

#### IV. KEYFITZ NATHAN : A JÖVŐ NÉPESSÉGÉRŐL

Az Amerikai Statisztikai Társaság folyóiratában (Journal of the American Statistical Association 1972. Jun.Vol.67. No.338.347-363.p.) megjelent tanulmány rövidített változata.

##### 1. Bevezetés

A jövő nagyon reális azok számára akik a népeiséget tanulmányozzák. A tipikus kérdés, amit az adatokkal kapcsolatban feltesznek: "Mi történne, ha ezek az arányok folytatódna?" - olyan kérdés, amelyből sok demográfiai módszer ered. Ha a tudomány belső követelményei el is feledtetnék a demográfussal a jövőt, megbízói visszairányítják őt feléje, mert egyre jobb népeiségelőrejelzéseket kérnek.

A demográfusok által kiszámított jövő népeiség tipikusan előreszámítás, a kiválasztott feltételezések számszerű következménye. A számok mindig olyan feltételezések-től függenek, amelyeknek be kell következnie. Ha a születési és halálozási arányok bizonyos módon alakulnak és a nettó vándorlás ilyen és ilyen nagyságú, akkor az össznépeiség és annak kor és nem szerinti megoszlása ilyen és ilyen lesz. Ezek a megállapítások a népeiség későbbi alakulásától függetlenül helyesek; valójában csak olyan triviális értelemben lehetnek hibásak, amikor a szerző számtani hibát követ el, melynek következtében végső adatai nem konzisztensek a kezdeti feltételezésekkel.

A felhasználó azonban tipikusan nem hivatásos demográfus és olyan jóslatot akar, hogy ténylegesen mi fog történni a jövőben. A jövő népeiségének kiszámítását, amelyet a szerző mint ártatlan (valójában tautológikus) előreszámítást mutat be, az olvasó jóslatnak tekinti. A két szempont közötti híd a feltételezések kiválasztása. Amennyiben ezek reálisak, a számítás valóban előrejelzi, hogy mi fog történni. Ezért a következőkben nemcsak a feltételezések jellegét hangsúlyozzuk, hanem olyan módon mutatjuk be a feltételeket, amely megengedi, hogy a felhasználó valóban érdemben dönthessen megalapozottságukról.

Először áttekintést adunk a népeiségelőreszámítás mechanizmusáról. Az olvasó, aki már ismeri ezeket, vagy csak nagyvonalakban érdeklődik az előreszámítási problémák iránt, átugorhatja ezt az áttekintést és lapozhat a 3. részhez.

## 2. Előreszámítás

Még a nyers születési és halálozási arányokat is lehet úgy megvilágítani, hogy megkérdőjelezzük, mi történne, ha folytatódnának. Ha a születések száma egy adott évben  $B$ , a halálozások száma  $D$ , és a népesség az év közepén  $P$ , első lépésben, amikor ezeket a számokat értelmezzük, kiszámítjuk a nyers születési és halálozási arányokat  $B/P$  és  $D/P$ , majd vesszük azok különbségét  $B/P - D/P$ , így kapjuk a természetes szaporodás nyers arányát. Ez 1969-ben Mexikó esetében 0,035 volt, az Egyesült Államok esetében pedig 0,008. Mondhatjuk, hogy Mexikó évi 3 és fél százalékos növekedést mutat, az Egyesült Államok pedig 0,8 százalékot. Bármely adott évben a különbség hatása az egészre csekély, de ha ez az arány folytatódik, akkor 100 év alatt Mexikóban a növekedés 32-szeres lesz, míg az Egyesült Államokban csak valamivel több mint kétszeres. Az előreszámítás olyan, mint egy mikroszkóp, amely egy adott időszak különbségeit felnagyítja és így elősegíti a nyers arányok elemzését és megértését.

Az előreszámítási módszereket aszerint különböztetjük meg, hogy mit vesznek a jövőben állandónak. Az előző bekezdésben feltételeztük, hogy a természetes növekedés nyers aránya,  $B/P - D/P$  állandó. Feltehetnénk azt is, hogy az elmúlt év és a jelen év nyers aránya közötti különbség állandó, azaz a növekedési nyers arány extrapolációja egyenes vonalat ad. Állandónak vehetnénk az arányok másod-, harmad- stb. rendű különbségét, amelyek megfelelnek a másod-, harmad- stb. fokú polinom extrapolálásának. Hasonló egyszerű extrapolálást lehet alkalmazni az össznépességre közvetlenül, kikerülve az arányokat; ha  $P_t$  a népességet jelöli egy adott  $t$  időpontban, akkor  $P_t = P_0 + t(P_1 - P_0)$  ha az első különbségek állandóak. Ezt gyakran alkalmazzák rövidtávú előreszámításnál.

Ha a kormegoszlás a születési arányok korábbi fluktuációja miatt, vagy más okból szabálytalan, kívánatosnak látszik a korszpecifikus születési és halálozási arány extrapolációja, feltételezve például, hogy az utolsó megfigyelt arány folytatódni fog a jövőben is, vagy hogy az első és második stb. időszak közötti különbség minden egyes korcsoport esetében folytatódni fog az idősoroknál.

Ez azonban nem veszi számításba azt a lehetőséget, hogy az egyes házaspárok bizonyos számú gyermeket terveznek, mondjuk hármat és csak azok időzítésében különböznek egymástól. Ahol ez a helyzet, a korszpecifikus arányok extrapolációja kevésbé lesz kielégítő, mint a családok végleges gyermekszámának extrapolációja.

Amikor az ismertetés ezen részében azt vesszük vizsgálat alá, hogy a múlt milyen jellemzőit kell a jövőben állandónak venni, akkor abból indulunk ki, hogy a halálozások korszpecifikus arányát vesszük állandónak és feltételezzük, hogy a születések és vándorlások száma nulla.

## 2.1 Egy kohorsz továbbélési rendje

Vegyünk egy kohorszot, vagy az egyidőben született csecsemők számát, és legyen ez  $B$ . Legyen ebből a várhatóan élők száma egy évvel később  $B l_1$ , legyen a várhatóan élők száma öt évvel később  $B l_5 \dots$ , és  $x$  évvel később  $B l_x$ . Ha  $l_0=1$ , akkor  $l_1, l_5 \dots l_x$  annak valószínűsége, hogy egy adott csecsemő  $1, 5, \dots x$  évig fog élni; modellünk determinisztikus - feltételezi, hogy a továbbélési hányad pontosan megegyezik az egyén továbbélési valószínűségével.

A továbbélési rend hasonló okoskodását alkalmazni lehet a férfiak, a nők kohorszáira egymástól függetlenül vagy a két nemre együtt.

Valójában azonban egy kohorsz nem egy adott időpontban születik; a születések általában egy időszakban szóródnak szét, mondjuk egy 5 éves periódusban.

Tegyük fel, hogy a születések egy adott 5 éves időszak alatt egyenletesen oszlanak, és az időszak  $t=0$  időpontban végződik, a születések aránya évente  $B$ , akkor a születések alakulása  $t$  és  $t+dt$  idő között  $B dt$ . Ebből a várható továbbélések száma az ötéves időszak végére  $B \int_0^5 l_t dt$ , amit a következőképpen írhatunk:  $B_5 L_6$ . Hasonló okoskodással a továbbélők várható száma  $x=0, 5, 10, \dots$  években a kohorsz születésének ötéves periódusa után  $B_5 L_x$ , és az  $x+n$  év végén pedig  $B_5 L_{x+n}$ . Így olyan népességelőreszámításához jutunk, amelynek tagjai 0 időpontban, mint kiindulási idő, életben vannak. Ha a vizsgált  $x$  és  $x+4$  éves korú egyedek száma  ${}_5 P_x$ , akkor ez a szám  $n$  év múlva  $({}_5 P_x / {}_5 L_x) {}_5 L_{x+n}$  lesz. Itt még nem szerepel a nettó vándorlás az  $n$  évek folyamán, és az  ${}_5 L_{x+n} / {}_5 L_x$  arány nem más, mint a halandósági tábla megfelelő csoportjának aránya, és a kohorsz továbbélési aránya pontosan egyenlő az egyének valószínűségével, ami jellemző a determinisztikus modellre.

