UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



NÁVRH A POROVNANIE METÓD HODNOTENIA POSKYTOVATEĽOV

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2019 Bc. Ondrej KOŠÚT

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

NÁVRH A POROVNANIE METÓD HODNOTENIA POSKYTOVATEĽOV

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program:	Ekonomická a finančná matematika
Študijný odbor:	1114 Aplikovaná matematika
Školiace pracovisko:	Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky
Vedúci práce:	Mgr. Henrieta Tulejová, MSc.

Bratislava 2019 **Bc. Ondrej KOŠÚT**



51334420

Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Ondrej Košút
Študijný program: ekonomicko-finančná matematika a modelovanie (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: aplikovaná matematika
Typ záverečnej práce: diplomová
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Návrh a porovnanie metód hodnotenia poskytovateľov
Design and comparison of mechanisms for benchmarking and rating healthcare providers

Anotácia: V súčasnosti používajú zdravotné poisťovne na porovnávanie a hodnotenie poskytovateľov hodnotiace koeficienty, resp. koeficienty efektívnosti, ktoré porovnávajú poskytovateľov na základe ich nákladovej efektívnosti. Ide však o pomerne jednoduché spôsoby hodnotenia poskytovateľov zdravotnej starostlivosti, ktoré sú považované za prežité a samotní poskytovatelia začali takúto formu hodnotenia odmietať. V posledných rokoch prišlo aj niekoľko návrhov zo strany zástupcov poskytovateľov na zmenu ich hodnotenia. Zatiaľ však žiadny návrh nenašiel podporu súčasne poskytovateľov aj zdravotných poisťovní.

Vedúci: Mgr. Henrieta Tulejová, MSc.
Katedra: FMFI.KAMŠ - Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky
Vedúci katedry: prof. RNDr. Marek Fila, DrSc.

Dátum zadania: 25.01.2018

Dátum schválenia: 25.01.2018 prof. RNDr. Daniel Ševčovič, DrSc.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

Poďakovanie Chcel by som sa poďakovať mojej školiteľke Mgr. Henriete Tulejovej, MSc. za rady a poznámky k mojej práci. Rovnako chcem poďakovať kolegovi Mgr. Marekovi Ciesarovi za jeho pomoc, za odborné rady, čas a možnosť konzultovať svoje nápady a taktiež pomoc so spracovaním dát. V neposlednom rade sa chcem poďakovať mojej priateľke Caroline a celej svojej rodine za podporu.

Abstrakt v štátnom jazyku

KOŠÚT, Ondrej: Návrh a porovnanie metód hodnotenia poskytovateľov [Diplomová práca], Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky; školiteľ: Mgr. Henrieta Tulejová, MSc., Bratislava, 2019, 93 s.

Jedným z problémov, ktorým sa v súčasnosti zaoberajú zdravotné poisťovne je porovnávanie a hodnotenie poskytovateľov zdravotnej starostlivosti a následné odmeňovanie poskytovateľov podľa hodnotenia, ktoré dosiahli. Dôvodom prečo sa poisťovne snažia niečo také spraviť je motivovať poskytovateľov ku kvalitnejšiemu poskytovaniu zdravotnej starostlivosti, znížiť náklady na zdravotnú starostlivosť, ktoré niekedy vznikajú zbytočným predpisovaním liekov a taktiež prispieť k používaniu rôznych aplikácii a digitálnemu spracovaniu dát, ktoré zrýchľujú celý proces poskytovania zdravotnej starostlivosti. V prvej kapitole sa pozrieme na to, ako sa s touto problematikou vysporiadali v zahraničí, konkrétne si opíšeme model, ktorý sa používa v USA. V druhej kapitole si predstavíme modely na hodnotenie poskytovateľov, ktoré používa v súčasnosti poisťovňa Dôvera. Tretia kapitola je teoretický orientovaná a sú v nej opísané matematické a štatistické metódy, ktoré budeme využívať v našej práci. Posledná kapitola je zameraná na aplikáciu naších poznatkov. Bližšie sme sa pozreli na modely, ktoré používa poisťovňa Dôvera a analyzovali sme silné a slabé stránky týchto modelov. Následne sme navrhli nové modely, ktoré eliminujú rôzne nedostatky pôvodných modelov. Tieto modely sme medzi sebou porovnávali na dátach, ktoré nám poskytla zdravotná poisťovňa Dôvera.

Kľúčové slová: model, hodnotiaci koeficient, parametre efektívnosti, Total cost of care (TCC), neparametrické testy

Abstract

KOŠÚT, Ondrej: Design and comparison of mechanisms for benchmarking and rating healthcare providers [Diploma Thesis], Comenius University in Bratislava, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Department of Applied Mathematics and Statistics; Supervisor: Mgr. Henrieta Tulejová, MSc., Bratislava, 2019, 93p.

One of the problems currently being dealt with by health insurers is the comparison and evaluation of healthcare providers and the consequent funding of providers as assessed. The reason why insurance companies are trying to do that is to motivate providers to provide better healthcare, reduce healthcare costs that sometimes arise from unnecessary prescription of medicines and also contribute to the use of various applications and digital data processing that accelerate the healthcare delivery process. In the first chapter, we look at how they dealt with this issue abroad, specifically, we describe the model used in the US. In the second chapter, we will introduce models for evaluating providers currently used by Dôvera. The third chapter is theoretical and describes the mathematical and statistical methods that we will use in our work. The last chapter is focused on applying our knowledge. We took a closer look at the models used by Dôvera and analyze the strengths and weaknesses of these models. Subsequently, we designed new models that eliminate the various shortcomings of the original models. We compared these models with each other on data provided by the Dôvera health insurance company.

Keywords: model, rating coefficient, efficiency parameters, Total cost of care (TCC), nonparametric tests

Obsah

Úvod **9**

1 Modely na porovnávanie poskytovateľov zdravotnej starostlivosti **11**

1.1 Model na porovnávanie poskytovateľov v USA 11

1.1.1 Princíp vyplácania CPC+ 12

1.1.2 Priradenie pacientov k jednotlivým poskytovateľom 13

1.1.3 Care management Fee (CMF) 14

1.1.4 Performance-Based Incentive Payment (PBIC) 17

2 Modely na porovnávanie poskytovateľov na Slovensku **29**

2.1 Špecializovaná zdravotná starostlivosť (ŠAS) 29

2.1.1 Metodika výpočtu 29

2.1.2 Nová metóda 32

2.2 Všeobecná ambulantná starostlivosť 33

3 Matematické a štatistické modely **37**

3.1 Metóda hlavných komponentov 37

3.2 Bootstrap 38

3.3 Sign test 39

3.4 Wilcox Rank Sum Test 40

4 Aplikácia **45**

4.1 Modely hodnotiaceho koeficientu 45

4.1.1 Pôvodný model 45

4.1.2 Nový model pre Hodnotiaci koeficient 49

4.2 Modely pre Total cost of care TCC 62

4.2.1 Metóda Bootstrap 62

4.2.2 Generovanie hodnôt 71

Záver **79**

Zoznam použitej literatúry **82**

Príloha A **84**

Príloha B **84**

Príloha C **86**

Príloha D **87**

Príloha E **89**

Úvod

Zdravie a zdravotná starostlivosť sú neoddeliteľné časti nášho života. Každý z nás už určite nejedenkrát navštívil lekára, či už ako prevencia pred nejakými chorobami alebo pri ozajstných zdravotných problémoch. Každý z nás sa zrejme chce vyhnúť lekárom a nemocniciam, ale keď už to nie je možné, chceme, aby naša skúsenosť so zdravotnou starostlivosťou bola čo najlepšia, a aby sme dostali čo najkvalitnejšiu zdravotnú starostlivosť. Zrejme všetci súhlasia s tým, že nie každá skúsenosť, či už s lekármi alebo celkovo so zdravotnou starostlivosťou je vždy príjemná. Niektorí lekári sú zodpovednejší, pracovitejší a snažia sa svoju robotu odviesť čo najlepšie. Preto aj zdravotné poisťovne sa začali zaoberať problematikou ako motivovať poskytovateľov zdravotnej starostlivosti k lepším výkonom a ako odmeniť tých poskytovateľov, ktorí si robia svoju prácu lepšie ako ostatní.

Otázkou porovnávania poskytovateľov a lekárov sa začali zaoberať ľudia najmä v zahraničí. Krajiny ako Holandsko, Veľká Británia alebo USA spravili rôzne reformy v zdravotníctve a predstavili rôzne modely ako porovnávať poskytovateľov medzi sebou a odmeniť tak tých lepších. Keďže zdravotníctvo v týchto krajinách funguje na vysokej úrovni, aj ľudia na Slovensku sa snažili spraviť niečo podobné.

Konkrétne poisťovňa Dôvera používa svoje metódy na porovnávanie a odmeňovanie poskytovateľov. Nejde len o porovnávanie poskytovateľov medzi sebou, ale pomocou tohto modelu sa poisťovňa snaží motivovať poskytovateľov k vylepšeniu zdravotnej starostlivosti a k lepšiemu a efektívnejšiemu využívaniu poskytnutých financii.

Jedným z cieľov práce je pozrieť sa na modely porovnávania poskytovateľov, ktoré používa zdravotná poisťovňa Dôvera, analyzovať ich, nájsť chyby, slabé stránky modelov a pokúsiť sa ich vylepšiť. Chceme, aby modely na porovnávanie zdravotnej starostlivosti boli spravodlivé ku všetkým poskytovateľom, a aby nútili poskytovateľov zlepšovať zdravotnú starostlivosť na Slovensku.

Našu prácu sme rozdelili na štyri kapitoly, pričom celú prácu môžeme rozdeliť na dve časti, praktickú a teoretickú. Do prvej teoretickej časti patria prvé tri kapitoly, ktoré sa prevažne venujú zhrnutiu problematiky vo svete a na Slovensku. Keďže aj ľudia zo Slovenska, ktorí vymýšľali modely na porovnanie poskytovateľov sa inšpirovali v zahraničí, kde spôsob financovania poskytovateľov na základe ich výkonnosti fungoval veľmi dobre, tak aj my začneme modelmi, ktoré sa používajú v zahraničí. Konkrétne sa pozrieme na model

CPC+, ktorý používa Medicare v Spojených štátoch amerických. Opíšeme ako hodnotia poskytovateľov v USA a ako sa toto hodnotenie používa pri odmeňovaní poskytovateľov. Informácie sme čerpali z knihy [2], kde je dopodrobna opísaná celá metodika výpočtu a následné odmeňovania poskytovateľov. V druhej kapitole sa pozrieme na modely hodnotenia poskytovateľov na Slovensku, konkrétne na modely zdravotnej poisťovne Dôvera. Celá metodika výpočtu je spísaná v zmluvách s poskytovateľmi [4],[6],[5]. Predstavíme ako funguje odmeňovanie poskytovateľov zdravotnou poisťovňou Dôvera a rôzne parametre, ktoré musia poskytovatelia spĺňať, aby dosiahli maximálne finančné ohodnotenie. Do teoretickej časti sme zahrnuli aj rôzne matematické a štatistické metódy, ktoré budeme používať pri naších výpočtoch.

V druhej praktickej časti sa budeme zaoberať modelmi, ktoré poisťovňa Dôvera používa na porovnávanie poskytovateľov. Pomocou dát, ktoré sme mali k dispozícii z databázi poisťovne Dôvera sa pozrieme na silné a slabé stránky modelov. Skúsime navrhnúť naše vlastné riešenia ako odstrániť prípadné nedostatky a urobiť súčasné modely viac spravodlivejšie a kvalitnejšie. Porovnáme naše modely s už používanými a z výsledkov sa pokúsime navrhnúť, ako by mohla poisťovňa svoje modely pozmeniť, aby riešenie vyhovovalo aj poskytovateľom. Keďže výsledkom, by nemal byť iba model, ktorý je výhodný pre poisťovňu, ale mal by to byť kompromis medzi poisťovňou a poskytovateľmi.

1 Modely na porovnávanie poskytovateľov zdravotnej starostlivosti

V prvej kapitole sa budeme zaoberať rôznymi metódami porovnávania poskytovateľov, ktoré sa používajú v súčasnosti. Porovnávať poskytovateľov zdravotnej starostlivosti začali už dávnejšie v zahraničí, napríklad v Holandsku, Veľkej Británii, Spojených štátoch amerických a mnohých ďalších krajinách. Následne podľa toho ako sa poskytovatelia umiestnia v hodnotení, sú aj finančne odmeňovaní. Keďže spôsob ohodnocovania poskytovateľov zdravotnej starostlivosti podľa výkonu sa osvedčil a je aj spravodlivejší, rozhodli sa pre niečo podobné aj ľudia na Slovensku.

Najskôr sa pozrieme na celý proces porovnávania a ohodnocovania poskytovateľov zdravotnej starostlivosti v USA. V stručnosti si ukážeme jednotlivé výpočty a postupy.

1.1 Model na porovnávanie poskytovateľov v USA

V tejto podkapitole opíšeme ako funguje porovnávanie a ohodnocovanie poskytovateľov v USA. Zaoberať sa budeme hlavne národným zdravotným poistením **Medicare** a jeho Comprehensive primary care plus modelom (CPC+). Opíšeme postupy a hlavné myšlienky výpočtu, no nepôjdeme do úplných detailov. Budeme vychádzať najmä z knihy [2] a [3], kde je dopodrobna opísaný celý postup.

CPC+ model bol v roku 2018 používaný v 18 regiónoch na území Spojených štátov s 2 965 poskytovateľmi zapojenými v tomto modeli. Pod pojmom región rozumieme buď celý štát v USA alebo nejakú jeho časť.

Poskytovatelia sa mohli zapísať do tohto modelu v dvoch kolách. Round 1, ktoré začalo v januári 2017 a Round 2, ktoré začalo v januári 2018. Obidve kolá trvajú 5 rokov a poskytovatelia by v nich mali ostať zapísaní po celú dobu trvania. Majú však možnosť kedykoľvek skončiť bez akéhokoľvek postihnutia.

Poskytovatelia, ktorí majú záujem sa zapísať do CPC+ programu si môžu vybrať z dvoch programov Track 1 and Track 2. Rozdiely medzi týmito dvoma programami sú v tom, že na zapísanie sa do programu Track 2 musí poskytovateľ spĺňať prísnejšie kritéria, či už je to vo vybavení ambulancie alebo služieb, ktoré musí poskytovať.

1.1.1 Princíp vyplácania CPC+

CPC+ program sa snaží vylepšiť zdravie pacientov, zvýšiť kvalitu zdravotnej starostlivosti a znížiť náklady efektívnejším poskytovaním zdravotnej starostlivosti. Tento svoj cieľ sa snaží docieliť aj dizajnom financovania poskytovateľov. Tento dizajn sa odvíja od toho, koľko pacientov jednotlivý poskytovateľ zdravotnej starostlivosti má, a podľa toho ako riskantní sú títo pacienti.

Poskytovatelia si môžu zvoliť z troch alternatív financovania, podľa toho, ktorá im najviac vyhovuje a pri ktorej budú môcť najlepšie poskytovať zdravotnú starostlivosť. Tieto tri alternatívy sú dostupné pre obidva programy (Track 1 a Track 2), no pri programe Track 2 sa dizajn financovania mierne líši. Teraz si predstavíme tieto tri alternatívy na financovanie poskytovateľov zdravotnej starostlivosti. V Tabuľke 1 sú uvedené priemerné náklady za pacienta na mesiac podľa jedotlivých alternatív.

- **CMF**(Care Management Fee) : Je to forma vyplácania, ktorá nezávisí na tom, koľko pacientov navštívilo daného poskytovateľa. Poskytovateľovi bude štvrťročne vyplatená vypočítaná suma v obidvoch programoch. Vypočítaná suma je odvodená od (1) počtu pacientov, ktorí sú priradení k danému poskytovateľovi, (2) rizikovosti priradených pacientov a (3) programu, v ktorom je poskytovateľ zaradený. Očakáva sa, že pacienti s vyšším rizikom potrebujú dôkladnejšiu starostlivosť, a preto aj táto starostlivosť je lepšie ohodnotená.

- **PBIP** (Performance-Based Incentive Payments):Táto alternatíva vyplácania odmeňuje poskytovateľov na základe skúsenosti pacientov s poskytnutím zdravotnej starostlivosti, kvalitou a vybavením. Poskytovatelia na začiatku roka dostanú určitú sumu peňazí, ktorá je odvodená najmä od počtu pacientov a na konci roka sa prepočíta, akú časť tejto sumy si poskytovatelia zaslúžili. Tento výpočet sa skladá z niekoľkých ukazovateľov, ktorými sa budeme zaoberať neskôr. Napríklad, ak v ukazovateľoch zdravotnej starostlivosti dosiahne poskytovateľ 50% bodov musí polovicu sumy, ktorú dostal na začiatku kalendárneho roku vrátiť späť. Suma, ktorú poskytovatelia dostanú je odvodená od (1) počtu pacientov zaradených k jednotlivým poskytovateľom, (2) podľa programu, do ktorého patria a (3) podľa výsledkov už vyššie spomínaných ukazovateľov. Detailnejšie sa pozrieme na túto problematiku

neskôr.

- **PFS** (Payment under the Medicare Physician Fee Schedule):Táto alternatíva odmeňovania je pre našu prácu nezaujímavá, preto sa ňou nebudeme zaoberať. Je to klasické odmeňovanie lekárov na princípe mesačných výplat, ktoré nie sú závislé na výkone alebo kvalite poskytovateľa.

Tabuľka 1: Priemerné náklady CPC+

Track	CMF	PBIP
1	15$ v priemere na jedného pacienta	1.25$
2	28$ v priemere na jedného pacienta	2$

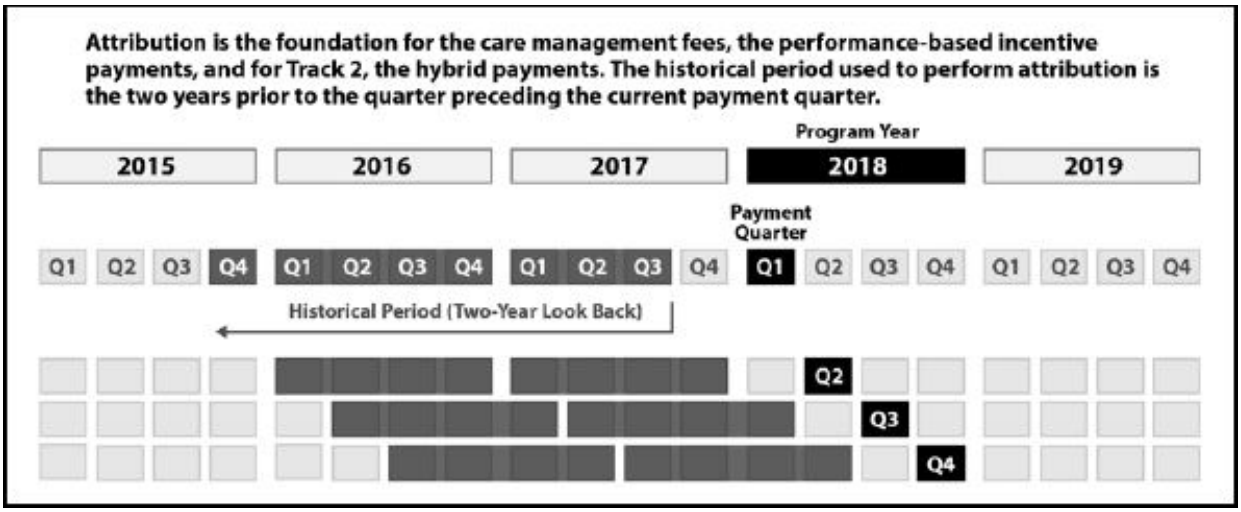
1.1.2 Priradenie pacientov k jednotlivým poskytovateľom

V tejto podkapitole opíšeme spôsob ako priradiť pacientov k jednotlivým poskytovateľom. Toto priradenie je dôležité vzhľadom k tomu, že podľa počtu pacientov sa určí výška sumy, ktorú dostanú poskytovatelia štvrťročne alebo ročne podľa toho, ktorý druh vyplácania si zvolili. Pri priraďovaní pacientov berieme do úvahy viac faktorov. Pozeráme sa na to, či pacient navštívil iba jedného poskytovateľa alebo striedal rôznych poskytovateľov. Kedy naposledy navštívil konkrétneho poskytovateľa, a ako často ho navštevoval za sledované obdobie.

Vysvetlíme si, čo vlastne rozumieme pod pojmom sledované obdobie. Ak chceme priradiť pacientov k prvému kvartálu roku 2018, potom pod sledovaným obdobím rozumieme nasledovné. Najbližší kvartál k sledovanému obdobiu neberieme do úvahy, čiže štvrtý kvartál roku 2017 a sledované obdobie je obdobie dvoch rokov späť. Táto situácia je znázornená na Obr.1 . Vidíme, že v tejto situácii je sledovaným obdobím obdobie od štvrtého kvartálu roku 2015 po tretí kvartál roku 2017.

Na to aby mohol byť pacient priradený k poskytovateľovi musí vždy k poslednému mesiacu pred daným kvartálom splniť nasledovné podmienky:

- Musí byť zapísaný v programe Medicare.
- Musí byť poistený v Medicare.



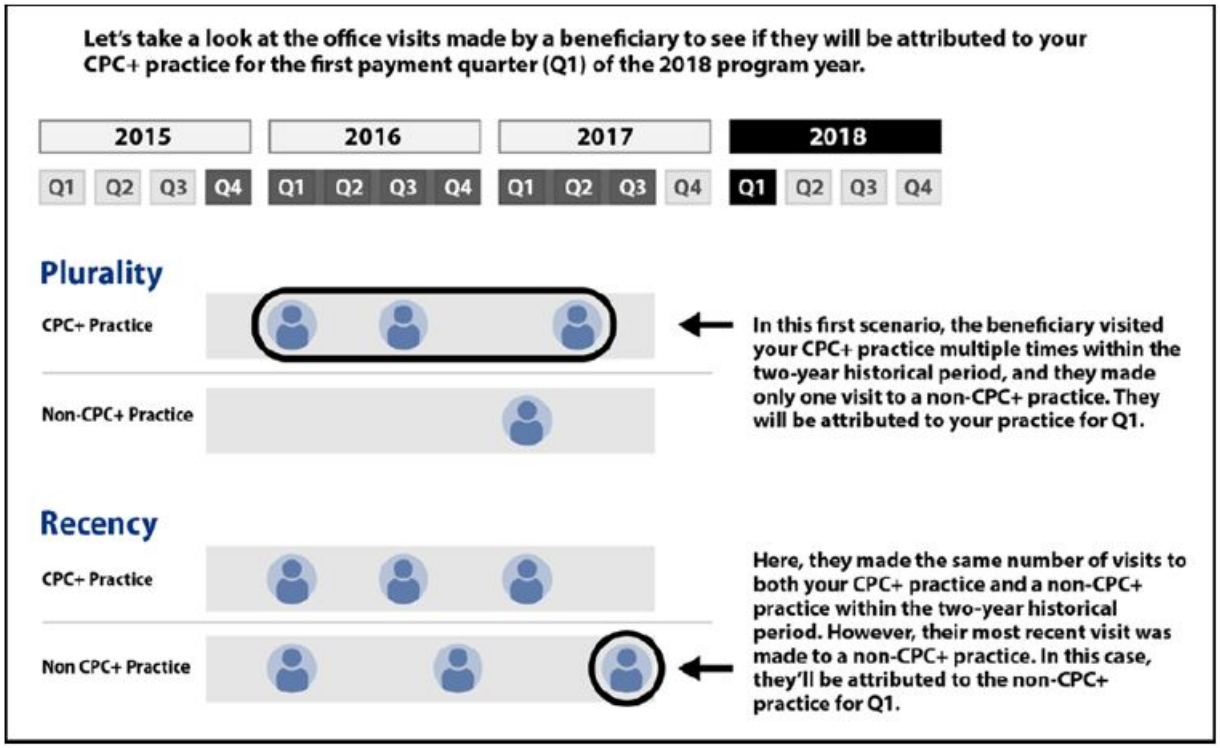
Obr. 1: Vysvetlenie sledovaného obdobia (tento obrázok je z knihy [3] označený ako Figure 2-1)

- Nesmie byť v konečnom štádiu ochorenia obličiek a nesmie byť v domove pre ťažko chorých.
- Nesmie byť zapísaný v inom pláne Medicare.
- Nesmie byť uväznený.

Dáta sa zbierajú jeden mesiac pred začatím nového kvartálu. Pacienti musia splniť všetky podmienky v prvý deň tohto mesiaca. V situácii ako je na Obr.1 musia pacienti splniť podmienky k 1.12.2017 aby mohli byť priradený k poskytovateľovi. Môže sa však stať, že pacient navštívi v sledovanom období aj poskytovateľa, ktorí nie je zapísaný v modeli CPC+. Vtedy existuje pravidlo, ktorému poskytovateľovi priradiť tohto pacienta. Ak v sledovanom období mal viac návštev u poskytovateľa, ktorý je zapísaný v modeli CPC+ ako u iného poskytovateľa, potom tento pacient je priradený k poskytovateľovi zapísanom v modeli CPC+. V situácii, keď majú rovnaký počet návštev o tom, ku ktorému poskytovateľovi bude pacient priradený rozhoduje dátum poslednej návštevy. Tieto dve situácie sú znázornené na Obr. 2 nižšie.

1.1.3 Care management Fee (CMF)

Care Management Fee (CMF) je alternatíva na financovanie poskytovateľov. Je určená hlavne pre poskytovateľov, ktorí majú pacientov s ťažšími ochoreniami a ochoreniami, ktoré si vyžadujú náročnejšiu starostlivosť.



Obr. 2: Priradenie pacientov(obrázok je z knihy [3] ako Figure 2-2)

Pacienti daného poskytovateľa budú zaradení do skupín podľa toho, aké predstavujú riziko. Pre model Track 1 sú pacienti zaradený do 4 skupín od jedna do štyri a pre model Track 2 sú zaradený do kategórii jedna až päť. Toto zaradenie sa nazýva Risk Tier. Čím je väčšia hodnota Risk Tier, tým je pacient rizikovejší, vyžaduje dôkladnejšiu starostlivosť, a preto aj poskytovatelia dostávajú za neho vyššie finančné ohodnotenie. Pre každého pacienta sa vypočíta hodnota Risk Score, podľa ktorej mu je priradený Risk Tier. Toto je znázornené v Tabuľke 2 . Hodnoty Risk Score sa vyhodnocujú pre každý región samostatne, aby sa zamedzilo znevýhodňovaniu niektorých poskytovateľov, ktorí pôsobia v regióne, kde môže byť väčšia predispozícia k nejakej vážnej chorobe.

Risk Score sa vypočítavá podľa Hierarchical Condition Categories risk adjustment modelu (HCC model). Tento model má za úlohu predpovedať očakávané náklady pre poskytovateľov na rok dopredu podľa historických dát. Napríklad poskytovateľ, ku ktorému chodia zdravší pacienti by mal mať menšie výdavky na zdravotnú starostlivosť ako poskytovateľ, ktorý má rizikovejších pacientov s vážnejšími zdravotnými problémami. Hodnota Risk Score meria niečo ako status zdravia populácie alebo jednotlivca relatívne k priemeru. Populácia s Risk Score 2 by mala mať dva-krát väčšie výdavky ako priemerná populácia,

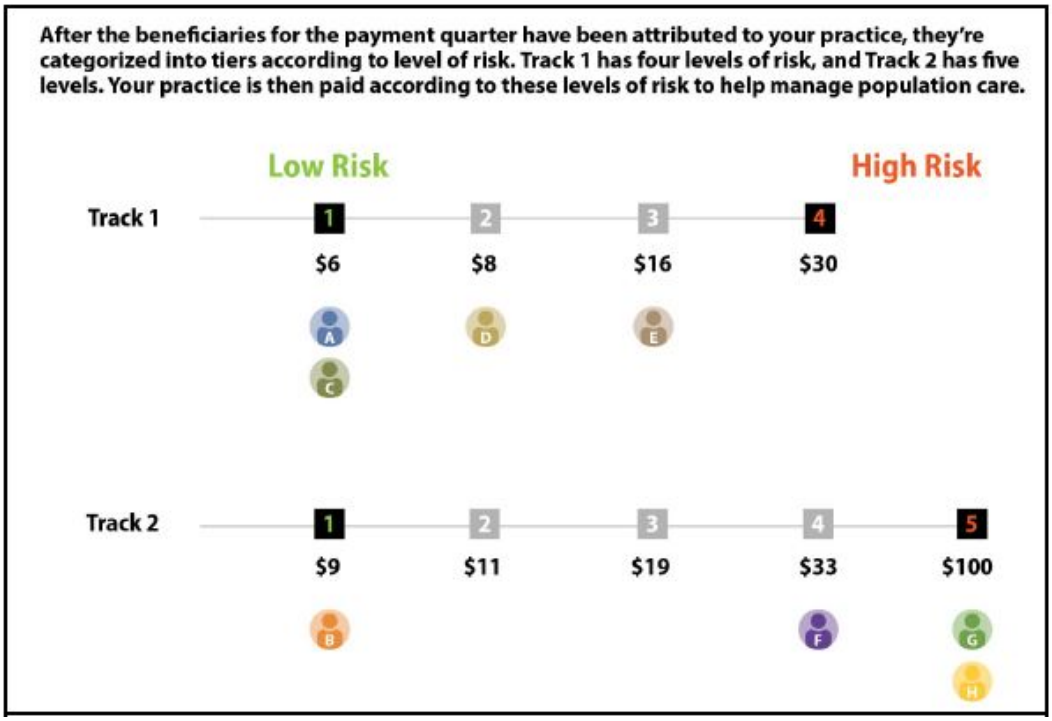
a naopak populácia s Risk Score 0.5 by mala mať výdavky dva-krát menšie ako priemerná populácia. Treba podotknúť, že tento model je orientovaný na odhad nákladov celej skupiny a preto sa tieto odhady nemusia zhodovať s odhadmi pre jednotlivého pacienta. No pre skupinu je tento model viac menej spoľahlivý.

