

SLOVENSKÁ ŠTATISTIKA a DEMOGRAFIA

SLOVAK STATISTICS
and DEMOGRAPHY

1/2020

ročník/volume 30

Recenzovaný vedecký časopis so zameraním na prezentáciu moderných štatistických a demografických metód a postupov.

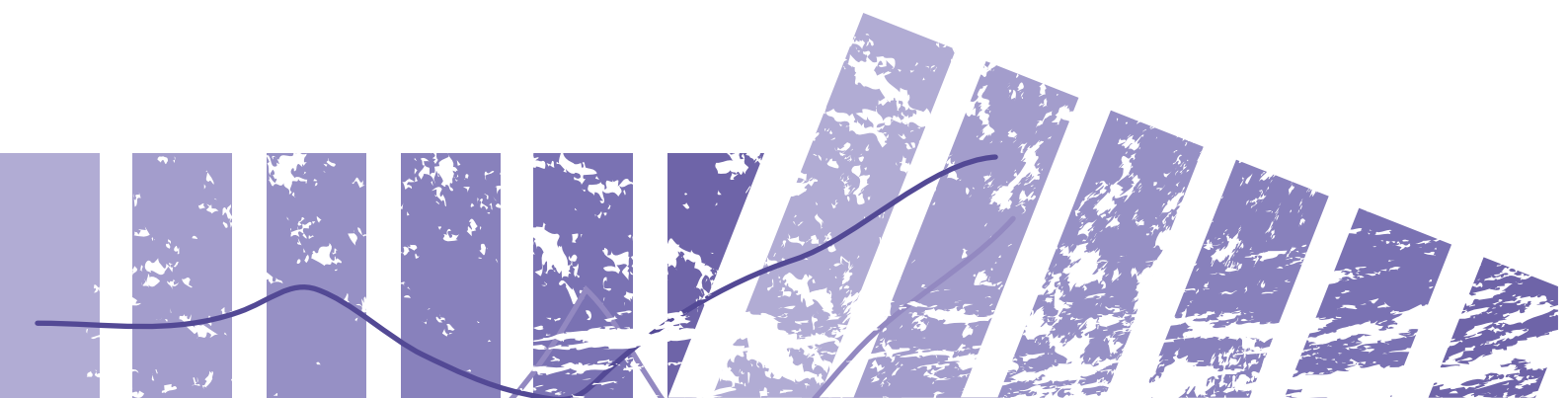
Scientific peer-reviewed journal focusing on the presentation of modern statistical and demographic methods and procedures.

Článok/Article: 2

Typ článku/Type of article: vedecký článok/scientific article

Strany/Pages: 15 – 30

Dátum vydania/Publication date: 15. január 2020/January 15, 2020



Boris VAŇO
INFOSTAT – Výskumné demografické centrum

VYUŽITIE MIKROSIMULÁCIE V DEMOGRAFICKOM PROGNÓZOVANÍ

THE USE OF MICRO-SIMULATION IN POPULATION FORECASTING

ABSTRAKT

Článok sa zaoberá využitím mikrosimulačných metód a modelov pre potreby demografických simulácií a prognóz. Hodnotí silné a slabé stránky mikrosimulácie hlavne v súvislosti s využívaním agregovaných modelov v demografii. Zároveň definuje predpoklady na využitie mikrosimulácie v demografickom prognózovaní.

ABSTRACT

The article deals with the use of micro-simulation methods and models for the needs of demographic simulations and forecasts. It evaluates the strengths and weaknesses of micro-simulation mainly in relation to the use of aggregated models in demography. It also defines the prerequisites for the use of micro-simulation for demographic forecasting purposes.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

demografické projekcie, mikrosimulácia, agregované modely

KEY WORDS

population projections, micro-simulation, aggregate models

1. ÚVOD

Pri populačných projekciách sa v súčasnosti využívajú predovšetkým metódy a modely, ktoré sú založené na agregovaných údajoch. Pokiaľ nás zaujíma iba vývoj obyvateľstva v základnom členení, spravia nám takéto agregované modely dobré služby. Nároky na výpočet nie sú veľké a potrebné vstupné údaje sa dajú získať pomerne jednoducho. Čím dezagregovanejšiu informáciu však chceme pri prognózovaní získať, tým ťažšie je nájsť vhodné agregované údaje na výpočet vstupných parametrov modelu. Jednou z alternatív k agregovaným modelom je v takom prípade mikrosimulácia.

Mikrosimulačné modely sú založené na simulovaní životného cyklu jednotlivých osôb. Pod životným cyklom sa rozumie postupnosť udalostí, ktoré sú významné z hľadiska skúmaného problému [22]. Mikrosimulačné modely sa využívajú predovšetkým v socio-ekonomickej oblasti pričom demografické aplikácie patria medzi najčastejšie. Môže ísť o finálne výstupy (demografické prognózy, simulácie, odhady zamerané na obyvateľstvo alebo domácnosti) alebo o aplikácie, ktoré slúžia ako čiastkové vstupy na iné (obvykle ekonomicky zamerané) aplikácie.

2. MAKROSIMULAČNÝ VS. MIKROSIMULAČNÝ PRÍSTUP K DEMOGRAFICKÝM PROGNÓZAM

Na projekcie obyvateľstva (aspoň tie oficiálne) sa v súčasnosti skoro výlučne využíva kohortne-komponentná metóda [7, 10, 15, 16, 19]. Ide o klasický makrosimulačný model s nízkym stupňom dezagregácie, ktorý pomocou vývoja troch

základných komponentov (pôrodnosť, úmrtnosť, migrácia) modeluje vývoj počtu a vekovo-pohlavnej štruktúry obyvateľov. Vstupné parametre aj výstupy sú štandardne členené podľa pohlavia a veku. Ako vstup pre projekciu je potrebná východisková štruktúra obyvateľstva a ďalej špecifické miery plodnosti, pravdepodobnosti prežitia a migračné saldá na celé obdobie projekcie. Algoritmus výpočtu projekcie je vcelku jednoduchý. Počty obyvateľov vo východiskovom období sa násobia pravdepodobnosťou prežitia, pripočíta sa migračné saldo a takto sa získa počet obyvateľov v ďalšom roku, samozrejme s vekovým posunom. Veková skupina 0-ročných sa vypočíta z počtu živonarodených, po vynásobení pravdepodobnosťou dožitia konca kalendárneho roka. Tento algoritmus sa opakuje podľa dĺžky prognózovaného obdobia. Okrem samotnej projekcie, ktorú tvorí počet obyvateľov a jeho štruktúra (obvykle podľa pohlavia a veku), sa pre každý prognózovaný rok zvyčajne počítajú aj základné charakteristiky bilancie a pohybu obyvateľstva.

Výpočet projekcie obyvateľstva podľa pohlavia a veku pomocou kohortne-komponentnej metódy nie je náročný ani čo sa týka rozsahu údajov. Základom na výpočet projekcie za jeden územný celok je zhruba 200 číselných údajov a celkový počet vstupných parametrov nepresiahne obvykle hodnotu 700 pre jeden rok projekcie. Dĺžka výpočtu sa pohybuje rádovo v sekundách a nároky na pamäť počítača sú zanedbateľné. Na rozdiel od mikrosimulácie nie je v tomto prípade rozsah výpočtu závislý od veľkosti populácie, pre ktorú sa prognóza počíta. To znamená, že z hľadiska výpočtu je jedno, či ide napr. o prognózu obyvateľov za 80 miliónové Nemecko, Slovensko s 5,5 miliónmi obyvateľov alebo okres Svidník, ktorý má 12-tisíc obyvateľov. Vo všetkých troch prípadoch sú dátové nároky na výpočet rovnaké.

