



Kreditni rizik – Modeliranje i izazovi

Vili Krainz

vili.krainz@rba.hr



Stavovi izraženi tijekom ove
prezentacije su isključivo
stavovi autora



Što je kreditni rizik?

- Rizik da jedna strana u financijskom ugovoru neće izvršiti obavezu djelomično ili u cijelosti
- Rezultira gubitkom za drugu stranu
- Primjer – bankarski krediti
- Kreditni rizik – najmaterijalniji bankarski rizik
- Upravljanje rizicima
 - Identificirati
 - Procijeniti
 - Pratiti (Monitorirati)
 - Smanjiti (gdje je moguće)

Regulacija bankarskog sustava

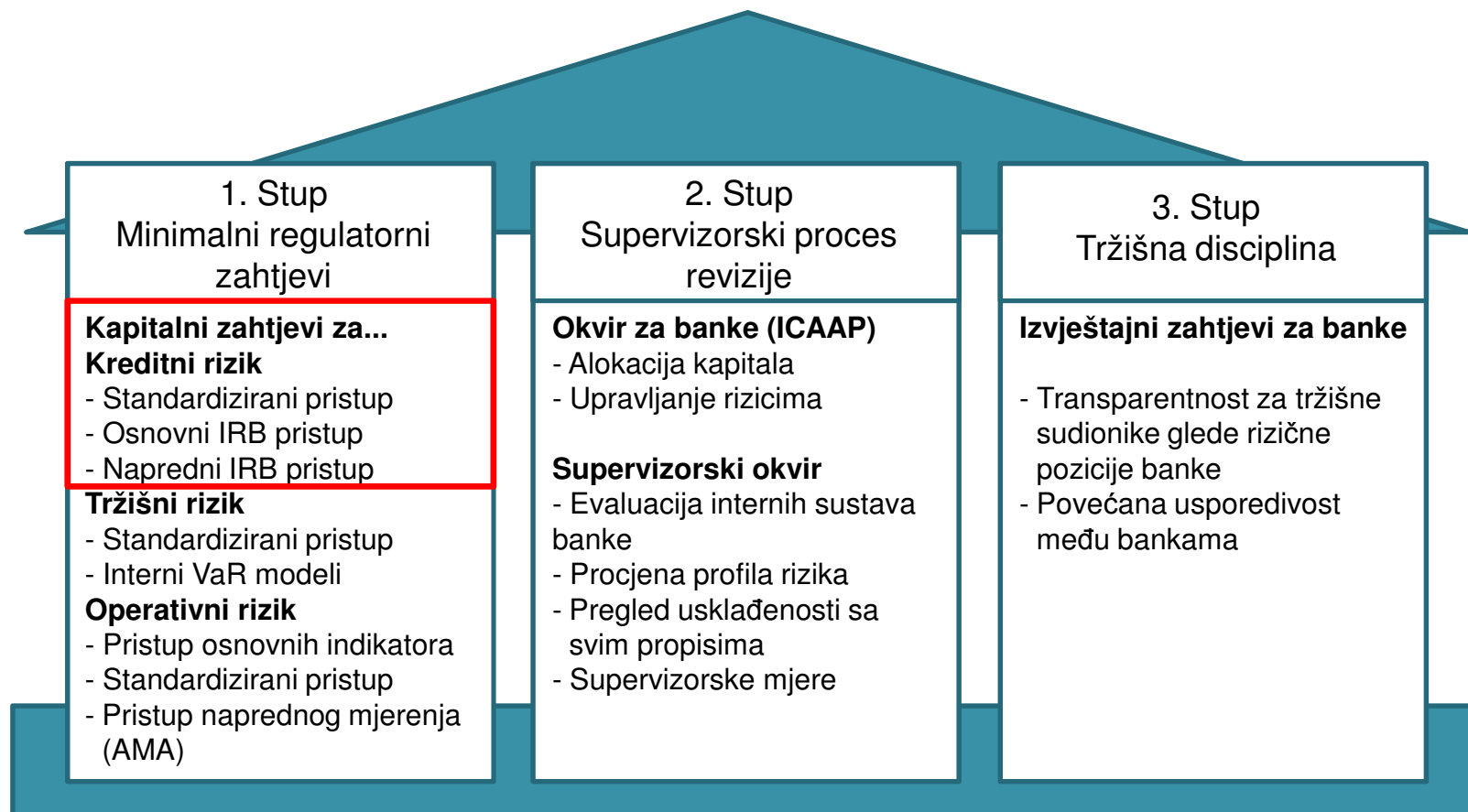
- Banka nije obično trgovačko društvo!
- Integracija u financijski sustav i njegovu stabilnost
- Socijalna komponenta
- Potreba za reguliranjem (nadgledanjem) rada banaka!
- RH – Regulator bankarskog sustava je HNB
- Između ostaloga - nadgledanje upravljanja rizicima
- Banka mora biti dovoljno sigurna da može izdržati šokove i nepovoljne ekonomske uvjete, kao i redovno poslovanje
- Jedan od vidova regulacije – Minimalni kapitalni zahtjevi
- Kapitalni zahtjevi – Količina kapitala koju regulator zahtijeva od banke kako bi ocijenio da je dovoljno sigurna i dozvolio njeno daljnje poslovanje



