

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

BRATISLAVA 2009

MICHAL ZÁVODNÝ

Odhad parametrov pre výpočet kapitálovej primeranosti  
Interpretácia a implementácia výsledkov v reálnom procese banky

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Michal Závodný

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY  
KATEDRA APLIKOVANEJ MATEMATIKY A ŠTATISTIKY

9.1.9 Aplikovaná matematika  
Ekonomická a finančná matematika

Vedúci diplomovej práce:  
Mgr. Miroslava Fifíková

BRATISLAVA 2009

*Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu  
vypracoval samostatne. Uvádzam  
všetky literárne pramene  
a publikácie, ktoré som použil.*

*Michal Závodný*

*V Bratislave, 27.4.2009*

*Ďakujem vedúcej mojej diplomovej práci,  
Mgr. Miroslave Fífkovej  
za odborné vedenie, pripomienky,  
trpezlivosť a poskytnutú literatúru.*

## **ABSTRAKT**

V práci sa budeme zaoberať časťou procesu výpočtu odhadu parametrov pre potreby kapitálovej primeranosti banky v segmente retailového portfólia. Proces výpočtu kapitálových požiadaviek pozostáva vo veľkej miere z odhadov troch základných parametrov (PD - pravdepodobnosť defaultu (zlyhania), LGD – Loss Given Default, CF – konverzný faktor). Diplomová práca sa bude venovať odhadu parametra PD pre produkt spotrebné úvery.

Kľúčové slová: default, pravdepodobnosť defaultu, PD, kapitálová primeranosť, skóring, Basel II, logistická regresia, extrapolácia

## OBSAH

<b>1 Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Definícia jednotlivých parametrov</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Úvod do Basel II</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Všeobecný popis pravidiel a história</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Pilier I</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 Kreditné riziko .....	<b>6</b>
2.2.1.1 Štandardizovaný prístup .....	<b>6</b>
2.2.1.2 IRB prístup .....	<b>7</b>
2.2.2 Operačné riziko .....	<b>8</b>
2.2.3 Trhové riziko .....	<b>8</b>
<b>2.3 Pilier II</b> .....	<b>8</b>
<b>2.4 Pilier III</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Skóring</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Všeobecná definícia</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2 Štatistický skóring</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3 Expertný skóring</b> .....	<b>12</b>
<b>3.4 Generický skóring</b> .....	<b>12</b>
<b>4 Proces vývoja skóringu</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1 Zber a príprava dát</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2 Definícia cieľovej premennej</b> .....	<b>16</b>
<b>4.3 Fine classing</b> .....	<b>17</b>
<b>4.4 Coarse classing</b> .....	<b>20</b>
<b>4.5 Logistická regresia</b> .....	<b>21</b>
<b>4.6 Reject inference</b> .....	<b>23</b>
<b>4.7 Validácia</b> .....	<b>23</b>
<b>4.8 Kalibrácia</b> .....	<b>24</b>
<b>5 Definícia defaultu</b> .....	<b>25</b>
<b>5.1 Definícia PD</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2 Odhad PD na úrovni tried</b> .....	<b>27</b>

<b>6 Praktická časť</b> .....	<b>28</b>
<b>6.1 Príprava dát</b> .....	<b>28</b>
<b>6.2 Realizované PD</b> .....	<b>29</b>
<b>6.3 Použité extrapoláčn� metody</b> .....	<b>31</b>
<b>6.4 Chyba odhadu</b> .....	<b>35</b>
<b>6.5 PD odhad</b> .....	<b>42</b>
6.5.1 Default-Weighted PD .....	<b>42</b>
6.5.2 Dlhodob� priemer PD .....	<b>43</b>
6.5.3 Dlhodob� priemer PD s v�a�en�m priemerom defaultov .....	<b>45</b>
6.5.4 Dlhodob� priemer PD s �asov�mi v�ahami .....	<b>46</b>
6.5.5 Dlhodob� priemer PD s v.p.d. aj �.v. ....	<b>48</b>
<b>6.6 Miera konzervativizmu</b> .....	<b>49</b>
<b>6.7 Porovnanie a výber finálnej metody</b> .....	<b>50</b>
<b>7 Záver</b> .....	<b>54</b>
<b>Pou�it� liter�tura</b> .....	<b>55</b>

## 1 ÚVOD

Diplomová práca sa bude zaoberať časťou procesu výpočtu odhadu parametrov pre potreby kapitálovej primeranosti banky v segmente retailového portfólia. Proces výpočtu kapitálových požiadaviek pozostáva vo veľkej miere z odhadov troch základných parametrov (PD - pravdepodobnosť defaultu (zlyhania), LGD – Loss Given Default, CF – konverzný faktor). Diplomová práca sa bude venovať odhadu parametra PD pre produkt spotrebné úvery. Diplomovú prácu robím v spoločnosti Tatrabanka a.s. na oddelení Retail Credit Portfolio Managment. Podkladom pre túto prácu sú reálne bankové údaje, ktoré boli pre účely mojej práce zmenené tak, aby nemohli byť interpretovateľné treťou osobou, zároveň sú však stále vlastníctvom banky a preto ich publikovanie a ani výsledky nie sú prístupné tretej osobe. Údaje boli síce pozmenené, ale bolo zabezpečené, aby ich vypovedacia schopnosť zostala zachovaná. Informácie o scrambling dát a ďalšie informácie je možné získať u vedúcej diplomovej práce.



## 1.1 Definícia jednotlivých parametrov je nasledovná[1]:

- PD – Probability of Default - odhadovaná pravdepodobnosť, že sa klient v časovom horizonte nasledujúcich 12 mesiacov dostane do defaultu
- LGD – Loss Given Default - vyjadruje pomer realizovaných strát v pomere k úverom v čase defaultu – „koľko sa skutočne stratí“. Má vplyv na determináciu znižovania straty
- CF - Conversion Factor - percentuálny odhad, koľko z nečerpanej časti úveru, klient dočerpá do času defaultu)
- EAD - Exposure at Default - odhad objemu prostriedkov, ktoré bude klient „džiť“ banke“ v čase defaultu

Retailové portfólio je definované ako portfólio, ktoré spĺňa nasledovné podmienky:

- je poskytované „hromadným“ spôsobom - to znamená, nie na individuálnej úrovni, ale prostredníctvom súboru pravidiel a minimálne čiastočne automatizovaným spôsobom
- každá trieda expozícií musí obsahovať dostatočne veľké množstvo úverov s podobnými charakteristikami (pool) tak, aby metódy používané pre spracovanie údajov boli štatisticky relevantné
- na vyhodnocovanie sa používajú štatistické metódy (scoring)

Produkt, ktorým sa budem v DP zaoberať je Bezúčelový úver<sup>TB</sup> Classic [2], poskytovaný Tatrabankou v rámci produktov pre fyzické osoby, s nasledovnými charakteristikami a podmienkami:

- úver určený klientom vo veku 18 – 65 rokov s trvalým pobytom na území SR
- je možné ho získať bez dokladovania príjmu a bez ručiteľa po splnení bankou definovaných podmienok
- umožňuje flexibilné nastavenie výšky splátky a dĺžky splácania úveru (výška úveru závisí od výsledku hodnotiaceho modelu klienta (scoring) a pohybuje sa od 1000 do 25000 eur), doba splácania je od 12 do 72 mesiacov

- úroková sadzba je rovnaká počas celej doby splácania úveru

Základný pojem používaný v odhadoch parametrov a miery rizika je *default*:

Default v podstate znamená, že dlžník nezaplatil, resp. nebude schopný zaplatiť svoje finančné záväzky voči banke. Podľa smernice EU sa za „default“ považuje nastanie niektorej, alebo oboch z nasledujúcich udalostí:

- banka považuje dlžníka (klienta) za „*unlikely to pay*“ – klient je v situácii, v ktorej je nepravdepodobné, že bude splácať svoje záväzky (bankrot, ...)
- klient má voči banke nesplatený záväzok viac ako 90 dní

## 2 Úvod do Basel II

### 2.1 Všeobecný popis pravidiel a história

#### *Bazilejský výbor pre bankový dohľad*

V 70-tych rokoch minulého storočia začalo pôsobenie veľkých bánk nadobúdať nový, nadnárodný rozmer. Banky rozširovali sféru svojho pôsobenia za hranice „domovských“ štátov, avšak oblasť bankového dohľadu existovala iba na národnej úrovni. V roku 1974 bol guvernermi ústredných bánk krajín G-10 (patrí sem 11 ekonomicky najvyspelejších a najvplyvnejších krajín tej doby: Belgicko, Francúzsko, Holandsko, Kanada, Nemecko, Japonsko, Taliansko, Švédsko, Švajčiarsko, USA a Veľká Británia) založený Bazilejský výbor pre bankový dohľad. Jeho cieľom bolo dohliadať na spoluprácu ústredných bánk krajín G-10 v oblasti bankového dohľadu. V nasledujúcich rokoch vydal výbor viacero dohovorov, medzi ktoré patria napríklad Bazilejský konkordát (1975), Zásady dohľadu nad národnými bankovými skupinami na konsolidovanom základe (1978) alebo Medzinárodné zásady kapitálových štandardov a merania kapitálu.[3,4]

#### ***Basel Capital Accord (BCA or Basel I)***

Jedným z dokumentov Bazilejského výboru pre bankový dohľad je Basel Capital Accord. Tento dokument je prvým medzinárodným dokumentom zaoberajúcim sa meraním finančných rizík. Zaoberá sa úverovým a operačným rizikom a pokrytím týchto rizík vlastným kapitálom. Cieľom tohto dokumentu bolo:

- posilniť stabilitu medzinárodného bankového systému
- znížiť konkurenčnú nerovnosť medzi medzinárodne aktívnymi bankami (aby právomoci bánk (poskytovať úvery a pod.) záviseli od úrovne kapitálovej primeranosti - úverové riziko musí byť kryté kapitálom)
- zabrániť bankám vystavovať sa nadmerným úverovým rizikám,
- zaistiť medzinárodnú konvergenciu regulácie kapitálovej primeranosti bánk s medzinárodnou aktivitou
- motivovať banky k držaniu likvidných a nízko rizikových aktív.

## ***New Basel Capital Accord (NBCA or BASEL II)***

Vývojom bankového sektora vznikala postupom času potreba „vylepšenia“ tohto dokumentu. Na základe medzinárodných konzultácií boli k BCA publikované viaceré dodatky. Jedným z najdôležitejších je dodatok z roku 1996, ktorý sa zaoberá riadením trhového rizika. Podľa tohto dodatku sa portfólio banky delí na bankové portfólio a obchodné portfólio. V apríli 2003 bol Bazilejským výborom pre bankový dohľad publikovaný dokument novej kapitálovej dohody – NBCA alebo BASEL II. Ciele NBCA sú zhodné s cieľmi BCA, avšak nový dokument pokrýva väčšiu oblasť riadenia rizík ako BCA. Taktiež rozširuje spôsoby merania úrokového rizika a zavádza kapitálovú požiadavku pre ďalší druh rizika - operačné riziko. Sofistikovanejšie a presnejšie meranie kreditného rizika podľa nových pravidiel by malo priniesť úsporu kapitálu, ktorá by sa použila na pokrytie operačného rizika. Basel II kladie väčší dôraz na kvalitu banky, bankového dohľadu a trhových disciplín. Po prvýkrát sa neuvádza len kvantitatívny výpočet kapitálovej primeranosti, ale aj kvalitatívne stanovenie požiadaviek banky. Zároveň došlo k rozšíreniu pôsobnosti NBCA tak, aby pokrývala nielen riziko samotnej banky, ale aj celej bankovej skupiny. Basel II pozostáva z troch pilierov aplikovaných na individuálnom a konsolidovanom základe. Za implementáciu systémov riadenia rizík, ktoré sú schopné identifikovať, merať, monitorovať a kontrolovať riziká, je zodpovedné predstavenstvo a vrcholový manažment bánk. Tento predpis je pre banky záväzný. Pre každú krajinu tento medzinárodný predpis upravujú aj pravidlá národného regulátora; v prípade Slovenskej republiky je to Národná banka Slovenska (NBS).

Basel II používa koncept „troch pilierov“:

1. minimálne kapitálové požiadavky
2. supervisory review (bankový dohľad)
3. trhová disciplína (v záujme vyššej stability finančného systému)

### ***2.2 Pilier I***

Venuje sa výpočtu kapitálových požiadaviek pre *kreditné* (credit risk), *trhové* (market risk) a *operačné* (operational risk) riziko.

### 2.2.1 Kreditné riziko

Kreditné riziko je neistota plynúca z obchodnej činnosti banky - poskytovania úverov. Toto riziko vyplýva z neplnenia záväzkov voči banke, napríklad nesplácanie finančných záväzkov dlžníka voči banke. Výpočet tohto rizika sa realizuje viacerými prístupmi[4]:

#### 2.2.1.1 Štandardizovaný prístup (STA approach)

Je jednoduchší spôsob výpočtu rizikovo vážených aktív. Je založený na regulátorom daných rizikových váhach. Pre určité typy kreditného rizika stanovuje špecifické rizikové váhy. Základné charakteristiky tohto prístupu sú nasledovné:

- členenie portfólia do 3 základných tried expozícií

secured by real estate – sú to expozície zabezpečené výlučne rezidenčnou nehnuteľnosťou (nehnuteľnosť určená na bývanie)

revolving – do tejto kategórie patria úvery, ktorých čerpanie je závislé na aktuálnej potrebe klienta (sú to limity, ktoré môže klient využívať ak plní dohodnuté podmienky) – kontokorentné úvery, povolené prečerpanie na bežnom účte, kreditné karty

other – do tejto triedy patria všetky ostatné produkty, napríklad spotrebné úvery, iné splátkové úvery, úvery zabezpečené komerčnou nehnuteľnosťou

- používajú sa preddefinované rizikové váhy pre jednotlivé triedy expozícií
  1. 35% pre triedu „secured by real estate“, t.j. plne zabezpečenú rezidenčnou nehnuteľnosťou
  2. 75% pre nezabezpečené úvery – pre triedy *other* a *revolving*, ak úver nie je v defaulte
  3. ak je úver v defaulte, a ak je výška opravnej položky pre daný úver väčšia ako 20% hodnoty expozície (úveru) = je to 100% riziková váha
  4. ak je úver v defaulte, a ak je výška opravnej položky je menšia ako 20% hodnoty expozície = 150% riziková váha

Opravné položky predstavujú odhad straty, ktorá už nastala (incurred loss)

- preddefinované parametre CF (konverzného faktora) sú 0%; 20%, 50% podľa maturity úveru (v retaily sa používajú 20% a 50%)
- úvery v triede secured by real estate musia spĺňať podmienky na „vhodnosť“ zabezpečenia – eligible collateral, t.j. zabezpečenie musí spĺňať regulátorné požiadavky (napr. prístup k nehnuteľnosti, vymožitelnosť, ...)
- nedefinuje sa parameter LGD – Loss Given Default

### 2.2.1.2 IRB prístup (Internal rating based approach)

Je založený na interných ratingoch (skóringových modeloch) banky. Je to pokročilejšia metóda výpočtu využívajúca štatistické a matematické postupy (odhady parametrov spomenutých vyššie). Základnými znakmi IRB prístupu sú:

- Každá expozícia ma pridelený rating
- Každá expozícia ma pridelený vypočítaný parameter PD, LGD, CF (EAD), ktorý je vypočítaný pomocou štatistických metód

Tento prístup sa ďalej rozdeľuje na dva a to: Foundation IRB a Advanced IRB.

*Foundation Internal ratings-based approach* (F-IRB; základný IRB prístup) odkazuje na súbor metód merania kreditného rizika podľa Basel II pravidiel pre bankové inštitúcie. Podľa tohto prístupu je bankám umožnené vyvíjať vlastné empirické modely pre odhad PD (pravdepodobnosť defaultu) pre individuálnych klientov alebo skupiny klientov. Banky môžu použiť tento prístup iba po schválení národným regulátorom (NBS). V F-IRB prístupe sú banky povinné použiť regulátorom stanovené LGD (Loss Given Default) a ostatné parametre potrebné pre výpočet RWA (Risk Weighted Assets). Celkové kapitálové požiadavky sa počítajú ako fixná percentuálna hodnota odhadovaného RWA.

*Advanced IRB approach* (pokročilý IRB prístup; A-IRB) taktiež odkazuje na súbor pravidiel Basel II. Na rozdiel od F-IRB v tomto prístupe banky môžu vyvíjať svoje vlastné empirické modely pre vyčíslenie kapitálu pre kreditné riziko. Banky používajú svoje vlastné kvantitatívne modely pre odhad, PD, EAD, LGD a ostatných parametrov potrebných pre výpočet RWA. Taktiež tento prístup môžu banky použiť iba po schválení národným regulátorom (NBS).

### **2.2.2 Operačné riziko**

Je to riziko straty, ktoré vyplýva z nevhodných alebo chybných interných procesov banky. Možno sem zahrnúť zlyhanie ľudského faktora, škody spôsobené prevádzkou, zlyhanie použitých systémov, podvody alebo iné nečakané vonkajšie udalosti. Veľké množstvo zlyhaní bánk súvisí práve s týmto rizikom. Pre výpočet tohto rizika existujú tri rôzne prístupy:

#### *Basic indicator approach (IBA)*

Je to najjednoduchšia metóda založená na Basel Accord (Basel I). Je odporúčaná bankám bez signifikantných medzinárodných operácií. Banky používajúce tento prístup musia držať kapitál pre operačné riziko vo výške niekoľko percent z priemeru ročného hrubého príjmu počas uplynulých troch rokov. Hodnoty pre roky, v ktorých bol hrubý príjem záporný alebo nulový musia byť z výpočtu tohto priemeru vyradené. Ten percentuálny podiel je zvyčajne na úrovni 15% z ročného hrubého príjmu.

#### *Standardized approach (STA)*

V tomto prístupe sa aktivity banky delia na osem skupín (úrovní riadenia – „business line“). Pre každú skupinu kapitál pre operačné riziko predstavuje percentuálnu časť z hrubého príjmu tejto skupiny.

#### *Advanced measurement approach (AMA)*

V tomto prístupe je bankám umožnené vyvíjať svoje vlastné empirické modely pre stanovenie potrebného kapitálu pre operačné riziko. Taktiež je potrebné spĺňať regulátorom definované požiadavky. Tento prístup môžu banky použiť iba po schválení národným regulátorom (NBS).

### **2.2.3 Trhové riziko**

Je to riziko, ktoré charakterizujú zmeny ponuky a dopytu na trhu a na to nadväzujúce zmeny cien.

## **2.3 Pilier II**

Nazývaný aj „use test“ alebo „supervisory review“.

Druhý pilier sa zameriava na proces hodnotenia dostatočného množstva kapitálu pre banku národným regulátorom. Banka by mala mať zavedené vnútorné procesy, ktoré jej umožnia vyhodnotiť adekvátnosť jej kapitálu s ohľadom na podstupované riziká. Národný

regulátor má právo stanoviť vyššiu kapitálovú požiadavku v prípade, že minimálna kapitálová požiadavka neodpovedá rizikovému profilu banky. Limit kapitálovej primeranosti 8% je považovaný za minimum, pod ktoré by sa banka nemala dostať. Kapitálová primeranosť banky by sa však mala pohybovať nad touto hranicou, v závislosti od jej rizikového profilu. Druhý pilier kladie v odhade kapitálovej požiadavky veľké nároky ako na banku, tak i na národného regulátora. Sú tu obsiahnuté riziká, ktoré nie sú obsiahnuté v Pilieri I, ako napr. úrokové riziko. Na jeho meranie sa stanovili tri systémy: GAP analýza, metóda Earnings-at-Risk a metóda VaR (Economic-Value-at-Risk).

