Demografski modeli

Osnovne napomene

- Poznati su primjeri utvrđivanja veza u razvoju stanovništva koje se ispoljavaju u većini ili svim populacijama, sa namjerom predviđanja budućih promjena.
- Npr. „zakon mortaliteta“ – utvrđivanje pravilnosti u kretanju smrtnosti po starosti.
- Kod izgradnje modela polazi se od stvarnosti ka apstraktnoj ideji pomoću koje se ta stvarnost opisuje.
- Demografski modeli su teorijski izrazi ili teorijske konstrukcije određenih činjenica vezanih za stanovništvo (Breznik, 1992)
- Primjena demografskih modela je višestruka:

1. Koriste se za provjeru određenih teorijskih stavova i bazičnih hipoteza u izučavanju stanovništva;
2. Za analizu određenih aspekata demografskog razvitka za populacije za koje se ne raspolaže neophodnim podacima;
3. U oblasti projekcija stanovništva.

- Primjer modela je i *bazična* ili *jednačina ravnoteže* (deterministički model)

Podjela demografskih modela

- Klasifikacija demografskih modela može da se bazira na različitim kriterijumima.

1) Po kriterijumu određenosti varijabli u modelu, modeli mogu biti:

- *Deterministički modeli* – neke varijable se javljaju kao nezavisne, a druge kao zavisne varijable
- *Stohastički modeli* – gdje određene populacijske veličine mogu imati različite vrijednosti sa različitim vjerovatnoćama.

2) U pogledu načina izgradnje, modeli mogu biti:

- *Analitički modeli* – izvode se iz jednačina, funkcija ili nekih distribucija frekvencija.
- *Sintetički modeli* – koji se izgrađuju na pretpostavkama. Klasični sintetički modeli su *model stabilnog* i *model stacionarnog stanovništva*.

Podjela demografskih modela

3) U zavisnosti da li su bazirani na skupovima, ili pojedinim elementima skupova, modeli mogu biti:

- *Agregatni modeli* – odnose se na skupove (stanovništvo, sva domaćinstva, sve porodice i sl.)
- *Individualni modeli* – modeli izgrađeni imajući u vidu pojedince (lica), porodice ili domaćinstva,kao jedinice.

4) U zavisnosti od načina izgradnje (iz izvora podataka):

- *Čisti modeli* – na bazi homogenih izvora podataka (npr. model stacionarnog stanovništva)
- *Mješoviti modeli* – nehomogeni izvori (npr. analitička projekcija po starosti i polu)

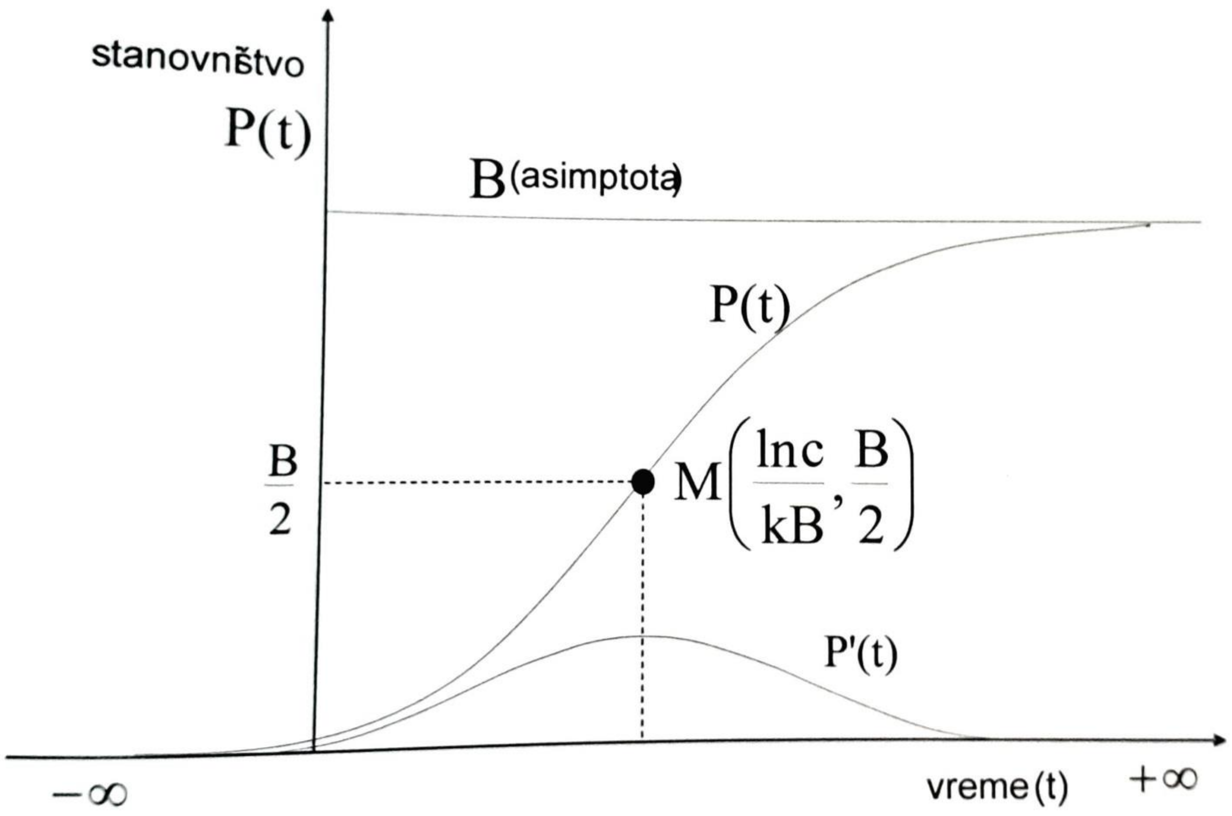
5) Demografski modeli mogu biti:

