


# MODELOWANIE RYZYKA OPERACYJNEGO

**Maciej Buczak**

**WARSZAWA, 23-24 czerwiec 2026**

© 2026 Maciej Buczak | Risk Research

# Obserwacje pokryzysowe - Basel III

## Basel III

*“Framework Basel III jest centralnym elementem odpowiedzi Komitetu Bazylejskiego na globalny kryzys finansowy. Odnosi się on do szeregu niedociągnięć przedkryzysowego frameworku regulacyjnego i zapewnia podstawę regulacyjną dla odpornego systemu bankowego, który wspiera realną gospodarkę.”*

## Cel reform

*“Kluczowym celem rewizji jest zmniejszenie nadmiernej zmienności aktywów ważonych ryzykiem (RWA)”*

## Utrata zaufania do metod

*“W szczytowym momencie globalnego kryzysu finansowego szeroki zakres interesariuszy – w tym akademicy, analitycy i uczestnicy rynku – stracił wiarę w raportowane przez banki wskaźniki kapitałowe ważone ryzykiem.”*

## Zmienność RWA

*“Własne analizy empiryczne Komitetu podkreśliły niepokojący stopień zmienności w kalkulacji RWA przez banki.”*

## Brak porównywalności

*“Raportowane przez banki wskaźniki kapitałowe ważone ryzykiem powinny być wystarczająco przejrzyste i porównywalne, aby umożliwić interesariuszom ocenę ich profilu ryzyka.”*

*[BCBS: Basel III: Finalising post-crisis reforms, December 2017]*

**Niestabilność** – jedna duża strata mogła drastycznie zmienić wymóg kapitałowy z roku na rok

**Nadmierna zmienność i nieporównywalność** podobne banki o podobnym profilu ryzyka wykazywały bardzo różne wymogi kapitałowe, bo modele (LDA + EVT) były bardzo czułe na wybór rozkładu i progu w ogonie rozkładu (tail)

**Trudność walidacji** – straty "tail" są rzadkie z definicji, więc statystyczne oszacowanie 99,9 percentyla na bazie kilkunastu lat danych jest z natury bardzo niepewne

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# CRR III - ograniczanie modeli

## Ryzyko kredytowe

### Ograniczenie metody IRB

- Output floor na RWA
- Ograniczenia dla A-IRB
- Bufory
- Input floors




## Ryzyko operacyjne

### Wycofanie metody AMA

- po 20 latach funkcjonowania
- jak interpretować ten krok?

### Nowa metoda: SMA

Wymóg kapitałowy (SMA) = BIC × ILM
ILM = 1 (w UE)

### Profil ryzyka w SMA

Loss Component (LC) jako element odzwierciedlający profil ryzyka banku.
Przejście straty oczekiwane x 15 ⟶ straty nieoczekiwane

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Jaka była AMA?

## Problemy metody AMA

### Brak standaryzacji

Duża różnorodność stosowanych w sektorze podejść.

### Wrażliwość modelu

Bardzo wysoka wrażliwość wyników modelu - prawie nie możliwa do kontrolowania

### Nadzłożoność modelu

Stopień złożoności frameworku był bardzo wysoki - to generowało dodatkowe komplikacje procesowe, ale także statystyczne.

### Operujemy na przestrzeni niebacktestowalnej

Moment realnego backtestu to może być moment upadku banku lub sektora.

### Problem z kwantylem 0.999 i pojęcie rzadkości

Jak estymować na kwantylu 0.999 i wyższym (nawet 0.999999) oraz jak wygląda sytuacja nieoczekiwana.

## Co dalej z AMA?

### Zatrzymany rozwój modeli ryzyka

*"... **wiele banków widzi w tym możliwość zaadaptowania swoich modeli AMA do nowych zastosowań,** wykorzystując wnioski z rozkładów strat, które są bardziej przydatne do codziennego zarządzania ryzykiem. Inne firmy starają się wykorzystać swoje zasoby modelowania ryzyka do opracowania nowych zastosowań w zakresie pomiaru ryzyka."*

ORX, Risk measurement modelling beyond AMA, raport, styczeń 2024

### Dalsze stosowanie AMA

AMA nie odchodzi jako narzędzie analityczne – odchodzi tylko jako podstawa wymogu kapitałowego Pillar 1. Banki dalej rozwijają AMA na potrzeby ICAAP (Pillar 2), stress testów i wewnętrznego apetytu na ryzyko

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Artykuły

## ONE-PAGER

Bieg wsteczny w rozwoju koncepcji modelowaniu wartości nieoczekiwanej ...

## ONE-PAGER

Dlaczego AMA musiała upaść: Analiza strukturalnych wad frameworku

## PEŁNE ARTYKUŁY

Link do strony www

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Krytyka metody SMA

Peters, G. W., Shevchenko, P. V., & Chapelle, A. (2016) “Should AMA Be Replaced with SMA for Operational Risk?”

### Nie likwidować AMA, wystandaryzować

Autorzy nie zgadzają się z decyzją Komitetu Bazylejskiego o zastąpieniu AMA przez SMA. Ich rekomendacja: nie likwidować AMA, a ją wystandaryzować.

## Zarzuty wobec SMA

### Niestabilność kapitału

- Autorzy przeprowadzili symulacje 1000-letnich historii strat dla banków małych, średnich i dużych, przy stałym BI (czyli żadnych zmian w skali biznesu).
- Wynik: kapitał SMA może się co najmniej podwoić z roku na rok tylko z powodu naturalnej zmienności w historii strat – bez żadnej zmiany modelu, parametrów czy wielkości biznesu.

### Tylko dane wewnętrzne

- W AMA były cztery źródła danych.

### Spadek wrażliwości na ryzyko

- SMA liczy kapitał na poziomie całej instytucji, a nie na poziomie 56 kategorii, jak w AMA.
- Czyli błędne założenie o wspólnym mechanizmie generującym.

### Superaddyttywność kapitału

- SMA może generować wyższy łączny wymóg kapitałowy dla połączonej instytucji niż suma wymogów dla tych samych jednostek policzonych osobno.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Alternatywne metody - debata akademicka

## Metody Bayesowskie

- Shevchenko, P. V., & Wüthrich, M. V. (2006). The structural modelling of operational risk via Bayesian inference: Combining loss data with expert opinions. The Journal of Operational Risk, 1(3), 3–26.
- Peters, G. W., & Sisson, S. A. (2006). Bayesian inference, Monte Carlo sampling and operational risk. The Journal of Operational Risk, 1(3), 27–50.
- Neil, M., Fenton, N., & Tailor, M. (2005). Using Bayesian networks to model expected and unexpected operational losses. Risk Analysis, 25(4), 963–972.
- Neil, M., Häger, D., & Andersen, L. B. (2009). Modeling operational risk in financial institutions using hybrid dynamic Bayesian networks. The Journal of Operational Risk, 4(1), 3–33.

## GAMLSS (elastyczne modelowanie rozkładu strat)

- Ganegoda, A., & Evans, J. (2013). A scaling model for severity of operational losses using generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS). Annals of Actuarial Science, 7(1), 61–100.

## Modelowanie zależności i EVT

- Chavez-Demoulin, V., Embrechts, P., & Nešlehová, J. (2006). Quantitative models for operational risk: Extremes, dependence and aggregation. Journal of Banking & Finance, 30(10), 2635–2658.
- Brechmann, E. C., Czado, C., & Paterlini, S. (2014). Flexible dependence modelling of operational risk losses and its impact on total capital requirements. Journal of Banking and Finance, 40, 271–285.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Refleksja nad modelowaniem strat nieoczekiwanych

## Szersze pytanie o wartość nieoczekiwaną

Modele wartości oczekiwanej i te wartości nieoczekiwanej to dwa różne światy.

### Wartość oczekiwana

- Łatwość w modelowaniu
- Ta przestrzeń dotyczy zjawisk, które na co dzień obserwujemy
- Łatwość w backtestowaniu i korygowaniu modeli
- Podejścia oparte o dobrze ugruntowane metody: Prawo Wielkich Liczb, Centralne Twierdzenie Graniczne
- Efekty portfelowe - wzajemna redukcja odchyleń
- Korelacja - nieistotna

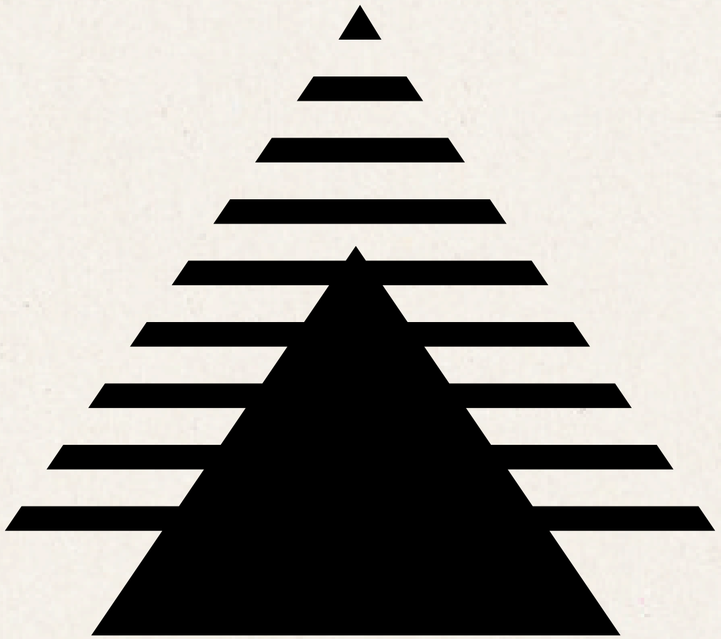
### Wartość nieoczekiwana

- Ekstremalna trudność modelowania
- Nie wiemy jak wygląda sytuacja skrajna
- Nie umiemy backtestować tych modeli
- Podejścia oparte o metody: Teoria Wartości Ekstremalnych
- Korelacja - istotna

### Decyzje życiowe

Czy dla zdarzeń skrajnych podejmujemy decyzje w oparciu o statystykę i prawdopodbieństwo?

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research



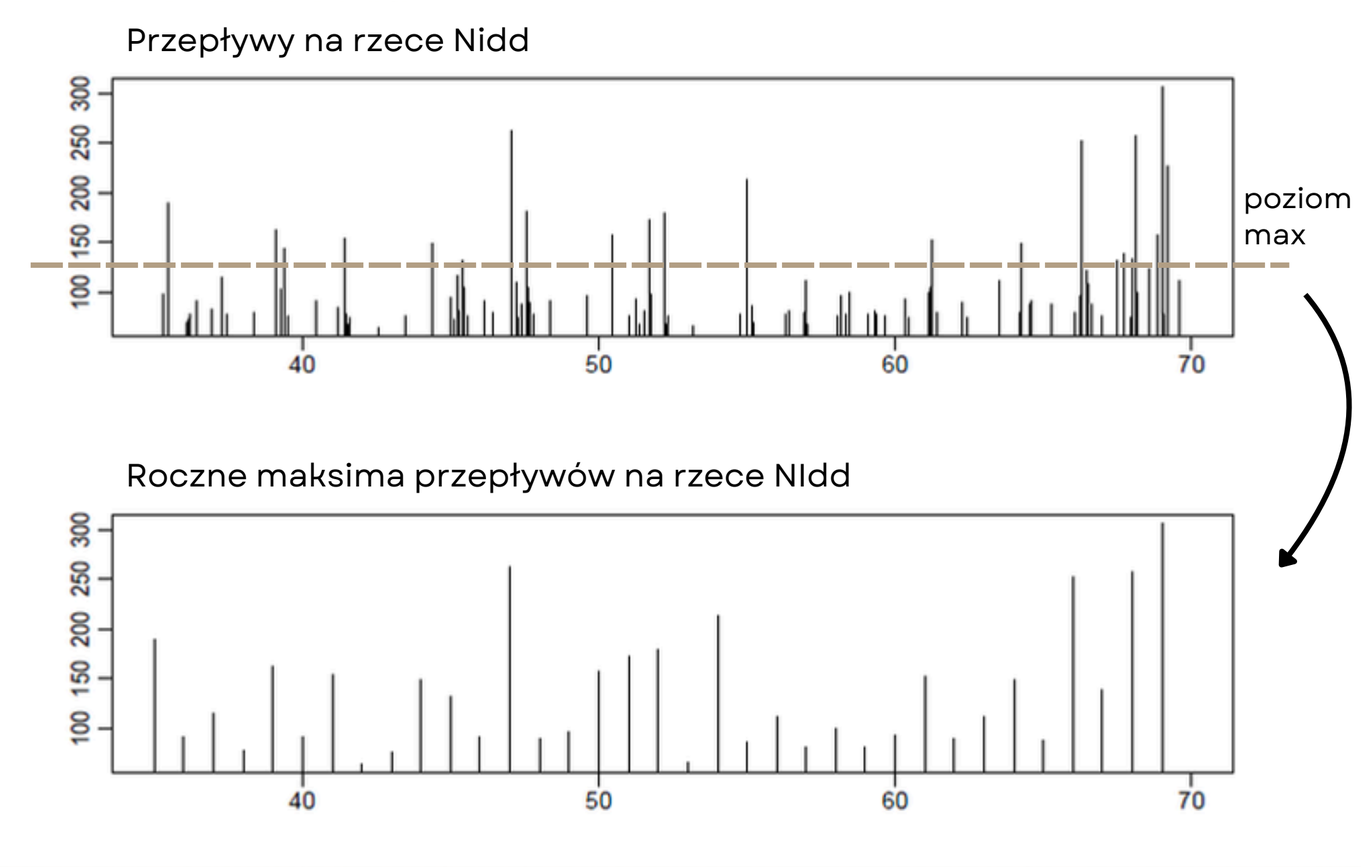
# Modelowanie katastrof naturalnych

© 2026 Maciej Buczak | Risk Research

# Jak mierzy się katastrofy w świecie natury?

## Standardowy przykład: przepływy rzeki Nidd w Yorkshire, w Anglii

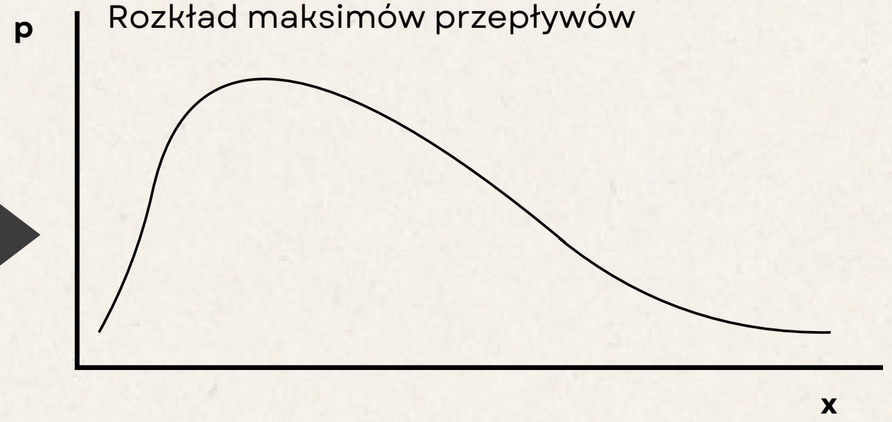
Standardowy zbiór danych w teorii wartości ekstremalnych dotyczy przepływów rzeki Nidd w Yorkshire, w Anglii
Źródło danych: NERC (Natural Environment Research Council) (1975), Flood Studies Report, 5 Volumes. Whitefriars Press, London.




