

# Model domovov dôchodcov

Modelovanie domova dôchodcov (5)

December 6, 2017

Ondrej Kurák, xkurak00

Martin Bažík, xbazik00

## 1 Úvod

V tejto práci je riešená implmentácia modelu[1, str. 7] naplňania kapacít domovov dôchodcov a vývoja demografie obyvateľstva. Na základe vytvoreného modelu a simulačných experimentov[1, str. 8] sa pokúsime vytvoriť predpoklad pre rok naplnenia aktuálnej kapacity domovov dôchodcov v Juhomoravskom kraji. Jednotlivé experimenty sa zameriavajú na odhady vývoja aktuálneho stavu zaplnenia domovov dôchodcov.

### 1.1 Autori

- Martin Bažík (xbazik00)
- Ondrej Kurák (xkurak00)

### 1.2 Odborný konzultant

- MUDr. Milan Kurák

### 1.3 Zdroje faktov

Ako hlavné zdroje faktov boli použité správy z Ústavu zdravotných informácií a štatistik Českej republiky[2][4], správy Českého štatistického úradu[6] a konzultácia s odborným konzultantom. Všetky zdroje sú uvedené v sekcii **Zdroje**.

### 1.4 Validita modelu

Validitu modelu[1, str. 37] pre vývoj demografie obyvateľstva je čiastočne overená na základe porovnávania úmrtnosti nášho modulu a výsledkami Českého štatistického úradu[11]. Kvôli dĺžke experimentu, presnosť výsledkov s časom klesá.

## 2 Rozbor témy a použitých metód/technológií

Práca sa zaoberá modelom naplňania kapacít domovov pre dôchodcov a vývojom demografie v juhomoravskom kraji.

Domov pre dôchodcov je zariadenie, do ktorého prichádzajú klienti po dosiahnutí určitého veku. Pre tento projekt sme zvolili vek 60 rokov, ktorý je možné odvodiť na základe tabuľky *Důchodový věk*[9]. Priemerný vek mužov, ktorý nastúpia do dôchodku od roku 2017 do roku 2044, je 65 rokov. Dôchodkový vek žien však závisí na množstve detí, je však nižší ako vek mužov. Svetová zdravotnícka organizácia WHO klasifikuje ľudí vo veku 60-74 ako skorú starobu[12], čo potvrdzuje túto hodnotu.

Hlavným faktorom naplňania domova dôchodcov je starnutie populácie. Stredná dĺžka života na základe tabuľky Vývoj ukazateľů úmrtnosti [6, str. 8] rastie, pričom v poslednom meranom roku 2016 dosiahol medziročný nárast o 0,5%.

Naplňanie domovov pre dôchodcov taktiež závisí na fakte, koľko percent obyvateľstva chce vstúpiť do domova pre dôchodcov. Tieto hodnoty vychádzajú z počtu príslušníkov jednotlivých vekových kategórií, ktorý sa v roku 2013 nachádzali v domove dôchodcov[4]. Ďalšie hodnoty boli získané po konzultácii s expertom.

Na naplňanie domovov pre dôchodcov má vplyv aj ich samotná kapacita. Pre tento projekt sme zvolili konštantnú kapacitu, ktorá je pre juhomoravský kraj definovaná na základe tabuľky[8]. Súčasný stav tvorí 4128 miest.

Pre modelovanie demografie populácie sú potrebné dáta o súčasnom stave populácie[2] a obsadení domovov pre dôchodcov[4], úmrtnosť jednotlivých vekových kategórií[6], ako aj pôrodnosť. Nakoľko model obmedzujeme do roku 2040, je pôrodnosť zanedbateľná. Novonarodení jedinci totiž nemôžu dosiahnuť dôchodkový vek vo vymedzenom časovom období. Minimálny vek, pre ovplyvnenie modelu, je 35 rokov.

Jednotlivé dáta sú agregované v päťročných kategóriách a pre tento projekt ich bolo potrebné spracovať pre jednotlivé roky.

## 2.1 Použité postupy

Pre simulačný model[1, str. 44] je využitá diskretná simulácia[1, str. 34]. Tento model je implementovaný v programovacom jazyku Python. Dôvodom pre využitie programovacieho jazyka Python je možnosť využitia vedeckých knižníc Numpy a Scipy a vizualizačnej knižnice Matplotlib. Pomocou týchto knižníc dokážeme jednoducho aproximovať krivky na výpočet komponentov potrebných pre náš model. Následne vizualizačné knižnice uľahčujú overenie dát pomocou ich vizualizácie v podobe grafov.