### **2.4 Pilier III**

#### *Trhová disciplína/reporting*

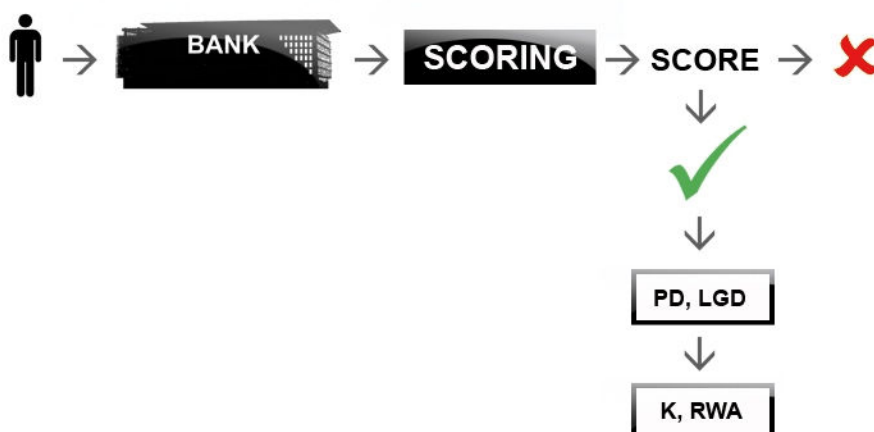
Tento pilier sa týka najmä problematiky transparentnosti a zverejňovania informácií bankami. Cieľom je prehĺbiť trhovú disciplínu tým, že banky budú o sebe zverejňovať viac informácií. Údaje by mali byť zverejňované polročne, pričom informácie, ktoré sa týkajú širších oblastí, ako napr. funkcia riadenia rizika banky, by mali byť zverejňované ročne. Informácie, ktoré sú predmetom náhlych zmien, by mali byť zverejňované štvrťročne. Je dôležité zverejniť množstvo, zložky a druh kapitálu, aby bola verejnosť informovaná o schopnosti banky absorbovať straty. Efektívne podávanie informácií je dôležité z dôvodu, aby všetci účastníci trhu získali lepší prehľad o rizikovom profile banky. Od bánk, ktoré budú používať pokročilé spôsoby merania kreditného rizika, techniky na zmiernenie kreditného rizika, sekuritizáciu aktív, sa požadujú podrobnejšie informácie ako od ostatných účastníkov finančného trhu.



### 3 Skóring

#### 3.1 Všeobecná definícia

Skóring je základný nástroj na stanovenie ratingu a jeho používanie je nevyhnutné k tomu, aby banka mohla prejsť na výpočet kapitálu podľa prístupu IRB (internal rating based). Na nasledujúcom obrázku je v skratke znázornený celý proces, ktorý predchádza výpočtu kapitálovej primeranosti. Klient v banke požiada o úver. Nasleduje proces skóringu, na základe ktorého dostane skóre. Podľa tohto skóre klientovi úver buď zamietnu alebo schvália. V prípade schválenia nasleduje výpočet parametrov (PD, LGD, ...), pomocou ktorých je potom možné vypočítať rizikové váhy a potrebný kapitál.



Diplomová práca sa bude zaoberať odhadom pravdepodobnosti zlyhania (defaultu) klienta v čase (t), kde pravdepodobnosť defaultu je založená na výstupoch skóringu. Skóring je nástroj používaný v interných procesoch na odhad pravdepodobnosti nastania udalosti v súvislosti so životom klienta (napr. splácanie úveru, odpoveď na marketingovú kampaň). Je definovaný ako štatistická metóda na predikovanie nastania budúcej udalosti alebo budúceho správania sa klienta. Toto predpovedanie je robené na základe znalostí správania sa klienta v minulosti alebo na základe správania sa klientov s podobnými charakteristikami. Odhad pravdepodobnosti je založený na dátach, ktoré má banka k dispozícii v čase tvorby modelu. Výsledkom skóringu je číslo – skóre, ktoré sa vypočíta na základe modelu.

Skóring možno definovať ako tabuľku, kde sú pre jednotlivé charakteristiky, ktoré sú prediktívne pre výstupnú závislú premennú, priradené hodnoty prediktorov (nezávislých

premenných) – výška skóre. Súčet všetkých hodnôt vyjadruje výsledné skóre, ktoré je transformované do pravdepodobnosti. [5]

### **3.2 Štatistický skóring**

Pre hodnotenie klientov sa používajú dva základné typy kredit skóringu:

- *aplikačný skóring* – je určený pre nových klientov a ohodnocuje úroveň rizika spojeného s danou žiadosťou pred jej odsúhlasením. Aplikačný skóring sa používa pre schválenie úveru na základe správania sa v minulosti prijatých / akceptovaných klientov. Taktiež sa používa na stanovenie úrokovej sadzby daného klienta. Vychádza z dát uvedených v žiadosti.
- *behaviorálny skóring* – odhaduje pravdepodobnosť zlyhania počas nejakého časového horizontu pre už existujúceho klienta na základe správania sa klienta v minulosti. Behaviorálny skóring je metóda používaná na odhad budúceho správania sa klienta založená na informáciach o správaní sa klientov v minulosti. Tento typ skóringu sa v bankách používa aj na stanovenie (zníženie/zvýšenie) limitov úverových produktov, pre účely vymáhania a pre marketing.

Hlavnou výhodou skóringu je konzistentnosť v porovnaní s manuálnym rozhodovaním, nakoľko sa v nich pre väčšinu rozhodnutí nevyskytuje žiaden subjektívny faktor. Je to automatizovaný spôsob rozhodovania sa a je nákladovo a časovo efektívnejší.

Medzi nevýhody patrí, že je založený iba na dátach a neumožňuje individuálny prístup. Je citlivý na zmeny – stav v čase vývoja skóringu nemusí byť totožný s aktuálnym stavom (stav ekonomiky, politického prostredia, zameranie marketingovej politiky banky,...) a malá zmena v charakteristike produktu môže spôsobiť, že sa stane skóring neprediktívny. Je citlivý na zmeny v správaní sa populácie a je závislý od kvality dát.

V prípade nedostupnosti historických dát alebo ich nekvalitnosti je možné použiť expertnú alebo generickú - všeobecnú skórkartu.

### **3.3 Expertný skóring**

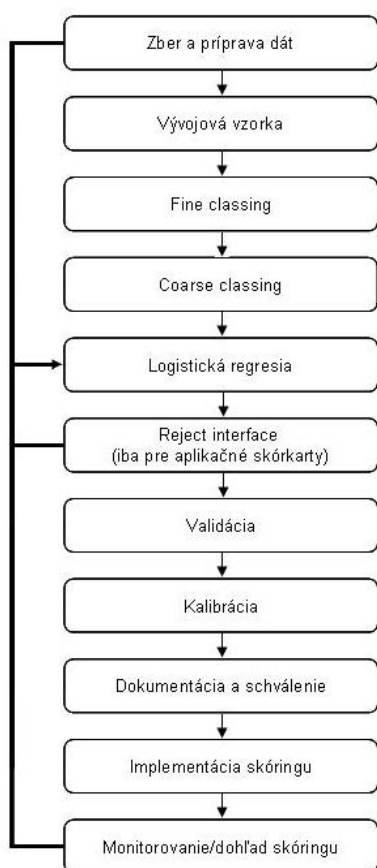
Expertný skóring je založený z väčšej časti na praxi a skúsenostiach ako dátach, a preto je subjektívny. Používa sa napríklad v prípade nového produktu. Je založený na subjektívnych skúsenostiach a znalostiach, a preto môže byť skreslený úsudkom vývojára modelu.

### **3.4 Generický skóring**

Generický skóring je založený na všeobecne dostupných dátach (napr. štatistický úrad). Tento druh skóringu sa používa iba na dočasné merania, pokiaľ nie sú k dispozícii dostatočné historické dáta.

## 4 Proces vývoja skóringu

Keďže vývoj skóringu je základným pilierom odhadu PD, pre úplnosť poznania procesu sa budeme venovať aj krátkemu popisu tvorby skóringu. Proces, ktorý zahŕňa vývoj skóringu je interaktívny proces pozostávajúci z viacerých na seba nadväzujúcich krokov.[5]



### 4.1 Zber a príprava dát

Súbor informácií pre skóring sa získava z rôznych interných (žiadost' o úver, zdrojový systém banky) ako aj externých zdrojov (Centrálna banka, credit bureau) – na požiadanie.

Základným kameňom tvorby skóringu sú dáta. Pre skóring sa používajú historické dáta, lebo je na nich možné späťne overiť vhodnosť a výpovednú hodnotu modelov. Dáta a obdobie, z ktorého berieme historické dáta by mali spĺňať nasledujúce body:

---

[5], str. 15-40

- dáta by mali byť dostatočne aktuálne, aby približne zodpovedali súčasnej aj budúcej situácií
- mali by byť reprezentatívne pre cieľovú skupinu klientov
- musia obsahovať dostatočne veľa hodnôt pre „target“ (cieľovú) premennú, aby sa dali štatisticky modelovať (t.j. hodnota, ktorá modeluje „target“ = default)

Minimálna veľkosť vzorky je rôzna v závislosti od dostupnosti dát. Vo všeobecnosti sa považuje za dostačujúcu vzorka s aspoň 2000 záznamami. Pre kvalitu štatistického modelovania by vzorka mala mať najmenej 400 (zlých) záznamov pre cieľovú premennú.

Dáta použité na vývoj skóringu možno rozdeliť do nasledujúcich štyroch kategórií. Každá kategória obsahuje špecifické dáta zvlášť pre fyzické osoby (FO) a zvlášť pre právnické osoby (PO).

### **1. Socio-demografické informácie**

Sem patria informácie týkajúce sa sociologických a demografických charakteristík. To znamená informácie o osobných a širších sociologických údajoch.

- FO: počet rokov na súčasnom mieste pobytu, lokalita bydliska, počet rokov v zamestnaní, druh práce, vek, manželský stav a pod.
- PO: právna forma (s.r.o., partnerstvo, a pod.), miesto pôsobenia, počet rokov v danej oblasti podnikania, sektor aktivity a pod.

### **2. Informácie o transakcií (existujúce / nové)**

Táto kategória obsahuje podrobné informácie o type bankového produktu resp. o konkrétnych dohodnutých podmienkach (záväzkoch) pre daného klienta a ich plnení.

- Táto kategória je rovnaká pre obe skupiny. trvanie (doba) úveru, celková financovaná suma, veľkosť splátok, technická forma, použitie financií a pod.

### **3. Informácie o kapacite splácať finančné výkazy**

V tejto kategórii sú obsiahnuté údaje, ktoré banku informujú o kapacite klientov splácať finančné záväzky voči banke.

- PO: likvidita, štruktúra kapitálu, fluktuácia aktív, výnosnosť, súvaha, výkaz ziskov a strát
- FO: príjem, výdavky, ....

#### 4. **Externé informácie**

Sem patria informácie, ktoré sú získané z iných ako interných zdrojov banky a sú relevantné v oblasti správaní sa klienta voči záväzkom k finančným inštitúciám.

- PO: Register centrálnej banky – pre PO, obsahuje údaje o správaní sa klienta v ostatných bankách na trhu
- FO: Credit bureau – obsahuje údaje pre FO, týkajúce sa plnenia záväzkov v minulosti

Najdôležitejším elementom pri vývoji efektívneho a kvalitného modelu je kvalita dostupných dát. Preto je potrebné robiť kvalitatívnu analýzu dát (exploratory data analysis)

Najčastejšie používané metódy sú:

- frekvenčné tabuľky pre kategorické premenné
- distribučná analýza
- súhrnné štatistiky (priemer, medián, minimum, maximum...) pre spojité veličiny
- analýza rozdelenia

Cieľom týchto analýz je odhaliť akúkoľvek rozporupnosť či nedôslednosť v dátach, ako napríklad:

- existenciu zdvojených záznamov (je dvakrát zadaný rôzny vek pre jednu osobu)
- hodnota prislúchajúca k danej premennej nie je konzistentná z danou premennou (napríklad vek klienta = 180)
- outlier hodnoty – to sú hodnoty, ktoré sú číselne vzdialené od zvyšku dát (extrémne hodnoty)
- ne-normálna distribúcia - je potrebné robiť transformáciu – vznik nových premenných

## 4.2 Definícia cieľovej premennej

Pre **PD** odhad je cieľová („target“) premenná pravdepodobnosť toho, že sa klient dostane do defaultu. Default sa klientom priraduje na základe **DPD** (days past due = počet dní v omeškaní). Klient je zaradený do niektorej z nasledujúcich skupín: Good, Bad, Indeterminate. Tieto skupiny hovoria o tom, ako dlho je klient v omeškaní. Status interdeterminate sa používa iba na zvýšenie rozlišujúcej schopnosti modelu. Nižšie je uvedený jeden z možných prístupov k týmto skupinám. Definícia „BAD“ je spravidla totožná z definíciou defaultu (v zmysle dní v omeškaní) aby bolo možné porovnávať skóring a PD.

Skupina	Definícia
Good	$0 \leq \text{DPD} \leq 30$
Bad	$\text{DPD} > 90$
Indeterminate	$31 \leq \text{DPD} \leq 90$

### Outcome period

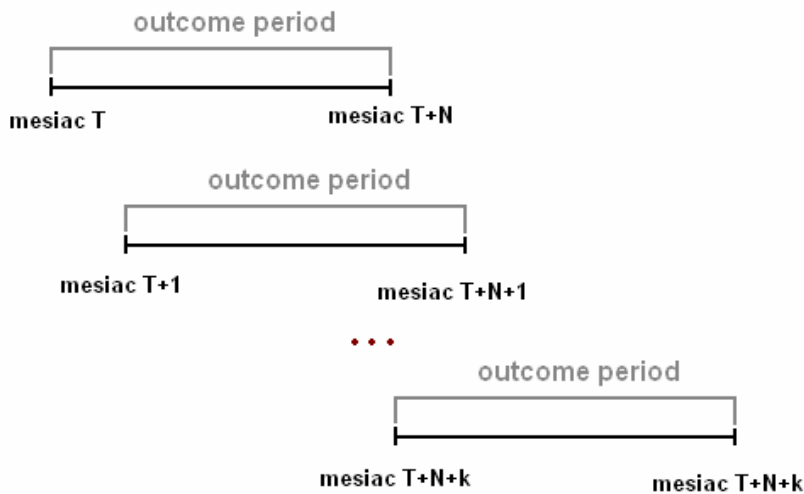
Je to časový úsek, počas ktorého sa na základe histórií platieb klienta skúma, či sa dostal do omeškania (default-u). V zmysle defaultu to znamená, či sa v uplynulom období dostal klient do situácie DPD.

Stanovenie tohto časového úseku pre aplikačný a behaviorálny skóring je rôzne.

### Aplikačný skóring

Správanie sa každého klienta je pozorované počas nasledujúcich **N** mesiacov. Obvykle je N pevne stanovené ako 12, čo sa však môže v závislosti od produktu, portfólia, resp. krajiny, meniť.

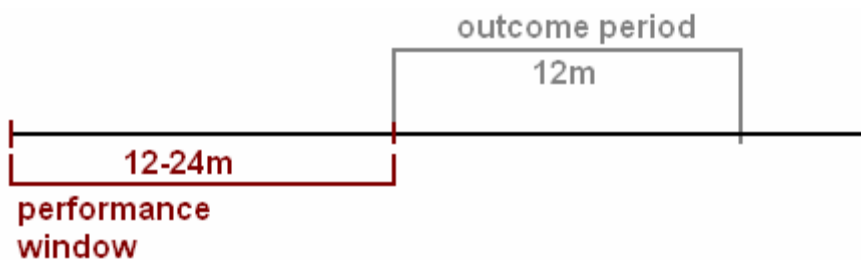
## Aplikačný skóring



## Behaviorálny skóring

V čase vývoja skóringu má banka k dispozícii históriu správania sa klienta. (od 6 mesiacov až po celú dobu) Dáta použité pri vývoji sú z tohto obdobia. Správanie sa klienta v zmysle default/non-default je pozorované počas nasledujúcich 12 mesiacov. (Pre behaviorálny skóring je outcome period spravidla 12 mesiacov.)

## Behaviorálny skóring



## 4.3 Fine classing and Univariate analysis

### Fine Classing

Fine classing je analýza dát, na základe štatistických metód, ktorá identifikuje skupiny klientov v danej charakteristike a ich vzťah k „target“ - cieľovej premennej.



- Pre nenumernické premenné je triedenie kategoriálne (napr. manželský stav – slobodný, ženatý, vdovec, rozvedený; typ bývania ... )
- Pri numerických premenných sa pozorovaný set dát delí na istý počet intervalov – obvykle po 5 alebo 10 percentných triedach. Delenie musí v každej triede obsahovať dostatočný počet pozorovaní, aby bola daná trieda relevantná pre ďalšie štatistické pozorovanie.

Metóda na výber premennej v rámci fine classingu je napríklad *univariate analýza*. Jej výsledkom je identifikácia všetkých premenných, ktoré majú schopnosť predikovať vzťah voči cieľovej premennej, t.j. sú schopné rozdeliť klientov na skupiny podľa toho, či sú v cieľovej premennej „positive“ alebo „negative“, t.j. či voči cieľovej premennej G/B sú dané skupiny klientov dobrý alebo zlý.

V nasledujúcej tabuľke je príkladne znázornené, ako vyzerá rozdelenie do tried a nasledné charakteristiky/premenné pre tieto triedy. Výpočet jednotlivých parametrov je uvedený nižšie.

Fine Interval	# Goods	% Goods	# Bads	% Bads	G/B odds	G/B Index	WoE	Bad rate	# Applicants	% Applicants
<=1PLND	1496	16,72	300	14,52	4,99	115G	0,14	17%	1796	16,31
Lo-1000	93	1,04	15	0,73	6,20	143G	0,36	14%	108	0,98
-.999-100	226	2,53	34	1,65	6,65	153G	0,43	13%	260	2,36
-.99-50	125	1,40	63	3,05	1,98	218B	-0,77	34%	188	1,71
-.49-30	155	1,73	118	5,71	1,31	330B	-1,18	43%	273	2,48
-.29-20	171	1,91	141	6,82	1,21	357B	-1,26	45%	312	2,83
-.19-10	413	4,62	299	14,47	1,38	314B	-1,13	42%	712	6,47
-.9-5	514	5,74	281	13,60	1,83	237B	-0,85	35%	795	7,22
-.4-3	568	6,35	171	8,28	3,32	130B	-0,26	23%	739	6,71
-.2	368	4,11	104	5,03	3,54	122B	-0,19	22%	472	4,29
-.1	514	5,74	110	5,32	4,67	108G	0,08	18%	624	5,67
0	717	8,01	1	0,05	717,00	16557G	5,11	0%	718	6,52
<=10%	411	4,59	3	0,15	137,00	3164G	3,45	1%	414	3,76
<=30%	349	3,90	6	0,29	58,17	1343G	2,60	2%	355	3,22
<=50%	361	4,03	7	0,34	51,57	1191G	2,40	2%	368	3,34
<=70%	447	5,00	19	0,92	23,53	543G	1,69	4%	466	4,23
<=80%	334	3,73	13	0,63	25,69	593G	1,78	4%	347	3,15
<=90%	524	5,86	35	1,69	14,97	346G	1,24	6%	559	5,08
<=95%	428	4,78	54	2,61	7,93	183G	0,80	11%	482	4,38
<=98%	368	4,11	54	2,61	6,81	157G	0,45	13%	422	3,83
<=100%	259	2,89	84	4,07	3,08	140B	-0,33	24%	343	3,11
<=102%	85	0,95	91	4,40	0,93	464B	-1,52	52%	176	1,60
<=105%	14	0,16	40	1,94	0,35	1237B	-2,51	74%	54	0,49
<=110%	3	0,03	17	0,82	0,18	2454B	-3,19	85%	20	0,18
<=120%	1	0,01	5	0,24	0,20	2165B	-3,07	63%	6	0,05
>120%	3	0,03	1	0,05	3,00	144B	-0,36	25%	4	0,04
TOTAL	8947		2066		4,33	100B		19%	11013	

### Good / Bad odds (GB odds)

Miera rizika. Vyjadruje pomer počtu dobrých („G“) voči zlým („B“). Prípad 10:1 oproti 150:1 sa prejaví vo vyššej rizikovej sadzbe, lebo 10 klientov musí „zaplatiť“ jedného zlého.

$$\text{Good / Bad odds} = \left( \frac{g_i}{b_i} \right)$$

### Good / Bad index (GB index)

Štatistika, ktorá porovnáva GB odds v danom intervale s priemerným GB odds. Je to alternatívny spôsob k WoE.

