

QEYRİ-SƏLİS ZAMAN SIRASI ƏSASINDA ƏHALİ SAYININ PROQNOZLAŞDIRILMASI

M.H.Məmmədova,
texnika elmləri doktoru,
Z.Q.Cəbraylova,
texnika elmləri namizədi

Çoxlu predmet sahələri mövcuddur ki, onların klassik riyazi aparatın köməkliyi ilə modelləşdirilməsi gözlənilən nəticəni vermir. Belə predmet sahələrinə iqtisadi, ekoloji, siyasi, sosial sahələri və funksionallaşma qanunları çətin formalizə olunan və çətin öyrənilən, məhz bu səbəbdən də formalizasiyaları üçün riyazi modellərin istifadəsi kifayət qədər qüsurlarla müşayiət olunan bir sıra başqa sahələri misal göstərmək olar. Bu problemin digər səbəbləri bir tərəfdən həm predmet sahəsini, həm də həll olunan məsələni xarakterizə edən giriş verilənlərinin və biliklərin natamamlığı, qeyri-dəqiqliyi, ziddiyyətli və qüsurlu olması, digər tərəfdən giriş verilənlərinin dinamik dəyişməsidir, çoxlu sayda komponentlərin olmasıdır və i.a.

[1]-də göstəriləni kimi, çətin formalizə olunan sahələrin modelləşməsinə ən münasib perspektiv yanaşma həmin predmet sahələrinin qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi aparatından istifadə etməklə keyfiyyət modelləşməsidir. Tədqiqat obyektini kimi demoqrafik proses nəzərdən keçirilmiş, bunun modelləşdirilməsi üçün qeyri-səlis zaman sırası təklif olunmuşdur. Model əhali sayının proqnozlaşdırılması məsələsi üçün yerinə yetirilmişdir. Aşağıda qeyri-səlis zaman sırası modelinə əsaslanan əhali sayının proqnozlaşdırılması göstərilmişdir.

Proqnozlaşdırma metodikası. Məsələnin qoyuluşuna uyğun olaraq aşağıdakı proqnozlaşdırma metodikası təqdim olunur:

- əhali sayının ən kiçik və ən böyük variasiyaları arasındakı intervalı özündə əks etdirən U - universal çoxluğunun müəyyən olunması;
- U - universal çoxluğunun əhali artımının müxtəlif templərinə uyğun variasiya qiymətlərini özündə əks etdirən bərabər uzunluqlu intervallara bölünməsi;
- əhali sayının variasiya qiymətinin linqvistik dəyişən kimi insan anlamında ifadə olunması, keyfiyyət təsviri (bu dəyişənin müvafiq linqvistik qiymətinin, yəni $F(t)$ qeyri-səlis çoxluqlar çoxluğunun təyini;
- giriş verilənlərinin fəzafikası, yəni ədədi qiymətlərin qeyri-səlis qiymətlərə çevrilməsi (Bu əməliyyat mənsubiyyət funksiyasının qiymətində əhali artımının templəri haqqında keyfiyyət təsvirlərinin müvafiq ədədi qiymətlərini əks etdirməyə imkan verir);
- baxılan ildən əvvəlki zaman müddətinə uyğun olaraq $w(1)$ parametrinin seçilməsi ($Rw(t)$ qeyri-səlis münasibətlər matrisinin hesablanması və növbəti il üçün əhali artımının proqnozlaşdırılması) ;
- alınan nəticənin defəzafikası, yəni qeyri-səlis qiymətdən ədədi qiymətə keçilməsi.

Aşağıda kiçik ölçüdə əhali sayının proqnozlaşdırılması məsələsinin həlli üçün təsvir olunan metodikanın realizasiyası göstərilmişdir.

1-ci addım. Cədvəl 1-də 1980-2001-ci illər üçün Azərbaycanda əhali sayının dinamikası ("retrospektiv proqnoz" üçün giriş bazası) və hər bir növbəti və ötən il

arasındakı əhali sayının müvafiq variasiyası verilmişdir: cari ilin variasiyası dedikdə cari və əvvəlki ildəki faktiki əhali sayının fərqi başa düşülür. Məsələn, 1990-cı ilin variasiyası: $7131900-7021200=110700$. U-universal çoxluğunu təyin etmək üçün hər şeydən əvvəl baxılan 1980-2001-ci il zaman müddətində ən kiçik və ən böyük variasiya qiymətləri təyin olunmalıdır, daha sonra isə intervalın sərhədlərinin hamarlığı məqsədi ilə uyğun D_1 və D_2 – qiymətləri (müvafiq müsbət ədədlər) seçilir. Onda U-universal çoxluğunu belə təsvir etmək olar: $U:U=[V_{\min}-D_1, V_{\max}+D_2]$, burada $V_{\min}=62800$ -ən kiçik variasiya (2000-ci il), $V_{\max}=115900$ -ən böyük variasiyadır (1993-cü il), $D_1=1800$, $D_2=1100$. Bundan sonra U – universal çoxluğu belə olacaq: $U=[61000, 117000]$.

