

INTERPRETOWALNOŚĆ I WYJAŚNIALNOŚĆ UCZENIA MASZYNOWEGO

Dr Robert Małysz

WYKŁAD 3 – AGENDA

Praktyczne przykłady modeli interpretowalnych oraz „typu black-box” – model ratingowy

1. Projekt 1 dotyczy budowy modelu ratingowego
2. System oraz model ratingowy
3. Skala ratingowa
4. Rating zewnętrzny
5. Macierz przejścia

WYKŁAD 3 – CEL WYKŁADU W KONTEKŚCIE PROJEKTU

1. Co musi być ustalone przed modelowaniem? (cel, horyzont PD, walidacja czasowa)
2. Jakie są zasady „interpretowalnego” baseline'u? (logit + polityka cech)
3. Jak oceniamy black-box i jak go wyjaśniamy? (plan XAI)
4. Jak mapujemy PD → rating oraz jak kalibrujemy do 4%?

WYKŁAD 3 - DEFINICJA PROBLEMU I TARGETU (PD) + UNIKANIE LEAKU

1. Definicja PD:

- Ustal **horyzont** i okno obserwacji – spójność semantyczna danych z momentem decyzji.
- Tylko cechy dostępne w chwili ; odrzuć sygnały post-outcome (np. zdarzenia po default).

2. Walidacja czasowa (must-have):

- Podział train/valid/test po czasie albo k-fold time-series CV (min. 5 foldów).
- Każdy fold: starsze → nowsze, **zero mieszania czasów**; dokumentuj diagramem i opisem. :contentReference[oaicite:1]{index=1}

3. Anti-leak checklist (skrót):

- Cecha wyliczona z przyszłości? → usuń.
- Agregaty „po decyzji”? → usuń.
- Label leakage przez binning na całym zbiorze? → binning tylko na train (i lock).

WYKŁAD 3 - POLITYKA CECH

EDA -> selekcja -> transformacje (monotoniczne)

1. Definicja PD:

- Ustal **horyzont** i okno obserwacji – spójność semantyczna danych z momentem decyzji.
- Tylko cechy **dostępne w chwili**; odrzuć sygnały post-outcome (np. zdarzenia po default).

2. Walidacja czasowa (must-have):

- Podział **train/valid/test** po czasie albo **k-fold time-series CV** (min. 5 foldów).
- Każdy fold: starsze → nowsze, **zero mieszania czasów**; dokumentuj diagramem i opisem.

3. Anti-leak checklist (skrót):

- Cecha wyliczona z przyszłości? → usuń.
- Agregaty „po decyzji”? → usuń.
- Label leakage przez binning na całym zbiorze? → binning tylko na train (i lock).

WYKŁAD 3 - BLACK-BOX (CATBOOST/XGBOOST): ROLA I ODPOWIEDZIALNOŚĆ

1. **Cel:** wyższa jakość predykcyjna przy zachowaniu **wyjaśnialności**.
 - Regularizacja/tuning (Bayes/Grid/Random) z kontrolą overfittingu.
 - Dokumentuj **złożoność** (np. liczba cech/estymatorów; restrykcje monotoniczne, jeśli użyte).
 - **Plan XAI:** pełny **SHAP** (global + lokal), opcjonalnie **LIME**, „what-if”. (*KOD w labach*)
2. **Porównania z baseline'em:**
 - Jakość: AUC, PR-AUC, KS, log-loss.
 - Spójność wyjaśnień: czy top cechy SHAP \approx intuicja i wnioski z logitu?
 - W projekcie laboratoryjnym wymagane: model black-box + wyjaśnienia model-agnostic (SHAP/LIME) i porównanie z baseline

WYKŁAD 3 - KALIBRACJA PROBABILISTYCZNA: KONCEPT I JEJ JAKOŚCI

- Po co kalibracja?
Aby dopasować przewidywane do rzeczywistej częstości zdarzeń (reliability).
- Diagnostyka „pre-cal”: krzywe reliability, histogram predykcji, Brier, ECE/ACE.
- Metody: Platt (logit), Isotonic, Beta.
- Calibration-in-the-large: korekta interceptu/slope, by średnia $\approx 4\%$ (globalnie; opc. per segment).
- „Post-cal”: ponowne ECE/Brier/reliability + stabilność per podgrupa.

Uwaga: W projekcie kalibracja do 4% jest obowiązkowa i weryfikowana metrykami (Brier/ECE/krzywe).