Basel regulatorni okvir

- 1988. – BCBS – Basel I
 - Samo kreditni rizik
 - Standardizirani pristup – predefinirani ponderi
- 1996. – Market Risk Amendment
- 2004. – Basel II
 - Operativni rizik
 - Internal Rating Based (IRB) pristup
- EU - Capital Requirements Directive
- RH – Zakon o kreditnim institucijama, Odluka o adekvatnosti jamstvenog kapitala
- 2010. – Basel III – Implementacija tek slijedi

Basel II regulatorni okvir



Standardizirani pristup

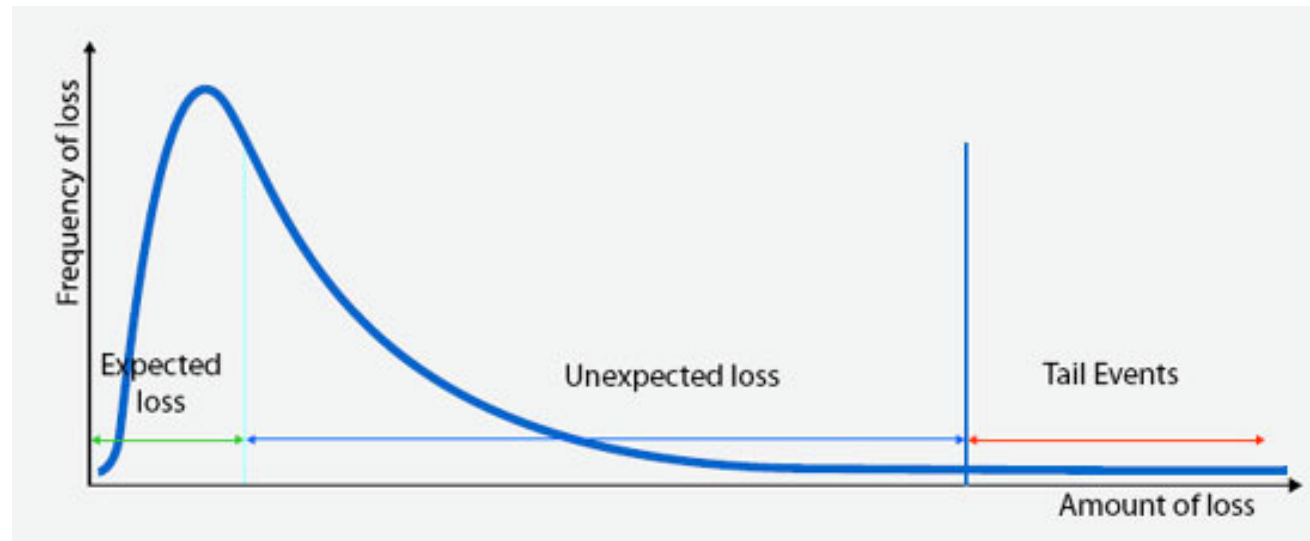
- Osnovni pristup
- Izračun rizikom ponderirane aktive (RWA) - Predefinirani ponderi
- Primjer:

Klijent	Izloženost banke	Ponder	RWA
Republika Njemačka	1,000,000 kn	0%	0 kn
Neosigurani kredit fizičke osobe	200,000 kn	100%	200,000 kn
Stambeni kredit fizičke osobe u cijelosti osiguran hipotekom	800,000 kn	35%	280,000 kn
Ukupno	2,000,000 kn		480,000 kn

- Kapitalni zahtjev = 12% * RWA = 57,600 kn
- Prilično konzervativno!