Az ilyen előreszámítás követi a népességszám várható alakulását kohorszanként. Ha adva van egy induló női népesség, mondjuk  ${}_5 P_x^{(0)}$ , akkor kialakíthatjuk a háromszögű táblánkat.

${}_5P^{(0)}$	-	-	-	-	
${}_5P_5^{(0)}$	${}_5P_5^{(1)}$	-	-	-	
${}_5P_{10}^{(0)}$	${}_5P_{10}^{(1)}$	${}_5P_{10}^{(2)}$	-	-	(1)
${}_5P_{15}^{(0)}$	${}_5P_{15}^{(1)}$	${}_5P_{15}^{(2)}$	${}_5P_{15}^{(2)}$	-	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	

Ahol az egymás után következő időszakban a továbbélők számát olyan indexszel látjuk el, amely megmutatja, hogy hány ötéves periódus telt el. Általában

${}_5P_{x+5}^{(1)} = {}_5P_x^{(0)} ({}_5L_{x+5} / {}_5L_x)$ . Feltételezzük, hogy mindenki meghal  $\omega$  kor előtt, amely egy többszöröse az 5-nek, úgy hogy  $L_\omega$  és  ${}_5L_\omega$  zéró. A vonalak a (1) háromszög jobb felső részében azokat a kohorszokat jelölik, amelyeket a 0 időszak utáni születésekből kapunk.

Ennyit azokról a továbbélőkről, akik az előreszámítás kezdetén életben voltak. Most szükségünk van a jövőbeni születésekre, ahhoz, hogy az előreszámítás jobb felső háromszögét kitöltsük.

## 2.2 A termékenységi komponens

Tegyük fel, hogy B lányszületés közül, amelyek a megfigyelt ötéves időszakban egyenletesen oszlottak meg a múltban  ${}_5B_x$ , olyan anyákra esik, akiknek kora  $x$  és  $x+4$  között van és hogy az asszonyok átlagos száma  ${}_5P_x$  volt ugyanebben a korintervallumban. Akkor a korszpecifikus szülési arány  $F_x = {}_5B_x / {}_5P_x$ .

Az  $F_x$ ,  $x = \alpha, \alpha + 5, \dots, \rho - 5$  halmaz megfigyelésen vagy hipotézisen alapszik, és  $\alpha$  és  $\beta$  többszöröse 5-nek, amely magába foglalja a szülőképes kort. Hogy megkapjuk az előreszámításba a születések számát, minden jövőbeni időpontra vonatkozó átlagos továbbélőkhöz viszonyítjuk azokat. Például az első időszakban és az  $x, x+4$  kor-intervallumban  ${}_5P_x^{(0)}$  növel indulunk, és végezzük  ${}_5P_x^{(1)} = {}_5P_{x-5}^{(0)} \left( {}_5L_x / {}_5L_{x-5} \right)$ -el.

Egy megközelítése a továbbélők átlagának, vagyis a szülőképes nők átlagos számának az ötéves időtartam folyamán, a két szám számtani középarányosa, az  $x$  és az  $x+4$  korú nők várható születéseinek számát pedig úgy kapjuk meg, hogy az átlagos számukat megszorozzuk  ${}_5F_x$  értékkel.

$$\left[ \frac{{}_5P_x^{(0)} + {}_5P_{x-5}^{(0)} ({}_5L_x / {}_5L_{x-5})}{2} \right] \cdot {}_5F_x \quad (2)$$

Ahol  $x = \alpha, \alpha + 5, \dots, \beta - 5$ .

A születések végösszegét az  $x$ -nek  $\alpha$ -tól  $\beta - 5$ -ig összege adja, mivel az  $\alpha, \beta$  kor magába foglalja az összes termékenységet.

Egy fix halandósági táblában a születések ötéves intervallumban meghatározzák a 0-4 éves népességet az intervallum végén. A (2) szerint kiszámított születések számát szorozzuk  ${}_5L_0/5$ -tel, így megkapjuk a továbbélőket az ötéves időszak végén, összegezzük az  $x$  szerint, és akkor megkapjuk  ${}_5P_0^{(1)}$ -et:

$${}_5P_0^{(1)} = {}_5L_0 \sum_{x=\alpha}^{\beta-5} [{}_5P_x^{(0)} + {}_5P_{x-5}^{(0)} ({}_5L_x / {}_5L_{x-5})] F_x / 2; \quad (3)$$

a(3)-ban bemutatott folyamat folyamatos alkalmazásával ki lehet tölteni a (1)-ben a jobb oldali felső háromszöget. A feladatnak ezt a részét át lehet alakítani egy B mátrixszá, amelyben mindenhol zéró van, kivéve a felső sorban.

Ezzel elkészült egy zárt népesség előreszámítása, ahol fix születési és halálozási korszpecifikus arányt alkalmaztunk. A korszpecifikus halálozási arány egy olyan halandósági táblához vezetett, amelyben szereplő  ${}_5L_x$  megtalálható az S előreszámítás mátrixban, és a korszpecifikus  $F_x$  arányok, amely szerint leánygyermekek születtek, megtalálható a B mátrixban az  ${}_5L_x$ -szel együtt. A továbbélések és a születések kombinációját megkapjuk az S+B mátrixösszeggel, amelyet M-mel jelölünk. Az ötéves időtartam népességét, a kezdeti 0 időpont után, a következő egyenlethalmaz adja  $P^{(t)} = M \cdot P^{(t-1)}$ , ahol  $t = 1, 2, \dots$ .

Ezeknek az egyenleteknek a megoldása a következő:

$$P^{(t)} = (S + B)^t \cdot P^{(0)} = M^t P^{(0)}. \quad (4)$$

A népesség előreszámításának ez a legegyszerűbb formája, ami azon a feltételezésen alapszik, hogy a születések és halálozások korszpecifikus arányai állandóak és a nettó vándorlás nulla.

### 2.3 A két nem előreszámítása

A (4) formula szerinti előreszámítást fel lehet használni először a nőkre, azután a férfiakra, természetesen mindegyik esetben a saját halandósági táblát használva, továbbá az anyaság és apaság korspecifikus arányait. Ha a két nemmel külön-külön foglalkozunk az ellentmondásokhoz vezethet, mert bármelyik év statisztikájára alapozott növekedési ráta valamelyest különbözik a férfiak és a nők vonatkozásában.

Bár ez a tény nem bír nagy jelentőséggel a középtávú előreszámításoknál, mégis a legtöbb elkerüli ezt az ellentmondást úgy, hogy a fiúk és a lányok születését a szülők egyikéhez kapcsolja. Az anyák kormegoszlása a gyermekek születésekor elegendő mind a két nem előreszámításához, és ezt nődomináns modellnek nevezzük, ahol az apa korára nincs szükségünk. A fiúk születésének számát mindegyik előreszámítási ciklusban azonosnak vesszük a lányok és a születéskori nemi arány szorzatával; a nemi arány 1,05 körül mozog. Az előreszámítás többi része hasonló az előzőhöz: a férfiak és a nők továbbélése a megfelelő halandósági táblák szerint alakulnak. A növekedés végleges arányát nem befolyásolják azok a paraméterek, amelyek arra a népességre vonatkoznak, amely vagy férfi, vagy túl van a reprodukciós koron.

A dominálón női modell esetében is el lehet készíteni mindkét nem mátrixát, és folytatni lehet a (4) képletet, ki lehet alakítani az M nagy mátrixot és a P vektort, amely magába foglalja a kor-nem megoszlást. Ha az M mátrix bal felső négyzete a nőneműek előreszámítását mutatja, akkor a P vektor felső része a nőneműek kormegoszlását adja. Alkalmos átalakítással dominálhat a férfi nem is, vagy a kettő együtt.