Cədvəl 1.

1980-2001-ci illər üçün əhali artımının dinamikası və variasiyası

İllər	Əhali sayı (min adam)	Variasiya (min adam)	Variasiyaların fazzifikasiyası
1980	6 114. 3		
1981	6 206. 7	92.4	$A^{81}=(0.12/u_1), (0.21/u_2),$ $(0.43/u_3), (0.90/u_4), (0.83/u_5),$ $(0.39/u_6), (0.19/u_7)$
1982	6 308. 8	102.1	$A^{82}=(0.07/u_1), (0.10/u_2),$ $(0.18/u_3), (0.36/u_4), (0.77/u_5),$ $(0.94/u_6), (0.47/u_7)$
1983	6 406. 3	97.5	$A^{83}=(0.09/u_1), (0.14/u_2),$ $(0.27/u_3), (0.58/u_4), (1/u_5), (0.64/u_6),$ $(0.29/u_7)$
1984	6 513. 3	107.0	$A^{84}=(0.05/u_1), (0.08/u_2),$ $(0.13/u_3), (0.24/u_4), (0.5/u_5),$ $(0.96/u_6), (0.74/u_7)$
1985	6 622.4	109.1	$A^{85}=(0.05/u_1), (0.7/u_2), (0.11/u_3),$ $(0.20/u_4), (0.41/u_5), (0.86/u_6),$ $(0.87/u_7)$
1986	6 717.9	95.5	$A^{86}=(0.10/u_1), (0.16/u_2),$ $(0.32/u_3), (0.70/u_4), (1/u_5), (0.53/u_6),$ $(0.25/u_7)$
1987	6 822.7	104.8	$A^{87}=(0.06/u_1), (0.09/u_2),$ $(0.15/u_3), (0.29/u_4), (0.62/u_5), (1/u_6),$ $(0.60/u_7)$
1988	6 928.0	105.3	$A^{88}=(0.06/u_1), (0.09/u_2),$ $(0.14/u_3), (0.27/u_4), (0.59/u_5), (1/u_6),$ $(0.63/u_7)$
1989	7 021.2	93.2	$A^{89}=(0.11/u_1), (0.20/u_2),$ $(0.40/u_3), (0.85/u_4), (0.87/u_5),$ $(0.42/u_6), (0.26/u_7)$

1990	7 131.9	110.7	$A^{90}=(0.05/u_1), (0.07/u_2),$ $(0.10/u_3), (0.18/u_4), (0.35/u_5),$ $(0.75/u_6), (0.95/u_7)$
1991	7 218.5	86.6	$A^{91}=(0.18/u_1), (0.35/u_2),$ $(0.76/u_3), (0.95/u_4), (0.48/u_5),$ $(0.23/u_6), (0.13/u_7)$
1992	7 324.1	105.6	$A^{92}=(0.06/u_1), (0.09/u_2),$ $(0.14/u_3), (0.27/u_4), (0.57/u_5), (1/u_6),$ $(0.65/u_7)$
1993	7 440.0	115.9	$A^{93}=(0.04/u_1), (0.05/u_2),$ $(0.08/u_3), (0.12/u_4), (0.22/u_5),$ $(0.46/u_6), (0.93/u_7)$
1994	7 549.6	109.6	$A^{94}=(0.05/u_1), (0.07/u_2),$ $(0.11/u_3), (0.19/u_4), (0.39/u_5),$ $(0.83/u_6), (0.90/u_7)$
1995	7 643.5	93.9	$A^{95}=(0.11/u_1), (0.19/u_2),$ $(0.38/u_3), (0.81/u_4), (0.91/u_5),$ $(0.45/u_6), (0.22/u_7)$
1996	7 726.2	82.7	$A^{96}=(0.24/u_1), (0.52/u_2),$ $(0.97/u_3), (0.72/u_4), (0.33/u_5),$ $(0.17/u_6), (0.10/u_7)$
1997	7 799.8	73.6	$A^{97}=(0.57/u_1), (1/u_2), (0.65/u_3),$ $(0.30/u_4), (0.15/u_5), (0.09/u_6),$ $(0.06/u_7)$
1998	7 879.7	79.9	$A^{98}=(0.31/u_1), (0.68/u_2),$ $(0.99/u_3), (0.55/u_4), (0.25/u_5),$ $(0.14/u_6), (0.08/u_7)$
1999	7 953.4	73.7	$A^{99}=(0.57/u_1), (1/u_2), (0.65/u_3),$ $(0.30/u_4), (0.16/u_5), (0.09/u_6),$ $(0.06/u_7)$
2000	8 016.2	62.8	$A^{00}=(0.95/u_1), (0.49/u_2),$ $(0.23/u_3), (0.13/u_4), (0.08/u_5),$ $(0.05/u_6), (0.04/u_7)$
2001	8 081.0	64.8	$A^{01}=(1/u_1), (0.60/u_2), (0.28/u_3),$ $(0.15/u_4), (0.09/u_5), (0.06/u_6),$ $(0.04/u_7)$