### Kluczowe pytania

- Jakie jest prawdopodobieństwo, że maksymalny przepływ w następnym roku przekroczy poziom x?
- Jakie jest prawdopodobieństwo, że maksymalny przepływ w następnym roku przekroczy wszystkie poprzednie poziomy?
- Jaki jest oczekiwany czas (powiedzmy, w latach) do wystąpienia określonej wysokiej wartości przepływu?

Oczywiście, kluczowym krokiem w odpowiedzi na te pytania jest zdobycie wiedzy o rozkładzie zmiennej: przepływ.




© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Wały przeciwpowodziowe w Holandii

## Standardowy przykład: wały przeciwpowodziowe w Holandii

Haan, L. de (1990), Fighting the arch-enemy with mathematics. Statist Neerlandica 44, 45-68.
Artykuł na temat słynnego holenderskiego projektu wałów ochronnych (dyke project), powstałego w następstwie katastrofalnej powodzi w częściach holenderskich prowincji Holland i Zeeland 1 lutego 1953 roku, w której zginęło ponad 1800 osób.

## Problem

Ustalenia bezpiecznej wysokości morskich wałów ochronnych w Holandii.
To analizy statystyczne zdecydowały o tym jakiej wysokości wały postawiono.



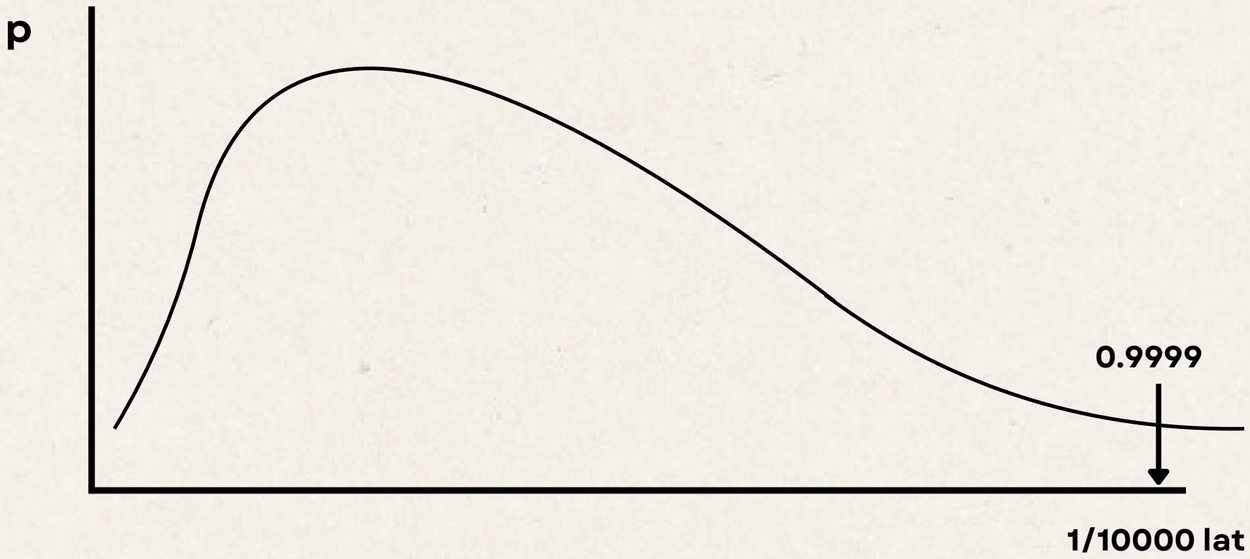
© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Wały przeciwpowodziowe w Holandii

## Specyfikacja problemu - wały przeciwpowodziowe w Holandii

Wyznaczyć wysokość morskich wałów ochronnych taką, aby prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi w danym roku było równe p. To sprowadza się do kwantyla rozkładu zjawiska przepływu wody, czyli prawdoodbieństwa osiągnięcia pewnej wysokości poziomu wody.

Rozkład poziomów wody na wybrzeżu Holandii




### Historia powodziowa w Holandii

Poziom morza w Holandii jest zwykle mierzony w jednostkach (N.A.P. + x) metrów (N.A.P. = Normaal Amsterdams Peil, holenderski poziom odniesienia odpowiadający średniemu poziomowi morza).

Powódź z 1953 roku została wywołana przez sztorm (N.A.P. + 3,85) m, podczas gdy historyczne relacje szacują (N.A.P. + 4) m dla powodzi z 1570 roku, najgorszej zarejestrowanej.

Raport van Dantziga oszacował kwantyl (1-10(-4)) jako (N.A.P. + 5,14) m dla maksimum rocznego. Oznacza to, że wysokość sztormu występująca raz na dziesięć tysięcy lat jest szacowana na (N.A.P. + 5,14) m.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Metody statystyczne w hydrologii

## Fuller - 1914

### 50 lat obserwacji

Fuller prowadził obserwacje hydrologiczne w drugiej połowie XIX wieku. Przeprowadził statystyczne analizy częstości powodzi w USA.

### Okres powrotu

**To deterministyczne równanie bywa interpretowane jako:**

- **czas T do wystąpienia zdarzenia T-letniego,**
- co może oznaczać np. 100 lat do wystąpienia powodzi stuletniej.

$$Q_T = CA^{0.8}[1 + 0.8\log_{10}(T)](1 + 2A^{-0.3})$$

## Dalszy rozwój

### Hazen - skala logarytmiczna

Hazen zaproponował graficzną analizę danych powodziowych (maksymalny przepływ wody) na skali logarytmicznej, co de facto oznaczało użycie rozkładu lognormalnego.

### Rozkład prawdopodbieństwa

Hazen w 1921 r. **zakwestionował wybór rozkładu lognormalnego**. W 1924 r. **Foster zaproponował rozkład Pearsona III, później skorygowany do formy log-Pearsona III**.

### Extreme Value Theory (1928) - AMA

Równocześnie rozwijano Teorię Wartości Ekstremalnych [Fisher & Tippett, 1928], która wprowadziła trzy typy rozkładów wartości ekstremalnej: typ I – Gumbel, typ II – Fréchet, typ III – Weibull.

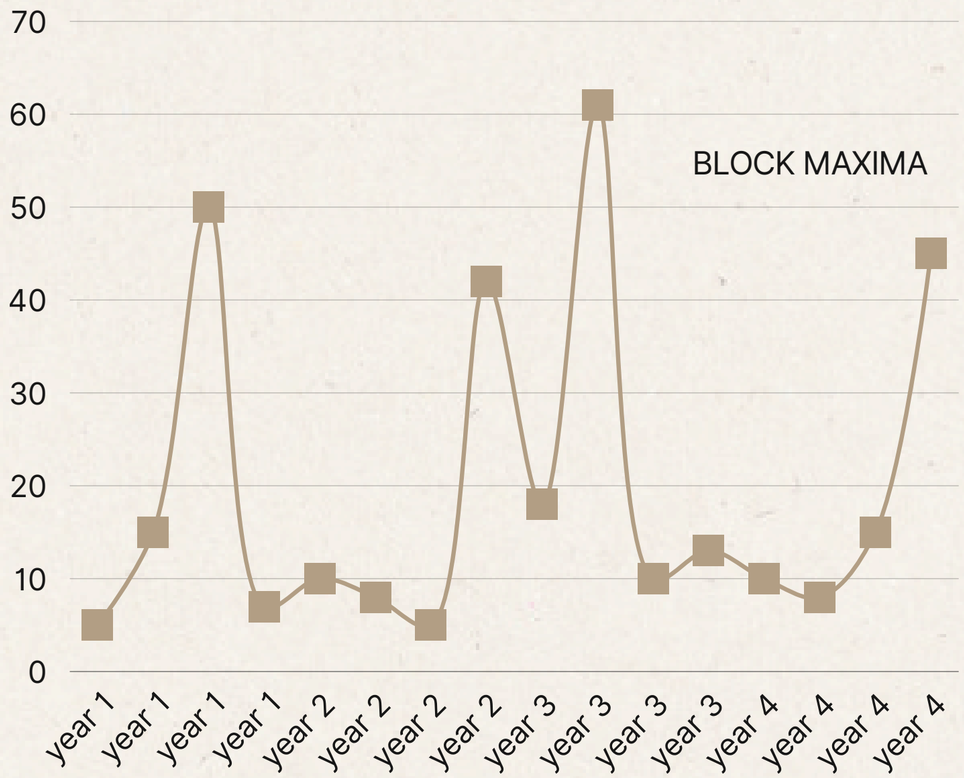
**Kluczowe pytania**

Ostatecznie od 1967 r. rozkład log-Pearsona III jest oficjalnym standardem modelowania częstości powodzi w USA. Najczęściej stosowane rozkłady to:

- Uogólniona Wartość Ekstremalna (GEV),
- log-Pearson III (LP3) oraz
- trójparametrowy rozkład lognormalny (LN3).

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Metoda: block maxima (EVT I)




**Naturalny cykl**

Podstawą takiego rozumowania jest założenie o powtarzalności procesów w określonych cyklach. W przypadku zjawisk przyrodniczych takim **naturalnym cyklem jest rok**. Należy oczekiwać, że **w ciągu roku wystąpi moment nasilenia zjawiska i wówczas zanotujemy jego maksimum**.

**Block maxima → return period (1 raz na 100 lat, czyli powódź stuletnia)**

Przyjęcie rocznych maksimów sugeruje intuicyjną interpretację **kwantyla 0,99** tego rozkładu jako częstości **raz na 100 lat obserwowanych maksimów rocznych**.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Statystyka przekroczeń

## Prawdopodobieństwo przekroczenia

$$P(X > x_p) = 1 - p$$

**co należy interpretować jako szansę 1-p na przekroczenie wartości.**
Dla kwantyla p = 0,99 mówimy o zdarzeniu z prawdopodobieństwem przekroczenia 0,01.

## Okres powrotu

$$T = \frac{1}{1 - p}$$

Oznacza to, że dla danych maksimów rocznych przepływów zdarzenie z **prawdopodobieństwem p = 0,01 (szansa 1 na 100 obserwacji) można nazwać powodzią stuletnią.**
**Okres powrotu T nie oznacza, że zdarzenie wystąpi dokładnie co T lat**, lecz że co roku **prawdopodobieństwo przekroczenia wynosi 1/T.**

| Liczba przekroczeń | Okres T=100<br>Zdarzenie 100-letnie<br>Prawdopodobieństwo | Okres T=1000<br>Zdarzenie 1000-letnie<br>Prawdopodobieństwo |
|---|---|---|
| 0 | 36% | 36% |
| 1 | 36% | 36% |
| 2 | 18% | 18% |
| 3 | 6% | 6% |
| 4 | 1% | 1% |

## Intepretacja

Warto zauważyć, że **szansa wystąpienia dokładnie jednego zdarzenia stuletniego w ciągu 100 lat jest taka sama (36,8%) jak szansa braku takiego zdarzenia w okresie 100 lat.**
**Istnieje także 6% szansa wystąpienia 3 zdarzeń stuletnich w ciągu 100 lat**.
Analogicznie dla zdarzenia tysiącletniego: szansa braku i szansa wystąpienia w ciągu 1000 lat jednego zdarzenia wynoszą po 36,8%, a 3 takich zdarzeń – 6%.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Okres powrotu

## Czas do 1-szego przekroczenia

Zamiast określania oczekiwanej liczby przekroczeń w okresie T lat, można wyprowadzić wzór na czas do pierwszego przekroczenia, czyli **prawdopodobieństwo, że pierwsze przekroczenie na danym poziomie nastąpi w roku k**. Można to zapisać jako rozkład geometryczny.