### 2.4 Az előreszámítás története

A (4) képlet szerint kialakítottunk egy olyan népességelőreszámítást, ahol fix arányokat alkalmazunk a kor vonatkozásában. Ezt a modern megközelítési módszert, amely a születéseket és halálozásokat külön-külön kezeli, úgy tűnik, hogy Edwin Cannan alkalmazta először. Ő valójában alkalmazta az M mátrixot, de kevésbé exaktan vette számításba a szülések kor szerinti megoszlását. Bowley is végigkövette mindkét nem kohorszát a továbbélés szempontjából, de a születéseknél csak a 20-44 éves nőket vette alapul. A komponens módszer elmélyült és széles körű alkalmazását Whelpton-nál találjuk. Bernardelli, Lewis és mindenekelőtt Leslie feladata lett, hogy megmutassák, hogy ez a folyamat tömörebben mutatható be mátrix formájában, és hogy az ilyen fajta összeállítás lehetővé teszi a mortalitás és a termékenység elemzését absztrahálva a kormeg-

oszlástól, amellyel azt meg kell szorozni. Az előreszámítás ilyen folyamatos formáját nagy képzelőerővel tanulmányozta Lotka, aki negyvenéves munkássága alatt megalkotta az elméleti demográfia alapjait.

### 2.5 Homogenitás

A gondos előreszámítási munka úgy indul, hogy első lépésben a népeiséget homogén népeiségcsoportokra bontjuk. Az Egyesült Államok esetében például tudjuk, hogy a négeres születési száma magasabb, mint a fehéreké, nemcsak ma, hanem nagyon valószínűleg a jövőben is hosszabb ideig. A halálozásuk is magasabb, de annak hatása az előreszámításokra kisebb, és így a négeres mérlege gyorsabb növekedést mutat, mint a fehéreké. Ha nem különböztetjük meg a két népeiségcsoportot, hanem a teljes előreszámítást egy átlagos születési és halálozási aránnyal végezzük, akkor szisztematikus alulbecslést kapunk eredményül, szemben azzal a módszerrel, amikor a fehéreket és a négereset külön-külön vizsgáljuk a saját születési és halálozási arányaiknak megfelelően. Ennek bizonyítását itt most mellőzzük, de megjegyezzük, hogy ez annak a következménye, hogy a számtani középátlagos nagyobb, mint a mértani. Ha felismerjük, hogy az egyes népeiségcsoportok halandósága és termékenysége különböző, kiemelhetjük a számításokban azt a csoportot, mint az egésznek egy részét, amelyiknek növekedési aránya gyorsabb.

### 2.6 A születési és halálozási arányok változása

Az  $M$  mátrixban szereplő korszecifikus születési és halálozási arányokra vonatkozólag vagy megfigyeléseket tettünk valamely múltbeli időszakra, vagy feltételezéseket állítottunk fel esetleg modelltáblákból, de minden esetre rögzítettük azokat az előreszámítás időtartamára. Annak érdekében, hogy az előreszámítást szabadabbá tegyük, most megengedjük, hogy a születések és halálozások megváltozzanak. Egy sor múltbeli megfigyelés alapján megállapíthatjuk például, hogy a születési és halálozási arány lineárisan csökken, és ahelyett, hogy fix korszecifikus arányokat alkalmaznánk, fix különbségeket (változásokat) feltételezünk.

Ha az előreszámítás-mátrix az indulás utáni első intervallumban  $M^{(1)}$ , a másodikban  $M^{(2)}$ , akkor a népeiség a  $t$ -edik intervallum végén

$$p^{(t)} = M^{(t)} p^{(t-1)}, \quad t=1,2,\dots \quad (5)$$

és a következő  $p^{(t)}$ -edik népeiségcsoport kifejezhető a  $p^{(0)}$  segítségével mint

$$p^{(t)} = M^{(t)} M^{(t-1)} \dots M^{(1)} \cdot p^{(0)}. \quad (6)$$

Az ilyen előreszámításokat, ahol a  $t$  nagy, tanulmányozta Coale és Lopez. Ha nincs fix végleges vagy stabil népesség, mint a fix mátrixszal való előreszámításnál, hanem két, különböző kormegoszlású népességnél ugyanazt a halandósági és termékenységi tartományokat vesszük egymás után, vagyis ha az  $M^{(1)}, M^{(2)}, \dots$  mátrixoknak azonos szekvenciája van, akkor azok kormegoszlása egyre jobban fog hasonlítani egymáshoz.

Tegyük fel, hogy a születési arány csökkenése következik be  $p$  százalékban öt-éves periódusonként az anya mindegyik korcsoportjában. Akkor, ha az  $M^{(0)} = S+B$  kifejezést induló előreszámítási mátrixnak nevezzük, amely tipikusan a közvetlen múltra vonatkozik, akkor az előreszámítási mátrix az első jövőbeni időpontban  $M^{(1)} = S+B [1-p/100]$ , a második időszakban  $M^{(2)} = S+B [1-p/100]^2$  stb. A (6) képlet számtani megoldása ezekkel az  $M^{(1)}, M^{(2)}$  értékekkel adja a  $P^{(t)}$ -t a születések csökkenésére ezen a bizonyos módon.

Hasonlóan mátrix-kifejezés található a csökkenő mortalitás kifejezésére is. A gyakorlatban, ha egyszer rendelkezésre áll egy számítógépes program a halandósági táblákra, sokkal kényelmesebb extrapolálni a korszpecifikus halálozási arányokat, és készíttetni a géppel egy új halandósági táblát minden egyes előreszámítási ciklus számára.

## 2.7 A halálozási arányok koronkénti extrapolálása

Feltehetjük, hogy a korszpecifikus halálozási arányok mértani vagy számtani sort alkotnak, melyben mindegyik kornak megvan a maga konstansa 10 vagy 20 éven keresztül, de minél hosszabb az előreszámítás, annál kevésbé lesz az kielégítő.

Az egyik lehetséges megoldás, hogy a görbét  $\alpha + \beta \gamma^t$  vagy  $\beta \gamma^{ct}$  a korszpecifikus halálozási arányok szerint alakítjuk.

A számítógép segítségével egy iterációs folyamatban bármely görbéhez alkalmazni lehet a legkisebb négyzetek elvét. Ha megengedjük, hogy mindegyik öt éves korcsoport létrehozza a maga extrapolációs trendjét, ez gyakran túl sok engedmény lenne, és hibás eredményekhez vezetne különösen kis népesség esetében. Mint minimumot, három korcsoportot kell megkülönböztetnünk: a) a csecsemőkort, b) a gyermekkort, fiatalságot és az érettkort, és c) öregkort. A csecsemőhalandóság csökkenése a népességre gyakorolt hatását tekintve hasonló a születések növekedéséhez. A termékeny kor mortalitásában beálló változásoknak már összetettebb hatása van a későbbiekre.



Az elmúlt évekig a mortalitás trendje az összes országokban csökkenő tendenciát mutatott. Jelenleg Nyugat-Európa és az Egyesült Államok tartják a szintet, míg a világ többi részén gyorsan csökken. Egészen más technikát javasolunk az előreszámításnak a kétféle esetre. Ahol a mortalitás lassan vagy egyáltalán nem változik, ott a múlt korszékifikus arányainak extrapolálásával felnagyítjuk a véletlen változásokkat. A statisztikai probléma itt az, hogy el kell dönteni, vajon a múlt arányainak trendje elég erős-e, vagy inkább véletlenszerű változások eredménye, vagyis célszerű-e trendet extrapolálnunk, vagy helyesebb feltételeznünk, hogy a jelenlegi átlagos halálozási arányok a jövőben is változatlanul folytatódnak.