- *Potpuni modeli* – na bazi svih demografskih činjenica o nekoj populaciji
- *Nepotpuni modeli* – na bazi samo nekih činjenica

Modeli ograničenog rasta stanovništva

- Prema ovim modelima, stanovništvo ne može beskonačno da raste, već postoje određene granice.
- Model predstavljen preko *logističke funkcije* (Verhulst, 1844.)
- Osnovna pretpostavka je da se porast stanovništva kod prirodnih procesa mora sukobiti sa granicama, koje su određene mogućnošću rasta egzistencijalnih sredstava za život.
- Logistička funkcija ima široku primjenu.
- $P(t) = \frac{B}{1+c\cdot e^{-k\cdot B\cdot t}}$ gdje k pozitivna konstanta, a B je asimptota.
- Prevojna tačka M.

Modeli ograničenog rasta stanovništva



Funkcionalno-sintetički modeli

- Funkcionalno-sintetički modeli su modeli zatvorenog stanovništva što znači da na njihovu veličinu djeluju samo rađanje i umiranje.
- Smrtnost se najčešće izražava preko vjerovatnoće doživljenja.
- Pretpostavka o natalitetu se uvodi u model ili preko stope fertiliteta ili pomoću broja živorođenih.
- Ukupno stanovništvo je jednako zbiru stanovnika u svim starostima, tj. u čitavom intervalu od početne do gornje granice života – (0, ω):
- $P = \int_0^{\omega} N(t-x) \cdot p(x)dx$
- gdje je $N(t-x)$ broj živorođenih iz koga potiču lica koja imaju x godina u momentu t.

Funkcionalno-sintetički modeli

- U zavisnosti od toga koje su pretpostavke o rađanju i umiranju definisane dobijamo i različite modele:

a) Ako su brojevi *živorođenih* i *smrtnost* po starosti *konstantni* tokom vremena, u pitanju su pretpostavke za model *stacionarnog* stanovništva;

b) Brojevi živorođenih se mijenjaju, a *smrtnost ostaje konstantna*. U tom slučaju, ako se brojevi živorođenih mijenjaju po geometrijskoj progresiji, u pitanju su pretpostavke za model *stabilnog* stanovništva;

c) Brojevi živorođenih su nepromijenjeni (konstantni), a smrtnost po starosti se mijenja;

d) I brojevi živorođenih i smrtnost po starosti su promjenljivi tokom vremena.

Maltuzijanske populacije

- Grupa modela kod kojih stanovništvo raste po eksponencijalnoj stopi – *maltuzijanski modeli* ili *maltuzijanske populacije*
- Pripadaju grupi funkcionalno-sintetičkih modela i bazirani su na dvije početne pretpostavke:

1. Starosna struktura stanovništva se ne mijenja tokom vremena
2. Smrtnost po starosti i polu je nepromijenjena tokom vremena

- Ovi modeli imaju sledeće zajedničke osobine:
- Struktura umrlih po starosti je takođe nepromijenjena
- Ako je C(x) starosna struktura stanovništva (za oba pola), a n je stopa nataliteta, tada je $C(0)=n$, pa je i stopa nataliteta takođe konstantna (nepromijenjena) tokom vremena.
- Opšta stopa mortaliteta m je nepromijenjena
- Stopa prirodnog priraštaja (r ili j) je konstantna

Maltuzijanske populacije

- $P(t)$ – broj stanovnika u momentu t
- $N(t)$ – broj živorođenih u momentu t
- $M(t)$ – broj umrlih u momentu t
- $I(t)$ – broj useljenih u momentu t
- $E(t)$ – broj iseljenih u momentu t
- Zatvoreno stanovništvo: $\frac{\Delta P}{\Delta t} = N - M$
- Ukupno stanovništvo je tada $P(t) = P(0) \cdot e^{r \cdot t}$
- Broj živorođenih i umrlih je:
- $N(t) = n \cdot P(0) \cdot e^{r \cdot t}$ i $M(t) = m \cdot P(0) \cdot e^{r \cdot t}$
- Starosna struktura je $C(x) = n \cdot e^{-r \cdot x} \cdot p(x)$

MODEL STACIONARNOG STANOVNIŠTVA

- Model stacionarnog stanovništva je tip (podtip) maltuzijanskih populacija, kod kojeg osim osnovnih preduslova (da je smrtnost po starosti i polu tokom vremena konstantna, kao i starosno-polna struktura), važi još i dodatna pretpostavka da je stopa prirodnog priraštaja jednaka nuli (r=0).
- Pošto je u pitanju zatvorena populacija (bez uticaja migracija), stopa prirodnog priraštaja je ujedno i stopa rasta stanovništva.