Internal rating-based (IRB) pristup

- Banka procjenjuje svoje parametre rizičnosti
- Direktna korist – Najčešće niži kapitalni zahtjevi!
- Kapitalni zahtjev se procjenjuje kao kvantil (99.9%) neke pretpostavljene razdiobe gubitaka, na horizont od godinu dana



Osnovni pojmovi

- Default – Status neispunjavanja obveza druge ugovorne strane
 - Prema Baselu – više od 90 dana kašnjenja ili neizglednost vraćanja duga (eng. *unlikelihood to pay*)
- Vjerojatnost ulaska u default (Probability of Default - PD)
- Gubitak zbog nastanka statusa neispunjavanja obveza (Loss Given Default – LGD)
- Izloženost u trenutku defaulta (Exposure at Default – EAD)
- Očekivani gubitak (Expected Loss – EL)

Kvantifikacija gubitka

- Očekivani gubitak

$$EL = \underbrace{\overbrace{PD}^{F-IRB} \cdot LGD \cdot EAD}_{A-IRB}$$

- Neočekivani gubitak
 - Ovisan o pretpostavkama o distribuciji
 - Regulatorna formula

$$RWA = LGD \cdot \left[N \left(\frac{N^{-1}(PD) + \frac{N^{-1}(0.999)\sqrt{\rho}}{\sqrt{1-\rho}}}{\sqrt{1-\rho}} \right) - PD \right] \cdot \left[\frac{1 + (M - 2.5) \cdot b}{1 - 1.5 \cdot b} \right] \cdot 1.06 \cdot 12.5$$

• Kapitalni zahtjev $K = 12\% \cdot RWA$

Individualni rizik Sistemski rizik Korelacija unutar portfelja

Procjena PD parametra

- Osnova su kreditni scorecard modeli – Ekspertni ili statistički
- Primjer

Dob	Score
<22	0
22-45	20
>46	55
Razina obrazovanja	Score
NSS	10
SSS, VŠS	35
VSS i više	70



20

+



70

+

⋮

Score

520

>440



Statistički scorecard modeli

- Za koga - fizičke osobe ili trgovačka društva
- Aplikativni ili bihevioralni scorecard
- Na temelju povijesnih podataka nastojimo izvesti zaključke o budućnosti
- Problem – utvrditi funkcijsku vezu između karakteristika dužnika X_1, X_2, \dots, X_n (pokretača rizika) i binarnog događaja defaulta (0/1), odnosno latentne varijable vjerojatnosti defaulta



Aplikativne karakteristike fizičkih osoba

- Socio-demografske karakteristike:
 - Starost, bračno stanje, rezidencijalni status...
- Ekonomske karakteristike:
 - Razina obrazovanja, zanimanje, godine radnog staža...
- Financijske karakteristike:
 - Mjesečni dohodak, prosjeci mjesečnog dohotka...
- Karakteristike stabilnosti:
 - Broj mjeseci na trenutnoj adresi, na trenutnom poslu...
- Karakteristike plasmana:
 - Rata kredita, odobreni limit, ročnost kredita...



Aplikativne karakteristike trgovačkih društava

- Financijske karakteristike:
 - Veličina
 - Profitabilnost
 - Likvidnost
 - Rast
 - Financijska poluga
- Kvalitativne karakteristike:
 - Kvaliteta menadžmenta tvrtke
 - Odnos s bankom
 - Tržišna pozicija
 -