2-ci addım. U – universal çoxluğu bərabər uzunluqlu bir neçə intervala bölünməlidir. Baxılan halda U universal çoxluğu 7 bərabər uzunluqlu intervala bölünmüşdür: $u_1 = [61\ 000, 69\ 000]$, $u_2 = [69\ 000, 77\ 000]$, $u_3 = [77\ 000, 85\ 000]$, $u_4 = [85\ 000, 93\ 000]$, $u_5 = [93\ 000, 101\ 000]$, $u_6 = [101\ 000, 109\ 000]$, $u_7 = [109\ 000, 117\ 000]$.

Qeyri-səlis zaman sırası metodu ilə proqnozlaşdırmanın orta xətasının ən kiçik olduğu faktını nəzərə almış olsaq, onda bu intervalların orta nöqtələrini tapmaq lazımdır:

$$u_{or.}^1 = 65000; u_{or.}^2 = 73000; u_{or.}^3 = 81000; u_{or.}^4 = 89000; \\ u_{or.}^5 = 97000; u_{or.}^6 = 105000; u_{or.}^7 = 113000; \quad (1)$$

3-cü addım. U – universal çoxluğunda qeyri-səlis çoxluqlar təyin olunurlar. Hazırkı halda "əhali sayının variyasiyası" – linqvistik dəyişəndir və o aşağıdakı linqvistik qiymətlər alır: A1=(çox aşağı səviyyəli əhali sayı artımı (ÇASƏSA)), A2=(aşağı səviyyəli əhali sayı artımı (ASƏSA)), A3=(dəyişiklik olmayan əhali sayı artımı (DOƏSA)), A4=(orta səviyyəli əhali sayı artımı (OSƏSA)), A5=(normal səviyyəli əhali sayı artımı (NSƏSA)), A6=(yüksək səviyyəli əhali sayı artımı (YSƏSA)), A7=(çox yüksək səviyyəli əhali sayı artımı (CYSƏSA)). Hər bir linqvistik qiymətə müəyyən qaydaya əsaslanaraq uyğun qeyri-səlis çoxluğu qarşı-qarşıya qoyan qeyri-səlis çoxluq uyğundur. Məsələn, "çox aşağı səviyyəli əhali sayı artımı" linqvistik qiyməti (ÇASƏSA, [61000, 69000], A₁) (qeyri-səlis dəyişəni ilə verilir, burada A₁ U – universal çoxluğunun [61000, 69000] oblastında təyin olunmuş qeyri-səlis çoxluqdur. Nümunə (3)-də verilmişdir,

A₁, A₂, ..., A₇ qeyri-səlis çoxluğu U – universal çoxluğunda (2) formulasının köməyi ilə təyin olunur.