## 2.8 A szülési sorrend

A szülési sorrend tanulmányozása különösen fontos egy időbelileg változó termékenységnél. Ez a dolog általános érdeklődést keltett a negyvenes évek elején, amikor nagyon sok házasságot kötöttek, amelyet nagyarányú születések követtek, úgy, hogy az első születések száma egyes években magasabb volt, mint bármelyik kohorszbeli egyedek száma, akik beléptek a szülőképes korba. Az első születéseknek az ilyen felgyülemlése, amely benne rejlik bizonyos évek összes születéseinek számában, olyan átfogó arányt ad, ami természetesen nem folytatódhat hosszú távon. Ahhoz, hogy megérthessük azt, ami történik, látnunk kell, hogy a házasságok milyen hányada (amelyet a születések nulla sorszámával tekintünk) jut el az első szüléshez, milyen hányada a második szüléshez stb. A szülési sorrend fejlődés természetesen az egyedi kohorszok vizsgálatához vezet.

A szülési sorrend vizsgálata által sokkal nagyobb fokú specifikációt érhetünk el, mint a szokásos kor- és a nem vizsgálata révén. Ha a születéseket, valamint az anya életkorát sorrendbe rakjuk és elosztjuk azon nők számával, akik a korcsoportba tartoznak, és akiknek szülési sorrendje egy gyermekkel alacsonyabb, akkor megkapjuk a kor szerinti szülési sorszám-specifikus arányt. Ezekből az arányokból a valószínűség és az előreszámítási mátrixszal kidolgozható a kor szerinti előreszámításhoz hasonlóan.

## 2.9 Kohorsz vagy időtartam elemzés

Mindent, amit a 2.9 rész előtt mondtunk a több éves vagy egyéb időszakos aggregát születésekről, idősrnak lehet tekinteni. Ha minden család az azon év feltételeinek megfelelően hozza meg a döntését, hogy akar-e gyereket vagy sem, függetlenül attól, hogy hány gyermeke van már, úgy semmi többet nem kell mondanunk. De tegyük fel, hogy

a házaspár elhatározta, hogy bizonyos számú gyermeket vállal; jó vagy rossz körülmények azonban arra kényszerítik őket, hogy ettől eltérjenek: korábban vagy későbbre ütemezik a gyerekeket, de nem változtatják meg azok össz-számát. Akkor a születések számának időszora kevésbé következetes; a születések arányának csökkenését a depresszió idején követi azok növekedése a fellendülés alatt, és a népesség növekedése csak azért lesz alacsonyabb, mert idősebb szülők hosszabb nemzedéket produkálnak. A gyermekek össz-létszámának állandósága családonként állandóságot eredményez a gyermekek számában kohorszonként, és a Bureau of the Census és a Scripps Foundation felhasználta ennek az állandóságnak az előnyeit az előreszámításoknál.

A baj a kohorszokkal az, hogy nem ismerjük a befejezett termékenységet addig, míg a szülőképeség el nem múlt. Ha az előreszámításokat teljes (befejezett termékenyséű) kohorszokból készítjük, akkor azért kerülünk hátrányos helyzetbe, mert nem vesszük figyelembe azokat az információkat, amelyek azokra a kohorszokra vonatkoznak, akik még szülnék, és ez ellensúlyozza az időtartammódszerrel szembeni előnyt, ahol a legkésőbbi információkat is rutinszerűen használjuk fel. Így a kohorsz módszer megkívánja, hogy az időtartameloszlást kohorszeloszlássá alakítsuk át.

Az átalakítást legkönnyebben momentumok segítségével hajthatjuk végre.

## 2.10 Vándorlás

Új problémák merülnek fel, ha figyelembe vesszük a vándorlást is. Gondoljunk az  $A$  mátrixra, amelynek tipikus eleme  $a_{ij}$ , ahol  $i=j$ , amely egy része a népességnek a  $j$ -edik régióban minden időszak kezdetén, és amely az  $i$ -edik régióba költözik az intervallum alatt. Az  $a_{ii}$  diagonálisok a születés, halálozás és a régiókon kívülről jövő vándorlás növekedési arányát mutatják.

Az  $A$  mátrixot megszorozzuk az indulási vektorral, ami tartalmazza a különböző régiókra vonatkozó számokat egymás alá írva, és az eredmény régióról régióra, az időszak végére vonatkozó szám. Amint a kor-mátrixszal, úgy itt is folytathatjuk a szorzást, és kapjuk a későbbi időszakok előreszámításait, és  $A$   $t$ -edik hatványa olyan tagot tartalmaz, mint  $a_{11}^{(t)}$ , ami az eredeti szám hányadosa az első régióban, és ez lesz a  $t$  időszakok után az első régióban azoknak a száma, akik máshonnan jöttek.

Szabályos előreszámításnál számolnunk kell a korrallal és nemmel minden egyes régióban. A régiók közötti vándorlást kombinálni lehet a korrallal egy nagyobb mátrixban.

## 2.11 Munkaerő

Amint egy adott korhoz tartozó egyéneket lehet régiók szerint osztályozni, mivel vándorolhatnak a régiók között, ugyanígy csoportosítani lehet őket munkaerőhelyzetük és foglalkozásuk szerint, megengedve az ezek közötti mozgást is.

A munkaerő előreszámítás rendszerint a népességnek kor- és nem szerinti előreszámításán alapszik, erre lehet rávetíteni a részvételi arányokat, mégpedig a munkaerőben való teljes részvétel kor- és nem szerinti arányait. Ha az arányokat a horizontális  $F$  vektor tartalmazza, és ez időben állandó, akkor az előreszámított teljes munkaerő  $t$  időpontban  $FM^t P^{(0)}$ . A kor és nem szerint megoszlott munkaerőt egy vertikális vektor mutatja ugyanebben a kifejezésben, de most az  $F$  részvételi arányok úgy szerepelnek, mint egy mátrix diagonális elemei, melynek nem-diagonális elemei nullák.

## 3. Előreszámítás és előrejelzés

Eddig az előreszámítást tárgyaltuk, melyet úgy határoztunk meg, mint egy sor feltétel számszerű kidolgozását abból a célból, hogy megvilágítsunk adatokat, melyek a jelenre és a múltra vonatkoznak. Az ellentét a jóslással vagy előrejelzéssel elég szembevetőnek látszik: ezek azzal az igénnyel lépnek fel, hogy megmondják, mi fog történni a tényleges jövőben. A népességelőreszámításnál legfeljebb technikai nehézségek merülnek fel és ezek legtöbbször könnyen leküzdhetők; az idő csak mint változó lép be, a szükséges technikai megoldások készen állnak, és hibát lényegében nem lehet elkövetni. Az előrejelzés azonban a valóságos időre vonatkozik és itt sokkal mélyebb nehézségekkel állunk szemben, amely az emberi magatartás változó jellegével kapcsolatos; a hiba majdnem biztos. A különbség a feltételezések tetszőleges halmazának kidolgozása és a között, hogy előre megmondjuk, mi fog történni a tényleges jövőben, elég nagy ahhoz, hogy ne legyen alap a kettő összekeverésére. Mégis, előreszámítást és előrejelzést nem könnyű megkülönböztetni. Előreszámítást aligha állítanának össze és adnának ki, ha senki sem használná őket a jövőben való eligazodásnál. A demográfus elkészít egy előreszámítást, és az olvasója mint előrejelzést használja fel. Vajon a demográfus szándéka, vagy az olvasó felhasználása dönti-e el, hogy előreszámításokkal, vagy előrejelzésekkel állunk szemben? Az összes előreszámítási módok közül némelyeket miért használnak gyakran, másokat soha? Ha az előreszámítás csak abból állna, hogy valamely tetszőleges feltételezéseket numerikusan ki kell dolgozni, akkor az egyik előreszámítás olyan jó lenne mint a másik feltétele, hogy a számolási hibákat elkerültük. Akkor nem lenne értelme az olyan vitáknak, hogy vajon a jelenlegi korszecifikus arányok

alkalmazása lenne-e jó, vagy pl. a nyers arányoké. Valójában senki sem ismeri el, hogy tetszőlegesen választott feltételezéseket a népességelőreszámításnál; mindegyik szerző kiválaszt egy feltételrendszert, amely megfelel azon összefüggéseknek, melyek szerinte megmaradnak a jövőben is. Mivel az, hogy mi állandósul, az előreszámítás idején bizonytalan, tanácsos egynél több feltételhalmazt kipróbálni és kidolgozni a jövő számait mindegyik esetre. Megfelelő időben pedig számba kell venni azt, ami a jövő volt akkor, amikor az előrejelzést készítették. A remény az, hogy a jövőre vonatkozó különböző számok közrefogják a későbbi tényleges adatokat, bár a hivatalos szervek óvakodnak attól, hogy ennek valószínűségét jelezzék.