## 2.2 Použité technológie

- Python 3.x <https://www.python.org/>
- Numpy <http://www.numpy.org/>
- SciPy <https://www.scipy.org/>
- Matplotlib <https://matplotlib.org/>

### 2.2.1 Spustenie na serveri Merlin

Pre spustenie programu na serveri merlin, je potrebné pripraviť virtuálne prostredie s knižnicami Numpy a Scipy. Postup prípravy a spustenia je:

- Pripravenie virtuálneho prostredia:  
`$ python3 -m venv ims-env`
- Nainštalovanie knižníc Numpy a Scipy:  
`$ ims-env/bin/pip3 install scipy`
- Spustenie programu v virtuálnom prostredí:  
`$ ims-env/bin/python3 main.py`

Pre zjednodušenie je pripravený **Makefile**, ktorý má pripravené tieto argumenty:

- **run** - Spustenie programu (bez virtuálneho prostredia)
- **run.env** - Spustenie programu vo virtuálnom prostredí (najprv spustí **install**)
- **install** - Príprava virtuálneho prostredia a nainštalovanie knižníc Numpy a Scipy
- **clean** - Odstránenie virtuálneho prostredia

Pri tejto konfigurácii sa spustí základná verzia programu, vypisujúca výsledky na štandardný výstup. Pre verziu s vizualizáciou je potrebné spustiť súbor **ims.ipynb** v programe jupyter.

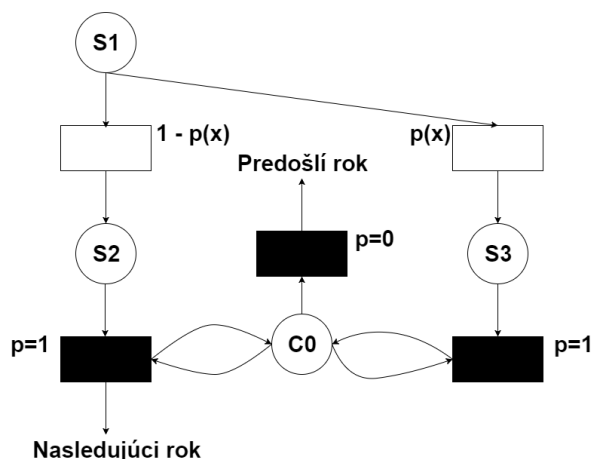
### 3 Konceptia modelu

Hlavnou zložkou modelu je predpoveď demografie obyvateľstva. Aby sa dosiahla čo najväčšia presnosť, je potrebné meniť úmrtnosť obyvateľstva a vhodne rozložiť agregované dáta.

#### 3.1 Spôsob vyjadrenia modelu

Model môžeme rozložiť na dve hlavné časti, vekový blok pokrývajúci jednu vekovú kategóriu a vypočítavanie pravdepodobnosti úmrtia.

Vekový blok môžeme vyjadriť ako petriho sieť [1, str. 123] [Obr 1]. Kde  $S1$  je počet ľudí na začiatku roku,  $p(x)$  je pravdepodobnosť úmrtia,  $S2$  je počet ľudí, ktorí prežili daný rok,  $S3$  je počet ľudí, ktorí zomreli v danom roku a  $C0$  je kontrolný stav, pre postupné spúšťanie jednotlivých vekových blokov. Takého vekové bloky sú naskladané za sebou pre každú vekovú kategóriu.



Obr 1: Vekový blok v petriho sieti

Počítanie pravdepodobnosti úmrtia sa detailne rozoberá v nasledujúcej časti.

### 3.2 Popis konceptuálneho modelu

Všetky dáta, ktoré je možné pre demografiu obyvateľstva a domovy dôchodcov sú agregované do kategórii po piatich rokoch. Aby bolo možné modelovať jednotlivé zložky je potrebné tieto údaje vhodne rozložiť.