Projekcie vypočítané pomocou agregovaných modelov sa často využívajú aj na výpočet odvodených projekcií, ktorých základom je vekovo-pohlavné zloženie obyvateľstva, napr. prognóza ekonomicky aktívnych osôb, dôchodcov, detí, domácností a pod.

Okrem výhod, ktoré majú populačné projekcie založené na agregovaných (makrosimulačných) modeloch, treba spomenúť aj dve základné nevýhody. Obe sú spojené s vysokým stupňom agregácie. Prvou nevýhodou je, že pri jednoducho definovaných pravdepodobnostiach vzniká strata informácií, takže za určitých okolností sa nemusia dať primerane zobrazit' kauzálne súvislosti. To znamená, že keď zásadné zmeny v globálnych rámcových podmienkach pôsobia na rozhodovanie individuálnych osôb, dá sa iba ťažko odhadnúť, do akej miery sa tým menia agregované pravdepodobnosti. Druhou nevýhodou je skutočnosť, že pri vysokom stupni agregácie nie je možné získať výsledky v podrobnejšom členení.

Obe spomínané nevýhody je možno čiastočne vykompenzovať ďalšou dezagregáciou vstupných údajov agregovaného modelu, t. j. členením podľa ďalších kritérií. Každé takéto ďalšie členenie však výrazne zvyšuje nároky na prípravu vstupných údajov. Čo je však závažnejšie, často nie je ďalšia dezagregácia možná, keďže potrebné údaje v hlbšom členení vôbec nie sú k dispozícii.

Inú možnosť demografického prognózovania predstavuje mikrosimulačný prístup, ktorý dokáže eliminovať spomínané dve základné nevýhody vznikajúce pri agregovaných modeloch. Samozrejme nie sú to jediné výhody mikrosimulačného prístupu pri tvorbe demografických projekcií. Podobne ako agregované modely má

však aj mikrosimulácia svoje slabé stránky. Na ľahšie porovnanie makrosimulačného a mikrosimulačného prístupu k demografickým prognózam uvedme jednoduchý príklad, s ktorým sa môžeme stretnúť pri každom výpočte projekcií obyvateľstva. Povedzme, že chceme vypočítať počet detí, ktoré sa narodia počas jedného kalendárneho roka ženám vo veku 25 rokov. Predpokladajme, že takýchto žien je v populácii 10 tisíc a že každá žena vo veku 25 rokov má pravdepodobnosť 10 %, že sa jej v danom roku narodí dieťa (vekovo špecifická miera plodnosti je 0,1).

Pri použití agregovaného modelu (v tomto prípade kohortne-komponentnej metódy) získame počet narodených detí ženám určitého veku, keď vynásobíme počet žien v danej vekovej skupine príslušnou špecifickou mierou plodnosti pre danú vekovú skupinu. To znamená, že ženám vo veku 25 rokov sa v priebehu daného roka narodí 1 000 detí (10 000 žien x pravdepodobnosť narodenia dieťaťa 0,1). Vidíme, že výpočet je jednoduchý a jednoducho dostupné sú aj potrebné údaje. Počet žien v príslušnom veku sa nachádza v bilancii obyvateľstva a plodnosť žien v určitom veku patrí medzi základné charakteristiky pohybu obyvateľstva.

Keby sme na daný výpočet využili mikrosimulačný prístup, postup by bol nasledovný. Najskôr potrebujeme mať k dispozícii výberový súbor, v ktorom bude 200 žien vo veku 25 rokov (pri 2 % výbere). Pravdepodobnosť narodenia dieťaťa pre 25 ročné ženy je rovnaká ako pri makrosimulačnom modeli, t. j. 0,1. Pre každú 25-ročnú ženu zahrnutú do výberového súboru spravíme náhodný experiment. To znamená, že náhodným výberom priradím číslo z intervalu (0;1). Pokiaľ je číslo menšie alebo rovné 0,1, znamená to, že príslušnej žene sa narodí dieťa. Ak je väčšie, dieťa sa nenarodí. Pri náhodnom výbere platí, že z 200 pokusov pri pravdepodobnosti 0,1 bude 20 pokusov úspešných. To znamená, že 25 ročným ženám z výberového súboru sa narodí 20 detí. Následne sa deti narodené vo výberovom súbore prepočítajú na celú populáciu. To znamená, že pri 2 % výbere sa vynásobia číslom 50, čo predstavuje 1 000 živonarodených detí na úrovni celej populácie.

Makrosimulačným aj mikrosimulačným modelom sme získali rovnaký výsledok. Rozdiel v zložitosti výpočtu je však evidentný a ťažko si predstaviť niekoho, kto by takýto triviálny prognostický problém riešil pomocou mikrosimulácie. Iná situácia by nastala v prípade, že by sme napr. chceli zistiť počet narodených detí ženám v špecifickejšej skupine (napr. vydaté ženy vo veku 25 rokov so základným vzdelaním). Takto členené informácie sa v bilancii obyvateľstva ani v údajoch o plodnosti žien nenachádzajú, preto vstupy do agregovaného modelu by boli problematické. Výberový súbor, v ktorom by za každú osobu boli k dispozícii údaje o pohlaví, veku, rodinnom stave a vzdelaní je však ľahko predstaviteľný.

Z predchádzajúceho príkladu sú zrejmé tri skutočnosti, ktoré na prvý pohľad odlišujú mikrosimulačný prístup od agregovaného. Mikrosimulačné modely nepracujú s celou populáciou ale využívajú výberové zisťovania, nepracujú s agregovanými údajmi ale využívajú individuálne údaje a nepracujú s priemernými hodnotami ale využívajú opakované náhodné experimenty.

S uvedenými skutočnosťami samozrejme súvisia viaceré špecifické problémy, ktoré je nutné riešiť v rámci mikrosimulačného modelu [22]. Ide hlavne o otvorenú, resp. zatvorenú formu modelu, t. j. či majú byť do mikrosimulačnej databázy zahrnuté aj osoby, ktoré sa v pôvodnej databáze nenachádzajú. Ďalej je spojitá, resp. diskretná

forma modelu, ktorá sa prejavuje v prístupe k časovaniu a poradiu demografických udalostí. A riešiť treba aj udalosti týkajúce sa viacerých jednotlivcov, čo v praxi znamená aktualizáciu a prepájanie identifikátorov [22].

Van Imhoff analyzuje rozdiely medzi makrosimuláciou a mikrosimuláciou podrobnejšie a uvádza 5 základných rozdielov [22].

Makrosimulačné aj mikrosimulačné modely simulujú dynamické procesy. Opisujú vývoj systémov v čase z hľadiska udalostí, ktoré sú základom zmien centrálnych premenných v modeli. Základnou charakteristikou simulovaných udalostí je, že ide o typ buď – alebo (buď udalosť nastane alebo nenastane). Z hľadiska celej populácie môžeme hovoriť o priemernom výskyte určitej udalosti avšak tento priemerný výskyt je vždy založený na individuálnych rozhodnutiach. Udalosti sú teda náhodné premenné, ktoré môžu nastať s určitou pravdepodobnosťou. Keď sa robí predpoklad o budúcom počte udalostí, robí sa vlastne predpoklad o očakávanej hodnote náhodnej premennej. K tomuto pristupujú obidve metódy rozdielne, hoci v oboch prípadoch je postup založený na princípe veľkých čísiel. Makrosimulačné modely sú založené na predpoklade, že veľkosť súboru je dostatočná, aby odhadovaný počet udalostí priamo zodpovedal očakávanému počtu. V mikrosimulačných modeloch sa predpokladá, že počet opakovaní náhodného experimentu vo výberovom súbore je dostatočne veľký, aby odhadovaný počet udalostí bol približne rovný očakávanej hodnote vo výbere a po prepočte v celom súbore.