WYKŁAD 3 - PD → RATING + DECYZJE: PROGI I WPŁYW BIZNESOWY

Mapowanie PD → klasy (AAA...D):

- Monotoniczność PD między klasami, spójne progi (komitet ryzyka).
- Przykład (do kalibracji pod portfel):
 - AAA: $p < 0.01$, AA: [0.01, 0.02), A: [0.02, 0.05), BBB: [0.05, 0.08), BB: [0.08, 0.12), B: [0.12, 0.20), CCC: $p > 0.2$.

Dobór progu operacyjnego:

- Funkcja kosztu/korzyści (TP/FP/FN/TN), ROC/PR/cost-curves.
- Raportuj wpływ progu na liczbę akceptacji/odrzuceń i expected loss.

WYKŁAD 3 - MACIERZE PRZEJŚĆ I MONITORING STABILNOŚCI

Macierz przejść ratingów (12M, 24M):

- Umożliwia **stres-testy**, wycenę i monitoring dryfu (rating migration).
- Zmiany w sygnalizują przesunięcia cykliczne/strukturalne.

Monitoring po wdrożeniu (skrócony):

- PSI/CSI dla cech i skoru, *performance drift* (AUC/KS), *calibration drift* (Brier/ECE), stabilność SHAP top-k.

WYKŁAD 3 - RAPORT I GOVERNANCE: MODEL CARD + XAI

Model Card (skrót zawartości):

- Cel i zakres (użycie, horyzont, populacja), dane (źródła, okna, DQM), walidacja (time-split, CV).
- Wyniki (AUC/PR-AUC/KS, Brier/ECE pre/post), kalibracja 4% (projekt), progi/ratingi.
- Interpretowalność (global & lokal – SHAP/PDP/ICE), ryzyka/ograniczenia, plan monitoringu.

Uwaga: W projekcie oddajecie: repo + notebooki/skrypty, raport techniczny, prezentację dla osób nietechnicznych.

WYKŁAD 3 - NAJCZĘSTSZE PUŁAPKI

Pułapki do uniknięcia:

- Leakage (feature engineering z przyszłości; binning/standaryzacja na całym zbiorze).
- Brak walidacji czasowej; porównywanie foldów mieszanych w czasie.
- Zbyt „bogaty” baseline → traci interpretowalność i stabilność.
- Brak „post-cal” diagnostyki (ECE/Brier) i przeglądu podgrup (fairness/stabilność).

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Model ratingowy

Model ratingowy to system oceny, który jest używany do klasyfikowania różnych jednostek (takich jak kraje, przedsiębiorstwa, czy produkty finansowe) na podstawie ich jakości lub ryzyka. System ratingowy jest często stosowany w kontekście oceny zdolności kredytowej emitentów papierów wartościowych lub krajów.

W kontekście oceny ryzyka kredytowego, agencje ratingowe, takie jak Standard & Poor's, Moody's i Fitch Ratings, stosują modele ratingowe do przypisania ocen kredytowych, które odzwierciedlają zdolność emitenta do spłaty długu. Ocenę kredytową można przedstawić za pomocą liter i symboli, takich jak "AAA" dla najwyższej jakości kredytowej lub "D" dla defaultu.

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Model scoringowy jest częściej używany do oceny indywidualnych konsumentów i jest wyrażony jako liczba.

Model ratingowy jest częściej używany do oceny firm, produktów finansowych, czy krajów i jest wyrażony jako symbol (np. literowy).

Oba modele są używane do oceny ryzyka, ale są stosowane w różnych kontekstach i mają różne formy wyjściowe. Oba modele są kluczowe w zarządzaniu ryzykiem finansowym i są używane przez różne instytucje finansowe, inwestorów i regulatorów.

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Definicja systemu ratingowego

System ratingowy to zorganizowana struktura

- metod,
- narzędzi,
- procedur

służących do oceny i klasyfikacji ryzyka związanego z podmiotem lub instrumentem finansowym.

Ma na celu określenie zdolności podmiotu do wywiązania się ze swoich zobowiązań finansowych.

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Definicja modelu ratingowego

- To zestaw technik i procedur matematyczno-statystycznych, które służą do oceny ryzyka kredytowego firm, banków i krajów.
- Modele te pozwalają przewidzieć prawdopodobieństwo, że podmiot (firma, bank lub kraj) nie wywiąże się ze swoich zobowiązań finansowych.

