

Dynamika místní církve

Model systému a jeho analýza

JAN RYCHLÝ, UČO: 485492

| *Projekt do IV109 Modelování a simulace*

Představení modelovaného problému

Jednotlivé místní církve¹ obvykle provozují více služeb než jenom nedělní bohoslužby. Jednou z nich je služba mladým lidem, která je většinou realizována klubem, který se pravidelně schází a podniká různé aktivity. Cílem této služby může být evangelizace mladých nevěřících, vyučování dětí členů církve nebo obvykle nějaká kombinace předchozího. Takovýto klub musí řešit, zda se bude více zaměřovat na atraktivitu a zábavnost, která by přilákala více nových lidí, nebo na náboženské vyučování a duchovní rozvoj účastníků. Ve svých extrémech jsou tyto zaměření výlučná, a proto je mezi nimi potřeba nalézt balanc. Tímto modelem se jej snažím nalézt takový, aby klub přinášel co nejvíce věřících.

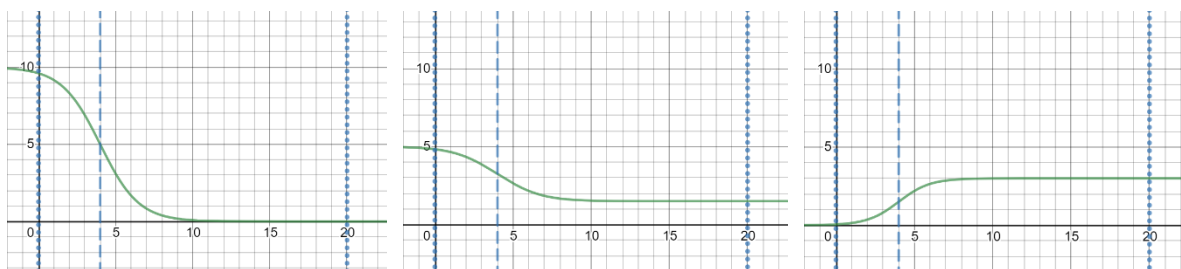
Popis a validace modelu

Můj model přijímá jeden hlavní parametr zaměření klubu (dále značený f jako focus), který určuje popsany balanc mezi zábavností a rozvojem ($f = 0 \rightarrow$ maximální zábavnost; $f = 1 \rightarrow$ maximální rozvoj). V modelu vystupuje jediný druh agentů – lidé – ti mají několik atributů: skutečný věk, jakýsi duchovní věk / skóre, zda jsou členy klubu a zda se účastní i nedělních bohoslužeb. Populace v systému se konstantně obnovuje tak, že noví agenti jsou do systému přidávání uměle ve věku 15 let, kdy začínají být cílovou skupinou našeho klubu, a jsou odebráni ve věku 35 let, kdy už pro náš problém nemají význam. Každý tik odpovídá jednomu týdnu.