$$\mu_{A_i}(u_i) = \frac{1}{1 + [C \cdot (U - u_{or.}^i)]} \quad (2)$$

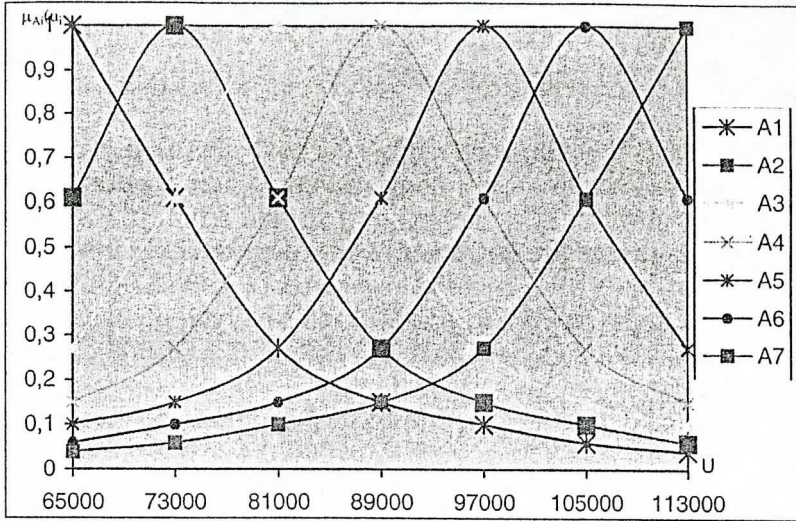
burada U – cədvəl 1-dən olan variyasiya, u_{or.ⁱ} – qiyməti (1)-dən götürülmüş müvafiq intervalın orta qiyməti; C – sabit ədəddir (əmsaldır) və o elə seçilməlidir ki, səlis ədədi qiymətlərin qeyri-səlisə çevrilməsini – yəni onların [0,1] intervalına daxil olmasını təmin etmiş olsun (bu işdə C=0,0001); A_i=(μ_{A_i}(u_i)/u_i), u_i ∈ U, μ_{A_i}(u_i) ∈ [0,1] qeyri-səlis çoxluqdur.

Əgər (2) formulasında U – dəyişənin qiyməti müvafiq intervalın orta qiyməti kimi qəbul olunarsa, onda A_i(i=1,7) qeyri-səlis çoxluğu aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{(1/u_1), (0.61/u_2), (0.27/u_3), (0.15/u_4), (0.10/u_5), (0.06/u_6), (0.04/u_7)\} \\ A_2 &= \{(0.61/u_1), (1/u_2), (0.61/u_3), (0.27/u_4), (0.15/u_5), (0.10/u_6), (0.06/u_7)\} \\ A_3 &= \{(0.27/u_1), (0.61/u_2), (1/u_3), (0.61/u_4), (0.27/u_5), (0.15/u_6), (0.10/u_7)\} \\ A_4 &= \{(0.15/u_1), (0.27/u_2), (0.61/u_3), (1/u_4), (0.61/u_5), (0.27/u_6), (0.15/u_7)\} \\ A_5 &= \{(0.10/u_1), (0.15/u_2), (0.27/u_3), (0.61/u_4), (1/u_5), (0.61/u_6), (0.27/u_7)\} \\ A_6 &= \{(0.06/u_1), (0.10/u_2), (0.15/u_3), (0.27/u_4), (0.61/u_5), (1/u_6), (0.61/u_7)\} \\ A_7 &= \{(0.04/u_1), (0.06/u_2), (0.10/u_3), (0.15/u_4), (0.27/u_5), (0.61/u_6), (1/u_7)\} \end{aligned} \quad (3)$$

"Əhali sayının variyasiyası" linqvistik dəyişənin qiymətini təsvir edən A_i qeyri-səlis çoxluqlarının kəsilməz mənsubiyyət funksiyalarının nümunəvi təsvirləri şökil 1-də verilmişdir.

4-cü addım 1-ci addımda hesablanmış variyasiyaların fəzifikasiyasıdır. Bu zaman, əgər i ili üçün variyasiya V_i, V_i ∈ u_i olarsa, onda u_c üçün (u_c ∈ U – universal çoxluğunun intervalı) μ(u_c) mənsubiyyət funksiyası U=V_i nəzərə alınmaqla, yəni universal çoxluqdan baxılan variyasiyanın aid olduğu interval ayrılmaqla (2) formulasının köməyi ilə hesablanır. Bütün baxılan illər üçün fəzifikasiyanın nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir. Burada A^{mn}-t=mn ili üçün uyğun variyasiyanın qeyri-səlis çoxluğudur və 1981 ≤ t ≤ 2001 (ifadə olunmanın sadəliyi məqsədi ilə cədvəl 1-də illərin sonuncu iki rəqəmi göstərilmişdir).



Şəkil 1. "Əhali sayının variyasiyası" linqvistik dəyişənin qeyri-səlis çoxluqlar qiymətinin mənsubiyyət funksiyaları.

