości) ich wystąpienia. W środowisku ADONIS zaimplementowano możliwość definiowania rozkładów prawdopodobieństw poszczególnych procesów – co przedstawiono na rysunku 1. Prawdopodobieństwa wystąpienia procesów można podawać w postaci dyskretnej - przypisując konkretne prawdopodobieństwa odpowiednim procesom, lub za pomocą odpowiednio dobranych rozkładów losowych (normalnego, eksponentnego czy jednostajnego).

W celu przeprowadzenia symulacji wykorzystano analizę ścieżek i dla zadanej liczby iteracji przeprowadzana była odpowiednia liczba losowań zdarzeń potencjalnych w procesie. Program automatycznie zlicza i grupuje wyniki dla poszczególnych zdarzeń, tak aby można było prześledzić po zakończeniu symulacji, które ze zdarzeń obciążone są jakim kosztem i jak często mogą się wydarzyć.

#### 4. Przykład zamodelowania i symulacji procesów związanych z ryzykiem

W celu zobrazowania możliwości proponowanych symulacji zbudowano przykładowy model procesów. Poniższy przykład obrazuje inwestycję budowy elektrowni wiatrowej – a czynniki ryzyka uwzględnione w modelu wynikają z charakterystyki danej inwestycji. Specyficzne zagrożenia jakie wiążą się z tą inwestycją zostały dość dobrze opisane w literaturze, także łatwo wyłonić czynniki które powinny być brane pod uwagę podczas analizowania ryzyka tego projektu [1,3].

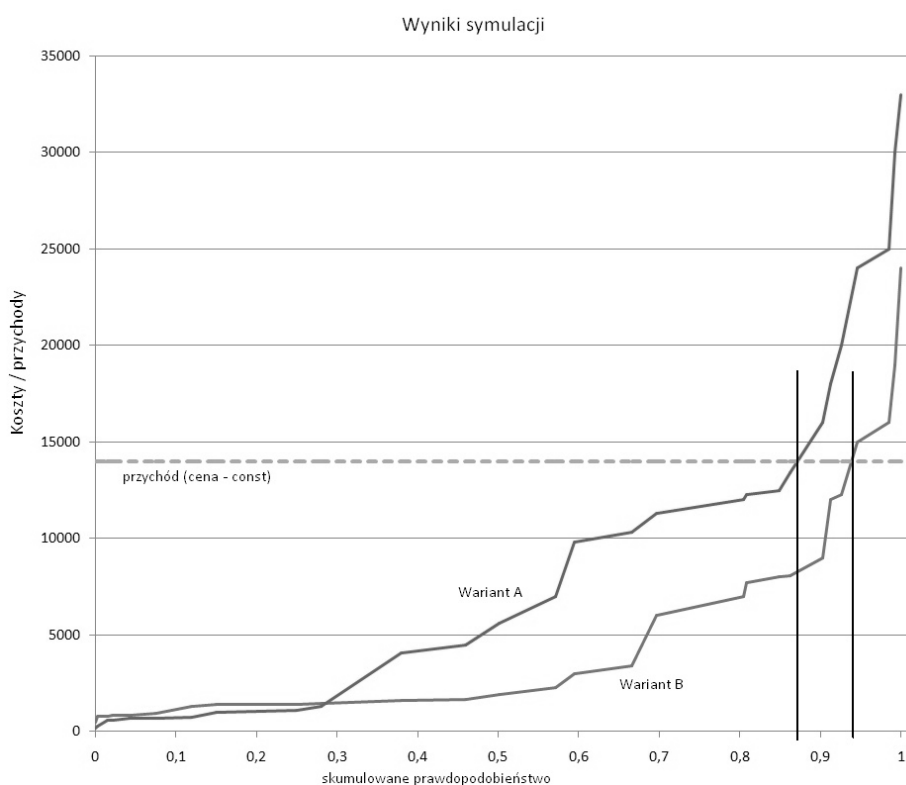


Rys. 2. Model wejściowy dla wykonanej symulacji

Głównymi zmiennymi w testowanym modelu (przedstawionego na rysunku 2) zostały:

- zmienność wiatru – źródła energii niezbędnej do utrzymania produkcji – tutaj opisana w postaci dziennej produkcji energii (ze względu na łatwą kalkulację na przychód), która z kolei jest pochodną charakterystyki wiatru dla zadanej lokalizacji inwestycji i na wstępie jest mierzona na odpowiedniej wysokości w odpowiednio długiej perspektywie czasu.
- awaryjność podzespołów elektrowni – główny składnik kosztów utrzymania

- inwestycji w ruchu, mierzone są częstotliwości i koszty poszczególnych awarii, a także czasu naprawy, która uniemożliwia produkcję i sprzedaż prądu
- wyłączenie sieci i sabotaż – jako najczęstsze zagrożenia zewnętrzne, które wyłączają elektrownię z normalnej pracy.



Rys. 3. Wyniki symulacji dla dwóch wariantów inwestycji

Symulacja przeprowadzona została dla dwóch wariantów lokalizacji inwestycji – przyjęto odpowiednio inne wartości dla czynników wiatru w modelu. Takie dwukrotne wykonanie symulacji pozwala porównać poziom ryzyka obu inwestycji. Dla zobrazowania wyników symulacji przedstawiono je w postaci wykresu (rysunek 3), na którym dodatkowo wykreślono szacunkowy przychód, do którego odnieść należy potencjalne koszty – co pokazuje punkt rentowności projektu. Na wykresie wyraźnie widać przewagę drugiej lokalizacji, dla której prawdopodobieństwo straty jest wyraźnie niższe.

## 5. Wnioski

Modelowanie procesów jest łatwym w implementacji narzędziem, które można wykorzystać w celu obrazowania procesów przedsiębiorstwa, ale także z powodzeniem wykorzystać do symulacji procesów związanych z ryzykiem. Przeprowadzenie takiej symulacji może zbudować obraz ogólnego poziomu ryzyka projektu dla odpowiednio dobranych i zmierzonych czynników ryzyka.

Zaproponowana metoda modelowania pozwala zbadać następstwa szeregu

potencjalnych zdarzeń, które mogą wystąpić z określoną częstotliwością, zadawaną czy to za pomocą prawdopodobieństw behawioralnych czy za pomocą określonych rozkładów prawdopodobieństw.

Metoda pozwala także na analizowanie w modelu skutków danych zagrożeń nie tylko w postaci kosztu czy przychodu, analizować w tym modelu można także czasy opóźnień towarzyszące danym zdarzeniom, traktowane jako opóźnienia w wykonaniu projektu, spowodowane np. czasem niezbędnym na odpowiednie naprawy po wystąpieniu awarii.

Proponowana symulacja procesów związanych z ryzykiem jest na tyle uniwersalna, że z powodzeniem może być zastosowana niezależnie od branży w której przeprowadzana jest inwestycja a jej wyniki pozwalają porównywać ogólny poziom ryzyka projektów składających się z różnych procesów określonych zmiennymi trudnymi do porównania innym sposobem.

### **Literatura**

1. Bartodziej G., Tomaszewski M.: Problem bezpieczeństwa energetycznego. Energetyka Ciepła i Zawodowa, nr 4/2007.
2. Best P.: Wartość narażona na ryzyko. Obliczanie i wdrażanie modelu VaR. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000.
3. Boczar T.: Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania. Wydawnictwo Pomiar Automatyka Kontrola, Gliwice 2007.
4. Piotrowski M.: Notacja modelowania procesów biznesowych - podstawy, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2007.

Mgr inż. Bogdan RUSZCZAK  
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów  
Politechnika Opolska  
45-370 Opole, ul. Ozimska 75  
tel./fax.: (0-77) 453 64 58  
e-mail: b.ruszczak@po.opole.pl