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Znaczenie modeli ratingowych

1. **Ocena ryzyka:** Pozwalają dokładnie ocenić ryzyko związane z inwestycjami lub udzieleniem kredytu firmie, bankowi czy kraju.
2. **Podjęcie decyzji:** Ułatwiają podejmowanie decyzji inwestycyjnych opartych na rzetelnych danych.
3. **Transparentność:** Zapewniają inwestorom i wierzycielom klarowną информацию o jakości aktywów czy zdolności kredytowej podmiotu.
4. **Zarządzanie ryzykiem:** Pomagają instytucjom w monitorowaniu i zarządzaniu ekspozycją na ryzyko.

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Czynniki w modelach ratingowych dla

1. **Firm:** Historia finansowa, struktura kapitałowa, pozycja na rynku, strategia biznesowa, branżowe ryzyka.
2. **Banków:** Jakość portfela kredytowego, kapitał, płynność, profil ryzyka, regulacje i nadzór.
3. **Krajów:** Sytuacja gospodarcza, poziom zadłużenia, stabilność polityczna, wskaźniki makroekonomiczne, polityka fiskalna i monetarna.

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Etapy budowy modelu ratingowego dla firm

1. Określenie celu modelu

Zdefiniowanie, do jakiego celu ma służyć model: np. ocena ryzyka kredytowego, prognoza upadłości czy inna forma analizy.

2. Wybór źródeł danych oraz zmiennych wejściowych

Analiza dostępnych danych finansowych, danych behawioralnych i operacyjnych firmy np. z etapu monitoringu firm.

Opracowanie wskaźników finansowych oraz selekcja kluczowych wskaźników finansowych, takich jak rentowność, płynność czy zadłużenie.

3. Gromadzenie i przygotowanie danych

Zbieranie historycznych danych finansowych i operacyjnych o firmach.

Czyszczenie i transformacja danych, aby były one spójne i odpowiednio sformatowane.

4. Wybór metodologii

Decyzja o stosowanej technice modelowania: np. regresja logistyczna, analiza dyskryminacyjna, sieci neuronowe czy drzewa decyzyjne.

WYKŁAD 3 – SYSTEM RATINGOWY

Etapy budowy modelu ratingowego dla firm

5. Estymacja i kalibracja modelu

Użycie danych do "nauczenia" modelu, aby mógł on dokładnie prognozować rating na podstawie wybranych zmiennych wejściowych.

Ocena dokładności i adekwatności modelu na próbie testowej.

6. Walidacja modelu

Testowanie modelu na niezależnym zestawie danych przez niezależny zespół na próbie walidacyjnej, aby sprawdzić jego dokładność i wiarygodność.

Porównanie prognoz modelu z rzeczywistymi wynikami.

7. Implementacja modelu

Wdrożenie modelu w praktycznych aplikacjach, np. w systemie zarządzania ryzykiem kredytowym.

8. Monitorowanie i aktualizacja modelu

Regularne sprawdzanie wydajności modelu w kontekście rzeczywistych wyników.

Aktualizacja modelu w odpowiedzi na zmieniające się warunki rynkowe, nowe dane lub inne czynniki.

WYKŁAD 3 – PRZEKSZTAŁCENIE ZMIENNYCH

1. **Wypełnianie brakujących danych:** Zanim dokonasz jakichkolwiek innych przekształceń, musisz zdecydować, jak radzić sobie z brakującymi danymi.
2. **Wykrywanie i obsługa wartości odstających:** Po usunięciu brakujących wartości warto zidentyfikować i odpowiednio obsłużyć wartości odstające.
3. **Dyskretyzacja:** Wstępne przekształcenie zmiennych ciągłych na kategorie może być potrzebne przed dalszym przetwarzaniem.
4. **Logarytmowanie:** Przekształć zmienne o skośnym rozkładzie, zanim będziesz je analizować w kontekście innych zmiennych.
5. **Tworzenie zmiennych wskaźnikowych (dummy variables):** Po dyskretyzacji zmienne kategoryczne można przekształcić na format wskaźnikowy.

WYKŁAD 3 – PRZEKSZTAŁCENIE ZMIENNYCH

6. **Inżynieria cech:** Po przekształceniu podstawowych zmiennych można stworzyć nowe, które mogą lepiej oddać ryzyko.
7. **Transformacje monotoniczne:** W modelach ratingowych ważne jest, aby związki między zmiennymi a prawdopodobieństwem niewypłacalności były monotoniczne.
8. **Standaryzacja:** Gdy wszystkie zmienne są już w odpowiedniej formie, można je standaryzować, aby miały porównywalne zakresy wartości.
9. **Korekcja wieloliniowości:** Upewnij się, że zmienne w modelu nie są ze sobą zbyt mocno skorelowane, zanim przystąpisz do estymacji modelu.
10. **Interakcje zmiennych:** Na tym etapie można dodać zmienne interakcyjne do modelu, aby uwzględnić kombinacje różnych cech.