Bihevioralne karakteristike

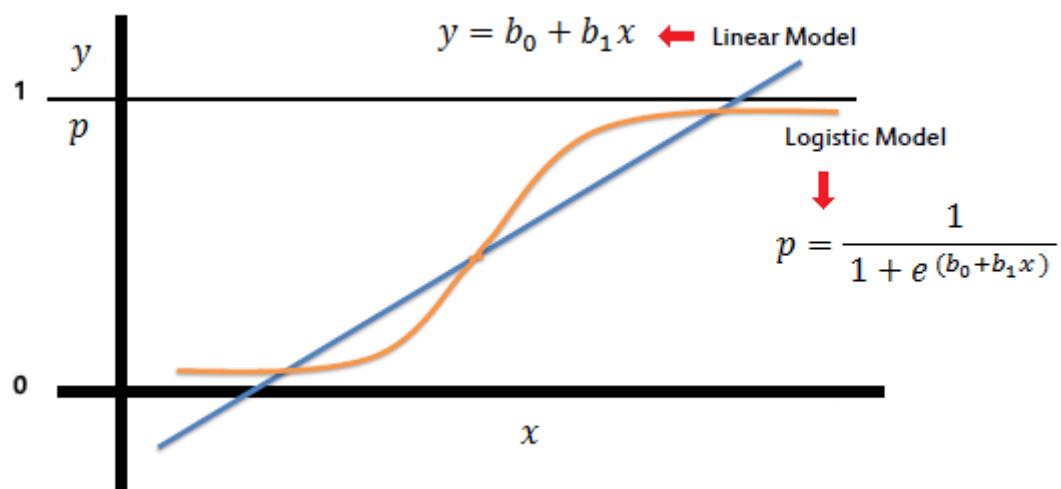
- Broj dana kašnjenja
 - Dospjelo nenaplaćeno dugovanje
 - Različiti omjeri i trendovske varijable izvedene iz prethodnih karakteristika
 - Iskorištenost kreditnih linija, prekoračenja po tekućem računu...
 - Broj ulazaka u default u određenom razdoblju
 - Broj poslanih opomena
- ⋮

Matematički model u pozadini...

- Logit model – najčešće korišten
- Logistička regresija

$$score_i = \ln\left(\frac{1 - PD_i}{PD_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}$$

$$\ln\left(\frac{1 - PD_i}{PD_i}\right) = score_i \Leftrightarrow PD_i = \frac{1}{1 + e^{score_i}}$$



Matematički model u pozadini...

- Koristi se metoda maksimizacije funkcije vjerodostojnosti

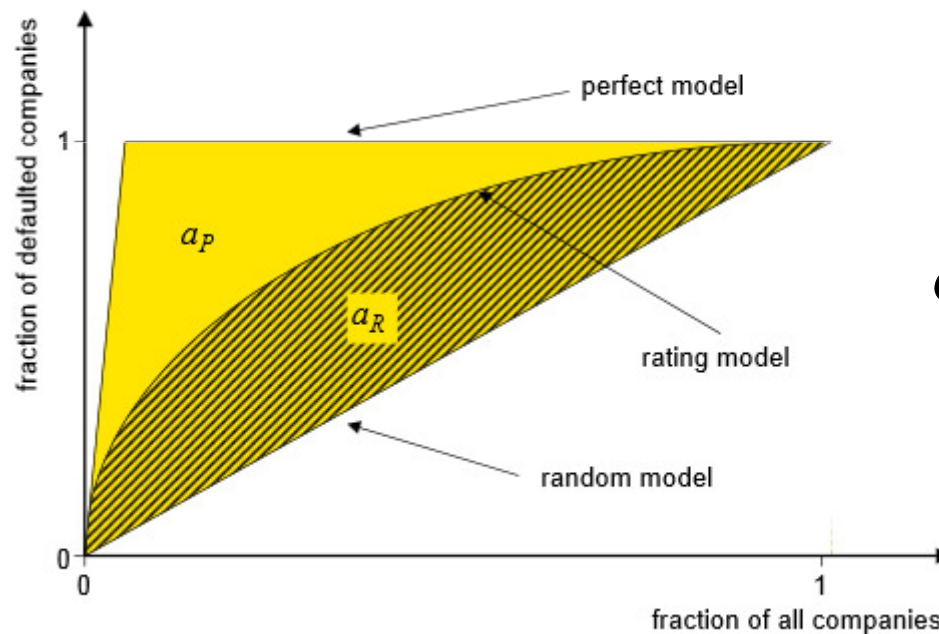
$$L(\beta | y, x) = \prod_{i=1}^N \left[\left(\frac{1}{1 + e^{x_i' \beta}} \right)^{y_i} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + e^{x_i' \beta}} \right)^{1 - y_i} \right]$$

$$\beta^{MLE} = \max_{\beta} L(\beta | y, x)$$

- x_{ik} – karakteristika k , i -te obzervacije u uzorku
- y_i – ishod i -te obzervacije u uzorku (1 – default, 0 – nije default)

Matematički model u pozadini...