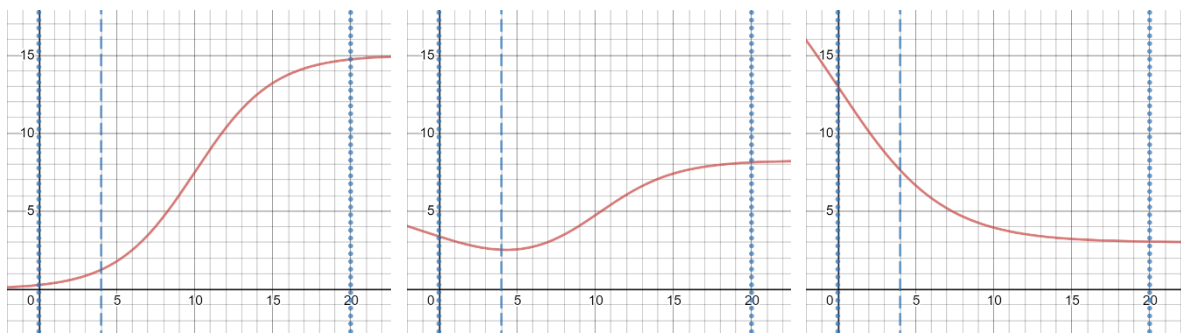
Agenti, kteří se účastní bohoslužeb duchovně rostou, což je představeno inkrementací jejich duchovního skóre. Obdobně agentům, kteří jsou (pouze nebo navíc) účastníky klubu, se toto skóre inkrementuje, ovšem tentokrát v závislosti na f . Toto duchovní skóre je číslo, které je abstrakcí duchovního růstu člověka od nevěřícího po věřícího, který se dále různě angažuje v církvi. Dohromady s prvkem náhody by toto číslo mělo odpovídat skutečnému vývoji člověka, který vystavením náboženskému vyučování jej začne v různé míře praktikovat. Ve skutečnosti má tento růst exponenciální charakter – čím více člověk duchovně roste tím více bude vyhledávat další duchovní růst a tím více mu bude rozumět. V modelu ovšem od tohoto abstrahuji, pojímám číslo spíše jako čas věnovaný růstu než úroveň dospělosti jako takovou a počítám s tím tak. Pro funkci klubu je pak nutné, aby v něm existoval nějaký minimální počet jedinců s určitým minimálním skóre, jinak klub přestane fungovat. To by mělo představovat podmínku na existenci vedoucích, kteří se o klub starají a organizují jej.

Dále každý agent, který je členem klubu pozve někoho, kdo tam ještě nechodí, aby se připojil. Pochopitelně ve skutečnosti účastníci nejsou tak vytrvalí a pravidelní, ale od toho abstrahujeme snížením šance na přijetí pozvání. Skutečná šance na přijetí pozvání také závisí na sociálních skupinách a věkových skupinách, což v tomto modelu obdobně zanedbávám a vyvažuji celkovou pravděpodobností na přijetí pozvání. Zároveň mají agenti šanci se rozhodnout, že z klubu odejdou, a v takovém případě už nemohou být znovu pozváni. Základní pravděpodobnostní funkce přijetí pozvání, je závislá na věku agenta a parametru klubu f a má reflektovat tendenci mladších lidí preferovat zábavu před náboženstvím a opačnou tendenci pro dospělejší lidi, kterým by zábavné

¹ Slovo církev zde budu výhradně používat ve smyslu místní církve, tedy konkrétního společenství na určitém místě, ne církve celé jako takové – například katolické



Obr. 1: pravděpodobnost přijetí pozvánky (osa y) v závislosti na věku (osa x, ofset = -15) pro $f \in \{0; 0,5; 1\}$



Obr. 2: pravděpodobnost opuštění klubu (osa y) v závislosti na věku (osa x, ofset = -15) pro $f \in \{0; 0,5; 1\}$ a duchovní skóre $s = 0$

aktivity připadali příliš infantilní a naopak by některé z nich mohlo zajímat téma víry (viz Obr. 1). Základní pravděpodobnostní funkce opuštění klubu, je závislá na věku agenta, jeho duchovním skóre a parametru klubu f , kde by tendence odejít měla být opačná k tendenci se přidat, ještě s tím, že obecně vyšší duchovní skóre snižuje pravděpodobnost odchodu. To by mělo reflektovat prostý fakt, že pokud člověk do klubu přijde a dozví se už něco o víře, spíše tam zůstane, aby se dozvěděl více (viz Obr. 2).

Co se týče nedělních bohoslužeb, každý agent má danou určitou úroveň duchovního skóre, na kterou se musí dostat a od toho okamžiku platí, že je účastníkem bohoslužeb, až dokud není odebrán ze systému. Tato hodnota je generovaná náhodně podle Gaussova rozdělení. Toto řešení by mělo odrážet realitu v tom smyslu, že po určitém čase člověk (pokud neodejde) konvertuje a začne se účastnit bohoslužeb.