HCC model používa demografické informácie a taktiež informácie o diagnózach pacientov z bázového roku na predpovedanie nákladov budúceho roka. Na výpočet nákladov a Risk Score roku 2016 sa používajú údaje z roku 2015 (bázový rok). Spôsob ako vypočítať Risk Score je taký, že sa najskôr vezmú demografické údaje ako je napríklad vek alebo pohlavie, tie majú pridelené príslušné koeficienty podľa nadobudnutých hodnôt. Každá diagnóza je taktiež ohodnotená príslušným koeficientom tak, že vážnejšie diagnózy majú vyšší koeficient a menej komplikované diagnózy majú nižší koeficient. Keď sa pre pacienta určia tieto koeficienty, tak sa všetky sčítajú a tým mu je pridelené Risk Score. Keď už je vypočítané Risk Score pre každého pacienta, tieto Risk Score sa zoradia podľa veľkosti pre každý región a určí sa 25, 50, 75 a 90 percentný kvantil. Tieto hodnoty slúžia ako thresholdy pre zaradenie pacientov do jednotlivých Risk Tiers.

Väčšina pacientov je zaradená do Risk Tiers podľa týchto hodnôt, výnimku majú pacienti, ktorí patria do programu Track 2 a trpia nejakou formou demencie. Tí bývajú zaradený do Risk Tiers 5 bez ohľadu na výsledok Risk Score. Podľa zaradenia pacientov do Risk Tiers dostávajú poskytovatelia odmeny, tak ako je to znázornené na Obr.3.

Tabuľka 2: CPC+ Risk Tiers

Risk Tier	Kritéria pre Risk Score	Track1	Track2
Tier 1	Risk Score $<$ 25%-tný kvantil	6$	9$
Tier 2	25%-tný kvantil $\leq$ Risk Score $<$ 50%-tný kvantil	8$	11$
Tier 3	50%-tný kvantil $\leq$ Risk Score $<$ 75%-tný kvantil	16$	19$
Tier 4	Track1: Risk Score $\geq$ 75%-tný kvantil Track2: 75%-tný kvantil $\geq$ Risk Score $<$ 90%-tný kvantil	30$	33$
Tier 5	Risk Score $\geq$ 90%-tný kvantil alebo diagnóza demencie		100$



Obr. 3: Odmeňovanie CMF (Obrázok je z knihy [3] ako Figure 3-1)

1.1.4 Performance-Based Incentive Payment (PBIC)

V tejto časti opíšeme princíp vyplácania odmien pre poskytovateľov, ktorí si zvolili alternatívu *PBIC*. Táto alternatíva vyplácania je založená na ohodnocovaní kvality poskytnutých služieb.

Poskytovatelia na začiatku roka dostanú peniaze a na konci roka po vyhodnotení jednotlivých parametrov, ktoré slúžia na porovnávanie zdravotnej starostlivosti si môžu ponechať určitú časť týchto peňazí, za podmienky, že splnili určité kritéria, s ktorými boli oboznámení na začiatku roka. Teraz opíšeme celý proces vyhodnocovania parametrov a do detailov sa pozrieme, čo všetko musia poskytovatelia splniť, aby dostali maximálnu sumu sľúbených peňazí.

Výhodou tejto alternatívy vyplácania je, že poskytovatelia ročne dostávajú peniaze, ktoré môžu použiť na skvalitnenie zdravotnej starostlivosti, ale zároveň podstupujú aj riziko, že sa im nepodarí splniť určené kritéria a požiadavky, a tým budú nútený vrátiť časť poskytnutej sumy.

Dizajn PBIC je navrhnutý tak, aby poskytovatelia boli motivovaní a pracovali na tom, aby zvýšili kvalitu zdravotnej starostlivosti, respektíve znížovali počet vyšetrení, ktoré sú

nepotrebné a iba zvyšujú celkové náklady zdravotnej starostlivosti. Veľké výhody, ktoré poskytuje PBIC sú hlavne tieto:

- Vyplácanie celej sumy na začiatku roka dáva možnosť poskytovateľom okamžite zlepšiť zdravotnú starostlivosť.
- Transparentnosť. Poskytovatelia sú už od začiatku oboznámení s tým, akú sumu dostanú a aké ciele musia splniť, aby im bola vyplatená v plnom rozsahu.
- Poskytovatelia sú odmeňovaní za dosiahnutie jednotlivých thresholdov, a v prípade, ak nejaký threshold nedosiahnu je im kontinuálne vyplatená suma na základe prepočítania na percentá.
- Poskytovatelia musia najskôr dosiahnuť minimálny threshold pri parametroch *Quality*, aby boli odmenení aj za parametre *Utilization*.

Na začiatku roka poskytovatelia dostanú plnú sumu, na ktorú majú nárok. Tá je odvodená od počtu pacientov, ktorí ich navštevujú. Na konci roka sa prepočítajú jednotlivé parametre, a podľa dosiahnutých bodov v prípade, že nezískali 100% musia odovzdať časť peňazí. To znamená, že ak poskytovateľ získal 50% všetkých možných bodov, musí polovicu peňazí, ktoré dostal na začiatku roka vrátiť. Očakáva sa, že tento spôsob financovania pomôže hlavne menším poskytovateľom zlepšiť zdravotnú starostlivosťa a plánovanie financovania ich ambulancii.

CPC+ model sa snaží zachovať transparentnosť, a preto už na začiatku roka poskytovateľom poskytuje čo najviac informácii, ktoré potrebujú na splnenie daných cieľov. Snaží sa, aby poskytovatelia čo najlepšie pochopili ako ich úsilie bude odmenené a ktoré všetky podmienky musia splniť, aby maximalizovali šancu, že si budú môcť ponechať všetky prostriedky, ktoré im boli poskytnuté na začiatku roka. Všetky thrasholdy, ktoré musia poskytovatelia splniť bývajú zverejnené na začiatku roka. Dva najdôležitejšie thresholdy sú tieto:

- minimum, ktoré musia poskytovatelia splniť, aby mali nárok aspoň na nejakú časť z poskytnutých peňazí,
- maximum, čo môžu dosiahnuť, aby si mohli ponechať celkovú sumu, ktorá im bola poskytnutá.

Metóda financovania na základe výkonu, tak ako je navrhnutá má tieto tri silné stránky.

Po prvé, všetci poskytovatelia s dobrým ohodnotením budú odmenení. Výkon poskytovateľov je meraný pomocou daných thresholdov, ktoré musia dosiahnuť. Minimum a maximum threshold je odvodený od výkonov všetkých poskytovateľov zapísaných v CPC+. Odmena poskytovateľa nie je závislá od ostatných poskytovateľov. Thresholdy sa určia z dát predošlých rokov.

Po druhé, maximálne a minimálne hodnoty na dosiahnutie poskytnutej sumy sú pevne dané pomocou thresholdov. Ciele pre obidva modely Track 1 a Track 2 sú rovnaké. Poskytovatelia, ktorí neprekročia minimálnu hranicu pre ktorýkoľvek parameter strácajú právo na poskytnuté peniaze. Táto požiadavka zaistí, že sa poskytovatelia budú sústrediť na všetky parametre rovnako a nebudú zanedbávať parametre, ktoré majú menšiu váhu pri výslednom hodnotení. Poskytovatelia sa musia dostať nad hranicu minimálneho thresholdu vo všetkých parametroch bez rozdielu, ak chcú dostať finančnú odmenu.

Vo všeobecnosti poskytovatelia dosiahnu 100% v hodnotení, a tým aj právo na celú časť z poskytnutej sumy, ak pri všetkých parametroch prekročia maximálny threshold. Počas celého roka sú tieto hodnotenia monitorované a v rôznych rokoch sa môžu meniť. V prípade, ak veľmi veľa poskytovateľov dosiahne maximálne hodnotenie, thresholdy sa môžu zdvihnúť, aby poskytovatelia zostali motivovaní sa zlepšovať. V opačnom prípade, ak veľmi málo poskytovateľov sa nedostane cez minimálny threshold, tak sa hodnoty môžu upraviť tak, aby poskytovatelia boli schopní splniť požadované ciele.

Po tretie, poskytovatelia, ktorí dosiahnu hodnotu medzi maximálnym a minimálnym thresholdom budú odmenení podľa percent, ktoré dosiahli.

Hodnotenie poskytovateľov sa skladá z dvoch hlavných častí

- *Quality measures* (clinical quality a patient experience of care)
- *Utilization*

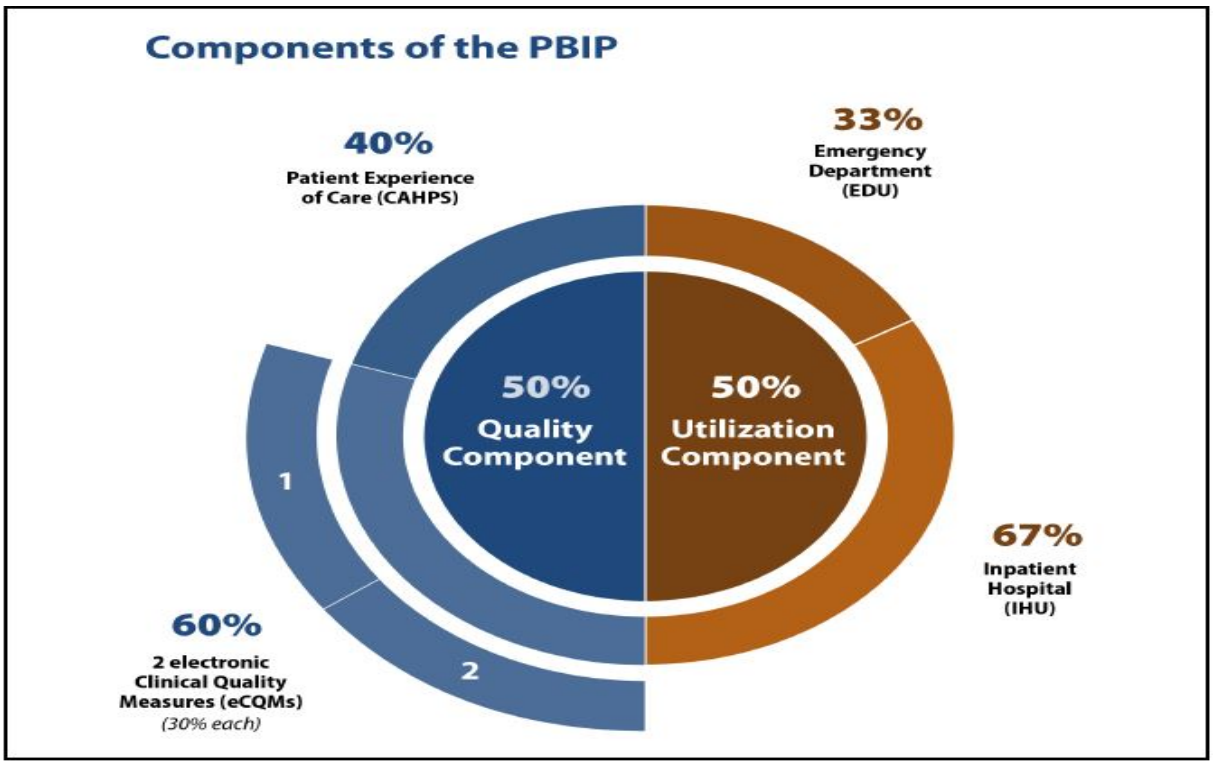
Tieto dve časti rovnako prispievajú do výsledného hodnotenia. Avšak parametre *Quality measures* sú nadradené nad parametrami *Utilization*. Znamená to, že poskytovatelia, ktorí splnia podmienky pre parametre *Utilization* musia prekročiť minimálny threshold aspoň pre 2 parametre z 3 v časti *quality measures* pre dosiahnutie hodnotenia za parametre *Utilization*. Naopak to však neplatí, aj pri nesplnení podmienok a prekročení thresholdov

pre parametre *Utilization*, poskytovatelia majú nárok na získanie bodov pre parametre *Quality measures*.

Suma na ktorú majú poskytovatelia nárok je odvodená od počtu pacientov, ktorí ich navštevujú. Suma na jedného pacienta za mesiac sa však odlišuje pre Track 1 a Track 2. Pre Track 1 celková suma na jedného pacienta je 2.5$ a pre Track 2 je to 4$.

Tabuľka 3: Suma na pacienta, na ktorú majú poskytovatelia nárok

Track	Zložka Quality	Zložka Utilization	Celková suma
1	1.25$	1.25$	2.5$
2	2$	2$	4$



Obr. 4: Parametre PBIB (Obrázok je z knihy [2] ako figure 4-1)

Na Obr. 4 sú graficky znázornené zložky a parametre PBIB. Jednotlivé zložky obrázka si objasníme. Ako sme už vyššie spomenuli suma PBIP pozostáva z dvoch časti, zložka *Quality* a zložka *Utilization*. Zložka *Quality* sa ďalej skladá z Patient experience of care, ktorá prispieva 40-timi percentami a Clinical quality, ktorá prispieva 60-timi percentami bodov, ktoré môžu poskytovatelia získať zo zložky *Quality*. Hoci Clinical quality má vyššiu

váhu ako Patient experience of care, pre získanie bodov za zložku *Utilization* je rovnako potrebná. Aby poskytovateľ mohol dostať body za zložku *Utilization* musí splniť aspoň dva minimálne thrasholdy z troch pre parametre v zložke *Quality*.

Patient experience of care sa skladá z 15 otázok, ktoré pacienti vyplnia a podľa toho bude poskytovateľ obodovaný. Celé znenie otázok je priložené v Prílohe A. Spôsob bodovania si opíšeme neskôr.

Najvyššou prioritou CPC+ je dosiahnuť čo najlepšie výsledky pre parametre Clinical Quality. V roku 2019 sú poskytovatelia povinní vyplniť obidva parametre. Zoznam parametrov je v Prílohe A. Ak poskytovatelia zdravotnej starostlivosti neposkytnú údaje o oboch parametroch strácajú nárok na získanie bodov za obe zložky *Quality* aj *Utilization*. Ak poskytovateľ nedosiahne minimálny threshold, čo je 30%-tný kvantil, za parameter dostane 0 bodov, ak dosiahne kvantil 30%, dostane presne polovicu bodov, ktoré sa dajú za konkrétny parameter získať. Pri prekročení 70%-tného kvantilu dostáva poskytovateľ plný počet bodov. V prípade, že poskytovateľ dosiahol hodnotenie medzi kvantilom 30% a 70%, jeho skóre sa preškáluje medzi $50 - 100\%$, a tak mu bude pridelený takýto počet percent bodov. Dva parametre za Clinic Quality predstavuje 60% bodov zo zložky *Quality* alebo 30% bodov z celkového hodnotenia . Na dosiahnutie 100% bodov za zložku *Quality* musia poskytovatelia splniť tieto požiadavky:

- Úspešne vyplniť oba parametre z časti Clinic Quality.
- Splniť minimálny threshold vo všetkých parametroch pre zložku Quality.
- Dosiahnuť maximálny threshold, ktorý je nastavený ako 70%-tný kvantil pre zložku *Quality*.

Poskytovatelia, ktorý nedosiahli hodnotenie 100% môžu dostať určité percento z poskytnutej sumy, ak aspoň pri jednom z parametrov prekročili minimálny threshold 30%-tný kvantil.

Hlavným princípom pri zvolení parametrov pre zložku *Utilization* je vybrať parametre, pri ktorých plnení sa čo najviac ušetria a nepremrhajú peniaze na zdravotnú starostlivosť. Dôležitým prvkom musí však byť aj to, aby sa mohli zmerať a boli dostupné potrebné dáta.

Používajú sa tieto dva parametre *Inpatient hospital utilization* a *emergency department utilization*. Hospitalizácie sú najväčšou položkou, ktorá prispieva k rozpočtu zdravotnej starostlivosti. *Inpatient hospital*, čiže hospitalizácie v nemocniciach tvoria 35% celkových nákladov. Poskytovatelia zapísaní v CPC+ modeli nemusia zadávať údaje o hospitalizáciách, keďže tieto údaje sa dajú získať z jednotlivých nemocníc, pretože hospitalizacie sú monitorované pre všetkých poskytovateľov. Keďže *inpatient hospital* tvoria najväčšiu časť nákladov, tak tento parameter má aj dvakrát väčšiu váhu. Za parameter *inpatient hospital* je možné získať 67% bodov zo zložky *Utilization* a za parameter *emergency department utilization* zvyšných 33%.

Ako sme už spomenuli, metóda na výpočet parametrov bola navrhnutá tak, aby poskytovatelia dopredu vedeli, čo musia splniť, aby dosiahli plný počet bodov.

Patient experience of care (CAHPS) je zložené z 5 častí, kde každá časť obsahuje nejaké otázky. CAHPS Je tvorený pomocou dotazníka, kde pacienti vyplnia ponúknutú možnosť. Niektoré otázky ponúkajú zvoliť možnosť odpovede ako Nikdy/ Niekedy/ Zvyčajne/ Vždy a niektoré otázky majú na výber iba dve odpovede Áno/Nie. Týmto odpovediam sú priradené číselné hodnoty ako je to znázornené v Tabuľke 4. Súčet bodov za každú z piatich častí otázok sa preškáluje na stupnicu 0-100 podľa nasledovného vzorca:

$$Y_i = \frac{(X_i - a_i)}{b_i - a_i} * 100 \quad i = 1...5, \tag{1}$$

kde Y_i je preškálovaná hodnota na stupnicu 0-100 pre každú z piatich častí otázok, a_i je minimálny počet bodov, ktorý je možné získať za i-tu časť otázok pri pôvodnej stupnici, b_i je maximálny možný počet bodov v pôvodnej stupnici pre i-tu časť otázok a X_i je dosiahnutý počet bodov v pôvodnej stupnici pre časť otázok i.

Celkové skóre pre CAHPS sa vypočíta podľa vzorca:

$$CAHPS \quad Score = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{5}, \tag{2}$$

toto CAHPS Score je zoradené pre všetkých poskytovateľov od najväčšieho po najmenší a tým sa vlaste určia thresholdy, čiže 30%-tný a 70%-tný kvantil. V Tabuľke 5 sú zapísané hodnoty, ktoré môžu poskytovatelia dosiahnuť pri plnení jednotlivých thresholdov. Keďže CAHPS obsahuje 40% skóre zo zložky *Quality* je to aj maximum, ktoré môžu získať.

Poskytovatelia, ktorý majú CAHPS Score nižšie ako 30%-tný kvantil dostanú 0% z daného hodnotenia, medzi 30%-tným a 70%-tným kvantilom sa počet percent prepočítava

Tabuľka 4: číselná hodnota odpovedí pri CAHPS

Odpoveď	Body
Nikdy	1
Niekedy	2
Zvyčajne	3
Vždy	4
Áno	1
Nie	0

Tabuľka 5: Počet percent zo zložky *Quality* pri plnení CAHPS

Kvantil	Počet percent CAHPS
$< 30\%$	0%
$30\% - 69\%$	20% - 39%
$\geq 70\%$	40%

podľa nasledvného vzorca:

$$CAHPS \quad v \quad \% = \left[\frac{CAHPS \quad Score - (30\% - tný \quad kvantil)}{(70\% - tný \quad kvantil) - (30\% - tný \quad kvantil)} * 50 + 50 \right] * 0.4 \tag{3}$$

Clinical Quality tvorí 60% zložky *Quality*, každý z dvoch parametrov prispieva 30 percentami. Za každý z dvoch parametrov poskytovatelia získajú taký počet percent, na koľko splnia jednotlivé thresholdy. V Tabuľke 6 je znázornený výpočet percent. Poskyto-

Tabuľka 6: Počet percent zo zložky *Quality* pri plnení jedného parametra Clinical Quality

Kvantil	Počet percent Clinical Quality
$< 30\%$	0%
$30\% - 69\%$	15% - 29%
$\geq 70\%$	30%

vatelia, ktorí sú medzi minimálnym a maximálnym thresholdom dostanú počet percent

podľa nasledovného vzorca, kde CS znamená $ClinicalScore$:

$$CS \quad v \quad \% = \left[\frac{Clinical \quad score - (30\% - tný \quad kvantil)}{(70\% - tný \quad kvantil) - (30\% - tný \quad kvantil)} * 50 + 50 \right] * 0.3 \qquad (4)$$

Ak pre parameter platí, že nižšia hodnota znamená lepší výsledok percentá sa vypočítajú podľa obráteného vzorca :

$$CS \quad v \quad \% = \left[\frac{(30\% - tný \quad kvantil) - Clinical \quad Score}{(30\% - tný \quad kvantil) - (70\% - tný \quad kvantil)} * 50 + 50 \right] * 0.3 \qquad (5)$$

Utilization do tejto zložky patria dva druhy parametrov, prvý z nich má dvakrát väčšiu váhu. Týmto parametrom je *inpatient hospital* , ktorí meria počet pacientov , ktorí sú hospitalizovaní v nemocniciach. Parametre sú vypočítané ako podiely medzi pozorovaniami a očakávaním. Pri vydelení pozorovaných hodnôt očakávanými dostávame číslo, ktoré ak je nad jednotkou hovorí o tom, že pozorované hodnoty sú väčšie ako očakávané. Pri hodnote nižšej ako 1 je to naopak a pozorované hodnoty sú nižšie ako očakávané. Pri výpočte týchto podielov sa opäť zvolí minimálny threshold (50%-tný kvantil) a maximálny threshold (80%-tný kvantil). Podrobný výpočet zložky *Utilization* je v prílohe knihy [2], uvedieme iba hlavnú myšlienku výpočtu.

Na to, aby poskytovateľ mal nárok na body zo zložky *Utilization* musí dosiahnuť minimálny threshold aspoň v dvoch parametroch v zložke *Quality*. Keďže parameter *Inpatient hospital* má dvakrát väčšiu váhu, tak je možné získať za tento parameter až 67% bodov zo zložky *Utilization*. Počet percent, ktorý sa dá získať za parameter *Inpatient hospital* a tiež za *Emergency department* je uvedený v Tabuľke 7 a 8.

Tabuľka 7: Počet percent zo zložky *Utilization* pri plnení *Inpatient hospital*

Kvantil	Počet percent Inpatient hospital
$< 50\%$	0%
$50\% - 79\%$	33% - 66%
$\geq 80\%$	67%

Vzorce pre poskytovateľov pre parametre *Emergency department utilization* (EDU) a *Inpatient department hospital* (IDH), ktorí sú medzi maximálnym a minimálnym thras-

Tabuľka 8: Počet percent zo zložky *Utilization* pri plnení *Emergency department*

Kvantil	Počet percent Emergency department
$< 50\%$	0%
$50\% - 79\%$	16.5% - 32%
$\geq 80\%$	33%

holdom sú nasledovné:

$$IHU \quad v \quad \% = \left[\frac{(50\% - tný \quad kvantil) - IHU}{(50\% - tný \quad kvantil) - (80\% - tný \quad kvantil)} * 50 + 50 \right] * 0.67 \quad (6)$$

$$EDU \quad v \quad \% = \left[\frac{(50\% - tný \quad kvantil) - EDU}{(50\% - tný \quad kvantil) - (80\% - tný \quad kvantil)} * 50 + 50 \right] * 0.33 \quad (7)$$

Teraz si na príklade z knihy [2] ukážeme názorný príklad ako vypočítať sumu, ktorú poskytovateľ dostane na konci roka. V Tabuľke 9 máme všetky hodnoty, ktoré potrebujeme na výpočet bodov za zložku Quality. Je tam názov parametra, počet získaných bodov, minimálny a maximálny threshold a body prepočítané na percentá.

Tabuľka 9: Hodnoty na výpočet bodov za zložku *Quality* (T-Thrashold)

Parameter	Počet bodov	Min T	Max T	Plnenie min T	Plnenie max T	Body v %
CAHPS Summary Score	81	78.77	82.44	Áno	Nie	32.15%
MIPS 236, Kontrola vysokého krvného tlaku	68%	56.52%	70.94%	Áno	Nie	26.94%
MIPS 001, Diabetes: Hemoglobin A1c (HbA1c) Kontrola ($\geq$9%)	30%	67.95%	27.27%	Áno	Nie	29.00%

Napriek tomu, že tento poskytovateľ spnlil všetky minimálne thresholdy maximálny threshold neprekročil, a preto nemôže dostať plný počet bodov za zložku *Quality*. Preto hodnota bodov bude súčet bodov prepočítaných na percentá čiže:

$$\text{Počet bodov v \%} = 32.15 + 26.94 + 29.00 = 88.09\ \%$$

Celkový počet bodov, ktoré poskytovteľ získal za zložku *Quality* je 88.09%. Za jedného pacienta môže maximálne získať 2.0$. Čiže po prepočte jeho bodmi poskytovateľ dostane na jedného pacienta

$$2\$ * 88.09\% = 1.76\ \$\ .$$

Pri výpočte zložky *Utilization* sa stanový očakávaný počet hospitalizácií v nemocniciach na 1000 pacientov, ktorý bol vypočítaný ako hodnota 120. Toto patrí k parametru *Inpatient hospital*. Náš poskytovateľ mal 110 hospitalizácii. Vypočítame podiel medzi skutočnými hospitalizáciami a očakávanými hospitalizáciami a dostaneme číslo:

$$\text{IHU} = \tfrac{110}{120} = 0.92.$$

Pretransformujeme túto hodnotu na percentá pomocou kvantilov (50%-tný kvantil =1.17 a 80%-tný kvantil =0.89)

$$\text{hodnota parametra IHU v \%} = \left[\frac{1.17 - 0.92}{1.17 - 0.89} * 50 + 50\right] * 0.67 = 63.41\%$$

Vypočítame to isté pre druhý parameter *Emergency department* , kde očakávané hodnoty boli 415 návštev na pohotovosti a 500 bolo skutočných návštev.

$$\text{EDU} = \frac{500}{415} = 1.2$$

Pretransformujeme túto hodnotu na percentá pomocou kvantilov (50%-tný kvantil =1.42 a 80%-tný kvantil =1.07)

$$\text{hodnota parametra EDU v \%} = \left[\frac{1.42 - 1.2}{1.42 - 1.07} * 50 + 50\right] * 0.33 = 26.87\%.$$

celkový počet za zložku *Utilization* je

$$\text{Utilization Total} = 63.41 + 26.87 = 90.28\%$$

Keďže aj pri zložke *Utilization* je možné za pacienta získať 2$ preto po prepočte dostane sumu na pacienta rovnú:

$$2\$ * 90.28\% = 1.81\$$$

Ak mal poskytovateľ priradených 500 pacientov a je v programe Track 2 potom maximálna suma, na ktorú mal právo sa vypočíta nasledovne:

$$\text{Max suma} = 500 \text{ pacientov} * 4\$ * 12 \text{ mesiacov} = 24\,000\$$$

Suma, na ktorú má právo podľa výsledkov, ktoré dosiahol v jednotlivých parametroch je

$$\text{Suma Quality} = 500 * 1.76\$ * 12 \text{ mesiacov} = 10\,571$$
$$\text{Suma Utilization} = 500 * 1.81\$ * 12 \text{ mesiacov} = 10\,834$$

Čiže poskytovateľ má právo na sumu 10 571 +10 834 $=21 405$. Preto na konci roka musí vrátiť 24 000 - 21 405= 2 595 $.

Začiatky ohodnocovania poskytovateľov Informácie čerpáme z [1]. Medicare je najväčším zdrojom poistenia pre starších a postihnutých ľudí v USA. Taktiež vypláca najväčšie výdavky na zdravotnú starostlivosť. Začiatkom tisícročia vyšiel vedecký článok, ktorý hovoril o tom, že príliš veľa úmrtí je spôsobených chybami lekárov. Medicare sa preto rozhodol pre zmenu vo vyplácaní poskytovateľov na základe parametrov, ktoré museli spĺňať. Týmto chceli zvýšiť kvalitu poskytovaných služieb a tým aj znížiť náklady na zdravotnú starostlivosť. Dovtedy dostávali všetci poskytovatelia určitú sumu nezávislé od ich výkonu.

V roku 2003 začal trojročný projekt Hospital Quality Incentive Demonstration (HQID), do ktorého sa zapojilo na začiatku okolo 270 najväčších nemocníc v USA, ktoré poskytovali starostlivosť okolo 400 000 pacientom ročne. Poskytovatelia boli hodnotení podľa 5 skupín parametrov: Akútny infarkt myokardu, Koronárny bypass, Zlyhanie srdca, Zápal pľúc, Výmena bedrového a kolenného kĺbu. V každej tejto skupine bolo niekoľko parametrov. Na základe hodnotení týchto parametrov boli poskytovatelia ohodnotení. Taktiež poskytovatelia, ktorí nedosiahli určitú hranicu boli penalizovaný. V ďalších rokoch mohli poskytovatelia získať bonus nielen za celkové umiestnenie, ale taktiež za najlepšie zlepšenie oproti minulému obdobiu.

Výsledky ukázali, že v prvých rokoch sa parametre kvality viac zvýšili u poskytovateľov, ktorí boli zapísaní v programe HQID oproti ostatným poskytovateľom. Najväčší rozdiel bolo vidno pri nemocniciach, ktoré poskytovali starostlivosť najmä chudonejším pacientom, tam sa výrazne, vďaka modelu zvýšila zdravotná starostlivosť a zmenšila sa

medzera medzi nemocnicami, kde väčšina pacientov je chudobnejších oproti nemocniciam, kde pacienti nie sú z chudobnejších pomerov. Taktiež Medicare vyhlásil tento model za obrovský úspech.

Do súčasnosti modely Medicare na ohodnocovanie poskytovateľov prešli rôznymi zmenami, či už je to vo financovaní alebo zmenami rôznych parametrov kvality.

2 Modely na porovnávanie poskytovateľov na Slovensku

2.1 Špecializovaná zdravotná starostlivosť (ŠAS)

Budeme sa zaoberať modelom na porovnávanie poskytovateľov zdravotnej starostlivosti, ktorý používa zdravotná poisťovňa Dôvera. Ako prvý si predstavíme model na porovnávanie poskytovateľov špeciálnej zdravotnej starostlivosti (*ŠAS*). Pod poskytovateľmi *ŠAS* si môžeme predstaviť klasického lekára ako je chirurg alebo ortopéd, všetky odbornosti, ktoré spadajú do kategórie *ŠAS* sú uvedené v Prílohe B. Celý postup výpočtu je uvedený v [4], odkiaľ sme čerpali všetky informácie.

Najskôr vysvetlíme ako fungovalo financovanie lekárov v poisťovni Dôvera pred rokom 2019. V zdravotnej poisťovni Dôvera dostáva každý lekár v kategórii *ŠAS* na každý mesiac určitý počet bodov. Každý zákrok lekára má priradený svoj vlastný počet týchto bodov, ktoré sú určené Ministerstvom zdravotníctva. Poisťovňa si s lekármi dohodne cenu jedného bodu, ktorú im bude vyplácať. Týmto sa zjednoduchší porovnávanie zákrokov, ale taktiež nie je potrebné dohadovať každému zákroku cenu, keďže počet zákrokov sa pohybuje v tisícoch. Napríklad zákrok röntgen má väčší počet bodov ako šitie nejakej bežnej rany, keďže röntgen je zložitejší zákrok.