Ďalší rozdiel medzi makrosimuláciou a mikrosimuláciou spočíva v tom, že makrosimulačné modely využívajú agregované údaje na úrovni celej populácie, zatiaľ čo mikrosimulačné modely využívajú výberové zisťovania, t. j. vybranú časť populácie, ktorá vhodným spôsobom reprezentuje celú populáciu. Dôvodom na využívanie výberových zisťovaní v mikrosimulácii je skutočnosť, že by bolo veľmi zložité a ťažkopádne pracovať so súbormi, ktoré by obsahovali údaje za každú osobu v populácii a to tým viac, že mikrosimulačné modely využívajú obvykle viac premenných ako makromodely. Samozrejme aj makromodely niekedy získavajú informácie nedostupné na agregovanej úrovni prostredníctvom výberových zisťovaní. Prepojenie medzi modelom a výberovým súborom je však v prípade makrosimulácie podstatne menej explicitné ako pri mikrosimulácii.

Ďalší rozdiel sa týka vzťahu medzi empirickými údajmi vstupujúcimi do modelu a špecifikáciou rovníc, ktoré určujú priebeh jednotlivých udalostí. Pri tvorbe každého modelu nastáva niekedy situácia, keď sa musia zobrať do úvahy údaje, ktoré sú k dispozícii. Pri makrosimulačnom prístupe existuje v tomto smere väčšia flexibilita. To znamená, že pre väčšinu premenných sa fáza odhadu môže odsunúť na neskôr a vzťahy sa dajú špecifikovať nepriamym spôsobom. Naopak, pri mikrosimulačnom prístupe sa všetky vzťahy musia brať do úvahy od samého začiatku tvorby modelu. Všetky rovnice, ktoré určujú priebeh jednotlivých udalostí, sa týkajú individuálnej úrovne. Preto všetky vysvetľujúce premenné musia byť zahrnuté priamo v databáze, medzi údajmi, ktoré charakterizujú jednotlivé osoby.

Pri modelovaní procesov, ktoré sú spojené s ľudským správaním, treba vždy hľadať kompromis medzi intenzitou, kvalitou a dostupnosťou údajov na jednej strane a schopnosťou robiť zmysluplné prognostické scenáre na druhej strane. Závislé premenné ľudského správania sú vždy stochastické a naše poznatky

o determinantoch ľudského správania zďaleka nie sú úplné. Tieto dve skutočnosti spoločne vytvárajú obmedzenia pre komplexnosť prognostických modelov. Platí to pre makro- aj mikromodely. Po určitom bode sa model stáva natoľko komplexným, že výsledná projekcia je stále viac ovplyvňovaná náhodnými veličinami. V makro modeloch je podstatne jednoduchšie oddeliť centrálny proces od okrajových procesov, a to prostredníctvom exogénnych premenných. Tým sa priznáva, že parciálne procesy nie sú dostatočne pochopené, aby sa zdôvodnilo ich začlenenie do modelu. Ich oddelením od centrálnych procesov sa znižuje vplyv náhodných faktorov. Naopak, v mikrosimulačných modeloch musia byť všetky vysvetľujúce premenné zahrnuté do modelu na individuálnej úrovni. Z uvedeného vyplýva, že makro-modely majú problém so stratou informácií, zatiaľ čo mikromodely majú nevýhodu vo vysokých nárokoch na dáta a sú vystavené podstatne intenzívnejšiemu pôsobeniu vonkajších vplyvov.

Posledný z hlavných rozdielov medzi makro a mikrosimuláciou sa podľa Van Imhoffa týka štandardizácie počítačového softvéru, ktorá je podstatne zložitejšia v prípade mikrosimulačných modelov. Je to spôsobené tesným prepojením medzi modelom a dátami pri mikrosimulácii. V dôsledku veľkej variability mikrosimulačných databáz nie je možné vypracovať pri mikrosimulačných modeloch štandardizované a užívateľské softvérové riešenia.

Napriek viacerým koncepčným a praktickým rozdielom medzi mikrosimulačnými a agregovanými metódami, existuje aj viacero dôležitých princípov, ktoré majú tieto dve skupiny metód spoločné.

Tvorba populačných projekcií v podstate znamená prípravu výpovedí o budúcnosti obyvateľstva. Ak majú byť tieto výpovede zmysluplné, musia sa zakladať na validnom popise jednotlivých procesov, ktoré sú súčasťou populačného systému. Inak povedané, projekcie musia byť založené na modeli [22]. Jedna z častých definícií modelu hovorí, že model je zjednodušený a kvantitatívny popis reality [18]. Tejto definícii v plnom rozsahu zodpovedajú demografické prognostické modely (agregované aj mikrosimulačné), ktoré môžeme označiť za zjednodušené a kvantitatívne popisy procesov, ktoré ovplyvňujú vývoj počtu a štruktúry obyvateľov. Zjednodušenie spočíva v tom, že nie všetky premenné, ktoré ovplyvňujú vývoj počtu a štruktúry obyvateľov, sú zahrnuté v modeli. Kvantitatívnosť znamená, že vstupom aj výstupom modelu sú konkrétne číselné hodnoty.

Keď máme k dispozícii kvantitatívny opis populačného systému, môžeme ho použiť na odhadnutie toho, ako sa tento systém bude správať v priebehu času, t. j. od opísanej súčasnosti do neznámej budúcnosti. Nakoľko model je zjednodušeným opisom reality, vždy bude obsahovať určité exogénne prvky. To znamená, že kvantitatívne hodnoty týchto exogénnych prvkov nie sú vysvetlené v rámci modelu ale vstupujú z vonkajšieho prostredia, ktoré je od modelu nezávislé. Vo všeobecnosti sa tieto exogénne prvky označujú ako parametre modelu. Pre potreby projekcie treba model doplniť o hypotézy, ktoré sa týkajú budúcnosti parametrov modelu.

Pretože projekčné modely sú výpoveďou o budúcnosti, musia vždy obsahovať časový faktor. V tomto zmysle sú všetky projekčné modely dynamické. Je však veľa spôsobov, ako sa dá časový faktor zohľadniť v modeli. Samotné pridanie indexu t do všetkých premenných a parametrov modelu môže len ťažko zaručiť jeho dynamickosť. Naozaj dynamický model by mal nielen špecifikovať, ako bude systém vyzeráť

v budúcnosti, ale aj ako sa do budúceho stavu dostane. To znamená, že procesy, ktoré sú základom zmien systémových premenných, by mali byť explicitne zahrnuté do modelu. Podľa Rydera sa v skutočne dynamickom modeli kladie dôraz viac na udalosti a procesy ako na stavy [18].