WYKŁAD 3 – SKALA RATINGOWA

Skala ratingowa banku z przypisanymi wartościami PD (Probability of Default) przedstawia prawdopodobieństwo niewypłacalności danego podmiotu w określonym horyzoncie czasu, najczęściej w ciągu roku.

Skala Ratingowa banku z wartościami PD:

AAA (Triple A) Opis: Najwyższa wiarygodność kredytowa. Ryzyko niewypłacalności jest minimalne. PD: < 0.01%

AA (Double A) Opis: Bardzo wysoka wiarygodność kredytowa. Bardzo niskie ryzyko niewypłacalności. PD: 0.01% - 0.05%

A Opis: Wysoka wiarygodność kredytowa. Niskie ryzyko niewypłacalności. PD: 0.05% - 0.1%

BBB Opis: Dobra wiarygodność kredytowa. Umiarkowane ryzyko niewypłacalności. PD: 0.1% - 0.5%

BB Opis: Średnia wiarygodność kredytowa. Zwiększone ryzyko niewypłacalności. PD: 0.5% - 1.5%

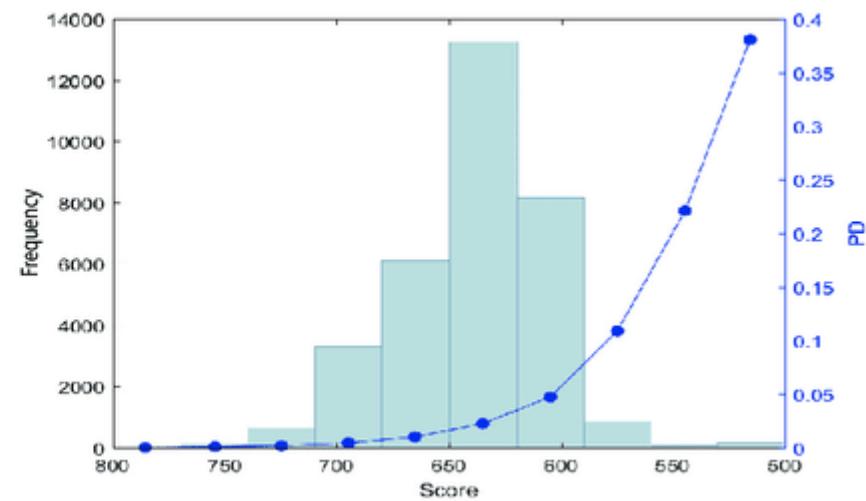
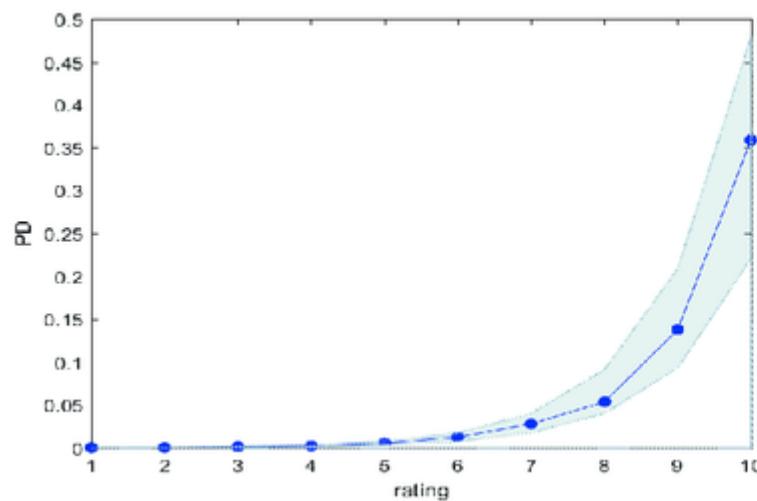
B Opis: Umiarkowanie niska wiarygodność kredytowa. Istotne ryzyko niewypłacalności. PD: 1.5% - 5%

CCC Opis: Niska wiarygodność kredytowa. Bardzo wysokie ryzyko niewypłacalności. PD: 5% - 15%

CC Opis: Bardzo niska wiarygodność kredytowa. Ekstremalnie wysokie ryzyko niewypłacalności. PD: 15% - 30%

C Opis: Najniższa wiarygodność kredytowa. Niemal pewna niewypłacalność. PD: > 30%

WYKŁAD 3 – SKALA RATINGOWA



Source: Credit Scoring in SME Asset-Backed Securities: An Italian Case Study
May 2019 Journal of Risk and Financial Management 12(2):89

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Agencje ratingowe działające na rynku polskim

Fitch Ratings Polska S.A.