5-ci addım. w bazisini ($1 < w < l$, burada l eksperimental qiymətləndirməyə daxil edilmiş əvvəlki illərin sayıdır) seçmək lazımdır. Bazisə, daha doğrusu keçmişə əsaslanaraq $R^w(t)$ qeyri-səlis münasibətlər matrisi hesablanır ki, bunun da əsasında proqnoz verilir. Bu məqsədlə w seçildikdən sonra proqnozlaşdırılan t ili üçün $ixc O^w(t)$ əməliyyat matrisi (i -sətirlər sayı olub, $t-2, t-3, \dots, t-w$ illər ardıcılığına uyğundur, c – sütunlar sayıdır və variyasiyanın intervallar sayına uyğundur) və $1xc K(t)$ kriteri matrisi ($t-1$ ili üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiyasına uyğun sətir matrisi) qurulur. Məsələn, $w=7$ qəbul etməklə $6 \times 7 O^7(t)$ əməliyyat matrisini, yəni: $t-2, t-3, t-4, t-5, t-6, t-7$ illər üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiya matrisini və $1 \times 7 K(t)$ kriteri matrisini, yəni $t-1$ ili üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiya matrisini təyin etmək olar. Deməli, $w=7$ qəbul etməklə faktiki olaraq əvvəlki 8 ilin ($t-7$ -ci ilin variyasiyasını təyin etmək üçün $t-8$ -ci ilin faktiki əhali sayı məlum olmalıdır) verilənlərindən istifadə olunur. Məsələn, 1990-cı il üçün əhali sayının proqnozunu verməkdən ötrü $O^7(t)$ əməliyyat matrisi və $K(t)$ kriteri matrisi aşağıdakı kimi təyin olunacaqdır.

$$O^7(1990) = \begin{array}{l|l} \begin{array}{l} 1983\text{-cü il üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiyası} \\ 1984\text{-cü il üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiyası} \\ 1985\text{-ci il üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiyası} \\ 1986\text{-cı il üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiyası} \\ 1987\text{-ci il üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiyası} \\ 1988\text{-ci il üçün əhali sayının qeyri-səlis variyasiyası} \end{array} & \begin{array}{l} A83 \\ A84 \\ A85 \\ A86 \\ A87 \\ A88 \end{array} \end{array}$$

və ya

$$O^7(1990) = \begin{array}{l|cccccc|} & CASƏSA & ASƏSA & DOƏSA & OSƏSA & NSƏSA & USƏSA & CUSƏSA \\ \hline & 0.09 & 0.14 & 0.27 & 0.58 & 1 & 0.64 & 0.29 \\ & 0.05 & 0.18 & 0.13 & 0.24 & 0.50 & 0.96 & 0.74 \\ & 0.05 & 0.07 & 0.11 & 0.20 & 0.41 & 0.86 & 0.87 \\ & 0.10 & 0.16 & 0.32 & 0.70 & 1 & 0.53 & 0.25 \\ & 0.06 & 0.09 & 0.15 & 0.29 & 0.62 & 1 & 0.60 \\ & 0.06 & 0.09 & 0.14 & 0.27 & 0.59 & 1 & 0.63 \end{array}$$

$K(1990) = [1989\text{-cu il üçün əhali sayının qeyri-səlis variasiyası}] - [A89]$,
 Yəni, CASƏSA ASƏSA DOƏSA OSƏSA NSƏSA USƏSA CUSƏSA

$K(1990) = 0.11 \ 0.20 \ 0.40 \ 0.85 \ 0.87 \ 0.42 \ 0.26$

Metoda uyğun olaraq növbəti addımda $R(t)$ münasibətlər matrisi hesablanır

$$R(t)[i,j] = O^w(t) [i,j] (K(t) [j]),$$

və ya

$$R(t) = O^w(t) \otimes K(t) = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1j} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{i1} & R_{i2} & \dots & R_{ij} \end{bmatrix}$$

Burada, $O^w(t)$ -əməliyyat matrisidir; $R(t)$ – qeyri səlis çoxluqlar matrisidir; \otimes -min(\cap) əməliyyatıdır. Sonra isə t ili üçün proqnozlaşdırılan qiymət qeyri-səlis çoxluqlar kimi təyin olunmuş $F(t)$ müəyyən olunur.

$$F(t) = [\text{Max}(R_{11}, R_{21}, \dots, R_{i1}) \ \text{Max}(R_{12}, R_{22}, \dots, R_{i2}) \dots \text{Max}(R_{1j}, R_{2j}, \dots, R_{ij})]$$