A nakonec úspěšnost klubu měřím jako počet lidí, kteří se začnou účastnit bohoslužeb. To by ve skutečnosti bylo příliš jednoduché a klinické měřítko, ale v tomto modelu dobře odpovídá cíli a principům, jakými model reprezentuje funkčnost klubu.

Porovnání se SIR modelem

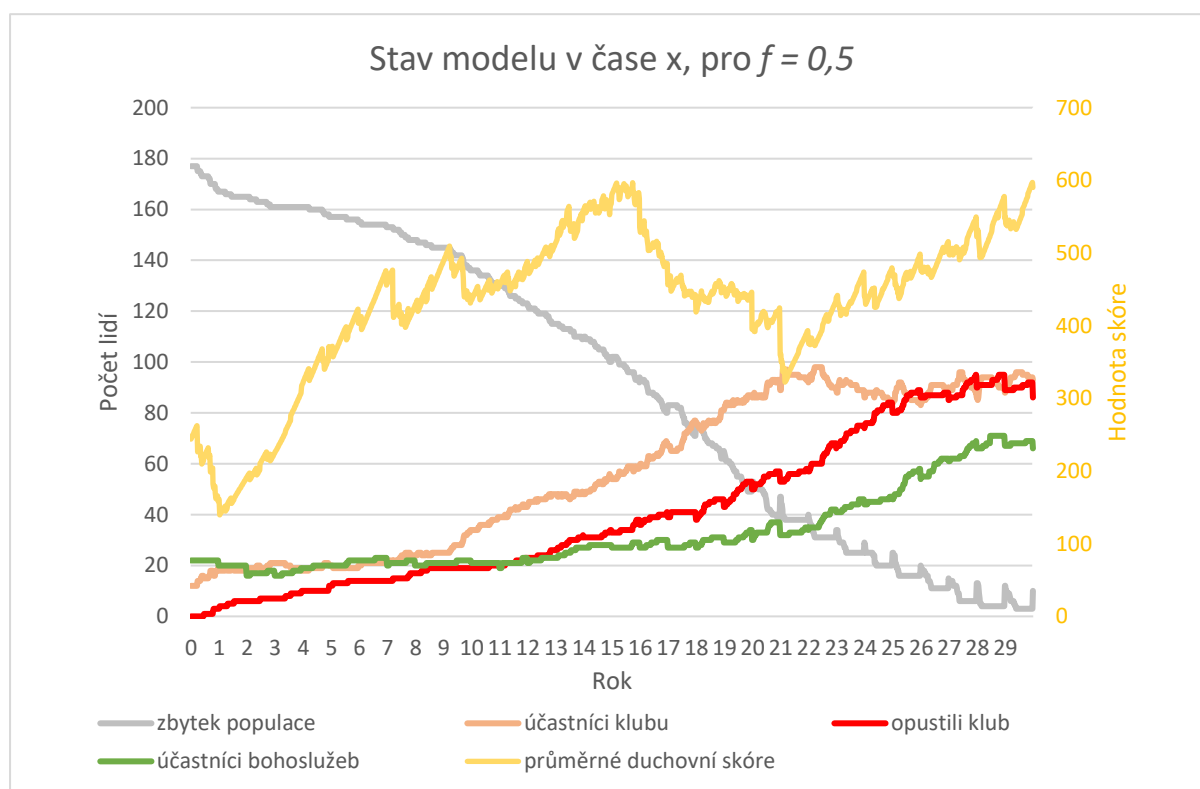
Tento model má mnoho společného se SIR modelem. Nabízející se paralela je následovná: účast v klubu je nákazou, jejíž infekčnost i úmrtnost je daná parametrem f – nízká hodnota je jako vysoká nakažlivost ale malá úmrtnost a vysoká hodnota odpovídá opaku. Agenti, kteří se nakazí, se buď vyléčí – tedy opustí klub – a stanou se imunními anebo nemoci podlehnou – začnou chodit na nedělní bohoslužby. Oproti klasickému SIR zde ale hraje roli také věk a populace se obnovuje. Dále o konci onemocnění se nerozhoduje ihned nebo po pevně daném počtu dní, ale spíše má každý agent určitý čas na uzdravení a po uplynutí tohoto času podlehnou, existuje tu ona podmínka minimálního počtu do určité míry nakažených (s určitým skóre) a několik dalších implementačních odlišností. Ve svém jádru je však tento model SIR velice podobný, s největším rozdílem v neuzavřené populaci.