- Cilj scorecard modela u ovom stadiju je da dobro diskriminira dobre i loše dužnike (kredite)
- Prediktivnost se najčešće mjeri Gini indeksom



$$Gini = \frac{a_R}{a_R + a_P}$$

Kalibracija modela

- Nekoliko razloga:
 - Kvantifikacija scorea i svođenje na standardnu rating skalu (Moody's, S&P, Fitch...)

Score = 3.23 \longrightarrow PD = 3.8% \longleftrightarrow Rating = BB-

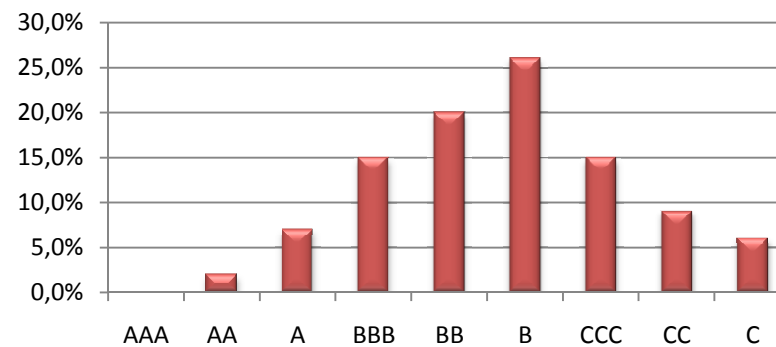
- S vremenom:
 - Uzima u obzir promjene u rizičnosti portfelja
 - Uzima u obzir promjene u prediktivnosti scorecard modela