## Interpretacja

Zdarzenie stuletnie wystąpi średnio raz na 100 lat, a średni czas oczekiwania na takie zdarzenie wynosi 100 lat. Może się jednak zdarzyć, że takie zdarzenie stuletnie w ogóle nie wystąpi w ciągu 100 lat lub że w tym okresie wystąpi kilka takich zdarzeń.
**Pierwsze wystąpienie zdarzenia stuletniego może nastąpić już po roku (szansa 1,00%), w ciągu pierwszych 10 lat (szansa 9,56%), w ciągu 50 lat (szansa 39,5%)**, natomiast **w badanym 100-letnim okresie pierwsze zdarzenie stuletnie ma tylko 63%** szans na pojawienie się, choć w ciągu 300 lat powinno wystąpić z prawdopodobieństwem 95%.

| k (lata) | Okres T=100<br>Zdarzenie 100-letnie<br>P(K=k) | Okres T=100<br>Zdarzenie 100-letnie<br>P(K<k) |
|---|---|---|
| 1 | 1% | 1% |
| 10 | 0.91% | 9% |
| 50 | 0.61% | 39% |
| 69 | 0.50% | 50% |
| 100 | 0.37% | 63% |
| 300 | 0.05% | 95% |

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Mierzenie niezawodności

## Nlezawodność dla zdarzenia 100-letniego

- **Dla T=100 i p=0,01 niezawodność układu w ciągu n=10 lat wynosi 90,4%, a ryzyko awarii 9,6%**. W ciągu kolejnych 10 lat (w roku 1, 2, 3, ..., lub 10) mamy 9,6% szans, że wystąpi zdarzenie ekstremalne z okresem powrotu T=100 lat (zdarzenie stuletnie), 90,4% szans, że takie zdarzenie nie wystąpi w tym okresie, a zatem układ zachowa swoją odporność w tym horyzoncie czasowym.
- Dla okresu n=50 lat mamy 39,5% szans na wystąpienie zdarzenia i 60,5% szans na jego brak,
- **a dla n=100 lat mamy 63,4% szans na wystąpienie zdarzenia stuletniego i 36,6% szans na jego brak, co stanowi miarę niezawodności układu.**

## Szanse przetrwania

- Układ zaprojektowany dla "powodzi stulecia": ma jedynie 60,5% szans na przetrwanie kolejnych 50 lat,
- co oznacza, że istnieje prawie 40% szansa, że w ciągu tych 50 lat wystąpi zdarzenie niszczące układ,
- lub jeśli wydłużymy wymagany czas przetrwania do 100 lat, mamy jedynie 36,6% szans na przeżycie.

## Jak zwiększyć poziom ochrony

**Przeprojektowanie układu tak, aby był odporny np. na zdarzenie 1000-letnie, a więc bardziej ekstremalne.**
Przy takim projekcie układu:

- **mamy szansę przetrwania okresu 50 lat z prawdopodobieństwem 95,1%,**
- **100 lat z prawdopodobieństwem 90,4%.**

Taki system odporności, zapewniający dłuższe przetrwanie (lub przynajmniej większe prawdopodobieństwo dłuższego przetrwania) **będzie oczywiście znacznie kosztowniejszy**.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Niezawodność - rzeczywiste pomiary

## Parametryzacje systemów bezpieczeństwa

Wyniki wskazują na różnice w zaprojektowanych poziomach bezpieczeństwa mierzonych wskaźnikiem niezawodności.

Konstrukcja na obszarze sejsmicznie aktywnym będzie miała 98% szans na przetrwanie 50 lat, co można odczytać jako jedynie 2 na 100 budynków, które nie przetrwają tego okresu. Wynika to z tego, że poziom p ustalono na 2475 lat, czyli zdarzenie wyjątkowo mało prawdopodobne – 2475-letnie.

Tymczasem jedynie 61 ze 100 wałów przeciwpowodziowych zbudowanych przy tym samym poziomie odporności przetrwa okres 50 lat. Tu poziom bezpieczeństwa definiowany jest jako zdarzenie 100-letnie.

| Dziedzina | Niezawodność dla okresu planowania n lat | Oczekiwany okres powrotu (T-lat) |
|---|---|---|
| Trzęsienia ziemi | 98% n=50 | 2475 |
| Elektrownie jądrowe | 95% n=21 | 409 |
| Ubezpieczenia powodziowe | 75% n=30 | 105 |
| Infr. powodziowa | 61% n=50 | 100 |

*Źródło: Na podstawie Read i Vogel (2015)*

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Problem: stacjonarność (I.I.D)

### Niezależność

Kolejne obserwacje są niezależne

### Jednakowe rozkłady

Wszystkie obserwacje mają ten sam rozkład:

- to samo średnie i
- tę samą wariancję

### I.I.D w hydrologii

W hydrologii należy to rozumieć jako przyjęcie założenia, że w obserwowanym okresie (np. T=100 lat) zakładamy stałe warunki, a zatem niezmienność rozkładu i jego wariancji (niezmienione prawdopodobieństwo p), a także niezależność kolejnych obserwacji pochodzących z takiego rozkładu przepływów.

### Argumentacja Gumbela

*“In order to apply any theory,* ***we have to suppose that the data are homogeneous****, i.e., that* ***no systematical change of climate and no important change in the basin have occurred within the observation period*** *and that no such changes will take place in the period for which extrapolations are made.* ***It is only under these obvious conditions that forecasts can be made.”***

### I.I.D - powszechne założenie

Modele hydrologiczne stosowane przez ostatnie 100 lat w Stanach Zjednoczonych, a także modele powszechnie używane w innych krajach, opierały się na założeniach: (i) stacjonarności procesu, a także (ii) niezależności obserwacji.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# XXI wiek: Upadek założenia o stacjonarności i kryzys podejścia statystycznego

## Milly (2008) - Stationarity is dead

### Co mówi MIlly?

*“Systems for management of water throughout the developed world have been designed and operated **under the assumption of stationarity.**”*

***„we assert that stationarity is dead and should no longer serve as a central, default assumption in water-resource Risk assessment and planning.”***

*"Projected changes in runoff during the multidecade lifetime of major water infrastructure projects begun now are large enough to push hydroclimate beyond the range of historical behaviors.".*

***„Stationarity cannot be revived”***

**Stationarity Is Dead: Whither Water Management?**

P. C. D. Milly,[1]* Julio Betancourt,[2] Malin Falkenmark,[3] Robert M. Hirsch,[4] Zbigniew W. Kundzewicz,[5] Dennis P. Lettenmaier,[6] Ronald J. Stouffer[7]

### Zmiana filozofii

... necessary change in modeling philosophy. **The model should not be the central point of reference**, but merely an aid in synthesizing observations:
*"Modeling should be used to synthesize observations; it can never replace them."*

## Krytyka podejścia probabilistycznego

### Potrzebne podejście strukturalne

**Merz R., Blöschl G., 2008:**
“If more light is to be shed on the probabilities of hydrological events, then **it will have to come from more information on the physics of the phenomena, not from more mathematics.**”
**“the hydrological literature has focused too much on solving technical estimation problems (distribution fitting, parameterization methods**), neglecting the wealth of hydrological knowledge.”

### Ograniczenia statystyki

**Dawdy Griffis**
point to the insurmountable limitations of traditional statistical models. Despite the many improvements that have been made to such **models** over time, they still remain a **black box, closed to knowledge of the real physical processes taking place.**

**FUNDAMENTALNE PYTANIE**

**czy koncepcja 1/100 lat (powódź stuletnia) nadal ma sens?**

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Problem z interpretacją: powódź stulecia

**Pielke (1999)**

*"Powódź bazowa" jest powszechniej znana jako "**powódź stuletnia**"*
*i **jest prawdopodobnie najbardziej niezrozumianym terminem z zakresu zarządzania obszarami zalewowymi**.*

***Błędne rozumienie tego terminu stwarza przeszkody dla właściwego zrozumienia problemu powodziowego, a w konsekwencji – opracowania skutecznych działań zaradczych.***

*Po pierwsze, występuje powszechne zamieszanie wśród użytkowników terminu co do jego znaczenia. **Niektórzy używają go na określenie powodzi występującej co 100 lat, jak na przykład burmistrz jednego z miast środkowego Zachodu, który stwierdził, że "po powodzi z 1965 roku mówiono nam, że nie powtorzy się przez kolejne 100 lat"** (IFMRC, 1994, s. 59).*

*Zamieszanie wśród opinii publicznej jest powszechne: Rolnik doświadczający powodzi na Zachodzie po raz drugi w ciągu trzech lat poskarżył się, że "**Dwa lata temu miała być powódź stuletnia, a teraz mówią, że to powódź 75-letnia. Jaki to ma sens?** Myśleliśmy, że tym razem będzie dobrze."*

Prawidłowa definicja powinna brzmieć: „...powódź, która w każdym danym roku ma 1% szans na przekroczenie.”

**Powódź stuletnia nie jest pojęciem wynikającym z wrodzonych cech przyrody**. Jest to raczej **definicja skonstruowana przez naukowców i inżynieriów**, opracowana na podstawie historycznych obserwacji, która powinna być dynamiczna ze względu na zmieniające się warunki naturalne oraz pojawiające się nowe obserwacje. **Tymczasem definicje regulacyjne nie są łatwe do zmiany**.

Pielke wskazał na **potrzebę redefiniowania sposobu opisu ryzyka powodziowego.** Opowiedział się za mierzeniem zjawiska za pomocą **koncepcji niezawodności, odnoszącej się do obliczenia wskazującego 26% szansę wystąpienia powodzi stulecia w ciągu 30 lat,** która powinna stanowić najbardziej użyteczną miarę określania poziomu ochrony.

**PYTANIE**

**A jak interpretować 1 raz na 1000 lat w systemie bezpieczeństwa finansowego (Basel II, 2004; CRR III, 2024)?**

# Problem z interpretacją: powódź stulecia

**Read, Vogel (2015)**

***„Konsekwencje błędnej interpretacji oczekiwanego czasu oczekiwania na zdarzenie ekstremalne dotyczą nie tylko systemu fizycznego, ale także wpływają na postrzeganie przez osoby wchodzące w interakcję z obszarem zalewowym.”***

***„Mieszkancy obszarów zalewowych oczekują zazwyczaj ochrony na poziomie określonego średniego okresu powrotu*** *i mają niewielkie zrozumienie rzeczywistego ryzyka powodzi w trakcie swojego życia.”*

*„Komunikacja ryzyka jest samą w sobie złożonym zagadnieniem, gdyż badania empiryczne sugerują, że przeszkody w rozumieniu ryzyk związanych z zagrożeniami naturalnymi często wymagają strategii głębszych niż samo prezentowanie faktów, takich jak stosowanie taktyk obalających heurystyki i błędne teorie.”*

***Autorzy konkludują, że okres powrotu i komunikowanie ryzyka poprzez ten wskaźnik (np. powódź stuletnia występująca raz na 10 lat) jest problematyczne nawet w warunkach stacjonarności. Nie oddaje ono prawdziwego ryzyka katastrofy w horyzoncie planowania.***

Ponadto interesariusze, w tym politycy, inżynierowie, ubezpieczyciele i obywatele, błędnie interpretują okres powrotu dokładnie jako „raz na 100 lat”.

W warunkach niestacjonarności sytuacja jest jeszcze gorsza. Okres powrotu nie zależy już od stałego prawdopodobieństwa p – teraz p zmienia się w czasie, co oznacza niestabilność w interpretacji tzw. powodzi stulecia. Zdarzenie zdefiniowane w ten sposób może w istocie być powodzią 200-letnią (p=0,0005) w roku 2020, powodzią 83-letnią (p=0,012) w roku 2050 i powodzią 56-letnią (p=0,018) w roku 2070.

Jednocześnie autorzy stwierdzają, że koncepcja niezawodności, pomimo trudności z jej wyznaczaniem w warunkach niestacjonarnych, pozostaje – podobnie jak w warunkach stacjonarnych – lepszym narzędziem praktycznym. Uwzględnia ona bowiem zmienność warunków (niestacjonarność) i dostarcza odpowiedzi dotyczących bezpieczeństwa w przyjętym horyzoncie planowania.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Regulator finansowy: 1 raz na 1000 lat (Basel II, 2004; CRR III, 2024)



## Czy to takie proste?

Regulator (BIS, BCBS) NIE zdefiniował pojęć podstawowych:

- brak założeń dotyczących stacjonarności
- brak interpretacji: co oznacza 1/1000 lat
- brak definicji oczekiwanego okresu powrotu
- brak definicji niezawodności

- **BIS BCBS 1998: RYZYKO RYNKOWE 1/100 OKRESÓW**

*„Przy obliczaniu wartości narażonej na ryzyko należy stosować jednostronny przedział ufności na poziomie 99. percentyla.”*

- **BIS BCBS 2004: RYZYKO KREDYTOWE 1/1000 LAT**

*„Poziom ufności ustalono na 99,9%, co oznacza, że oczekuje się, iż instytucja będzie ponosić straty przekraczające poziom kapitału Tier 1 i Tier 2 średnio raz na tysiąc lat. Ten poziom ufności może wydawać się dość wysoki. Jednakże...”*

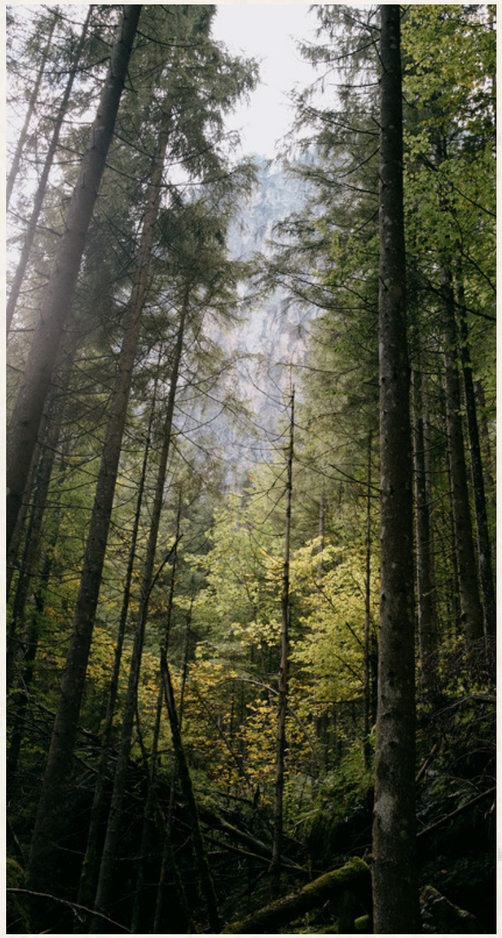
- **BIS BCBS 2004: RYZYKO OPERACYJNE 1/1000 LAT**