Bizim göstərdiyimiz nümunədə $1 \leq i \leq 6, 1 \leq c \leq 7$

	CASƏSA	ASƏSA	DOƏSA	OSƏSA	NSƏSA	USƏSA	CUSƏSA
$R(1990) =$	0.09	0.14	0.27	0.58	0.87	0.42	0.26
	0.05	0.08	0.13	0.24	0.5	0.42	0.26
	0.05	0.07	0.11	0.20	0.41	0.42	0.26
	0.10	0.16	0.32	0.70	0.87	0.42	0.25
	0.06	0.09	0.15	0.29	0.62	0.42	0.26
	0.06	0.09	0.14	0.27	0.59	0.42	0.26

Nəhayət, 1990-cı il üçün əhali artımı proqnozunun nəticəsi aşağıdakı kimi olacaq:

CASƏSA ASƏSA DOƏSA OSƏSA NSƏSA USƏSA CUSƏSA

$F(1990) = 0.10 \ 0.16 \ 0.32 \ 0.70 \ 0.87 \ 0.42 \ 0.26$

O biri illər üçün də analoji qaydada proqnoz nəticələri hesablanır.

6-cı addım: 5-ci addımda alınan nəticələrin defazifikasiyası üçün aşağıdakı formula təqdim olunur:

$$V(t) = \frac{\sum_{i=1}^7 \mu_i(u_i) \cdot u_{or}^i}{\sum_{i=1}^7 \mu_i(u_i)}$$

Burada: $\mu_i(u_i)$ – proqnozlaşdırılan t ili üçün mənsubiyyət funksiyasının hesablanmış qiyməti; u_{or} – intervalların orta qiymətidir. Məsələn, $F(1990)$ tapıldıqdan sonra $V(1990) = 93300$ olur, yəni 1990-cı il üçün gözlənilən əhali artımı 93300 adam təşkil edir. İndi isə, 1990-cı il üçün proqnozlaşdırılan əhali sayını tapmaq üçün 1989-cu ildəki əhali sayına alınan hesablanmış əhali artımının qiymətini əlavə etmək lazımdır, yəni:

$$N(1990) = 7021200 + 93300 = 7114500.$$

Metodikaya müvafiq olaraq, göstərilən 1988-2001-ci illər üçün $w=7$ bazisi əsasında, əhali sayının proqnozlaşdırılan qiymətləri cədvəl 2-də verilmişdir.

Eksperimental hesablamaların nəticələri. Göstərilən yanaşmanın demografik proqnoz məsələsinin həllində tətbiqinin keyfiyyətliyini qiymətləndirmək üçün

ümumi əhali sayının müəyyən zaman müddətində hesablanması aparılmışdır.

Eksperimentlər şərti olaraq retrospektiv və perspektiv adlandırılan iki mərhələdə aparılmışdır.

Cədvəl 2.

Əhali sayı proqnozunun retrospektiv analizinin nəticələri

İllər	Faktiki		Proqnozlaşdırılan		Xəta (%)	Orta xəta (%)
	Əhali sayı (min nəfər)	Variasiya (min nəfər)	Əhali sayı (min nəfər)	Variasiya (min nəfər)		
1988	6 928.0	105.3	6 926.7	104.0	0.02	0.13
1989	7 021.2	93.2	7 028.0	100.0	0.10	
1990	7 131.9	110.7	7 114.5	93.3	0.25	
1991	7 218.5	86.6	7 234.9	103.0	0.23	
1992	7 324.1	105.6	7 308.5	90.0	0.22	
1993	7 440.0	115.9	7 425.1	101.0	0.20	
1994	7 549.6	109.6	7 544.3	104.3	0.07	
1995	7 643.5	93.9	7 647.9	98.3	0.06	
1996	7 726.2	82.7	7 736.5	93.0	0.13	
1997	7 799.8	73.6	7 812.0	85.8	0.03	
1998	7 879.7	79.9	7 884.0	84.2	0.05	
1999	7 953.4	73.7	7 962.6	82.3	0.11	
2000	8 016.2	62.8	8 034.4	81.0	0.23	
2001	8 081.0	64.8	8 093.4	77.2	0.15	

Birinci mərhələdə eksperimental baza kimi 1988-2001 illəri əhatə edən zaman müddəti götürülmüşdür, yəni cari 2002-ci ildən əvvəlki illərin retrospektivi aparılmışdır. Təbii ki, bu halda göstərilən müddət üçün ümumi əhali sayı haqqında statistik verilənlər məlumdur.