Ak lekár prečerpá za mesiac svoj pridelený počet bodov, vtedy vstupuje do hry takzvaný *hodnotiaci koeficient*, ktorý si vypočíta poisťovňa. Za prečerpané body sa lekárovi nepreplácа celková cena bodu, ale cena bodu prenásobená hodnotiacim koeficientom. Znamená to, že poisťovňa Dôvera preplatí poskytovateľom každý jeden výkon, ale výkony nad limitom sú preplácané podľa toho ako dopadol v rámci hodnotenia poskytovateľov a akú hodnotu hodnotiaceho koeficientu HK nadobudol. Hodnotiacim koeficientom sa budeme zaoberať bližšie v ďalších kapitolách našej práce. Je to hodnota medzi nula a sto percent, pričom 100% dostávajú poskytovatelia s najlepšími výsledkami. Na výpočet hodnotiaceho koeficientu používa poisťovňa Dôvera svoje dáta, ktoré má k dispozícii vo svojej databáze.

2.1.1 Metodika výpočtu

Hodnotiaci koeficient (HK) sa vypočítava každý štvrťrok. Na výpočet *hodnotiaceho koeficientu* sa používajú údaje z dvoch po sebe nasledujúcich štvrťrokov, pričom posledný je

bezprostredne pred tým, ku ktorému sa robí výpočet. Skladá sa z piatich parametrov

- Náklady na lieky
- Počet bodov na poistenca za ambulantné výkony
- Počet bodov na poistenca za SVaLZ výkony
  (SVaLZ-Spoločné vyšetrovacie a liečebné zložky)
- Počet hospitalizácii
- Počet vyšetrení na jedného poistenca

Opíšeme si postup výpočtu hodnotiaceho koeficientu. Pre každú odbornosť vypočítame jednotlivé parametre. Každý parameter zoradíme podľa veľkosti od najväčšieho po najmenší. Vyhodíme horných aj dolných 20% hodnôt, ktoré predstavujú outlierov. Pre každý parameter sa vypočíta priemer $\hat{x}$, tak isto vypočítame štandardnú odchýlku $\hat{\sigma}$ z rovnakých dát. Keď máme vypočítané tieto hodnoty vypočítame interval $I = (\hat{x} - \hat{\sigma}, \hat{x} + \hat{\sigma})$. Podľa toho, či hodnota parametra pre daného poskytovateľa padla do intervalu I, nad interval alebo pod interval určíme hodnotu plnenia h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 pre každý z piatich parametrov. Každý z parametrov má zadané váhy v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, kde $v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 = 1$. Hodnotu hodnotiaceho koeficientu vypočítame podľa vzorca:

$$HK = v_1 * h_1 + v_2 * h_2 + v_3 * h_3 + v_4 * h_4 + v_5 * h_5 \tag{8}$$

Postupne si predstavíme jednotlivé parametre a ich výpočet. Všetky parametre predstavujú podiel čítateľa a menovateľa.

Náklady na lieky

Čítateľ = Súčet nákladov na lieky, ktoré predpísal poskytovateľ a súčet nákladov za lieky, ktoré boli predpísané na základe odporúčania poskytovateľa.

Menovateľ= počet poistencov, ktorým poskytovateľ poskytol zdravotnú starostlivosť okrem pacientov, ktorým poskytol očkovacie látky.

$$\text{váha parametra } v_1 = 35\%$$

Plnenie parametra nadobúda hodnoty podľa toho, kde padne hodnota parametra.

pod intervalom I: $h_1 = 100\%$

nad intervalom I: $h_1 = 0\%$

v intervale I : $h_1 = 100\%$

Počet bodov na poistenca za ambulantné výkony

Čítateľ = Súčet počtu bodov vlastných ambulantných výkonov vykonaných bez objednania poskytovateľom špecializovanej ambulancie a počet bodov objednaných ambulantných zdravotných výkonov vykonaných pri poskytovaní zdravotnej starostlivosti poistencom.
Menovateľ = počet poistencov, ktorým poskytovateľ poskytol zdravotnú starostlivosť okrem pacientov, ktorým bolo poskytnuté vyšetrenie preventívnej prehliadky.

váha parametra $v_2 = 20\%$

Plnenie parametra nadobúda hodnoty podľa toho, kde padne hodnota parametra.

pod intervalom I: $h_2 = 75\%$

nad intervalom I: $h_2 = 0\%$

v intervale I: $h_2 = 100\%$

Počet bodov na poistenca za SVaLZ výkony

SVaLZ - Spoločné vyšetrovacie a liečebné zložky (môžeme si predstaviť vyšetrenia, ktoré sa posielajú do laboratória, napríklad odber krvy, moču...)
Čítateľ = Súčet počtu bodov vlastných SVaLZ zdravotných výkonov vykonaných bez objednania poskytovateľom špecializovanej ambulancie a počet bodov objednaných SVaLZ zdravotných výkonov vykonaných pri poskytovaní zdravotnej starostlivosti poistencom.
Menovateľ = počet poistencov, ktorým poskytovateľ poskytol zdravotnú starostlivosť okrem pacientov, ktorým bolo poskytnuté vyšetrenie preventívnej prehliadky.

váha parametra $v_3 = 20\%$

Plnenie parametra nadobúda hodnoty podľa toho, kde padne hodnota parametra.

pod intervalom I: $h_3 = 50\%$

nad intervalom I: $h_3 = 0\%$

v intervale I: $h_3 = 100\%$

Počet hospitalizácii

Pod hospitalizáciou sa rozumie, keď pacient strávi celú noc v ústavnej starostlivosti.

Čítateľ = počet prijatí poistencov do ústavnej zdravotnej starostliosti na základe odporúčania poskytovateľa.

Menovateľ= počet poistencov, ktorým poskytovateľ poskytol zdravotnú starostlivosť.

$$\text{váha parametra } v_4 = 10\%$$

Plnenie parametra nadobúda hodnoty podľa toho, kde padne hodnota parametra.

$$\text{pod intervalom } I\text{: } h_4 = 100\%$$
$$\text{nad intervalom } I\text{: } h_4 = 0\%$$
$$\text{v intervale } I\text{: } h_4 = 100\%$$

Počet vyšetrení na jedného poistenca

Čítateľ = Počet vyšetrení.

Menovateľ= Počet poistencov, ktorým poskytovateľ poskytol zdravotnú starostlivosť.

$$\text{váha parametra } v_5 = 15\%$$

Plnenie parametra nadobúda hodnoty podľa toho, kde padne hodnota parametra.

$$\text{pod intervalom } I\text{: } h_5 = 100\%$$
$$\text{nad intervalom } I\text{: } h_5 = 0\%$$
$$\text{v intervale } I\text{: } h_5 = 100\%$$

2.1.2 Nová metóda

Od roku 2019 poisťovňa Dôvera začala používať upravenú verziu *hodnotiaceho koeficientu*. Pri výpočte sa pridali parametre Kvality a Inovácii a zmenili sa parametre Efektívnosti. Taktiež hodnota hodnotiaceho koeficientu ovplyvňuje výslednú cenu bodu a nie len časť po prekročení pridelených bodov. Celková cena bodu sa upraví tým výkonom, kde je uvedená aj zvýhodnená cena bodu. Podrobný postup je v zmluve [6]. Zmena je aj v tom, že už neexistuje limit bodov, ktoré sú prideľované poskytovateľom. Parametre Kvality a Inovácii, ich plnenie a váhy sú v Tabuľke 10. Výpočet parametrov je v Prílohe C. Z parametrov vypočítame Koeficient Kvality a Inovácii (KKI)

$$KKI = h_1v_1 + h_2v_2 + h_3v_3 + h_4v_4 + h_5v_5.$$

Parametre efektívnosti sa vypočítavajú presne ako v staršej verzii HK.Z parametrov Efektívnosti, ktoré sú uvedené v Tabuľke 11 vypočítame Koeficient Efektívnosti:

$$KE = h_1v_1 + h_2v_2$$

Výška ceny bodu sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$CB = (ZvCB - ZCB) * (KKI + KE) + ZCB, \text{ kde}$$

CB je výsledná cena bodu

ZCB je základná cena bodu

ZvCB je zvýhodnená cena bodu

Tabuľka 10: Plnenie a váhy jednotlivých parametrov kvality a inovácie

Názov parametra	h_n		v_n
	neplní	plní	
Bezpečná medikácia	0%	100%	15%
eRecept	0%	100%	10%
eZúčtovanie	0%	100%	10%
eLab	0%	100%	15%
Návrhy Online	0%	100%	10%

Tabuľka 11: Plnenie a váhy jednotlivých parametrov efektívnosti

Názov parametra	h_n			v_n
	pod intervalom	v intervale	nad intervalom	
Kontakt	100%	100%	0%	15%
Náklady na pacienta	100%	100%	0%	25%

2.2 Všeobecná ambulantná starostlivosť

Do tejto časti patria len tieto odbornosti:

- Všeobecný lekár pre deti a dorast
- Všeobecný lekár pre dospelých

Budeme sa zaoberať všeobecnými lekármi pre dospelých. Celý postup odmeňovania so všetkými detailmi je podrobne opísaný v zmluve [5]. Načrtneme hlavnú myšlienku odmeňovania lekárov odbornosti všeobecné lekárstvo pre dospelých. Každý všeobecný lekár má svojich kapitovaných pacientov, ktorý k nemu chodia na vyšetrenie alebo na preventívnu prehliadku. Lekári sú odmeňovaní za týchto svojich pacientov podľa vekového pásma, do ktorého pacient patrí. Tabuľka týchto pásiem aj s výškou kapitácie je priložená v Prílohe D. Najvyššie finančné ohodnotenie dostáva lekár za pacientov vo vekovej kategórii od 72 roku do 87 roku života, kapitácia za týchto pacientov predstavuje 4.03 €. Naopak najnižšie finančné ohodnotenie dostáva lekár za skupinu od 19 do 27 roku života, suma predstavuje 2.13€. Uhradenie finančnej odmeny za kapitovaných pacientov podľa vekového pásma nazývame Kapitáciou. Poisťovňa Dôvera lekárom prepláca navyše, mimo kapitácie, výkony ako napríklad preventívna prehliadka a niektoré špeciálne výkony, ktoré sú opísané v [5].

Kapitácia predstavuje hlavný príjem všeobecného lekára, poisťovňa Dôvera však ešte poskytuje lekárom nárok na tzv. Dodatkovú kapitáciu. Dodatková kapitácia predstavuje niečo ako bonus za dobre odvedenú zdravotnú starostlivosť. Výška dodatkovej kapitácie môže byť v intervale od 0 do 1.129685€na pacienta. Hodnota Dodatkovej kapitácie je podmienená splnením parametrov kvality, inovácie a efektívnosti. Medzi parametre kvality a inovácie patria:

- Bezpečná medikácia
- Prístrojové vybavenie
- eRecept
- eZúčtovanie
- eLab
- Návrhy Online

Podrobné vysvetlenie jednotlivých parametrov je v Prílohe D. V podstate ide o motivovanie lekárov používať elektronické systémy a tým sprehľadniť a zjednodušiť poskytovanie

zdravotnej starostlivosti. Poisťovňa zo svojích dát zistí, či lekár plní jednotlivé parametre a dostane za ich plnenie nejaký počet percent. Dáta k výpočtu parametrov kvality a inovácie sa získavajú za dva po sebe nasledujúce štvrťroky, pričom posledný štvrťrok predchádza štvrťroku, ku ktorému sa výpočet robí. Každý parameter má svoju váhu, pomocou ktorej sa vypočíta hodnota Koeficientu Kvality a Inovácii (KKI). Plnenie a váhy parametrov sú v Tabuľke 12 a vzorec na výpočet KKI je nasledovný:

$$KKI = h_1v_1 + h_2v_2 + h_3v_3 + h_4v_4 + h_5v_5 + h_6v_6.$$

Kde v_n sú váhy parametra a h_n sú hodnoty parametra, podľa toho, či plní alebo neplní parameter. Pomocou KKI vypočítame výšku základu pre výpočet Dodatkovej kapitácie (ZDK):

$$ZDK = (ZvHDK - ZHDK) * KKI + ZHDK \text{ ,kde}$$

$ZvHDK$ - zvýhodnená hodnota Dodatkovej kapitácie =1.129685€
$ZHDK$ - základná hodnota Dodatkovej kapitácie = 0.422286€.
Takto máme vypočítaný základ pre výpočet Dodatkovej kapitácie (ZDK).
Pri parametroch efektívnosti sa používajú údaje za 4 po sebe nasledujúce štvrťroky, pričom posledný štvrťrok predchádza tomu, v ktorom sa výpočet uskutočňuje. Pre všetkých poskytovateľov v danom odbore sa vypočíta parameter Celkové náklady na poistenca, značíme TCC (Total cost of care). Tento parameter sa vypočíta ako celkové náklady poisťovne na prepočítaného kapitovaného pacienta poskytovateľa. Prepočítaný kapitovaný poistenec sa určí pomocou indexov rizika, ktoré zohľadňujú demografické premenné a taktiež premenné na náklady liečby. Index rizika predstavuje niečo ako pomer nákladov oproti priemernému poistencovi. Ak má poistenec index rizika 0.5, znamená to, že očakávané náklady na jeho liečbu sú o polovicu menšie ako náklady na priemerného poistenca. Náklady na kapitovaného poisťenca sa určia pre každý mesiac, keďže aj indexy rizika sa prepočítavajú pre každý mesiac. TCC predstavuje súčet nákladov na kapitovaného poistenca po jednotlivých mesiacoch za celé obdobie výpočtu. Keď sa pre každého poskytovateľa určí parameter TCC, tieto hodnoty sa zoradia vzostupne a každému poskytvateľovi sa určí na koľko percent plní parameter TCC. Poskytovateľ, ktorého hodnota TCC patrí medzi 20% najnižších hodnôt, plnení parameter TCC na 100%, to znamená, že jeho náklady na liečbu patria medzi

poskytovateľov s najnižšími nákladmi. Naopak, ak hodnota TCC patrí medzi 10% najvyšších hodnôt, tak plnenie parametra je 0%. Poskytovatelia, ktorých hodnota TCC sa nenachádza ani v jednom z predchádzajúcich pásiem, plní parameter TCC od 0.01% do 99.99% percent, kde sa plnenie priradí lineárne podľa umiestnenia hodnoty TCC. Motiváciou parametra TCC je motivovať poskytovateľov k lepšej zdravotnej sarostlivosti, optimálne je, aby poskytovatelia hneď pri prvej návšteve odhalili príčinu a dokázali poistencovi poskytnúť vhodnú starostlivosť a liečbu. Nechceme aby poistenec musel chodiť od lekára k lekárovi, kde by nedostal zdravotnú starostlivosť adekvátnu jeho zdravotnému stavu, a tak by iba zbytočne zvyšoval náklady na zdravotnú starostlivosť. Celková hodnota Dodatkovej kapitácie je potom :

$$\text{Dodatková kapitácia} = ZDK * \text{Plnenie } TCC$$

Tabuľka 12: Plnenie a váhy jednotlivých parametrov kvality a inovácie

Náklady	h_n		v_n
	neplní	plní	
Bezpečná medikácia	0%	100%	15%
Prístrojové vybavenie	0%	100%/50%	15%
eRecept	0%	100%	15%
eZúčtovanie	0%	100%	15%
eLab	0%	100%	25%
Návrhy Online	0%	100%	15%

3 Matematické a štatistické modely

V tejto kapitole opíšeme matematické a štatistické modely a postupy, ktoré budeme potrebovať pri analýze hodnotenia poskytovateľov a porovnávaní rôznych modelov. Budeme používať metódu hlavných komponentov a niektoré testy neparametrickej štatistiky.

3.1 Metóda hlavných komponentov

Táto metóda patrí medzi základné metódy na zredukovanie dimenzie. Uvedieme základné vety, ktoré sa používajú pri výpočte tejto metódy. Budeme čerpať z knihy [9], ale najmä zo skrípt [8], z ktorých sme uviedli tvrdenia a definície.

Tvrdenie 3.1 (Spektrálny rozklad pozitívne definitných matíc)**.** *Pre každú $p \times p$ pozitíve definitnú maticu Σ existuje ortonormálny systém $u_1, ..., u_p$ vlastných vektorov. Matica Σ môže byť napisaná v tvare*

$$\Sigma = \sum_{i=1}^{p} \lambda_i u_i u_i^T = U \Sigma U$$

kde λ_i je vlastné číslo matice Σ zodpovedajúce vlastnému vektoru u_i pre všetky $i = 1...p$. $\mathbf{U} = (u_1, ..., u_p)$ je ortonormálna matica vlastných normalizovaných vektorov a matica $\Sigma = diag(\lambda_1, ...\lambda_p)$ je diagonálna matica s vlastnými číslami na diagonále. Ak platí $\lambda_1 > ... > \lambda_p$, potom sú vlastné vektory $u_1, ...u_p$ jednoznačne dané.

Nech μ je vektor stredných hodnôt a nech Σ je kovariančná matica náhodného vektora $\mathbf{X} = (X_1, X_2, ...X_p)^T$, ktorý prislúcha p-rozmerným pozorovaniam. Nech $u_1, ..., u_p$ predstavujú ortonorálny systém vlastných vektorv pre maticu Σ, nech $\lambda_1 > \lambda_2 > ... > \lambda_p$ sú prislúchajúce vlastné čísla a označíme maticu $\mathbf{U} = (u_1, ..., u_p)$. Vektory $u_1, ...u_p$ predstavujú smer hlavnej komponenty a vlastné čísla $\lambda_1, ...\lambda_p$ znázorňujú varianciu hlavnej komponenty.

Tvrdenie 3.2. *Náhodný vektor $\mathbf{Y} = \mathbf{U}^T(\mathbf{X} - \mu)$ má nulovú strednú hodnotu a jeho kovariančná matica je $Var(\mathbf{Y}) = diag(\lambda_1, ...\lambda_p)$. To znamená, že zložky $\mathbf{Y}$ sú nekorelované a ich variancie sú $\lambda_1 \geq ... \geq \lambda_p$ a štandardné odchýlky $\sqrt{\lambda_1} \geq ... \geq \sqrt{\lambda_p}$.*

Tvrdenie 3.3. *Vektor* $\mathbf{Y} = (Y_1, ...Y_p)^T$ *z 3.2 sa nazýva vektorom teoretickej hlavnej komponenty náhodného vektora* $\mathbf{X}$. *Pre* $i = 1, ..., p$ *náhodná premenná* $\mathbf{Y_i} = u_i^T(\mathbf{X} - \mu)$ *sa nazýva* $i - ta$ *hlavná komponenta vektora* $\mathbf{X}$.

Dôležitou časťou analýzy hlavných komponentov je zmerať, aké množstvo celkovej variancie zachytila jednotlivá hlavná komponenta. Na to sa používa nasledovný vzorec:

$$\alpha_k = \frac{\lambda_1 + ... + \lambda_k}{\lambda_1 + ... + \lambda_p}.$$

Číslo α_k je dôležité vzhľadom na to, že nám pomáha pri rozhodovaní, koľko hlavných komponent stačí na zachytenie nami požadovanej variancie.

V praxi však takmer nikdy nepoznáme maticu Σ ani strednú hodnotu μ, čiže vzorce pre teoretické hodnoty hlavných komponent sa nedajú použiť. Musíme nájsť spôsob ako odhadnúť neznáme parametre. Väčšinou máme iba vzorku vektorov $\mathbf{X_1}, ...\mathbf{X_n}$, kde $n \geq p$ z neznámeho rozdelenia. Vektor priemerov $\hat{\mathbf{X}}$ a maticu variancie S_n odhadneme podľa vzorcov:

$$\hat{\mathbf{X}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \mathbf{X_i}$$

$$S_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (\mathbf{X_i} - \hat{\mathbf{X}})(\mathbf{X_i} - \hat{\mathbf{X}})^T$$

Definícia 3.4. *Zoradené vlastné čísla matice* S_n *budeme nazývať odhadnutými vlastnými komponentami a budeme ich značiť* $\widehat{\lambda}_1^n, ..., \widehat{\lambda}_p^n$. *Zodpovedajúce vlastné vektory matice* S_n *budeme nazývať odhadnutými vlastnými vektormi a značiť* $\widehat{u}_1^n, ..., \widehat{u}_p^n$

3.2 Bootstrap

Metódu, ktorú budeme často využívať v našej práci je Bootstrap. Túto metódu vynašiel americký matematik Bradley Efron. Jednoducho povedané, je to spôsob ako si vyrobiť nové sady dát. Bližšie si opíšeme spôsob ako túto metódu použiť. Informácie sme čerpali najmä z [7] a knihy [10].

Bootstrap je metóda, ktorá sa používa na odhad rôznych štatistík ako stredná hodnota, variancia, atď . K dispozícii máme iba jednu sadu dát $Z = (X_1, X_2, ..., X_n)$, ktoré pochádzajú z neznámeho rozdelenia. Z týchto dát by sme chceli vyrobiť rôzne sady. Odpoveď na to ako to urobiť nám dáva práve metóda bootstrap.

Prvý krok je zvoliť si veľkosť sady. Zvyčajne je to veľkosť n ako pri pôvodnej sade, v prípade obrovskej sady Z to môže byť aj menšie číslo, keďže sme obmedzený výpočtovou technikou. Ďalším krokom je zvoliť si počet sád, ktoré chceme vyrobiť, toto číslo označíme m. Teraz z pôvodnej sady Z urobíme m sád, tak že vyberieme m-krát n hodnôt s opakovaním zo sady Z. Takto dostaneme požadované sady. Ako príklad môžeme dostať nasledovné sady.

$$
\begin{aligned}
Z_1 &= (X_5, X_8, X_5, ...X_{100}, X_{n-5}, X_3) \\
Z_2 &= (X_4, X_{54}, X_{44}, ...X_n, X_{n-45}, X_{42}) \\
Z_3 &= (X_n, X_1, X_5, ...X_1, X_{n-7}, X_1) \\
Z_4 &= (X_{45}, X_{15}, X_{44}, ...X_2, X_1, X_n) \\
Z_m &= (X_5, X_5, X_5, ...X_1, X_1, X_1)
\end{aligned}
$$

Takýmto spôsobom sme dostali m sád, kde pre každú môžeme vypočítať nami požadovanú štatistiku. Tým dostaneme m hodnôt a z týchto hodnôt vieme vypočítať odhad našej štatistiky.

3.3 Sign test

Najjednoduchší neparametrický test na testovanie hypotézy o mediáne je Sign test. Informácie, ktoré potrebujeme budeme čerpať z [11] a [13]. Predpokladajme, že máme náhodné premenné $X_1, X_2, ..., X_n$, ktoré pochádzajú zo spojitého pravdepodobnostného rozdelenia. Testujeme hypotézu, že medián týchto dát sa rovná hodnote Θ.

$$H0 : m = \Theta \quad vs \quad H1 : m \neq \Theta.$$

Testová štatistika je $S^+ = \#\{X_i > \Theta\} \quad i = 1, ..., n$. Môžu nastať tri situácie:

a) $H0$ platí, teda $m = \Theta$. V tomto prípade počet premenných, ktoré sú väčšie ako Θ bude približne rovnaký ako počet premenných, ktoré sú menšie ako Θ. Teda hodnota $S^+ \doteq \frac{n}{2}$.

b) $H0$ neplatí a prepodkladajme, že $m < \Theta$. V tomto prípade bude počet premenných, ktoré sú väčšie ako Θ oveľa menší. Testová štatistika $S^+ \doteq 0$.

c) $H0$ neplatí a prepodkladajme, že $m > \Theta$. V tomto prípade bude počet premenných, ktoré sú väčšie ako Θ oveľa väčší. Testová štatistika $S^+ \doteq n$.

Za platnosti $H0$ pravdepodobnosť, že premenná S^+ nadobudne hodnotu x sa rovná:

$$P(S^+ = x) = \binom{n}{x}\left(\frac{1}{2}\right)^x\left(\frac{1}{2}\right)^{n-x}.$$

Premenná S^+ sa riadi binomickým rozdelením $bin(n, \frac{1}{2})$. Označme $b_n(\alpha)$ ako α percentný kvantil binomického rozdelenia s parametrami $(n, \frac{1}{2})$. Teda hypotézu $H0$ na hladine významnosti α zamietame ak,

$$S^+ < b_n(\tfrac{\alpha}{2}\%) \text{ alebo } S^+ > n - b_n(\tfrac{\alpha}{2}\%).$$

Pre veľké hodnoty n môžeme použiť asymptotickú verziu testu. Stredná hodnota $bin(n, \frac{1}{2})$ sa rovná $\frac{n}{2}$ a disperzia $\frac{n}{4}$. Potom podľa centrálnej limitnej vety platí :

$$\frac{S^+ - \frac{n}{2}}{\sqrt{\frac{n}{4}}} = \frac{2S^+ - n}{\sqrt{n}} \sim N(0,1) \quad pre \quad n \quad \longrightarrow \text{inf.}$$

$H0$ zamietame, ak :

$$\frac{2S^+ - n}{\sqrt{n}} > u(\frac{\alpha}{2}\%) \text{ alebo } \frac{2S^+ - n}{\sqrt{n}} < u(\frac{\alpha}{2}\%)$$

kde $u(\alpha)$ predstavuje α percentný kvantil normálneho rozdelenia. V prípade, že v dátach nastane prípad, že niektorá hodnota sa rovná našej testovanej hodnote Θ. Tak tieto dáta vynecháme z našej sady a počet n sa zmení na n^* a štatistika S^+ pochádza z binomického rozdelenia $bin(n^*, \frac{1}{2})$.

3.4 Wilcox Rank Sum Test

Test, ktorý si predstavíme sa nazýva Wilcoxonov Rank Sum test pre párové dáta. Typickým použitím tohto testu je situácia, keď chceme otestovať efekt lieku. K dispozícii máme

dáta pred použitím lieku a po aplikovaní lieku. Chceme tak zistiť, či liek má nejaký efekt na zlepšenie stavu pacienta. Informácie k tejto metóde sme čerpali najmä z knihy [12] a poznámok [13].

Predstavíme si základnú ideu testu. Máme dve sady meraní, pričom merania sú v pároch. Označíme našu sadu dát $Z = ((X_1, Y_1), (X_2, Y_2), ...(X_n, Y_n))$. Dokopy teda máme $2 * n$ dát, lenže pozerať sa na ne budeme ako na n dvojíc.

Označme $d_i = X_i - Y_i \quad i = 1...n$. Hodnota d_i predstavuje rozdiel meraní pre i-ty pár. Predpokladáme, že rozdiel medzi párovými dátami pochádza z rozdelenia symetrického okolo hodnoty Δ. Urobíme absolútnu hodnotu $\mid d_i \mid$ a tieto hodnoty zoradíme od najmenšej po najväčšiu. Najmenšej hodnote priradíme rank 1 a najväčšej hodnote priradíme rank n. K hodnote ranku priradíme také znamienko, aké prislúcha hodnote d_i pre danú dvojicu dát. Hypotézy, ktoré chceme otestovať sú nasledovné :

$$H0 : \Delta = 0 \quad vs \quad H1 : \Delta \neq 0.$$

Teda, ak $H0$ platí, znamená to, že medzi dátami X a Y nie je žiadny významný rozdiel. Keď sa vrátime k príkladu o liekoch, znamená to, že podanie lieku pacientom nemá na nich žiadny vplyv a teda tento liek im nijako nepomáha. Ak platí $H0$, tak očakávame, že suma rankov s kladným znamienkom je približne rovnaká ako suma rankov zo záporným znamienkom. V prípade, že $H0$ neplatí, očakávame, že suma rankov s kladným znamienkom bude oveľa väčšia alebo menšia ako suma rankov so záporným znamienkom. Potrebujeme určiť, čo konkrétne znamená slovo oveľa a potrebujeme presne určiť kedy budeme hypotézu $H0$ zamietať.

Označme R_i hodnotu ranku pre $|d_i|$, R_i môže nadobúdať hodnoty od 1 po n. Ďalej označme:

$$W = \sum_{i=1}^{n} R_i$$

$$W^+ = \sum_{i, sgn(d_i)=1}^{n} sgn(d_i) R_i$$

$$W^- = \sum_{i,sgn(d_i)=-1}^{n} sgn(d_i)R_i$$

$$W = W^+ - W^-$$

$H0$ zamietame na hranici α ak, $W^+ \leq w_n(\frac{\alpha}{2})$ alebo $W^+ \geq \frac{n(n+1)}{2} - w_n(\frac{\alpha}{2})$, kde $w_n(\frac{\alpha}{2})$ je $\frac{\alpha}{2}$ %-ný kvantil rozdelenia W^+ s počtom dát n.

Reálne môžu nastať tri situácie:

a) $H0$ platí, teda $\Delta = 0$. V sume W^+ bude zhruba $\frac{n}{2}$ rankov, pričom zrátané ranky s kladným znamienkom budú zhruba také veľké ako ranky so záporným znamienkom. Keďže suma všetkých rankov je $W = \frac{n(n+1)}{2}$, tak W^+ bude niekde v strede medzi 0 a W, čiže $W^+ = \frac{n(n+1)}{4}$.

b) $H0$ neplatí, ($\Delta > 0$). V sume W^+ bude oveľa viac ako $\frac{n}{2}$ rankov a nezarátané ranky budú oveľa menšie. Teda W^+ sa bude približne rovnať $\frac{n(n+1)}{2}$.

c) $H0$ neplatí, ($\Delta < 0$). V sume W^+ bude oveľa menej ako $\frac{n}{2}$ rankov a nezarátané ranky budú oveľa väčšie. Teda W^+ sa bude približne rovnať 0.

O rozdelení pravdepodobnosti W^+ ukážeme tieto tri vlastnosti.

- je symetrické okolo hodnoty $\frac{n(n+1)}{4}$,
- nezávisí od rozdelenia, z ktorého pochádzajú pôvodné dáta, *DISTRIBUTION FREE*
- pre n idúce do nekonečna rozdelenie W^+ konverguje k $N(E(W^+), D(W^+))$.