*“... bank musi być w stanie wykazać, że jego podejście uwzględnia potencjalnie poważne zdarzenia strat „w ogonie rozkładu” (tail). Niezależnie od zastosowanego podejścia, bank musi wykazać, że jego miara ryzyka operacyjnego spełnia standard solidności porównywalny do standardu metody wewnętrznych ratingów dla ryzyka kredytowego (tj. porównywalny do okresu utrzymywania wynoszącego jeden rok i przedziału ufności na poziomie 99,9. percentyla).”*

## Jak należy interpretować tak niewyobrażalny horyzont?

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Modelowanie natury jest “proste”. Modelowanie zjawisk społeczno-ekonomicznych jest trudne



## Prawa fizyki są stabilne

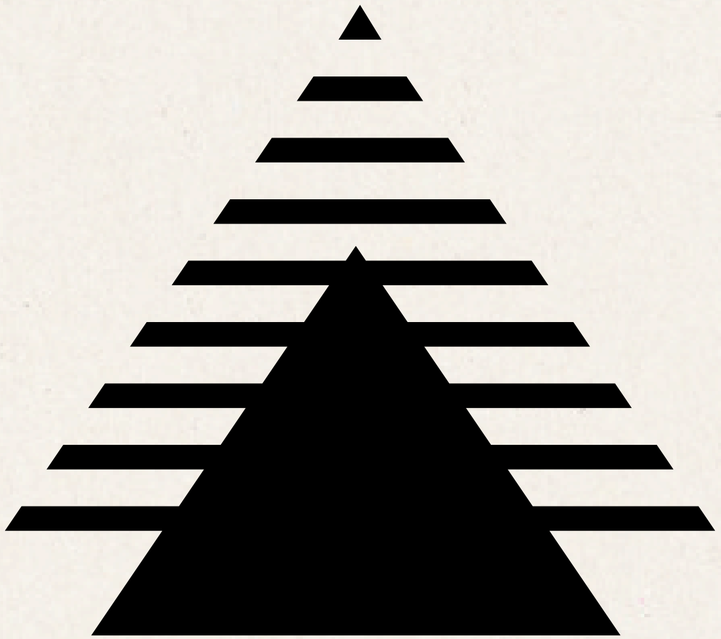
Prawa fizyki pozostawały niezmienione przez całą historię wszechświata – grawitacja, termodynamika i elektromagnetyzm działają tak samo dziś, jak działały miliardy lat temu. W odrożnieniu od modeli statystycznych opartych na danych historycznych, prawa fizyczne nie wymagają założenia stacjonarności, gdyż opisują fundamentalne mechanizmy rządzące procesami naturalnymi bez względu na zmieniające się warunki.



## Zjawiska społeczne są niestabilne

Zjawiska społeczne są z natury dynamiczne i podlegają ciągłym zmianom, ponieważ kształtowane są przez zachowania ludzkie, zmiany kulturowe, postęp technologiczny i przemiany polityczne. W odrożnieniu od praw fizyki, procesy społeczne nie podążają za stałymi regułami – to, co było prawdą dla jednego pokolenia, jednej epoki czy jednego systemu ekonomicznego, może być całkowicie nieistotne w innym kontekssćie historycznym lub kulturowym.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research



# Modelowanie systemów ekonomiczno-społecznych

© 2026 Maciej Buczak | Risk Research

# Przewidywanie katastrof - dlaczego statystyka?

## Przed XIX wiekiem

### Determinizm poznawczy

**Leibniz – XVII wiek**

Wszystko, co istnieje, ma wystarczający powód swego istnienia – zasada racji dostatecznej. Nic nie dzieje się bez przyczyny. Nic nie jest przypadkowe. Przypadek jest jedynie wyrazem naszej niewiedzy.



## Od XIX wieku

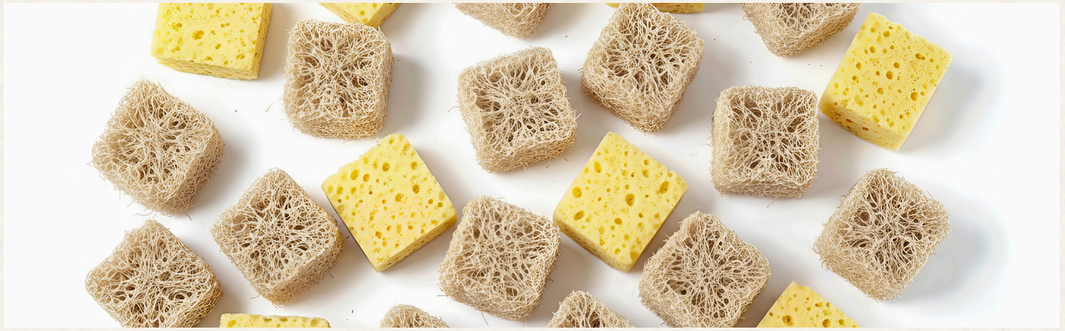
### Świat jest losowy

**Maxwell – XIX wiek**

Przypadkowość jest właściwym opisem rzeczywistości.

**Heisenberg – XIX wiek**

Świat jest przypadkowy.



© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Rachunek prawdopodobieństwa - narzędzie gotowe do wykorzystania

## Rachunek prawdopodobieństwa

Rachunek prawdopodobieństwa powstał pierwotnie w XVII wieku w celu rozwiązywania problemów związanych z grami losowymi, gdy Pascal i Fermat zaczęli analizować matematykę gier w kości i karciane. Z czasem rozwinął się w uniwersalne narzędzie opisu niepewności i losowości w świecie przyrody, ekonomii i nauce.



## Kamienie milowe

- Pascal i Fermat w XVII wieku – **rachunek prawdopodobieństwa jako język opisu niepewności**.
- De Moivre 1733, Laplace 1812 – **rozkład normalny jako uniwersalny opis sumy zdarzeń losowych.**
- Gauss XIX wiek – **metoda najmniejszych kwadratów, błąd pomiaru jako normalny. Świat jest normalny.**

### Centralne Twierdzenie Graniczne

Kluczowa zdobycz statystyki. Suma wielu zjawisk (wielu zmiennych), dla niezależnych zjawisk, gdzie żadne zjawisko nie dominuje nad innymi, ma rozkład normalny.
Mamy potężne narzędzie - znamy każde oblicze zjawisk, nawet prawdopodobieństwo i skalę zdarzeń katastroficznych.

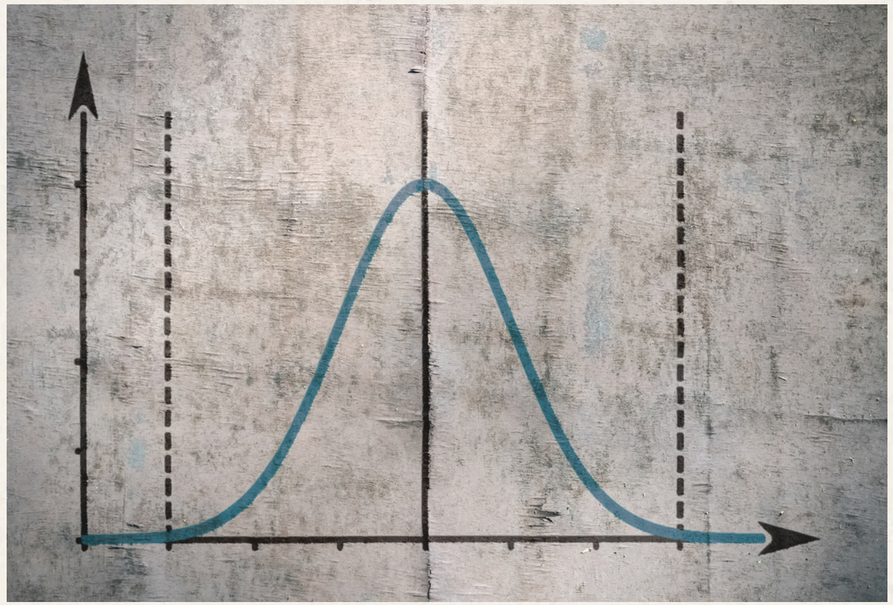
© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Kluczowy przełom - Boltzmann i Maxwell

## Co powiedzieli?

- Maxwell i Boltzmann nie powiedzieli – trajektorie nie istnieją. **Nie powiedzieli – świat nie jest deterministyczny.**

- Powiedzieli coś subtelniejszego – trajektorie mogą istnieć, ale **to jest złe pytanie. Zły poziom opisu.**



## Autonomia makroskopowości

- **Przed nimi nauka miała jeden ideał wyjaśniania – znajdź przyczyny, wyprowadź trajektorię, przewidź. Jeden poziom opisu uznawano za jedyny prawdziwy.**

- **Po nich nauka miała dwa poziomy opisu**, równie prawdziwe i równie naukowe.

- Mikroskopowy – trajektorie, przyczyny, mechanika.

- Makroskopowy – rozkłady, prawdopodobieństwa, statystyka.

- I co kluczowe – **poziom makroskopowy nie jest gorszy, nie jest przybliżeniem**, nie jest tymczasowym substytutem na czas, gdy nie znamy trajektorii. **Jest kompletnym i autonomicznym opisem rzeczywistości.**

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# XX wiek - matematyzacja ekonomii

### Galton i Pearson (lata 60-te XIX w.)

Transfer podejścia statystycznego z fizyki na opis człowieka i społeczeństw.

### Bachelier - random walk (początek XX wieku)

Zmiany wartości cen to proces losowy, a nie deterministyczny. To proces błądzenia przypadkowego opisanego przez rozkład normalny.

### Wiener, a później Samuelson (lata 20-te i 50-te)

Niezależne odkrycie random walk i matematyczna formalizacja tego procesu.

### Markowitz - teoria portfela (lata 50-te)

Matematyczny opis ryzyka i portfela efektywnego.

### Black-Scholes (lata 70-te)

Wycena opcji - zbudowana na podstawie random walk i rozkładu normalnego.

### Strukturalny model ryzyka kredytowego Mertona (lata 70-te)

W oparciu o random walk i prace Blacka-Scholsa.

### Massachusetts Institute of Technology - matematyzacja ekonomii

Samuelson pokazał, że całą ekonomię można zapisać jako zadania optymalizacyjne z warunkami równowagi. Konsument maksymalizuje użyteczność. Firma maksymalizuje zysk. Rynek osiąga równowagę, gdy podaż równa się popytowi.
MIT było fabryką, która jednocześnie produkowała dwie rzeczy.

- Narzędzia formalistyczne – modele, równania, optymalizacja – dominoacja ekonomii XX wieku
- doktorantów, którzy rozpowszechniali te idee na całym świecie: Solow, Modigliani, Bernanke, Blanchard, Draghi, Acemoglu, Krugman

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# XX wiek - rozwój modeli ryzyka vs. regulator

### Model Vasicka - ryzyko kredytowe (1987)

Oparty o model Mertona. Podział na ryzyko systemowe i idiosynkratyczne. Rozkład normalny w tle.

### J.P. Morgan VaR dla ryzyka rynkowego - “4:15 report” (1994)

Nowe narzędzia dla ryzyka rynkowego. Rozkład normalny w tle.

### Credit Metrics - VaR dla ryzyka kredytowego (1997)

Nowe narzędzia dla ryzyka kredytowego. Rozkład normalny w tle.

### David Li - Copula dla korelacji (2000)

Zamiast modelować mechanizm korelacji – Li zaproponował modelowanie bezpośrednio zależności między czasami do niewypłacalności.

### Regulator - korekta Basel I (1995)

Implementacja metody VaR do frameworku regulacyjnego dla ryzyka rynkowego.

### Regulator - Basel II (2004)

Pełna implementacja dotychczasowych osiągnieć w dziedzinie modelowania ryzyka do frameworku regulacyjnego: ryzyko kredytowe, operacyjne, rynkowe.
**Ryzyko operacyjne jako ostatnie dołącza do tego procesu.**

### Kryzys 2008 - refleksja regulatora

Kryzys spowodował rewizję frameworków i obniżenie optymizmu w stosunku do możliwości modeli.

### Zbudowano spójny system matematyczny

Razem zbudowali spójny system. Świat finansowy jest opisywalny przez matematykę stochastyczną:

- Ryzyko jest mierzalne.
- Wszystkie instrumenty finansowe można wycenić przez brak arbitrażu i rozkład normalny.

Jest to intelektualnie atrakcyjne. I filozoficznie jest to projekt zamiany niepewności Knightowskiej w ryzyko Knightowskie – przez matematykę.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Instrumentalizm i pragmatyzm

## Instrumentalizm naukowy - Pearson

Instrumentalizm naukowy to stanowisko filozoficzne, które mówi – teorie naukowe nie są twierdzeniami o rzeczywistości. Są narzędziami do przewidywania i porządkowania doświadczenia.

Teoria nie opisuje, jaki jest świat. Teoria działa albo nie działa – jest użyteczna albo nie jest użyteczna.



## Pragmatyzm - Friedman

*"Jedynym właściwym testem poprawności hipotezy jest porównanie jej przewidywań z doświadczeniem"*

Przed Friedmanem krytycy mogli atakować modele ekonomiczne, mówiąc – wasze założenia są fałszywe. Homo economicus nie istnieje. Rynki nie są doskonałe konkurencyjnie. Informacja nie jest doskonała.
Po Friedmanie ekonomista mógł odpowiedzieć – nie interesuje mnie, czy założenia są realistyczne. Interesuje mnie, czy model przewiduje. I to wszystko.
Była to intelektualna tarcza, która chroniła modele przed krytyką ich podstaw.




© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Czym jest modelowanie?

## Modelowanie widzi zjawiska jako losowe

Spór, czy świat jest losowy nie mógł zostać rozstrzygnięty. Nie decydując jaki jest świat zdcydowano się wykorzystać narzędzia, które umożliwiają opis świata: STATYSTYKĘ i PROBABILISTYKĘ.
To oznaczało, że patrzymy na świat tak jakby był losowy, chociaż wcale taki nie musi być.
PYTANIE: Czy takie podejście jest uprawnione?

## Model jest obrazem rzeczywistości opartym na losowości

Budujemy więc modele w paradygmacie losowości. To paradoks. Stawiamy fundamenty losowe po to, żeby dowiedzieć się czegoś praktycznego o zjawisku, a więc zamienić losowość na nie-losowość.

## Problem: structure - agency

“Wojna i pokój” Lew Tołstoj
Czy o historii, przebiegu wydarzeń dcydują jednostki sprawcze (agency), czy też wielkie zdarzenia powstają jako wynik milionów małych zdarzeń, suma ludzkich działań (structure).
Tołstoj otworzył debatę na temat mechaniki sprawczości. Zajmował stanowisko: structure.

## Czy statystyczna idea losowości zjawisk to reprezentacja “structure”?

Czy Centralne Twierdzenie Graniczne i rozkład normalny to statystyczny obraz idei: structure. Suma losowości daje rozkład normalny. Nie ma zmiennych dominujących - nie ma agency, a każda z tych zmiennych (ludzkich działań) jest niezależna, kieruje się własnym interesem.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Czym jest modelowanie?



## Każdy rzut to zmienna losowa



Orzeł | Reszka
P: 0,5 | 0,5



Orzeł | Reszka
P: 0,5 | 0,5



Orzeł | Reszka
P: 0,5 | 0,5



Orzeł | Reszka
P: 0,5 | 0,5



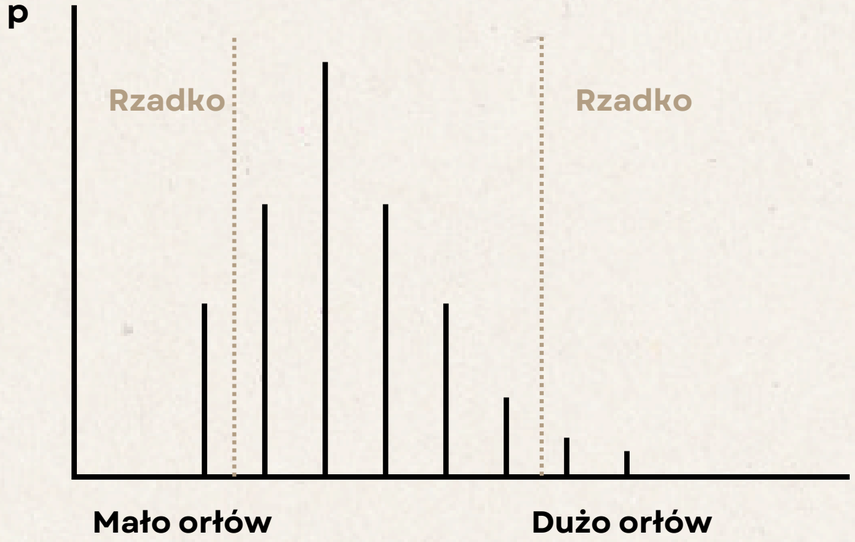
Orzeł | Reszka
P: 0,5 | 0,5



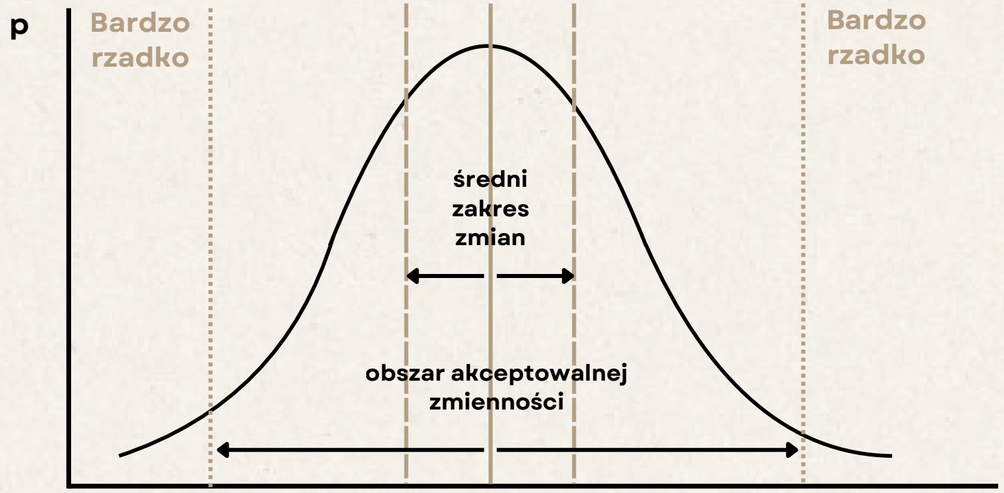
Orzeł | Reszka
P: 0,5 | 0,5

**Problem: ile wypadnie orłów w n rzutach?**
**Albo: ile osób zdefaultuje?**

### Rozkład dwumianowy

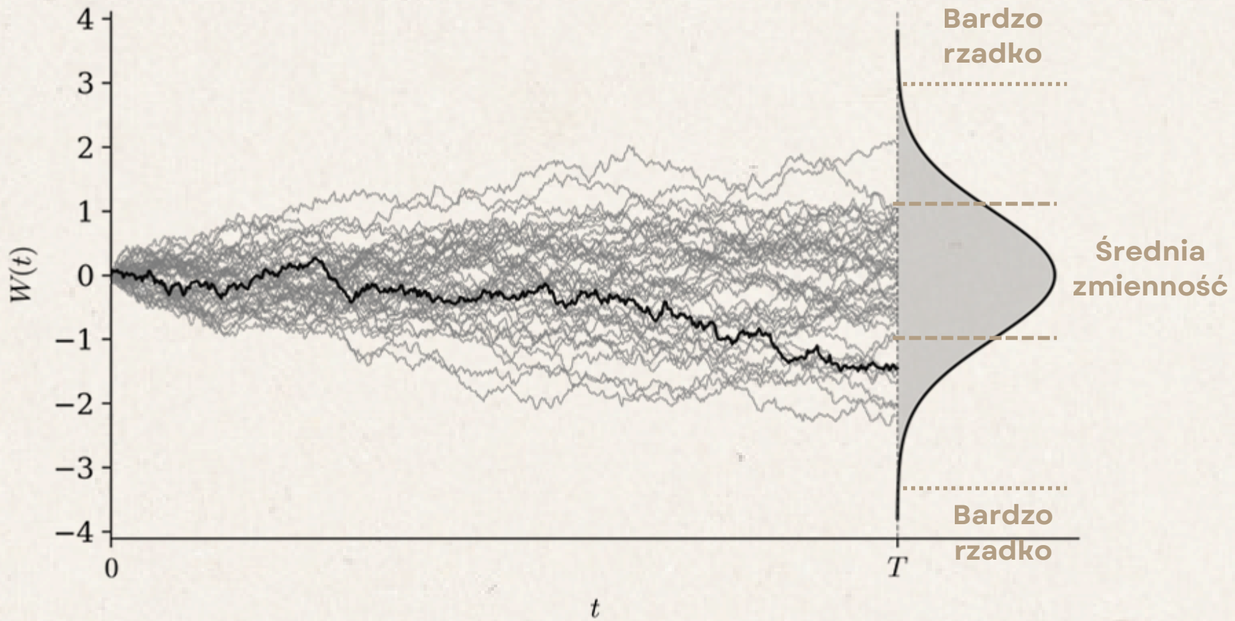


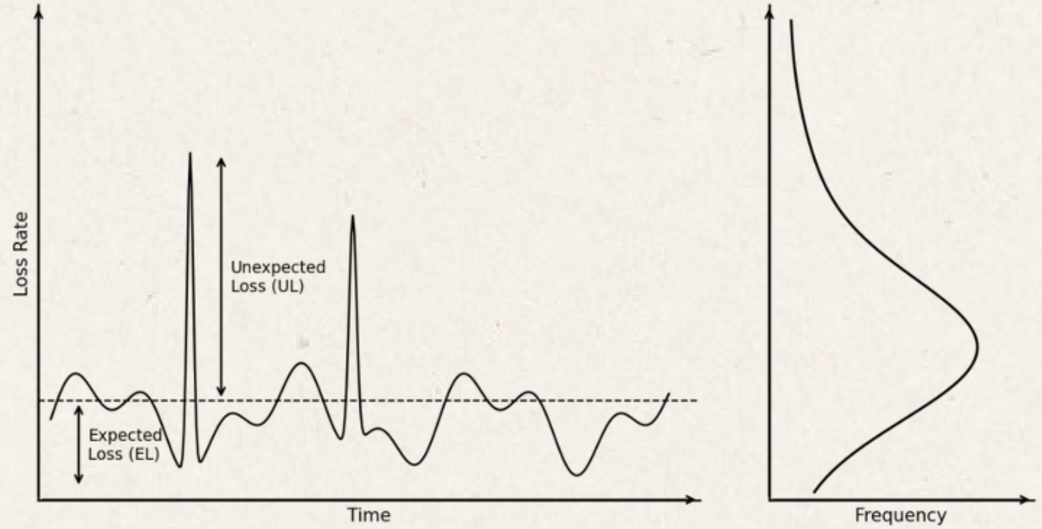

### Rozkład normalny




© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Proces random walk




Na podstawie: An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions [BIS, BCBS 2005].

**Proces Wienera**

Jeśli cena jest wynikiem losowych ruchów to może przyjąć trajektorię swoich ruchów opisaną przez proces random walk. Można wykreślić bardzo dużo trajektorii błądzenia przypadkowego. Z tego wynika rozkład możliwych prawdopodobieństw dla różnych wartości ceny.

## Ryzyko rynkowe

Zmienność średnia wartości znajduje się w centrum rozkładu normalnego. Wartości skrajne to dalekie kwantyle np. 0.95, 0.99, 0.999. Odczyt na dalekich kwantylach to właśnie metoda Value at Risk (J.P. Morgan 1994). W modelu J.P. Morgan przewidziano też zmienną wariancję i clustering.

## Ryzyko kredytowe

Zmienność średnia strat z tytułu ryzyka kredytowego to Expected Loss (ECL). Rzadkie i skrajne wystąpienia wartości strat to Unexpected Loss (IRB).

## Interpretacja czasowa

To rozumowanie można zamieić na takie, które jest interpretowane na osi czasu.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Jaki jest przedmiot modelowania?

## Modelujemy zmienną: wartość

W ekonomii najczęściej zmienną, która nas interesuje jest wartość.

## Czy wartość jest obiektywna?

Najpierw trzeba się zastanowić czy nie ma obiektywnego pojęcia wartości. Gospodarka wolnorynkowa subiektywizuje wartość.

## Subiektywizacja wartości

Modernizm - koniec XIXw. W tym okresie powstaje wielodziedzinowe przesunięcie w spojrzeniu na rzeczywistość. Subiektywizacja dotknęła obszarów: kultury, literatury, nauki (fizyka, potem nauki społeczne), paradygmatów naukowych, oceny czym jest wartość.

## Przypadek Otto Weckera

Przypadek fałszerstw obrazów Van Gogha w Republice Weimarskiej w latach 20-tych XX wieku są najlepszym przykładem subiektywizacji wartości.

## Subiektywizacja a losowość

Oderwanie pojęcia wartości od definicji obiektywnych oznacza zmienność wartości. Jeśli wartość jest zmienna to pojawia się pytanie dlaczego? Co powoduje zmienność wartości?
**Ostateczna konstatacja:** to, że wartość jest losowa jest obiektywną naturą. Wartość jako wynik gry poglądów na temat wartości dużej liczby ludzi. Wynik tej gry to zmienna losowa-agregat (CTG), a więc rozkład normalny (Bachelier, Wiener).

## Intersubiektywność

Teoria mówiąca o tym, że wartość jest wynikiem obowiązującej umowy pomiędzy uczestnikami rynku. Gdy ta umowa się załamuje, utrata zaufania, wartość też się załamuje. Potrzeba wtedy silnego podmiotu (np. bank centralny, rząd), który przywróci zaufanie. Wtedy pojawia się nowa równowaga intersubiektywna.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Istotne założenia dla współczesnych modeli

### Wartość jako błądzenie losowe

Random walk to podstawa teoretyczna dla leżącego u podstaw modelowania obrazu wartości.

### Zmienność wartości jako rozkład normalny

Rozkład zmienności wartości jest rozkładem normalnym, przez CTG, a więc jako suma działań wielu pojedynczych uczestników rynku.
Współczynnik dyspersji rozkładu może być zmienny w czasie - modele GARCH.

### Zmienne losowe i ich niezależność

Czy są względem siebie niezależne?
Czy zależność jest tylko w ogonach?

### Na rozkładzie normalnym można zobaczyć: ryzyko systemowe i idiosynkratyczne

Rozwinięcie teorii modelowania wartości ryzyka kredytowego. Model ASRF Mertona-Vasicka.

### Zdarzenie skrajne jako kwantyl np. 0.999

A więc przewidywanie katastrof oparte jest na statystyce i rozkładach, a te pochodzą z pozostałych założeń.

### Niepewność jest mierzalna

Niepewność Knighta jest mierzalna. A więc potrafimy kwantyfikować nieznane. To otwiera drzwi do modelowania.

### Zmienność wartości to ryzyko (Markowitz)

Ta mierzalna niepewność to ryzyko. Markowitz tak to sformułował. Ryzyko jako odchylenie standardowe.