Moody's Polska sp. z o.o.

Standard & Poor's Polska sp. z o.o.

Polska Agencja Ratingowa

EuroRating Sp.k. Agencja Ratingowa

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Skala ratingowa Moody's

Moody's ma kilka skali ratingowych, w tym skalę ratingową dla obligacji korporacyjnych. Poniżej skale ratingowe dla obligacji korporacyjnych Moody's:

Ocena	Opis
Aaa	Najwyższej jakości, niemal wolne od ryzyka
Aa1	Wysokiej jakości o bardzo niskim ryzyku
Aa2	Wysokiej jakości o niskim ryzyku
Aa3	Wysokiej jakości o relatywnie niskim ryzyku
A1	Klasy średniej-wyższej o stosunkowo niskim ryzyku
A2	Klasy średniej o umiarkowanym ryzyku
A3	Klasy średniej-niższej o wyższym ryzyku
Baa1	Średniej jakości o umiarkowanym ryzyku
Baa2	Średniej jakości o wyższym ryzyku
Baa3	Średniej jakości o stosunkowo wysokim ryzyku
Ba1	<i>Spekulacyjne o stosunkowo niskim ryzyku</i>
Ba2	<i>Spekulacyjne o umiarkowanym ryzyku</i>
Ba3	<i>Spekulacyjne o wyższym ryzyku</i>
B1	<i>Bardzo spekulacyjne o stosunkowo niskim ryzyku</i>
B2	<i>Bardzo spekulacyjne o umiarkowanym ryzyku</i>
B3	<i>Bardzo spekulacyjne o wyższym ryzyku</i>
Caa1	<i>Najniższej jakości, bardzo wysokiego ryzyka</i>
Caa2	<i>Najniższej jakości, ekstremalnie wysokiego ryzyka</i>
Caa3	<i>Najniższej jakości, praktycznie bezwartościowe</i>

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Skala ratingowa S&P

S&P ma kilka skali ratingowych, w tym skalę ratingową dla obligacji korporacyjnych. Poniżej skale ratingowe dla obligacji korporacyjnych S&P:

Ocena	Opis
AAA	Najwyższej jakości, niemal wolne od ryzyka
AA+	Wysokiej jakości o bardzo niskim ryzyku
AA	Wysokiej jakości o niskim ryzyku
AA-	Wysokiej jakości o relatywnie niskim ryzyku
A+	Klasy średniej-wyższej o stosunkowo niskim ryzyku
A	Klasy średniej o umiarkowanym ryzyku
A-	Klasy średniej-niższej o wyższym ryzyku
BBB+	Średniej jakości o umiarkowanym ryzyku
BBB	Średniej jakości o wyższym ryzyku
BBB-	Średniej jakości o stosunkowo wysokim ryzyku
BB+	<i>Spekulacyjne o stosunkowo niskim ryzyku</i>
BB	<i>Spekulacyjne o umiarkowanym ryzyku</i>
BB-	<i>Spekulacyjne o wyższym ryzyku</i>
B+	<i>Bardzo spekulacyjne o stosunkowo niskim ryzyku</i>
B	<i>Bardzo spekulacyjne o umiarkowanym ryzyku</i>
B-	<i>Bardzo spekulacyjne o wyższym ryzyku</i>

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Skala ratingowa Fitch

Fitch ma kilka skali ratingowych, w tym skalę ratingową dla obligacji korporacyjnych. Poniżej przedstawiamy skale ratingowe dla obligacji korporacyjnych Fitch:

Skala dłużno- i krótkoterminowa Fitcha obejmuje oceny od AAA do D. Oto opisy poszczególnych ocen:

Długi termin

Ocena	Opis
AAA	Najwyższej jakości, niemal wolne od ryzyka
AA+	Wysokiej jakości o bardzo niskim ryzyku
AA	Wysokiej jakości o niskim ryzyku
AA-	Wysokiej jakości o relatywnie niskim ryzyku
A+	Klasy średniej-wyższej o stosunkowo niskim ryzyku
A	Klasy średniej o umiarkowanym ryzyku
A-	Klasy średniej-niższej o wyższym ryzyku
BBB+	Średniej jakości o umiarkowanym ryzyku
BBB	Średniej jakości o wyższym ryzyku
BBB-	Średniej jakości o stosunkowo wysokim ryzyku
BB+	Spekulacyjne o stosunkowo niskim ryzyku
BB	Spekulacyjne o umiarkowanym ryzyku
BB-	Spekulacyjne o wyższym ryzyku
B+	Bardzo spekulacyjne o stosunkowo niskim ryzyku
B	Bardzo spekulacyjne o umiarkowanym ryzyku
B-	Bardzo spekulacyjne o wyższym ryzyku
CCC+	Najniższej jakości, ale wciąż zdolne do regulowania zobowiązań finansowych
CCC	Najniższej jakości, z dużym prawdopodobieństwem niewywiązania się z regulowania zobowiązań finansowych
CCC-	Najniższej jakości, z bardzo dużym prawdopodobieństwem niewywiązania się z regulowania zobowiązań finansowych

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Skala ratingowa Fitch

Fitch ma kilka skali ratingowych, w tym skalę ratingową dla obligacji korporacyjnych. Poniżej przedstawiamy skale ratingowe dla obligacji korporacyjnych Fitch:

Ocena	Opis
F1+	Najwyższej jakości, niemal wolne od ryzyka
F1	Wysokiej jakości o bardzo niskim ryzyku
F1-	Wysokiej jakości o niskim ryzyku
F2	Wysokiej jakości o relatywnie niskim ryzyku
F3	Klasy średniej-wyższej o stosunkowo niskim ryzyku
B	Klasy średniej o umiarkowanym ryzyku

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Rating zlecony (solicited rating):

Definicja: Rating zlecony jest to ocena ryzyka kredytowego dokonana na żądanie podmiotu ocenianego (np. firmy, kraju), który zwraca się do agencji ratingowej o przeprowadzenie analizy i przyznanie mu oceny.

Zalety:

Wiarygodność: Jako że podmiot sam zlecił ocenę, jest bardziej skłonny dostarczyć pełny zakres informacji, co może zwiększyć dokładność i głębokość analizy.

Eligibility: W wielu przypadkach rating zlecony może być wymagany do spełnienia pewnych regulacji lub do uczestnictwa w określonych operacjach rynkowych.

Kontrola: Podmiot ma pewną kontrolę nad procesem i może zdecydować, kiedy i jak publikować wyniki.

Wady:

Możliwy konflikt interesów: Ponieważ podmiot oceniany płaci agencji ratingowej za przeprowadzenie oceny, może istnieć pokusa, by przyznać wyższą ocenę.

Koszty: Proces zlecania i uzyskiwania ratingu wiąże się z kosztami.

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Rating niezlecony (unsolicited rating):

Definicja: Rating niezlecony to ocena ryzyka kredytowego dokonana z inicjatywy agencji ratingowej bez formalnego żądania lub zlecenia ze strony ocenianego podmiotu.

Zalety:

Obiektywizm: Brak formalnego zlecenia może minimalizować potencjalne konflikty interesów, co może prowadzić do bardziej obiektywnego ratingu.

Pełna niezależność: Agencje ratingowe mogą dokonywać ocen według własnego uznania i bez wpływu podmiotu ocenianego.

Szersze pokrycie rynku: Dzięki ratingom niezleconym agencje mogą dostarczyć oceny dla większej liczby podmiotów, co jest korzystne dla inwestorów.

Wady:

Brak pełnego dostępu do informacji: Może być trudniej uzyskać dostęp do wszystkich niezbędnych danych, co może wpłynąć na dokładność ratingu.

Ryzyko reakcji negatywnej: Podmioty, które nie zlecały oceny, mogą negatywnie reagować na niekorzystne oceny, co może prowadzić do konfliktów z agencją ratingową.

Brak kontroli przez podmiot oceniany: Podmiot nie ma wpływu na proces i nie ma możliwości kierowania lub wpływania na ocenę.