Na dokázanie týchto troch vlastnosti si potrebujeme najskôr odvodiť nasledujúce vzťahy.

$$W = \sum_{i=1}^{n} sgn(d_i)R_i = (+1) \sum_{i,sgn(d_i)=1}^{n} R_i + (-1) \sum_{i,sgn(d_i)=-1}^{n} R_i$$

$$W = W^+ - W^- = W^+ - (\frac{n(n+1)}{2} - W^+) = 2W^+ - \frac{n(n+1)}{2}$$

$$W^+ = \frac{W}{2} + \frac{n(n+1)}{4}$$

Ak platí hypotéza $H0$, tak $E(sgn(d_i)) = 0$, pretože

$$sgn(d_i) = \begin{cases} 1, & \text{pravdepodobnosť } 50\% \\ -1, & \text{pravdepodobnosť } 50\% \end{cases}$$

Ďalšia vlastnosť, ktorá platí je, že $sgn(d_i)$ a rank R_i sú nezávislé. Je to kvôli tomu, že ak, $sgn(d_i)$ je rovné 1 neviem povedať, či hodnota ranku R_i bude veľké, malé alebo nejaké iné číslo. Taktiež naopak, ak napríklad hodnota ranku $R_i = 15$, tak nevieme povedať, či $sgn(d_i)$ bude 1 alebo -1.

Chceme vypočítať strednú hodnotu a varianciu W^+. Urobíme to nasledovným výpočtom.

$$E(W) = E(\sum_{i=1}^{n} sgn(d_i)R_i) = \sum_{i=1}^{n} E(sgn(d_i)R_i) = \sum_{i=1}^{n} E(sgn(d_i))E(R_i)) = 0$$
$$E(W^+) = E(\frac{W}{2} + \frac{n(n+1)}{4}) = \frac{n(n+1)}{4}$$
$$D(W^+) = D(\frac{W}{2} + \frac{n(n+1)}{4}) = \frac{1}{4}D(W) = \frac{1}{4}\Big[E(W^2) - (E(W))^2\Big] = \frac{1}{4}E(W^2) =$$
$$\tfrac{1}{4}E\Big[\Big(\sum_{i=1}^{n} sgn(d_i)R_i)\Big)^2\Big] = \frac{1}{4}E\Big[\sum_{i=1}^{n} sgn(d_i)^2R_i^2 + \sum_{i,j;i\neq j}^{n}\sum sgn(d_i)sgn(d_j)R_iR_j\Big] =$$
$$\tfrac{1}{4}E\Big[\sum_{i=1}^{n} R_i^2\Big] + \sum_{i,j;i\neq j}^{n}\sum E(sgn(d_i))E(sgn(d_j))E(R_iR_j) = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{n} E(R_i^2) =$$
$$\frac{1}{4}(1^2 + 2^2 + ... + n^2) = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$$

Teda ako finálny výsledok dostávame :

$$E(W^+) = \frac{n(n+1)}{4}$$
$$D(W^+) = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}.$$

- Ako prvú vlastnosť overíme symetrickosť. Nech $n = 5$, situácia, ktorá môže nastať:

  $$W = (+1)1 + (-1)2 + (-1)3 + (-1)4 + (+1)5 = -3,$$

  keďže pravdepodobnosť, že $sgn(d_i)$ bude 1 alebo -1 sa rovná 50%. Teda s rovnakou pravdepodobnosťou môže nastať situácia

  $$W = (-1)1 + (1)2 + (1)3 + (1)4 + (-1)5 = 3,$$

Pre ľubovoľné n, ku každej sade dát, ktorá dá nejakú hodnotu W, existuje rovnako pravdepodobná sada, ktorá dá hodnotu $-W$. Teda W je symetrický rozdelené okolo 0.

$W^+ = \frac{W}{2} + \frac{n(n+1)}{4} \Rightarrow \quad W^+$ je rozdelené symetricky okolo $\frac{n(n+1)}{4}$. Toto nám pomôže pri určovaní kvantilov.

- Druhá vlastnosť je *DISTRIBUTION FREE*. Keďže :

$$W = \sum_{i=1}^{n} sgn(d_i)R_i = (+1alebo - 1)1 + (+1alebo - 1)2 + ...(+1alebo - 1)n$$

Čiže $sgn(d_i)$ patrí alternatívnemu rozdeleniu s pravdepodobnosťou 50% a sú medzi sebou nezávislé. W je iba ich vážený súčet. Teda hodnota W vôbec nezávisí od toho z akého rozdelenia pochádzali pôvodné dáta X, Y. Nemusíme overovať z akého rozdelenia sú pôvodné dáta, stačí iba symetrickosť d_i.

Keďže $W^+ = \frac{W}{2} + \frac{n(n+1)}{4}$, tak aj W^+ je *DISTRIBUTION FREE* keďže je to iba hodnota W posunutá o konštantu.

- Treťou vlastnosťou je konvergencia k normálnemu rozdeleniu pre n idúce do nekonečna. Z centrálnej limitnej vety a z Lindebergovej podmienky vyplýva, že:

$$V = \frac{W^+ - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} \sim N(0,1) \text{ pre } n \text{ idúce do nekonečna.}$$

V knihe [11] je vysvetlené ako postupovať, keď sú v dátach *ties*, vtedy sa zmenia niektoré vlastnosti rozdelenia štatistiky W^+ a tiež spôsob rankovania dát. Je tam tiež podrobne opísaný dôkaz k tretej vlastnosti.

4 Aplikácia

Kapitola Aplikácie je venovaná nášmu výskumu a modelom. Podrobne sa pozrieme a rozanalyzujeme metódu porovnávania poskytovateľov na Slovensku. Pozrieme sa na silné stránky tohto postupu, ale aj na nevýhody a slabé stránky tohto výpočtu. Na základe tejto analýzy sa pokúsime odstrániť nedostatky a navrhnúť nové modely.

Potom ako navrhneme nový model sa budeme snažiť porovnávať tento model s pôvodným modelom. Dôležitým kritériom, ktoré by mal model spĺňať je stabilita. Keďže výpočet sa opakuje každý štvrťrok, chceli by sme, aby sa hodnoty pre daného poskytovateľa príliš neodlišovali vždy, keď opakujeme výpočet. Nechceme, aby poskytovateľ v jednom štvrťroku mal hodnotenie 100% a v nasledujúcom 0%. Chceme aby sa hodnoty pohybovali okolo nejakej rovnakej hodnoty, postupne klesali alebo stúpali v závislosti, či sa poskytovateľ zlepšuje alebo zhoršuje.

4.1 Modely hodnotiaceho koeficientu

Budeme sa zaoberať *hodnotiacim koeficientom* , ktorý poisťovňa Dôvera používala v roku 2018. V roku 2019 prešla na novší model, kde však parametre efektívnosti majú rovnaké nedostatky, respektíve silné stránky ako staršie HK. Pozrieme sa na tieto vlastnosti a skúsime navrhnúť ako by sa tento model dal vylepšiť.

Pri modeli *hodnotiaceho koeficientu* má zmysel zaoberať sa iba parametrami efektívnosti, keďže parametre inovácie a kvality neovplyvňujú kvalitu modelu, je to dobrovoľná voľba poskytovateľa, či používa elektronické aplikácie a tým prispieva k elektronizácii zdravotníctva. Ak používa elektronické aplikácie je za to priamo ohodnotený zvýšením ceny bodu.

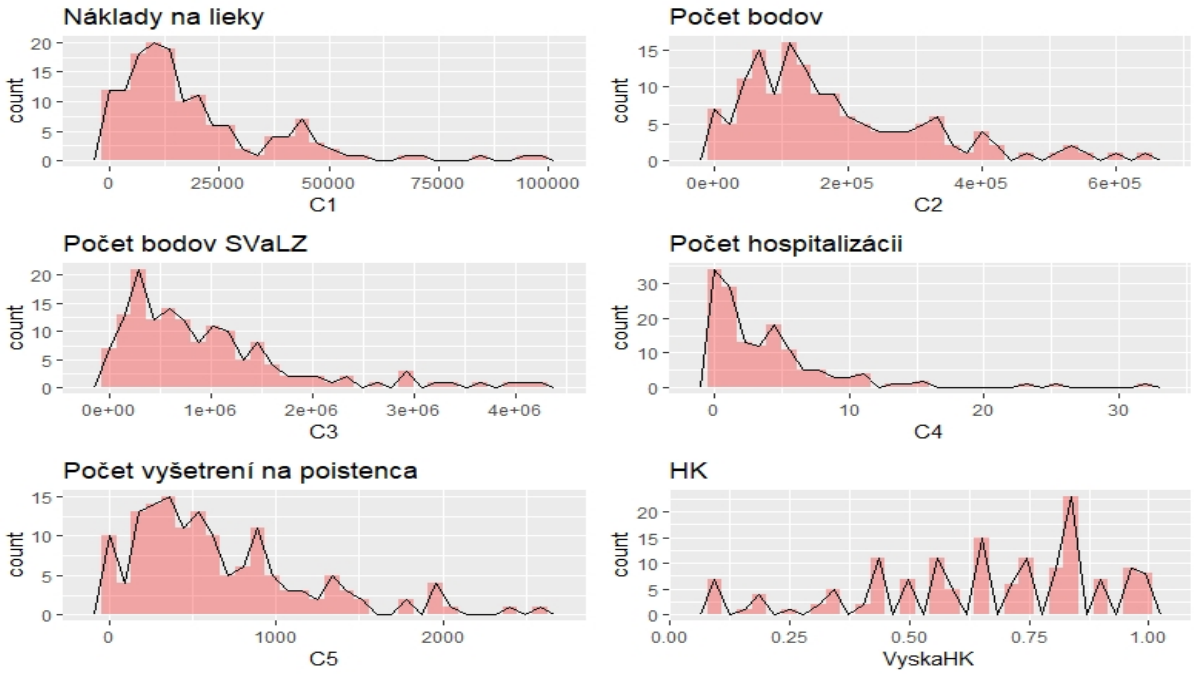
4.1.1 Pôvodný model

Najväčšie nedostatky pri výpočte *hodnotiaceho koeficientu* sú zrejme tieto:

- Hodnoty nie sú normálne rozdelené.
- Pri výpočte sa používa interval $I = (\hat{x} - \hat{\sigma}, \hat{x} + \hat{\sigma})$, čo nie je najlepšie zvolené, pretože rozdelenie hodnôt v jednotlivých parametroch nie je normálne rozdelené a zrejme dokonca ani symetrické.

- Prečo sa používa práve interval $I = (\hat{x} - \hat{\sigma}, \hat{x} + \hat{\sigma})$?
- Veľmi veľa dát sa považuje za outlierov, čím sa stráca veľa informácie, ktoré nám poskytujú dáta.
- Niektoré parametre môžu byť zle zvolené, ich hodnoty nemusia odrážať kvalitu poskytovania zdravotnej starostlivosti.
- Spôsob, akým sa priradzuje plnenie parametra. Poskytovatelia, ktorí vykázali za obdobie dvoch štvrťrokov nulové náklady dostávajú za parameter Náklady za lieky hodnotenie 100%, pričom to budí dojem, že vlastne za pol roka nič nespravili.

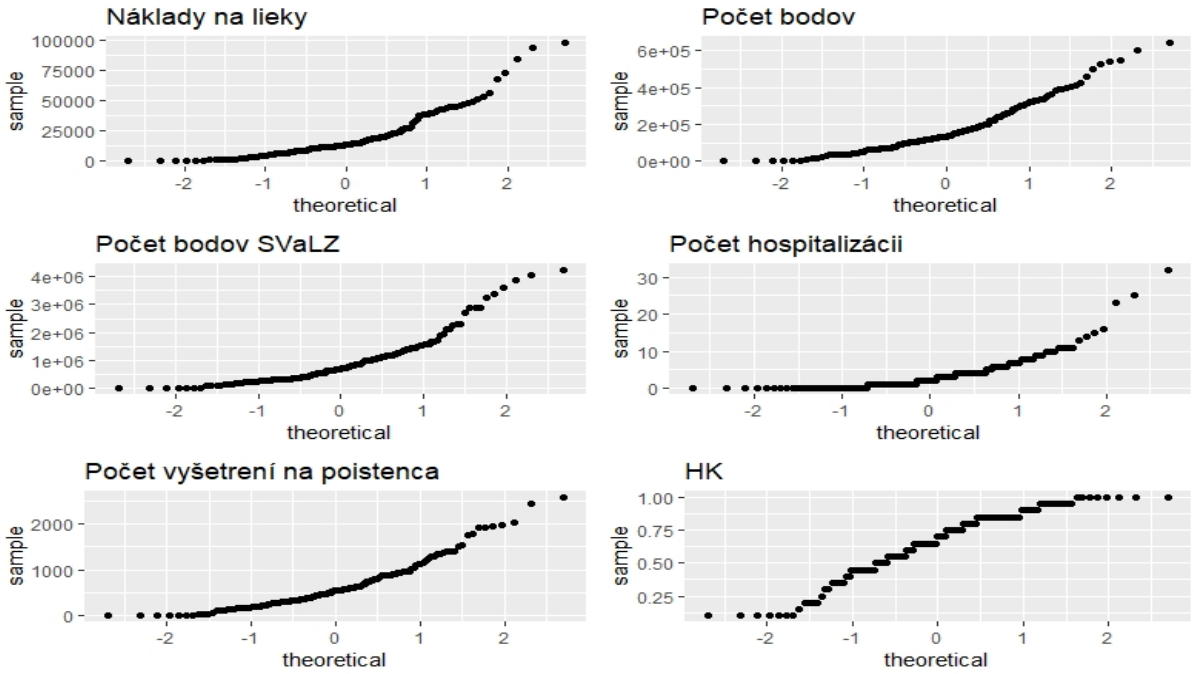
Ako prvé sa pozrieme na normalitu dát pomocou histogramu a pomocou odhadnutého tvaru hustoty. Budeme pracovať s dátami poisťovne Dôvera, pozrieme sa na hodnoty odbornosti pneumológia a ftizeológia. Znázorníme grafy pre dáta bez outlierov. Na Obr.5 vidíme histogramy pre dáta a jednotlivé parametre. Už z obrázka vidno, že dáta nebudú pochádzať z normálneho rozdelenia. Ďalšou zaujímavou vecou je, že všetky histogramy sú vyšikmené, to znamená, že priraďovať hodnoty plnenia na základe symetricky zvoleného intervalu I nie je veľmi šťastné riešenie. Môže sa stať, že príliš veľa dát padne do intervalu alebo naopak veľmi málo dát bude v určenom intervale.



Obr. 5: Histogramy pre dáta a všetky parametre

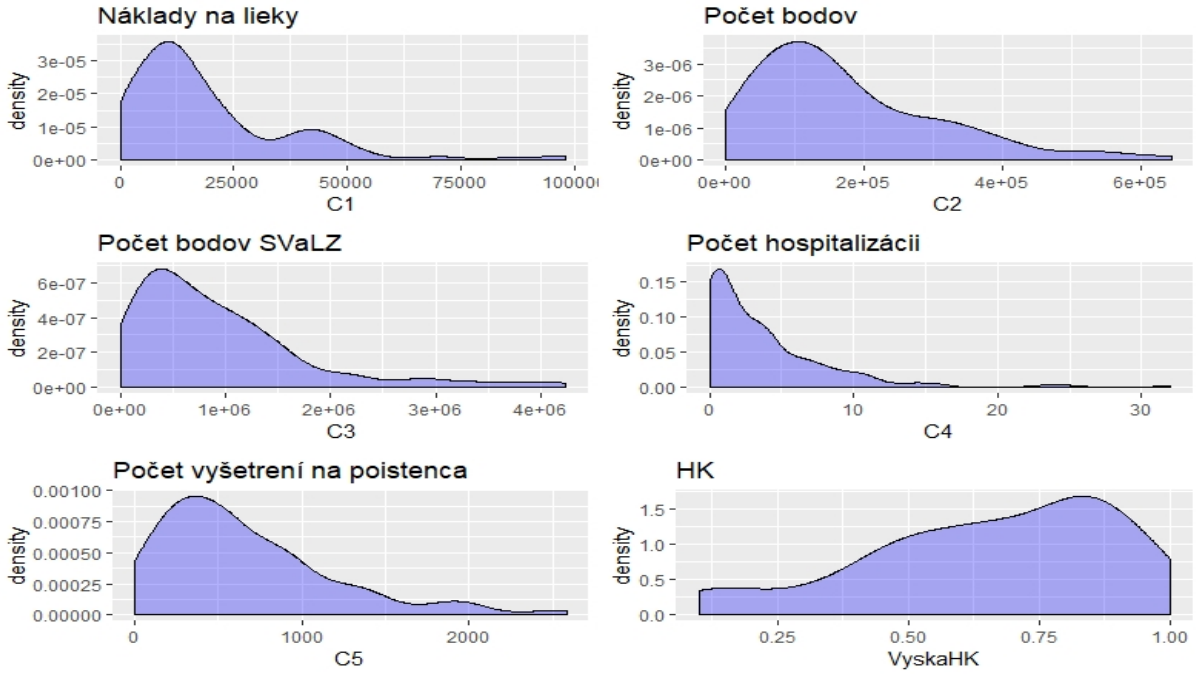
Tiež si môžeme všimnúť pri parametri 4 (Počet hospitalizácii), že skoro všetky hodnoty nadobúdajú hodnotu 0. Naznačuje nám to, že na tento parameter by sme sa mali lepšie pozrieť a zhodnotiť, či má nejakú pridanú hodnotu pre náš model.

Na Obr.6 sme vykreslili qq-ploty, ktoré slúžia ako pomôcka na určenie normality. Pre normálne rozdelené dáta, by vykreslená čiara mala byť priamka, čo nespĺňa ani jeden parameter. Zrejme dáta nepochádzajú z normálneho rozdelenia, čo potvrdil aj Shapiro-Wilk test, kde všetky p-hodnoty vyšli nulové, čiže hypotézu o normálnosti dát sme zamietli.



Obr. 6: QQ-plot pre všetky dáta a všetky parametre

Nakoniec si vykreslíme odhad hustoty dát pre jednotlivé parametre. Z Obr.7 taktiež vidno, že dáta nie sú normálne rozdelené a dokonca ani symetrický rozdelené, čo môže spôsobovať problémy pri určovaní hraníc plnenia, keďže interval I je symetrický okolo priemeru.

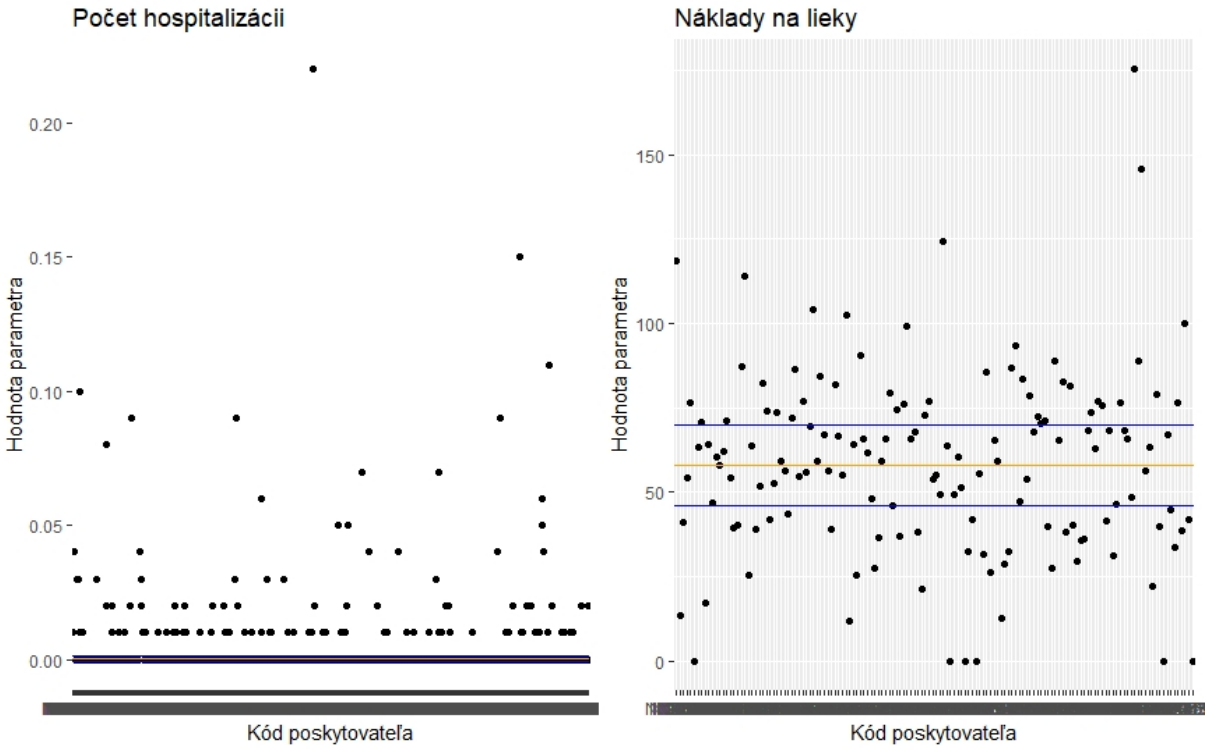


Obr. 7: Odhad hustoty pre dáta a všetky parametre.

Ďalším problémom, ktorý môžeme vidieť na Obr.8 je priraďovanie plnenia za parametre. Na grafe máme znázornené hodnoty pre prvý parameter (náklady na lieky) a štvrtý parameter (počet hospitalizácii).

Najmä pri parametri náklady na lieky si môžeme všimnúť modrú čiaru, ktorou je znázornený interval I, kde poskytovatelia, ktorých hodnoty spadli do intervalu alebo pod neho dostali plnenie 100%. Keď sa ale pozrieme nad hornú hranicu intervalu, niektoré hodnoty sú takmer identické, len o niečo väčšie ako hodnoty, ktoré ešte padli do intervalu. Môže sa zdať nespravodlivé voči niektorým poskytovateľom, ktorí dostali za tento parameter 0%, že hodnota ich parametra je len zanedbateľne vyššia ako hodnota poskytovateľa, ktorý je v intervale a dostal 100%.

Taktiež je na zváženie, prečo poskytovatelia, ktorí majú hodnotu parametra 0 dostávajú za tento parameter plnenie 100% . Ak má poskytovateľ za parameter náklady na lieky hodnotu 0, znamená to, že za polrok nepredpísal žiadny liek alebo nemal žiadneho pacienta. Je teda otázne, či by takýto poskytovatelia mali dostávať plný počet bodov za tento parameter.



Obr. 8: Hodnoty parametra náklady na lieky a počet hospitalizácii spolu s intervalom I

Pri niekotrých odbornostiach pre parameter počet hospitalizácii, na Obr. 8 je znázornené pre odbornosť vnútorné lekárstvo, narazíme na ďalší problém a to ten, že hodnoty pre štvrtý parameter sú všetky takmer nulové. Ako je vidno, takmer všetky hodnoty sú nulové alebo veľmi blízke nule. To spôsobí, že priemer je rovný hodnote 0.00037, ale je tam zopár väčších hodnôt, kvôli ktorým sa zväčší štandardná odchýlka. Hodnota štandardnej odchýlky je 0.0009. Pri výpočte intervalu I spodná hranica nadobúda záporné hodnoty, čo je dosť veľká chyba tohto modelu, keďže parameter nemôže nadobúdať záporné hodnoty. Takisto plnenie tohto parametra na 100% môžu dostať poskytovatelia, ktorý majú hodnotu tohto parametra len takmer nulovú. Preto sa tento parameter zdá byť nie príliš vhodným a zrejme nemá nejakú pridanú hodnotu pre daný model.

4.1.2 Nový model pre Hodnotiaci koeficient

Po tom ako sme analyzovali pôvodný model, skúsime navrhnúť náš nový model. Chceli by sme odstrániť chyby pôvodného modelu, ale taktiež by sme chceli , aby obidva modely vedeli vybrať aspoň najlepších a najhorších poskytovateľov rovnako.

Model, ktorý sme navrhli ponecháva všetky dáta, nevyhadzujeme žiadnych outlierov.

Aby sme nemuseli riešiť problémy s normalitou a symetrickosťou rozdelení parametrov, budeme používať metódy na základe rankovania dát. Výpočet parametrov zostáva rovnaký aj v našom modeli, len parameter číslo 4, čo je počet hospitalizácii nebudeme brať do úvahy, keďže jeho hodnoty sú skoro všetky rovné nule, a tým nemajú pre nás výpovednú hodnotu. Hlavnou zmenou tohto modelu je priradenie plnenia za jednotlivé parametre a aj zmena váh parametrov.

Najväčšou zmenou je priraďovanie plnenia parametrov, ktoré sme navrhli nasledovným spôsobom. Hodnoty parametrov zoradíme podľa veľkosti a priradíme im ranky. Za najlepších poskytovateľov považujeme tých, ktorých hodnoty parametrov sa pohybujú okolo mediánovej hodnoty. To znamená, že ranky najlepších poskytovateľov majú hodnoty blízke hodnote $\frac{n}{2}$, kde n je počet poskytovateľov v danom odbore. Túto je možnosť rozhodnúť sa, ktorých poskytovateľov budeme brať ako najlepších, v našom modeli sme zvolili hodnotu mediánu. V prípade, že by sme chceli odmeniť poskytovateľov, ktorí majú nižšie náklady, môžeme zvoliť za najlepších poskytovateľov, ktorých hodnoty budú napríklad okolo ranku, ktorý určuje 25% -tný kvantil.

Náš Model je navrhnutý tak, aby 20-tim percentám najlepších poskytovateľov priradil hodnotenie 100 percent a aby 12.5 percent najhorších poskytovateľov dostalo hodnotenie 0 percent. Ostatní poskytovatelia, ktorí sa nachádzajú medzi touto hranicou, dostanú počet percent prislúchajúci pozícii ich ranku. Z hodnôt rankov určíme kvantily a podľa toho kde padne rank poskytovateľa, také hodnotenie dostane. Priradenie plnenia je znázornené v Tabuľke 13.

Ďalšou zmenou sú aj váhy pre jednotlivé parametre.

- Parameter 1: Náklady za lieky má váhu $v_1 = 0.4$.
- Parameter 2: Počet bodov za ambulantné výkony má váhu $v_2 = 0.2$.
- Parameter 3: Počet bodov za SVaLZ výkony má váhu $v_3 = 0.2$.
- Parameter 4: Počet vyšetrení na pacienta má váhu $v_4 = 0.2$.

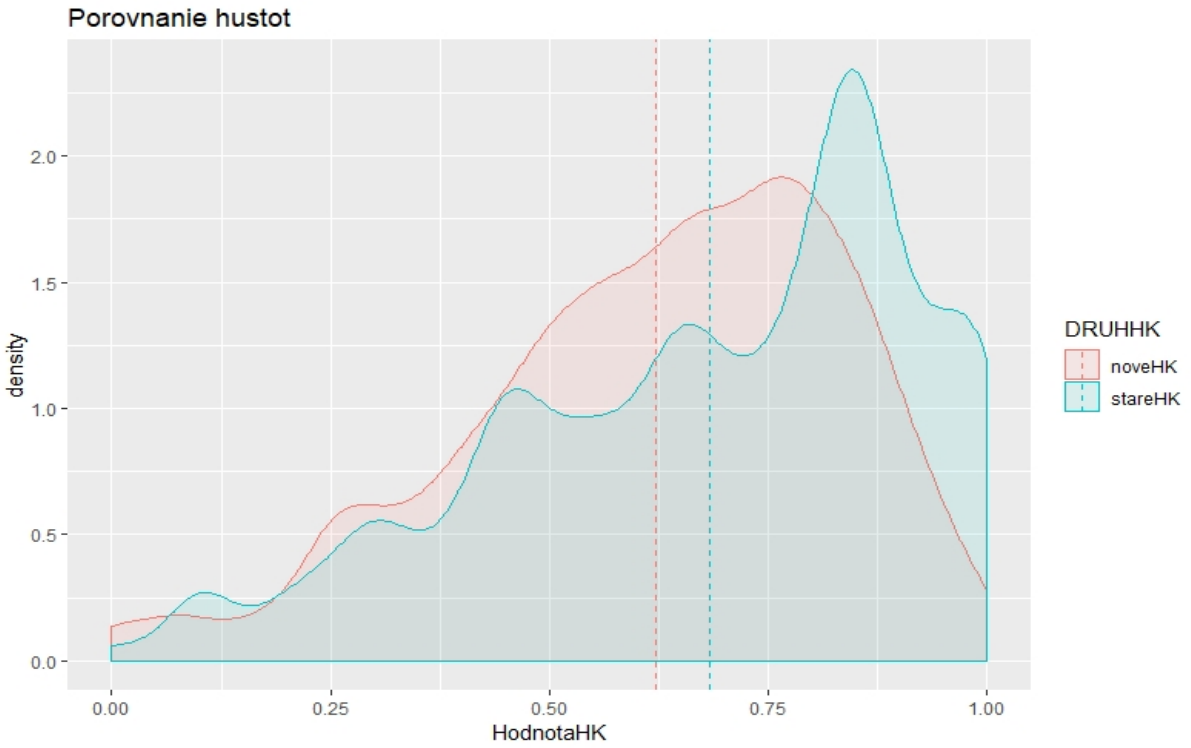
Na Obr.9 sú vykreslené porovnania hustôt pre vypočítané hodnotiace koeficienty pre pôvodný a náš nový model. Môžeme si všimnúť, že sa zmenil tvar hustoty, tiež si však môžeme všimnúť, že priemerná hodnota sa znížila pri našej novej metóde. Keďže rozde-

Tabuľka 13: Priradenie plnenia pre ranky

Hodnota ranku	Plnenie
rank ∈ [40%-tný kvantil, 60%-tný kvantil]	100
rank ∈ [37.5%-tný kvantil, 62.5%-tný kvantil]	95%
rank ∈ [35%-tný kvantil, 65%-tný kvantil]	90%
rank ∈[32.5%-tný kvantil, 67.5%-tný kvantil]	85%
rank ∈ [30%-tný kvantil, 70%-tný kvantil]	80%
rank ∈ [27.5%-tný kvantil, 72.5%-tný kvantil]	75%
rank ∈ [25%-tný kvantil, 75%-tný kvantil]	70%
rank ∈ [22.5%-tný kvantil, 77.5%-tný kvantil]	65%
rank ∈ [20%-tný kvantil, 80%-tný kvantil]	60%
rank ∈ [17.5%-tný kvantil, 82.5%-tný kvantil]	55%
rank ∈ [15%-tný kvantil, 85%-tný kvantil]	50%
rank ∈ [12.5%-tný kvantil, 15%-tný kvantil]	45%
rank ∈ [10%-tný kvantil, 12.5%-tný kvantil]	40%
rank ∈ [7.5%-tný kvantil, 10%-tný kvantil]	35%
rank ∈ [5%-tný kvantil, 7.5%-tný kvantil]	30%
rank ∈ [2.5%-tný kvantil, 5%-tný kvantil]	25%
rank ∈ [85%-tný kvantil, 90%-tný kvantil]	20%
rank ∈ [0, 2.5%-tný kvantil] alebo [90%-tný kvantil, 100%-tný kvantil]	0%

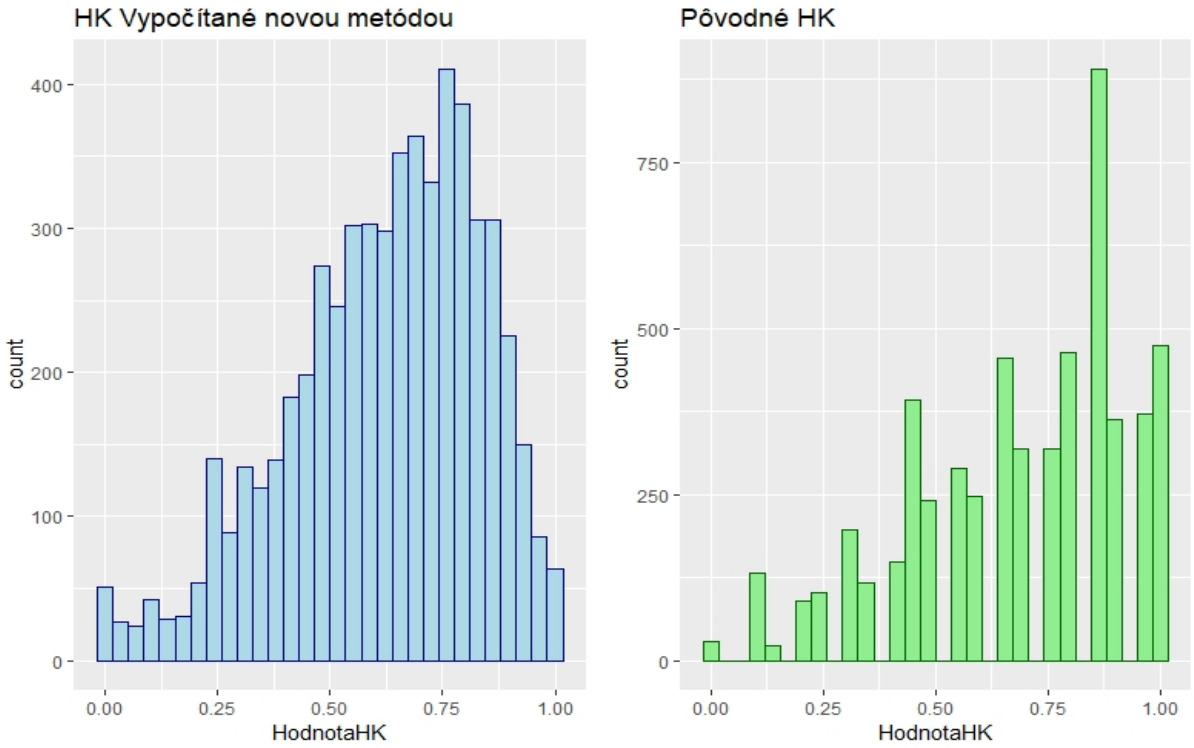
lenie, z ktorého pochádzajú hodnoty nepoznáme, budeme sa snažiť otestovať hypotézu o tom, či nový model naozaj dáva nižšie hodnoty pomocou neparametrických testov.