Good / Bad index =

[(GB odds intervalu / celkové GB odds)\*100 + 'G' ak odds v intervale > celkových odds]  
*alebo*

[(celkové GB odds / GB odds intervalu)\*100 + 'B' ak odds v intervale < celkových odds]

### Weight of Evidence

Je miera toho, akí dobrí alebo zlí sú klienti v rámci príslušného atribútu / príslušnej charakteristiky.

$$WoE = \ln \left( \frac{g_i \cdot B}{b_i \cdot G} \right)$$

### Information value

Je to miera, ktorá rozlišuje schopnosť danej charakteristiky rozlíšiť medzi dobrými a zlými. Information value je založená na súčte WoE:

$$I = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{g_i}{G} - \frac{b_i}{B} \right) \ln \left( \frac{g_i \cdot B}{b_i \cdot G} \right) \right]$$

kde  $g_i$  a  $b_i$  je počet dobrých a zlých pre daný znak charakteristiky.  $G$  a  $B$  je celkový počet dobrých resp. zlých.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený príklad akú vysvetľujúcu schopnosť majú hodnoty  $I$ .

Explanatory power	Informačná hodnota	Gini index
Low	< 0.02	< 10%
Average	0.02 to 0.1	10% to 20%
Good	0.1 to 0.5	20% to 30%
Very Good	> 0.5	> 30%

#### 4.4 Coarse classing

Je to zlučovanie intervalov do robustnejších na základe výsledkov fine classingu. Znova je potrebné vypočítať parametre G/B, WoE, IV pre nové / zlúčené skupiny. Musia zachovať identické trendy. V prípade nezachovania trendov je zrejme zlúčenie intervalov nevhodné. Je to iteratívny proces, to znamená, že niekedy je potrebné analýzu dať opakovať. Coarse classing rozhoduje o zaradení premennej do ďalšieho spracovania.

Zlúčenie niekoľkých jemných intervalov do hrubšieho sa uskutočňuje z niektorého z nasledujúcich dôvodov:

- GB odds, GB index alebo WoE sú pre niekoľko jemných intervalov rovnaké / veľmi podobné
- Ak interval pozostáva z menej ako minimálnych 3-5% populácie
- Daný interval nezachováva trend
- Zoskupenie je logické (zoskupuje podobné skupiny, ktorých spojenie dáva zmysel)

Výsledok coarse classingu:

- dostaneme finálny set dát, ktoré je vhodné použiť pre modelovanie
- údaje budú zoskupené do homogénnych skupín v rámci premennej na základe tohto členenia sa vytvoria binárne premenné (dummy variables)

*Dummy premenná* je taká premenná, ktorá nadobúda hodnoty 0 a 1 pre označenie absencie alebo prítomnosti kategorického výsledku.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený príklad coarse classingu s použitím dummy premennej pre vek klienta, ktorý má 24 rokov:

coarse class (vek)	vek klienta $i$
18 - 22	0
23 - 56	1
56 - 67	0
67 a viac	0

#### 4.5 Logistická regresia

Po výbere vysvetľujúcich (prediktívnych) premenných nasleduje matematické zhodnotenie týchto parametrov.

Jednou zo štatistických techník, ktoré umožňujú modelovať dáta je regresná analýza. Regresná analýza je najprehľadnejšou, jednoducho interpretovateľnou a široko používanou metódou v bankovníctve. Pre vývoj skóringu sa používa logistická regresia. Logistická regresia predikuje cieľovú premennú a jej výstupom je binárny výsledok. (napr. good/bad, response/no response).

V logistickej regresii je modelovaná premenná  $Y$ , bernoulianska náhodná premenná, ktorej možné hodnoty sú 0 a 1. Pravdepodobnosť, že  $Y$  nadobúda hodnotu 1 závisí od modelujúcich závislých premenných (regresor)  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$

$$P(Y = 1 | X = x) = \pi(x)$$

Postup pre odhad takej pravdepodobnosti je založený na porovnaní pravdepodobnosti nastania a nenastania danej udalosti[6, 7]:

$$odds(x) = \frac{P(Y = 1 | X = x)}{P(Y = 0 | X = x)} = \frac{P(Y = 1 | X = x)}{1 - P(Y = 1 | X = x)} = \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)}$$

Prirodzený logaritmus odds je lineárna funkcia regressors  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$  :

$$\ln[\text{odds}(x)] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

Použitím rovníc 2 a 3 , logistická funkcia odhadu pravdepodobnosti nastania udalostí je:

$$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n}}$$

Logistická regresia využíva metódy odhadu maximálnej vierohodnosti.

### Spôsoby výberu premenných

Tieto metódy výberu skúmajú, či sa v modeli nachádza optimálny počet charakteristických premenných.

*Forward selection* - začína s prázdny modelom. V každom kroku pridáme premennú a maximalizujeme „fit“ (vhodnosť), až pokým nedosiahneme stav, v ktorom pridaním ďalších premenných nedosiahneme žiadne zlepšenie.

*Backward selection* - začína s modelom, ktorý obsahuje všetky možné premenné a v každom ďalšom kroku vyradí tie premenné, ktoré nie sú signifikantné.

*Stepwise method* - je kombináciou predošlých dvoch metód. Začína s prázdny modelom. V každom kroku pridá ďalšiu premennú a zároveň vyradí tú premennú ktorá už nie je signifikantná.

Vo vývoji skóringu sa používajú všetky vyššie uvedené metódy. Ako finálna metóda sa používa tá, ktorá ma najväčšiu prediktívnosť, silu skóringu (Gini) a interpretovateľnosť. Všeobecným pravidlom je, že sa používa 5% hladina významnosti.

### **Korelačná analýza**

Logistická regresia je senzitivna na príliš veľkú koreláciu predikčných premenných v modeli. Korelácia indikuje silnú lineárnu závislosť medzi dvoma premennými. Pre odhalenie korelácie sa vypočítajú korelačné koeficienty, na základe ktorých sa dajú nájsť relevantné korelácie. (v malom počte aj vizuálne, vo veľkom počte výpočtom) V prípade,

že sú dve premenné navzájom silne korelované jednu z premenných je potrebné vylúčiť. Vyberá sa logicky vhodnejšia premenná, čo v tomto prípade znamená tú premennú, ktorá má v závislosti na modeli vyššiu „business“ pridanú hodnotu. Za významnú koreláciu medzi dvoma premennými sa v bankovníctve považuje hodnota 0,6 – 0,7.

#### **4.6 Reject inference**

Zahrnutie zamietnutých klientov do modelovania skóringu sa využíva najmä pri aplikačnom skóringu, pretože je potrebné modelovať „celú“ populáciu. Reject inference je proces, ktorý určuje riziko pre žiadateľov, ktorí sú odmietnutí v pôvodnom procese rozhodovania. Tento krok v tvorbe skóringu sa z dôvodu štatistickej relevantnosti vynecháva v prípade, ak je počet odmietnutých menej ako 5%.

#### **4.7 Validácia**

Validácia hodnotí súhrn charakteristík modelovaného skóringu.

- **Kontrola stability** (recent sample) – kontroluje rozloženie populácie v čase, ktorá je skórovaná
- **Spätná kontrola** modelu (backtesting) – je založená na štatistickom porovnaní odhadnutých a realizovaných výsledkov
- **Validácia** (hold-out sample)  
Rozlišujúca schopnosť modelu sa testuje nie len na vývojovej vzorke, ale aj na validačnej vzorke – na dátach, ktoré neboli použité vo vývojovej vzorke. Táto vzorka predstavuje 30-50% zo všetkých dát k danému modelu. Účelom je vyhnúť sa akejkoľvek „naviazanosti“ modelu na danú vzorku vývojových dát. Pre porovnanie modelu s oboma vzorkami dát sa použijú K-S a Gini index štatistiky.
  1. Náhodným výberom rozdelíme dáta na dve vzorky –vývojovú (recent sample) a validačnú (validation sample). Obvykle v pomere 70/30, 60/40 alebo 50/50.
  2. Výpočet G/B

3. Porovnanie odhadnutých a reálnych G/B
4. Štatistické vyhodnotenie miery presnosti (Gini index, K-S test, Chi kvadrát –  $\chi^2$ ).

„Sila modelu“ je miera schopnosti oddeliť dobrých a zlých klientov. Táto miera sa odhaduje štatistickými testami, ako napríklad Kolmogorov-Smirnovova štatistika alebo Gini index.

- **Current sample validation**

Je to ďalší typ validácie. Používa sa na porovnanie so súčasnými dátami, nakoľko dáta použité pri vývoji skóringu nemusia zachytiť vplyv poslednej doby (posledné 3 mesiace). Porovnáva či majú dáta rovnaký typ rozdelenia.

#### 4.8 Kalibrácia skóringu

Kalibrácia je posledným krokom pri modelovaní skóringu. Štandardizuje vzťahy medzi výškou skóre a pomerom zlých klientov. Umožňuje priame porovnanie rôznych skóringov. Kalibrácia je proces, ktorý rovnakej výške skóre priradí rovnakú pravdepodobnosť (napr. defaultu). Jedným zo štandardom pre špecifikovanie vzťahu medzi skóre a G/B odds je FICO štandard. Kalibrácia sa vykonáva minimálne raz ročne, optimálne je raz kvartálne.

##### FICO štandard

Skóre	G/B Odds	ln(G/B Odds)	Probability of Default
180	0.02	-4.04	98.27%
220	0.04	-3.35	96.60%
260	0.07	-2.65	93.43%
300	0.14	-1.96	87.67%
340	0.28	-1.27	78.05%
380	0.56	-0.58	64.00%
420	1.13	0.12	47.06%
460	2.25	0.81	30.77%
500	4.5	1.5	18.18%
540	9	2.2	10.00%
580	18	2.89	5.26%
620	36	3.58	2.70%
<b>660</b>	<b>72</b>	<b>4.28</b>	<b>1.37%</b>
700	144	4.97	0.69%
740	288	5.66	0.35%
780	576	6.36	0.17%
820	1152	7.06	0.09%
860	2304	7.74	0.04%
900	4608	8.44	0.02%
940	9216	9.13	0.01%
980	18432	9.82	0.01%

neprémioví klienti

v prostredí tatrabanky pre FICO štandard platí:

výška skóre 660 = G/B odds 72

prémioví klienti

každých 40 bodov znamená zdvojnásobenie GB odds

## 5 Definícia defaultu

Definícia defaultu (zlyhania / omeškania) je v prostredí Tatrabanky pre PD model definovaná nasledovne[1]:

- klient je viac ako 90 dní v omeškaní (90 **DPD** (days past due)) – t.j. klient mešká so splatením svojho záväzku aspoň 90 dní a zároveň jeho výška prekročí hodnotu 10 Euro
- klient je „unlikely to pay“ – dostane do situácie, v ktorej hrozí banke potenciálna strata (bankrot, exekúcia a pod.), prípadne neschopnosť klienta splácať svoje záväzky

### 5.1 Definícia PD – pravdepodobnosti zlyhania

je definovaná ako pravdepodobnosť, že sa klient dostane do „statusu“ default aspoň jeden krát v nasledujúcich 12 mesiacoch.

#### **Všeobecné požiadavky pre odhad PD sú:**

- Minimála hodnota PD - smernica EU udáva ako najmenšiu relevantnú hodnotu PD = 0,03%.
- Banky by mali odhadovať PD na základe dlhodobých priemerov defaultov. Pre každú ratingovú kategóriu je tento odhad robený na historických dátach danej kategórie.
- Ako primárny zdroj dát pre odhad týchto premenných a ostatných loss charakteristík je potrebné použiť vlastné (interné) dáta banky.

V procesoch banky sa používajú dva typy / prístupy k odhadu PD:

#### **Odhad PD pre individuálne expozície**

Je to odhad kde sa pre každú individuálnu expozíciu počíta odhad PD, t.j. modeluje sa skóring pre spojitú premennú – v súčasnosti banka daný typ odhadu pre PD nevyužíva.

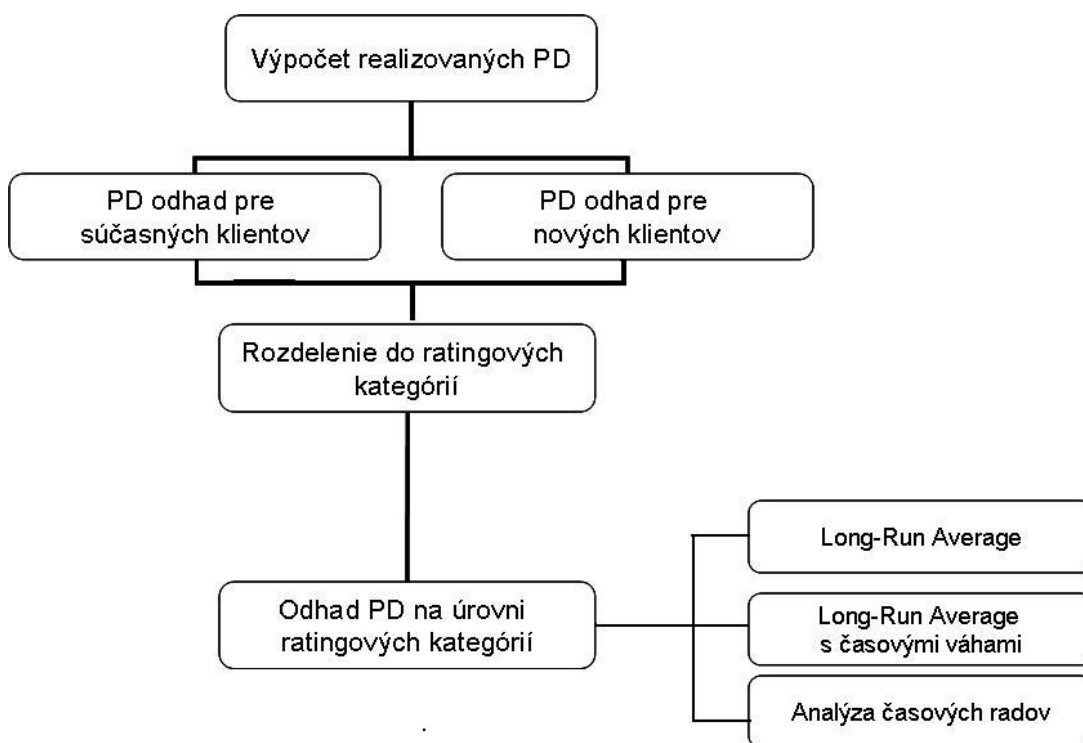


### Odhad PD založený na „poole“

**Pool** – je to skupina úverov / klientov s rovnakými resp. podobnými charakteristikami. V tomto prípade je to na základe ratingového stupňa.

Tento odhad je založený na realizovaných historických defaultoch celého ekonomického (hospodárskeho) cyklu, t.j. mal by obsahovať obdobie hospodárskeho rastu aj poklesu.

Prvou časťou procesu je výpočet historicky realizovaných PD pre dané triedy.



**Default frequency formula** použitá na výpočet realizovanej pravdepodobnosti defaultu je definovaná nasledovne[1]:

$$PD_{ik} = \frac{\sum^t D_{ikt}}{N_{ik}}$$

[1], str. 28

Kde:

- $PD_{ik}$  je pravdepodobnosť omeškania pre triedu  $i$  ( $k$  sa vzťahuje na začiatok periódy)
- $D_{ikt}$  je počet omeškaní v nasledujúcich mesiacoch ( $t=12$ ) v pomere k tým klientom z triedy  $i$ , ktorí existovali na začiatku periódy  $k$
- $N_{ik}$  je počet neomeškaných klientov v triede  $i$  na začiatku periódy

Pre výpočet default frekvencie obsahuje súbor dát minimálne nasledovné premenné pre všetky účty – kde účtom sa myslí jednoznačný úver klienta (resp. všetkých klientov), ktorý v čase začiatku daného časového obdobia nie je v omeškanií.

- mesačnú históriu omeškania pre nasledujúcich 12 mesiacov – týmto sa myslí, poznať počet klientov, ktorí sa dostanú v nasledujúcom mesiaci, dvoch, ... až dvanástich do defaultu.
- všetky potrebné premenné pre re-skóring účtov / klientov (premenné z aplikačného a behaviorálneho skóringu) – v prípade mojej diplomovej práce som mal k dispozícii výslednú ratingovú kategóriu
- doplnkové premenné (dátum vzniku, ... )

Na základe základných dát sa vypočítajú súhrnné štatistiky/premenné. Každého klienta/úver je potrebné označiť ako default resp. non-default v zmysle definície uvedenej vyššie (aspoň raz za 12 mesiacov). Každý klient/úver musí byť priradený do jednej z hodnotiacich tried na základe skóre z aplikačného resp. behaviorálneho skóringu, nazývanej ratingová kategória.

Aplikačný skóring sa používa pre všetkých klientov s kratšou históriou platieb ako šesť mesiacov. Behaviorálny skóring sa používa pre klientov, ktorých história platieb je rovná alebo väčšia ako šesť mesiacov.

## **5.2 Odhad PD na úrovni jednotlivých tried (pool level)**

Na základe získaných reálnych PD je potrebné odhadnúť PD pre nasledujúcich 12 mesiacov. Pre správny výber typu odhadu je potrebné vypočítať resp. rozšíriť časový rad o odhady pre jednotlivé mesiace a kohorty. Pre rozšírenie daného dátového súboru o najnovšie informácie sa používajú *mortality approach* alebo *vintage approach*. V diplomovej práci bol použitý prístup *vintage approach*.

## 6 Odhadu PD pre produkt spotrebný úver

V tejto časti sa budeme venovať samotnej príprave dát, výpočtu a odhadu PD. Pre odhad a výpočet PD je, kvôli štatistickej výpovednej hodnote potrebné použiť čo najkvalitnejšiu a možno najväčšiu vzorku dát. Pre účely mojej diplomovej práce mi boli poskytnuté k nahliadnutiu interné dáta Tatrabanky v plnom rozsahu. Dáta však boli zmenené, aby ich nebolo možné použiť tretími stranami.