Verifikace modelu

V tomto případě je úloha verifikace velice ošemetná. Jednak pracujeme s veličinami, z nichž některé nejsou objektivně měřitelné, a zároveň se pohybujeme v prostoru, kde obecně jakákoliv data z minulosti, nejsou dostupná. Největší vzdálení od reality, které na modelu vidím je, že simulujeme jednu statickou strategii po několik desítek let, což v by realitě určitě ani nebylo optimální, a především pro to nemáme porovnání. Také nelze opominout komplikovanost skutečného systému a faktor vedoucích klubů, kteří kromě volby zaměření také ovlivňují systém svým úsilím a kvalitou svého vedení.

Přesto jsem se snažil model odladit tak, aby pro $f = 0,5$ odpovídal mým zkušenostem v rámci pouze pár let pro malý klub a statistikám konverze nevěřících, které jsem byl schopný dohledat. Můj vlastní odhad se projevuje v počtu lidí, kteří do klubu přijdou a odejdou, který se v prvních 4 letech simulace obvykle pohybuje kolem 3 příchozích a 1 odchodícího, a informace z nalezených statistik jsem využil pro nastavení hranic týkajících se duchovního skóre – pro $f = 0,5$ účastník v klubu získává 52 bodů ročně, tudíž 208 bodů odpovídá 4 rokům, což je průměrná doba pro konverzi nevěřícího². Na základě této statistiky, ke které přistupuji s určitou rezervou je minimální hodnota skóre pro alespoň 3 vedoucí 300 bodů (požadavek na funkčnost klubu) a střed Gaussova rozdělení hranice pro připojení se k nedělním bohoslužbám je 400 bodů.

Jak lze očekávat pro $f = 0$ klub po několika letech selže, kdežto opačný extrém $f = 1$ možná překvapivě přežívá, ale jeho věková skupina se posouvá nad 20 let a příliš neroste.



Obr. 3: spojnicový graf stavu modelu jednoho běhu simulace

² Ve své knize to tak zmiňuje FINNEY, John. Finding Faith Today: How Does it Happen?. British and Foreign Bible Society, 1992. ISBN 0564084751

Analýza

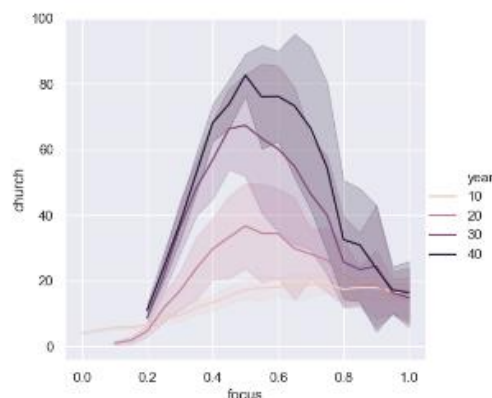
Úvod

Graf na Obr. 3 zobrazuje hrubé hodnoty většiny hlavních existujících atributů, které můžeme přímo sledovat, v konkrétní simulaci po 30 let. (duchovní skóre odpovídá pravé sekundární ose)
„Zubatost“ některých částí je způsobena pravidelným ročním obnovováním populace.