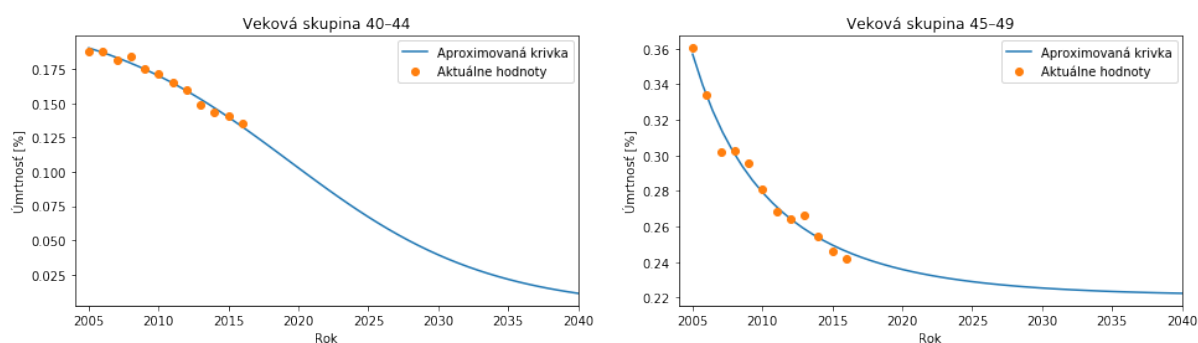
#### Predpovedanie úmrtnosti obyvateľstva a pravdepodobnosti úmrtia

K úmrtnosti obyvateľstva disponujeme dátami o úmrtnosti pre jednotlivé vekové kategórie (agregovaných po piatich rokoch) od roku 2005. Pravdepodobnosť úmrtia následne odvodíme [10].

Pre predpovedanie úmrtnosti vekových kategórii aproximujeme na aktuálne dáta nelineárnu funkciu pre každú vekovú kategóriu. Funkcia je v tvare:

$$f(x) = \frac{a_0}{x^{a_1} + a_2}$$

Aproximácia prebieha zmenou koeficientov  $a_0, a_1, a_2$  metódou najmenších štvorcov [14]. Daný typ funkcie bol zvolený, pretože dáta majú zostupný charakter a zároveň predpokladáme, že úmrtnosť nemôže dosiahnuť 0%.



Obr 2: Aproximácia úmrtnosti pre vybrané vekové kategórie do roku 2040

Aby bolo možné určiť úmrtnosť pre každú vekovú kategóriu (nie kategórie spojené po piatich rokoch, vekové kategórie nad 85 rokov) pomocou predošlých funkcií pre každý sledovaný rok vygenerujeme body pre každú agregovanú vekovú kategóriu. Následne aproximujeme nelineárnu funkciu cez takto vygenerované body. Funkcia je v tvare:

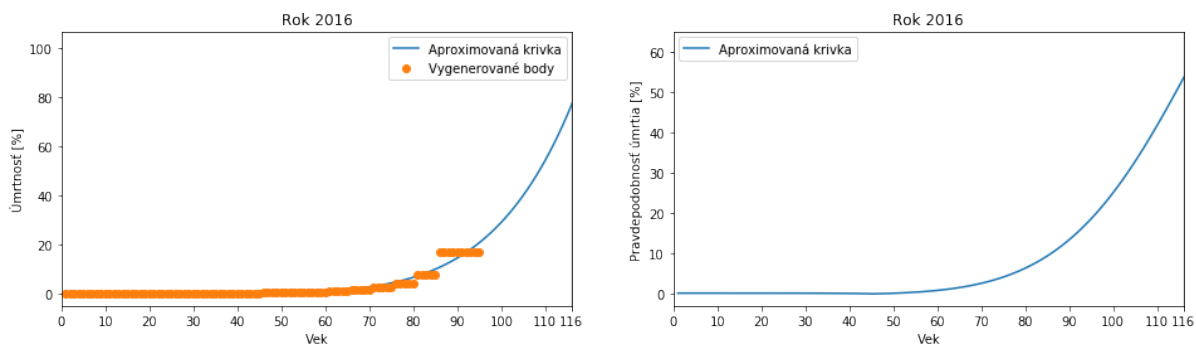
$$f(x) = a_0 * x_1^a + a_2$$

Aproximácia prebieha zmenou koeficientov  $a_0, a_1, a_2$  metódou najmenších štvorcov. Daný typ funkcie bol zvolený, pretože dáta majú vzostupný charakter a konvexný tvar.

Pravdepodobnosť úmrtia pre každú kategóriu vieme následne vypočítať ako

$$q_x = 1 - e^{-m_x}$$

kde  $q_x$  je pravdepodobnosť úmrtia a  $m_x$  je percentuálna úmrtnosť [10].