### 6.1 Príprava dát

Dátový súbor obsahoval mesačné záznamy klientov v období od januára 2005 do decembra 2008. Bola vo forme textového dokumentu, ktorý obsahoval približne 5,000,000 záznamov. Každý záznam obsahoval nasledujúce údaje: identifikačné číslo klienta, dátum (posedný deň mesiaca ku ktorému sa záznam vzťahoval), typ produktu, ratingový stupeň klienta v danom mesiaci a default flag (či bol klient v defaulte).

identifikačné číslo klienta	dátum, ku ktorému sa záznam vzťahuje	typ produktu	ratingová kategória	default flag
11576464	31MAR2006	BSU	3	0
11576464	28FEB2006	BSU	3	0
11576464	31JAN2006	BSU	3	0
11576464	31DEC2005	BSU	3	0
11576465	28FEB2006	BSU	4	0
11576465	30SEP2008	BSU	Defaulte	1
11576465	31AUG2008	BSU	Defaulte	1
11576465	31JUL2008	BSU	Defaulte	1
11576465	30JUN2008	BSU	Defaulte	1
11576465	31MAY2008	BSU	Defaulte	1
11576465	30APR2008	BSU	Defaulte	1
11576465	31MAR2008	BSU	Defaulte	1
11576465	29FEB2008	BSU	Defaulte	1
11576465	31JAN2008	BSU	Defaulte	1
11576465	31DEC2007	BSU	Defaulte	1
11576465	30NOV2007	BSU	Defaulte	1
11576465	31OCT2007	BSU	Defaulte	1
11576465	30SEP2007	BSU	Defaulte	1
11576465	31AUG2007	BSU	Defaulte	1
11576465	31JUL2007	BSU	Defaulte	1
11576465	30JUN2007	BSU	Defaulte	1
11576465	31MAY2007	BSU	Defaulte	1
11576465	30APR2007	BSU	Defaulte	1
11576465	31MAR2007	BSU	Defaulte	1
11576465	28FEB2007	BSU	Defaulte	1
11576465	31JAN2006	BSU	4	0
11576465	31JAN2007	BSU	Defaulte	1
11576465	31DEC2005	BSU	4	0
11576465	31MAR2006	BSU	4	0
11576465	30APR2006	BSU	4	0
11576465	31DEC2006	BSU	Defaulte	1
11576465	31MAY2006	BSU	4	0
11576465	30JUN2006	BSU	Defaulte	1
11576465	30NOV2006	BSU	Defaulte	1
11576465	31AUG2006	BSU	Defaulte	1
11576465	31OCT2006	BSU	Defaulte	1
11576465	30SEP2006	BSU	Defaulte	1
11576465	31JUL2006	BSU	Defaulte	1
11576466	31JAN2008	BSU	2	0
11576466	31DEC2007	BSU	3	0

Vzhľadom na množstvo dát a pre ďalšiu prácu s nimi, bolo potrebné spracovať dáta v MS Access použitím databázových nástrojov. Pomocou príkazov v SQL skripte potom bolo možné s dátami pracovať. Z dátového súboru bolo potrebné vybrať záznamy len pre produkt *Spotrebné úvery*. Po vyňatí týchto dát ostali 3 milióny záznamov.

## 6.2 Realizované PD

Z dostupných historických dát bolo potrebné pre každý mesiac zistiť počet defaultov v jednotlivých mesiacoch. Z týchto dát som vypočítal hodnotu realizovanej pravdepodobnosti defaultu podľa nižšie uvedeného vzorca[1]:

$$PD_{ik} = \frac{\sum^i D_{ik}}{N_{ik}}$$

Kde:

- $PD_{ik}$  je pravdepodobnosť defaultu pre triedu (ratingový stupeň – v mojom prípade = produkt)  $i$  v perióde  $k$   
Vzhľadom na rozsah diplomovej práce som sa zaoberal iba odhadom na úrovni produktu, nie ratingových kategórií.
- $D_{ik}$  je počet defaultov v nasledujúcich mesiacoch
- $N_{ik}$  je počet neomeškaných klientov  $i$  na začiatku periódy

Výsledok výpočtu je zhrnutý v nasledovnej tabuľke (nazývanej default frequency), kde:

- **dátum** = dátum, ku ktorému sa dáta vzťahujú
- **mesiac** = mesiac (od začiatku histórie dát)
- **počet klientov** = počet klientov na začiatku daného mesiaca
- **non-def** = počet klientov, ktorý neboli na začiatku mesiaca v defaulte
- **def** = počet klientov, ktorý boli na začiatku mesiaca v defaulte
- **MPD<sub>1</sub>, ... MPD<sub>12</sub>** = (kumulovaný **mesačný počet defaultov**), t.j.  $MPD_i$  reprezentuje počet resp. percento klientov ktorí sa počas prvých  $i$  mesiacov dostali aspoň raz do defaultu (spomedzi tých klientov, ktorí sa na začiatku mesiaca v defaulte nenachádzali).

## Default frequency table

dátum	mesiac	# klientov	non-def	defaulted	MPD1	MPD2	MPD3	MPD4	MPD5	MPD6	MPD7	MPD8	MPD9	MPD10	MPD11	MPD12
JAN_2005	1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%
FEB_2005	2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,38%	11,82%	12,21%
MAR_2005	3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%
APR_2005	4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,38%	11,82%	12,30%	12,69%
MAJ_2005	5	34447	32351	2096	6,48%	7,29%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%
JUN_2005	6	35639	33304	2335	6,93%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%
JUL_2005	7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%
AUG_2005	8	37712	34896	2816	7,48%	8,29%	8,87%	9,38%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,48%
SEP_2005	9	38744	35833	2911	7,87%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,99%	12,52%	13,13%	13,75%
OKT_2005	10	39738	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,64%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%
NOV_2005	11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,79%	14,23%
DEC_2005	12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%
JAN_2006	13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,52%	13,88%	14,26%
FEB_2006	14	44370	40611	3759	8,66%	9,17%	9,78%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,95%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%
MAR_2006	15	45392	41474	3918	8,90%	9,42%	10,00%	10,60%	11,29%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%
APR_2006	16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,28%	10,97%	11,67%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%
MAJ_2006	17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,82%	12,31%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%
JUN_2006	18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%
JUL_2006	19	49259	44612	4647	9,88%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,99%	14,32%	14,60%
AUG_2006	20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%
SEP_2006	21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%
OKT_2006	22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%
NOV_2006	23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%
DEC_2006	24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%
JAN_2007	25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,09%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,33%
FEB_2007	26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,29%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,18%	10,55%
MAR_2007	27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	10,05%	10,44%	10,87%
APR_2007	28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,88%	10,30%	10,75%	11,07%
MAJ_2007	29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,65%	10,08%	10,55%	10,89%	11,15%
JUN_2007	30	56390	52537	3853	6,95%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,41%	9,86%	10,35%	10,71%	11,00%	11,28%
JUL_2007	31	57368	53357	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,18%	9,66%	10,17%	10,54%	10,84%	11,14%	11,49%
AUG_2007	32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,98%	9,48%	10,00%	10,39%	10,70%	11,01%	11,36%	11,70%
SEP_2007	33	58978	54657	4321	7,29%	7,72%	8,12%	8,65%	9,18%	9,71%	10,13%	10,45%	10,77%	11,14%	11,51%	11,88%
OKT_2007	34	59791	55351	4440	7,39%	7,81%	8,36%	8,91%	9,47%	9,91%	10,25%	10,58%	10,97%	11,36%	11,75%	12,11%
NOV_2007	35	60844	56282	4562	7,46%	8,02%	8,58%	9,18%	9,65%	10,02%	10,38%	10,80%	11,23%	11,65%	12,04%	12,34%
DEC_2007	36	61532	56854	4678	7,75%	8,33%	8,94%	9,46%	9,89%	10,27%	10,73%	11,19%	11,64%	12,05%	12,38%	12,69%
JAN_2008	37	62298	57390	4908	8,05%	8,68%	9,20%	9,68%	10,10%	10,59%	11,09%	11,58%	12,02%	12,36%	12,70%	
FEB_2008	38	63186	58036	5150	8,44%	8,97%	9,45%	9,89%	10,42%	10,94%	11,45%	11,92%	12,28%	12,65%		
MAR_2008	39	64184	58727	5457	8,60%	9,09%	9,54%	10,09%	10,66%	11,20%	11,70%	12,09%	12,48%			
APR_2008	40	65629	60003	5626	8,57%	9,03%	9,59%	10,23%	10,81%	11,35%	11,78%	12,20%				
MAJ_2008	41	66546	60817	5729	7,79%	8,37%	9,03%	9,66%	10,24%	10,70%	11,15%					
JUN_2008	42	66881	61599	5282	8,02%	8,69%	9,33%	9,96%	10,44%	10,93%						
JUL_2008	43	68146	62641	5505	8,33%	8,98%	9,62%	10,17%	10,68%							
AUG_2008	44	69508	63689	5818	8,63%	9,27%	9,83%	10,37%								
SEP_2008	45	70402	64275	6126	8,94%	9,52%	10,07%									
OKT_2008	46	71424	65018	6405	9,21%	9,76%										
NOV_2008	47	71180	64504	6676	9,42%											
DEC_2008	48	71358	64584	6773												

Bolo potrebné dostať tabuľku pre jednotlivé mesiace s počtami klientov a ich defaultov. Obsahuje len klientov, ktorí sa počas daného obdobia dostali aspoň raz do defaultu. Použil som nasledovný sql kód, ktorým priraďujem pre jednotlivé mesiace do tabuľky „výsledok“ počtu klientov, ktorí sa dostali aspoň raz za obdobie 1, 2, ... 12 mesiacov do defaultu a základné agregáčnej funkcie (Sum, Count):

```

sfq to table : Make Table Query
SELECT [vysledok].[month], (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 2 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 1, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 3 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 2, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 4 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 3, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 5 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 4, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 6 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 5, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 7 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 6, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 8 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 7, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 9 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 8, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 10 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 9, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 11 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 10, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 12 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 11, (SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In (SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 13 and Month > vysledok.Month And default=1; ))) AND
(((data.Month)=vysledok.month)); AS 12 INTO [table]
FROM vysledok;

```

Kde:

```
SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In
(SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 2 and
Month > vysledok.Month And default=1; )) AND
((data.Month)=vysledok.month));) AS 1,
```

Vypočíta a vytvorí súbor s počtom klientov, ktorí sa dostali do defaultu počas prvého mesiaca.

```
SELECT DISTINCT Count(id) AS N FROM data WHERE (((data.ID) In
(SELECT DISTINCT ID FROM data WHERE Month < vysledok.Month + 8 and
Month > vysledok.Month And default=1; )) AND
((data.Month)=vysledok.month));) AS 7,
```

Vypočíta a vytvorí súbor s počtom klientov, ktorí sa v období sedem mesiacov (od pozorovaného mesiaca) dostali do defaultu.

Po týchto krokoch som získal tzv. trojuholníkovú tabuľku, ktorá neobsahovala údaje pre „dolnú časť“. Pre posledných 12 mesiacov nebolo možné zistiť MPD pre všetkých 12 mesiacov dopredu, pretože neexistovala reálna história pre dané sub-portfólio. Bolo potrebné doplniť ju použitím extrapolačných metód a vybrať z nich najvhodnejšiu.

### **6.3 Použité extrapolačné metódy**

Extrapolácia je proces „rozšírenia“ existujúcej množiny bodov o nové body. Tento proces je založený na existujúcich dátach a konštruje „pokračovanie“ danej množiny. Správny výber extrapolačnej metódy sa spolieha na *prior knowledge* – reálne (existujúce) dáta resp. extrapolovanie existujúcich hodnôt a ich následné porovnanie s existujúcimi dátami. [8,9]

## Multiplikatívna metóda

Multiplikatívna metóda je charakterizovaná nasledujúcim vzorcom:

$${}_{\text{multip}}MPD_{i,k} = \min \left\{ \frac{\sum_{j=1}^t a_{i-j} \cdot MPD_{i-j,k}}{\sum_{j=1}^t a_{i-j} \cdot MPD_{i-j,k-1}} \cdot MPD_{i,k-1}; 1 \right\}$$

Funkcia v programe excel:

=MIN(SUMPRODUCT(P91:P96;\$B91:\$B96)/SUMPRODUCT(O91:O96;\$B91:\$B96)\*O97;

1)

	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX
85	<b>Multiplikatívna metóda</b>			10,81%	11,11%	11,51%							
86	9,85%	10,23%	10,61%	10,93%	11,34%	11,75%							
87	10,04%	10,43%	10,77%	11,20%	11,63%	12,11%							
88	10,20%	10,56%	11,01%	11,47%	11,97%	12,34%							
89	10,27%	10,75%	11,23%	11,75%	12,13%	12,43%							
90	10,49%	10,99%	11,54%	11,94%	12,25%	12,57%							
91	10,77%	11,33%	11,75%	12,06%	12,41%	12,80%							
92	11,14%	11,58%	11,92%	12,27%	12,66%	13,04%							
93	11,29%	11,65%	12,00%	12,42%	12,82%	13,24%							
94	11,42%	11,79%	12,22%	12,66%	13,10%	13,49%							
95	11,57%	12,03%	12,51%	12,98%	13,41%	13,75%							
96	11,95%	12,47%	12,97%	13,43%	13,79%	14,14%							
97	12,36%	12,90%	13,39%	13,77%	14,15%	14,55%							
98	12,76%	13,28%	13,69%	14,09%	14,53%	14,94%							
99	13,03%	13,47%	13,91%	=MIN(SUMPRODUCT(BO93:BO98;\$C93:\$C98)/SUMPRODUCT(BN93:BN98;\$C93:\$C98)*BN99;1)									
100	13,13%	13,60%	14,09%	14,56%	15,00%	15,42%							
101	12,42%	12,91%	13,37%	13,82%	14,23%	14,62%							
102	12,70%	13,20%	13,67%	14,11%	14,53%	14,93%							
103	13,02%	13,52%	13,99%	14,43%	14,86%	15,28%							
104	13,32%	13,83%	14,30%	14,76%	15,21%	15,63%							
105	13,73%	14,24%	14,74%	15,22%	15,68%	16,12%							
106	14,19%	14,73%	15,25%	15,75%	16,22%	16,67%							
107	14,68%	15,24%	15,78%	16,29%	16,78%	17,24%							

hodnoty MPDi,9 pre predošlých 6 mesiacov

hodnoty pre MPDi,10 pre predošlých 6 mesiacov (i-1,i-2,...i-6)

počet klientov na začiatku

mesačný počet defaultov pre mesiac k-1

t.j. koľko percent klientov sa dosatlo do defaultu počas k-1 mesiacov od začiatku periódy

## Aditívna metóda

Pre výpočet aditívnou metódou sme použili nasledujúci vzorec:

$${}_{\text{add}}MPD_{i,k} = \min \left\{ \frac{\sum_{j=1}^t a_{i-j} \cdot (MPD_{i-j,k} - MPD_{i-j,k-1})}{\sum_{j=1}^t a_{i-j}} + MPD_{i,k-1}; 1 \right\}$$

Funkcia v programe excel:

=MIN((SUMPRODUCT(((K156:K161)-  
(J156:J161));\$B156:\$B161)/SUM(\$B156:\$B161))+J162;1)

	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX
145	<b>Aditívna metóda</b>			10,81%	11,11%	11,51%							
146	9,85%	10,23%	10,61%	10,93%	11,34%	11,75%							
147	10,04%	10,43%	10,77%	11,20%	11,63%	12,11%							
148	10,20%	10,56%	11,01%	11,47%	11,97%	12,34%							
149	10,27%	10,75%	11,23%	11,75%	12,13%	12,43%							
150	10,49%	10,99%	11,54%	11,94%	12,25%	12,57%							
151	10,77%	11,33%	11,75%	12,08%	12,41%	12,80%							
152	11,14%	11,58%	11,92%	12,27%	12,66%	13,04%							
153	11,29%	11,65%	12,00%	12,42%	12,82%	13,24%							
154	11,42%	11,79%	12,22%	12,66%	13,10%	13,49%							
155	11,57%	12,03%	12,51%	12,98%	13,41%	13,75%							
156	11,95%	12,47%	12,97%	13,43%	13,79%	14,14%							
157	12,36%	12,90%	13,39%	13,77%	14,15%	14,52%							
158	12,76%	13,28%	13,69%	14,09%	14,49%	14,87%							
159	13,03%	13,47%	13,91%	=MIN((SUMPRODUCT((B0153:B0158)-(B0153:B0158))/\$C153:\$C158)/SUM(\$C153:\$C158))+BN159:1)	14,05%	14,48%	14,89%						
160	13,13%	13,60%	14,05%	14,48%	14,89%	15,25%							
161	12,42%	12,91%	13,37%	13,80%	14,20%	14,56%							
162	12,70%	13,20%	13,65%	14,08%	14,47%	14,83%							
163	12,99%	13,48%	13,94%	14,35%	14,75%	15,12%							
164	13,25%	13,74%	14,18%	14,61%	15,00%	15,37%							
165	13,57%	14,05%	14,50%	14,92%	15,32%	15,69%							
166	13,88%	14,37%	14,82%	15,25%	15,64%	16,01%							
167	14,17%	14,66%	15,12%	15,54%	15,94%	16,30%							
168	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%							

hodnoty MPDi,9 pre predošlých 6 mesiacov

hodnoty pre MPDi,10 pre predošlých 6 mesiacov (i-1,i-2,...i-6)

počet klientov na začiatku periódy

mesačný počet defaultov pre mesiac k-1

t.j. koľko percent klientov sa dosatlo do defaultu počas k-1 mesiacov od začiatku periódy

## Hazard rate

Je kombináciou predošlých dvoch metód

$${}_{\text{hazard}}MPD_{i,k} = \min \left\{ \frac{1}{t} \left( \sum_{j=1}^t \frac{(MPD_{i-j,k} - MPD_{i-j,k-1})}{1 - MPD_{i-j,k-1}} \right) \cdot (1 - MPD_{i,k-1}) + MPD_{i,k-1}; 1 \right\}$$

Funkcia v programe excel:

$$=MIN((1/6)*((SUMPRODUCT(((M216:M221)-(L216:L221)))/(1-(L216:L221))))*(1-L222)+L222;1$$

	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX
207	<b>Hazardný prístup</b>			10,81%	11,11%	11,51%							
208	9,85%	10,23%	10,61%	10,93%	11,34%	11,75%							
209	10,04%	10,43%	10,77%	11,20%	11,63%	12,11%							
210	10,20%	10,56%	11,01%	11,47%	11,97%	12,34%							
211	10,27%	10,75%	11,23%	11,75%	12,13%	12,43%							
212	10,49%	10,99%	11,54%	11,94%	12,25%	12,57%							
213	10,77%	11,33%	11,75%	12,08%	12,41%	12,80%							
214	11,14%	11,58%	11,92%	12,27%	12,66%	13,04%							
215	11,29%	11,65%	12,00%	12,42%	12,82%	13,24%							
216	11,42%	11,79%	12,22%	12,66%	13,10%	13,49%							
217	11,57%	12,03%	12,51%	12,98%	13,41%	13,75%							
218	11,95%	12,47%	12,97%	13,43%	13,79%	14,14%							
219	12,36%	12,90%	13,39%	13,77%	14,15%	14,52%							
220	12,76%	13,28%	13,69%	14,09%	14,49%	14,86%							
221	13,03%	13,47%	13,91%	=MIN((1/6)*((SUMPRODUCT(((B0215:B0220)-(B0215:B0220)))/(1-(B0215:B0220))))*(1-BN221)+BN221:1)	14,05%	14,47%	14,87%						
222	13,13%	13,60%	14,05%	14,47%	14,87%	15,23%							
223	12,42%	12,91%	13,37%	13,80%	14,20%	14,55%							
224	12,70%	13,20%	13,65%	14,07%	14,46%	14,82%							
225	12,99%	13,48%	13,93%	14,34%	14,73%	15,10%							
226	13,25%	13,73%	14,17%	14,59%	14,98%	15,34%							
227	13,55%	14,02%	14,47%	14,89%	15,28%	15,64%							
228	13,85%	14,33%	14,78%	15,19%	15,58%	15,94%							
229	14,12%	14,60%	15,05%	15,46%	15,85%	16,20%							
230	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%							

hodnoty MPDi,9 pre predošlých 6 mesiacov

hodnoty pre MPDi,10 pre predošlých 6 mesiacov (i-1,i-2,...i-6)

mesačný počet defaultov pre mesiac k-1

t.j. koľko percent klientov sa dostalo do defaultu počas k-1 mesiacov od začiatku periódy

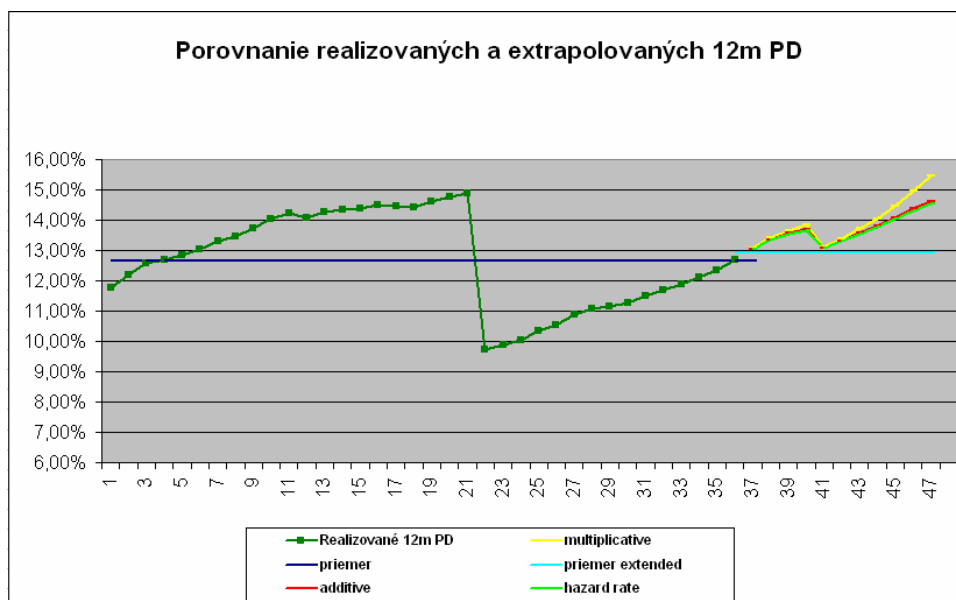


Kde:

- $MPD_{i,k}$  – kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy
- $a_i$  – počet klientov na začiatku periódy  $i$
- $t$  – je dĺžka časového úseku použitého pri rozšírení odhadu (napr. 6, 9 alebo 12 mesiacov)

V ďalšej fáze sa dostávam k výberu a použitiu najvhodnejšej metódy pre odhad. Dôležitým faktorom je výber dĺžky obdobia (6/9/12 mesiacov) na základe ktorého budem extrapolovať. Napríklad pri 6 mesiacoch je možné lepšie zachytiť najnovší trend avšak toto krátke obdobie môže skresliť dlhodobý trend. Pre stabilné ekonomické prostredie je preto vhodné použiť dlhodobejší časový úsek, naopak pre nestabilné resp. dynamicky sa vyvíjajúce prostredie je lepšie použiť extrapoláciu na základe kratšieho časového obdobia. Preto je dôležité posúdiť priebeh/vývoj dát (historických defaultov) počas celej doby dostupnosti dát.