### Można zmierzyć też skrajne wartości ryzyka - Value at Risk

VaR pozwala odpowiedzieć na pytanie: jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia wartości skrajnej np. takiej, która może się przydarzyć z prawdopodobieństwem 5% lub 1%.

### Zjawiska społeczne jak zjawiska fizyczne

Maxwell i Boltzmann opisali za pomocą statystyki zjawisko fizyczne. Black-Scholes w głównej części swojej pracy, przy wyprowadzaniu wzoru na wycenę opcji, posłużyli się równaniem cieplnym (Churchill, 1963), rozwiązując sformułowany w swojej pracy problem poprzez podstawienie gotowego rozwiązania znanego problemu fizycznego. Równanie przewodnictwa cieplnego (heat equation) opisuje jak temperatura rozprzestrzenia się w czasie i przestrzeni w jednorodnym medium i było znane fizykom od roku 1822. Podstawienie zjawiska dyfuzji ciepła zostaje zrównane ze zjawiskiem dyfuzji wartości aktywa w czasie, co w świecie finansów znane jest pod pojęciem błądzenia losowego.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Ryzyko kredytowe - Basel II i CRR III

## Formuła IRB

Formuła IRB, która stała się standardem nadzorczym została w [EU, CRR 2013] zapisana w następujący sposób (art. 153, art. 154):

$$RW = \left\{ LGD \cdot N\left( \frac{1}{\sqrt{1-R}} \cdot G(PD) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} \cdot G(0.999) \right) - LGD \cdot PD \right\} \cdot \frac{1 + (M - 2.5) \cdot b}{1 - 1.5 \cdot b} \cdot 12.5 \cdot 1.06$$

$$RW = \left\{ LGD \cdot N\left( \frac{1}{\sqrt{1-R}} \cdot G(PD) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} \cdot G(0.999) \right) - LGD \cdot PD \right\} \cdot 12.5 \cdot 1.06$$

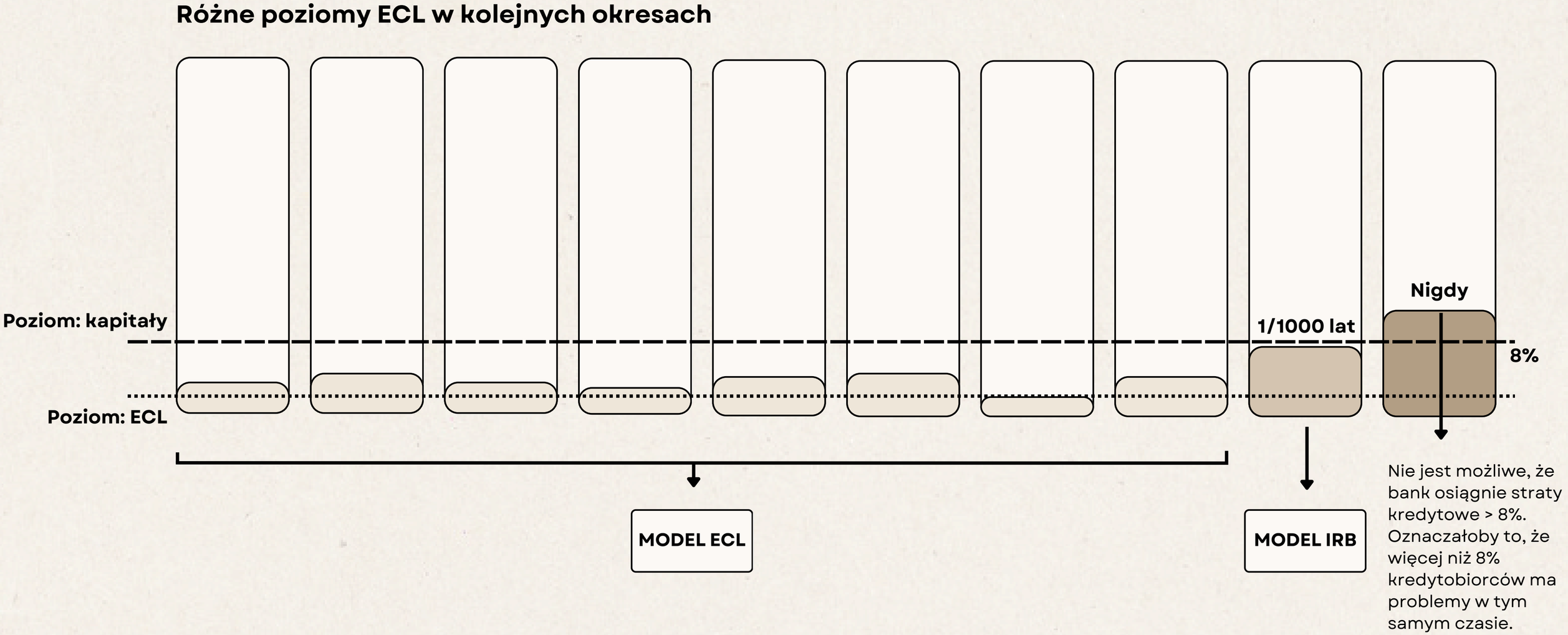
gdzie:
G(PD) - kwantyl rozkładu PD kredytobiorcy,
R - korelacja z czynnikiem systematycznym,
G(0,999) - kwantyl czynnika systematycznego na poziomie 0,999,
**N(...) – warunkowe prawdopodobieństwo defaultu przy najgorszym scenariuszu makroekonomicznym.**

## Rozkład normalny - podstawa metody IRB

Na rozkładzie normalnym odczytywane są wartości krytyczne ryzyka kredytowego.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Ryzyko kredytowe - framework: 2004 → do dziś (CRR III podtrzymał metodę)



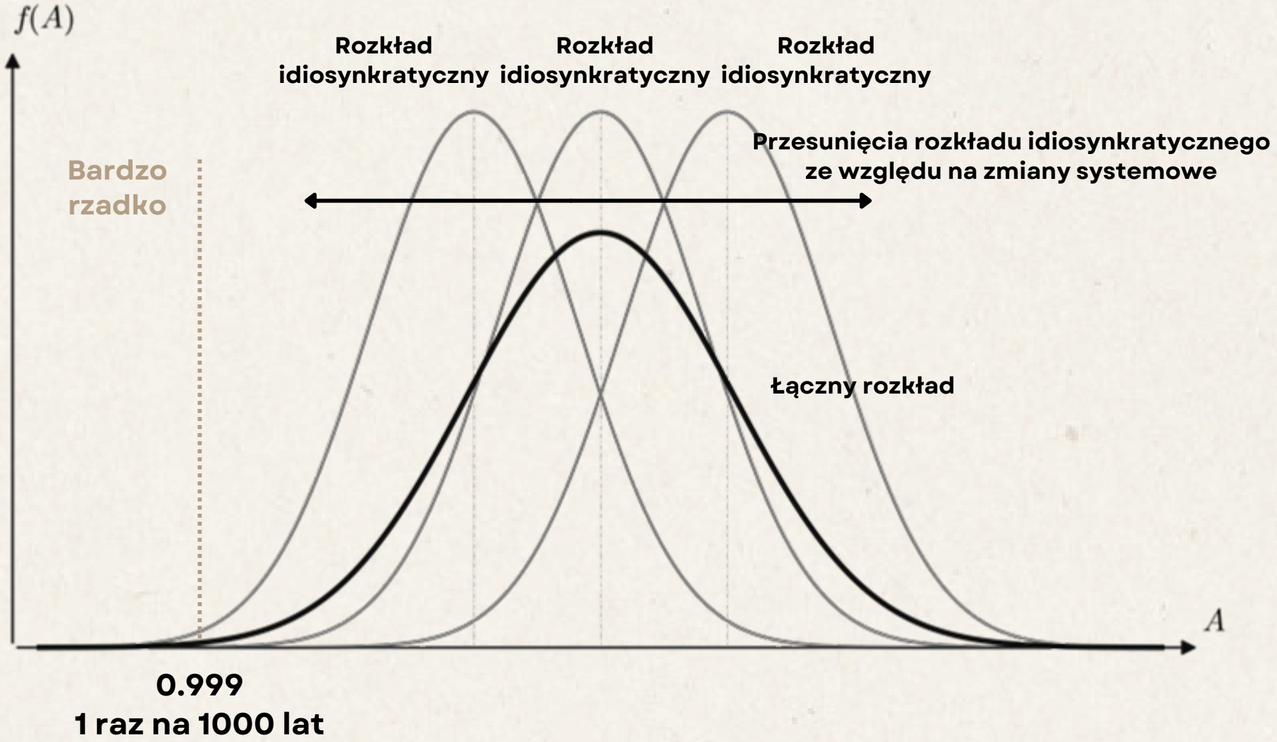

© 2026 Maciej Buczak | Risk Research

# Ryzyko kredytowe - Basel II i CRR III

## Model IRB (Mertona-Vasicka)

Model Mertona-Vasicka. Ryzyko kredytobiorcy składa się z dwóch składowych:

- ryzyka idiosynkratycznego - jego własnego indywidualnego ryzyka
- ryzyka systemowego - przesunięcia ryzyka własnego, które dokonuje się przez sytuację makroekonomiczną




## Parametryzacja - lepsze ekspozycje są bardziej wrażliwe na ryzyko systemowe

Współczynnik korelacji z ryzykiem systemowym jest w metodzie IRB ustawiony w taki sposób, że w sytuacji kryzysu następuje większe pogorszenie dla ekspozycji dobrych.

## Jaka jest sytuacja nieoczekiwana

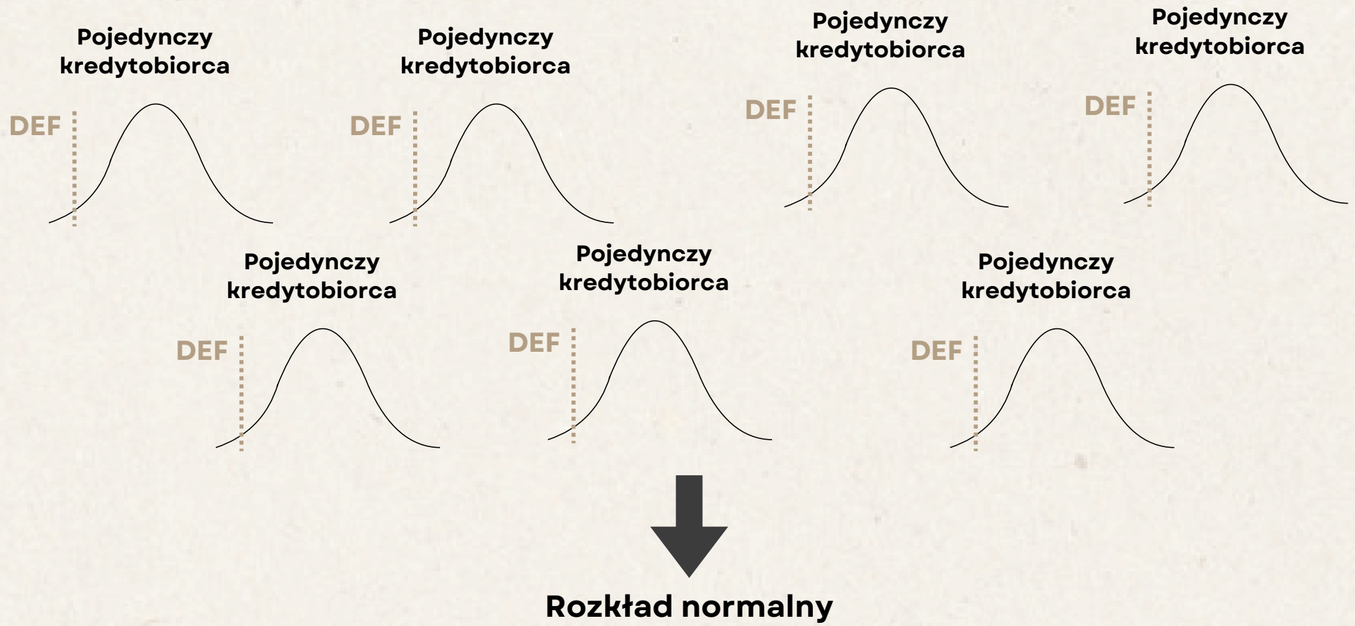
Sytuacja kryzysowa w ryzyku kredytowym to dominacja zjawiska częstości. Kryzys to default wielu kredytobiorców na raz.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

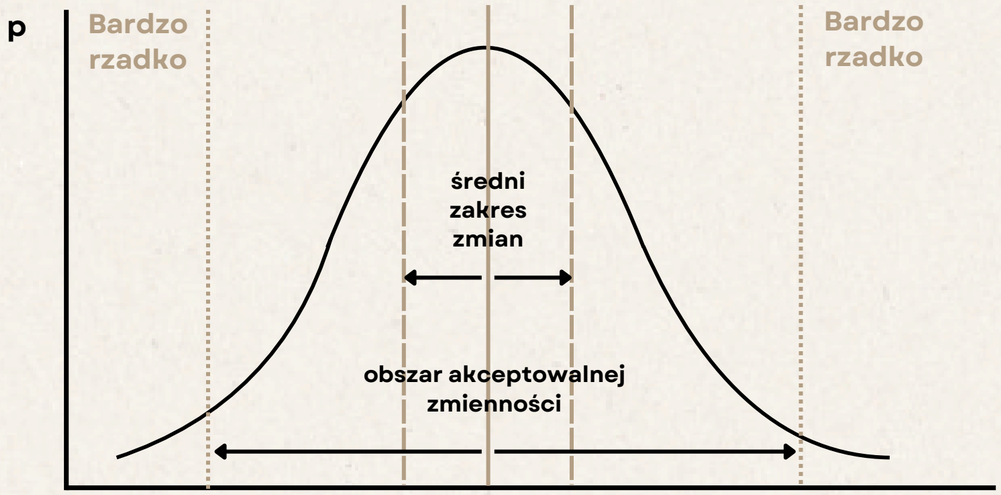
# Ryzyko kredytowe - Basel II i CRR III

## Agregat ryzyka kredytowego

Na poziomie banku widzimy agregat portfelowy. Bank agreguje losy ludzkie.
PYTANIE: Czy wszyscy w jednym momencie będą w defualcie?