Obr 3: Úmrtnosť a pravdepodobnosť smrti pre rok 2016

### Počiatkové rozloženie obyvateľstva

Kedže počiatkový stav jednotlivých vekových kategórií obyvateľstva je tak isto agregovaný po piatich rokoch robíme jeho rozloženie na 5 častí. Aby rozloženie čo najviac zodpovedalo realite, vychádzame z niekoľkých predpokladov:

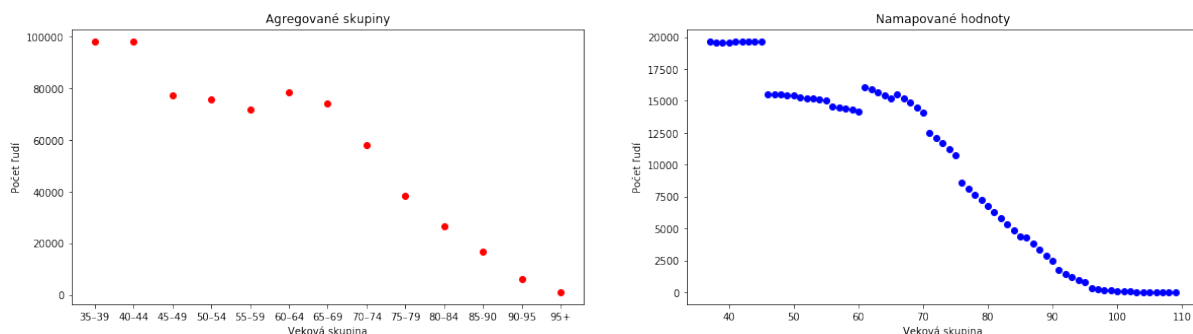
1. Počet narodených detí sa päťročné obdobie mení minimálne.
2. Počet ľudí v nasledujúcej vekovej kategórii by mal byť menší o počet ľudí, ktorí umreli v poslednom roku.

Tieto predpoklady zväčša platia na vekových skupinách od 35, čo je hlavná zložka nami sledovaného obyvateľstva.

Počet ľudí pre agregovanú vekovú kategóriu vyjadriť ako  $y = x_k + x_{k+1} + x_{k+2} + x_{k+3} + x_{k+4}$ , kde  $x_0$  až  $x_4$  sú počty ľudí jednotlivých vekových kategórií. Za pomoci predpokladov a percentuálnej úmrtnosti pre jednotlivé vekové kategórie vieme vyjadriť v tvare  $x_{k+1} = x_k * P(k)$  kde  $P(k)$  je doplnok k percentuálnej úmrtnosti danej vekovej kategórie. Následne dokážeme vyjadriť počet ľudí pre agregované kategórie ako:

$$y = x_k * (1 + P(k) * (1 + P(k+1) * (1 + P(k+2) * (1 + P(k+3))))))$$

Týmto spôsobom vieme rozdeliť obyvateľstvo tak, aby sme zachovali počet ľudí pre agregovanú kategóriu a zároveň ich rozdelili s dôrazom na úmrtnosť.



Obr 4: Rozloženie obyvateľstva

## 4 Architektúra simulačného modelu/simulátoru

Model je implementovaný v programovacom jazyku Python3 a využíva objektové paradigma. Program sa skladá z viacerých tried, pričom základnou triedou je **Controller**.

### 4.1 Mapovanie abstraktného modelu na simulačný

Každá trieda implementuje jednu časť abstraktného modelu.

Trieda **Probs** zastrešuje výpočet pravdepodobnosti úmrtia pre jednotlivé kategórie. Na základe údajov z minulosti, vytvorí predpoklad pre vývoj pravdepodobnosti úmrtia pre každú vekovú kategóriu.

Trieda **Age** zastrešuje jeden vekový blok modelu. Pri použití jej metódy `resolve_year()` podľa pravdepodobnosti úmrtia určí koľko ľudí pokračuje do vyššej vekovej kategórie.

Trieda **Controller** zastrešuje celý model. Trieda inicializuje bloky pre jednotlivé vekové kategórie a prvé rozdelenie obyvateľstva. Následne sa stará o prechod medzi rokmi a predávanie informácií o počte obyvateľov medzi jednotlivými blokmi vekovými kategórie. Vekové kategórie sa vyhodnocujú od najstaršej po najmladšiu, aby sa zabezpečilo vyprázdnenie vyššej kategórie pred príchodom nových dát.