Kalibracija scorecard modela

Promjena rizičnosti portfelja



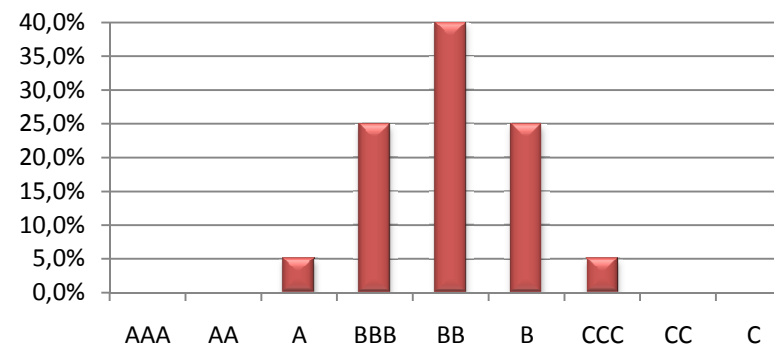
Distribucija Portfelja



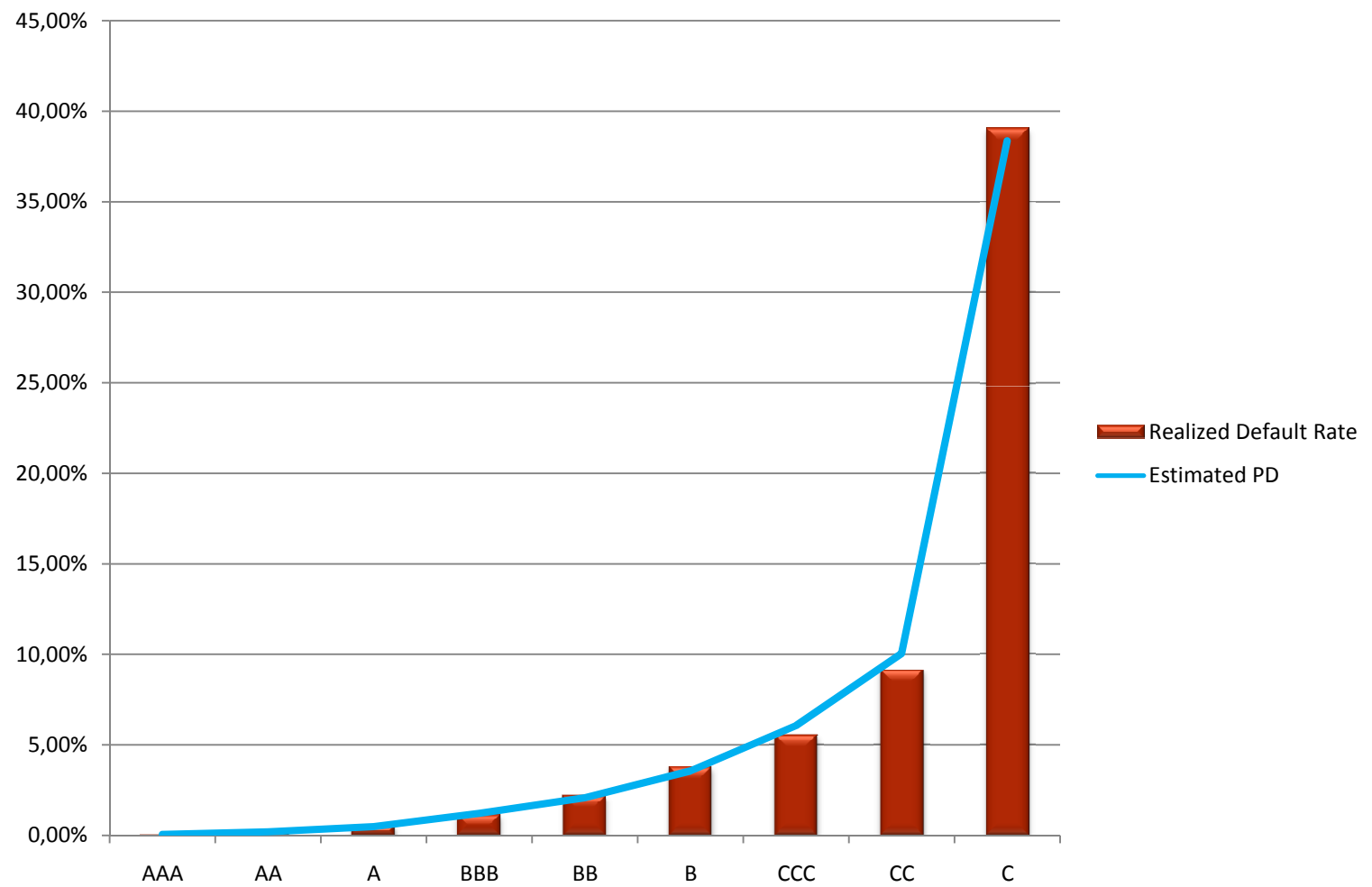
Promjena prediktivnosti



Distribucija Portfelja



Rezultat scorecard modela





...ali to sve je samo manji dio priče...



Koraci u razvoju (i životnom ciklusu) modela

1. Konstrukcija uzorka
2. Prikupljanje podataka iz baze podataka
3. Provjera kvalitete podataka
4. Univarijantna analiza
5. Priprema podataka (Kategorizacija varijabli)
6. Multivarijantna analiza
7. Validacija, Kalibracija, Testiranje
8. Monitoring modela

Konstrukcija uzorka

- Čini se trivijalno “na prvu” – daleko od istine
- Jedan od najbitnijih koraka
- Ovisi o modelu odnosno namjeni
- Primjer:
 - Aplikativni scorecard model za fizičke osobe za stambene kredite
 - Sve odobrene aplikacije za stambene kredite od 1.1.2011.-31.12.2011.
 - Pripadni aplikativne karakteristike u trenutku apliciranja (vlasnik i kredit)
 - Nove izvedene karakteristike
 - Indikator defaulta (0/1) za svaku aplikaciju koji agregira informacije o delikventnosti u narednih godinu dana od datuma aplikacije
 - Koliko vremena prođe od aplikacije do isplate kredita, prve rate?
 - Što napraviti ako netko ima poček ili moratorij?
 - Izuzeća iz uzorka?



Prikupljanje podataka

- Kompleksnost prikupljanja podataka – dodatna, vremenska dimenzija
- Jesu li svi podaci koje želimo dostupni?
- Jesu li podaci dostupni direktno/indirektno?
- Direktno – modelari vrše ekstrakciju podataka – točnije i preciznije, ali potrebno dodatno vrijeme i ekspertiza
- Indirektno – netko drugi (IT stručnjaci) priprema podatke za nas – često zna biti iterativan, dugotrajan i mukotrpan posao, s većom mogućnošću pogreške