Agregovaný a mikrosimulačný model môžeme teda považovať za dva alternatívne spôsoby, ktoré možno využiť v demografickom prognózovaní. Potvrďuje to aj príklad, ktorý sme uviedli v úvode tejto kapitoly. Na základe opisu reality (počet narodených detí závisí od počtu žien v populácii, ich vekovej štruktúry a pravdepodobnosti narodenia dieťaťa v závislosti od veku ženy) a na základe hypotézy o budúcom vývoji parametrov modelu (vekovo špecifických mier plodnosti) dospejeme pomocou obidvoch metód k veľmi podobnej výpovedi o budúcnosti (očakávaný počet narodených detí). To, samozrejme, neznamená, že obidva prístupy sú rovnako vhodnou implementáciou pre všetky opisy reality. Každopádne z koncepčného hľadiska jeden aj druhý prístup zodpovedá definícii modelu. Niektoré typy úvah o budúcnosti sa jednoduchšie realizujú pomocou mikrosimulačného prístupu, iné si vyžadujú skôr makrosimulačný prístup. Zvyčajne sa uvádza päť hlavných výhod (predností) mikrosimulačných modelov [22].

Prvou silnou stránkou mikrosimulácie je jej fungovanie pri údajoch veľkého rozsahu. Ak sa zväčšuje počet premenných zahrnutých do modelu a počet hodnôt, ktoré tieto premenné môžu nadobúdať, makrosimulačné modely zvládajú takúto situáciu s problémami alebo ju nemusia zvládnuť vôbec. Ako príklad môžeme uviesť demografický model zameraný na obyvateľstvo Slovenska, ktoré je členené do niekoľkých základných skupín podľa kritérií, ktoré významne ovplyvňujú reprodukčné a rodinné správanie obyvateľstva. Ide o pohlavie, vek, rodinný stav, vzdelanie, štátne občianstvo, veľkostnú skupinu obce a región. V modeli treba zohľadniť 2 pohlavia (muži, ženy), 101 vekových skupín (jednotky veku od 0 rokov do 100 a viac rokov), 4 rodinné stavy (slobodný/slobodná, ženatý/vydatá, rozvedený/rozvedená, ovdovený/ovdovená), 4 vzdelanostné skupiny (základné, stredoškolské bez maturity, stredoškolské s maturitou, vysokoškolské), 4 štátne občianstva (SR, EÚ, vyspelé krajiny mimo EÚ, rozvojové krajiny), 10 veľkostných skupín obcí a 79 okresov. Agregovaná tabuľka makrosimulačného modelu, ktorá vznikne kombináciou jednotlivých faktorov, by obsahovala viac ako 10,2 milióna pozícií (pre zjednodušenie neberieme do úvahy dostupnosť údajov, ale len ich rozsah). V mikrosimulačnom modeli by veta za každú osobu obsahovala 7 hodnôt. Pri 5 % náhodnom výbere (takýto výber už predstavuje veľké výberové zisťovanie), by bol rozsah výberového súboru menej ako 1,9 milióna hodnôt, čo v porovnaní s makrosimulačným modelom predstavuje údaje viac ako 5-násobne nižšieho rozsahu. Pokiaľ by sa diferenciacia obyvateľstva ďalej zväčšovala (t. j. zväčšil by sa počet premenných) alebo veľkosť výberového súboru by bola menšia (často postačuje menší výberový súbor na úrovni 1 % alebo 0,5 % výberu), rozdiel medzi veľkosťou agregovanej tabuľky a veľkosťou výberového súboru by ešte viac narástol. Z uvedeného príkladu vyplýva, že pri väčšej dezagregácii vstupných údajov efektívnejšie fungujú mikrosimulačné modely.

Z predchádzajúcich úvah vyplýva aj druhá silná stránka mikrosimulácie. Mikrosimulačné modely lepšie zohľadňujú interakcie medzi premennými. Bez ohľadu na zložitosť rovnice, ktorá určuje pravdepodobnosť vzniku určitej udalosti na individuálnej úrovni, ich mikrosimulačný model dokáže zvládnuť, pretože všetky vysvetľujúce premenné sú ľahko dostupné. Naproti tomu v makrosimulačnom modeli

je potrebné definovať buď veľký, a teda ťažkopádny stavový priestor, alebo je potrebné pridať komplikované moduly, ktoré sledujú zmeny rozdelenia v pozíciách agregovanej tabuľky. Preto je mikrosimulácia v tomto ohľade flexibilnejšia a výkonnejšia.

Mikrosimulácia je flexibilnejšia aj pri riešení interakcií medzi jednotlivcami. Najmä v demografických modeloch sa veľa udalostí týka viacerých osôb, napríklad uzavretie manželstva, rozvod, ovdovenie, opustenie rodičovského domu, sťahovanie viacčlenných domácností a podobne. V agregovaných modeloch, kde v dôsledku vysokého stupňa agregácie nie sú prepojenia medzi jednotlivcami viditeľné, sú takéto udalosti obzvlášť problematické. Je známych niekoľko riešení problému konzistencie v agregovaných modeloch. Hoci väčšina z týchto algoritmov je viac ako len mechanický postup na vynútenie konzistentnosti výsledkov projekcií, v konečnom dôsledku ide vždy len o hrubý odhad. Naopak, v mikrosimulačných modeloch je pomerne jednoduché vytvoriť a počas projekcie udržať prepojenia medzi jednotlivcami a to prostredníctvom referenčných identifikátorov, priradených jednotlivým osobám priamo v databáze.

Štvrtou výhodou mikrosimulácie je to, že dokáže zvládnuť spojité premenné. V demografických modeloch môžu byť premenné ako príjem, ekonomická aktivita alebo dosiahnuté vzdelanie významnými determinantmi reprodukčného a rodinného správania. Spojité premenné v agregovaných modeloch (ak sa k nim pristupuje korektné) spôsobujú vážne problémy, ktoré ohrozujú celé fungovanie modelu. V mikrosimulačných modeloch spojité premenné nespôsobujú mimoriadne problémy, aspoň nie väčšie, ako vznikajú pri diskretných premenných.

Piata a posledná z hlavných výhod mikrosimulačného prístupu sa týka výstupov, ktoré môžu byť podstatne flexibilnejšie a obvykle aj obsahovo bohatšie ako pri agregovaných modeloch. Výstup z mikrosimulačného modelu totiž tvorí (aktualizovaná) databáza s individuálnymi údajmi, ktoré je možné agregovať prakticky ľubovoľným spôsobom. V makrosimulačných modeloch je agregáčna schéma (a tým aj rozsah a štruktúra výstupov) pevne stanovená už pri špecifikácii modelu. Okrem podrobných prierezových výstupov sa môže mikrosimulačná databáza využiť aj na získavanie longitudinálnych informácií, napríklad vo forme individuálnych životných cyklov.

Na základe identifikácie silných a slabých stránok oboch prístupov sa dá konštatovať, že mikrosimulačný prístup je vhodné a výhodné použiť v dvoch prípadoch – pokiaľ v sledovaných procesoch hrajú dôležitú úlohu spojité premenné alebo pokiaľ si riešenie vyžaduje prácu s dezagregovanými údajmi, ktorá sa viaže na súbory veľkého rozsahu a podrobné výstupy sú spojené s jednoducho opísateľnými algoritmi.

V prípade, že model obsahuje spojité premenné, je mikrosimulácia vhodným riešením. Ťažko si však predstaviť model so spojitými premennými, ktorý by bol primárne určený na populačné projekcie. Existuje, samozrejme, mnoho mikrosimulačných modelov, ktoré modelujú reprodukčné správanie obyvateľstva ako funkciu diskretných aj spojitých premenných. Vo všetkých takýchto modeloch však obyvateľstvo nie je finálnym, ale čiastkovým výstupom podstatne komplexnejšieho modelu. Práve nedemografické prvky sú motiváciou na použitie mikrosimulácie

v takýchto komplexných modeloch. Komplexné mikrosimulačné modely nie sú vhodným nástrojom na populačné projekcie.