**Rozkład normalny**




## Bezpieczeństwo banku - kwantyl 0.999

Kapitał regulacyjny wyznaczony przez IRB zabezpiecza przed kryzysowym wydarzeniem - skrajnie dużą liczbą defaultów w tym samym momencie czasu.
IRB mówi o sytuacji skrajnej: 1 raz na 1000 lat.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# W 2004 roku byliśmy bezpieczni na poziomie: 1 raz na 1000 lat

## Bezpieczeństwo: 1 raz na 1000 lat

Regulator zdefiniował bezpieczeństwo na poziomie 1/1000 lat. Do skonstruowania takiej koncepcji posłużył się mechaniką rozkładu normalnego. Nie wziął pod uwagę problemów z interpretacją takiej miary.

## Jesteśmy bezpieczni bo ...

Widzimy świat przez matematykę i rozumiemy go. Możemy obliczać ryzyka i ich prawdopodobieństwa. Widzimy świat z góry – ryzyka są zewnętrzne, są częścią świata, który obserwujemy, a my stoimy ponad nim. Znamy skalę i prawdopodobieństwo katastrof: 1 raz na 1000 lat.



## Trzy obszary bezpieczeństwa

### Ryzyko kredytowe

Bazylea II zastąpiła prymitywne wagi ryzyka modelami wewnętrznymi opartymi na PD, LGD, EAD i terminie zapadalności, dzięki czemu wymogi kapitałowe odzwierciedlały rzeczywiste ryzyko każdego kredytobiorcy. W 2004 roku wierzyliśmy, że ryzyko kredytowe jest wreszcie mierzalne i odpowiednio skapitalizowane.

### Ryzyko rynkowe

Poprawka z 1996 roku pozwoliła bankom stosować wewnętrzne modele VaR, wpisując przekonanie, że jedna liczba na poziomie ufności 99% stanowi wystarczający opis ryzyka rynkowego. W 2004 roku wierzyliśmy, że zmienność jest stabilna, a rozkład normalny uchwytuje wszystko, co istotne.

### Ryzyko operacyjne

Bazylea II po raz pierwszy wprowadziła wymogi kapitałowe dla ryzyka operacyjnego, obejmując straty wynikające z zawodnych procesów, systemów i błędów ludzkich. W 2004 roku wierzyliśmy, że nawet najbardziej nieuchwytna kategoria ryzyka została skwantyfikowana.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# A jednak kryzys 2008 roku się wydarzył

## 6 założeń, które zawiodły

### Korelacje są stabilne i mierzalne

To bezpośrednia techniczna przyczyna kryzysu 2008 roku. Kopuła Li zakładała niskie, stabilne korelacje między niewypłacalnościami. W czasie kryzysu korelacje eksplodowały do jedności. Cały rynek CDO – biliony dolarów – stał na jednym parametrze. Kiedy parametr okazał się fałszywy – rynek przestał istnieć.

### Ryzyko jest egzogeniczne

To założenie sprawia, że regulacje wzmacniają kryzysy zamiast je tłumić. Gdy wszystkie banki używają tego samego modelu – model synchronizuje ich zachowanie. Zsynchronizowane zachowanie tworzy ryzyko systemowe, którego model nie może dostrzec, bo zakłada, że ryzyko jest zewnętrzne. To tragiczny paradoks – im lepszy model, tym bardziej niebezpieczny staje się przy powszechnym zastosowaniu.

### Znamy skalę i prawdopodbieństwo katastrofy: 1 raz na 1000 lat

Kryzys wydarzył się 4 lata po sformułowaniu tej definicji nadzorczej!

### Ryzyko jest mierzalne

To jest założenie matka. Wszystkie pozostałe założenia są jego dziećmi. Jeśli to założenie jest fałszywe – cały projekt matematycznych finansów jest filozoficznie nieuzasadniony. CDO, VaR, kopuła Li – wszystko stoi na tym jednym fundamencie. Knight wykazał, że ten fundament nie istnieje.

### Rozkład normalny

To jest techniczne założenie, które zabiło. Rozkład normalny ma cienkie ogony. Rzeczywistość ma grube ogony. Ta różnica – która wygląda jak techniczna subtelność – oznacza, że model mówi, iż zdarzenie niszczące system zdarza się raz na dziesięć tysięcy lat. W rzeczywistości zdarza się raz na dwadzieścia lat. Cały VaR, cały kapitał regulacyjny, wszystkie ratingi AAA stały na tym błędzie.

### Stabilność jest stanem naturalnym

Kryzys powstaje endogenicznie. Nie poprzez zewnętrzny wstrząs. Poprzez sam mechanizm spokojnego okresu, który wytwarza kruchość. To jest założenie, które sprawia, że modele są ślepe na ryzyko w miarę jego narastania – i krzyczą, gdy wybucha.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Grube ogony Mandelbrota

## Mandelbrot (1963)

The Variation of Certain Speculative Prices”

Dostrzegł dwie rzeczy, których normalny model nie przewidywał.

- Po pierwsze – środek był zbyt wysoki. W dniach z bardzo małymi zmianami występowało ich więcej, niż przewiduje rozkład normalny.
- Po drugie – ogony były zbyt grube. W dniach ze zmianami ekstremalnie dużymi – wielokrotnie więcej, niż przewiduje rozkład normalny. To jest właśnie leptokurtozis – zbyt wysoki szczyt i zbyt grube ogony jednocześnie.

Nikt go nie słuchał.



## Grube ogony i przejście fazowe

W fizyce przejście fazowe to moment, gdy system gwałtownie zmienia swój globalny stan – woda zamarza, stal traci właściwości magnetyczne. Nie dzieje się to stopniowo – następuje gwałtownie, gdy temperatura przekroczy próg.

W finansach tym progiem jest zbiorowe przekonanie. Dopóki wszyscy wierzą, system jest w fazie normalnej. Małe korelacje, rozkład normalny, katastrofa niemożliwa. Gdy przekonanie znika – natychmiastowe przejście fazowe do fazy kryzysu. Korelacje skaczą do 1, wszyscy sprzedają jednocześnie, wartości aktywów lecą pionowo w dół.

To nie jest stopniowe pogorszenie. To jest nieciągłość. I właśnie dlatego modele ciągłe – oparte na rozkładzie normalnym – nie potrafią tego opisać. Rozkład normalny nie ma nieciągłości. Ma gładkie ogony, które łagodnie opadają.

© 2026 Maciej Buczak | Risk Research

# Tymczasem kryzysy są częściej niż 1/1000 lat

Identification of Event Window Years

| | episode | start | end | event type |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1903-04 stock market crash | 1902 | 1904 | 1902-03 NBER recession; 1903-04 RR stock market crash. |
| 2 | Panic of 1907 | 1906 | 1908 | 1906-08 RR stock market crash; 1907 RR banking crisis; 1907-08 NBER recession. |
| 3 | 1910-11 stock market crash | 1910 | 1911 | 1910-11 RR stock market crash; 1910-11 NBER recession. |
| 4 | 1914 banking crisis | 1913 | 1914 | 1913-14 RR stock market crash; 1914 RR banking crisis; 1913-14 NBER recession. |
| 5 | 1916-21 stock market crash | 1916 | 1921 | 1916-21 RR stock market crash; 1918 NBER recession; 1920-21 NBER recession. |
| 6 | The Great Depression | 1929 | 1933 | 1929-33 NBER recession; 1929-33 RR banking crisis; 1929-32 RR stock market crash. |
| 7 | Recession of 1937-38 | 1937 | 1938 | 1937-38 NBER recession; 1937 RR stock market crash |
| 8 | 1939-41 stock market crash | 1939 | 1941 | 1939-41 RR stock market crash. |
| 9 | Post-World War II Recession | 1945 | 1949 | 1945 NBER recession; 1946-48 RR stock market crash; 1948-49 NBER recession. |
| 10 | Recession of 1958 | 1956 | 1958 | 1957-58 NBER recession; 1956-58 RR stock market crash. |
| 11 | High inflation in the U.S. | 1973 | 1975 | 1973-75 NBER recession; 1973-74 RR stock market crash |
| 12 | 1977-82 stock market crash | 1977 | 1982 | 1977-82 RR stock market crash; 1980 NBER recession; 1981-82 NBER recession. |
| 13 | S&L crisis | 1984 | 1991 | 1984-91 RR banking crisis; 1989-91 RR stock market crash; 1990-91 NBER recession. |
| 14 | LTCM hedge fund failure | 1997 | 1998 | 1998 Narrative. |
| 15 | Dot.com Bubble | 2000 | 2002 | 2000-02 RR stock market crash; 2001 NBER recession |
| 16 | Global Financial Crisis | 2007 | 2010 | 2007-10 RR banking crisis; 2008 RR stock market crash; 2008-09 NBER recession. |
| 17 | European Sovereign Debt Crisis | 2011 | 2011 | 2009-11 Narrative. |
| 18 | 2014-16 oil price shock | 2014 | 2016 | 2014-16 Narrative. |
| 19 | Covid19 Pandemic | 2020 | 2020 | 2020 Narrative; 2020 NBER recession. |
| 20 | Ukraine war/energy crisis | 2022 | 2022 | 2022 Narrative. |
| 21 | Banking Stress of 2023 | 2023 | 2023 | 2023 Narrative. |

## Po kryzysie 2008 mamy kilka epizodów

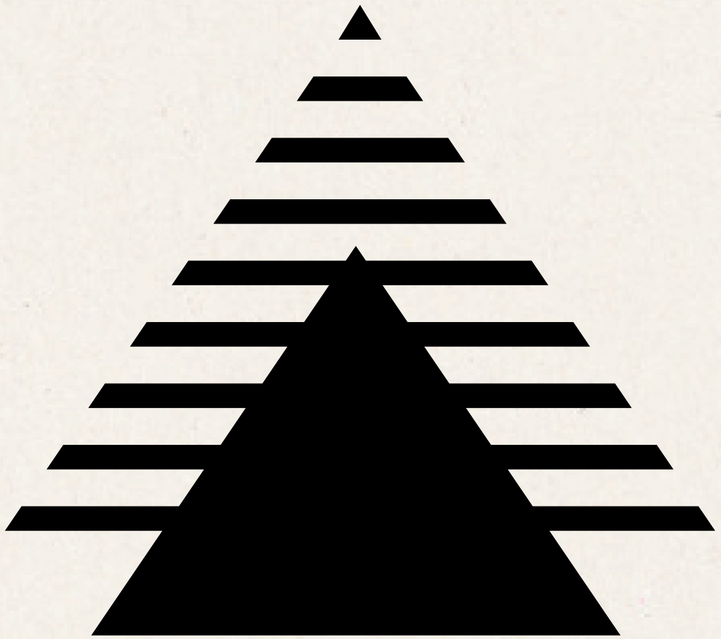
Kryzysy zdarzają się częściej, co kilka, kilkanaście lat.
Jak rozumieć system bezpieczeństwa zapewniający o bezpieczeństwie 1 raz na 1000 lat?

## Epizod kryzysowy 2023

To ciekawy przykład. Dotyczy banków regionalnych w Stanach Zjednoczonych. Wykazał nowe mechanizmy rozlewania się kryzysu. Przyspieszanie “run na bank”.
Czy zatem kryzysy mają nowe dynamiki?
Czy skala kryzysów będzie przez to jeszcze większa?
Czy częstość będzie wieksza niż przewidują nasze rozkłady?