## 5 Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Cieľom experimentov je zistiť potrebné kapacity pre domovy dôchodcov do roku 2040. Keďže je problém zistiť presné hodnoty záujemcov o pobyt v domove, pretože každý záujemca si môže podať ľubovoľný počet prihlášok, v experimentoch budeme vychádzať z dát o zaplnení domovov dôchodcov zistených Českým štatistickým úradom v roku 2013 [3] a z rozhovoru s odborným konzultantom.

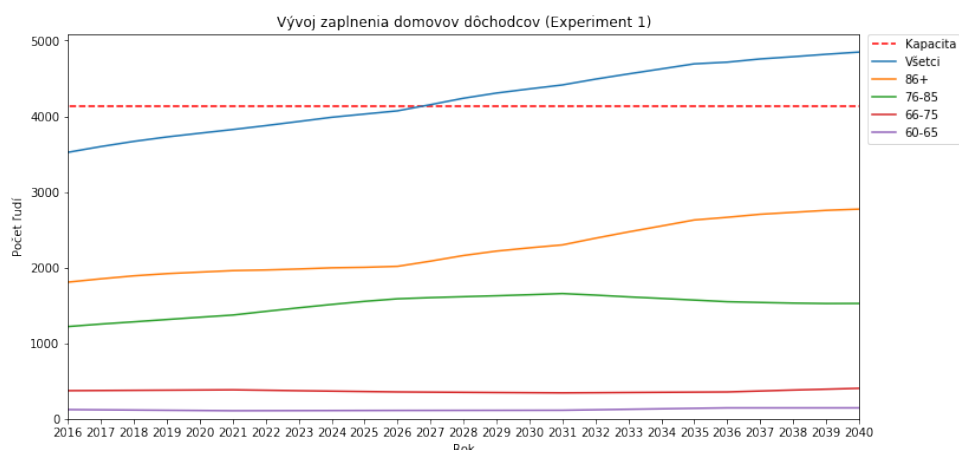
### 5.1 Postup experimentov

Pre každý experiment podľa jeho charakteru sa zvolia zistené hodnoty o percentuálnom zastúpení jednotlivých vekových kategórií v domovoch dôchodcov. Následne sa pre každý rok sleduje stav zaplnenia, aby bolo možné nájsť rok, v ktorom sa prečerpajú aktuálne kapacity.

### 5.2 Experimenty

#### 5.2.1 Experiment 1

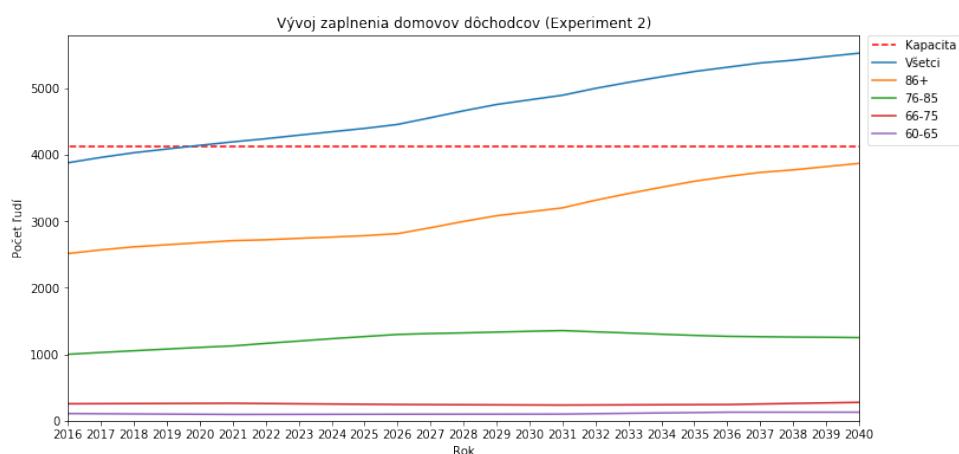
Experiment 1 sa zameriava na spodný odhad pre potrebné kapacity. Pri rozhovore s odborným konzultantom nám bolo potvrdené, že postupne sa zvyšuje záujem o pobyt v domovoch, tak ako tomu je i zahraničí. Rast u nás však nie je kvôli chýbajúcim údajom možné presne namerať. Preto ako spodný odhad je vhodné použiť posledné známe hodnoty. Tým pádom hodnoty pre percentuálne zastúpenie vekových kategórií v domovoch dôchodcov použijeme údaje zistené Českým štatistickým úradom z roku 2013 [3] pre Juhomoravský kraj. Dosiahnuté výsledky môžeme vidieť v grafe nižšie [Obr 5]. Z experimentu nám vyplýva, že aktuálne kapacity domovov dôchodcov budú prečerpané približne v roku 2026.