Porovnanie hodnotiaceho koeficientu vypočítaného pomocou pôvodného aj nového modelu znázorníme na Obr.10, kde sú histogramy HK pre pôvodnú a aj našu novú metódu. Môžeme si všimnúť, že pri oboch metódach väčšina poskytovateľov dosiahla hodnotenie okolo 80 percent. Osobitne sa neskôr pozrieme na najvyššie a najnižšie hodnoty a skúsime sa lepšie pozrieť na jednotlivé hodnoty ich parametrov a vyhodnotiť, ktorá metóda im priradila lepšie hodnotenie. Na Obr.11 sme vykreslili ako sa menili hodnoty pôvodného a nového hodnotiaceho koeficientu pre odbornosť pneumológia a ftizeológia. Je vidno, že

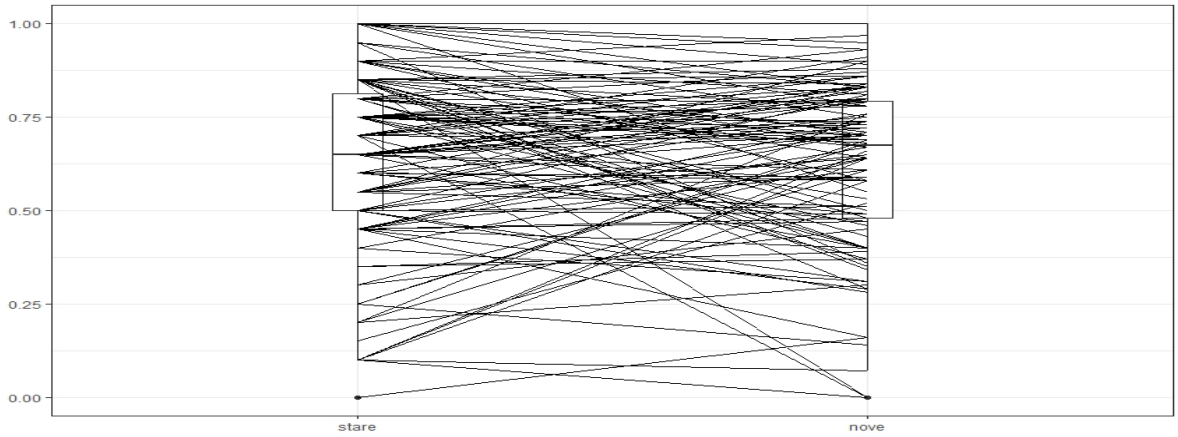


Obr. 9: Porovnanie hustôt pre dva modely výpočtu HK

hodnoty sa menili rôznymi smermi, takže naša nová metóda nebola len o zlepšení alebo zhoršení hodnotenia poskytovateľov, ale rovnako niektorým zlepšila hodnotenie a niektorým zhoršila.

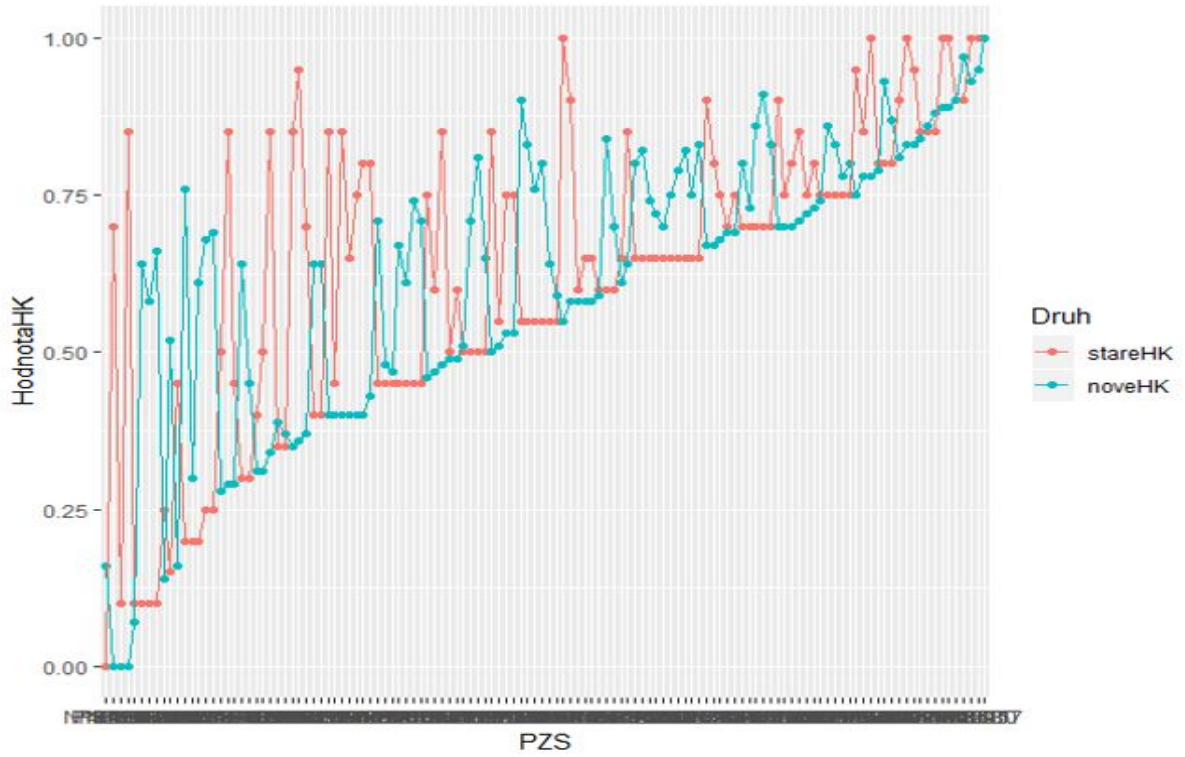


Obr. 10: Porovnanie histogramov pre dva modely



Obr. 11: Znázornenie zmeny hodnoty pôvodných HK na nové HK.

Pre lepšie znázornenie a predstavenie si situácie na Obr.12 sú zakreslené párované hodnoty poskytovateľov pre obidve metódy. Zaujímavé sú hlavne hodnoty poskytovateľov, kde staré HK priradilo poskytovateľom vysoké hodnoty, ale nová metóda im priradila takmer nulovú hodnotu. Na týchto poskytovateľov sa pozrieme neskôr.

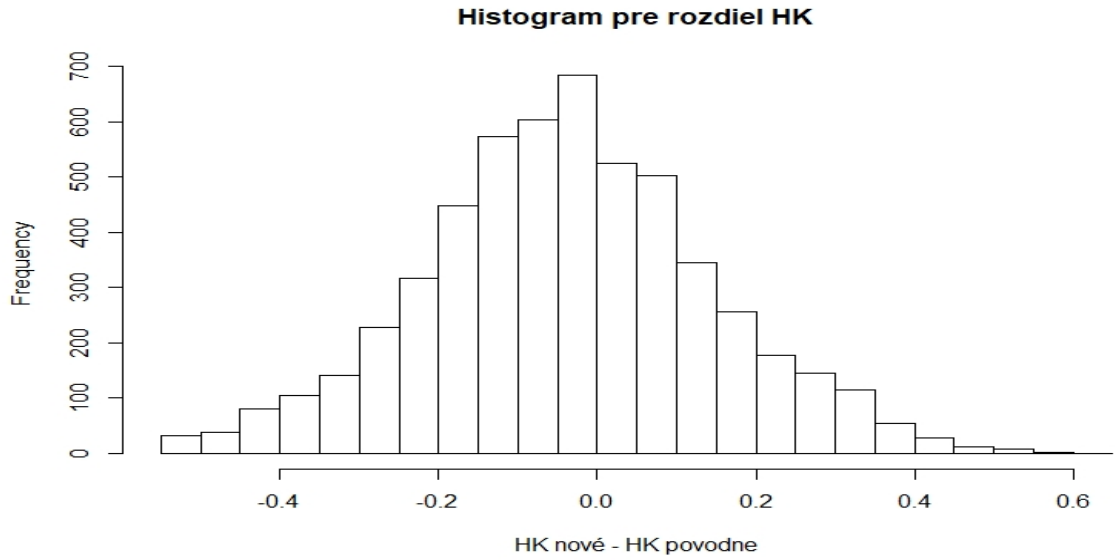


Obr. 12: Porovnanie hodnôt hodnotiaceho koeficientu.

Z Obr.13 môžeme povedať, že rozdiel hodnôt HK pôvodného a nového modelu pochádza zo symetrického rozdelenia, tak na porovnanie našej novej metódy s pôvodným modelom použijeme Wilcoxonov párový rank sum test. Priemerné hodnoty pre tieto metódy sú nasledovné :

Priemer pre nový model:62.12%

Priemer pre pôvodný model:68.24%



Obr. 13: Rozdiel HK pre pôvodný a nový model pochádza zo symetrického rozdelenia .

Otestujeme, či naozaj môžeme povedať, že naša nová metóda priraďuje poskytovateľom nižšie hodnoty HK. Naše hypotézy znejú :

$H0$: Pôvodný model priraďuje nižšie hodnoty HK ako nový model.

$H1$: Pôvodný model priraďuje vyššie hodnoty HK ako nový model.

Výsledok testu je nasledovný:

W^+	10181000
N	5622
p-value	0

Testovali sme vlastne hypotézu, či medián pôvodnej metódy je väčší ako medián novej metódy. P-value nám po zaokrúhlení softvérom vyšla rovná 0, teda zamietame hypotézu $H0$ a platí hypotéza $H1$, že pôvodný model priraďuje poskytovateľom vyššie hodnoty HK. To bolo zrejme spôsobené tým, že sme poskytovateľom s nízkymi nákladmi priradili menšie plnenie. Určovať hodnoty plnenia pre dané ranky je možnosť ako zvýšiť, respektíve znížiť priemernú hodnotu HK. Taktiež je to možnosť sa rozhodnúť, ako veľmi chceme odmeňovať poskytovateľov s nízkymi a vysokými nákladmi.

Pri pohľade na Tabuľku 14 máme zobrazené hodnoty pre 5 najhorších poskytovateľov pre odbornosť pneumológia a ftizeológia, všetkých poskytovateľov v danej odbornosti bolo

Tabuľka 14: 5 poskytovateľov s najhorším HK pre novú metódu

Poradie	R1	R2	R3	R5	P1	P2	P3	P5	Nové HK	Staré HK
1	3.5	3	3.5	3	0	0	0	0	0	0.85
2	141	142	143	136	0	0	0	0	0	0.1
3	3.5	3	3.5	3	0	0	0	0	0	0.85
4	3.5	3	3.5	3	0	0	0	0	0	0.85
5	3.5	3	3.5	3	0	0	0	0	0	0.85

Tabuľka 15: 5 poskytovateľov s najlepším HK pre novú metódu

Poradie	R1	R2	R3	R5	P1	P2	P3	P5	Nové HK	Staré HK
144	51	86	67	81	0.9	1	1	1	0.965	1
143	86	76.5	97	57	1	1	0.85	0.95	0.9625	1
142	91	83	87	72	0.9	1	0.95	1	0.955	1
141	63	57	96	51.5	1	0.95	0.85	0.9	0.94	0.9
140	73	85	94	43.5	1	1	0.85	0.8	0.94	1

144. Skratka R znamená Rank a číslo predstavuje číslo parametra. Napríklad R1 znamená hodnota ranku pre prvý parameter, t.j. náklady na lieky. Podobne skratka P znamená Plnenie.

Hneď prvá hodnota v tabuľke najhorších poskytovateľov je poskytovateľ, ktorému nový model priradil hodnotu 0, ale pôvodný model mu priradil hodnotu HK na úrovni 85%. Pozrime sa však bližšie na hodnoty rankov. Pre parameter 1 má rank hodnotu 3.5, čo znamená, že hodnota tohto parametra bola medzi jednou z najnižších. konkrétne poskytovateľ mal nulové náklady na lieky, preto sme spokojný s tým, že podľa nového modelu dostal plnenie 0. Táto hodnota by taktiež bola zaradená ako outlier pre pôvodný model, kde by však dostal plnenie 100%, keďže nulová hodnota bude určite ležať pod intervalom I. Pre parameter 2, počet bodov za výkony je hodnota ranku 3. To znamená, že v počte bodov za pacienta mal poskytovateľ taktiež jednu z najnižších hodnôt parametra. Ďalšie dva parametre sú podobný prípad ako parameter číslo 1 a 2. V prípade určovania najhorších poskytovateľov sa ukázala nová metóda lepšia ako pôvodná, keďže outlierom vždy dá

hodnotu 0%. Teda poskytovatelia, ktorí nemali žiadne údaje, respektíve všetky parametre mali hodnotu 0 dostali v starom modeli hodnotiaci koeficient na úrovni približne 80%. Toto sa nám podarilo odstrániť novým modelom a teda poskytovatelia, ktorí sú zaradení ako outliery dostávajú nižšie hodnotenie.

V prípade, že by poskytovatelia nesúhlasili s tým, že tento model akokeby trestal poskytovateľov za ich nulové náklady, je tu možnosť nastaviť rôzne plnenie pre dané ranky. Treba však podotknúť, že v situácii, kde pre nejakú odbornosť je priveľa poskytovateľov s nulovými nákladmi, tak hodnota ranku, ktorá im prislúcha bude priemer rankov, ktoré by dostali, keďže pri rankovaní hodnôt nastali ties. Napríklad, ak 30 poskytovateľov má v rámci nejakej odbornosti nulové náklady, tak každý z týchto poskytovateľov dostane rank 15.5, a teda nemusí dostať nulové plnenie za tento parameter, keďže hodnota 15.5 sa môže dostať do intervalu, v ktorom dostáva určité percento za tento parameter.

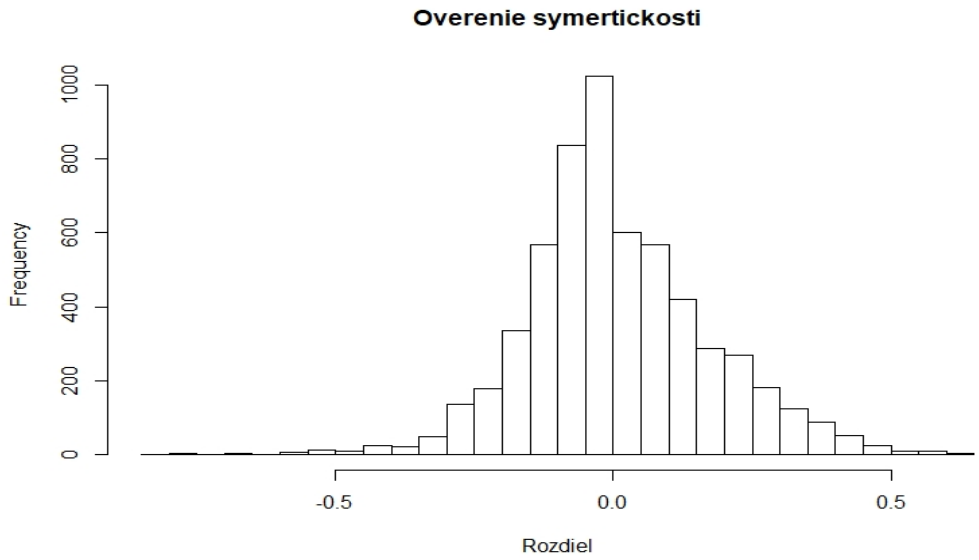
Pri vyhodnocovaní najlepších poskytovateľov je situácia nasledovná. V Tabuľke 15 máme zobrazených päť najlepších poskytovateľov. Pozrieme sa na najlepšieho poskytovateľa. Ten dostal podľa nového modelu hodnotenie 96.5%. Počet všetkých poskytovateľov je 144, čiže rank mediánu je $144/2 = 72$. Ako vidíme, až na prvý parameter dostal poskytovateľ za všetky parametre hodnotu plnenia 100%, keďže aj hodnoty rankov sa pohybovali okolo čísla 72 a 20% najlepších hodnôt dostáva plnenie 100% pre každý parameter. Aj zvyšní najlepší poskytovatelia v tabuľke dostali podobné hodnotenia. S úlohou vybrať najlepších poskytovateľov si oba modely poradili podobne s čím sme spokojní.

Stabilita modelu

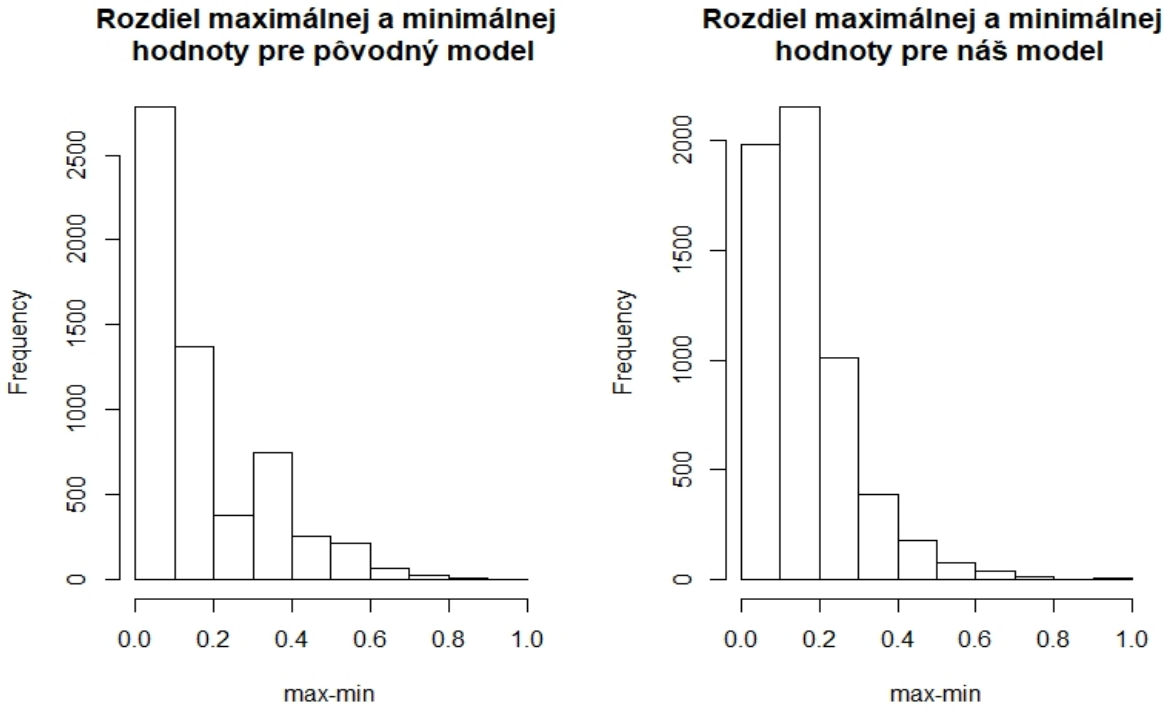
Ako na poslednú vlastnosť sa pozrieme na stabilitu modelu. Chceli by sme, aby poskytovatelia dostávali každý štvrťrok približne rovnaké hodnotenie alebo, aby hodnotenie odrážalo postupne zlepšovanie, respektíve zhoršovanie. Neboli by sme spokojný s modelom, ktorý by dával hodnotenia jednotlivým poskytovateľom s veľkým rozptylom.

Stabilitu budeme testovať nasledovným spôsobom. Vypočítame HK pre poskytovateľov za posledný kvartál roku 2017 a všetky 4 kvartály roku 2018. Takto dostaneme pre poskytovateľa 5 hodnôt HK, z ktorých určíme maximálnu a minimálnu hodnotu. Maximálnu hodnotu odčítame od minimálnej a pre stabilný model by tieto hodnoty rozdielu mali byť blízko 0. Pre model s väčším rozptylom by hodnoty rozdielu maximálnej a minimálnej hodnoty HK mali byť väčšie, v najhoršom prípade blízke 1.

Toto sa pokúsime overiť na pôvodnom modeli a na našom novom modeli. Otestujeme, či niektorý z nich je stabilneší. Na Obr. 15 vidíme histogramy, ktoré znázorňujú rozdiely medzi maximálnou a minimálnou hodnotou HK pre posledných 5 období.



Obr. 14: Overenie symetrickosti pre porovnanie stability modelov.



Obr. 15: Rozdiel maximálnej a minimálnej hodnoty HK za 5 posledných období.

Chceli by sme zistiť, ktorý model je stabilnejší. Na to môžeme opäť použiť Wilcoxonov párový sum rank test. Musíme, však overiť, či dáta, ktoré chceme testovať pochádzajú zo symetrického rozdelenia. To môžeme potvrdiť z Obr.14. Keďže dáta pochádzajú zo symetrického rozdelenia, tak otestujeme hypotézu:

$$H0 : \text{Pôvodný model je stabilnejší ako nový model}$$
$$H1 : \text{Nový model je stabilnejší ako pôvodný model}$$

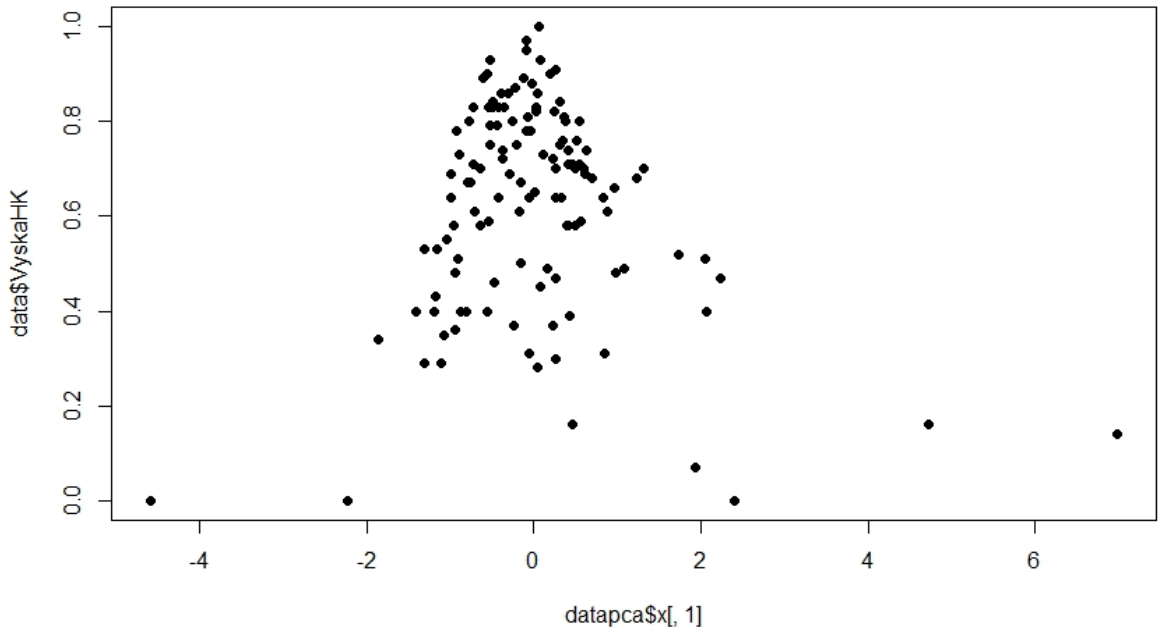
Otestujeme vlastne, či rozdiel maximálnej a minimálnej hodnoty HK pre párové hodnoty je štatistický významný pre pôvodný model a náš model. Po vykonaní testu dostávame výsledky, ktoré sú v tabuľke. Z výsledkov testu a p-hodnoty 0.04579 vyplýva, že hypotézu $H0$ zamietame na hranici 5%. Teda štatistický sa nám potvrdilo, že Nový model je stabilnejší ako pôvodný model.

W^+	7883600
N	5543
p-value	0.04579

Metóda hlavných komponentov Naša metóda sa skladá zo 4 hodnôt parametrov, takže každému poskytovateľovi by sme vedeli priradiť nejaký bod v 4 rozmernom priestore. Keďže 4 rozmerný priestor nevieme zakresliť, chceli by sme nejako zredukovať túto dimenziu. Na toto nám poslúži analýza hlavných komponentov. Pomocou nej skúsime znázorniť poskytovateľov do jedno, respektíve dvoj rozmernej sústavy a skúsiť sa pozrieť na to, či nám tento pohľad neukáže nejaký vzor ako nájsť najlepších, respektíve najhorších poskytovateľov. O tejto metóde sme napísali teóriu v druhej kapitole. Teraz si ukážeme výsledky na našich dátach pre odbornosť pneumológia a ftizeológia. Po aplikovaní metódy hlavných komponentov sme dostali 4 vlastné čísla a k nim prislúchajúce vlastné vektory, ktoré sú zapísané v matici U.

$$\lambda_1 = 1.395 \quad \lambda_2 = 1.074 \quad \lambda_3 = 1.006 \lambda_4 = 0.526$$

$$U = \begin{pmatrix} 0.684 & -0.342 & -0.081 & -0.639 \\ -0.204 & 0.244 & -0.919 & -0.233 \\ 0.688 & 0.247 & -0.248 & 0.636 \\ 0.130 & 0.873 & 0.296 & -0.365 \end{pmatrix}$$



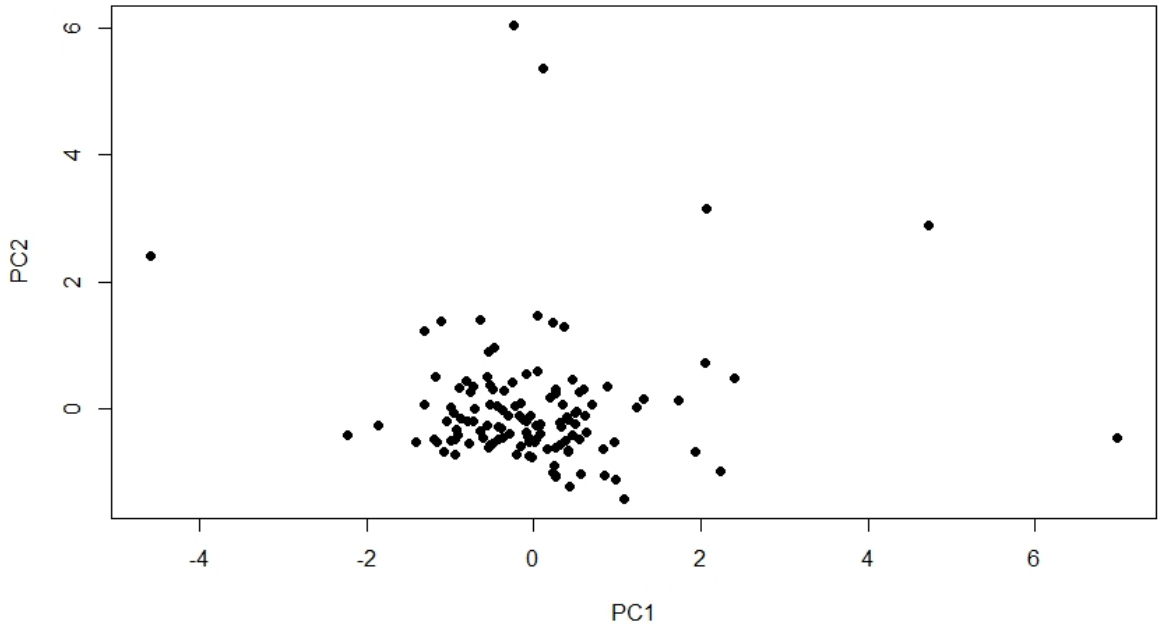
Obr. 16: Porovnanie prvej hlavnej komponenty a hodnotiaceho koeficientu.