### 3.1 Előreszámítás nem a demográfia területén

Hasonló tartózkodás a kormányzervek vagy a szakmai szervek részéről más tudományágban nem tapasztalható. Az időjárás előrejelzése hetykén előrejelzi a holnapi esőt vagy napsütést, és a felhasználók ennek megfelelően cselekszenek. Kevésbé biztosak abban, hogy a holnap esőt fog hozni, mint a demográfusok abban, hogy a holnap népessége nagyobb lesz, mint az ezévi az Egyesült Államokban. Még a népességnövekedés összegét is pontosabban tudják, mint az eső mennyiségét.

Közelebb áll a problémánkhöz a gazdasági előrejelzés, amelyet a szakmai és kormányzervek munkájukban nyíltan elismernek célkitűzésnek. A gazdasági előrejelzések céljait minden évben a következő év vagy éveknek megfelelően alakítják ki.

Olyan kevés szemrehányás érte az előrejelzést vagy jóslást statisztikai körökben, hogy a szerzők azt mondják, hogy ilyesmit csinálnak még akkor is, ha tulajdonképpen valami sokkal egyszerűbbet csinálnak; beszélnek "jóslásról" regressziós egyenlet alapján, amikor az, amit "jósolnak", csak azokat a pontokat jelenti, amelyre a regressziót alapozták, vagy egyéb pontokat, melyeket véletlenül választottak ki ugyanabból a sokaságból. Ha az adatok a múltból jönnek, és a következtetés vagy jóslat a jövőre vonatkozik, akkor sohasem mondhatjuk, hogy az adatok vagy a következtetés pontosan ugyanarra a sokaságra vonatkoznak. Ilyenkor felmerül a hiba-komponens, mert a jövő valójában különböző lesz, mint a múlt és ez a jóslat jellemzően furcsa és megdöbbentő tulajdonságú.

### 3.2 A feltételek megállapítása

A meteorológusok, közgazdászok, statisztikusok által adott példa ellenére a hivatalos előreszámítást készítő demográfusok állítják, hogy ők nem jóslásokat készíte-

nek. A pontos jóslat okkult hatalmat feltételez és a kormányservek demográfusai nem állítják, hogy ilyennel rendelkeznének. (Az aki úgy gondolja, hogy ilyen erővel rendelkezik, alkalmas területeket találhat annak gyakorlására a magánszektorban, például a tőzsdei spekulációkban. Okkult erők vagy nagyon értékesek, vagy túlságosan kockázatosak kormányservek számára.)

A felelősség megosztására a hivatalos demográfusok kidolgozzák néhány feltételhalmaz következményeit, és másokra hagyják annak eldöntését, hogy melyiket használják. A közzétett előreszámításoknak azonban gyakran az a hibája, hogy nem mondják meg világosan, hogy melyek a feltételeik. Ha az olvasónak választania kell a feltételek közül (és nem csupán a várható népességek közül), tudnia kell, hogy melyek a feltételek, és hogy azok az egyes előreszámításoknál mennyiben különböznek egymástól. Gondoljuk csak meg, hogy mennyire megzavarná az olvasót egy matematikus cikke, ha egy tételéhez tartozó feltételeit több oldalra szétszórná, némelyet a tétel elé, némelyet utána, sohasem jelölné meg pontosan azokat, elrejténé őket szétszórva a szövegben és bizonytalan formában, hogy még az az olvasó sem tudná követni a tételre gyakorolt hatásukat, aki kiismerné magát bennük. Nagyon sok előreszámításban van ez így.

#### 4. Előrejelzés módszerei és céljai

Az előreszámítás komponens módszere előrejelzést nyújt akkor, ha a feltételezéseket úgy értelmezik, hogy azok a reális helyzetet mutatják. Az egyes komponensek ekkor egészen különböző hangsúlyt kapnak. Kis körzetben a vándorlás kulcsváltozó lesz; egy egész ország esetében a vándorlás a népesség kisebb hányadát érinti és több adat áll róla rendelkezésre, mint országos vagy megyei viszonylatban. A múltban a halandóság volt a kulcsváltozó főleg a szegény országokban, míg a születések a gazdag országokban. Bármely előreszámításban a három - vándorlás, halálozás és születés - közül egy biztosan különleges figyelmet igényel.

Ebben a részben röviden összefoglalunk néhány előrejelzési módszert, a hangsúlyt azokra téve, amelyeket a demográfiában eddig még nem használtak, de potenciálisan hasznosnak látszanak.

#### 4.1 Vezető és késlekedő sorok

Abból a tényből, hogy a gazdasági élet ciklikus és hogy a rendelkezésre álló sok száz sor közül egyesek korábban érik el a fordulópontot, mások később, azt a következtetést vonjuk le, hogy a korábbi sorokat fel kell használni a későbbiek előrejelzésére. Ha a gyárparban a túlórámunka a ciklus csúcspontját elérve hat hónappal előbb kezd el csökkenni, mint ahogy a munkanélküliség a mélypontról kezd emelkedni, akkor a túlórámunka sorai felhasználhatók a munkanélküliség sorainak előrejelzésére. Sajnos kevés gazdasági elmélet áll rendelkezésünkre, amely segítené a vezető és késlekedő sorok kiválasztását és így nem lehetünk biztosak az egymásutánság stabilitásában. Ezen kritika ellenére a népességelőrejelzés felhasználhatná ezeket, ha változó és különösen a születések elhelyezhetők lennének az indikátorok egymásutánságában. Easterlin tanulmányozta a születéseket ilyen összefüggésben. A módszer rövid távú előrejelzésre korlátozódik; több éves sőt, esetleg több évtizedes előrejelzés, melyet a demográfusoktól követelnek, más technikát igényel.

#### 4.2 Autoregresszív sorok

Az elmúlt harminc év folyamán az idősorok elvontabb tanulmányozása volt tapasztalható, amellyel kapcsolatos kimerítő elméletet találunk meg elfogadható formában Box-nál és Jenkins-nél. Az idősorokat jellemzi az egymás után következő időpontok közötti korreláció, továbbá az egymástól, egy, vagy több időszakkal elkülönített időpontok közötti korreláció stb. Ez az autokorreláció lehetővé teszi a többszörös regresszió kiszámítását, mely által egy értéket előre lehet jelezni a megelőző értékek alapján; a számítás figyelembe veszi a sorok összes állandó jellemzőit.

Az elmélet leghasznosabb része a stacionér idősorokra vonatkozik, amelyben a görbe két pontja közötti extrapoláció csak a köztük lévő idő-intervallumtól függ. Sajnos a demográfiában való alkalmazásánál úgy tűnik, hogy mindegyik évtizedben van történeti és többé-kevésbé példátlan népesedési változás, különösen a születések számát illetően, ami nem illik össze a stacionér feltételezéssel. Ennek ellenére a népességi vagy a születési görbe szakaszainak stacionérként való kezelése elősegíthetné legalábbis az előrejelzés hibahatárainak csökkenését még akkor is, ha magát az előrejelzést nem is javítaná nagymértékben.