Obr 5: Vývoj zaplnenia domovov dôchodcov

### 5.2.2 Experiment 2

Experiment 2 sa zameriava na kapacity vyvozené z priemeru Českej republiky. Aby sme dokázali ukázať situáciu zvýšenie záujmu zvýšime údaje pre Juhomoravský kraj použité v experimente 1 na priemer Českej republiky. Pri rozhovore s odborným konzultantom bolo zhodnotené, že takáto zmena by mohla reprezentovať zvyšovanie záujmu o domovy dôchodcov. Výsledky experimentu je možné pozorovať v grafe nižšie [Obr 6]. Pri zvýšení hodnôt, sme sa dostali do prečerpania približne medzi rokmi 2019-2020.

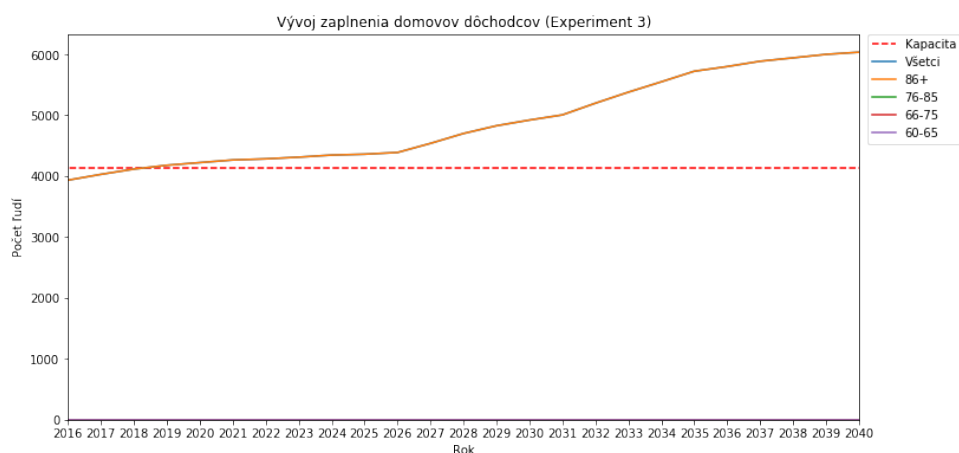


Obr 6: Vývoj zaplnenia domovov dôchodcov

### 5.2.3 Experiment 3

Experiment 3 sa zameriava na počet ľudí nad 85, ktorí starostlivosť v domove dôchodcov budú reálne potrebovať. Podľa údajov zo zahraničia, bude potrebovať približne 20 percent dôchodcov vo veku nad 85 rokov starostlivosť domova dôchodcov [15]. Keďže údaj pre Českú republiku neexistuje, približný údaj sme zistili u odborného konzultanta. Podľa údajov o jeho pacientoch z populácie nad 85 rokov, bude potrebovať starostlivosť v domove dôchodcov niečo medzi 16-17 percent populácie. Výsledok experimentu, pre túto vekovú kategóriu môžeme vidieť v grafe nižšie [Obr 7]. K prečerpaniu kapacít dochádza

okolo roku 2019. V tomto experimente, sa však ráta iba ľuďmi nad 85 rokov, ktorí podľa predošlých experimentov tvoria iba 40 percent obyvateľov domovov dôchodcov. Z toho vyplýva, že reálna potreba bude oveľa väčšia.



Obr 7: Vývoj zaplnenia domovov dôchodcov

### 5.3 Záver experimentov

Pomocou experimentov sme stanovili približný odhad na naplnenie kapacít domovov dôchodcov, v najmiernejšom možnom prípade (Experiment 1). Zároveň sme ukázali nami predpokladaný vývoj naplnenia kapacít (Experiment 2) a ukážku potrebných miest v domovoch dôchodcov pre ľudí, ktorí túto starostlivosť budú potrebovať (Experiment 3).

## 6 Zhrnutie simulačných experimentov a záver

Na základe experimentov dokážeme zhodnotiť, že aktuálne kapacity domovov dôchodcov v Juhomoravskom kraji sú nedostatočné na dlhodobejšie udržanie, aj za predpokladu nezvýšenia aktuálneho záujmu.