V Tabuľke 16 sme vypísali aký počet variancie zachytili jednotlivé komponenty. Vidíme, že prvá hlavná komponenta zachytila najviac variancie, takmer 35 percent. Nie je to veľmi veľa, ale skúsime si vykresliť graf medzi prvou komponentou a výškou HK pre našu novú metódu a pozrieť sa, či je tam nejaký vzťah medzi týmito hodnotami. Ako sa dalo čakať, keďže prvá hlavná komponenta zachytila iba 35% variancie, tak na Obr.16 nie je viditeľný nejaký jasný vzor ako určovať hodnotu hodnotiaceho koeficientu na základe prvej hlavnej komponenty. Zaujímavé je však pozrieť sa na najhorších poskytovateľov, ktorých by sme dokázali určiť aj podľa prvej hlavnej komponenty. Sú to vlastne čísla najviac vzdialené od nulovej hodnoty. Inak sú takmer všetky hodnoty sústredené okolo čísla 0.

Dokopy dve hlavné komponenty zachytili 61 percent variancie, čo je dvakrát viac ako iba jedna komponenta. Opäť by sme mohli z Obr.17 identifikovať najhorších poskytovateľov, to sú tí, čo sú najviac vzdialení od stredu súradnicovej sústavy $[0, 0]$. Inak nám však tento obrázok veľmi nepomôže k hodnoteniu poskytovateľov.

Tabuľka 16: Zachytenie variancie pomocou hlavných komponentov

α_1	α_2	α_3	α_4
34.8%	61.7%	86.9%	100%



Obr. 17: Zobrazenie prvej a druhej hlavnej komponenty v 2D obrázku.

Zhodnotenie nášho modelu Náš model, ktorý sme navrhli ako alternatívu k pôvodnemu výpočtu HK sa ukazuje ako uspokojivý. Veľkou výhodou je, že nemusí predpokladať symetrické rozdelenie hodnôt parametrov, ale priraďuje plnenie na základe rankov. Toto priraďovanie je spravodlivejšie k poskytovateľom, keďže nie je závislé iba na tom, či hodnota padne do intervalu. Náš model sa ukázal aj ako stabilnejší vzhľadom na dlhšie obdobie hodnotenia. Nevýhodou môže byť, že náš model dáva nižšie hodnotenia ako pôvodný model. S týmto môžu mať poskytovatelia problém, pretože pre nich to znamené menšie finančné hodnotenie. Je tu však možnosť na zmenu váh pre jednotlivé parametre alebo na zmenu intervalov plnenia pre ranky. Týmto sa môže priemerná hodnota HK meniť.

4.2 Modely pre Total cost of care TCC

Pri všeobecných lekároch sa opäť budeme zaoberať iba parametrom efektívnosti, čo je vlastne parameter TCC. Za parametre inovácii a kvality sú poskytovatelia priamo odmeňovaný podľa toho, či tieto parametre plnia alebo nie. Tieto parametre nie sú ovplyvňované výkonom ostatných poskytovateľov.

Výpočet pre parameter TCC sme si predstavili v predošlej kapitole. Myšlienka tohto výpočtu sa zdá byť veľmi dobrá, keďže berie do úvahy celkové náklady prepočítané na rizikovo váženého pacienta. V praxi sa však ukazuje, že tento parameter je veľmi nestabilný a jeho hodnoty sa výrazne poskytovateľom menia každý štvrťrok bez toho, aby urobili nejakú zásadnú zmenu pri výkone poskytovania zdravotnej starostlivosti.

Dôvodom pre túto nestabilitu je zrejme nedostatočný počet kapitovaných pacientov, ktorých majú jednotlivý poskytovatelia. Ako príklad si môžeme uviesť poskytovateľa, ktorý má 100 kapitovaných pacientov vo veku od 20 do 30 rokov, čo sú pacienti, ktorých náklady sú veľmi nízke. Vo väčšine prípadov iba preventívne prehliadky, poprípade menšie vyšetrenia. V prvom štvrťroku, ku ktorému sa výpočet robí sú priemerné ročné náklady v priemere okolo 10 eur, tým pádom aj hodnota TCC pre tohto lekára je vysoká. Môže sa však stať, že jeden z jeho pacientov bude mať veľmi komplikovaný úraz, a teda jeho liečba bude veľmi nákladná. Tým pádom sa celkové náklady na liečbu pacientov pre tohto lekára rapídne zvýšia, a teda mu hodnota TCC poklesne bez toho, aby to lekár mohol nejako ovplyvniť kvalitou svojich služieb.

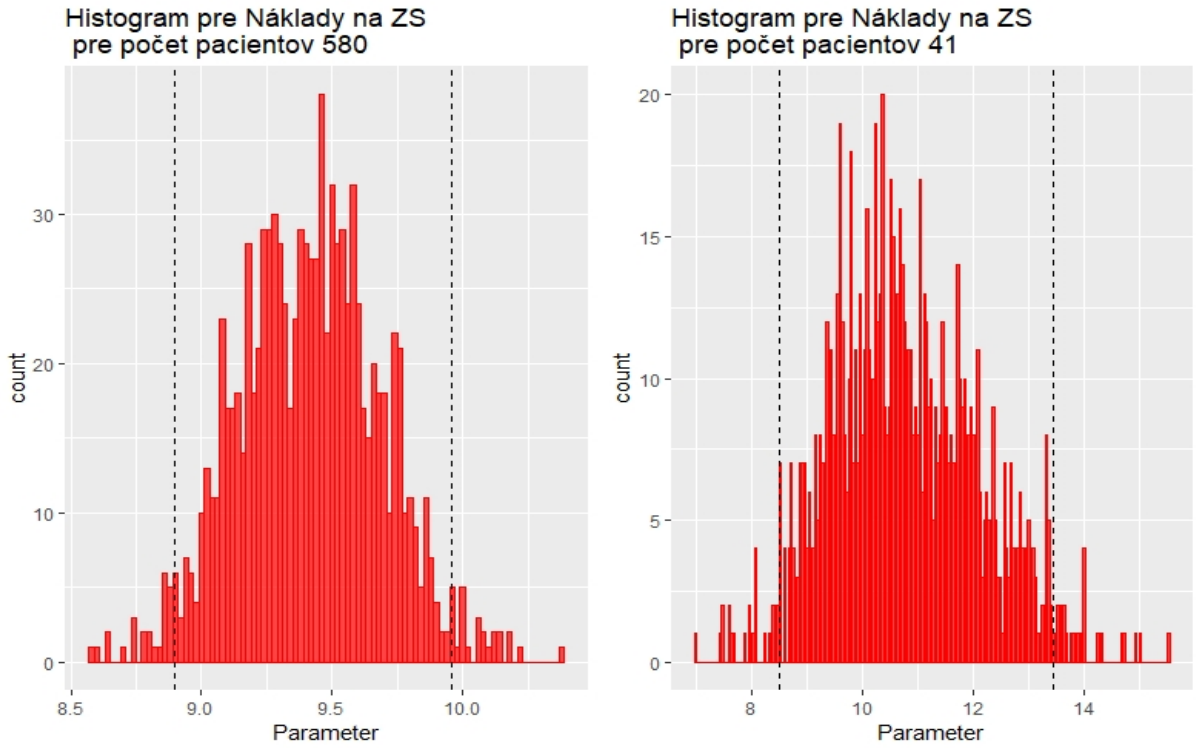
Predchádzajúci príklad nám ukázal ako veľmi hrá náhoda rolu pri určovaní parametra TCC. Pomocou rôznych pohľadov na tento parameter sa skúsime nahliadnuť na túto problematiku a analyzovať hlavné nedostatky a skúsiť navrhnúť možné zlepšenia, keďže myšlienka pri výpočte TCC sa zdá byť rozumná a mala by vedieť ohodnotiť poskytovateľov podľa kvality poskytovania služieb.

4.2.1 Metóda Bootstrap

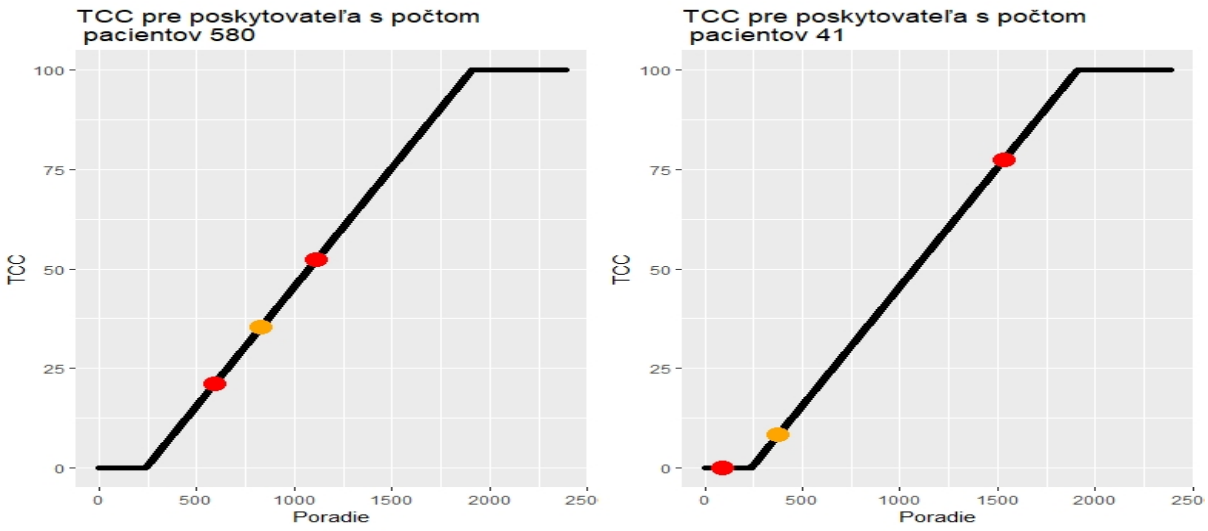
Metódu bootstrap použijeme na určenie intervalov spoľahlivosti pre parameter TCC. Budeme sa zaoberať odbornosťou všeobecné lekárstvo. Pre každého lekára máme dáta s informáciou, aké boli náklady na každého jeho pacienta a hodnotu koeficientu rizika pacienta pre každý mesiac za posledný rok, ku ktorému sa výpočet robí. Z týchto hodnôt

vieme vypočítať parameter TCC. Použitím metódy bootstrap si vyrobíme 1000 nových sád z pôvodných dát. Z pôvodnej sady s opakovaním vyberieme rovnaký počet dát ako mala pôvodná sada, a toto opakujeme 1000-krát. Pre každú sadu vypočítame parameter TCC, to je vlastne súčet nákladov na liečbu za jednotlivé mesiace pre všetkých pacientov podelený súčtom koeficientov rizika pacienta pre jednotlivý mesiac. Takto dostaneme 1000 parametrov TCC, tieto zoradíme zostupne a určíme 2.5%-tný a 97.5%-ný kvantil. To bude vlastne 25. najnižšia a 25. najvyššia hodnota z 1000 parametrov, ktoré sme vypočítali. Takto dostaneme interval spoľahlivosti pre parameter TCC na hladine významnosti 95%.

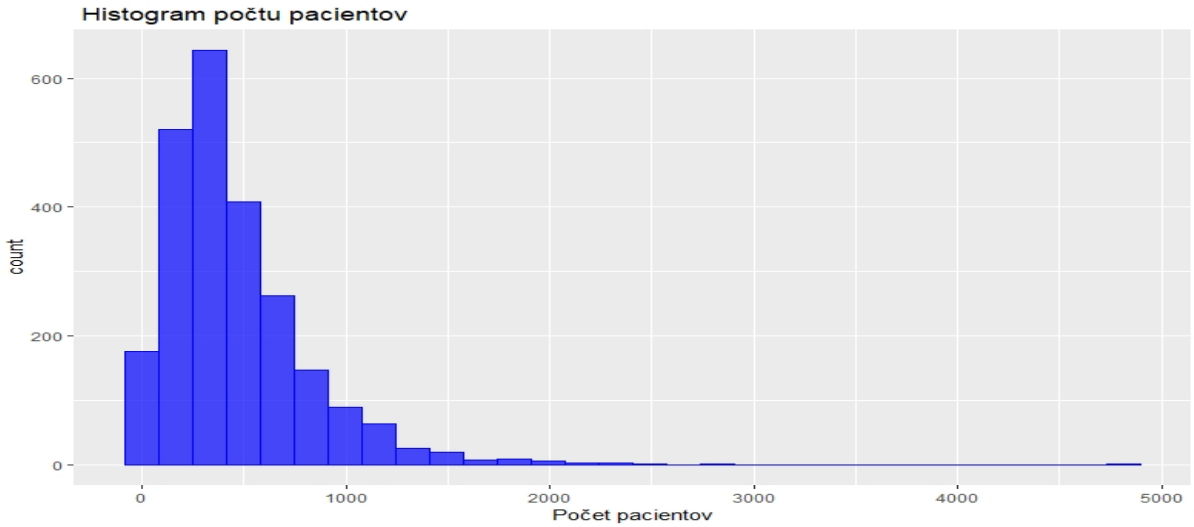
Na konkrétnych dvoch poskytovateľoch si ukážeme ako tieto 95%-tné intervaly spoľahlivosti vyzerajú v závislosti od počtu kapitovaných pacientov. Na Obr.18 sú znázornené hodnoty parametrov TCC pre dvoch poskytovateľov. Prvý má 580 kapitovaných pacientov a druhý 41. Môžeme si všimnúť, že čím viac pacientov poskytovateľ má, tým užší je aj interval spoľahlivosti pre parameter TCC. Pri širšom intervale spoľahlivosti bude aj hodnota plnenia TCC viac nestabilná. Na Obr.19 sme zakreslili hodnoty plnenia TCC pre všetkých lekárov pričom sme zvýraznili oranžovou farbou hodnotu plnenia TCC pre naších vybraných lekárov. Červenou farbou sme znázornili ako by sa zmenila hodnota plnenia TCC za predpokladu, že hodnota parametra TCC by nadobúdala hraničné hodnoty intervalov spoľahlivosti. Z obrázka je vidno, že pri poskytovateľovi s malým počtom pacientov hodnota plnenia TCC nadobúda hodnoty medzi intervalom 0 až 78%. Tu jasne vidno, že pri poskytovateľoch s malým počtom pacientov je táto metóda veľmi ovplyvnená náhodou a plnenie TCC môže nadobúdať rôzne hodnoty a neodzrkadľuje výkon poskytovateľa.



Obr. 18: Histogramy pre parameter TCC a zvýraznené intervaly spoľahlivosti.



Obr. 19: Hodnota plnenia TCC + zvýraznené hodnoty plnenia TCC pre hraničné hodnoty intervalu spoľahlivosti.

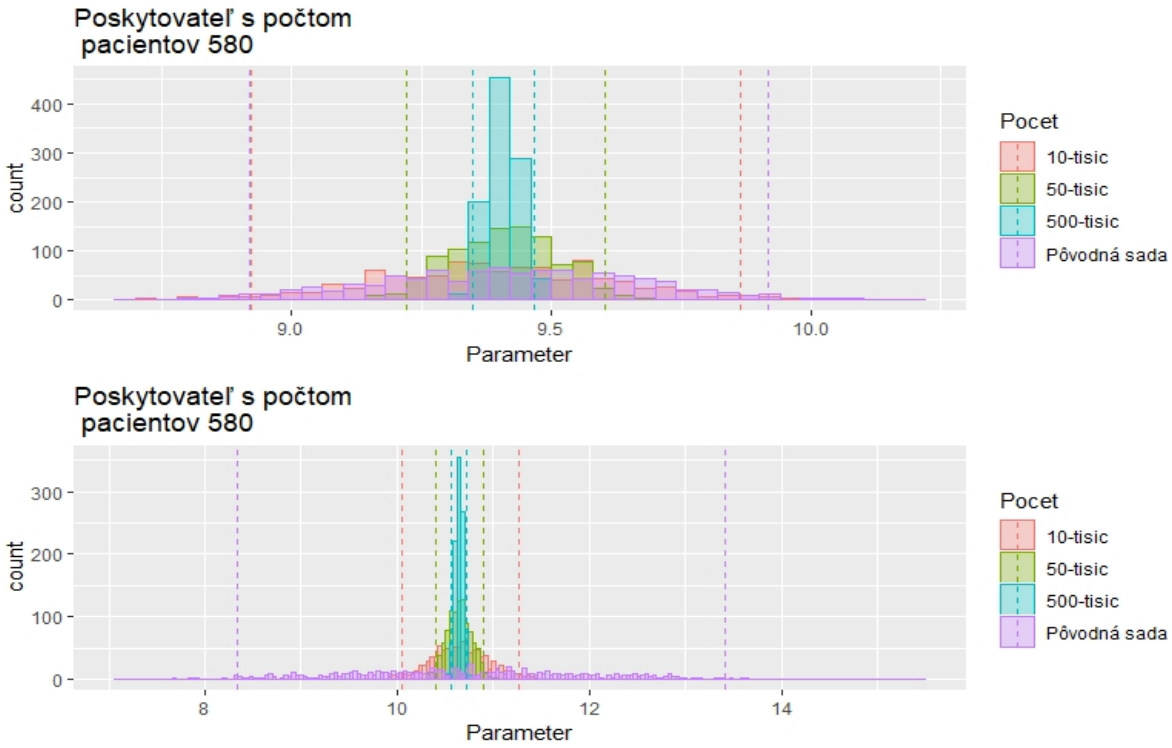


Obr. 20: Počet kapitovaných pacientov pre poskytovateľov.

Keďže problémom, ktorý nevieme odstrániť je malý počet pacientov, pre niektorých poskytovateľov musíme nájsť nejaké riešenie ako vyriešiť tento problém. Na Obr.20 je znázornené koľko kapitovaných pacientov majú jednotlivý poskytovatelia. Z histogramu vidno, že veľká väčšina poskytovateľov má medzi 300-600 kapitovaných pacientov. Priemerná hodnota je približne 455 pacientov.

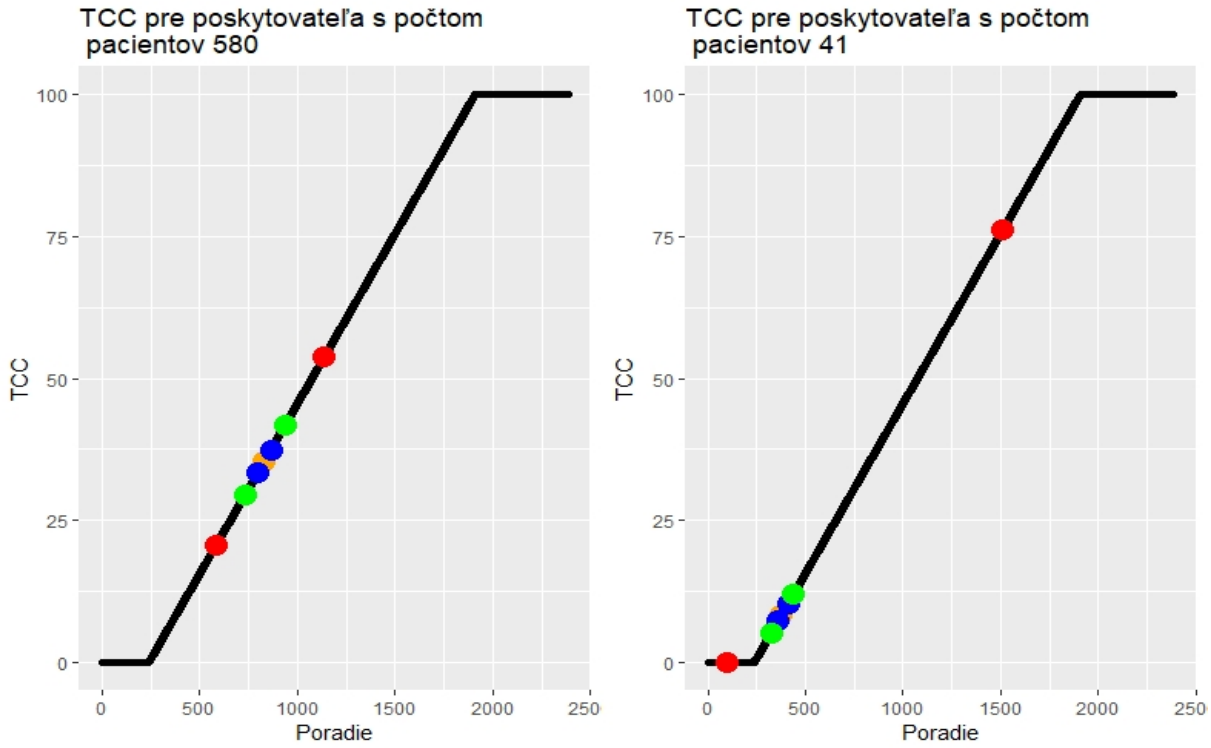
Najjednoduchšiu metódu, ktorou sa budeme snažiť vyriešiť problém s malým počtom pacientov je taktiež bootstrap. Budeme postupovať ako v predošlom prípade, zmena však bude v tom, že do novej sady nevyberieme taký počet dát ako boli pôvodné dáta, ale vyberieme postupne 10 000 , 50 000 a 500 000 dát. Pôvodné dáta obsahujú dáta pre každého pacienta za každý mesiac za posledný rok. To znamemá, že každý pacient sa v pôvodnej sade nachádza 12-krát, až na prípady, keď v priebehu roka zmenil poskytovateľa. Teda hodnoty 10 000, 50 000 a 500 000 zodpovedajú nasledovnému počtu pacientov 833, 4 166 a 41 666.

V prípade poskytovateľa, na ktorého sme sa pozreli mal 580 pacientov, jeho pôvodná sada obsahovala 6 901 dát. Teraz pomocou bootstrapu vyberieme s opakovaním 10 000 hodnôt z pôvodnej sady a tým dostaneme prvú sadu z ktorej vypočítame parameter TCC. Takto vyberieme do každej sady 10 000 hodnôt z pôvodnej sady, pričom každá hodnota sa vyberá z pôvodnej sady s rovnakou pravdepodobnosťou. Na Obr.21 môžeme vidieť ako sa interval spoľahlivosti zúži keď výpočet parametra TCC vychádza z väčšieho počtu dát.

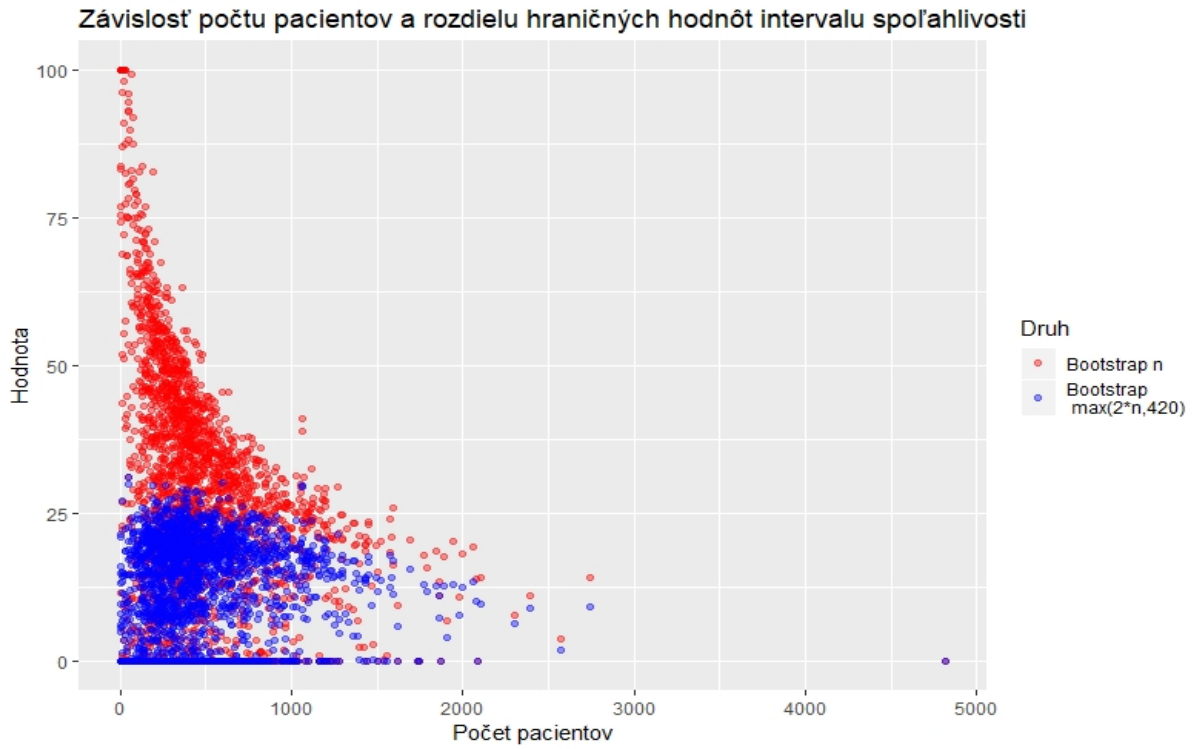


Obr. 21: Intervaly spoľahlivosti TCC pre Bootstrap s rôznym počtom výberu dát.

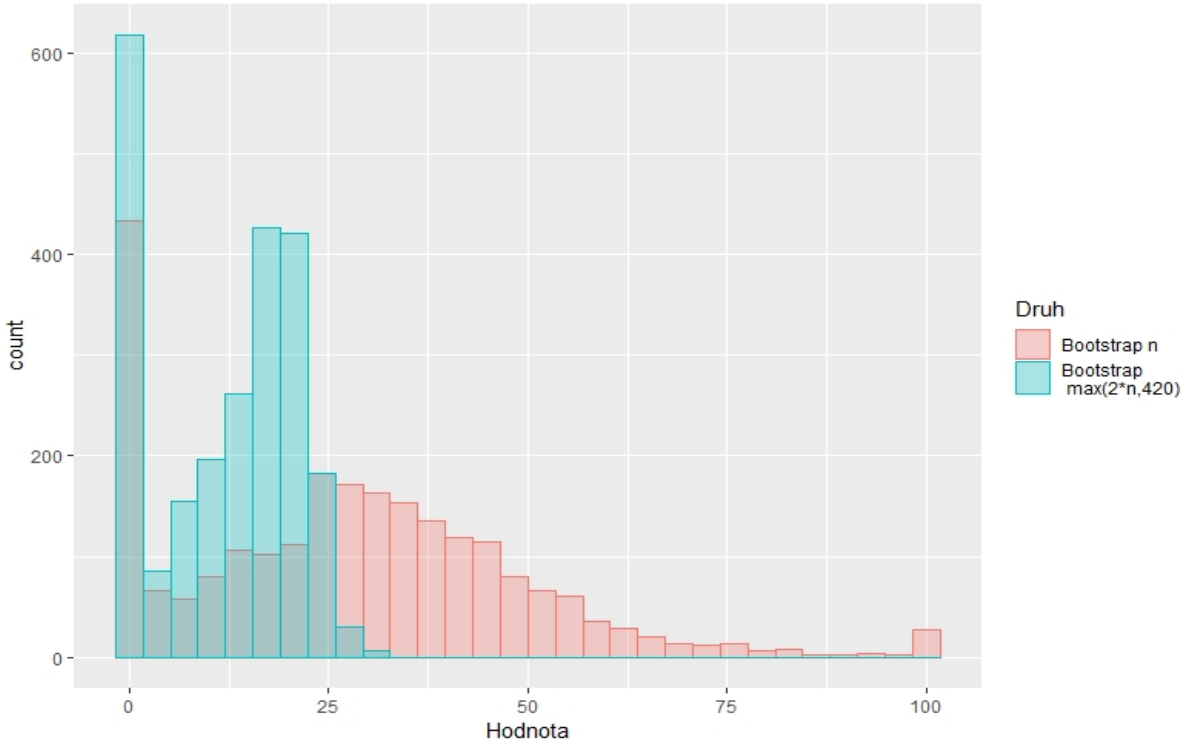
Na Obr. 22 je oranžovou farbou znázornená hodnota plnenia TCC, ďalej sme vyznačili hraničné hodnoty intervalu spoľahlivosti pri výpočte metódou bootstrap. Červenou farbou sú zvýraznené hodnoty pre bootstrap, kde sme vyberali do sady pôvodný počet dát, zelené body sú hranice intervalou spravodlivosti pre bootstrap, kde sme vyberali do sady 50 000 dát a modrou farbou, keď sme do sady vyberali 500 000 dát. Z obrázka vidno, že čím väčší počet dát tým sa aj hodnota plnenia TCC stáva stabilnejšia.



Obr. 22: Intervaly spoľahlivosti plnenia *TCC* pre bootstrap s rôznym počtom výberu dát.



Obr. 23: Závislosť rozdielu plnenia TCC pre hornú a dolnú hranicu intervalu spoľahlivosti a počtu pacientov



Obr. 24: Histogram šírky intervalov spoľahlivosti.