Na nižšie uvedenom obrázku je porovnanie realizovaných PD (pre MPD12, mesiace 1-36) a extrapolovaných hodnôt PD rôznymi metódami (mesiace 37-48). Taktiež je uvedený dlhodobý priemer pre obe alternatívy. Dĺžka obdobia, na základe ktorého boli dáta extrapolované, bola 9 mesiacov.



„Skok“ v historicky realizovaných PD je spôsobený odpredajom pohľadávok banky.

## 6.4 Chyba odhadu

Veľmi dôležitým faktorom pri výbere správnej extrapoláčnej metódy je chyba odhadu. Všeobecne sa uprednostňuje konzervatívny prístup, t.j. výber metódy z najmenšou chybou odhadu/štandardnou odchýlkou. Pre zistenie tejto chyby bolo potrebné spraviť extrapoláciu dát v období, v ktorom je možné porovnať extrapolované dáta z reálnymi dátami. To znamená fiktívne sa presunúť o rok späť. [9]

Použijeme pôvodnú tabuľku frekvencie defaultov (default frequency table), pričom vynecháme 12 posledných hodnôt pre každé MPD. Vyššie uvedenými extrapoláčnymi metódami dopočítame všetky ostatné hodnoty pre mesiace 25 až 38. Takto získané dáta potom možno porovnať s reálnymi dátami.

month	accounts	non-def	defaulted	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12
1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%
2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,38%	11,82%	12,21%
3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%
4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,38%	11,82%	12,30%	12,69%
5	34447	32351	2096	6,48%	7,29%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%
6	35639	33304	2335	6,93%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%
7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%
8	37712	34896	2816	7,48%	8,29%	8,87%	9,38%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,48%
9	38744	35833	2911	7,87%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,99%	12,52%	13,13%	13,75%
10	39738	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,64%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%
11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,79%	14,23%
12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%
13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,52%	13,88%	14,26%
14	44370	40611	3759	8,66%	9,17%	9,78%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,85%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%
15	45392	41474	3918	8,80%	9,42%	10,00%	10,60%	11,29%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%
16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,26%	10,97%	11,67%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%
17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,82%	12,31%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%
18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%
19	49259	44612	4647	9,88%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,99%	14,32%	14,60%
20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%
21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%
22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%
23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%
24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%
25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,09%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,22%
26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,29%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,08%	10,35%
27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	9,98%	10,28%	10,55%
28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,83%	10,18%	10,50%	10,79%
29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,58%	9,94%	10,28%	10,60%	10,89%
30	56390	52537	3853	6,85%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,35%	9,72%	10,07%	10,41%	10,73%	11,01%
31	57368	53557	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,12%	9,51%	9,87%	10,23%	10,57%	10,89%	11,18%
32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,92%	9,33%	9,71%	10,09%	10,45%	10,80%	11,13%	11,42%
33	58978	54657	4321	7,29%	7,72%	8,12%	8,57%	9,00%	9,41%	9,79%	10,17%	10,54%	10,89%	11,22%	11,52%
34	59791	55351	4440	7,39%	7,81%	8,27%	8,73%	9,16%	9,57%	9,97%	10,35%	10,73%	11,09%	11,43%	11,73%
35	60844	56282	4562	7,46%	7,93%	8,39%	8,85%	9,28%	9,69%	10,09%	10,48%	10,86%	11,23%	11,57%	11,88%
36	61532	56854	4678	7,75%	8,23%	8,71%	9,18%	9,62%	10,05%	10,47%	10,87%	11,27%	11,65%	12,00%	12,32%
37	62298	57390	4908												
38	63186	58036	5150												
39	64184	58727	5457												
40	65629	60003	5626												
41	66546	60817	5729												
42	66881	61599	5282												
43	68146	62641	5505												
44	69508	63689	5818												
45	70402	64275	6126												
46	71424	65018	6405												
47	71180	64504	6676												
48	71358	64584	6773												

V nasledujúcej časti je uvedené porovnanie rôznych extrapoláčnych metód, ich priemerné i štandardné odchýlky pre rôznu dĺžku extrapolovaného obdobia, ako aj grafické porovnanie. Pre každú metódu sú znázornené percentuálne rozdiely medzi realizovanými a extrapolovanými hodnotami.





## Hazard rate metóda

Hazard rate metóda (6 mesiacov)												
												0,05%
											0,06%	0,12%
										0,08%	0,16%	0,26%
									0,08%	0,18%	0,31%	0,34%
							0,08%	0,19%	0,35%	0,39%	0,37%	0,37%
					0,09%	0,21%	0,37%	0,42%	0,40%	0,40%	0,39%	0,45%
			0,10%	0,23%	0,38%	0,45%	0,43%	0,43%	0,40%	0,40%	0,45%	0,49%
		0,11%	0,23%	0,40%	0,46%	0,44%	0,44%	0,50%	0,57%	0,66%	0,73%	0,73%
	0,12%	0,24%	0,42%	0,49%	0,49%	0,50%	0,58%	0,68%	0,79%	0,87%	0,89%	0,89%
0,00%	0,13%	0,32%	0,42%	0,46%	0,47%	0,57%	0,69%	0,81%	0,91%	0,94%	0,94%	0,96%
<b>Priemer odchylky:</b>												<b>0,00394</b>
<b>Štandardná odchýlka:</b>												<b>0,00230</b>
Hazard rate metóda (9 mesiacov)												
												0,13%
											0,13%	0,26%
										0,12%	0,24%	0,35%
									0,11%	0,22%	0,31%	0,55%
							0,11%	0,22%	0,30%	0,52%	0,85%	1,19%
					0,12%	0,21%	0,29%	0,51%	0,84%	1,19%	1,52%	1,97%
				0,11%	0,22%	0,31%	0,54%	0,88%	1,25%	1,60%	2,00%	2,44%
		0,11%	0,24%	0,33%	0,57%	0,92%	1,30%	1,65%	2,05%	2,48%	3,03%	3,66%
0,00%	0,13%	0,23%	0,47%	0,80%	1,19%	1,53%	1,90%	2,34%	2,87%	3,53%	4,24%	4,24%
<b>Priemer odchylky:</b>												<b>0,00985</b>
<b>Štandardná odchýlka:</b>												<b>0,00983</b>
Hazard rate metóda (12 mesiacov)												
												0,30%
											0,30%	0,63%
										0,30%	0,61%	0,96%
									0,29%	0,61%	0,94%	1,44%
							0,30%	0,62%	0,94%	1,45%	2,08%	2,77%
					0,31%	0,63%	0,97%	1,49%	2,15%	2,86%	3,61%	4,46%
				0,32%	0,65%	1,00%	1,53%	2,19%	2,92%	3,68%	4,54%	5,48%
		0,33%	0,69%	1,05%	1,59%	2,26%	3,01%	3,77%	4,63%	5,59%	6,69%	7,93%
0,00%	0,38%	0,78%	1,34%	2,02%	2,79%	3,58%	4,43%	5,40%	6,53%	7,88%	9,39%	9,39%
<b>Priemer odchylky:</b>												<b>0,02344</b>
<b>Štandardná odchýlka:</b>												<b>0,02155</b>
Hazard rate metóda (celé dáta)												
												1,28%
											1,38%	2,89%
										1,49%	3,11%	4,81%
									1,62%	3,35%	5,19%	7,29%
								1,73%	3,61%	5,58%	7,83%	10,30%
						1,88%	3,89%	6,02%	8,42%	11,05%	13,82%	17,87%
					2,05%	4,21%	6,49%	9,08%	11,87%	14,82%	17,87%	22,73%
				2,51%	4,86%	7,31%	10,04%	13,03%	16,14%	19,36%	22,73%	27,80%
			2,56%	5,11%	7,79%	10,72%	13,88%	17,22%	20,61%	24,16%	27,80%	33,55%
		2,68%	5,62%	8,51%	11,66%	15,03%	18,53%	22,15%	25,84%	29,64%	33,55%	39,69%
0,00%	3,39%	6,98%	10,94%	14,91%	18,99%	23,09%	27,25%	31,54%	35,84%	40,26%	44,63%	44,63%
<b>Priemer odchylky:</b>												<b>0,13519</b>
<b>Štandardná odchýlka:</b>												<b>0,11024</b>

Rozdiel hodnôt realizovných a extrapolovaných dát je daný ako:

$$\text{rozdiel} = |PD\_real - PD\_extr|$$

Priemer odchýlky je priemerná hodnota rozdielu medzi reálnymi a extrapolovanými dátami (PD).

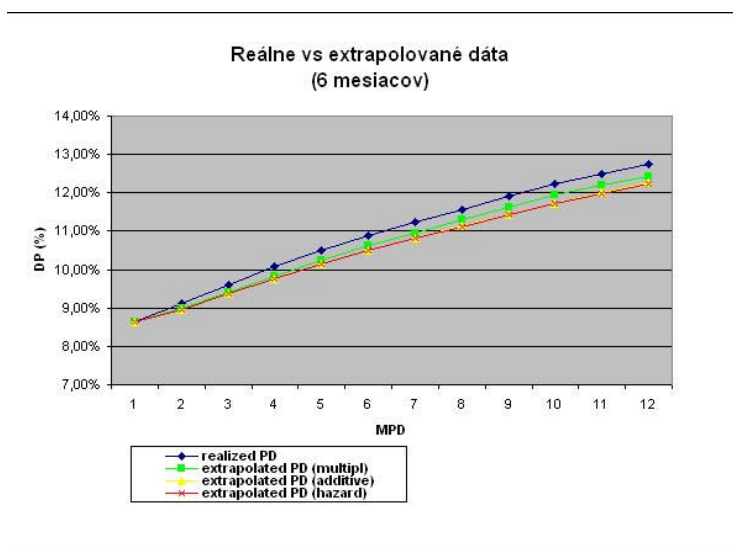
Štandardná odchýlka je počítaná pomocou nasledujúceho vzorca:

$$STDEV = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Kde  $x$  je stredná hodnota vzorky a  $n$  je veľkosť vzorky.

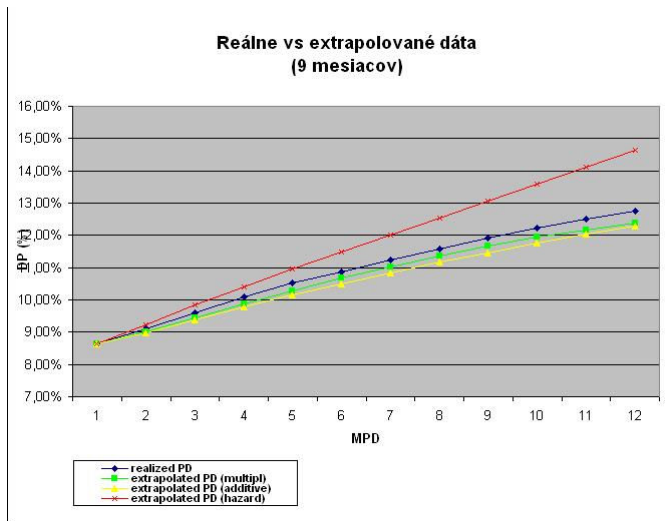
V nasledujúcich grafoch je graficky uvedené porovnanie extrapolovaných PD s realizovanými PD. Toto porovnanie je urobené pre dáta extrapolované na základe rôznych časových období, a to: 6, 9 a 12mesiacov.

Pre 6 mesačné obdobie:

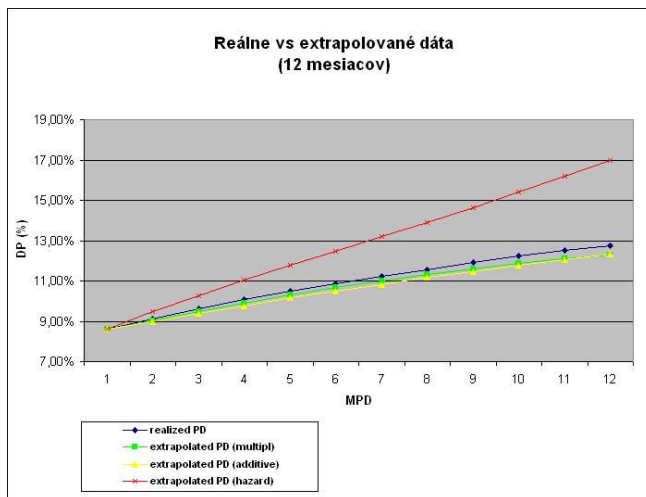


Pri použití 6 mesačnej histórie sú realizované a extrapolované hodnoty veľmi podobné. Žiadna s extrapoláčnych metód nevykazuje prílišné odchýlenie.

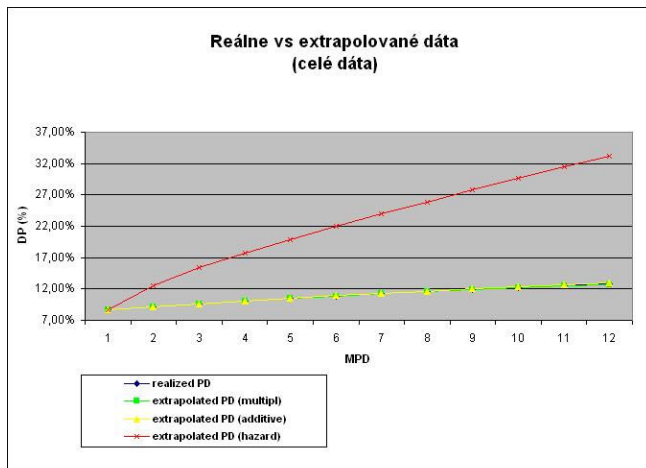
Pre 9 mesačné obdobie:



Pre 12 mesačné obdobie:



Extrapolácia na základe celej histórie dát:



Pri použití 9 a 12 mesačnej histórie resp. všetkých realizovaných dát vidno, že hazardná extrapoláčna metóda výrazne prevyšuje realizované hodnoty PD. Ostatné dve metódy zhruba zodpovedajú realizovaným PD.

Nasleduje porovnanie jednotlivých odchýlok pre všetky použité metódy:

Porovnanie odchýlok pre rôzne extrapoláčne metódy									
Porovnanie reálnych a extrapolovaných dát									
	pre mesiace 25-36				pre mesiace 13-24				
Dĺžka obdobia	6m	9m	12m	celé obdobie	6m	9m	12m	celé obdobie	
<b>Multiplikatívna metóda</b>									
priemerná odchýlka	0.00247	<b>0.00231</b>	0.00275	0.00117	0.00591	0.01874	0.00598	0.00673	
stdev	0.00104	<b>0.00105</b>	0.00139	0.00084	0.00442	0.02894	0.00582	0.00710	
<b>Aditívna metóda</b>									
priemerná odchýlka	0.00384	0.00362	0.00357	0.00099	0.00693	0.02027	0.00712	0.00804	
stdev	0.00220	0.00210	0.00206	0.00097	0.00424	0.02809	0.00481	0.00582	
<b>Hazard rate metóda</b>									
priemerná odchýlka	0.00394	0.00985	0.02344	0.13519	0.00739	0.04050	0.04628	0.09284	
stdev	0.00230	0.00983	0.02155	0.11024	0.00474	0.02829	0.03970	0.08113	

Pre výber správnej metódy a správneho obdobia, na základe ktorého dáta extrapolujeme, treba zvážiť viacero aspektov. Vstáva otázka, či je rozumné pozrieť sa na výber metódy iba cez chybu odhadu. V prvom rade treba poznať dáta, vývoj portfólia a taktiež ekonomický vývoj v krajine. Jedným z najdôležitejších je výpovedná hodnota dát z minulosti. Výber metódy však nie je založený na dokonalých poznatkoch. Preto sa pokúsime vybrať tú metódu, ktorá sa javí z nášho pohľadu a našich poznatkov ako najvhodnejšia. Vo vyššie uvedenej tabuľke vidno aj porovnanie reálnych a extrapolovaných dát pre mesiace 13-24. Nakoľko sa však jedná o „staré“ dáta rozhodli sme sa ich výsledky pre jednotlivé metódy z tohto obdobia vylúčiť – tieto dáta by nemuseli zohľadňovať súčasný trend. Taktiež v 22. mesiaci nastal odpredaj pohľadávok, ktorý značne skresľuje výsledky extrapolovaných dát. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli i napriek malým hodnotám odchýlok vylúčiť aj extrapoláciu pre predikovanie mesiacov 24-36 na základe celej histórie dát i na základe histórie predošlých 12 mesiacov. Z ostatných možností sme si vybrali na základe priemernej a štandardnej odchýlky. Tieto ukazovatele jasne hovorili v prospech multiplikatívnej metódy. Nakoľko však odchýlky pre obe obdobia (6 aj 9 mesiacov) boli takmer totožné, rozhodli sme sa vybrať metódu na základe odhadu zo širšieho obdobia. Použitá extrapoláčna metóda pre ďalší odhad je *multiplikatívna metóda s extrapolovanými hodnotami na základe 9 mesačnej histórie*.



## 6.5 PD estimation

Pre samotný odhad PD je potrebné použiť reálne (default frequency table) i extrapolované pravdepodobnosti defaultov. Z týchto hodnôt vytvoríme časový rad, ktorý použijeme pri samotnom odhade. PD odhad použitý pre výpočet regulátorného kapitálu (regulatory capital calculations) by mal byť dostatočne konzervatívny a preto treba vziať do úvahy dlhodobý priemer jednoročných mier defaultu. V nasledujúcej časti uvedieme výpočet a porovnanie rôznych prístupov k výpočtu PD.[1]

### 6.5.1 Default-Weighted PD

Výpočet Default-Weighted PD je základnou metódou pre účely výpočtu PD pre RWA. Tento prístup je založený striktne na použití iba reálnych dát (nie je povolené použiť extrapolované dáta):

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^N MPD_{i,12} * N_i}{\sum_{i=1}^N N_i}$$

Kde:

- $\overline{PD}_j$  je odhad PD pre časový úsek  $j$ , v našom prípade  $j = M + 1$
- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )
- $N_i$  je počet klientov, ktorí na začiatku periódy neboli v defaulte.