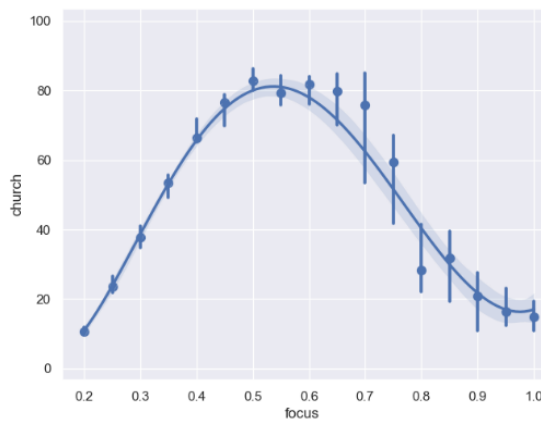
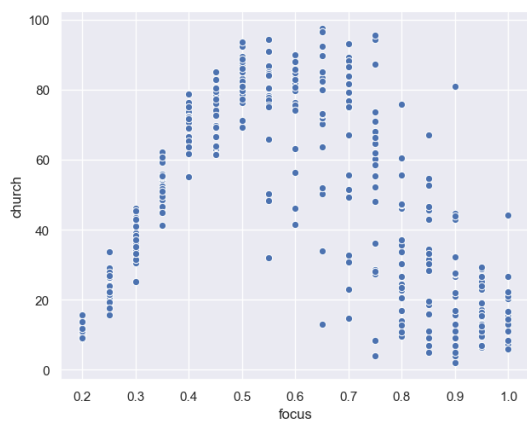
Po určité době účastníci, kteří nejsou z iniciální populace, začnou stárnout, a tak se zvyšuje šance na jejich odchod, což zapříčiní zpomalení růstu počtu účastníků, až pak model dosáhne stavu úplného rozdělení populace po 28 letech, kdy už nezbývá člověk, který by mohl být pozván – všichni jsou buď účastníky nebo z klubu odešli, a tak se jejich počty ustálí. Pokles duchovního skóre po 15 roku je způsoben odebíráním iniciální populace, po 20 letech už z ní nikdo nezbývá a v systému jsou pouze agenti, kteří se vyvinuli čistě simulací. Následovný růst skóre koresponduje s příbytkem účastníků bohoslužeb, který, zdá se, se po určité odezvě také ustálí.

Vliv parametru f

Nyní abstrahujeme čas a podíváme se, jak simulace dopadnou pro jednotlivé hodnoty f po uplynutí určité doby. Zvolená doba jistě ovlivní výsledky, jak můžeme vidět na grafu vpravo (Obr. 4). Kluby s nízkým f během několika let selžou, proto v grafu data chybí. Zároveň můžeme vidět, že vliv f je v pozdějších letech značnější. Pro začátek tedy podrobněji prozkoumáme, jak model dopadne po 40 letech.

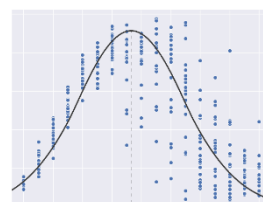


Obr. 4: church = účastníci bohoslužeb,
year = rok, focus = f



Obr. 5: výsledky simulací pro f od 0 do 1 v 0,05 intervalech po 40 letech, 20 vzorků pro každé f
graf bodový a regresivní – s mediány hodnot proložených polynóm 5. stupně a zobrazenými odchylkami

Na grafech na Obr. 4 a Obr. 5 můžeme vidět rys chování, který se dal očekávat – nevyšších počtů účastníků bohoslužeb dosahují kluby na středu spektra, kdežto okraje v počtech zaostávají, v případě $f < 0,2$ dokonce kluby úplně selhávají. A zdá se, že data přibližně odpovídají normální distribuci (Obr. 6).