V prípade populačných projekčných modelov, ktoré sa zameriavajú na obyvateľstvo v podrobnejšom členení ako pohlavie a vek, je mikrosimulácia silným nástrojom. Medzi faktormi ovplyvňujúcimi reprodukčné a rodinné správanie bývajú okrem demografických faktorov často aj nedemografické. Ide o spomínané prípady, keď sa veľmi komplexný proces dá opísať jednoduchým spôsobom. Pri modelovaní príbuzenských vzťahov sú rozhodujúcimi faktormi plodnosť (vzťahy rodičov a detí), tvorba a rozpad vzťahov (manželské a partnerské vzťahy) a úmrtnosť (zánik rodinných vzťahov). Výsledné príbuzenské vzorce sú však mimoriadne zložité. Existuje mnoho spôsobov, ako ich študovať, pričom je možné vziať do úvahy široké príbuzenstvo. Skutočnosť, že mikrosimulácia umožňuje vytvárať výstupy v podrobnom členení, predurčuje jej vhodnosť na modelovanie príbuzenských vzťahov. Pomocou agregovaného modelu by nebolo možné vytvoriť takú širokú škálu kategórií obyvateľstva.

3. MIKROSIMULAČNÉ DEMOGRAFICKÉ MODELY

Mikrosimulácia nemá dlhú históriu ani ako teoretický koncept, ani ako nástroj na tvorbu modelov. Princípy mikrosimulácie a jej využitie v sociálno-ekonomickej praxi opísal ako prvý Orcut v polovici 20. storočia [13]. Z tohto obdobia pochádzajú aj prvé praktické aplikácie v podobe mikrosimulačných modelov zameraných hlavne na analýzy opatrení vo verejných politikách a v menšej miere aj na potreby výskumu v sociálnych vedách [14]. Takéto zameranie mikrosimulačných modelov sa zachovalo prakticky až do súčasnosti.

Významnou súčasťou mikrosimulačných modelov zhruba od polovice 60. rokov minulého storočia sú demografické mikrosimulačné modely. Existuje celý rad takýchto modelov. Ide buď o čisto demografické modely, alebo o samostatne fungujúce demografické bloky v rámci komplexných mikrosimulačných modelov. Významnou špecifickou črtou väčšiny demografických mikrosimulačných modelov je prepojenie reprodukčného a rodinného správania obyvateľstva do jedného modelového celku. V praxi sa to prejavuje začlenením jednotlivcov s konkrétnym reprodukčnými a rodinnými charakteristikami do rodín a domácností.

Čisto demografické mikrosimulačné modely boli zo začiatku zamerané hlavne na oblasť plodnosti. Tieto modely poskytovali veľmi podrobnú simuláciu fertility ako biologického procesu. Explicitne sa modelovali procesy tehotenstva, samovoľnej potratovosti, živorodenosti, mŕtvorodenosti a neplodnosti [1], [8], [9]. Najznámejším z tejto skupiny modelov bol model REPSIM, ktorý umožňoval študovať a hodnotiť význam rôznych demografických a biologických procesov pre plodnosť [17].

Od začiatku 70. rokov 20. storočia začali vznikať predovšetkým v USA, ale aj v niektorých európskych krajinách komplexnejšie mikrosimulačné modely, ktoré sa zameriavali na všetky demografické procesy [2]. Model POPSIM umožňoval simulovať všetky hlavné demografické procesy. Neskôr sa využíval aj na analýzu alternatívnych metód a politik na plánovanie rodičovstva. Model SOCSIM simuloval demografické procesy v prepojení na štruktúru domácností. Model CAMSIM sa využíval na simulovanie príbuzenských vzťahov počas rôznych fáz životného cyklu. V posledných

dvoch desaťročiach sa v oblasti vývoja demografických mikrosimulačných modelov výrazne angažuje holandský NIDI a nemecký MPIDR Rostock [25, 26].

Demografické moduly boli súčasťou viacerých významných mikrosimulačných modelov so sociálno-ekonomickým zameraním. Prvým takýmto modelom bol model DYNASIM, ktorý vznikol ešte začiatkom 70. rokov minulého storočia v USA a bol určený na simulovanie širokého spektra demografických a sociálno-ekonomických udalostí ako aj ich interakciu s verejnými politikami [14]. Začiatkom 80. rokov bol model upravený na verziu DYNASIM2, čím sa využitie rozšírilo aj na oblasť životnej úrovne a dôchodkového zabezpečenia.

V Európe najvýznamnejšie komplexné mikrosimulačné modely vznikli v Nemecku, Holandsku, Nórsku a Veľkej Británii. Prvým bol Frankfurtský model, ktorý vyvinuli v polovici 70. rokov 20. storočia a okrem štandardných demografických a sociálno-ekonomických simulácií a prognóz umožňoval modelovať príbuzenské vzťahy a mobilitu domácností [5]. Ďalším významným mikrosimulačným modelom, ktorý vznikol v Nemecku (v 80. rokoch minulého storočia v Darmstade), bol DPMS [6]. Model sa zameriaval na demografické a sociálno-ekonomické analýzy a prognózy, politické odporúčania a tiež rozvoj ekonomických teórií. Z Holandska pochádza model NEDYMAS (začiatok 90. rokov 20. storočia), ktorý bol primárne určený na analyzovanie redistribučného dosahu sociálneho zabezpečenia [12]. Ako výsledok nórsko-holandskej spolupráce vznikol v druhej polovici 90. rokov model MOSART, ktorý bol zameraný na analyzovanie a prognózovanie životných cyklov, vo vzťahu k sobášnosti, pôrodnosti, vzdelaniu, zamestnanosti a sociálnemu zabezpečeniu [3]. Ide všetko o komplexné, dynamické, prierezové a z hľadiska času diskkrétne modely, ktoré obsahujú demografické aj sociálno-ekonomické premenné. Je možné ich využívať na simulačné aj prognostické účely. Každý z týchto modelov má kompaktný a dobre rozpracovaný demografický modul, ktorý umožňuje spracovávať samostatné demografické simulácie a projekcie. Demografický modul zároveň poskytuje údaje pre ostatné moduly so sociálno-ekonomickým zameraním, čím zabezpečuje dynamiku celého mikrosimulačného modelu.

Na Slovensku nemá mikrosimulácia takú významnú tradíciu ako v USA alebo v niektorých západoeurópskych krajinách. Napriek tomu aj tu existuje niekoľko mikrosimulačných modelov, ktoré vznikli hlavne počas posledného desaťročia. Veľká väčšina z týchto modelov má sociálno-ekonomické zameranie. Medzi najznámejšie mikrosimulačné modely, ktoré vznikli a využívajú sa na Slovensku, patrí Mikrosimulačný model dôchodkového systému, ktorý využíva Ministerstvo práce, sociálnych vecí a rodiny SR, Mikrosimulačný model daňovo-odvodového a sociálneho systému [21] a modely DYNREG a MikroSIM zamerané na identifikáciu rizík v systéme starobného dôchodkového sporenia [20]. Okrem toho sa pre potreby analýzy daňovo-odvodového systému a systému sociálneho zabezpečenia na Slovensku môže využiť model EUROMOD, ktorý bol vyvinutý pre potreby EÚ a jej jednotlivých členských štátov [4].