---

[1], str. 40-43

V nižšie uvedenom obrázku sú znázornené dáta, ktoré sú použité pri výpočte.

Multiplikatívna metóda																# defaulted accounts		
dátum	mesiac	# klientov	non-def	defaulted	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	Y	TW(j)
JAN_2005	1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%	3206	0,07411
FEB_2005	2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,36%	11,82%	12,21%	3440	0,07842
MAR_2005	3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%	3680	0,08298
APR_2005	4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,36%	11,82%	12,30%	12,69%	3932	0,08781
MAY_2005	5	34447	32351	2096	6,48%	7,23%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%	4152	0,09293
JUN_2005	6	35639	33304	2335	6,53%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%	4340	0,09633
JUL_2005	7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%	4523	0,10406
AUG_2005	8	37712	34698	2816	7,48%	8,23%	8,87%	9,36%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,46%	4704	0,11011
SEP_2005	9	38744	35933	2911	7,87%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,96%	12,52%	13,13%	13,75%	4926	0,11652
OKT_2005	10	39758	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,64%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%	5138	0,1233
NOV_2005	11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,79%	14,23%	5316	0,13046
DEC_2005	12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%	5545	0,13807
JAN_2006	13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,52%	13,88%	14,26%	5701	0,14611
FEB_2006	14	44370	40611	3759	8,66%	9,17%	9,70%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,85%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%	5824	0,15461
MAR_2006	15	45392	41474	3918	8,80%	9,42%	10,00%	10,60%	11,23%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%	5960	0,16361
APR_2006	16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,26%	10,87%	11,57%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%	6100	0,17314
MAY_2006	17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,82%	12,51%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%	6251	0,18321
JUN_2006	18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%	6394	0,19388
JUL_2006	19	49259	44612	4647	9,98%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,98%	14,32%	14,60%	6513	0,20516
AUG_2006	20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%	6672	0,2171
SEP_2006	21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%	6794	0,22973
OKT_2006	22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%	4493	0,24311
NOV_2006	23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%	4634	0,25725
DEC_2006	24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%	4749	0,27223
JAN_2007	25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,03%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,33%	4908	0,28807
FEB_2007	26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,23%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,18%	10,55%	5073	0,30484
MAR_2007	27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	10,05%	10,44%	10,77%	5328	0,32258
APR_2007	28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,88%	10,30%	10,75%	11,07%	5548	0,34135
MAY_2007	29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,65%	10,08%	10,55%	10,89%	11,15%	5708	0,36122
JUN_2007	30	56390	52537	3853	6,85%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,41%	9,86%	10,35%	10,71%	11,00%	11,28%	5929	0,38224
JUL_2007	31	57368	53357	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,18%	9,66%	10,17%	10,54%	10,84%	11,14%	11,49%	6130	0,40449
AUG_2007	32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,98%	9,48%	10,00%	10,33%	10,70%	11,01%	11,36%	11,70%	6295	0,42803
SEP_2007	33	58978	54657	4321	7,28%	7,72%	8,12%	8,65%	9,18%	9,71%	10,13%	10,45%	10,77%	11,14%	11,51%	11,88%	6492	0,45294
OKT_2007	34	59791	55351	4440	7,38%	7,81%	8,36%	8,91%	9,47%	9,91%	10,25%	10,58%	10,97%	11,36%	11,75%	12,11%	6701	0,47931
NOV_2007	35	60844	56282	4562	7,46%	8,02%	8,58%	9,18%	9,65%	10,02%	10,38%	10,80%	11,23%	11,65%	12,04%	12,34%	6947	0,5072
DEC_2007	36	61532	56854	4678	7,75%	8,33%	8,94%	9,46%	9,99%	10,27%	10,73%	11,19%	11,64%	12,05%	12,38%	12,69%	7215	0,53672
JAN_2008	37	62298	57390	4908	8,05%	8,68%	9,20%	9,68%	10,10%	10,59%	11,09%	11,58%	12,02%	12,36%	12,70%	13,05%	7492	0,56796
FEB_2008	38	63186	58036	5150	8,44%	8,97%	9,45%	9,89%	10,42%	10,94%	11,45%	11,92%	12,28%	12,65%	13,03%	13,40%	7774	0,60102
MAR_2008	39	64184	58727	5457	8,60%	9,09%	9,54%	10,09%	10,66%	11,20%	11,70%	12,09%	12,46%	12,89%	13,28%	13,65%	8017	0,636
APR_2008	40	65629	60003	5626	8,57%	9,03%	9,53%	10,23%	10,81%	11,35%	11,78%	12,20%	12,63%	13,04%	13,44%	13,82%	8293	0,67301
MAY_2008	41	66546	60817	5729	7,79%	8,37%	9,03%	9,66%	10,24%	10,70%	11,15%	11,57%	11,97%	12,36%	12,75%	13,11%	7971	0,71218
JUN_2008	42	66881	61599	5282	8,02%	8,69%	9,33%	9,96%	10,44%	10,93%	11,38%	11,81%	12,23%	12,63%	13,02%	13,39%	8248	0,75363
JUL_2008	43	68146	62641	5505	8,33%	8,98%	9,62%	10,17%	10,68%	11,17%	11,64%	12,08%	12,52%	12,93%	13,32%	13,69%	8577	0,79749
AUG_2008	44	69580	63699	5818	8,63%	9,27%	9,83%	10,37%	10,91%	11,42%	11,90%	12,36%	12,80%	13,22%	13,62%	13,99%	8912	0,84391
SEP_2008	45	70492	64275	6126	8,94%	9,52%	10,07%	10,67%	11,22%	11,75%	12,25%	12,73%	13,17%	13,60%	14,00%	14,39%	9252	0,89303
OKT_2008	46	71424	65018	6405	9,21%	9,76%	10,30%	10,95%	11,57%	12,12%	12,64%	13,12%	13,58%	14,01%	14,44%	14,84%	9649	0,945
NOV_2008	47	71180	64504	6576	9,42%	10,06%	10,63%	11,33%	11,94%	12,51%	13,04%	13,53%	13,99%	14,45%	14,88%	15,30%	9870	1
DEC_2008	48	71358	64584	6773	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NA	

### 6.5.2 Dlhodobý priemer PD (Long-Run Average PD)

Prístup dlhodobého priemeru PD je založený na priemere minimálne 5 ročnej histórie default frekvencií, prípadne menšej, ak tento prístup umožní regulátor. V prostredí SR je toto obdobie skrátené na dáta od 1.1.2005.

Dlhodobý priemer PD s použitím iba reálnych dát:

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} MPD_{i,12}}{NP}$$

Kde:

- NP (number of periods) je počet periód reálnych dát, čiže  $NP = N$
- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )

Multiplikatívna metóda														# defaulted accounts				
dátum	mesiac	# klientov	non-def	defaulted	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	▼	TW(i)
JAN_2005	1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%	3206	0,07411
FEB_2005	2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,38%	11,82%	12,21%	3440	0,07842
MAR_2005	3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%	3680	0,08298
APR_2005	4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,38%	11,82%	12,30%	12,69%	3932	0,08781
MAY_2005	5	34447	32351	2096	6,48%	7,29%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%	4152	0,09293
JUN_2005	6	35639	33304	2335	6,93%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%	4340	0,09833
JUL_2005	7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%	4529	0,10406
AUG_2005	8	37712	34896	2816	7,48%	8,29%	8,87%	9,38%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,48%	4704	0,11011
SEP_2005	9	38744	35833	2911	7,87%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,99%	12,52%	13,13%	13,75%	4926	0,11652
OKT_2005	10	39738	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,64%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%	5138	0,12333
NOV_2005	11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,79%	14,23%	5316	0,13048
DEC_2005	12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%	5545	0,13807
JAN_2006	13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,52%	13,88%	14,26%	5701	0,14611
FEB_2006	14	44370	40611	3759	8,66%	9,17%	9,78%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,85%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%	5824	0,15461
MAR_2006	15	45392	41474	3918	8,80%	9,42%	10,00%	10,60%	11,29%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%	5960	0,16361
APR_2006	16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,28%	10,97%	11,67%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%	6100	0,17314
MAY_2006	17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,82%	12,31%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%	6251	0,18321
JUN_2006	18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%	6394	0,19388
JUL_2006	19	49259	44612	4647	9,88%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,99%	14,32%	14,60%	6513	0,20516
AUG_2006	20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%	6672	0,21711
SEP_2006	21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%	6794	0,22973
OKT_2006	22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%	4493	0,24311
NOV_2006	23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%	4634	0,25225
DEC_2006	24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%	4748	0,27223
JAN_2007	25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,05%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,33%	4908	0,28807
FEB_2007	26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,29%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,18%	10,55%	5073	0,30484
MAR_2007	27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	10,05%	10,44%	10,87%	5238	0,32258
APR_2007	28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,88%	10,30%	10,75%	11,07%	5548	0,34135
MAY_2007	29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,65%	10,08%	10,55%	10,89%	11,15%	5708	0,36122
JUN_2007	30	56390	52537	3853	6,85%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,41%	9,86%	10,35%	10,71%	11,00%	11,28%	5929	0,38224
JUL_2007	31	57368	53357	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,18%	9,66%	10,17%	10,54%	10,84%	11,14%	11,49%	6130	0,40449
AUG_2007	32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,98%	9,48%	10,00%	10,39%	10,70%	11,01%	11,36%	11,70%	6295	0,42803
SEP_2007	33	58978	54657	4321	7,29%	7,72%	8,12%	8,65%	9,18%	9,71%	10,13%	10,45%	10,77%	11,14%	11,51%	11,88%	6492	0,45294
OKT_2007	34	59791	55261	4440	7,39%	7,81%	8,36%	8,91%	9,47%	9,91%	10,25%	10,58%	10,97%	11,36%	11,75%	12,11%	6701	0,47931
NOV_2007	35	60844	56282	4562	7,46%	8,02%	8,58%	9,18%	9,65%	10,02%	10,38%	10,80%	11,23%	11,65%	12,04%	12,34%	6947	0,50722
DEC_2007	36	61532	56854	4678	7,75%	8,33%	8,94%	9,46%	9,89%	10,27%	10,73%	11,19%	11,64%	12,05%	12,38%	12,63%	7215	0,53672
JAN_2008	37	62298	57390	4908	8,05%	8,68%	9,20%	9,68%	10,10%	10,59%	11,09%	11,58%	12,02%	12,36%	12,70%	13,05%	7492	0,56796
FEB_2008	38	63186	58036	5150	8,44%	8,97%	9,45%	9,89%	10,42%	10,94%	11,45%	11,92%	12,28%	12,65%	13,03%	13,40%	7774	0,60102
MAR_2008	39	64184	58727	5457	8,60%	9,09%	9,54%	10,09%	10,66%	11,20%	11,70%	12,09%	12,48%	12,89%	13,28%	13,65%	8017	0,636
APR_2008	40	65629	60003	5626	8,57%	9,03%	9,59%	10,23%	10,81%	11,35%	11,78%	12,20%	12,63%	13,04%	13,44%	13,82%	8293	0,67301
MAY_2008	41	66546	60817	5729	7,79%	8,37%	9,03%	9,66%	10,24%	10,70%	11,15%	11,57%	11,97%	12,36%	12,75%	13,11%	7971	0,71218
JUN_2008	42	66881	61599	5282	8,02%	8,69%	9,33%	9,96%	10,44%	10,93%	11,38%	11,81%	12,23%	12,63%	13,02%	13,39%	8248	0,75363
JUL_2008	43	68146	62641	5505	8,33%	8,98%	9,62%	10,17%	10,68%	11,17%	11,64%	12,08%	12,52%	12,93%	13,32%	13,69%	8577	0,79749
AUG_2008	44	69508	63689	5818	8,63%	9,27%	9,83%	10,37%	10,91%	11,42%	11,90%	12,36%	12,80%	13,22%	13,62%	13,99%	8912	0,84391
SEP_2008	45	70402	64275	6126	8,94%	9,52%	10,07%	10,67%	11,22%	11,75%	12,25%	12,73%	13,17%	13,60%	14,00%	14,39%	9252	0,89303
OKT_2008	46	71424	65018	6405	9,21%	9,76%	10,38%	10,99%	11,57%	12,12%	12,64%	13,12%	13,58%	14,01%	14,44%	14,84%	9649	0,945
NOV_2008	47	71180	64504	6676	9,42%	10,06%	10,69%	11,33%	11,94%	12,51%	13,04%	13,53%	13,99%	14,45%	14,88%	15,30%	9870	1
DEC_2008	48	71358	64584	6773	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NA	1

Dlhodobý priemer PD s použitím celej histórie dát (vrátane extrapolovaných):

Pri použití celej histórie dát, vrátane extrapolovaných hodnôt, zavedieme parameter  $V$ . Je to parameter, o ktorý sa zníži počet extrpolovaných záznamov zahrnutých pri výpočte danou metódou (napr. pre  $V=2$  vynecháme posledné 2 extrapolované hodnoty). Služi na to, aby sme sa vyhli predpovedaniu budúcich hodnôt z už predtým odhadnutých (extrapolovaných) dát. V opačnom prípade by sa tento prístup opieral iba o veľmi málo reálnych dát. Nakoľko ideálna hodnota tohto parametra je otázná, rozhodli sme sa v záverečnom výpočte použiť niekoľko rôznych hodnôt pre  $V$ .

Výpočet týmto prístupom je pre banky taktiež povinný.

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=M-V} MPD_{i,12}}{NP - V}$$

Kde:

- $NP$  - v tomto prípade je počet periód  $NP = M - V$ , lebo berieme všetky periód

- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )
- $V$  je parameter redukcie počtu záznamov

### 6.5.3 Dlhodobý priemer PD s váženým priemerom defaultov

V tomto prístupe berieme do úvahy vážený priemer hodnôt MPD podľa počtu defaultov v perióde  $i$ .

#### Dlhodobý priemer PD s použitím reálnych dát a váženým priemerom defaultov

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} MPD_{i,12} * ND_i}{\sum_{i=1}^{i=N} ND_i}$$

Kde:

- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )
- $ND_i$  je počet defaultov z klientov v perióde  $i$

Multiplikatívna metóda														# defaulted accounts				
dátum	mesiac	# klientov	non-def	defaulted	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	↓	IW(i)
JAN_2005	1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%	3206	0,07411
FEB_2005	2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,38%	11,82%	12,21%	3440	0,07842
MAR_2005	3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%	3680	0,08298
APR_2005	4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,38%	11,82%	12,30%	12,83%	3932	0,08781
MAY_2005	5	34447	32351	2096	6,48%	7,29%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%	4152	0,09293
JUN_2005	6	35639	33304	2335	6,93%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%	4340	0,09833
JUL_2005	7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%	4529	0,10406
AUG_2005	8	37712	34896	2816	7,48%	8,29%	8,87%	9,38%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,48%	4704	0,11011
SEP_2005	9	38744	35833	2911	7,67%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,99%	12,52%	13,13%	13,75%	4926	0,11652
OKT_2005	10	39738	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,64%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%	5138	0,12333
NOV_2005	11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,93%	14,23%	5316	0,13048
DEC_2005	12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%	5545	0,13807
JAN_2006	13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,52%	13,88%	14,26%	5701	0,14611
FEB_2006	14	44370	40611	3759	8,66%	9,17%	9,78%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,85%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%	5824	0,15461
MAR_2006	15	45392	41474	3918	8,80%	9,42%	10,00%	10,60%	11,29%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%	5960	0,16361
APR_2006	16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,28%	10,97%	11,67%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%	6100	0,17314
MAY_2006	17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,82%	12,31%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%	6251	0,18321
JUN_2006	18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%	6394	0,19388
JUL_2006	19	49259	44612	4647	9,88%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,99%	14,32%	14,60%	6513	0,20516
AUG_2006	20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%	6672	0,21711
SEP_2006	21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%	6794	0,22973
OKT_2006	22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%	4493	0,23111
NOV_2006	23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%	4634	0,25725
DEC_2006	24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%	4748	0,27223
JAN_2007	25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,09%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,33%	4908	0,28007
FEB_2007	26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,29%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,18%	10,48%	5073	0,30484
MAR_2007	27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	10,05%	10,44%	10,87%	5328	0,32258
APR_2007	28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,88%	10,30%	10,75%	11,07%	5548	0,34135
MAY_2007	29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,65%	10,08%	10,55%	10,89%	11,15%	5708	0,36122
JUN_2007	30	56390	52537	3853	6,85%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,41%	9,86%	10,35%	10,71%	11,00%	11,28%	5929	0,38224
JUL_2007	31	57368	53357	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,18%	9,66%	10,17%	10,54%	10,84%	11,14%	11,43%	6130	0,40449
AUG_2007	32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,96%	9,48%	10,00%	10,39%	10,70%	11,01%	11,36%	11,70%	6295	0,42803
SEP_2007	33	58978	54657	4321	7,29%	7,72%	8,12%	8,65%	9,18%	9,71%	10,13%	10,45%	10,77%	11,14%	11,51%	11,89%	6492	0,45294
OKT_2007	34	59791	55351	4440	7,39%	7,81%	8,36%	8,91%	9,47%	9,91%	10,25%	10,58%	10,97%	11,36%	11,75%	12,11%	6701	0,47931
NOV_2007	35	60844	56282	4562	7,46%	8,02%	8,58%	9,18%	9,65%	10,02%	10,38%	10,80%	11,23%	11,65%	12,04%	12,34%	6947	0,5072
DEC_2007	36	61532	56854	4678	7,75%	8,33%	8,94%	9,46%	9,89%	10,27%	10,73%	11,19%	11,64%	12,05%	12,38%	12,63%	7215	0,53672
JAN_2008	37	62298	57390	4908	8,05%	8,68%	9,20%	9,68%	10,10%	10,59%	11,09%	11,58%	12,02%	12,36%	12,70%	13,05%	7492	0,56796
FEB_2008	38	63186	58036	5150	8,44%	8,97%	9,45%	9,89%	10,42%	10,94%	11,45%	11,92%	12,28%	12,65%	13,03%	13,40%	7774	0,60102
MAR_2008	39	64184	58727	5457	8,60%	9,09%	9,54%	10,09%	10,66%	11,20%	11,70%	12,09%	12,48%	12,89%	13,28%	13,65%	8017	0,636
APR_2008	40	65629	60003	5626	8,57%	9,03%	9,59%	10,23%	10,81%	11,35%	11,78%	12,20%	12,63%	13,04%	13,44%	13,82%	8293	0,67301
MAY_2008	41	66546	60817	5729	7,79%	8,37%	9,03%	9,66%	10,24%	10,70%	11,15%	11,57%	11,97%	12,36%	12,75%	13,11%	7971	0,71218
JUN_2008	42	66881	61599	5282	8,02%	8,69%	9,33%	9,96%	10,44%	10,93%	11,38%	11,81%	12,23%	12,63%	13,02%	13,39%	8248	0,75363
JUL_2008	43	68146	62641	5505	8,33%	8,96%	9,62%	10,17%	10,68%	11,17%	11,64%	12,08%	12,52%	12,93%	13,32%	13,69%	8577	0,79749
AUG_2008	44	69598	63669	5818	8,63%	9,27%	9,83%	10,37%	10,91%	11,42%	11,90%	12,36%	12,80%	13,22%	13,62%	13,99%	8912	0,84351
SEP_2008	45	70402	64275	6126	8,94%	9,52%	10,07%	10,67%	11,22%	11,75%	12,25%	12,73%	13,17%	13,60%	14,00%	14,39%	9252	0,89303
OKT_2008	46	71424	65018	6405	9,21%	9,76%	10,36%	10,99%	11,57%	12,12%	12,64%	13,12%	13,58%	14,01%	14,44%	14,84%	9649	0,945
NOV_2008	47	71180	64504	6676	9,42%	10,06%	10,69%	11,33%	11,94%	12,51%	13,04%	13,53%	13,99%	14,45%	14,88%	15,30%	9870	1
DEC_2008	48	71358	64584	6773	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NA	1

### Dlhodobý priemer PD s použitím celého časového radu a váženým priemerom defaultov

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=M-V} MPD_{i,12} * ND_i}{\sum_{i=1}^{i=M-V} ND_i}$$

Kde:

- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )
- $ND_i$  je počet defaultov z klientov v perióde  $i$
- $V$  je parameter redukcie počtu záznamov

#### **6.5.4 Dlhodobý priemer PD s časovými váhami (Long-Run Average PD s Latest Trend Overweight)**

Táto metóda sa zakladá na časovo vážených hodnotách MPD. Každéj perióde je pripísaná vlastná váha na základe zmysluplnej analýzy. Nakoľko je však správne určenie časových váh netriviálne a je potrebná dôkladná znalosť a analýza portfólia, uvedieme jeden z prístupov.