WYKŁAD 3 – RATING ZEWNĘTRZNY

Fitch	S&P	Moody's	Rating grade description (Moody's)	
AAA	AAA	Aaa	Investment grade	Minimal credit risk
AA+	AA+	Aa1		Very low credit risk
AA	AA	Aa2		
AA-	AA-	Aa3		
A+	A+	A1		Low credit risk
A	A	A2		
A-	A-	A3		
BBB+	BBB+	Baa1		Moderate credit risk
BBB	BBB	Baa2		
BBB-	BBB-	Baa3		
BB+	BB+	Ba1	Speculative grade	Substantial credit risk
BB	BB	Ba2		
BB-	BB-	Ba3		
B+	B+	B1		High credit risk
B	B	B2		
B-	B-	B3		
CCC+	CCC+	Caa1	Speculative grade	Very high credit risk
CCC	CCC	Caa2		
CCC-	CCC-	Caa3		
CC	CC	Ca		In or near default, with possibility of recovery
C	C		Speculative grade	In default, with little chance of recovery
DDD	SD	C		
DD	D			
D				

źródło: Fitch, Standard&Poor's, Moody's

WYKŁAD 3 – MACIERZ PRZEJŚCIA

Macierz przejścia (ang. transition matrix)

Definicja: Tabela przedstawiająca prawdopodobieństwa zmian poziomów ratingów kredytowych w danym okresie.

Kluczowe własności:

Wiersze: Początkowe poziomy ratingu.

Kolumny: Docelowe poziomy ratingu po upływie określonego czasu.

Elementy diagonalne: Prawdopodobieństwo niezmienności ratingu.

Zastosowanie: Narzędzie do modelowania ewolucji ratingów kredytowych, oceny ryzyka w analizie portfela.

WYKŁAD 3 – MACIERZ PRZEJŚCIA

Macierz przejścia (ang. transition matrix)

Initial Rating	Rating at year-end (%)							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Default
AAA	90.81	8.33	0.68	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00
AA	0.70	90.65	7.79	0.64	0.06	0.14	0.02	0.00
A	0.09	2.27	91.05	5.52	0.74	0.26	0.01	0.06
BBB	0.02	0.33	5.95	86.93	5.30	1.17	0.12	0.18
BB	0.03	0.14	0.67	7.73	80.53	8.84	1.00	1.06
B	0.00	0.11	0.24	0.43	6.48	83.46	4.07	5.20
CCC	0.22	0.00	0.22	1.30	2.38	11.24	64.86	19.79

Source: Standard & Poor's CreditWeek, April 15, 1996.

WYKŁAD 3 – MACIERZ PRZEJŚCIA

Macierz przejścia vs łańcuch Markowa

1. **Definicja łańcucha Markowa:** łańcuch Markowa to model matematyczny opisujący sekwencję zdarzeń, w których prawdopodobieństwo każdego zdarzenia zależy tylko od stanu osiągniętego w poprzednim zdarzeniu. W kontekście tego modelu, macierz przejścia opisuje prawdopodobieństwa przejścia między różnymi stanami.
2. **Elementy macierzy:** Elementy macierzy przejścia reprezentują prawdopodobieństwo przejścia ze stanu i do stanu j w jednym kroku.
3. **Właściwości łańcucha:** łańcuch Markowa jest nazywany jednorodnym (lub niezmiennym w czasie), jeśli jego macierz przejścia nie zmienia się w czasie. W przypadku łańcuchów niejednorodnych macierz przejścia może zmieniać się w zależności od kroku czasowego.
4. **Stan stacjonarny:** Jeśli łańcuch Markowa ma stan stacjonarny, oznacza to, że istnieje pewny wektor prawdopodobieństw, który po pomnożeniu przez macierz przejścia nie zmienia się. Ten wektor reprezentuje długoterminowe prawdopodobieństwa obecności w danym stanie i jest związany z wcześniej wspomnianą macierzą graniczną.

WYKŁAD 3 – MACIERZ PRZEJŚCIA

Macierz przejścia vs łańcuch Markowa

5. **Potęgowanie macierzy:** Mnożenie macierzy przejścia przez siebie (potęgowanie) pozwala na określenie prawdopodobieństw przejścia po wielu krokach. Na przykład, kwadrat macierzy przejścia dla łańcucha Markowa daje prawdopodobieństwa przejścia po dwóch krokach.
6. **Ergodyczność:** Jeśli łańcuch Markowa jest ergodyczny, oznacza to, że ma jednolity rozkład stacjonarny, do którego zbiega niezależnie od początkowego rozkładu prawdopodobieństwa.
7. **Aplikacje:** Łańcuchy Markowa i ich macierze przejścia mają wiele zastosowań w naukach ścisłych, inżynierii, ekonomii, biologii, informatyce i innych dziedzinach.