Model stacionarnog stanovništva

- Za stacionarno stanovništvo važe sledeće osobine:

1. Stopa nataliteta jednaka je stopi mortaliteta, jer je r=0, iz čega direktno slijedi da je n=m;
2. Ukupan broj stanovnika u godini t, P(t), je tokom vremena konstantan, što proizilazi direktno iz r=0, tj.

- $P(t) = P(0) \cdot e^{0 \cdot t} \quad slijedi \quad P(t) = P(0) = P, \quad jer\ je \quad e^0 = 1$
- Slično se može dokazati i za brojeve živorođenih i umrlih.

3. Broj stanovnika starih x godina, V_x, može da se izračuna preko formule $V_x = N \cdot p(x)$

- gdje je $p(x)$ vjerovatnoća da će živorođeno dijete doživjeti starost od tačno x godina.
- Ukupno stanovništvo je, tada, zbir lica svih starosti od 0 godina do ω kao gornje granice života, tj.
- $P = \int_0^{\omega} N \cdot p(x)dx = N \cdot \int_0^{\omega} p(x)dx$

Model stacionarnog stanovništva

4. Opšta stopa mortaliteta kod stacionarnog stanovništva može da se izrazi preko očekivanog trajanja života za novorođene.

- Opšta stopa smrtnosti kod modela stacionarnog stanovništva jednaka je recipročnoj vrijednosti očekivanog trajanja života za nultu godinu (na rođenju).
- S obzirom da je očekivano trajanje života sintetički pokazatelj smrtnosti i odražava smrtnost u svim starostima života, koristi se u komparativnim analizama smrtnosti.
- Pošto je opšta stopa smrtnosti stacionarnog stanovništva upravo izražena preko očekivanog trajanja života, to ona ima iste te osobine, što je razlikuje od stvarne opšte stope smrtnosti.

Model stacionarnog stanovništva u prekidnom slučaju

- Stacionarno stanovništvo možemo posmatrati i u prekidnom slučaju, tj. kada je starost prekidna veličina.
- Tada govorimo, zapravo, o tablicama mortaliteta jer one imaju karakteristike stacionarnog stanovništva.
- Za potrebe modelskog pristupa tablicama mortaliteta koriste se funkcije koje se nalaze u tablicama mortaliteta.
- Ukupno stacionarno stanovništvo za realnu populaciju dobija se kao proizvod realnog broja živorođenih (npr. konstanta N) i očekivane dužine života za nultu godinu.
- Ova izračunavanja omogućavaju poređenje konkretnog (realnog) ukupnog stanovništva i njegove strukture sa odgovarajućim stacionarnim stanovništvom izračunatim na bazi broja živorođenih i prema zakonu smrtnosti iz godine posmatranja.
- Dakle, omogućavaju da se vidi koliko se konkretna populacija razlikuje od odgovarajućeg modela stacionarnog stanovništva.

Model stabilnog stanovništva

- Stabilno stanovništvo takođe spada u maltuzijanske populacije, pa i kod ovog modela važe osnovni uslovi maltuzijanskih populacija.
- Dodatni uslov je da je poznat i konstantan zakon fertiliteta po starosti.
- U tom slučaju dovoljno je da poznajemo odlike smrtnosti (zakon mortaliteta), kao i stopu prirodnog priraštaja („stvarna“ ili „čista“ stopa prirodnog priraštaja).
- Odnos između fertiliteta, mortaliteta i prirodnog priraštaja može se predstaviti sledećom jednačinom:
- $\int_u^v e^{-r\cdot x} p(x) \cdot \varphi(x) dx = 1$
- gdje je r stopa prirodnog priraštaja, x je starost, $p(x)$ je funkcija doživljenja, $\varphi(x)$ je funkcija fertiliteta po starosti, u i v su donja i gornja granica fertilnog perioda.

Model stabilnog stanovništva

- U predstavljanju modela stabilnog stanovništva, po pravilu se starost, kao nezavisna varijabla, prikazuje kao kontinuirana veličina.
- Koncept stabilnog stanovništva je veoma značajan za demografsku analizu.
- Rad na demografskim modelima podrazumijeva često rigoroznu primjenu matematike, teorije vjerovatnoće i statistike.