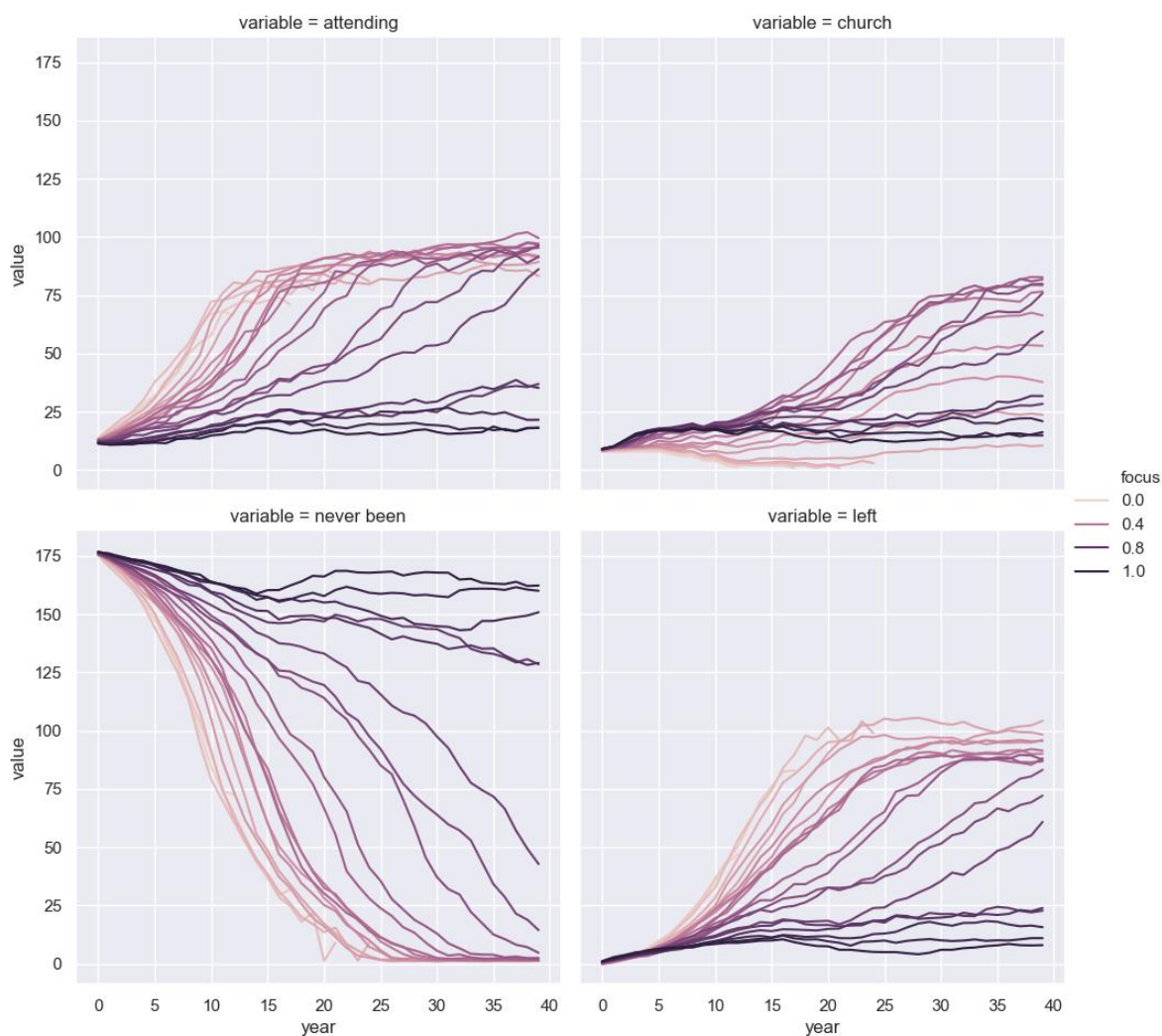


Obr. 6: překryv ilustrací
normální distribuce

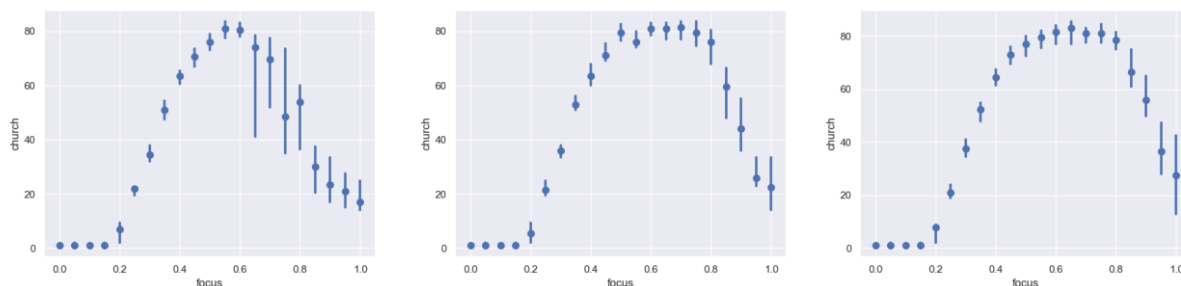
Zároveň můžeme pozorovat spíše nečekaný trend, kterým je zvýšení rozptylu výsledků jednotlivých simulací pro vyšší hodnoty f . Na dalších grafech (Obr. 7) lze vidět, proč se tak možná děje. Simulace s menším f totiž obecně dosahují určitého ekvilibria dříve než simulace s větším f , protože díky rychlejšímu nabírání účastníků rychleji rozdělí populaci na účastníky a „odpadlíky“. Můžeme se domnívat, že určitá hodnota f má svůj přibližný odpovídající ustálený stav, ale cesta k tomuto ustálenému stavu se může simulace od simulace více lišit, což by u klubů s vyšším f způsobovalo větší odchylky ve stavech po 40 letech.