Provjera kvalitete podataka

- Je li podatak pouzdan, smislen?
- Nerijetko postoji više izvora podataka (npr. Data Warehouse, Core sustav banke itd.), a podaci su međusobno neusklađeni – je li ikoji podatak točan? Koji?
- Multiplicirani unosi
- Nedostajuće vrijednosti
- Outlieri
- Problem – Odrediti koje informacije su smislene, a koje problem loše kvalitete podataka
- Dugoročno isplativije za potrebe modeliranja odbaciti sve varijable sumnjive kvalitete
- Konstrukcija novih potencijalno prediktivnih varijabli (relativne)
- Analiza distribucija varijabli

Univarijantna analiza

- Prediktivnost svake zasebne varijable (Information value, Gini indeks...)
- Stabilnost varijable kroz vrijeme
- Prati li varijabla očekivanu poslovnu logiku

Dob	Stopa Defaulta
<30	3.47%
[30, 55]	1.86%
>55	2.73%

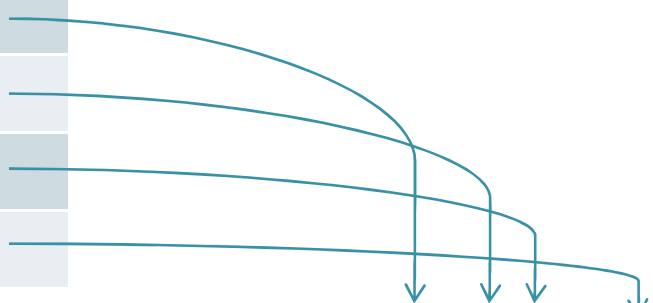
Tzv. U-oblik

- Grupiranje (kategorizacija) varijabli – balans između robusnosti i prediktivnosti

Priprema podataka (Kategorizacija varijabli)

- Kategoričke varijable – ulaze u regresiju preko tzv. *dummy* varijabli
- Primjer:

Rezidencijalni status	Varijabela
Vlasnik nekretnine	d_res_vlasnik (0/1)
U najmu	d_res_najam (0/1)
Živi s roditeljima	d_res_rod (0/1)
Ostalo	d_res_ostalo (0/1)


$$score_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}$$

- Numeričke varijable – izbor ulaska u numeričkom ili kategoričkom obliku (npr. mj. dohodak 0-3000, 3000-7000, 7000+)



Priprema podataka (Kategorizacija varijabli)

- Numerički oblik numeričke varijable:
 - “Precizniji” model
 - Što sa outlierima?
 - Što sa nedostajućim vrijednostima?
 - Potrebna je transformacija varijable u slučaju nelinearnog odnosa
- Kategorički oblik numeričke varijable:
 - Robusniji model
 - Automatski tretira mogući nelinearan odnos i “legitimne” outliere i nedostajuće vrijednosti
 - Moguća posebna kategorija za ostale outliere i/ili nedostajuće vrijednosti
 - Nakon kategorizacije potrebna provjera prediktivne moći



Multivarijantna analiza

- Analiza međusobne korelacije među varijablama kandidatima za finalni model
- Nepoželjno jer je zbog visoke (apsolutne) korelacije nezavisnih varijabli nepreciznija procjena koeficijenata modela (prakse 0.4-0.7)
- Najčešće se izbacuje varijabla manje prediktivne moći
- Logistička regresija – zadržavaju se varijable koje zadovoljavaju određenu razinu značajnosti (1%-5%)
- Analiza koeficijenata scorecard modela
- Finalni model 6-12 varijabli