Aparılan təcrübənin mahiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir:

a) baxılan za-

man dövrü üçün əhali sayının dinamikası naməlum hesab edilir;

b) (1988-2001-ci illər) (zaman müddətindən seçilmiş hər bir il üçün ondan əvvəlki illərin əhali artımı tempinin dəyişməsinə müvafiq olaraq, təqdim olunan metodikaya əsaslanaraq əhali sayının proqnozu hesablanmışdır;

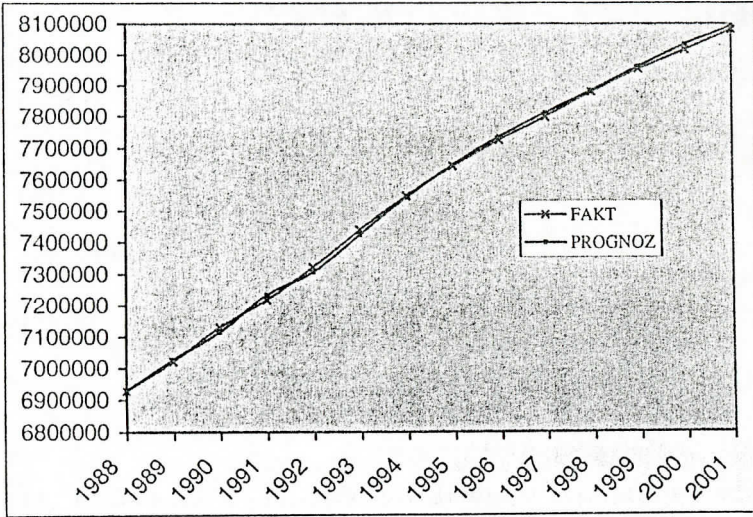
c) təqdim olunan modelin adekvatlıq dərəcəsini yoxlamaqdan ötrü 1988-2001-ci illərdəki əhali sayının faktiki dinamikası və müvafiq olaraq variasiyaları riyazi modelin realizasiyasından alınan müvafiq qiymətlərlə tutuşdurulmuş və bu proqnozlaşdırma metodu ilə apraksimasiya olunan modelin xətası aşağıdakı formula ilə hesablanmışdır:

$$\delta(t) = \frac{V'_{fakt.} - V'_{proqn.}}{N'_{fakt.}} \cdot 100\%$$

burada, V'_{akt-t} ili üçün faktiki əhali sayı variasiyası; $V'_{proqn.-t}$ ili üçün proqnoz əhali sayı variasiyası; $N'_{akt.-t}$ ili üçün faktiki əhali sayı, $1988 \leq t \leq 2001$.

Cədvəl 2-də 1988-2001-ci illər üçün ümumi əhali sayının faktiki qiymətləri və variasiyaları, proqnoz hesablamalarının nəticələri və bu dövr üçün uyğun xəta qiymətləri, həmçinin, orta xəta qiyməti verilmişdir. Proqnoz hesablamaları $w=7$ bazisi əsasında aparılmışdır, yəni [1988-2001-ci illər] zaman kəsiyindən götürülmüş hər bir ($t=s_j$) ili üçün proqnoz hesablamaları əvvəlki 8 ilə olan əhali sayını nəzərə almaqla aparılır ($s_1-s_8=8, 1988 \leq s_1 \leq 2001, 1980 \leq s_8 \leq 1993$). Faktiki və hesablanan verilənlərin müqaisəli analizi və apraksimasiya olunan metodun alınan xəta qiyməti modelin kifayət qədər yüksək keyfiyyətli olduğunu təsdiqləmiş, bu modelin demaqrafik proqnozda tətbiqinin məqsədəuyğunluğu haqqında ilkin nəticə çıxarmağa imkan vermişdir.

Şəkil 2-də göstərilən faktiki və proqnozlaşdırılan əhali sayının dinamikasının qrafiki təsviri də qeyd olunan göstəricilərin kifayət qədər yaxınlığını əyani olaraq əks etdirir, bu da öz növbəsində bu istiqamətdə aparılan tədqiqatların davam etdirilməsinin vacibliyinə zəmanət verir.



Şəkil 2. Əhali sayının proqnozunun retrospektiv analizinin nəticələrinin qrafiki təsviri

Yuxarıdakılara əsasən ikinci mərhələdə 2012-ci il də daxil olmaqla əhali sayının perspektiv hesablanması üzrə eksperimentlər aparılmışdır. Proqnozun nəticələri cədvəl 3-də verilmişdir.

Cədvəl 3.