Zároveň si můžeme všimnout, že v grafu účastníků bohoslužeb se díváme na průmět hodnot na osu y z Obr. 5 (a také Obr. 4), a tedy že křivky světlého odstínu dosahují nižších hodnot na konci roku 40, poté křivky s tmavším odstínem rostou výše, a nakonec křivky s nejtmavším odstínem dosahují opět pouze nižších hodnot.

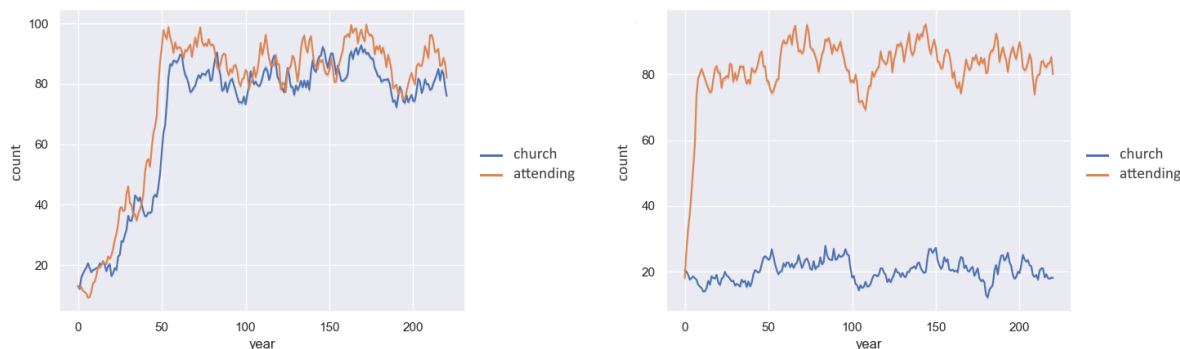
Mimo jiné zde lze také lépe vidět zpomalení růstu počtu účastníků kvůli jejich zvětšenému odchodu, který má určitou odezvu. Pravděpodobně se tak děje kvůli stárnutí agentů, kteří se ke klubu přidali na začátku simulace, jak jsem již diskutoval v sekci *Úvod*, a díky jejich současně nižšímu duchovnímu skóre (čímž se šance na odchod zvyšuje především u klubů s menším f). V tom vidíme rozdíl u klubů s vyšším f , které nenabírají tolik nových členů, ale zároveň si je déle udrží.