Validacija, Kalibracija, Testiranje

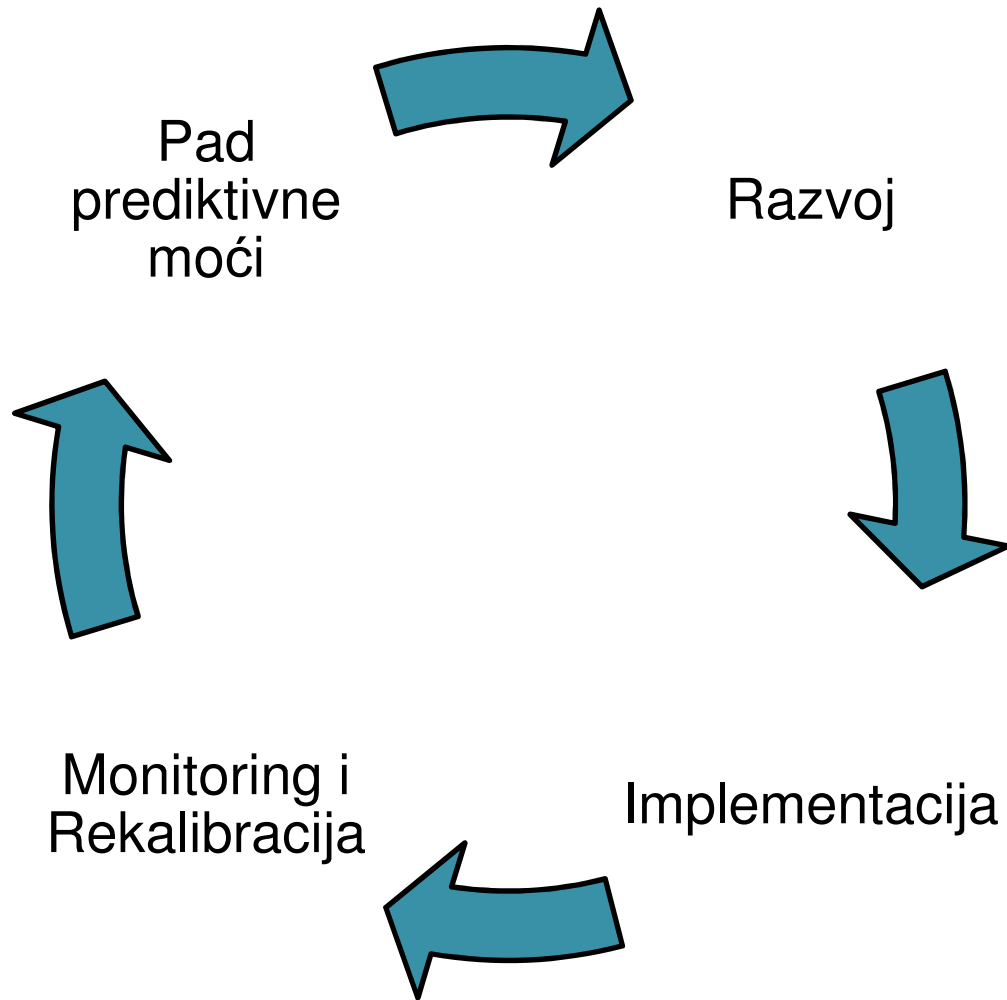
- Validacija na testnom uzorku (80/20, 70/30...) ili bootstrap metodom
- Kalibracija modela
- Testiranje modela
 - PD vs. Stopa defaulta po rating razredima
 - Stabilnost modela po scoreu
 - Koncentracija
 - Testiranje za sve svrhe u koje će se model koristiti
 - Granični score za dodjelu kredita (tržišni udio vs. profitabilnost)
 -



Monitoring modela

- Praćenje čitavog niza pokazatelja (prediktivnost, stabilnost, koncentracija...)
- Praćenje i anticipiranje utjecaja promjena u okruženju (internom i eksternom) na modele
- Provjere da se model koristi za namijenjene svrhe i na pravi način (odobravanje kredita, cross-selling, strateško planiranje, risk-based pricing...)
- Monitorira se i interakcija među modelima – scorecardi, PD, LGD, EAD modeli

Životni ciklus scorecard modela



Trajanje ciklusa:

- Aplikativni Scorecard – 2-3 godine
- Bihevioralni Scorecard – 4-5 godina



Što bi sve trebao znati dobar modelar?

- Rad s bazama podataka i poznavanje njihove strukture
- Programiranje (SQL, PLSQL, SAS, Matlab, C...)
- Matematika i statistika
- Ekonomija i financije
- Regulatorni okvir i zakoni
- Poslovno okruženje (organizacija financijske institucije, kreditna politika...)
- “Soft skills”



Zaključak

- Moramo biti svjesni ograničenja modela – nije zamjena ekspertnom znanju i iskustvu niti zdravom razumu
- Obavezna je suradnja modelara i eksperata
- Modeli se rade na “starim” podacima – uvijek kaskaju za aktualnom situacijom
- Pažljivi monitoring i osvježavanje modela je apsolutno nužno
- Percepcija risk managera od strane okoline



Za kraj...

"A bank is a place that will lend you money if you can prove that you don't need it." -- Bob Hope