Na podstawie: Acharya, V.V., Brunnermeier, M.K., Pierret, D. (2024), Systemic Risk Measures: From the Panic of 1907 to the Banking Stress of 2023, NBER Working Paper No. 33211, National Bureau of Economic Research, Cambridge MA, November 2024

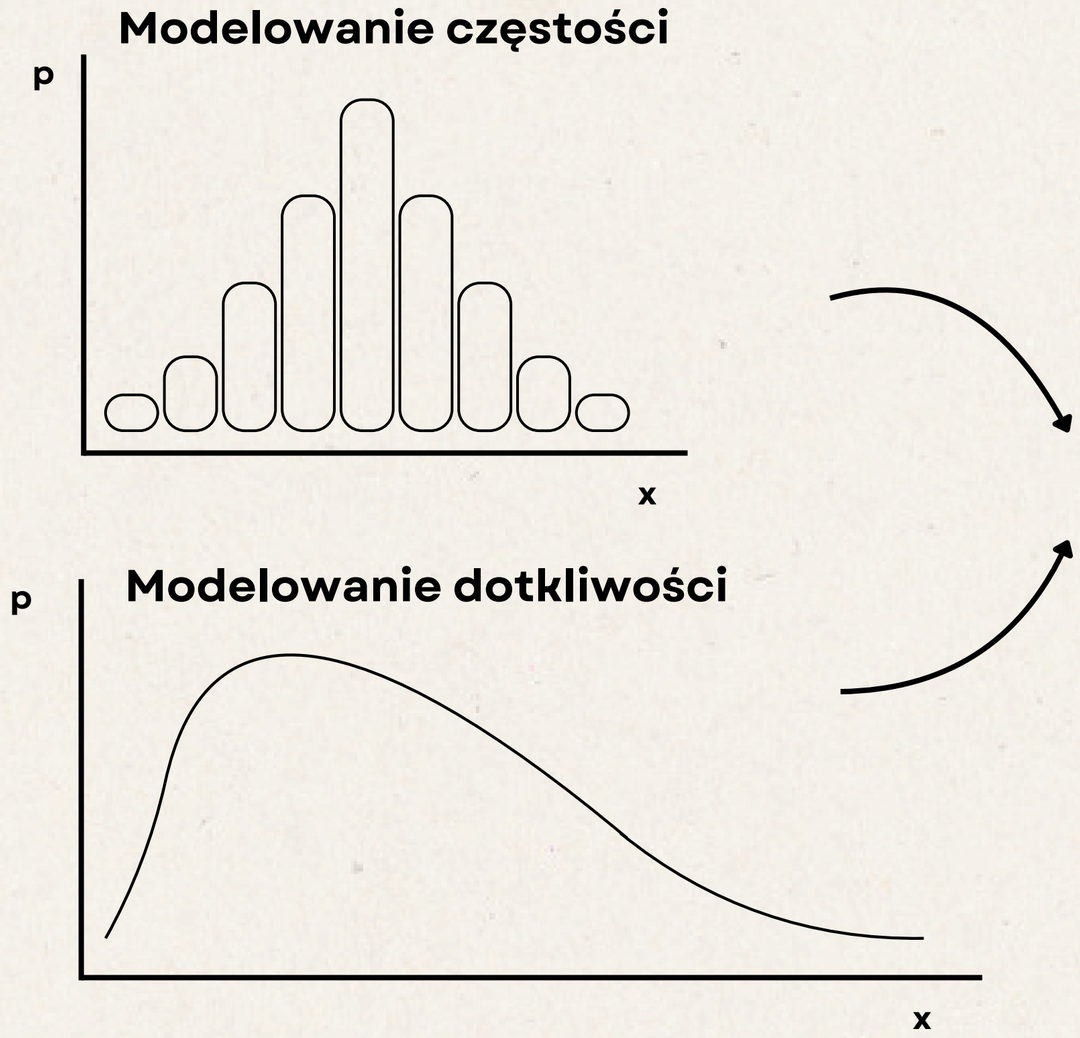
© 2025 Maciej Buczak | Risk Research



# Jakie jest ryzyko operacyjne?

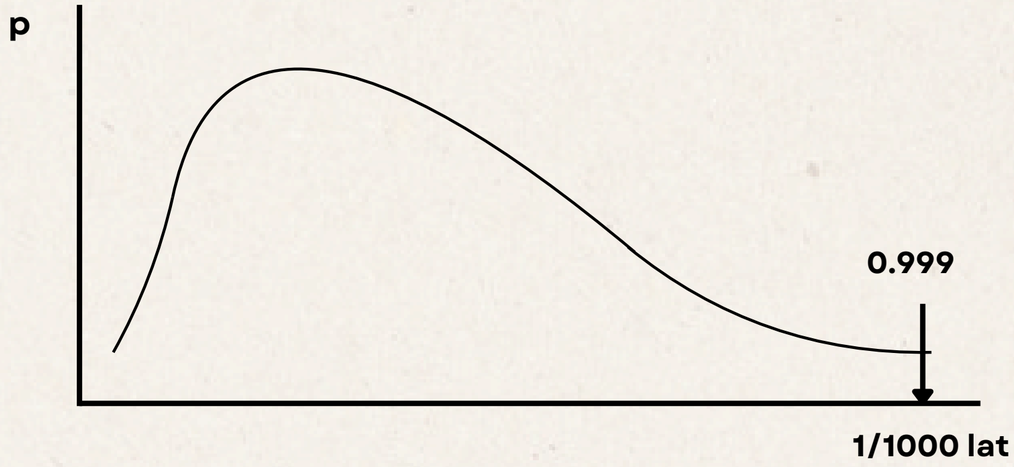
© 2026 Maciej Buczak | Risk Research

# Ryzyko operacyjne - framework: 2004 → 2024, wycofanie AMA przez CRR III




## Rozkład zagregowany ryzyka operacyjnego

Złożenie częstości i dotkliwości. Wynik odczytywany na kwantylu 0.999 (1 raz na 1000 lat)




## Metoda i paradygmat

Metoda jest inna (metoda aktuarialna - sektor ubezpieczeniowy) niż w ryzyku kredytowym.
Paradygmat zapożyczony z ryzyka kredytowego: potrafimy statystycznie opisać zjawisko ryzyka operacyjnego (tym razem heavy-tails)
Idea bezpieczeństwa: 1 raz na 1000 lat!

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Jakie jest ryzyko operacyjne?

## Ryzyko operacyjne to świat natury

Są takie kategorie ryzyka operacyjnego, gdzie przedmiotem modelowania jest świat natury: katastrofy naturalne.
To zbliża nas do modeli EVT.

## Ryzyko operacyjne to świat społeczny

Wiele kategorii ryzyka operacyjnego to świat zdarzeń ekonomiczno-społecznych. Nie ma naturalnych procesów generujących. To dynamiczne struktury generowane przez ludzi i ich zachowania.

## Ryzyko operacyjne ma grube ogony

Regulator zalecił stosowanie rozkładów sub-exponential, a więc gruboogonowych.
Co to znaczy?
Czy grube ogony w ryzyku operacyjnym to te same grube ogony co w ryzyku rynkowym i kredytowym?
Czy to przejście fazowe?
Dlaczego natura zjawiska zmienia się w ogonie?

## Regulator uznał, że ryzyko operacyjne jest zmienną losową

Regulator predefiniował podejście: rozkłady częstości i rozkłady dotkliwości

## Regultor predefiniował LDA

Metoda aktuarialna, a więc składanie dwóch zjawisk losowych zostało predefiniowane przez regulatora

## Regulator pozwalał na wykorzystanie EVT

Na liście rozkładów znalazły się rozkłady GEV i GPD, a więc EVT I i EVT II.

## Regulator skopiował paradygmat skrajności

Skrajność mierzona jako kwantyl 0.999 został skopiowany z ryzyka kredytowego.

## Regulator nie predefiniował: czym jest sytuacja nieoczekiwana

Mlała się wytworzyć w grze sił częstości i dotkliwości. W IRB sytuacja skrajna została predefiniowana: dominacja częstości. W praktyce w OpRisk: dominacja dotkliwości pojedynczej straty.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Jakie są typy gruboogonowości?

**Wzrost multiplikatywny z barierą (Gabaix, 1999)**

Wzrost multiplikatywny z barierą – losowy wzrost + dolna granica → rozkład potęgowy.
PRZYKŁAD: wielkość miast w USA: niewiele megamiast, mnóstwo małych (Zipf Law).

**Kumulatywna przewaga (Simon, 1955)**

Kto większy, ten szybciej rośnie.
PRZYKŁAD: najbardziej cytowane prace naukowe zdobywają coraz więcej cytowań, mało znane prace prawie żadnych.

**Mieszaniny rozkładów (Greenwood, Yule, 1920)**

Różna zmienność w różnych grupach, razem dają gruby ogon.
PRZYKŁAD: łączna liczba szkód z polis o różnym ryzyku daje rozkład grubszy niż każda grupa osobno.

**Teoria Wartości Ekstremalnych (EVT I, EVT II)**

Ekstrema mają własny, odrębny rozkład.
PRZYKŁAD: największe roczne straty operacyjne banku przekraczają próg w sposób opisywany jednym uniwersalnym wzorem, niezależnie od źródła strat.

**Samoorganizująca się krytyczność (Bak, Tang & Wiesenfeld, 1987)**

System sam dryfuje do stanu, w którym duże zdarzenia są naturalne.
PRZYKŁAD: wielkości trzęsień ziemi: większość małych, ale duże zdarzają się znacznie częściej niż w rozkładzie normalnym.

**Highly Optimized Tolerance (Carlson & Doyle, 1999)**

Zoptymalizowany pod normalność = kruchy na wyjątki.
PRZYKŁAD: sieć energetyczna działa bezawaryjnie przy typowym obciążeniu, ale jedna nietypowa awaria wywołuje rozległy blackout.

**Wypukła transformacja (Lazear & Rosen, 1981)**

Małe różnice na wejściu → ogromne różnice na wyjściu.
PRZYKŁAD: niewielka przewaga sportowca w eliminacjach przekłada się na wielokrotnie wyższą nagrodę w finale.

**Rozkłady stabilne Lévy'ego (Mandelbrot, 1963)**

Nieskończona wariancja wstrząsów → gruby ogon z definicji.
PRZYKŁAD: dzienne zmiany cen akcji: większość mała, ale skoki "czarnych łabędzi" są znacznie częstsze niż przewiduje rozkład normalny

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# A może ryzyko operacyjne nie jest losowe?

## Ryzyko operacyjne to świat społeczny

Wiele kategorii ryzyka operacyjnego to świat zdarzeń ekonomiczno-społecznych. Nie ma naturalnych procesów generujących. To dynamiczne struktury generowane przez ludzi i ich zachowania.

## Przestępcy są racjonalni

Gary Becker, Crime and Punishment, An Economic Approach (1968)

*"Przestępcy to racjonalni aktorzy, którzy kalkulują koszty i korzyści - przestępczość spada gdy rośnie prawdopodobieństwo złapania lub surowość kary."*

## Te grube ogony to celowe, a nie losowe, działania ludzi

Przestępcy oceniają ryzyka i nagrodę za poniesione ryzyko. Ta kalkulacja ostatecznie prowadzi do decyzji: wykonać przestępstwo lub nie.
Czy to jest losowe?

## Jaką naturę mają skrajne straty OpRisk?

To przecież zaplanowane przestępstwa. Często trwające przez dłuższy czas, w które zaangażowane są całe zespoły przestępcze. To zorganizowane działanie - nie losowe.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Powrót do mechniki - zamiast losowości?

### W hydrologii taki jest trend

Stacjonarność nie istnieje (Milly, 2009). Opis stastystyczny nie jest wystarczający. Może być jedynie dodatkowym spojrzeniem.

### Hydrologia: Niezrozumienie lub błędne definicje katastrof

W hydrologii zrozumiano, że definicje typu “powódź stuletnia” są niezrozumiałe, zarówno dla praktyków, jak i społeczeństw

### Instrumentalizm nie działa

Nie można wytransferować problemów, które sami tworzymy (ryzyko endogeniczne Danielssona) na modele, jednocześnie mówiąc, że nie chcemy rozumieć jak one działają

### Stabilność i losowość są w sprzeczności z naturą ludzką i paradygmatem rozwoju

Przecież chcemy rozwoju cywilizacyjnego. To z natury jest niestabilne i nielosowe.

### Definicje 1 raz na 1000 lat nie mają sensu

Kryzys 2008 pokazał, przynajmniej w sferze narracyjnej, niedorzeczność tej definicji. Jej użteczność statystyczna też budzi poważne wątpliwości

### Założenia dla modeli statystycznych zawodzą

Bez tych założeń te modele nie działają. Natomiast kryzysy pokazują nierealność tych założeń. Może więc należy wycofać się z opisu statystycznego?

### Problem z estymacją kwantyla 0.999

Embrechts wskazuje na problem z ograniczeniami modelowania na kwantylu 0.999. Nauka nie radzi sobie z tym. Tymczasem w AMA często modelowano kwantyle 0.99999 i dalsze.

### Cenniejsza jest znajomość mechanik

Znajomość mechaniki generowania strat może pozwolić na przewidzenie krytycznych zjawisk. Możemy zbudować scenariusze, co w danych okolicznościach może się wydarzyć i jakie są na to szanse.
Zdaje się, że tak właśnie robimy w życiu.

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Idzie nowe

## Two Cultures of modeling (Breiman, 2001)

Breiman wskazuje na dwa podejścia do modelowania:

- wyjaśnianie mechanizmu (statystyka) vs.
- tylko trafne przewidywanie wyniku (machine learning) - INSTRUMENTALIZM

## Mechnika vs. instrumentalizm

Modele algorytmiczne oraz rozwój AI wskazują kierunek. Cywilizacyjnie zmierzamy w stronę instrumentalizmu. Rezygnujemy zatem z rozumienia zjawisk. Model może je opisać, ale tylko dopóki działa. Jak nie działa zastąpimy nowym. Problem w tym co się najpierw stanie, zanim zastąpimy nowym.
AI to tylko przyspieszenie tej niebezpiecznej drogi.

## Instrumentalizm = ryzyko endogeniczne

Danielsson (The Emperor has no Clothes, 2000) sformułował pojęcie ryzyka endogenicznego - wewnętrznego. Wybór paradygmatu instrumentalistycznego to właśnie generowanie ryzyka. A więc nie wiadomo jak je opisać statystycznie, z zewnątrz (egzogenicznie), jako zmienną losową.

## Epizod kryzysowy 2023 - przyspieszenie

Procesy przyspieszyły ze względu na dostep do bankowości mobilnej oraz sieci społecznościowe.

## Danielsson i nowe systemic risk (2022, 2025)

Danielsson twierdzi, że sztuczna inteligencja gwałtownie zmienia sposób działania całego systemu finansowego, mając ogromny potencjał destabilizujący i tworząc nowe odmiany tail risk, a także wzmacniając te już istniejące.
Przewiduje, że stosowanie sztucznej inteligencji będzie co prawda stabilizować rynek w okresach spokoju, lecz jednocześnie zwiększać ryzyka tail risk. Przyszłe kryzysy staną się zatem rzadsze, ale szybsze i gwałtowniejsze.

## Co będzie z AI?

AI to monokultura, taka sama jak monokultura modeli przed rokiem 2008. Ta nowa monokultura ma wbudowane przyspieszacze katastrofy na węzłach. Nie wiemy tylko, na których węzłach to się stanie. Może to właśnie czarne łabędzie (Taleb).

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research

# Dziękuję

**KONTAKT**


**E-mail** maciej.buczak@gmail.com

**Linked In** /maciejbuczak


https://maciejbuczak.github.io

© 2025 Maciej Buczak | Risk Research