2012-ci il də daxil olmaqla proqnozlaşdırılan əhali sayı

İllər	Proqnozlaşdırılan əhali sayı (min nəfər)	Variasiya (min nəfər)	Variasiyaların fəzafikasıyası
2002	8 155.0	74.7	$A^{02}=(0.52/u_1),(0.97/u_2),(0.71/u_3),$ $(0.33/u_4),(0.17/u_5),(0.10/u_6),$ $(0.06/u_7)$
2003	8 234.5	78.8	$A^{03}=(0.34/u_1),(0.75/u_2),(0.95/u_3),$ $(0.49/u_4),(0.29/u_5),(0.13/u_6),$ $(0.08/u_7)$
2004	8 316.0	81.5	$A^{04}=(0.27/u_1),$ $(0.58/u_2),(1/u_3),(0.64/u_4),(0.30/u_5)$ $(0.15/u_6),(0.09/u_7)$
2005	8 399.0	83.0	$A^{05}=(0.24/u_1),(0.50/u_2),(0.96/u_3),$ $(0.73/u_4),(0.37/u_5),(0.16/u_6),$ $(0.10/u_7)$
2006	8 483.0	84.0	$A^{06}=(0.21/u_1),(0.45/u_2),(0.92/u_3),$ $(0.80/u_4),(0.37/u_5),(0.16/u_6),$ $(0.11/u_7)$
2007	8 568.0	85.0	$A^{07}=(0.20/u_1),(0.41/u_2),(0.86/u_3),$ $(0.86/u_4),(0.41/u_5),(0.20/u_6),$ $(0.11/u_7)$

2007	8 568.0	85.0	$A^{07}=(0.20/u_1),(0.41/u_2),(0.86/u_3),$ $(0.86/u_4),(0.41/u_5),(0.20/u_6),$ $(0.11/u_7)$
2008	8 654.0	86.0	$A^{08}=(0.18/u_1),(0.37/u_2),(0.80/u_3),$ $(0.92/u_4),(0.45/u_5),(0.22/u_6),$ $(0.12/u_7)$
2009	8 740.4	86.4	$A^{09}=(0.18/u_1),(0.36/u_2),(0.77/u_3),$ $(0.93/u_4),(0.47/u_5),(0.23/u_6),$ $(0.12/u_7)$
2010	8 826.3	86.9	$A^{10}=(0.18/u_1),(0.34/u_2),(0.74/u_3),$ $(0.95/u_4),(0.50/u_5),(0.23/u_6),$ $(0.13/u_7)$
2011	8 914.9	87.6	$A^{11}=(0.16/u_1),(0.32/u_2),(0.70/u_3),$ $(0.98/u_4),(0.53/u_5),(0.25/u_6),$ $(0.13/u_7)$
2012	9 002.6	87.7	$A^{12}=(0.16/u_1),(0.32/u_2),(0.74/u_3),$ $(0.98/u_4),(0.54/u_5),(0.25/u_6),$ $(0.14/u_7)$

Nəticədə göstərilən metodika qeyri-səlis zaman sırası əsasında demoqrafik proqnoz almağa imkan verir. Metodikanın xüsusiyyəti natamam, qeyri-səlis giriş informasiyası əsasında proqnozun verilə bilməsindən ibarətdir. Təsvir olunan yaşma hər hansı ötən ilə kimi əhali sayının dinamikasını eksperimental bazaya daxil etməklə istənilən uzaq perspektiv üçün proqnoz hesablamaları aparmağa imkan verir. Bu isə öz növbəsində, proqnoz hesablamalarında keçmiş əhali artımı tempinin dəyişilməsi tendensiyasını nəzərə almağa və müvafiq olaraq daha dəqiq proqnozun alınmasına imkan verir.

Qeyd edək ki, apardığımız bu təcrübə məhdud zaman müddətini əhatə edir və müəyyən il üçün proqnozun emalı zamanı ondan əvvəlki 8 ilin statistikasını nəzərə alınır. Bu isə hazırda demoqrafik proqnozda qeyri-səlis zaman sırası modelinin tətbiqi analoqlarının olmaması ilə bağlıdır, bu da öz növbəsində müvafiq proqram vasitələrinin olmamasını müəyyən edir. Ona görə də, bu nəticələr və çıxarışlar ilkin xarakter daşıyır. Gələcəkdə göstərilən metodika əsasında uyğun alqoritm və proqram vasitələrinin işlənilməsi nəzərdə tutulur. Sonuncular emala statistik materialların cəlb olunmasını təmin edəcək və demoqrafik proqnoz məsələsinin həllində təsvir olunan metodun perspektivliyi barədə son söz deməyə imkan verəcəkdir.

* * * *

Ədəbiyyat:

I. M.H.Məmmədova, Əhali sayının proqnozlaşdırılması probleminə bir yanaşma – "İqtisadiyyat və həyat" jurnalının 2002-ci il 7-9-cu sayı.