### 4.3 Regresszió nem népesedési változókkal

Amennyiben a népesség változását olyan tényezők változásai okozták, mint a jövedelem és az oktatás, ezek előrejelzése elősegítené a népesség előrebecslését. Adelman többszörös regressziót dolgoz ki országok között, amelyben a korszpecifikus születési arányok, gyakorlatilag minden kornál pozitíve kapcsolatban állnak a jövedelemmel és negatíve az oktatással, a mezőgazdaságon kívüli munkaerő százalékaival és a népsűrűséggel. Biztonsággal előrejelezhetjük a mezőgazdaságon kívüli népesség növekedési arányát, a jövedelem növekedését stb., s így a világ sok részében arra az eredményre kell jutnunk, hogy a születések száma ezen változók magasabb szintjével lesz összhangban. Azonban több vizsgálatot igényel az, hogy azok az összefüggések, amelyek az országok keresztmetszetszerű összehasonlításánál tapasztalhatók egy adott időpontban, az egyes országokra hosszmetsetben (időbeli változás esetén) is érvényesek-e.

Az emberi termékenység ökonometriai modellje, melyet Philips, Votey és Maxwell készítettek el, ugyancsak jól használható a demográfiában. Messze túl vannak a regresszióelemzés körén azon kulturális és intézményes keretek, amelyekben a termékenység emelkedik vagy csökken; az előrejelző nem mellőzheti ezeket a tényezőket, de jelenlegi ismereteink alapján nem is tudja őket pontosan számításba venni.

### 4.4 Egy másik Markov-lánc modell

Fish és Thompson a születési arányok és más társadalmi változók közötti összefüggéseket más módon használja fel, melyek emlékeztetnek a kor és nem demográfiai értelmezésére. A városok alacsonyabb születési aránya időben állandónak mutatkozik a vidékkel összehasonlítva, függetlenül attól, hogy hogyan változik az arány a városban és a vidéken; nem lehetne-e a falu, város, lakóhely és a hasonló változók trendjét előreszámítani, és aztán feltételezni, hogy a születési arányok fixek mindegyik fajta körzetben? A Fish-Thompson-modell éppen ezt teszi. Egy Markov-láncot alakít ki fix változó valószínűséggel a lakóhely és egyéb mozgás szerint; a Markov-lánc segítségével előreszámított változó összetételhez alkalmaztuk a kezdeti időszak születési arányait.

Vegyünk egy leegyszerűsített példát, ha  $a_{ru}$  a falusi lakók részaránya, akik évente a városba költöznek, és  $a_{ur}$  azon városi lakók részaránya, akik az ellenkező mozgást végzik, akkor a változás mátrixa:

$$A = \begin{bmatrix} a_{uu} & a_{ru} \\ a_{ur} & a_{rr} \end{bmatrix}$$

ahol  $a_{uu} + a_{ur} = 1$  és  $a_{ru} + a_{rr} = 1$ .

Ha  $A$  érvényes az egymást követő időközökben, és a kezdeti eloszlás  $p_U$  személy a városban és  $p_R$  falun, akkor a vektor

$$p(0) = \begin{bmatrix} p_U \\ p_R \end{bmatrix}$$

és az eloszlás  $t$  év alatt

$$p(t) = A^t p(0)$$

lesz.

Ha a születési arány a falusi és városi részben  $b_U$  és  $b_R$ , egy horizontális  $B$  vektorba rendezve, akkor a születések alakulása  $t$  időpontban:

$$B A^t p(0) = [b_U b_R] \begin{bmatrix} a_{UU} & a_{RU} \\ a_{UR} & a_{RR} \end{bmatrix}^t \begin{bmatrix} p_U \\ p_R \end{bmatrix} \quad (7)$$

Tulajdonképpen a (7) egyenlet más változókra is kiterjeszti az előreszámítási eljárás kor és nem szerinti specifikációját, amelyet fentebb leírtunk, például a (4)-es példára.

#### 4.5 A gyermekszülési szándék számításba vétele

A jövő kiszámításának legegyszerűsebb útja, ha megkérdezzük az embereket, hogy mit szándékoznak csinálni. A vállalatokat megkérdezzük beruházási szándékaik, foglalkoztatási terveik felől és ezek a felmérések fontos szerepet játszanak a gazdasági előrejelzésben. A II. világháború óta megkérdezzük az embereket, hogy akarnak-e házat venni vagy építeni, autót vásárolni, vagy kisebb fogyasztási javakat, és ezek is nyújtottak némi indítékot a jövőbeni gazdasági aktivitás számára. Hát miért ne kérdeznénk meg a házaspárokat, hogy akarnak-e gyereket? Ezt most rendszeresen csinálják és ez hasznos információt nyújt a rövid távú előrejelzéshez, mondjuk öt évre. Ezen az időn túl született legtöbb csecsemő olyan nő gyermeke, aki a kikérdezés idején még nem volt házas, aki a felvételkor aligha tudta volna megmondani a kérdezőnek az ezzel kapcsolatos határozott szándékát.

#### 4.6 A demográfiai átalakulás mint ismétlődő történelmi folyamat

A fejlett országokban a népesség növekedése magába foglalja a halálozási arány csökkenését, amelyet lassabb vagy rövidebb idő után a születési arány csökkenése követett. Az első esemény előtt és a második után a népesség lassan nő; a két esemény között a növekedés nagyon gyors. Ezt az összefüggést fel kell használni az előrejelzésnél. Valóban mondhatjuk, hogy a népesség előrejelzésével kapcsolatos eredmények,



különösen a komponens-előreszámítási módszer, amit eredetileg Cannan használt, arra az időre esik, mikor a nyugati országokban a születési arány csökkenő fázisában volt. Az elmélet alkalmazását elősegítette Dudley Kirknek az a megállapítása, hogy a születési arány csökkenésének üteme növekszik a csökkenés kezdetének késlekedésével. Bár a demográfiai átalakulás egy komolyan dokumentált leírása a múlt történéseinek, és senki sem képes a fejlődő országok népességét előrejelezni anélkül, hogy ezt ne tartaná szem előtt, mégis a múlt történelmi körülményeinek változatos volta bizonytalanra tesz minket afelől, hogy éppen mikor s hogyan fog valami történni az egyes országokban. Egyik bizonytalansági tényező a születési arány csökkenése és a gazdasági fejlődés közötti összefüggés. Ez az összefüggés nem uniformizálható - a XIX. századi Angliában a jövedelem gyorsabban nőtt, mint Franciaországban, de a születési arány csökkenése lassabb volt. Mégis azokban az országokban, ahol a születési arány az elmúlt évtizedekben csökkenni kezdett, mint Taiwan és Singapore, viszonylag magas jövedelmű országok. Nem feltételezhetjük, hogy a jövedelemváltozások szükségszerűen befolyásolják a születési arány csökkenését, de azt sem mondhatjuk, hogy a népesség dinamikájával összefüggő születési arány csökkenése független a jövedelemtől.

A probléma túlmegy a népesség előrejelzésen, a gazdasági fejlődés mechanizmusának és stratégiájának kérdésébe torkollva.

#### 4.7 Az ekológiai felső határ előrejelzése

A népességnövekedés ekológiai határaival kapcsolatos bármely elmélet segít az előrejelzésben, ha a népsűrűség már magas. Az exponenciális görbét gyakran maltuziánusnak hívják, de Malthus azt gondolta, hogy a népesség geometriai arányban csak ott nő, ahol semmi sem áll útjában és az anyagi források korlátozottsága legtöbbször akadályt képez. Így a Malthus-féle fix anyagi erőforrások nem geometriai növekedést mutatnak, hanem egy logisztikus görbét, amelyben a népesség a felső határt éri el, amelyet  $a$ -val jelölünk:

$$P_t = \frac{a}{1 + e^{-r(t-t_0)}}$$

ahol  $r$  a népesség növekedési aránya akkor, amikor kicsi és  $t_0$  az az idő, amikor a görbe félútjára ér, vagyis  $a/2$  a népesség. Egy ilyen görbét használt Pearl és Reed, de ez bizonyos kezdeti sikerek után hitelét veszítette, mert az 1940-es népszámlálás megcáfolta. Az anyagi források korlátozottsága, amint ezt a mai ekológisták látják, a logisztikus vagy hasonló görbét ismét divatba hozhatják mint előrejelzési eszközöket.