Čisto demografické mikrosimulačné modely vznikli v Slovenskej republike len v INFOSTAT-e a to na konci 80. rokov minulého storočia model DEMOD [23, 24] a v roku 2014 model MMHD, ktorý bol primárne zameraný na hodnotenie príjmov a výdavkov hospodáriacich domácností, obsahuje však demografický modul, ktorý sa dá využiť na tvorbu samostatných demografických projekcií a simulácií [11].

4. ILLUSTRATÍVNY PRÍKLAD: MODEL DEMOD

Ako ilustratívny príklad využitia mikrosimulácie na demografické modelovanie a prognózovanie sme použili model DEMOD, ktorý bol vyvinutý vo VÚSEI-AR (predchodca súčasného INFOSTAT-u) ešte koncom 80. rokov minulého storočia [23, 24]. Pre tento príklad sme sa rozhodli napriek tomu, že ide o starší model, ktorý sa v súčasnosti už nevyužíva. Viedli nás k tomu dve skutočnosti. Po prvé, ide o jeden z mála demografických mikrosimulačných modelov vyvinutých na Slovensku. Po druhé, tento model dobre ilustruje najčastejší prípad, keď je vhodné a možné použiť mikrosimulačný model na simulačné a prognostické účely. Ide o prípad, keď pracujeme s podrobne štruktúrovanými údajmi, ktoré sú výsledkom jednoducho opísateľných procesov.

Model DEMOD¹ je mikrosimulačný model, ktorý slúžil na dezagregované modelovanie a prognózovanie počtu a štruktúry obyvateľov a domácností. Ťažisko modelu bolo v oblasti modelovania počtu a zloženia domácností, bolo však možné využiť aj vypočítané údaje o obyvateľstve, ktoré poskytovali podrobnejšie, resp. štruktúrovanejšie údaje, ako bolo možné získať pomocou agregovaných modelov. Jeho hlavné zameranie bolo simulačné, t. j. ukázať, aký by bol vývoj domácností (prípadne obyvateľstva) v určitom členení za určitých predpokladov. Pokiaľ sa zvolili reálne, resp. v danom okamihu najpravdepodobnejšie predpoklady, mohol model DEMOD slúžiť aj na prognostické účely.

Model DEMOD pracoval na úrovni individuálnych domácností a ich jednotlivých členov. Hlavná myšlienka modelu spočívala tom, že na súbore osôb, ktorý reprezentoval populáciu k určitému časovému okamžiku, sa simuloval vznik jednotlivých demografických udalostí, ktoré mohli nastať počas jedného roka. Išlo o narodenie, úmrtie, sobáš, rozvod a migráciu. Takto sa vlastne aktualizoval súbor na pravidelnej ročnej báze. Simulačný proces sa mohol opakovať viackrát, podľa dĺžky prognózovaného (simulovaného) obdobia. Z každého aktualizovaného súboru, t. j. za každý rok počas prognózovaného (simulovaného) obdobia bolo možné získať údaje o počte a štruktúre obyvateľstva a domácností.

Model DEMOD využíval pri mikrosimulačnom modelovaní mikrocentzový súbor². Každá osoba v súbore bola opísaná pomocou 52 ukazovateľov. Išlo o demografické, sociálne, ekonomické a bytové údaje. Všetky osoby boli zaradené do domácností. Ako základ na modelovanie slúžili cenové domácnosti, nakoľko majú najjednoduchšiu štruktúru, ktorá je založená na rodinných vzťahoch, ktoré sú práve výsledkom vzniku jednotlivých demografických udalostí. Pôvodný mikrocentzový súbor bol pre potreby mikrosimulačného modelu príliš rozsiahly a práca s ním by bola zdĺhavá a ťažkopádna, hlavne ak väčšina ukazovateľov zo súboru nebola na modelovanie demografickej situácie využiteľná. Preto z pôvodného súboru vznikol redukovaný súbor, ktorý pre každú osobu obsahoval už len tie ukazovatele, ktoré sa v modeli

¹ Mikrosimulačný model DEMOD nadväzoval na Frankfurtký a Darmstadský mikrosimulačný model a na mikrosimulačný model vyvinutý v Maďarskom centrálnom štatistickom úrade. Na začiatku 90. rokov minulého storočia bol rozšírený aj o modul zameraný na trh práce. V roku 2015 bol základom na vytvorenie demografického bloku v mikrosimulačnom modeli hospodárenia domácností, ktorý bol vyvinutý v INFOSTAT-e na modelovanie príjmo-výdavkovej štruktúry domácností pre potreby ŠÚ SR.

² Mikrocentzus je výberové zisťovanie zamerané primárne na príjmovú situáciu domácností. Obsahuje aj viacero indikátorov, zameraných na obyvateľstvo a domácnosti.

priamo využívali. Výberom spomínaných ukazovateľov sa zmenšil pôvodný súbor čo do rozsahu, nie však čo do počtu opísaných osôb a domácností.

Dôležitým predpokladom presnosti modelovania je to, aby využívaný súbor čo najlepšie zodpovedal skutočnosti. Model totiž všetky odchýlky od reality, ktoré vzniknú v pôvodnom súbore, prenáša prostredníctvom simulácie do ďalších časových období, čím sa znižuje presnosť výsledkov. Z rovnakého dôvodu je potrebné, aby sa pri simulácii aktualizovali všetky premenné v súbore.

V prvej etape model DEMOD pracoval s 12 ukazovateľmi, ktoré boli obsiahnuté v redukovanom súbore³. Sedem ukazovateľov charakterizovalo jednotlivé osoby a ich postavenie v rámci domácnosti. Išlo o pohlavie, vek, rodinný stav, región, číslo domácnosti, vzťah k osobe v čele domácnosti a počet detí (využíval sa len u žien, u mužov mal nulovú hodnotu). Tieto ukazovatele determinovali modelovanú štruktúru obyvateľstva a domácností a nachádzali sa priamo vo vstupnej databáze, ktorá sa prostredníctvom mikrosimulácie aktualizovala. Zvyšných päť premenných boli stavové premenné, ktoré sa využívali na evidenciu vzniku jednotlivých demografických udalostí.

Pred samotným modelovaním sa pomocou špecifických koeficientov určila pravdepodobnosť vzniku jednotlivých demografických udalostí v priebehu jedného roka (tzv. pravdepodobnosti prechodu).

Pravdepodobnosť vzniku demografickej udalosti narodenie dieťaťa sa určila pomocou koeficienta $K1$:

$$K1_t = \frac{ZN_{i,k,l,t}}{Z_{i,k,l,t}}$$

kde

Z je počet žien, ZN je počet žien, ktorým sa narodilo dieťa, i je vek, k je rodinný stav, l je počet všetkých živonarodených detí a t je kalendárny rok.

V modeli DEMOD sa predpokladalo, že dieťa sa môže narodiť iba ženám vo veku od 15 do 49 rokov. Keď bol určený počet živonarodených detí podľa veku matky, jej rodinného stavu a počtu dovtedy živonarodených detí, náhodným výberom sa určili konkrétne ženy, ktorým sa v danom roku narodilo dieťa a hodnota premennej narodenie sa u nich zmenila na 1. Všetky narodené deti sa pridali do súboru (za každé dieťa pribudla v súbore jedna veta v rovnakej štruktúre, ako mali ostatné osoby v súbore). Každému narodenému dieťaťu sa priradil vek 0 rokov a rodinný stav slobodný. Pohlavie sa určilo náhodným výberom na základe dlhodobého pomeru medzi narodenými chlapcami a dievčatami. V modeli sa predpokladalo, že narodené dieťa bude vždy žiť v jednej domácnosti s matkou, čo sa prejavilo aj na premenných región, číslo domácnosti a vzťah k prednostovi domácnosti.