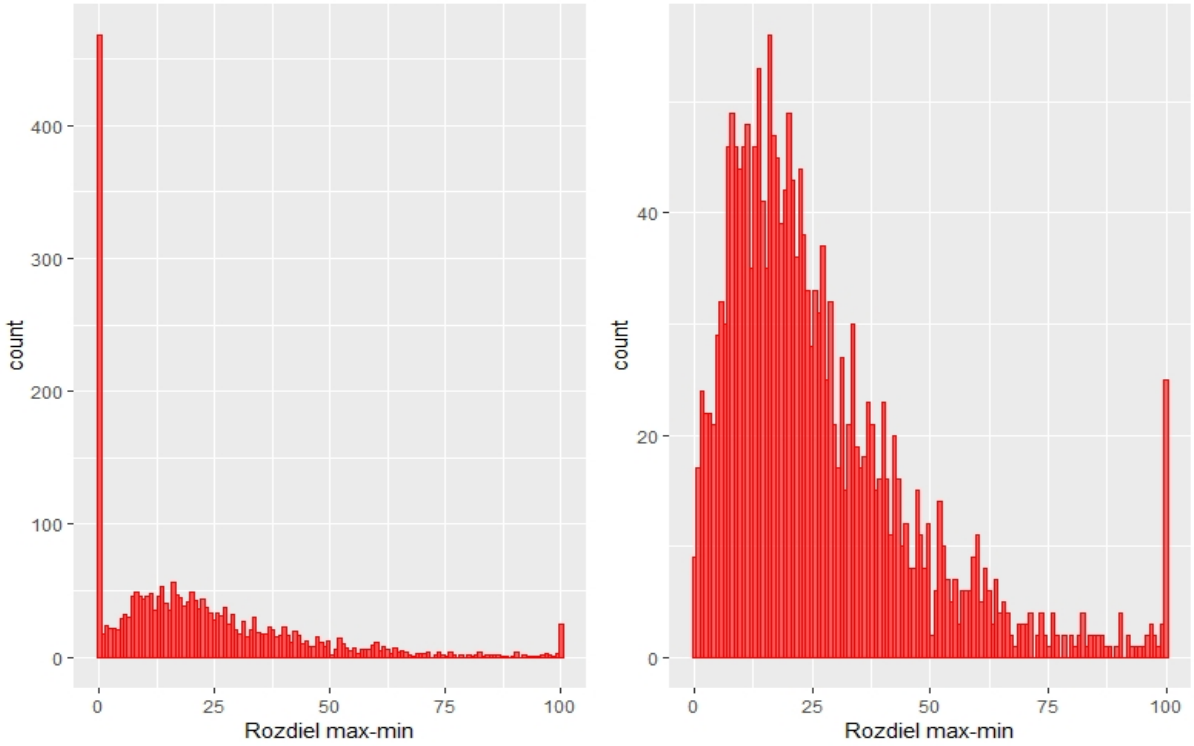
Z predchádzajúcich obrázkov sa zdá, že čím viac pacientov má poskytovateľ, tým má stabilnejšie hodnoty TCC. Skúsime sa pozrieť, ako to vyzerá, keď pomocou metódy bootstrap určíme interval spoľahlivosti pre parameter TCC a pre hornú a dolnú hranicu intervalu vypočítame plnenie TCC. Následne odpočítame plnenie TCC, ktoré vyšlo pri hornej hranici od plnenia TCC, ktoré vyšlo pri dolnej hranici. Predpokladáme, že pri poskytovateľoch s väčším počtom pacientov tento rozdiel bude nižší ako pri poskytovateľoch s nižším počtom pacientov. Teda šírka intervalu spoľahlivosti je užšia pri poskytovateľoch s väčším počtom kapitovaných pacientov. Na Obr. 23 je červenou farbou znázornnená závislosť rozdielu plnení TCC pre hornú a dolnú hranicu intervalu, kde sme použili metódu bootstrap a do nových sád sme vyberali rovnaký počet dát ako bola pôvodná sada, teda n. Modrou farbou je znázornené to isté, ale nové sady pomocou metódy bootstrap sme vyberali tak, aby počet vyberaných hodnôt bol $max(2 * n, 5000)$. Keďže takmer každý pacient má za rok v pôvodnej sade 12 údajov, každá za jeden mesiac, tak 5000 údajov predstavuje približne 420 pacientov. Už z Obr.23 vidno, že čím väčší je počet pacientov, tým užší je interval spoľahlivosti. Taktiež pri bootstrape, kde sme vyberali väčšie sady, a tak sme sa snažili veľmi jednoducho nasimulovať situáciu, že poskytovateľ má dvakrát

viac pacientov tieto intervaly vyšli užšie.

Z histogramu na Obr. 24 vidno, že pri metóde bootstrap, kde sme vyberali rovnako veľké sady sú intervaly spoľahlivosti širšie ako keď sme vyberali do sady $max(2 * n, 5000)$ dát. Toto by sme mohli otestovať pomocou neparametrického Sign testu, keďže pri všetkých 2384 hodnotách poskytovateľov vyšlo, že interval spoľahlivosti je širší pri metóde bootstrap, kde do nových sád vyberáme rovnaký počet dát ako keď vyberáme dvojnásobok, tak hypotéza $H0$ o tom , že tento interval je užší sa zamietne a môžeme povedať, že pri metóde bootstrap, kde vyberáme väčší počet dát do sady ako je pôvodný počet dát, tak interval spoľahlivosti je užší.

Ako na poslednú vlastnosť TCC sa pozrieme na stabilitu. Vezmeme hodnoty plnenia TCC vypočítané za posledných 5 období a pozrieme sa na to, ako sa menili daným poskytovateľom. Budeme postupovať ako už v predošlom príklade pri hodnotiacich koeficientoch. Pre daného poskytovateľa máme 5 hodnôt TCC, spravíme rozdiel maximálnej a minimálnej hodnoty a pozrieme sa na to aké hodnoty nadobúda tento rozdiel. Pri stabilnom modeli by mal nadobúdať hodnoty blízko nule a pri nestabilnom modeli hodnoty blízke 100 percentuálnym bodom.

Na histograme Obr. 25 je znázornený rozdiel maximálnej a minimálnej hodnoty TCC za posledých 5 období, čo predstavuje 5 kvartálov. Na ľavom histograme si môžeme všimnúť, že takmer 450 poskytovateľom sa hodnota TCC vôbec nezmenila a teda model vyzerá byť stabilný. No pri bližšom pohľade na týchto poskytovateľov zistíme, že všetci títo poskytovatelia dosahovali hodnoty plnenia TCC rovné nule alebo 100 percent. To je spôsobené tým, že hodnotu nula dostane 10% najhorších a hodnotu 100 dostane 20% najlepších poskytovateľov. Na výpočet sa používajú rovnaké dáta, vždy sa zmenia len dáta za jeden kvartál. Teda aj pri väčších výkyvoch v parametri TCC sa títo poskytovatelia väčšinou zmestia do hornej najlepšej respektíve dolnej najhoršej skupiny. Na histograme vpravo sú znázornené zmeny bez poskytovateľov s nulovou zmenou. Túto vyzerá byť model oveľa viac nestabilnejší.

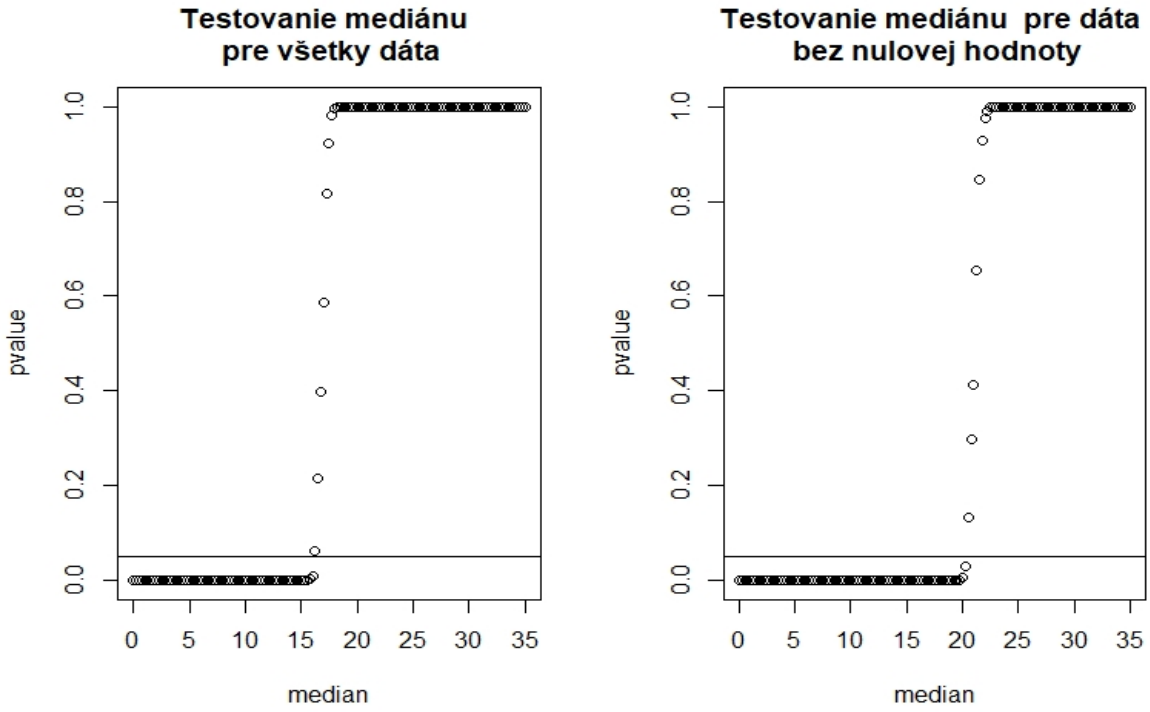


Obr. 25: Histogram pre rozdiel maximálnej a minimálnej hodnoty TCC za 5 posledných období.

Pre obidve situácie otestujeme hypotézu o tom ako veľký je rozdiel medzi maximálnou a minimálnou hodnotou. Pomocou *Sign testu* otestujeme nasledovné hypotézy :

$$H0\text{: medián} \leq \text{x vs } H1\text{: medián} > \text{x}$$
$$\text{kde x} = 0{,}0.25,\ 0.5\ 0.75\ \ldots 34.5{,}34.75{,}35$$

Ako výsledok z Obr.26 dostávame, že najväčšie x, pre ktoré zamietame hypotézu $H0$ pre všetky dáta je $x = 16.00$. Teda štatistický sa nám potvrdilo, že medián rozdielu maximálnej a minimálnej hodnoty TCC je väčší ako 16. Teda potvrdilo sa nám, že hodnota plnenia TCC sa môže meniť o 16 percentuálnych bodov. Pre dáta, kde sme vyhodili rozdiel, ktorý sa rovnal nule sme dostali, že medián je väčší ako 21.25. Pre poskytovateľov, ktorý nie sú medzi najlepšími alebo najhoršími poskytovateľmi sa hodnota plnenia TCC môže meniť dokonca o 21.25 percentuálneho bodu.



Obr. 26: P-value pre *Sign test*.

4.2.2 Generovanie hodnôt

Hlavným problémom pri výpočte TCC je jeho nestabilita. Najvážnejšie je to pri poskytovateľoch, ktorí majú málo kapitovaných pacientov. Tento problém sa pokúsime vyriešiť generovaním dát z nejakého pravdepodobnostného rozdelenia. Skúsime otestovať, či sa nám touto metódou podarilo túto vlastnosť vylepšiť.

Prvým krokom je odhadnúť pravdepodobnostné rozdelenie nákladov pre jednotlivých poskytovateľov. Pre výpočet k prvému kvartálu roku 2019 máme k dispozícii dáta za celý rok 2018. Naše dáta majú približne 13 miliónov riadkov a obsahujú premenné ako ID lekára, ID poistenca, náklady a index rizika. K dispozícii máme údaje pre každého poistenca za každý mesiac. Teda pre každého poistenca poisťovne Dôvera vieme určiť, u ktorého poskytovateľa bol kapitovaný, aký mal index rizika za daný mesiac a jeho náklady za daný mesiac. Pre zjednodušenie zaokrúhlime náklady na dve desatinné miesta a index rizika zaokrúhlime na tri desatinné miesta.

Označíme

m - počet unikátnych kombinácii náklady a index rizika

n - počet všetkých riadkov v súbore

Ku kombinácii náklady a index rizika vypočítame počet, koľkokrát sa táto kombinácia nachádza v našom súbore dát. Tieto hodnoty predelíme celkovým počtom dát n. Takto odhadneme pravdepodobnosť, že pacient s daným indexom rizika má mesačné náklady s danou sumou. Tieto pravdepodobnosti označíme $p_i \quad i = 1...m$. Zistili sme že najväčšia pravdepodobnosť je pri pacientoch s indexom rizika 0.313 a mesačnými nákladmi 0. Takýchto pacientov bolo v roku 2018 až 415 771 medzi n=12 872 889 údajmi, čo predstavuje pravdepodobnosť 0.0323.

Ďalším krokom je urobiť to isté, ale pre každého poskytovateľa osobitne. Poskytovateľov je 2384. Znova zoberieme unikátne kombinácie suma a indexy rizika ako v predošlom prípade, ale pravdepodobnosť budeme odhadovať iba na dátach, ktoré patria danému poskytovateľovi. Teda spočítame koľkokrát sa daná kombinácia nachádzala u daného poskytovateľa a predelíme túto hodnotu počtom všetkých údajov, ktoré máme v dispozícii pri danom poskytovateľovi. Takto dostaneme pravdepodobnosti kombinácie náklady a index rizika pre pacientov, ktorý navštevujú daného poskytovateľa. Pravdepodobnosti označme:

$$w_{r,i} \quad r = 1, ..., 2384 \quad i = 1, ..., m$$

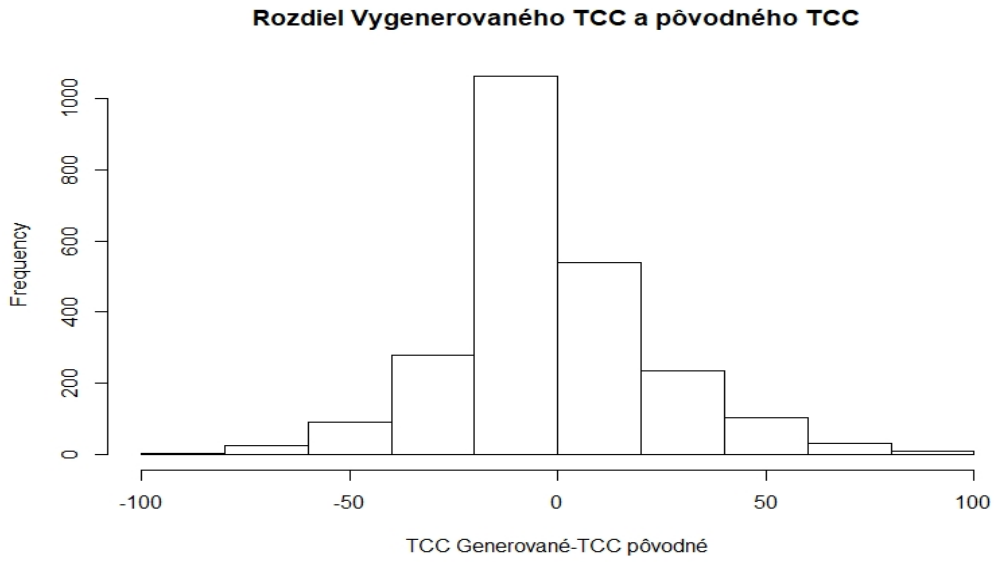
Index r určuje poskytovateľa, ktorému pravdepodobnostné rozdelenie patrí, poskytovateľov v našom súbore je 2384. Index i prislúcha kombinácii náklady, index rizika. Niektoré pravdepodobnosti $w_{r,i}$ budú nulové, keďže nie každý poskytovateľ má pacienta so všetkými kombináciami, ktoré sa nachádzajú v celej vzorke pacientov.

Finálnu pravdepodobnosť, ktorú budeme používať na generovanie údajov vypočítame podľa nasledovného vzorca :

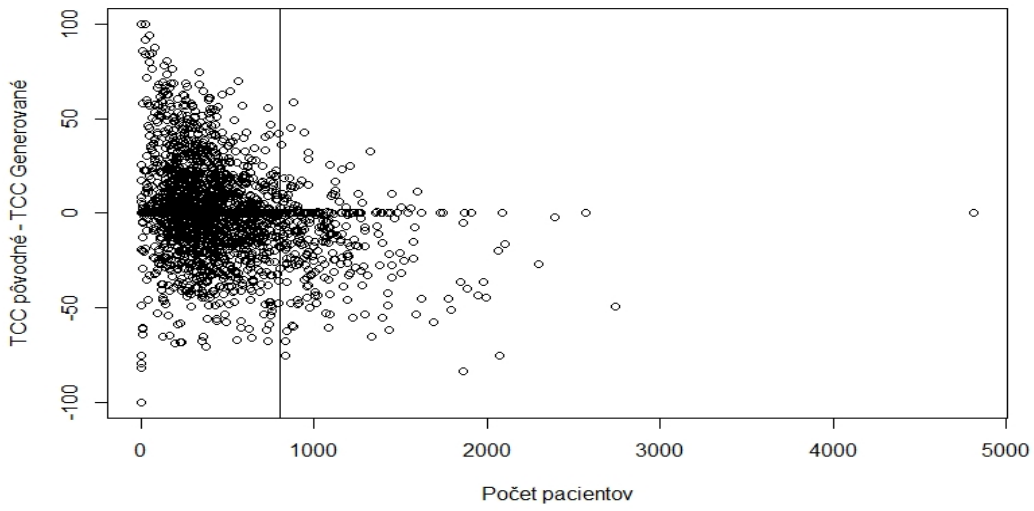
$$q_{r,i} = \frac{p_i w_{r,i}}{\sum_{i=1}^{m} p_i w_{r,i}} \quad r = 1, ..., 2384 \quad i = 1, ..., m$$

Pravdepodobnosť $q_{r,i}$ berie do úvahy pravdepodobnosti celkového súboru, ale aj pravdepodobnosti konkrétneho daného lekára. Ak napríklad pre nejakého poskytovateľa sa v jeho údajoch vyskytuje pacient s nejakým indexom rizika a nákladmi na lieky s vysokou pravdepodobnosťou, ale táto pravdepodobnosť v celom súbore je malá, tak pravdepodobnosť $q_{r,i}$ túto situáciu berie do úvahy a podľa toho sa prispôsobí.

Keď už máme vypočítané pravdepodobnosti $q_{r,i}$ tak môžeme každému poskytovateľovi vygenerovať parameter TCC. Pre každého poskytovateľa 100-krát vygenerujeme TCC a z týchto hodnôt vezmeme medián ako odhad TCC. Taktiež vezmeme 2.5% a 97.5% kvantil a určíme 95%-tný interval spoľahlivosti. Keď vypočítame všetky tieto hodnoty pre každého poskytovateľa prepočítame ich na plnenie parametra TCC. Taktiež pomocou intervalu spoľahlivosti TCC určíme interval spoľahlivosti pre plnenie TCC.

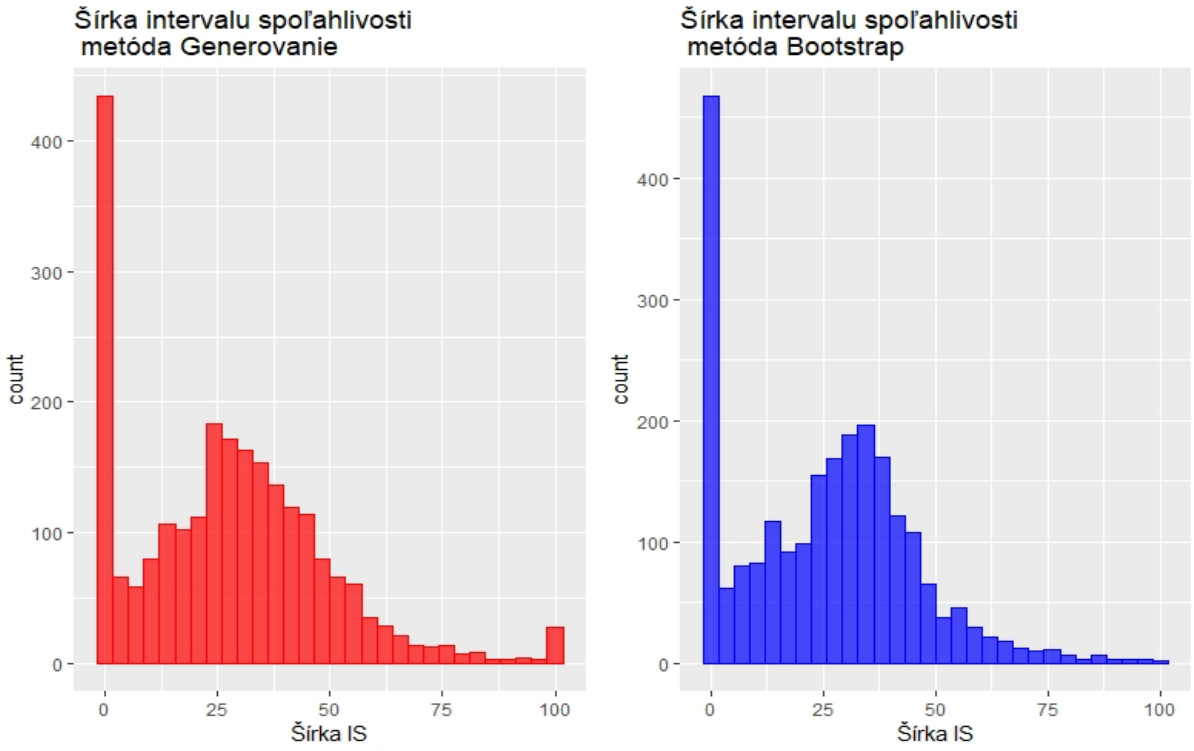


Obr. 27: Histogram pre rozdiel medzi pôvodným a generovaným TCC.



Obr. 28: Rozdiel medzi pôvodným a generovaným TCC vzhľadom na počet pacientov.

Na Obr. 27 sme znázornili rozdiel medzi vygenerovaným a pôvodným TCC. Z histogramu vidno, že veľká časť hodnôt sa veľmi nezmenila, no niektoré hodnoty sa odlišujú o hodnotu až 50 percentuálnych bodov. Keď sa však pozrieme na Obr.28 vidíme, že rozdiely sú väčšie pre poskytovateľov s malým počtom pacientov, čo sa aj dá očakávať, keďže výpočet TCC pre týchto poskytovateľov neodzrkadľuje reálne náklady, keďže údajov potrebných na výpočet je veľmi málo. Z Obr.28 si tiež môžeme všimnúť, že pre poskytovateľov s vyšším počtom pacientov je výhodnejšia metóda pomocou generovania. Pri počte nad 800 pacientov vo veľkej väčšine poskytovateľov TCC vygenerované z rozdelenia dáva vyššie hodnoty ako TCC výpočítané pôvodnou metódou.



Obr. 29: Porovnanie intervalov spoľahlivosti pre TCC vypočítané metódou bootstrap a pomocou generovania z pravdepodobnostného rozdelenia.

Porovnáme ako sa mení interval spoľahlivosti pre TCC pomocou vygenerovaných dát a pôvodné TCC z naších dát. Na histograme Obr.29 môžeme vidieť, že šírka intervalov spoľahlivosti je približne rovnaká pre obe metódy. Keď vypočítame priemerné hodnoty dostávame, že pre interval spoľahlivosti vypočítaný pomocou metódy bootstrap je priemerná šírka 27.49 percentuálneho bodu a pre TCC generované pomocou pravdepodobnostného rozdelenia je priemerná šírka intervalu spoľahlivosti 25.51 percentuálneho bodu. Keďže je

splnená symetrickosť, tak pomocou Wilcoxonovho testu otestujeme hypotézy:

$H0$: Šírka intervalu spoľahlivosti vypočítaného metódou bootstrap je menšia alebo rovná ako šírka intervalu pomocou generovania dát
$H0$: Šírka intervalu spoľahlivosti vypočítaného metódou bootstrap je väčšia ako šírka intervalu pomocou generovania dát.

Výsledky nášho testu sú zhrnuté v tabuľke, p-hodnota je menšia ako 5%, tak môžeme povedať, že hypotézu $H0$ zamietame na hladine 5%. Teda platí hypotéza $H1$ o tom, že intervaly spoľahlivsoti vypočítané pomocou generovaných dát sú užšie ako intervaly spoľahlivosti vypočítané pomocou bootstrapu.

W^+	1027600
N	2115
p-value	0.0005842

Otestujeme stabilitu modelu pri generovaní dát z pravdepodobnostného rozdelenia a pre pôvodný výpočet TCC. Pre obidve metódy vypočítame TCC za posledných 5 období a spravíme rozdiel medzi maximálnou a minimálnou hodnotou TCC. Stabilnejšia metóda by mala mať hodnotu rozdielu bližšiu k nule. Hypotézy ktoré testujeme sú nasledovné:

$H0$: Pôvodný model je stabilnejší ako model pomocou generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia.
vs
$H1$: Pôvodný model je nestabilnejší ako model pomocou generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia.

Na testovanie použijeme párový Wilcoxonov test, keďže máme dve merania pre konkrétneho poskytovateľa a rozdiel týchto hodnôt pochádza zo symetrického rozdelenia. Výsledok testu je v tabuľke. P hodnota je takmer nula, takže hypotézu $H0$ zamietame a môžeme povedať, že model, kde vypočítavame TCC pomocou generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia je stabilnejší.

W^+	1492800
N	2156
p-value	0

Porovnanie modelov na výpočet TCC

Podľa testov, ktoré sme robili model pomocou generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia vyšiel ako stabilnejší a aj intervaly spoľahlivosti pre tento model sú užšie v porovnaní s pôvodným modelom. Preto sa tento model javí ako lepší, aj keď nevýhodou je jeho zložitosť a aj časová náročnosť výpočtu oproti pôvodnému modelu.

Ako finálny výsledok by sme chceli vedieť určiť, koľko kapitovaných poistencov by mali poskytovatelia mať, aby parameter TCC bol stabilný. Na Obr.30 máme znázornenú závislosť šírky intervalov spoľahlivosti, ktoré sme získali metódou bootstrap a metódou generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia. Je vidno, že čím väčší je počet poistencov tak tým je interval spoľahlivosti užší. Z Obr.30 môžeme povedať, že pri intervaloch spoľahlivosti konštruovaných metódov bootstrap je závislosť silnejšia ako pri metóde generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia.

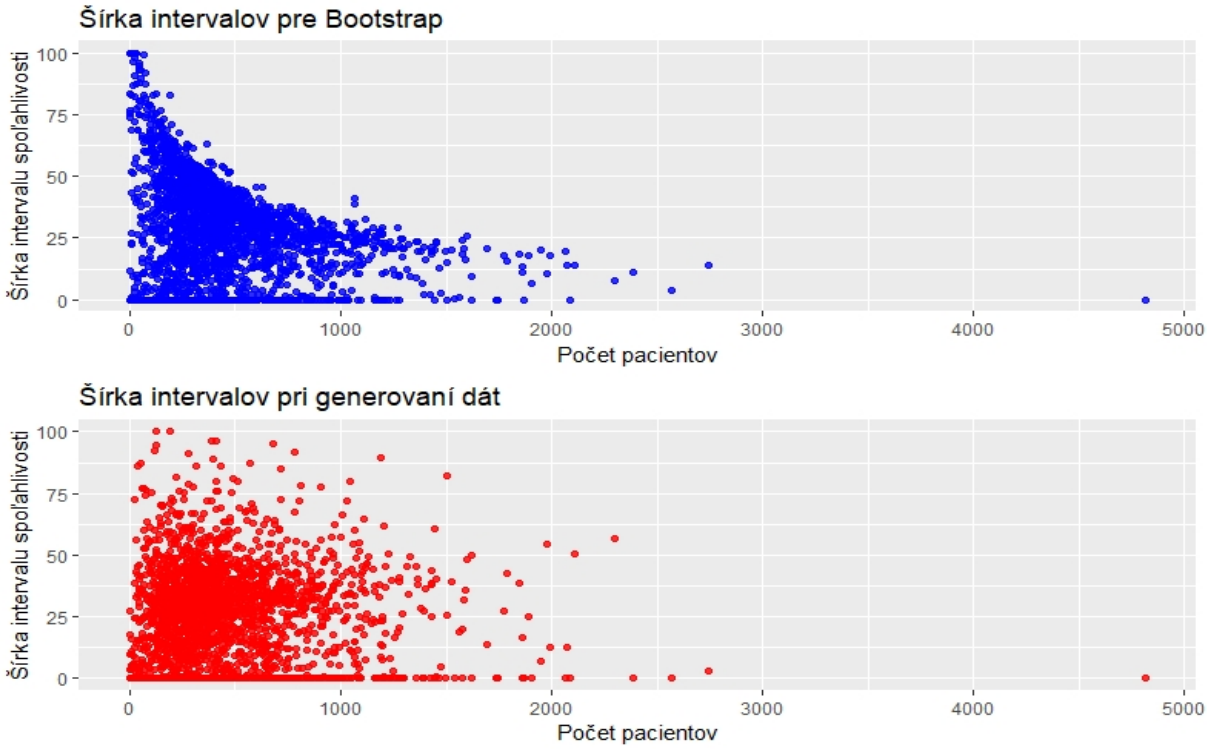
Na Obr.31 sme znázornili, aké percento poskytovateľov má interval spoľahlivosti pre plnenie parametra TCC menší ako 30 percentuálnych bodov pri minimálnom počte pacientov ako je znázornené na x-ovej osi. Z dát, ktoré sme mali k dispozícii pri intervaloch spoľahlivosti, ktoré sme určili metódou bootstrap, by poskytovatelia museli mať aspoň 730 poistencov, aby 90% poskytovateľov malo interval spoľahlivosti pre plnenie parametra TCC užší ako 30 percentuálnych bodov. Problém je, že viac ako 730 poistencov má iba 16.5% poskytovateľov.

Pri metóde generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia je situácia trochu horšia. Potrebovali by sme, aby poskytovatelia mali aspoň 1500 poistencov na to, aby sme dosiahli, že 70% poskytovateľov bude mať interval spoľahlivosti pre plnenie TCC užší ako 30 percentuálnych bodov. Percento poskytovateľov, ktorý majú viac ako 1500 pacientov je však len 1.5%.