#### 4.8 A felhasználó veszteség-függvénye

Népséggelőreszámításokat rendszerint demográfusok készítenek abból a célból, hogy azt a tervezők, vállalatok és mások használják. De minden felhasználás sajátos pontossági fokot kíván, és mindegyik különböző úton-módon veszt ebből a pontatlanság következtében. A veszteség-függvény meghatározása és alkalmazása rávilágít arra, hogy hogyan oszlik meg a felelősség a népséggelőreszámításnál, készítője és felhasználója között.

Ha a népséget egy jövőbeli időpontban a felhasználó  $\hat{x}$ -nek veszi, és az igazi népség ebben az időpontban következetesen  $x$ , legyen  $L(\hat{x}, x)$  a felhasználó vesztesége ebben a bizonyos kombinációban. Ha  $x$  függvényeként vesszük,  $L(\hat{x}, x)$ -t a függvénynek ott lesz a minimuma, ahol az igazi  $x$  (a jövőbeli) ugyanazt az értéket veszi fel, mint az elképzelt  $\hat{x}$ , de nem kell, hogy szimmetrikus legyen  $\hat{x}$ -re. Ha az  $\hat{x}$  egy város várható jövőbeli népsége, amire számítva egy víztárolót kell tervezni, akkor az alábecslés (vagyis ha  $x$  nagyobb lesz mint  $\hat{x}$ ) jelentheti egy további új víztároló nagyon magas építési költségeit, míg egy azonos túlbecslés csak bizonyos kihasználatlanságot jelez - a víztárolót túl nagyra építették, de ez nem jelentett nagyobb többletet az eredeti költséghez képest.

Ahhoz, hogy ezt a veszteség-függvényt a felhasználó alkalmazhassa, szüksége van a jövőbeni  $x$  népség egy valószínűségi eloszlására. Tegyük fel, hogy ezt a demográfus  $P(x)$  függvényben adja, ami annak a valószínűsége, hogy a népség  $x$  és  $x+dx$  között  $P(x)dx$  lesz. Minden  $x$  esetében az adott felhasználó várható vesztesége  $L(\hat{x}, x) \cdot P(x)dx$  lesz, és az összes várható veszteség  $R(\hat{x}) = \int_{-\infty}^{+\infty} L(\hat{x}, x) \cdot P(x) \cdot dx$  az  $\hat{x}$  egy függvénye, amelyből  $x$  az igazi népség integrálás útján nyerhető. A felhasználó meg akarja kapni az  $\hat{x}$  értéket, amelynél az  $R(\hat{x})$  mennyiség a legkisebb, és ezt úgy kapja meg, ha a deriváltat 0-val teszi egyenlővé:

$$\frac{dR(\hat{x})}{d\hat{x}} = 0 \quad (8)$$

és ezt megoldja  $\hat{x}$ -re. A (8)-as egyszerű egyenlet adná az  $\hat{x}$  jövőbeni teljes népséget egy bizonyos felhasználásnál.

Az  $\hat{x}$  kiszámításához a demográfusnak nem egy vagy több becslést kell elvégeznie, hanem a  $P(x)$  valószínűségi eloszlást mindegyik jövőbeni időpontra. Egy átlag és szórádás minden egyes jövőbeni időpontra elegendő, mivel  $P(x)$ -et normális eloszlásúnak lehet tekinteni. Gyakorlatban a hivatalosan készített különböző előreszámításokat

valahogy úgy használják, hogy az a felhasználó, aki fél az alábecsléstől, a hivatalos előreszámítás legnagyobb értéket adó változatát használja, aki pedig a túlbecsléstől fél, a legalacsonyabbat. Az explicit valószínűségi megoszlás arra bátorítja a felhasználót, hogy nagyobb figyelmet szenteljen a saját veszteség függvényének.

#### 4.9 A jövőbeni népességelőrebecslések célkitűzései

Szükségszerűen többféle jövőről beszéltünk a fentiekben, de ezek távolról sem foglalnak magukba mindent. Előreszámítás, jóslat és minimális veszteség bizonyos tervezési szempontjából mind részei a jövővel foglalkozó módszerek nagy halmazának. Ahhoz, hogy a fenti témát bővebben megvilágítsuk, kimutatjuk, hogy többek között a jövő népességet a következő módokon lehet számítani:

1. Előreszámítás, ami kidolgozza a fentebb ismertetett feltételezések halmazának számszerű következményeit. Egy időben ugyanaz a szerző végezhet több előreszámítást a felhasználóra bízva annak kiválasztását, hogy melyik feltételezésihalmaz tűnik számára a legreálisabbnak.
2. Előrejelzés, amely többnyire valószínűségi megoszlást használ. Lehet azt mondani, hogy az Egyesült Államok népessége 1980-ban 225 és 235 millió közé esik 2:1 valószínűséggel, bár a valószínűséget mindegyik jövőbeni számhoz hozzárendeljük normális eloszlásban 230 középpértékkel és 5 millió standard eltéréssel.
3. Egy ipari vagy kormány szerv tervezője egy adott célból becslést végez. Amint láttuk, ha a tervező veszteségi függvényét a becslő valószínűségi megoszlására építjük, akkor a becslési veszteség minimális lesz.
4. Egy ellenjóslatként - annak állítása, hogy valami nem történhet meg. Mexikóban nem folytatódhat a növekedési arány évente 3,5 százalékkal, mivel ez azt jelenetné, hogy minden húsz évben megkétszereződne, és így 32-szerese lesz a következő évszázadban. Ez 1,6 milliárd mexikóit eredményezne a jelenlegi területen, ami ha fizikailag nem is lehetetlen, gazdaságilag nyilvánvalóan az.
5. Normatívan, célkitűzésszerűen Pakisztán célul tűzi ki, hogy a születési arányt 30 ezrelékre csökkenti 1975-re. Némelyek úgy gondolják, hogy az Egyesült Államok népességének nem szabadna túlhaladnia a 300 000 000-t vagy, hogy zéró népességnövekedést kellene elérni a századfordulóra. Ha egyszer kitűzték a célt, akkor felkérlik a demográfust, hogy számolja ki, melyik lenne a legsimább, legkevésbé

fájdalmas vagy minimális költséget igénylő út annak eléréséhez; az 1. előreszámítás probléma fordítottja.

6. Konfliktusos becslések különböző adatforrások alapján. A munkaerőfoglalkoztatottság az elsődleges példa. Felbecsülhetjük a munkaerő-kínálatot ismerve a 15-64 éves korú népességet, és alkalmazva bizonyos népesedési arányt. Másrészt a munkaerő iránti kereslet függ az ipari és kormánytevékenységtől. Előzetesen a kettő általában nem ugyanaz, utólagosan ugyanannak kell lenniük. A kereslet és a kínálat külön-külön eltérő becslésénél előre kell látni, hogy hogyan lehet őket a jövőbeni valóságnál összeegyeztetni.

##### 5. Utólagos értékelés

Még az esemény után sem könnyű az előrejelzés pontosságának a megállapítása. Egy szintjelre van szükség, amely hasonló az "állandósághoz" (annak előrejelzése, hogy a holnapi idő olyan lesz mint a mai), amelyet a meteorológusok használnak arra, hogy lássák, hogy kidolgozott módszerük jól működik-e, és amelyet Mosteller a választási közvéleménykutatásnál alkalmazott.