Pravdepodobnosť vzniku demografickej udalosti úmrtie sa určila pomocou koeficienta $K2$:

³ V prvej etape boli vybrané základné ukazovatele, neskôr sa počítalo s ich rozšírením o niekoľko ďalších. Uvažovalo sa hlavne o vzdelaní.

$$K2_t = \frac{D_{i,j,k,t}}{P_{i,j,k,t}}$$

kde

D je počet zomrelých, P je počet obyvateľov, i je vek, j je pohlavie, k je rodinný stav a t je kalendárny rok.

Keď sa určil počet zomrelých podľa pohlavia, veku a rodinného stavu, vybrali sa konkrétne zomierajúce osoby opäť náhodným výberom. Premennej úmrtie sa priradila hodnota 1. Pokiaľ žila zomrelá osoba v manželstve, zmenil sa partnerovi rodinný stav na ovdovený. Po smrti manžela sa manželka stala prednostom neúplnej domácnosti. V prípade potreby sa zmenil vzťah k prednostovi domácnosti aj u ďalších členov domácnosti.

Pravdepodobnosť vzniku demografickej udalosti sobáš sa určila pomocou koeficienta $K3$:

$$K3_t = \frac{ZS_{i,k,t}}{Z_{i,k,t}}$$

kde

Z je počet žien, ZS je počet vydávajúcich sa žien, i je vek, k je rodinný stav a t je kalendárny rok.

Na základe tohto koeficienta sa určil počet žien príslušného veku a rodinného stavu, ktoré uzavreli v priebehu roka manželstvo. Z množiny žien príslušného rodinného stavu vo veku 17 až 64 rokov sa určili konkrétne ženy vstupujúce do manželstva náhodným výberom. Premennej sobáš sa priradila hodnota 1. Partner sa priradil z množiny neženatých mužov vo veku 18 až 69 rokov. Kritériom na priradenie bola čo najlepšia zhoda priradovacích charakteristík, ktorými boli región, vek a rodinný stav. Najskôr sa hľadal partner, ktorý by vyhovoval všetkým priradovacím charakteristikám. Ak sa taký partner nenašiel, postupne sa vynechávali jednotlivé priradovacie charakteristiky podľa stanoveného poradia. Ak sa ani potom nenašiel vhodný partner, priradenie sa spravilo pomocou náhodného výberu. Obidvom partnerom sa zmenil rodinný stav na ženatý, resp. vydatá. Ak nevznikol manželský pár v rámci jedného regiónu, manželke sa zmenil údaj o regióne podľa údajov o regióne manžela. Po sobáši vytvorili manželia spoločnú domácnosť, čo sa prejavilo na zmene charakteristík číslo domácnosti a vzťah k prednostovi domácnosti. Pokiaľ žili v pôvodnej domácnosti jedného alebo druhého manžela pred sobášom iné osoby, buď prešli do novej spoločnej domácnosti, alebo zostali v pôvodnej domácnosti. Rozhodujúcim kritériom pri spájaní domácností po sobáši bola definícia cenzovej domácnosti.

Pravdepodobnosť vzniku demografickej udalosti rozvod sa určí pomocou koeficienta $K4$:

$$K4_t = \frac{MR_{i,k,t}}{M_{i,k,t}}$$

kde

M je počet mužov, MR je počet rozvádzajúcich sa mužov, i je vek, k je rodinný stav a t je kalendárny rok.

Spomedzi ženatých mužov príslušného veku sa náhodným výberom určili konkrétne osoby, ktoré sa rozviedli. Každému rozvádzajúcemu sa mužovi sa premennej rozvod priradila hodnota 1. Každý takýto muž sa vyradil z pôvodnej domácnosti, vytvoril domácnosť jednotlivca a jeho rodinný stav sa zmenil na rozvedený. Rovnaká zmena rodinného stavu sa spravila aj pre manželku. Po rozvode sa manželka stala prednostom neúplnej domácnosti v ktorej okrem rozvedeného manžela zostali všetci ostatní členovia domácnosti. Kvôli zjednodušeniu časovania demografických udalostí sa neuvažovalo s možnosťou rozvodu v roku sobáša.

Pravdepodobnosť vzniku demografickej udalosti sťahovanie sa nepočítala v modeli DEMOD priamo z údajov o sťahovaní osôb. Aby sa nenarušila štruktúra domácností počítalo sa so sťahovaním celých domácností (samozrejme vrátane domácností jednotlivcov). Z tohto dôvodu sa pri modelovaní migrácie vychádzalo z medziregionálneho migračného salda obyvateľstva, ktoré sa pretransformovalo na medziregionálne migračné saldá domácností na základe priemernej veľkostnej štruktúry domácností. Takto sa určila pravdepodobnosť prechodu domácnosti príslušnej veľkosti medzi jednotlivými regiónmi. Konkrétne migrujúce domácnosti sa vybrali pomocou náhodného výberu. Všetkým členom migrujúcej domácnosti sa zmenila hodnota premennej región a premennej migrácia sa priradila hodnota 1.

Na konci každého mikrosimulačného cyklu sa zvýšil vek každého jednotlivca v súbore o jeden rok. Deťom, ktoré sa narodili v danom roku, zostal vek nula. Takýto súbor sa uložil ako výstupný súbor za daný rok, z ktorého bolo možné spracovať výstupy týkajúce sa obyvateľov a domácností. Následne sa zomrelé osoby vyradili zo súboru a všetkým stavovým premenným sa priradila hodnota nula. Tým bol súbor pripravený ako východiskový pre ďalší simulačný cyklus. Simulačný cyklus bolo možné opakovať prakticky bez obmedzení, predpokladom bola existencia pravdepodobností prechodu pre príslušné prognózované obdobie.

5. ZÁVER

Napriek tomu, že mikrosimulačné modely majú už viac ako 50-ročnú históriu a tradíciu, v praxi sa využívajú pomerne málo. Za hlavný dôvod ich zriedkavejšieho využitia možno považovať náročnosť prípravy vstupných údajov (pravdepodobností prechodu), ako aj potrebu výberového zisťovania, ktoré tvorí vstupnú a po jednotlivých simulačných, resp. prognostických krokoch aj výstupnú databázu modelu. Určite zaváži aj simulačný charakter mikrosimulačných modelov, ktorý nenachádza dostatočné uplatnenie v praxi. Pritom odsimulovanie akýchkoľvek novo zavádzaných alebo modifikovaných opatrení vo verejných politikách pomocou vhodného modelového aparátu by malo byť samozrejmosťou.

Demografické mikrosimulačné aplikácie, prognostické nevynímajúc, patria medzi najčastejšie využitia mikrosimulačných modelov. Mikrosimulačný model je veľmi vhodný nástroj v prípade, že potrebujeme získať podrobnejšie štruktúrovaný výstup a simulované procesy dokážeme opísať jednoduchým algoritmom, ktorý možno zakomponovať do mikrosimulačného modelu.

V slovenských podmienkach je najväčšou prekážkou častejšieho využitia mikrosimulácie v demografických analýzach, simuláciách aj prognózach neexistencia väčšieho výberového zisťovania s demografickým zameraním.

PodĎakovanie

Výskum bol podporený agentúrou Agentúrou na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-17-0079.