Obr. 7: attending = počet účastníků klubu, church = počet účastníků bohoslužeb, never been = počet agentů, kteří mohou být pozvaní (nikdy se ještě neúčastnili klubu), left = počet agentů, kteří opustili klub (mohou ale být účastníky bohoslužeb) data jsou totožná s Obr. 5, ale místo posledního roku je zobrazen medián hodnot pro každou kombinaci roku a f



Obr. 8: mediány počtů účastníků bohoslužeb po 40, 80 a 120 letech (zleva doprava) – 20 vzorků na každou hodnotu f

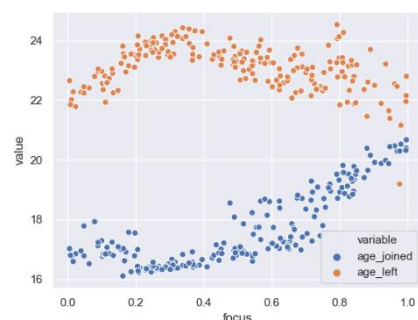


Obr. 9: počty účastníků po čase dvou simulací, nalevo $f = 0,25$ napravo $f = 0,75$

Ověřme tedy ještě domněnku o existenci ustálených stavů pro každé f . Na Obr. 8 můžeme sledovat zmenšování odchylky jednotlivých vzorků s postupujícím časem, což nás v domněnce utvrzuje. O existenci takovýchto stavů nám také napovídá levý graf na Obr. 9., stejné tendence můžeme pozorovat i pro vyšší hodnoty f , s tím dodatkem, že v rámci 200 let kluby s $f > 0,9$ už také běžně selhávají. Takové hodnoty už ale mají mizivý vztah k realitě z důvodů zmíněných v sekci *Verifikace modelu*, pouze nám ukazují obecné chování modelu.

Shrnutí

Model s pro menší hodnoty parametru f se obecně vyvíjí rychleji. Rychleji přibývají noví účastníci klubu, kteří jsou mladšího věku (Obr. 10), a rychleji i klub opouští. Účast na nedělních bohoslužbách je velice slabá a pro opravdu nízká f kluby konzistentně selhávají do několika let. Opačný konec intervalu se vyznačuje pomalým vývojem – účastníci přibývají pomalu a jsou spíše staršího věku, zato méně často opouštějí klub a jejich drtivá většina se začne účastnit bohoslužeb. Pro střední hodnoty se model vyvíjí stále relativně rychle (i když pochopitelně pomaleji než pro malá f) a část účastníků klubu se účastní i bohoslužeb. Pokud bychom chtěli vybrat optimální f museli bychom nejdříve diskutovat o relevantnosti chování pro různé délky simulace. Řekl bych, že z hlediska např. 300 let by optimální hodnota mohla být asi 0,8. Ovšem 300 let je pro tento jednoduchý model nesmyslně dlouhá doba. Pro těch původních 40 let – také relativně dlouhý výhled, ale z mého úsudku mnohem relevantnější – by se zdála optimální hodnota mírně za středem, zhruba 0,55 – 0,6.



Obr. 10: průměrný věk zapojení do klubu (modrá) a odchodu z klubu (oranžová) po 40 letech

Závěr

Zpočátku model nevypadal moc zajímavě, co se chování týče, ale nakonec, když člověk začne šplhat nahoru po žebříku abstrakce, uvidí dole pod sebou spousty zajímavého chování, které předtím možná přehlédl, protože neznal jeho původ, a vidím několik vzorců, které jsem zde už neuvedl. Celkově jsem s pozorováním spokojený. Myslím, že model dobře odráží při nejmenším jádro církevní služby mladým lidem, a to fakt, že nemá smysl jí dělat bez jakéhokoliv náboženského rozměru (přirozeně) a zároveň není možné být zaměřen čistě na vyučování.

Bylo by zajímavé se věnovat také vlivu iniciální populace, na který jsem v průběhu narazil, a více ho prozkoumat skutečnou parametrizací. Zároveň by mohlo být zajímavé změnit limit populace a sledovat v jakém měřítku se budou stavy ekvilibria posouvat. Krom toho by přirozeně šlo doimplementovat detaily jako děti členů sboru, které už nějaké povědomí o víře můžou mít, nebo další vedlejší aktivity církve. Potom by ale model narostl a asi by už nebyl tak transparentní a abstraktní.