Mert amikor egy előrejelzés egyetlen egy szám és nem valószínűségi elosztás, akkor a hibát csak úgy lehet megállapítani, ha valamilyen standarddal hasonlítjuk össze. A Scripps-féle középtávú előreszámítás, amelyet 1935-ben készített az Egyesült Államok 1970. évi népességére 155 milliót mutatott. Vegyük ezt úgy, mint egy előrejelzést a fentiek illusztrálására. Az 1970-es népszámlálás adatai 203 milliót mutatnak, ugyanerre a területre. Azt, hogy az előrejelzés jó volt-e vagy rossz, nem lehet pontosan megmondani. Értelmetlen megkérdezni, hogy vajon a 48 millió nagy hiba-e általában. Nem mondhatjuk, hogy a becslés 24%-os lemaradást mutat, csak azt mondhatjuk, hogyha valaki felbecsüli a nemzeti jövedelmet 2100-ra 24 százalékos eltéréssel, akkor az jó munkát végzett; 24 százalékos eltéréssel megjósolni a jövő évi adó begyűjtést, határozottan rossz munka lenne.

Bár egy jóslás minőségét szükségképpen meg lehet állapítani, ha összehasonlítjuk más olyan jóslással, amely standard vagy naiv módszereken készült, és alapul vagy szintjelül vehető, nem nyilvánvaló, hogy ezt az alapot hogyan kell kiválasztani. Egyik mód olyan lenne, mint az időjárás előrejelzésben az "állandóság": a népesség nem fog változni az 1935. évi szinthez képest. Az 1935. évi szint 127 millió volt, így az igazi növekedést 1935-70. időszakra  $203 - 127 = 76$  millió. Ez az a hiba, amelynek az

1935. évben készített 1970. évi becslés alá van vetve. Ebből az 1935. évi közepes becslés 155-127 = 28 millió. Így az 1935. évi előreszámítás jobb volt, mint a 76 milliós állandó hiba. Így 28 milliós hibát elkerült, aminek ki lett volna téve, ha az 1935. évi népességet használja. Az eredmény  $28/76 = 0,37$ .

A jóslat minőségének általános képlete ex post mérve:

$$\text{A jóslat minősége} = \frac{\text{jóslat-szintjel}}{\text{realizálás-szintjel}}$$

A legegyszerűbb, ha a szintjelet zérónak vesszük, akkor 1970-re kapjuk

$$\text{Minőség} = \frac{155-0}{203-0} = 0,76.$$

A másik módszer, ha az 1935-ös népességet vesszük szintjelként ismét 1970-re:

$$\text{Minőség} = \frac{155-127}{203-127} = \frac{28}{76} = 0,37.$$

Haladjunk tovább a minőség még pontosabb mérésére.

Vizsgáljuk meg külön az előrejelzésnek azt a részét, melyet nem a fix születési és halálozási arányok alkalmazása okozott.

$$\text{Minőség} = \frac{\text{jóslat-előreszámítás fix arányokkal}}{\text{realizálás-előreszámítás fix arányokkal}} = \frac{155-148}{203-148} = \frac{7}{55} = 0,13.$$

Ez a példa jól illusztrálja, hogy a hivatásos demográfusok által gondosan előkészített előreszámítások közelebb jutnak a célhoz, mint a fix arányokat alkalmazó előreszámítások, de a különbség nem nagyon kirívó.

## 6. Következtetések

A jövő fontos mindenki számára; sok okos agy kidolgozott egy módszert előrejelzésére; sok száz ember dolgozik azon, hogy olyan számokat produkáljon, amelyek előrejelzik a jövő népességét. Mindez azonban nem eredményezte még a rövidtávú előrejelzések pontosságának nagyfokú megjavítását sem, nemhogy a hosszú távúakét.

Az előző oldalak tartalmazznak néhány javaslatot a módszerek megjavítására. Felhívják a figyelmet az előreszámítási és előrejelzési módszerek változatos lehetőségeire,

amelyek közül még nem mindegyiket alkalmazták. Leszögezhetjük, hogy néhány új kiadványból éppen a feltételezések világos kifejtése hiányzik. Az ideális az lenne, ha a világosan kifejtett feltételek alapján az olvasó kiszámíthatná az előrejelzés adatait a saját asztali számítógépén vagy komputerén, ha erre nagy szüksége van. Egy ilyen ideális állapot ugyan elérhetetlen, de sokkal jobban megközelíthető, semmint azt a jelenlegi gyakorlat teszi. A feltételek tiszta megfogalmazása elősegítené a szakmai vitát és ebből jobb módszerek születnének. A jövő népeiségeivel kapcsolatos munkákban nemcsak a legutolsó hivatalos forrásokat kell tanulmányozni, de a korábbi becsléseket is, hogy ezáltal benyomásunk legyen az előrejelzések hibáiról.

Ez a cikk az előreszámításból indult ki, ezt követően áthaladt a jóslat őserdején, amelyben az ember a látszólag vezérelhetetlen intuicióra van hagyva, majd érkezett az értékeléshez, amikor az előrebecslést a következő népszámlálással ellenőrizzük. Tudjuk, hogyan kell pontos előreszámítást csinálni, ha egyszer kiválasztottuk a feltételeket, de az előreszámítás mint technikai sokkal kevésbé izgalmas a felhasználók számára, mint azon tudósok számára, akik azt összeállítják. A kereslet a népesség előrejelzése iránt van ugyanúgy, mint az időjárás előrejelzése, vagy a nemzeti jövedelem előrejelzése iránt.

Minthogy a hivatalos szerveket a felelősségérzet megakadályozza abban, hogy előrejelzéseket készítsenek és minthogy a felhasználó ebben illetéktelen, úgy tűnik, hogy lehetőség kínálkozik a közvetítők számára, akik az előreszámítást - megítélésünk szerint - előrejelzésekké alakítják.

A népességelőrejelzés gyengeségei annak tudhatók be, hogy nem ismerjük azt a mechanizmust, amely szerint a népesség növekszik vagy csökken. Sokat tudunk a születési arányokról és azok statisztikailag felismerhető népesség alcsoportok közötti különbségeiről, valamint az időbeli változásokról, de ez a nagymennyiségű statisztikai információ lehangolóan kismértékben járult hozzá egy átfogó oksági rendszer kialakításához, amely előidézte ezeket a különbségeket és változásokat. A háború utáni tapasztalatokból leszűrt saját általánosításom az, hogy a fejlett országokban a születésekben szakadatlan hullámvölgyek és hullámhegyek lesznek tapasztalhatók egy átlag körül, mely közelebb lesz az egyszerű reprodukció szintjéhez. Ha ez helytálló, akkor is nagy segítség lenne az előrejelzés számára ha lenne valami jelzés a ciklusok hosszát és kilengését illetően.

A fix születési és halálozási arányokat alkalmazó előreszámítások, amelyeket ez a cikk az elején említ, jó módszereknek bizonyulhatnak olyan körülmények között, amikor a születések mozgása nem mutat nettó trendet. Továbbá használhatók az előrejelzések utólagos értékelésénél, amit e cikk vége említ. Ez az ex post hiba nemcsak arról informál minket, hogy milyen az előrejelzések minősége, de kimutatja az ex ante hibaszámításoktól való eltéréseket is.

Az ex ante hiba, ugyanazon adatok alapján számolva mint maga az előrejelzés, egy variancia formáját öltheti, úgy hogy az előrejelzéssel együtt a becsült népesség normális (vagy más) valószínűségi megoszlását adja. Az ex post hiba tartalmaz egy olyan komponenst, amely nem lehet része az ex antenek; amely abból ered, hogy a jövő különbözik a múlttól. E komponens léte adja az előrejelzés alapvető bizonytalanságát. Ha a múlt és a jövő egy homogén sort alkotna, akkor a jövő népesség kiszámítására érvényes lenne a mintavétel törvénye, akkor az előrejelzés nem lenne más, mint a statisztikai következtetések rutin-alkalmazása. Ha a jövő teljesen más, mint a múlt, akkor semmilyen tömegű adat és tapasztalat nem tud segíteni az előrebecslésnek. A népességelőrejelző csak feltételezheti, hogy a valóság a két véglet közé esik. Felszólítják őt, hogy készítsen megfelelő modelleket és alkalmazzon rendelkezésre álló statisztikai módszereket, de nem mentesíti őt semmi az ismétlődő kihívásoktól, amelyek tudását akkor érik, amikor a tényleges népesség eltér az előrejelzettől.