LITERATÚRA

- [1] BARRETT, J. C.: Use of a fertility simulation model to refine measurement techniques. In: Demography, 1971, č. 4, s. 481 – 490.
- [2] BONGAARTS, J. – BURCH, T. K. – WACHTER, K. W. (eds.): Family demography: methods and their application. Oxford: Clarendon Press, 1987.
- [3] BRUNBORG, H. – KEILMAN, N.: A combined micro-macro model for simulation of households. In: Lundh, C. (ed.): Demography, economy and welfare. Scandinavian population studies. Lund: University Press, 1995.
- [4] EUROMOD, Tax-benefit microsimulation model for the European Union [online] [cit. 2019-09-30]. Dostupné na: <https://www.euromod.ac.uk>
- [5] HECHELTJEN, P.: Bevölkerungsentwicklung und Erwerbstätigkeit. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1974. 319 s.
- [6] HEIKE, H. D. – HELLWIG, O. – KAUFMANN, A.: Der Darmstädter Pseudo-Mikrosimulator: Modellansätze und Realisierung. In: Angewandte Informatik, 1988, č. 1, s. 9 – 17.
- [7] HINDE, A.: Demographic Methods. London: Arnold, 2002.
- [8] HYRENIUS, H. – ADOLFSSON, I.: A fertility simulation model. University of Göteborg, 1964.
- [9] JACQUARD, M. A.: La reproduction humaine en regime malthusien. In: Population, 1967, č. 3, s. 897 – 920.
- [10] LUTZ, W. – VAUPEL, J. W. – AHLBURG, D. A. (eds.): Frontiers of Population Forecasting. New York: Population Council, 1998.
- [11] MÉSZÁROS, J. – MYSLÍKOVÁ, I. – VAŇO, B.: Mikrosimulačný model pre stanovenie príjmov a výdavkov hospodáriacich domácností na Slovensku. Bratislava: INFOSTAT, 2015.
- [12] NELISSEN, J. H. M.: Income redistribution and social security: An application of microsimulation. London: Chapman and Hall, 1994. 240 s. ISBN 978-0-412-57090-2.
- [13] ORCUT, G.: A new type of socio-economic system. In: Review of Economics and Statistics, 1957, č. 2, s. 116 – 123.
- [14] ORCUT, G.: Policy exploration through microanalytic simulation. Washington DC: The Urban Institute, 1976.
- [15] PAVLÍK, Z. – RYCHTAŘÍKOVÁ, J. – ŠUBRTOVÁ, A.: Základy demografie. Praha: Academia, 1986. 732 s.
- [16] PRESTON, S. – HEUVELINE, P. – GUILLOT, M.: Demography. Measuring and Modeling Population Processes. Oxford: Blackwell Publishers, 2001. 308 s. ISBN 978-1-557-86451-2.
- [17] RIDLEY, J. C. – SHEPS, M. C.: An analytic simulation model for human reproduction with demographic and biological components. In: Population studies, 1966, č. 3, s. 297 – 310.
- [18] RYDER, N. B.: Notes on the concept of a population. In: The American Journal of Sociology, 1964, č. 5, s. 447 – 463.

- [19] SMITH, S. – TAYMANN, J. – SWANSON, D.: State and local population projections. New York: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [20] ŠEBO, J. – MELICHERČÍK, I. – MEŠŤAN, M. – KRÁLIK, I.: Aktívna správa úspor v systéme starobného dôchodkového sporenia. Wolters Kluwer, 2017. 208 s.
- [21] ŠVARDA, N.: Mikrosimulačný model daňovo-odvodového a sociálneho systému a elasticity ponuky práce na Slovensku (dizertačná práca). Bratislava: Univerzita Komenského, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, 2018. 100 s.
- [22] VAN IMHOFF, E. – POST, W.: Microsimulation methods for population projection. In: Population, an English selection, 1988, č. 1, s. 97 – 138.
- [23] VAŇO, B.: Mikrosimulačný model vývoja obyvateľstva a domácností. Demografie, 1988, č. 4, s. 299 – 304.
- [24] VAŇO, B.: Použitie mikrosimulačných metód pri modelovaní demografických procesov. In: Informačné systémy, 1987, č. 3, s. 17 – 22.
- [25] WILLEKENS, F.: Description of the micro-simulation model. The Hague: NIDI, 2006. 27 s.
- [26] ZINN, S.: The microsimulation tool of the MicMac project. Paper for the General conference of the International Microsimulation Association. Ottawa, 2009.

RESUMÉ

Mikrosimulačné modely sa používajú na analýzy, simulácie a prognózy hlavne v sociálno-ekonomickej oblasti už od polovice 20. storočia. Časté sú aj aplikácie v demografickej oblasti. Môže ísť o finálne výstupy (demografické prognózy, simulácie, odhady zamerané na obyvateľstvo alebo domácnosti) alebo o aplikácie, ktoré slúžia ako čiastkové vstupy na iné (obvykle ekonomicky zamerané) aplikácie.

Agregované a mikrosimulačné modely sú dva alternatívne spôsoby, ktoré je možné využiť v demografickom prognózovaní. Na základe opisu reality a hypotézy o budúcom vývoji parametrov modelu vytvárajú výpoveď o budúcom vývoji. To, samozrejme, neznamená, že obidva prístupy sú rovnako vhodnou implementáciou pre všetky opisy reality. Niektoré typy úvah o budúcnosti sa jednoduchšie realizujú pomocou mikrosimulačného prístupu, iné si vyžadujú skôr agregovaný prístup.

Mikrosimulačný prístup je vhodné a výhodné použiť v dvoch prípadoch – pokiaľ v sledovaných procesoch hrajú dôležitú úlohu spojené premenné alebo pokiaľ si riešenie vyžaduje prácu s dezagregovanými údajmi, ktorá sa viaže na súbory veľkého rozsahu a zároveň podrobné výstupy modelu sú spojené s jednoducho opísateľnými algoritmi. V prípade populačných projekčných modelov, ktoré sa zameriavajú na obyvateľstvo v podrobnejšom členení ako pohlavie a vek, je mikrosimulácia silným nástrojom.

RESUME

Micro-simulation models have been used for analyses, simulations and forecasts, especially in the socio-economic field since the mid-20th century. Demographic applications are also common. These can be final outputs (demographic forecasts, simulations, population or household estimates) or applications that serve as sub-inputs for other (usually economically focused) applications

Aggregated and micro-simulation models are two alternative ways that can be used in demographic forecasting. Based on the description of reality and the hypothesis about future development of model parameters, they create a statement about future development. This of course does not mean that both approaches are equally suitable for all reality descriptions. Some types of reflections on the future are easier to implement with a micro-simulation approach, others require a rather

aggregated approach.

The micro-simulation approach is useful and advantageous in two cases - if continuous variables play an important role in the monitored processes or if the solution requires work with disaggregated data, which is related to large-scale files and at the same time detailed model outputs are connected with easily described algorithms. For population projection models that target the population in a more detailed structure than sex and age, micro-simulation is a powerful tool.

PROFESIJNÝ ŽIVOTOPIS

Ing. Boris Vaňo vyštudoval Vysokú školu ekonomickú v Bratislave, následne absolvoval postgraduálne štúdium z demografie na Karlovej univerzite v Prahe. Od roku 1980 pracuje v Inštitúte informatiky a štatistiky ako výskumný pracovník v oblasti demografie. V rokoch 2000 – 2014 bol vedúcim Výskumného demografického centra, v období rokov 2006 – 2010 podpredsedom Slovenskej štatistickej a demografickej spoločnosti pre demografiu. Špecializuje sa na hodnotenie populačného vývoja, demografické prognózy a populačnú politiku.

KONTAKT

vano@infostat.sk