Je zrejmé, že staršie dáta majú menšiu výpovednú hodnotu ako novšie. Analýza historických PD vykazuje dlhodobu rastúcu tendenciu a preto budeme klásť dôraz na novšie dáta. Jedným z možných prístupov je použitie konvergentného geometrického radu:

$$(\forall i \in \{1, 2, \dots, M\}) \quad TW_i = 0,945^{(M-i)}$$

Kde  $i$  značí časovú periódu. Výber kvocienta 0,945 bol založený na rozhodnutí penalizovať jeden rok staré dáta oproti súčasným v pomere 0,5:1

$$\frac{0,945^{k+12}}{0,945^k} = 0,945^{12} = 0,5072\dots$$

Správny výber tohto parametra pre naše dáta je otáznny a bol by predmetom ďalšej podrobnej analýzy. Pri výpočte touto metódou použijeme vyššie uvedený výpočet  $TW_i$ .

### Dlhodobý priemer PD s použitím časových váh na reálnych dátach

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} MPD_{i,12} * TW_i}{\sum_{i=1}^{i=N} TW_i}$$

Kde:

- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )
- $TW_i$  je časová váha pre periódu  $i$

Multiplikatívna metóda														# defaulted accounts				
dátum	mesiac	# klientov	non-def	defaulted	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	▼	TW(i)
JAN_2005	1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%	3206	0,07411
FEB_2005	2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,38%	11,82%	12,21%	3440	0,07842
MAR_2005	3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%	3680	0,08298
APR_2005	4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,38%	11,82%	12,30%	12,69%	3932	0,08781
MAY_2005	5	34447	32351	2096	6,48%	7,29%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%	4152	0,09293
JUN_2005	6	35639	33304	2335	6,93%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%	4340	0,09833
JUL_2005	7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%	4529	0,10406
AUG_2005	8	37712	34896	2816	7,48%	8,29%	8,87%	9,38%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,48%	4704	0,11011
SEP_2005	9	38744	35833	2911	7,87%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,99%	12,52%	13,13%	13,75%	4926	0,11652
OKT_2005	10	39738	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,64%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%	5138	0,12333
NOV_2005	11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,79%	14,23%	5316	0,13048
DEC_2005	12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%	5545	0,13807
JAN_2006	13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,62%	13,98%	14,26%	5701	0,14611
FEB_2006	14	44370	40611	3759	8,66%	9,17%	9,78%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,85%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%	5824	0,15461
MAR_2006	15	45392	41474	3918	8,80%	9,42%	10,00%	10,60%	11,29%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%	5960	0,16361
APR_2006	16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,28%	10,97%	11,67%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%	6100	0,17314
MAY_2006	17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,92%	12,31%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%	6251	0,18321
JUN_2006	18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%	6394	0,19388
JUL_2006	19	49259	44612	4647	9,88%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,99%	14,32%	14,60%	6513	0,20516
AUG_2006	20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%	6672	0,2171
SEP_2006	21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%	6794	0,22973
OKT_2006	22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%	4493	0,24311
NOV_2006	23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%	4634	0,25725
DEC_2006	24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%	4748	0,27223
JAN_2007	25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,09%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,33%	4908	0,28807
FEB_2007	26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,29%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,18%	10,55%	5073	0,30484
MAR_2007	27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	10,05%	10,44%	10,87%	5328	0,32258
APR_2007	28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,88%	10,30%	10,75%	11,07%	5548	0,34135
MAY_2007	29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,65%	10,08%	10,55%	10,89%	11,15%	5708	0,36122
JUN_2007	30	56390	52537	3853	6,85%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,41%	9,86%	10,35%	10,71%	11,00%	11,28%	5929	0,38224
JUL_2007	31	57368	53357	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,18%	9,66%	10,17%	10,54%	10,84%	11,14%	11,49%	6130	0,40445
AUG_2007	32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,98%	9,48%	10,00%	10,39%	10,70%	11,01%	11,36%	11,70%	6295	0,42803
SEP_2007	33	58978	54657	4321	7,29%	7,72%	8,12%	8,65%	9,18%	9,71%	10,13%	10,45%	10,77%	11,14%	11,51%	11,88%	6492	0,45294
OKT_2007	34	59791	55351	4440	7,39%	7,81%	8,36%	8,91%	9,47%	9,91%	10,25%	10,58%	10,97%	11,36%	11,75%	12,11%	6701	0,47931
NOV_2007	35	60844	56282	4562	7,46%	8,02%	8,58%	9,18%	9,65%	10,02%	10,38%	10,80%	11,23%	11,65%	12,04%	12,34%	6947	0,5072
DEC_2007	36	61532	56854	4678	7,75%	8,33%	8,94%	9,46%	9,89%	10,27%	10,73%	11,19%	11,64%	12,05%	12,38%	12,69%	7215	0,53672
JAN_2008	37	62298	57390	4908	8,05%	8,68%	9,20%	9,68%	10,10%	10,59%	11,09%	11,58%	12,02%	12,36%	12,70%	13,05%	7492	0,56796
FEB_2008	38	63186	58036	5150	8,44%	8,97%	9,45%	9,89%	10,42%	10,94%	11,45%	11,92%	12,28%	12,65%	13,03%	13,40%	7774	0,60102
MAR_2008	39	64184	58727	5457	8,60%	9,09%	9,54%	10,09%	10,66%	11,20%	11,70%	12,09%	12,48%	12,89%	13,28%	13,65%	8017	0,636
APR_2008	40	65629	60003	5626	8,57%	9,03%	9,59%	10,23%	10,81%	11,35%	11,78%	12,20%	12,63%	13,04%	13,44%	13,82%	8293	0,67301
MAY_2008	41	66546	60817	5729	7,79%	8,37%	9,03%	9,66%	10,24%	10,70%	11,15%	11,57%	11,97%	12,36%	12,75%	13,11%	7971	0,71218
JUN_2008	42	66881	61599	5282	8,02%	8,69%	9,33%	9,96%	10,44%	10,93%	11,38%	11,81%	12,23%	12,63%	13,02%	13,39%	8248	0,75363
JUL_2008	43	68146	62641	5505	8,33%	8,98%	9,62%	10,17%	10,68%	11,17%	11,64%	12,08%	12,52%	12,93%	13,32%	13,69%	8577	0,79749
AUG_2008	44	69508	63689	5818	8,63%	9,27%	9,83%	10,37%	10,91%	11,42%	11,90%	12,36%	12,80%	13,22%	13,62%	13,99%	8912	0,84391
SEP_2008	45	70402	64275	6126	8,94%	9,52%	10,07%	10,67%	11,22%	11,75%	12,25%	12,73%	13,17%	13,60%	14,00%	14,39%	9252	0,89303
OKT_2008	46	71424	65018	6405	9,21%	9,76%	10,38%	10,99%	11,57%	12,12%	12,64%	13,12%	13,58%	14,01%	14,44%	14,84%	9649	0,945
NOV_2008	47	71180	64504	6676	9,42%	10,06%	10,69%	11,33%	11,94%	12,51%	13,04%	13,53%	13,99%	14,45%	14,88%	15,30%	9870	1
DEC_2008	48	71358	64584	6773	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NA	

### Dlhodobý priemer PD s použitím časových váh na celých dátach

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=M-V} CMR_{i,12} * TW_i}{\sum_{i=1}^{i=M-V} TW_i}$$

Kde:

- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )

- $TW_i$  je časová váha pre periódu  $i$
- $V$  je parameter redukcie počtu záznamov

### 6.5.5 Dlhodobý priemer PD s váženým priemerom defaultov i časovými váhami

V tomto prístupe zohľadníme obe vyššie uvedené prístupy váženia dát

Dlhodobý priemer PD s použitím časových váh i váženým priemerom defaultov na reálnych dátach

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} MPD_{i,12} * TW_i * ND_i}{\sum_{i=1}^{i=N} TW_i * ND_i}$$

Kde:

- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )
- $TW_i$  je časová váha pre periódu  $i$
- $ND_i$  je počet defaultov z klientov v perióde  $i$

Multiplikatívna metóda															# defaulted accounts			
dátum	mesiac	# klientov	non-def	defaulted	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	▼	TW(j)
JAN_2005	1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%	3206	0,07411
FEB_2005	2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,38%	11,82%	12,21%	3440	0,07842
MAR_2005	3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%	3680	0,08298
APR_2005	4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,38%	11,82%	12,30%	12,69%	3932	0,08781
MAY_2005	5	34447	32351	2096	6,48%	7,29%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%	4152	0,09293
JUN_2005	6	35639	33304	2335	6,93%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%	4340	0,09833
JUL_2005	7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%	4529	0,10406
AUG_2005	8	37712	34896	2816	7,48%	8,29%	8,87%	9,38%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,48%	4704	0,11011
SEP_2005	9	38744	35833	2911	7,87%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,99%	12,52%	13,13%	13,75%	4926	0,11652
OKT_2005	10	39738	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,64%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%	5138	0,12333
NOV_2005	11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,79%	14,23%	5316	0,13048
DEC_2005	12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%	5545	0,13807
JAN_2006	13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,52%	13,88%	14,26%	5701	0,14611
FEB_2006	14	44370	40611	3759	8,56%	9,17%	9,78%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,85%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%	5824	0,15461
MAR_2006	15	45392	41474	3918	8,80%	9,42%	10,00%	10,60%	11,29%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%	5960	0,16361
APR_2006	16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,28%	10,97%	11,67%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%	6100	0,17314
MAY_2006	17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,82%	12,31%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%	6251	0,18321
JUN_2006	18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%	6394	0,19388
JUL_2006	19	49259	44612	4647	9,88%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,99%	14,32%	14,60%	6513	0,20516
AUG_2006	20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%	6672	0,21711
SEP_2006	21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%	6794	0,22973
OKT_2006	22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%	4493	0,24311
NOV_2006	23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%	4634	0,25275
DEC_2006	24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%	4748	0,27223
JAN_2007	25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,09%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,33%	4908	0,28807
FEB_2007	26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,29%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,18%	10,55%	5073	0,30484
MAR_2007	27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	10,05%	10,44%	10,87%	5328	0,32258
APR_2007	28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,88%	10,30%	10,75%	11,07%	5548	0,34135
MAY_2007	29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,65%	10,08%	10,55%	10,89%	11,15%	5708	0,36122
JUN_2007	30	56390	52537	3853	6,85%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,41%	9,86%	10,35%	10,71%	11,00%	11,28%	5929	0,38224
JUL_2007	31	57368	53357	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,18%	9,66%	10,17%	10,54%	10,84%	11,14%	11,49%	6130	0,40449
AUG_2007	32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,98%	9,48%	10,00%	10,39%	10,70%	11,01%	11,36%	11,70%	6295	0,42803
SEP_2007	33	58978	54657	4321	7,29%	7,72%	8,12%	8,65%	9,18%	9,71%	10,13%	10,45%	10,77%	11,14%	11,51%	11,88%	6492	0,45294
OKT_2007	34	59791	55351	4440	7,39%	7,81%	8,36%	8,91%	9,47%	9,91%	10,25%	10,58%	10,97%	11,36%	11,75%	12,11%	6701	0,47931
NOV_2007	35	60844	56282	4562	7,46%	8,02%	8,58%	9,18%	9,65%	10,02%	10,38%	10,80%	11,23%	11,65%	12,04%	12,34%	6947	0,5072
DEC_2007	36	61532	56854	4678	7,75%	8,33%	8,94%	9,46%	9,89%	10,27%	10,73%	11,19%	11,64%	12,05%	12,38%	12,69%	7215	0,53672
JAN_2008	37	62298	57390	4908	8,05%	8,68%	9,20%	9,68%	10,10%	10,59%	11,09%	11,58%	12,02%	12,36%	12,70%	13,05%	7492	0,56798
FEB_2008	38	63186	58036	5150	8,44%	8,97%	9,45%	9,89%	10,42%	10,94%	11,45%	11,92%	12,28%	12,65%	13,03%	13,40%	7774	0,60102
MAR_2008	39	64184	58727	5457	8,80%	9,09%	9,54%	10,09%	10,66%	11,20%	11,70%	12,09%	12,48%	12,89%	13,28%	13,65%	8017	0,636
APR_2008	40	65629	60003	5626	8,57%	9,03%	9,59%	10,23%	10,81%	11,35%	11,78%	12,20%	12,63%	13,04%	13,44%	13,82%	8293	0,67301
MAY_2008	41	66546	60817	5729	7,79%	8,37%	9,03%	9,66%	10,24%	10,70%	11,15%	11,57%	11,97%	12,36%	12,75%	13,11%	7971	0,71218
JUN_2008	42	66881	61599	5282	8,02%	8,69%	9,33%	9,96%	10,44%	10,93%	11,38%	11,81%	12,23%	12,63%	13,02%	13,39%	8248	0,75363
JUL_2008	43	68146	62641	5505	8,33%	8,98%	9,62%	10,17%	10,68%	11,17%	11,64%	12,08%	12,52%	12,93%	13,32%	13,69%	8577	0,79749
AUG_2008	44	69508	63689	5818	8,63%	9,27%	9,83%	10,37%	10,91%	11,42%	11,90%	12,36%	12,80%	13,22%	13,62%	13,99%	8912	0,84391
SEP_2008	45	70402	64275	6126	8,94%	9,52%	10,07%	10,67%	11,22%	11,75%	12,25%	12,73%	13,17%	13,60%	14,00%	14,39%	9252	0,89303
OKT_2008	46	71424	65018	6405	9,21%	9,76%	10,38%	10,99%	11,57%	12,12%	12,64%	13,12%	13,58%	14,01%	14,44%	14,84%	9649	0,945
NOV_2008	47	71180	64504	6676	9,42%	10,06%	10,69%	11,33%	11,94%	12,51%	13,04%	13,53%	13,99%	14,45%	14,88%	15,30%	9870	1
DEC_2008	48	71358	64584	6773	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NA	1

Dlhodobý priemer PD s použitím časových váh i váženým priemerom defaultov na celých dátach

$$\overline{PD}_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=M-V} MPD_{i,12} * TW_i * ND_i}{\sum_{i=1}^{i=M-V} TW_i * ND_i}$$

Kde:

- $MPD_{i,k}$  je kumulatívna pravdepodobnosť defaultu pre periódu (mesiac)  $i$  a dobu  $k$  mesiacov po začatí periódy ( $k = 12$ )
- $TW_i$  je časová váha pre periódu  $i$
- $ND_i$  je počet defaultov z klientov v perióde  $i$
- $V$  je parameter redukcie počtu záznamov

### 6.6 Miera konzervativizmu

V prípadoch, v ktorých sa vyskytujú pre finálny odhad PD určité nejasnosti, je potrebné použiť mieru konzervativizmu. Tieto nejasnosti môžu vzniknúť z viacerých dôvodov ako napríklad štatistická chyba alebo nedokonalá znalosť portfólia.[1]

Pre prípad štatistickú chyby možno zaradiť nasledujúce dva prípady:

- počet defaultov v portfóliu počas 12 mesačnej histórie je menší ako 20
- celkový počet pozorovaní pre danú triedu (pool) je počas uplynulých 12 mesiacov menší ako 1000

Funkcia konzervativizmu je daná ako horná hranica konfidenčného intervalu odhadu PD na hladine významnosti  $\alpha$ . Stanovenie tejto hladiny závisí od požadovanej miery spresnenia, teda toho koľko konzervativizmu chceme zahrnúť. Obvykle sa táto hranica kladie na hladinu významnosti 90-95%. Všeobecný vzorec funkcie konzervativizmu možno vyjadriť ako[6]:

$$PD_{konz} = PD + \phi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{\frac{PD - (1 - PD)}{N}}$$

---

[1], str. 52



Kde:

- $\phi^{-1}$  je inverzná distribučná funkcia štandardizovaného normálneho rozdelenia
- PD je odhad pravdepodobnosti defaultu
- N je minimálny počet pozorovaní počas posledných 12 mesiacov/časových období

V prípade, že sa vo vzorke nenachádza ani jeden default, možno funkciu konzervativizmu vyjadriť ako:

$$PD_{konz} = \frac{2N \cdot PD + (\phi^{-1}(\alpha))^2 + 1 + \phi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{(\phi^{-1}(\alpha))^2 + 2 - \frac{1}{N} + 4PD(N(1 - PD) + 1)}}{2(N + (\phi^{-1}(\alpha))^2)}$$

## 6.7 Porovnanie a výber metódy

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené hodnoty realizovaných PD, extrapolovaných PD vyššie uvedenou vybranou metódou, počet klientov v defaulte (pre MPD<sub>12</sub>) a hodnota jednotlivých časových váh. Všetky tieto dáta sú vstupné premenné pre vyššie uvedené metódy výpočtu PD.