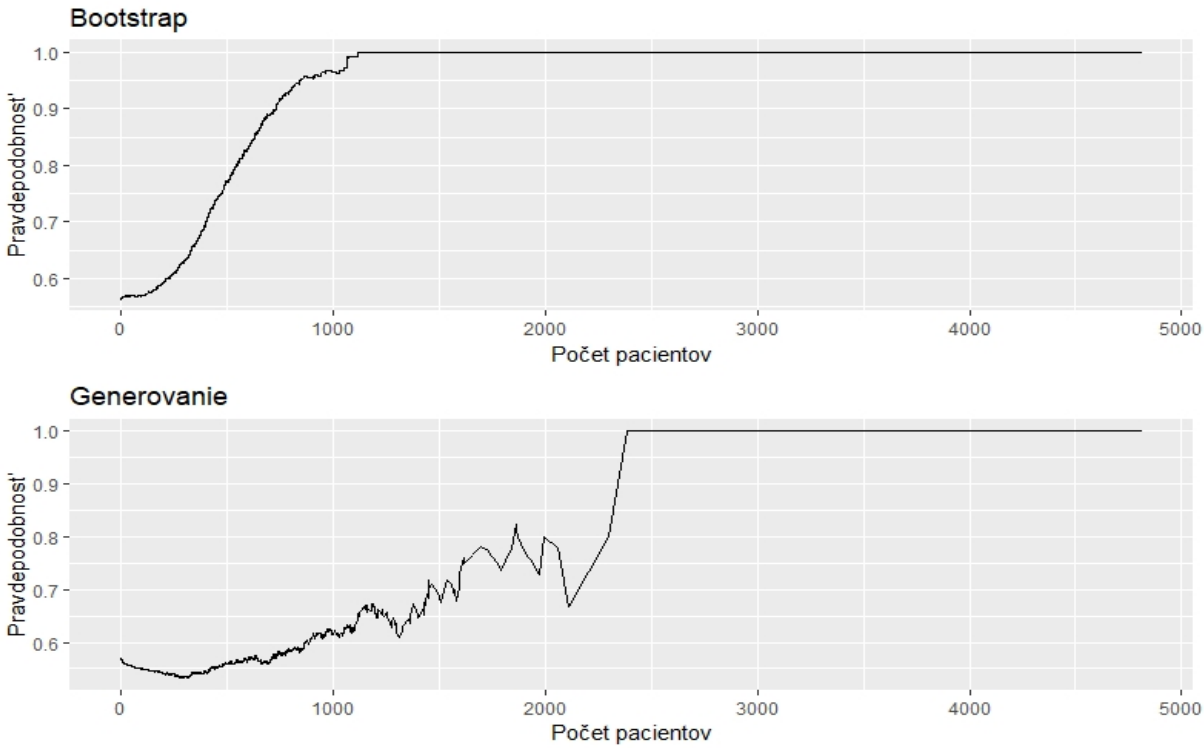
Ak by sme chceli používať parameter TCC ako ukazovateľ kvality poskytnutej zdravotnej starostivosti museli by sme mať k dispozícii viac dát. Myšlienka tohto parametra je rozumná, ale realizácia pre poisťovňu Dôvera, v ktorej je poistených približne 1 500 000 poistencov dáva pre poskytovateľov, ktorý majú kapitovaných málo poistencov dosť náhodné výsledky. Možnosť ako vylepšiť túto metódu je dovoliť poskytovateľom spájať sa do nejakých skupín, čím by sa zvýšil počet poistencov a výpočet robiť pre danú skupinu. Jednou možnosťou je zgrupiť poskytovateľov do skupín podľa okresov, alebo nejakej inej

podobnej vlastnosti. Možno optimálne riešenie by bolo, keby všetky zdravotné poisťovne na Slovensku zdieľali svoje dáta, čím by sa dalo získať viac informácii z dát.

Keďže konceptom parametra TCC je motivovať lekárov k riadeniu svojich nákladov. Ďalšou možnosťou ako spraviť parameter TCC viac stabilnejší a asi aj spravodlivejší je presne definovať, ktoré náklady poistenca sa budú brať do nákladov zdravotnej starostlivosti. V tomto výpočte sa berú všetky náklady, no niektoré započítané náklady nevedia ovplyvniť a väčšinou sú to tie najväčšie položky, ktoré kazia lekárom hodnotenia.



Obr. 30: Porovnanie šírky intervalov v závislosti od počtu pacientov



Obr. 31: Pravdepodobnosti.

Záver

V našej práci sme sa venovali problému, ktorý musia riešiť zdravotné poisťovne, a to je porovnávanie poskytovateľov zdravotnej starostlivosti. Zaoberali sme sa najmä hodnotiacim koeficientom a plnením parametra *TCC*, ktoré používa zdravotná poisťovňa Dôvera. Obidva nadobúdajú hodnoty medzi 0 % a 100 %. Pričom hodnota 100% pripadá pre najlepších poskytovateľov. Vyššia hodnota hodnotiaceho koeficientu a plnenia parametra *TCC* znamená pre poskytovateľa aj vyššie finančné ohodnotenie, keďže sa mu zvýši cena bodu preplácaného za jeho výkony.

Na dosiahnutie plnej výšky ceny bodu potrebujú poskytovatelia splniť určité parametre kvality, inovácii a efektívnosti. My sme sa v našej práci zaoberali najmä parametrami efektívnosti, ktoré medzi sebou porovnávajú všetkých poskytovateľov v rovnakom lekárskom odbore. Za parametre kvality a inovácie sú poskytovatelia odmenený priamo podľa toho, či parameter plnia alebo nie. Teda pri plení všetkých parametrov sa zvyšuje aj kvalita zdravotnej starostlivosti, čo by mal byť jeden z hlavných cieľov zdravotných poisťovni. Cieľom našej práce bolo bližšie sa pozrieť na výpočet hodnotiaceho koeficientu a parametra *TCC*, nájsť slabé stránky modelu výpočtu a navrhnúť riešenie na ich odstránenie.

V prvej kapitole sme opísali postup ako funguje porovnávanie poskytovateľov v USA, keďže aj ľudia, ktorý sa začali zaoberať touto problematikou na Slovensku čerpali inšpiráciu v zahraničí. Úplný postup pri porovnávaní poskytovateľov v USA je v knihe [2], z ktorej sme čerpali informácie aj v našej práci.

V druhej kapitole sme sa zaoberali metodikou výpočtu hodnotiaceho koeficientu, ktorý sa používal v zdravotnej poisťovni Dôvera pred rokom 2019 a doplnili sme aj informácie k výpočtu, ktorý sa začal používať od januára 2019. Hodnotiaci koeficient sa používa na porovnávanie poskytovateľov pre druh zdravotnej starostlivosti *Špeciálna zdravotná starostilovsť*. Pre *Všeobecnú ambulantnú starostlivosť* sme sa venovali najmä parametru *TCC*. V tejto kapitole je zhrnutý aj celý postup financovania poskytovateľov. Vychádzali sme zo zmlúv [4],[5],[6], ktoré má poisťovňa Dôvera dohodnuté s poskytovateľmi a sú v nich dohodnuté všetky detaily ohľadom financovania a hodnotenia poskytovateľov.

V tretej kapitole sme opísali matematické a štatistické metódy, ktoré sme v práci potrebovali. Zapísali sme najdôležitejšie tvrdenia pre analýzu hlavných komponentov a postup pre metódu bootstrap. Dôležitou časťou, našej práce bolo testovanie rôznych hypotéz,

preto sme v tejto kapitole zhrnuli niektoré neparametrické testy ako je Sign a Wilcoxov párový test.

V štvrtej kapitole sme zúžitkovali teoretické poznatky z predošlých kapitol a venovali sme sa praktickej časti našej práce. Začali sme analýzou starého modelu na výpočet hodnotiaceho koeficientu, ktorý sa používal v poisťovni Dôvera pred rokom 2019. Používali sme dáta, ktoré sme mali k dispozícii z databázy poisťovne Dôvera. Našli sme niekoľko slabých stránok ako je napríklad nesplnenie predpokladu normálnosti dát. Používanie symetrického intervalu I na priradenie plnenia parametrov, aj keď dáta nie sú zo symetrického rozdelenia. Taktiež až 40% dát sa považuje za outlierov, čím sa stráca veľké množstvo informácie obsiahnutej v dátach.

Navrhli sme nový model, ktorý nebral do úvahy parameter, ktorý sa ukázal ako nepodstatný. Nový model je založený na rankoch, ktoré sa priradia jednotlivým hodnotám a nevyhadzuje dáta, ktoré sa predtým brali ako outliery. Plnenie jednotlivých parametrov sa určí podľa intervalu, do ktorého patrí hodnota ranku. Hodnotiaci koeficient sa vypočíta ako vážený priemer týchto parametrov, kde váhy pre jednotlivé parametre sú určené.

Výhody nového modelu sú, že ponecháva všetky dáta. Spravodlivejšie priraďuje plenie jednotlivých parametrov, poskytovatelia s podobnou hodnotou parametra majú aj podobné plnenie parametra. Poskytovateľom, ktorý nič nevykázali a v pôvodnom modeli boli určení ako outliery priraďuje model nižšie hodnoty HK. Taktiež sa nám potvrdila hypotéza o tom, že nový model je stabilnejší ako pôvodný. To znamená, že hodnota HK v jednotlivých štvrťrokoch sa bude pohybovať okolo podobnej hodnoty. V novej metóde je priestor na zmenu intervalov plnenia a taktiež na zmenu váh pre jednotlivé parametre. Tým sa môže znížiť, respektíve zvýšiť priemerná hodnota HK, čo by mohlo predstavovať výhodu pri vyjednávaní podmienok o takomto hodnotení s poskytovateľmi. Najväčšiou výhodou tejto metódy je určovanie plnenia na základe rankov, čím sa vyhneme takmer všetkým problém, ktoré mal pôvodný model. Rovnako sa táto metóda môže použiť pri parametroch efektívnosti v metóde HK, ktorú poisťovňa začala používať od roku 2019.

Ďalej sme sa zaoberali parametrom TCC, ktorý slúži na hodnotenie poskytovateľov v odbore všeobecný lekár pre dospelých. Myšlienka tohto výpočtu sa ukazuje ako veľmi dobrá a rozumná, ale v realite tento parameter vychádza veľmi nestabilný a jeho hodnoty sa náhodne menia každý štvrťrok, ku ktorému sa výpočet robí. Našou úlohou bolo pozrieť

sa na to čo spôsobuje tieto problémy. Pomocou metódy bootstrap sme určili intervaly spoľahlivosti pre plnenie parametra *TCC*, ktoré sú veľmi široké pre dáta, ktoré máme k dispozícii. Navrhli sme aj metódu, kde by sme parameter *TCC* počítali pomocou generovania dát z pravdepodobnostného rozdelenia. Niektoré výsledky výpočtov sú uvedené v Prílohe E. Táto metóda dáva síce užšie hodnoty intervalov spoľahlivosti pre plnenie *TCC*, ale taktiež ako aj v pôvodnej metóde je problém s poskytovateľmi ktorí majú malý počet kapitovaných pacientov. Metóda porovnávania poskytovateľov pomocou parametra *TCC* sa ukazuje ako rozumná, no v podmienkach, kde poisťovňa Dôvera má približne 1 500 000 pacientov má tento výpočet nedostatky, ktoré pramenia z nedostatku dát. Riešenie, ktoré sa v tejto situácii ponúka je, že by sa poskytovatelia spájali do skupín, čím by mali viac kapitovaných pacientov a parameter *TCC* by sa určoval pre celú skupinu. Iná alternatíva pre výpočet je presne zadefinovať výkony, ktoré poskytovateľ môže reálne ovplyvniť a len tieto výkony počítať do jeho nákladov. Ďalším riešením by mohlo byť zdieľanie dát medzi všetkými zdravotnými poisťovňami na Slovensku.

Hlavným prínosom našej práce bolo nájsť silné a slabé stránky modelov, ktoré slúžia na porovnávanie poskytovateľov, respektíve navrhnúť nejaký nový model pre poisťovňu, pomocou ktorého by sa zlepšila zdravotná starostlivosť a taktiež sa našiel kompromis medzi výpočtom, ktorý by vyhovoval lekárom a aj zdravotnej poisťovni.

Zoznam použitej literatúry

[1] Cashin, Ch., a spol.: *Paying for Performance in Health Care*, Open University Press, Berkshire,2014

[2] CPC+ Payment and attribution methodologies for program year 2019,Version 2,February 21, 2019

[3] CPC+ Payment methodologies: Beneficiary attribution, care management fee, performance-based incentive payment,and payment under the medicare physician-fee schedule for program year 2018,Version 1,December 1, 2017

[4] DÔVERA zdravotná poisťovňa, a. s.,Zmluva o poskytovaní zdravotnej starostlivosti (SAS Vzorová 2015), dostupné na internete (10.5.2019): https://uloz.to/!TfWTKQRIjpVZ/sas-zmluva-2015-10-slk-pdf

[5] DÔVERA zdravotná poisťovňa, a. s.,Zmluva o poskytovaní zdravotnej starostlivosti č. 71PLDO006118, dostupné na internete (6.5.2019): https://poskytovatelia.dovera.sk/42776/liptak-peter-mudr/zmluvy

[6] DÔVERA zdravotná poisťovňa, a. s.,Zmluva o poskytovaní zdravotnej starostlivosti č. 77SSAS003318,dostupná na internete(6.5.2019): https://poskytovatelia.dovera.sk/14259/sucha-nadezda-mudr/zmluvy

[7] Efron, B., The Jacknife, The Bootstrap, and other resampling plans,Technical Report No. 63, Division of biostatistics Stanford University, 1980

[8] Harman, R.: *Multivariate Statistical Analysis*, učebné texty, FMFI UK Bratislava, 2007, dostupné na internete (13.01.2019): http://www.iam.fmph.uniba.sk/ospm/Harman/VSAp.pdf

[9] Härdle W.K., Simar, L.: *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Springer, Berlin, Heidelberg,2012

[10] Hastie,T. , Tibshirani, R., Friedman J.: *The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction* , Springer,2009

[11] Lehmann, E.L.: *Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks*, University of California-Berkeley,1998

[12] Siegel, S.: *Nonparametric statistics for the behavioral sciences.*, US: McGraw-Hill,New York, NY, 1956

[13] Somorčík,J.: *Neparametrická štatistika*, prednášky, FMFI UK, Bratislava 2018

Príloha A

Časť	CPC+ Measure	Otázky
1	Poskytnutie starostlivosti, termínov a potrebných informácii na čas	O1: V urgentnej situácii pacient vždy dostal čo najskorší termín po kontaktovaní poskytovateľa?
		O2: Pacient vždy dostal termín podľa toho ako potreboval pri preventívnej prehliadke alebo bežnom ošetrení?
		O3: Keď pacient kontaktoval poskytovateľa počas ordinačných hodín s otázkou týkajúcov sa zdravia, dostal odpoveď v ten istý deň?
2	Komunikácia poskytovateľa	O4: Poskytovateľ vždy jednoducho a zrozumiteľne vysvetlil súvislosti týkajúce sa diagnózy a zdravia
		O5: Poskytovateľ vždy podrobne počúval pacienta
		O6: Poskytovateľ vždy vedel relevantné informácie o stave pacienta
		O7: Poskytovateľ preukazoval rešpekt voči veciam, ktoré musel pacient povedať
		O8: Poskytovateľ vždy strávil dostatok času s pacientom
3	Pozornosť k starostlivosti vzhľadom na liečbu inými poskytovateľmi	O10: Niekto z kancelárie (ambulancie) poskytol pacientovi výsledky testov krvi, rontgen alebo iné testy.
		O11: Keď pacient navštívil poskytovateľa, ten bol aktuálne informovaný o liečbe špecialistom
		O12: Niekto z kancelárie (ambulancie) hovoril s pacientom o aktuálnej liečbe, ktorú podstupuje.
4	Podpora pacientov ohľadom zdravotnej starostlivosti	O13: Niekto z kancelárie (ambulacie) diskutoval o cieľoch ohľadom zdravotnej starostlivosti s pacientom
		O14: Niekto z kancelárie (ambulancie) sa zaujímal,či má pacient nejaké ťažkosti pri starostlivosti o svoje zdravie
5	Pacientovo ohodnotenie poskytovateľa	O15: Číselné hodnotenie poskytovateľa (0-10, desať je najlepšie)

Obr. A.32: Znenie otázok pre Patient experience of care

Tabuľka A.17: Parametre Clinical Quality

ID parametra	Parameter
CMS165v6	Kontrola vysokého krvného tlaku
CMS122v6	Diabetes: Hemoglobin A1c Kontrola ($\geq$ 9%)

Príloha B

Tabuľka B.18: Odbornosti pre špeciálnu zdravotnú starostlivosť

vnútorné lekárstvo	reumatológia
infektológia	algeziológia
pneumológia a ftizeológia	gastroenterológia
neurológia	kardiológia
psychiatria	diabetológia, poruchy látkovej premeny a výživy
pediatria	neonatológia
gynekológia a pôrodníctvo	angiológia
chirurgia	lekárska genetika
ortopédia	detská psychiatria
urológia	detská chirurgia
úrazová chirurgia	pediatrická ortopédia
otorinolaryngológia	pediatrická urológia
oftalmológia	pediatrická imunológia a alergiológia
pediatrická gynekológia	pediatrická endokrinológia a diabetológia, poruchy látkovej premeny a výživy
dermatovenerológia	pediatrická gastroenterológia, hepatológia a výživa
klinická onkológia	pediatrická kardiológia
anestéziológia a intenzívna medicína	pediatrická nefrológia
fyziatria, balneológia a liečebná rehabilitácia	gynekologická urológia
hematológia a transfuziológia	onkológia v chirurgii
neurochirurgia	onkológia v urológii
plastická chirurgia	psychiatrická sexuológia
klinická imunológia a alergológia	onkológia v gynekológii
radiačná onkológia	cievna chirurgia
foniatria	pediatrická reumatológia
nefrológia	pediatrická pneumológia a ftizeológia
endokrinológia	hepatológia
medicína drogových závislostí	pediatrická oftalmológia
pediatrická neurológia	pediatrická otorinolaryngológia

Príloha C

	Názov parametra	Určenie hodnoty parametra
KVALITA	Bezpečná medikácia	I_1 = najmenej jedno zobrazenie elektronickej liekovej knižky počas najmenej 90% ordinačných dní
INOVÁCIE	eRecept	I_2 = najmenej 75% Liekov predpísaných Poskytovateľom elektronicky
	eZúčtovanie	I_3 = najmenej 75% zúčtovacích dokladov zasielaných a potvrdených elektronicky, a to prostredníctvom Elektronickej pobočky alebo zo softvéru Poskytovateľa
	eLab	I_4 = najmenej 75% elektronických žiadostí o vykonanie laboratórnych a zobrazovacích vyšetrení odoslaných po zobrazení existujúcich žiadostí o vykonanie laboratórnych a zobrazovacích vyšetrení
	NávrhyOnline	I_5 = najmenej 10% návrhov na poskytnutie zdravotnej starostlivosti odoslaných elektronicky

Obr. C.33: Parametre kvality a inovácie pre ŠAS pre rok 2019. Tabuľka je z [6].

	Názov parametra	Určenie hodnoty parametra
EFEKTÍVNOSŤ	Kontakt	I_1 = počet ošetrení/počet unikátnych prepočítaných rodných čísiel (s výnimkou vybraných klinických výkonov a vstupných vyšetrení)
	Náklady na pacienta	I_2 = náklady na vlastné a indukované (ŠAŠ aj SVaLZ) vyšetrenia vrátane pripočítateľných položiek, okrem výkonov vykonaných v súvislosti s preventívnou prehliadkou, a náklady na predpísané a odporúčané lieky, zdravotnícke pomôcky, dietetické potraviny, okrem očkovacích látok, rizikové váženie podľa veku a pohlavia (s výnimkou 2% najdrahších)

Obr. C.34: Parametre efektívnosti pre ŠAS pre rok 2019. Tabuľka je z [6].

Príloha D

Označenie		*hodnota v €*
Kapitácia za jedného Kapitovaného poistenca	do dovŕšenia 19. roku života	3,22
	od 19 rokov veku do dovŕšenia 27. roku života	2,13
	od 27 rokov veku do dovŕšenia 45. roku života	2,24
	od 45 rokov veku do dovŕšenia 51. roku života	2,26
	od 51 roku veku do dovŕšenia 53. roku života	2,40
	od 53 roku veku do dovŕšenia 57. roku života	2,60
	od 57 roku veku do dovŕšenia 61. roku života	2,84
	od 61 roku veku do dovŕšenia 64. roku života	3,14
	od 64 roku veku do dovŕšenia 68. roku života	3,33
	od 68 roku veku do dovŕšenia 72. roku života	3,59
	od 72 roku veku do dovŕšenia 87.roku života	4,03
	od 87 roku veku	4,00

Obr. D.35: Kapitácia za jedného pacienta pre rok 2019. Tabuľka je z [5].

	Názov parametra	**Určenie hodnoty parametra**
KVALITA	Bezpečná medikácia	I_1 = najmenej jedno zobrazenie elektronickej liekovej knižky počas najmenej 90% ordinačných dní
	Prístrojové vybavenie	I_2 = vybavenie ambulancie prístrojom typu POCT (Point of Care Testing) (s výnimkou CRP) a prístrojom ABI (v prípade vybavenia ambulancie len jedným prístrojom je plnenie parametra 50%)
INOVÁCIE	eRecept	I_3 = najmenej 75% Liekov predpísaných Poskytovateľom elektronicky
	eZúčtovanie	I_4 = najmenej 75% zúčtovacích dokladov zasielaných a potvrdených elektronicky, a to prostredníctvom Elektronickej pobočky alebo zo softvéru Poskytovateľa
	eLab	I_5 = najmenej 75% elektronických žiadostí o vykonanie laboratórnych a zobrazovacích vyšetrení odoslaných po zobrazení existujúcich žiadostí o vykonanie laboratórnych a zobrazovacích vyšetrení
	NávrhyOnline	I_6 = najmenej 10% návrhov na poskytnutie zdravotnej starostlivosti odoslaných elektronicky

Obr. D.36: Parametre inovácii a kvality pre VAS pre rok 2019. Tabuľka je z [5].

	Názov parametra	Určenie hodnoty parametra
EFEKTÍVNOSŤ	Celkové náklady na prepočítaného Poistenca (Total Cost of Care alebo TCC)	I = celkové náklady vynaložené zo strany Poisťovne na úhradu zdravotnej starostlivosti pre prepočítaných Kapitovaných poistencov Poskytovateľa. Prepočítaný Kapitovaný poistenec sa určí metodikou stanovenou Zákonom o zdravotnom poistení pre ročné prerozdelenie poistného. Pri určení výslednej hodnoty TCC sa neberú do úvahy 2% prepočítaných Kapitovaných poistencov Poskytovateľa, ktorých celkové náklady sú najvyššie.

Obr. D.37: Parameter TCC pre VAS. Tabuľka je z [5].

Príloha E

Tabuľka E.19: Poskytovatelia s najhorším hodnotením HK pre odbornosť vnútorné lekárstvo

Poradie	R1	R2	R3	R5	P1	P2	P3	P5	Nové HK	Staré HK
1	492	523	484	520	0	0	0	0	0	0.1
2	487	510	510	458	0	0	0	0.2	0.03	0.1
3	493	459	504	524	0	0.2	0	0	0.06	0.1
4	504	533	532	407.5	0	0	0	0.65	0.0975	0
5	521	520	527	369	0	0	0	0.8	0.12	0.25
6	528	22	534	44.5	0	0.25	0	0.35	0.1275	0.4
7	523	525	526	195	0	0	0	0.9	0.135	0.15
8	466	507	454	463	0.2	0	0.2	0.2	0.14	0.1
9	533	534	529	223.5	0	0	0	1	0.15	0.25
10	514	488.5	382	492	0	0	0.75	0	0.15	0.1
11	482	480	495	410.5	0	0.2	0	0.65	0.1575	0.1
12	447	511	487	506	0.5	0	0	0	0.175	0
13	519	530	342	523	0	0	0.9	0	0.18	0.3
14	494	479	413	527	0	0.2	0.65	0	0.19	0.1
15	104	532	505	517.5	0.55	0	0	0	0.1925	0.45
16	498	483	265.5	508	0	0	1	0	0.2	0.3
17	509	466	48	449	0	0.2	0.35	0.5	0.205	0.2
18	518	473	488	231	0	0.2	0	1	0.21	0.25
19	534	81.5	530	91.5	0	0.5	0	0.5	0.225	0.4
20	117	499	517	455.5	0.6	0	0	0.2	0.24	0.45
21	490	56.5	52	44.5	0	0.4	0.35	0.35	0.2425	0.5
22	22.5	22	23	20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.85
23	22.5	22	23	20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.85
24	22.5	22	23	20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.85

Tabuľka E.20: Poskytovatelia s najlepším hodnotením HK pre odbornosť vnútorné lekárstvo

Poradie	R1	R2	R3	R5	P1	P2	P3	P5	Nové HK	Staré HK
1	234	317.5	216	304.5	1	1	1	1	1	0.9
2	225	288.5	209	307	1	1	0.95	1	0.99	1
3	286	207.5	257	223.5	1	0.95	1	1	0.985	1
4	209.5	312.5	274.5	252.5	0.95	1	1	1	0.9825	1
5	298	221	191	202.5	1	1	0.9	0.95	0.9725	0.9
6	317	199	300	247.5	1	0.9	1	1	0.97	0.85
7	323	258.5	280	357.5	0.95	1	1	0.85	0.96	1
8	305	266	171	259.5	1	1	0.8	1	0.96	0.9
9	336	232.5	324.5	244.5	0.9	1	0.95	1	0.955	1
10	320	174	230	311.5	1	0.85	1	1	0.955	0.95
11	213	339.5	294	319	0.95	0.9	1	1	0.9525	1
12	340.5	276.5	282	337.5	0.9	1	1	0.9	0.95	1
13	219	351.5	226	326	1	0.85	1	0.95	0.9475	1
14	218	300	224	115.5	1	1	1	0.6	0.94	1
15	270.5	296.5	136	216	1	1	0.7	1	0.94	0.9
16	257	256.5	135	266.5	1	1	0.7	1	0.94	0.9
17	338	315	238	163.5	0.9	1	1	0.8	0.935	1
18	281.5	249.5	200	391.5	1	1	0.9	0.7	0.935	0.85
19	335	334	306	272	0.9	0.9	1	1	0.935	1
20	292	320.5	387	319	1	0.95	0.75	1	0.935	0.8
21	299	242	409	291.5	1	1	0.65	1	0.93	0.8
22	169	245.5	223	301.5	0.8	1	1	1	0.93	1
23	212	170	289	275.5	0.95	0.8	1	1	0.9225	0.95
24	277	224.5	118	259.5	1	1	0.6	1	0.92	0.9

Tabuľka E.21: Plnenie TCC a šírka intervalu spoľahlivosti pre bootstrap

ID lekára	Pacienti	Variancia ceny	Kontakty	Plnenie TCC	IS Upper	IS Lower	Šírka IS
L88896	4816	11.28	57554	100.00	100.00	100.00	0.00
L195535	2742	17.39	32652	50.72	57.73	43.71	14.03
L207805	2568	17.58	30653	100.00	100.00	96.33	3.67
L217195	2388	16.88	28290	97.65	100.00	89.02	10.98
L206780	2301	15.25	27327	3.49	7.92	0.07	7.85
L190064	2107	16.93	24889	23.57	31.18	17.09	14.09
L49690	2090	15.22	24612	100.00	100.00	100.00	0.00
L186741	2075	16.65	24669	24.59	32.32	18.35	13.97
L5237	2062	15.90	24389	80.09	89.92	70.50	19.42
L212692	1995	16.58	23654	55.21	64.57	46.40	18.16
L183739	1976	16.87	23451	15.47	21.41	10.68	10.73
L186725	1945	17.28	22973	56.47	66.72	46.40	20.32
L86307	1906	15.15	22666	100.00	100.00	93.16	6.84
L181254	1887	18.09	22454	53.48	62.41	44.79	17.62
L184708	1868	17.24	22231	100.00	100.00	100.00	0.00
L90702	1864	16.92	22052	95.19	100.00	86.62	13.38
L46585	1861	17.11	22321	16.49	22.97	11.88	11.09
L85554	1845	16.94	21834	46.64	56.17	37.53	18.64
L181114	1790	16.89	21306	31.54	39.93	24.11	15.82
L190004	1774	16.74	21193	42.93	51.38	33.58	17.80
L195362	1747	13.34	20805	100.00	100.00	100.00	0.00
L12600	1733	16.23	20479	100.00	100.00	100.00	0.00
L89801	1694	16.97	20286	42.57	53.48	32.98	20.50
L220230	1620	18.08	19399	13.20	18.35	8.94	9.41

Tabuľka E.22: Pravdepodobnosť kombinácie index rizika a nákladov

Index rizika	Náklady na mesiac	Počet kombinácii	Pravdepodobnosť
0.008	0	67	5.20474E-06
0.008	3.8	1	7.76826E-08
0.008	13.2	1	7.76826E-08
0.009	0	40	3.10731E-06
0.009	25.2	1	7.76826E-08
0.009	49.4	1	7.76826E-08
0.01	0	37	2.87426E-06
0.011	0	6	4.66096E-07
0.012	0	33	2.56353E-06
0.012	4.9	1	7.76826E-08
0.012	8.3	1	7.76826E-08
0.012	22.1	2	1.55365E-07
0.013	0	6	4.66096E-07
0.013	12.3	1	7.76826E-08
0.014	0	47	3.65108E-06
0.014	15.8	1	7.76826E-08
0.014	23.3	2	1.55365E-07
0.014	38.8	1	7.76826E-08
0.015	0	57	4.42791E-06
0.015	12	1	7.76826E-08
0.015	16.7	1	7.76826E-08
0.016	0	99	7.69058E-06
0.016	1.9	1	7.76826E-08
0.016	10	1	7.76826E-08

Tabuľka E.23: Šírka intervalov spoľahlivosti pri generovaní dát z pravdepodobnostného rozdelenia

ID lekára	Pacienti	Variancia ceny	Kontakty	Plnenie TCC pôvodné	Plnenie TCC Generované	IS Upper	IS Lower	Šírka IS
L88896	4816	11.28	57554	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
L195535	2742	17.39	32652	50.72	100.00	100.00	96.81	3.19
L207805	2568	17.58	30653	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
L217195	2388	16.88	28290	97.65	100.00	100.00	100.00	0.00
L206780	2301	15.25	27327	3.49	30.64	69.06	12.42	56.64
L190064	2107	16.93	24889	23.57	39.63	64.39	14.22	50.17
L49690	2090	15.22	24612	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
L186741	2075	16.65	24669	24.59	100.00	100.00	87.28	12.72
L5237	2062	15.90	24389	80.09	100.00	100.00	100.00	0.00
L212692	1995	16.58	23654	55.21	100.00	100.00	87.64	12.36
L183739	1976	16.87	23451	15.47	51.56	85.78	31.42	54.37
L186725	1945	17.28	22973	56.47	100.00	100.00	93.28	6.72
L86307	1906	15.15	22666	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
L181254	1887	18.09	22454	53.48	93.22	100.00	75.11	24.89
L184708	1868	17.24	22231	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
L90702	1864	16.92	22052	95.19	100.00	100.00	100.00	0.00
L46585	1861	17.11	22321	16.49	100.00	100.00	83.69	16.31
L85554	1845	16.94	21834	46.64	83.09	99.51	61.21	38.30
L181114	1790	16.89	21306	31.54	82.31	97.77	54.98	42.80
L190004	1774	16.74	21193	42.93	88.24	100.00	72.48	27.52
L195362	1747	13.34	20805	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
L12600	1733	16.23	20479	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
L89801	1694	16.97	20286	42.57	100.00	100.00	86.38	13.62
L220230	1620	18.08	19399	13.20	58.27	91.06	41.31	49.75