Za ideálnych podmienok (nezvýšenie zájmu o domovy dôchodcov) dôjde k úplnému naplneniu kapacít v roku 2026. Pokiaľ by sa záujem zvýšil na celočeský priemer, k naplneniu by došlo medzi rokmi 2019-2020.



## Zdroje

- [1] Peringer, P.: Modelování a simulace. FIT VUT, [ cit. 29. novembra 2017 ]. Dostupné na: <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [2] Kolektiv autorov: Počty obyvatel v okresech ČR dle 5ti letých věkových kategorií. Opendata.cz, [ cit. 27. novembra 2017 ]. Dostupné na: <https://linked.opendata.cz/dataset/czso-demography-in-regions-czech-republic-age-categories>
- [3] Kolektiv autorov: Seniori v ČR, [ cit. 27. novembra 2017 ]. Dostupné na: <https://www.czso.cz/csu/czso/seniori-v-cr-2014-2gala5x0fg>
- [4] Kolektiv autorov: Zařízení sociálních služeb a domy s pečovatelskou službou v okresech ČR. Opendata.cz, [ cit. 27. novembra 2017 ]. Dostupné na: <https://linked.opendata.cz/dataset/czso-social-service-facilities>
- [5] Kolektiv autorov: Juhomoravský kraj. Wikipédia, [ cit. 27. novembra 2017 ]. Dostupné na: [https://sk.wikipedia.org/wiki/Juhomoravsk%C3%BD\\_kraj](https://sk.wikipedia.org/wiki/Juhomoravsk%C3%BD_kraj)
- [6] Kolektiv autorov: Zemřelí 2016. ÚZIS, 2017, [ cit. 27. novembra 2017 ]. Dostupné na: <http://uzis.cz/publikace/zemreli-2016>
- [7] Kolektiv autorov: Obyvatelstvo Česka. Wikipédia, [ cit. 27. novembra 2017 ]. Dostupné na: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Obyvatelstvo\\_%C4%8Ceska#Popula.C4.8Dn.C3.AD\\_statistiky](https://cs.wikipedia.org/wiki/Obyvatelstvo_%C4%8Ceska#Popula.C4.8Dn.C3.AD_statistiky)
- [8] WWW stránka: Domovy pro seniory. GERONTOLOGIE, [ cit. 27. novembra 2017 ]. Dostupné na: <http://www.gerontologie.cz/showdoc.do?docid=30&typzar=DDP&kraj=Jihomoravsk%FD>
- [9] WWW stránka: Starobní důchody. ČSSZ, [ cit. 29. novembra 2017 ]. Dostupné na: <http://www.cssz.cz/cz/duchodove-pojisteni/davky/starobni-duchody.htm>
- [10] Life Tables for the Czech Republic, Cohesion Regions, and Regions [ 30. novembra 2017 ]. Dostupné na: <https://www.czso.cz/documents/10180/45948540/13006317ma.pdf/683f399f-f01c-4399-99af-4dd1f04bdac0?version=1.0>
- [11] Life Tables for the Czech Republic, Cohesion Regions, and Regions [ 4. decembra 2017 ]. Dostupné na: <https://www.czso.cz/csu/czso/life-tables-for-the-czech-republic-cohesion-regions-and-regions-2015-2016>
- [12] PACOVSKÝ, V.: O stárnutí a stáří. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1990. ISBN 80-201-0076-8
- [13] Kolektiv autorov: Manual X: Indirect Techniques for Demographic Estimation. New York: UNITED NATIONS, 1983. Dostupné na: [http://www.un.org/esa/population/publications/Manual\\_X/](http://www.un.org/esa/population/publications/Manual_X/)
- [14] Smith L., Hyndman R. J., Wood N.: Spline Interpolation for Demographic Variables: The Monotonicity Problem. Dostupné na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF03032212.pdf>

- [15] The Centers for Medicare & Medicaid Services: Nursing Home Data Compendium 2015 [ 4. decembra 2017 ]. [https://www.cms.gov/Medicare/Provider-Enrollment-and-Certification/CertificationandCompliance/Downloads/nursinghomedatacompendium\\_508-2015.pdf](https://www.cms.gov/Medicare/Provider-Enrollment-and-Certification/CertificationandCompliance/Downloads/nursinghomedatacompendium_508-2015.pdf)