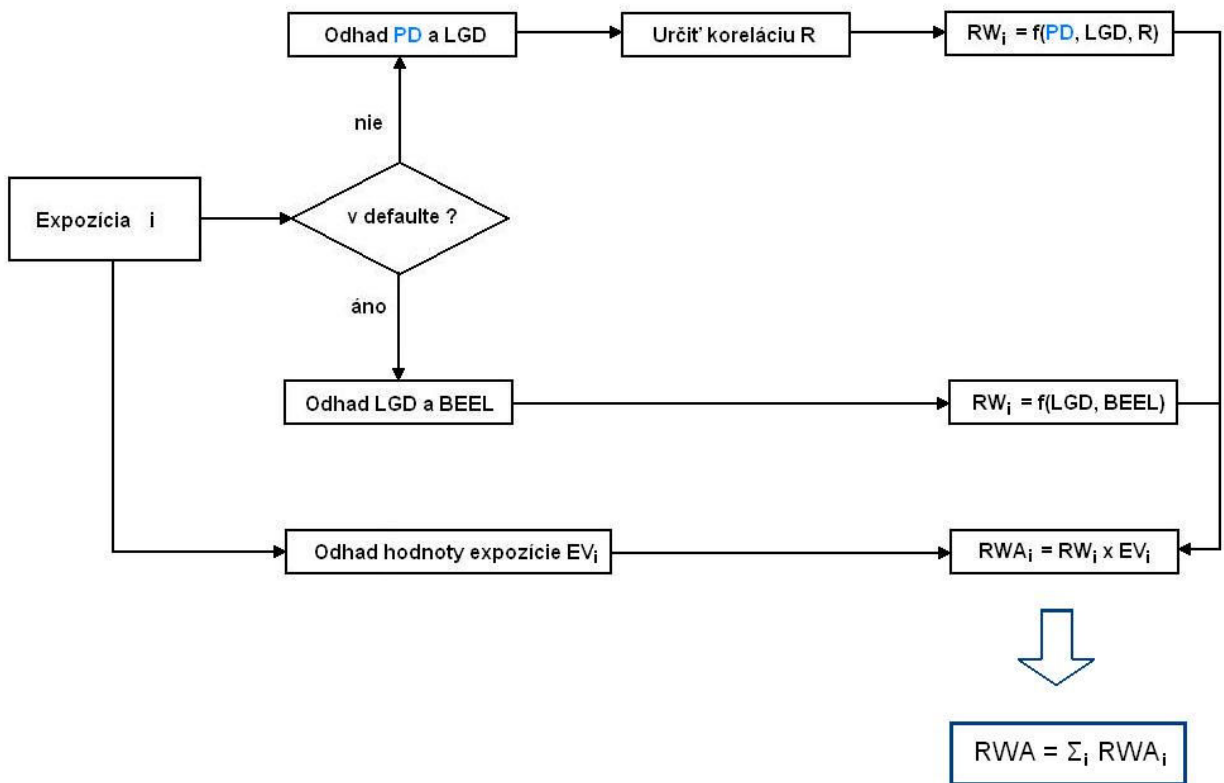
Multiplikatívna metóda																		
dátum	mesiac	# klientov	non-def	defaulted	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	# defaulted accounts	TW(j)
JAN_2005	1	28112	27202	910	3,77%	4,82%	5,77%	7,00%	7,82%	8,55%	9,23%	9,75%	10,43%	10,90%	11,37%	11,79%	3206	0,07411
FEB_2005	2	29315	28173	1142	4,61%	5,54%	6,78%	7,66%	8,45%	9,16%	9,71%	10,41%	10,90%	11,38%	11,82%	12,21%	3440	0,07842
MAR_2005	3	30717	29271	1446	5,22%	6,47%	7,35%	8,17%	8,93%	9,52%	10,24%	10,76%	11,24%	11,69%	12,12%	12,57%	3680	0,08298
APR_2005	4	32687	30983	1703	6,07%	6,91%	7,72%	8,50%	9,12%	9,88%	10,43%	10,91%	11,38%	11,83%	12,30%	12,69%	3932	0,08781
MAY_2005	5	34447	32351	2096	6,48%	7,29%	8,07%	8,69%	9,48%	10,04%	10,53%	11,00%	11,46%	11,93%	12,32%	12,83%	4152	0,09293
JUN_2005	6	35639	33304	2335	6,93%	7,70%	8,32%	9,13%	9,71%	10,19%	10,67%	11,12%	11,60%	12,01%	12,53%	13,03%	4340	0,09833
JUL_2005	7	36641	34068	2573	7,42%	8,03%	8,83%	9,41%	9,92%	10,40%	10,85%	11,32%	11,76%	12,28%	12,78%	13,29%	4529	0,10406
AUG_2005	8	37712	34896	2816	7,48%	8,29%	8,87%	9,38%	9,89%	10,37%	10,87%	11,31%	11,86%	12,37%	12,89%	13,48%	4704	0,11011
SEP_2005	9	38744	35833	2911	7,87%	8,44%	8,95%	9,47%	9,95%	10,44%	10,91%	11,47%	11,99%	12,52%	13,13%	13,75%	4926	0,11652
OCT_2005	10	39738	36596	3141	8,11%	8,63%	9,15%	9,66%	10,14%	10,62%	11,20%	11,72%	12,27%	12,89%	13,53%	14,04%	5138	0,12333
NOV_2005	11	40651	37342	3309	8,28%	8,81%	9,31%	9,82%	10,32%	10,90%	11,43%	11,98%	12,62%	13,27%	13,79%	14,23%	5316	0,13048
DEC_2005	12	42792	39344	3448	8,26%	8,75%	9,25%	9,75%	10,34%	10,88%	11,45%	12,10%	12,76%	13,29%	13,74%	14,09%	5545	0,13807
JAN_2006	13	43610	39988	3622	8,44%	8,95%	9,46%	10,07%	10,62%	11,20%	11,86%	12,52%	13,07%	13,52%	13,88%	14,26%	5701	0,14611
FEB_2006	14	44370	40611	3759	8,66%	9,17%	9,78%	10,36%	10,95%	11,63%	12,30%	12,85%	13,32%	13,67%	14,05%	14,34%	5824	0,15461
MAR_2006	15	45392	41474	3918	8,80%	9,42%	10,00%	10,60%	11,29%	11,97%	12,53%	13,00%	13,37%	13,77%	14,06%	14,37%	5960	0,16361
APR_2006	16	46148	42079	4068	9,07%	9,66%	10,28%	10,97%	11,67%	12,24%	12,73%	13,11%	13,51%	13,81%	14,13%	14,50%	6100	0,17314
MAY_2006	17	47516	43256	4260	9,21%	9,84%	10,53%	11,24%	11,82%	12,31%	12,70%	13,11%	13,42%	13,74%	14,11%	14,45%	6251	0,18321
JUN_2006	18	48759	44319	4440	9,41%	10,11%	10,81%	11,41%	11,92%	12,32%	12,74%	13,06%	13,37%	13,75%	14,10%	14,43%	6394	0,19388
JUL_2006	19	49259	44612	4647	9,88%	10,60%	11,22%	11,77%	12,17%	12,59%	12,91%	13,23%	13,62%	13,99%	14,32%	14,60%	6513	0,20516
AUG_2006	20	50134	45221	4913	10,30%	10,93%	11,49%	11,91%	12,35%	12,68%	13,02%	13,42%	13,79%	14,13%	14,42%	14,75%	6672	0,2171
SEP_2006	21	50879	45687	5192	10,56%	11,13%	11,57%	12,04%	12,39%	12,74%	13,15%	13,54%	13,89%	14,20%	14,54%	14,87%	6794	0,22973
OCT_2006	22	51639	46263	5376	5,49%	5,96%	6,47%	6,86%	7,22%	7,65%	8,05%	8,40%	8,72%	9,08%	9,42%	9,71%	4493	0,24311
NOV_2006	23	49633	46800	2833	5,73%	6,27%	6,67%	7,04%	7,48%	7,90%	8,25%	8,59%	8,95%	9,29%	9,60%	9,90%	4634	0,25725
DEC_2006	24	50254	47264	2990	6,01%	6,42%	6,81%	7,27%	7,70%	8,07%	8,42%	8,80%	9,15%	9,47%	9,79%	10,04%	4748	0,27223
JAN_2007	25	50682	47517	3165	6,22%	6,62%	7,09%	7,55%	7,92%	8,28%	8,68%	9,04%	9,37%	9,70%	9,97%	10,33%	4908	0,28807
FEB_2007	26	51396	48102	3295	6,32%	6,81%	7,29%	7,68%	8,06%	8,47%	8,84%	9,18%	9,52%	9,81%	10,18%	10,55%	5073	0,30484
MAR_2007	27	52414	49027	3387	6,52%	7,02%	7,42%	7,83%	8,26%	8,66%	9,01%	9,36%	9,66%	10,05%	10,44%	10,87%	5328	0,32258
APR_2007	28	53676	50116	3560	6,67%	7,07%	7,50%	7,98%	8,41%	8,78%	9,16%	9,48%	9,88%	10,30%	10,75%	11,07%	5548	0,34135
MAY_2007	29	54905	51180	3726	6,75%	7,18%	7,66%	8,11%	8,51%	8,89%	9,22%	9,65%	10,08%	10,55%	10,89%	11,15%	5708	0,36122
JUN_2007	30	56390	52537	3853	6,85%	7,33%	7,78%	8,22%	8,61%	8,97%	9,41%	9,86%	10,35%	10,71%	11,00%	11,28%	5929	0,38224
JUL_2007	31	57368	53357	4011	7,03%	7,49%	7,93%	8,34%	8,72%	9,18%	9,66%	10,17%	10,54%	10,84%	11,14%	11,49%	6130	0,40449
AUG_2007	32	57979	53798	4181	7,21%	7,67%	8,09%	8,49%	8,98%	9,48%	10,00%	10,39%	10,70%	11,01%	11,36%	11,70%	6295	0,42803
SEP_2007	33	58978	54657	4321	7,29%	7,72%	8,12%	8,65%	9,18%	9,71%	10,13%	10,45%	10,77%	11,14%	11,51%	11,88%	6492	0,45294
OCT_2007	34	59791	55351	4440	7,39%	7,81%	8,36%	8,91%	9,47%	9,91%	10,25%	10,58%	10,97%	11,36%	11,75%	12,11%	6701	0,47931
NOV_2007	35	60844	56282	4562	7,46%	8,02%	8,58%	9,18%	9,65%	10,02%	10,38%	10,80%	11,23%	11,65%	12,04%	12,34%	6947	0,5072
DEC_2007	36	61532	56854	4678	7,75%	8,33%	8,94%	9,46%	9,89%	10,27%	10,73%	11,19%	11,64%	12,05%	12,38%	12,69%	7215	0,53672
JAN_2008	37	62298	57390	4908	8,05%	8,68%	9,20%	9,68%	10,10%	10,59%	11,09%	11,58%	12,02%	12,36%	12,70%	13,05%	7492	0,56796
FEB_2008	38	63186	58036	5150	8,44%	8,97%	9,45%	9,89%	10,42%	10,94%	11,45%	11,92%	12,28%	12,65%	13,03%	13,40%	7774	0,60102
MAR_2008	39	64184	58727	5457	8,60%	9,09%	9,54%	10,09%	10,66%	11,20%	11,70%	12,09%	12,48%	12,89%	13,26%	13,65%	8017	0,636
APR_2008	40	65629	60003	5626	8,57%	9,03%	9,59%	10,23%	10,81%	11,35%	11,78%	12,20%	12,63%	13,04%	13,44%	13,82%	8293	0,67301
MAY_2008	41	66546	60817	5729	7,79%	8,37%	9,03%	9,66%	10,24%	10,70%	11,15%	11,57%	11,97%	12,36%	12,75%	13,11%	7971	0,71218
JUN_2008	42	66881	61599	5282	8,02%	8,69%	9,33%	9,96%	10,44%	10,93%	11,38%	11,81%	12,23%	12,63%	13,02%	13,39%	8248	0,75363
JUL_2008	43	68146	62641	5505	8,33%	8,98%	9,62%	10,17%	10,68%	11,17%	11,64%	12,08%	12,52%	12,93%	13,32%	13,69%	8577	0,79749
AUG_2008	44	69508	63689	5818	8,63%	9,27%	9,83%	10,37%	10,91%	11,42%	11,90%	12,36%	12,80%	13,22%	13,62%	13,99%	8912	0,84391
SEP_2008	45	70402	64275	6126	8,94%	9,52%	10,07%	10,67%	11,22%	11,75%	12,25%	12,73%	13,17%	13,60%	14,00%	14,39%	9252	0,89303
OCT_2008	46	71424	65018	6405	9,21%	9,76%	10,38%	10,99%	11,57%	12,12%	12,64%	13,12%	13,58%	14,01%	14,44%	14,84%	9649	0,945
NOV_2008	47	71180	64504	6676	9,42%	10,06%	10,69%	11,33%	11,94%	12,51%	13,04%	13,53%	13,99%	14,45%	14,88%	15,30%	9870	1
DEC_2008	48	71358	64584	6773	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NA	

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené hodnoty finálneho odhadu PD vypočítané vyššie uvedenými metódami. Číslo za názvom metódy značí hodnotu parametra  $V$ . Pre finálny (nami vybraný) odhad je uvedená miera konzervativizmu pre rôzne hladiny významnosti. Pre rôzne hladiny sa však výsledky veľmi nelíšia, čo nám hovorí o stabilite. Regulátorne je stanovené, že hraničná hodnota pre výsledný odhad nemôže byť nižšia ako základný odhad vážený defaultmi (default-weighted PD). Z tohto dôvodu možno rovno vylúčiť dve metódy, ktoré túto podmienku nespĺňajú. Ako vidno z nižšie uvedenej tabuľky, hodnoty pre odhad PD sa pohybujú v relatívne úzkom intervale (od 12,55% pre základný odhad vážený defaultmi až po 13,19% pri použití dlhodobého priemeru PD s použitím časových váh i váženým priemerom defaultov), a teda každú z nevylúčených metód by sme mohli považovať za relevantnú. Nakoľko je správne určenie časových váh netriviálne a bolo by potrebné konfrontovať tento výber s reálnym vývojom ekonomiky, rozhodli sme sa vybrať metódu, v ktorej sa časové váhy nevyskytujú. Z ostatných dvoch prístupov sa prikloníme k metóde s váhami defaultov. Tieto váhy sú založené na reálnych (nespochybniteľných) hodnotách a predstavujú, oproti dlhodobému priemeru, pre výsledný odhad akúsi „pridanú výpovednú hodnotu“. Parameter  $V$  (parameter redukcie počtu záznamov) vyberieme rovný dvom. Pre túto hodnotu vhodne vystihuje zachovanie posledného trendu a zároveň vynecháva posledné dve extrapolované hodnoty, ktoré sa najmenej opierajú o reálne dáta. Naším finálnym výberom je metóda: *Dlhodobý priemer PD s váženým priemerom defaultov a parametrom  $V=2$ .*

method / approach	BSU
Default-weighted PD	12,55%
Long-run avg	12,66%
Long-run avg 1	12,89%
Long-run avg 2	12,85%
Long-run avg 3	12,81%
Long-run avg 4	12,79%
Long-run avg 5	12,76%
Long-run avg + DW	12,75%
Long-run avg + DW 1	13,06%
Long-run avg + DW 2	13,00%
Long-run avg + DW 3	12,95%
Long-run avg + DW 4	12,91%
Long-run avg + DW 5	12,88%
Long-run avg + TW	12,26%
Long-run avg + TW 1	12,98%
Long-run avg + TW 2	12,87%
Long-run avg + TW 3	12,77%
Long-run avg + TW 4	12,69%
Long-run avg + TW 5	12,63%
Long-run avg + DW + TW	12,35%
Long-run avg + DW + TW 1	13,19%
Long-run avg + DW + TW 2	13,05%
Long-run avg + DW + TW 3	12,93%
Long-run avg + DW + TW 4	12,85%
Long-run avg + DW + TW 5	12,75%
Final Average	13,00%
MoC ( $\alpha = 90\%$ )	13,25%
MoC ( $\alpha = 95\%$ )	13,76%
MoC ( $\alpha = 97,5\%$ )	13,84%
Final average	13,25%

Odhad defaultu v DP bol urobený na úrovni produktu, t.j. klienti neboli rozdelení do ratingových kategórií. V reálnej podrobnej analýze produktu je však potrebné robiť tento odhad i na úrovni ratingových kategórií. K výslednému odhadu sa v reálne ešte môžu pridávať ďalšie marže, ktoré ho ovplyvnia.

Výpočet rizikovo vážených aktív (pre kreditné riziko) a vstup nami odhadnutého parametra do tohto výpočtu je znázornený na nasledujúcom obrázku.[10] Najskôr sa vypočítajú rizikové váhy zodpovedajúce každej expozícii. Rizikové váhy pre expozície, ktoré sa nenachádzajú v defaulte, závisia od troch parametrov: PD, LGD a korelácie R. Pre expozície v defaulte závisia rizikové váhy na hodnote parametrov LGD a BEEL (best estimate of expected losses = najlepší odhad očakávaných strát). Rizikovo vážená hodnota každej expozície sa vypočíta vynásobením hodnoty expozície (resp. parametra EAD) s rizikovou váhou. Celkové rizikovo vážené aktíva (pre kreditné riziko) sa vypočítajú ako suma rizikovo vážených hodnôt všetkých expozícií.



Pre všetky typy expozícií sa rizikové váhy počítajú podľa nasledujúceho vzorca:[10]

$$RW = \left( LGD \cdot N \left[ (1-R)^{-0,5} \cdot G(PD) + \left( \frac{R}{1-R} \right)^{0,5} \cdot G(0,999) \right] \right) - PD \cdot 12,5 \cdot 1,06$$

Kde:

- $R$  je korelácia
- $LGD$  je loss given default
- $PD$  je pravdepodobnosť defaultu
- $N$  značí kumulatívnu distribučnú funkciu normálnej náhodnej premennej  
Teda  $N(x)$  je pravdepodobnosť, že normálna náhodná premenná so strednou hodnotou 0 a disperziou 1 je menšia alebo rovná  $x$ .
- $G$  je inverzná kumulatívna distribučná funkcia štandardnej normálnej náhodnej premennej

## Záver

Ústredným cieľom diplomovej práce bolo nahliadnuť na reálne postupy banky pri výpočte kapitálovej primeranosti, konkrétne na výpočet odhadu parametra PD pre produkt spotrebné úvery. Veľkým prínosom tejto práce bolo modelovanie odhadu na reálnych dátach poskytnutých bankou.

V prvej časti práce sme popísali legislatívne prostredie (Basel II) a základné pojmy týkajúce sa danej problematiky. Podrobnejší popis sme venovali skóringu - nástroju nevyhnutnému k tomu, aby banka mohla prejsť na výpočet kapitálu podľa prístupu IRB.

V praktickej časti sme najprv pomocou SQL skriptov v databázovom prostredí (MS Access) upravili vstupné dáta pre ďalšiu analýzu. Týmto sme získali tabuľku frekvencie defaultov, ktorá kvôli chýbajúcej histórii dát neobsahovala údaje pre tzv. „dolnú trojuholníkovú časť“. Aby bolo z dát možné urobiť odhad parametra PD, bolo potrebné túto tabuľku doplniť. Pre tento účel sme postupne vyskúšali tri rôzne extrapoláčne metódy: aditívnu, multiplikatívnu a hazard rate metódu. Extrapolovali sme na rôzne dlhých obdobiach a chyba vzniknutá pri odhade bola jedným z kritérií pre výber najvhodnejšej metódy. Odhad chyby však nebol jediným kritériom pri výbere. Dôležitým faktorom bola aj výpovedná hodnota „starých“ dát resp. zachytenie trendu posledného obdobia. Pre odhad pravdepodobnosti defaultu sme použili viacero metód, ktoré boli založené na dlhodobom priemere PD, dlhodobom priemere PD s časovými váhami, dlhodobom priemere PD s váženým priemerom defaultov resp. s použitím oboch váh. Treba však poznamenať, že správne určenie časových váh presahovalo rámec diplomovej práce, nakoľko si vyžadovalo podrobnú znalosť portfólia a dlhodobého reálneho vývoja daného segmentu. Pre výpočet RWA sme odporučili výber jednej z metód. V rámci rozšírenia tejto práce sa nám ponúka bližšia analýza časových váh a s tým spojený dôraz na vývoj portfólia resp. historický vývoj produktu.

## Použitá literatúra

- [1] Raiffeisen International : RI3 - Retail and Retail Leasing Parameter Estimation and Calculation Concept Paper.pdf, Version 1.1, Released on 2006 - 07 - 31
- [2] Tatrabanka, a.s., [www.tatrabanka.sk](http://www.tatrabanka.sk)
- [3] Národná banka Slovenska, [www.nbs.sk](http://www.nbs.sk)
- [4] Bank For International Settlements, <http://www.bis.org/bcbs/>
- [5] Raiffeisen International: RI1 - Retail and Retail Leasing Scoring Concept Paper.pdf, Version 1.1, Released on 2008 - 06 - 30
- [6] Lamoš ,F., Potocký,R.: Pravdepodobnosť a matematická štatistika. Bratislava, 1. vyd., Alfa 1989 ,2.vyd UK 1998,
- [7] RIMARČÍK, M.: *Štatistika pre prax*. 2007, 200 s. ISBN 978-80-969813-1-1, s. 191
- [8] Extrapolation for Time-Series and Cross-Sectional Data J. Scott Armstrong The Wharton School, University of Pennsylvania May 18, 2000  
<http://www.forecastingprinciples.com/paperpdf/extrapolation.pdf>
- [9] Richard J. Verrall: Statistical Methods for the Chain Ladder Technique, 1999
- [10] Raiffeisen International: RI4 - Retail and Retail Leasing RWA Calculation Concept Paper.pdf, Version 1.0, Released on 2006 - 10 - 31