WYKŁAD 3 – WPŁYW AI ORAZ AI ACT NA SYSTEMY RATINGOWE

- 1. AI nie zastąpiła procesu ratingowego, ale przyspiesza analizę i zmienia fundamenty niektórych branż.**
- 2. W ratingach emitentów rośnie nacisk na governance i przejrzystość użycia AI oraz na opis ryzyk AI po stronie ocenianych firm**
- 3. AI Act najmocniej dotyczy scoringu konsumenckiego.**

WYKŁAD 3 – LITERATURA

Interpretowalność / XAI:

1. Molnar, C. (2022). *Interpretable Machine Learning*. (online)
2. Guidotti, R., Monreale, A., Ruggieri, S., et al. (2018). *A survey of methods for explaining black box models*. ACM CSUR.
3. Lundberg, S.M., & Lee, S.-I. (2017). *A Unified Approach to Interpreting Model Predictions*. NeurIPS.

Kalibracja / metryki jakości:

1. Niculescu-Mizil, A., & Caruana, R. (2005). *Predicting Good Probabilities with Supervised Learning*. ICML.
2. Kull, M., Silva Filho, T., & Flach, P. (2017). *Beyond Sigmoids: Beta Calibration for Probabilistic Forecasting*. AISTATS.
3. Brier, G.W. (1950). *Verification of Forecasts Expressed in Terms of Probability*. Monthly Weather Review.

Modele drzewiaste i boosting:

1. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). *XGBoost: A Scalable Tree Boosting System*. KDD.
2. Prokhorenkova, L., et al. (2018). *CatBoost: unbiased boosting with categorical features*. NeurIPS.

Projekt i wymagania kursu:

1. *Projekt: Rating/Scoring z interpretowalnością, wyjaśnialnością i kalibracją* – opis wymagań

ZAŁĄCZNIK – WPŁYW AI/LLM NA SYSTEMY RATINGOWE

1. AI/LLM w procesie analitycznym (wewnątrz agencji i instytucji)

- Agencje i grupy ratingowe wdrażają GenAI/LLM jako narzędzia pomocnicze: wsparcie w wyszukiwaniu i streszczeniach, ekstrakcja informacji, prototypy „AI agents” do researchu. To nie jest zmiana algorytmicznego rdzenia metodologii ratingu, tylko przyspieszenie przetwarzania danych i lepsza „telemetria” źródeł. (Przykłady z materiałów Moody's o agentach/LLM w pracy analitycznej).

2. AI jako czynnik ryzyka lub przewagi w ocenie kredytowej

- W sektorach „AI-native/AI-exposed” (półprzewodniki, data centers, chmura, hyperscalerzy) ocena profilu kredytowego uwzględnia wpływ boomu na AI: rosnące CAPEX/OPEX (np. koszt i tempo wymiany akceleratorów), wolumeny mocy/energii, ryzyka podażowe i koncentracja popytu. S&P i Fitch wprost omawiają wpływ generatywnej AI na fundamenty sektorów i niektóre indywidualne ratingi/ perspektywy.
- W bankach i usługach finansowych AI pojawia się w ocenie ryzyk operacyjnych/modelowych i compliance; Fitch wskazuje AI jako emerging risk (pozytywny lub negatywny zależnie od governance i use-case).

ZAŁĄCZNIK – WPŁYW REGULACJI ESG

- S&P Global Ratings: w sierpniu 2023 r. zrezygnowało z publikowania “ESG credit indicators” (alfanumerycznych wskaźników ESG) w raportach ratingowych. ESG nadal jest omawiane, ale wyłącznie opisowo w akapitach analitycznych (bez syntetycznej skali). To zmiana formy komunikacji, nie celu — ESG nadal wpływa na rating, ale nie w postaci wskaźnika.
- Fitch Ratings: utrzymuje ESG Relevance Scores (ERS) – neutralny wartościowo opis, na ile dany czynnik ESG był istotny dla oceny kredytowej (zwróć uwagę, że ERS nie są “punktacją ESG” ani bezpośrednim wejściem do modelu; to adnotacja o materialności). W publikacjach z 2024–2025 wciąż wyjaśniają, jak te oceny czytać w kontekście ratingu.
- Moody’s: rozwija Issuer Profile Scores (IPS) i Credit Impact Scores (CIS) oraz narzędzia do oceny ryzyka klimatycznego (physical & transition); akcent pada na większą transparentność, jak ESG/klimat wpływa na rating i na scenariusze klimatyczne. (To nie osobny “rating ESG”, lecz informacja o wpływie na ryzyko kredytowe).