

BULANIK MANTIĞIN NÜFUS TOPLAMININ TAHMİNİNDE UYGULANMASI

Masuma Mamedova, Zarifa Cabraylova

depart15@it.ab.az; masuma@mail.ab.az

AMBA Bilgi Teknolojileri Enstitüsü, Bakü, Azerbaycan

Özet

Çalışmada demografik analizde bulanık mantık yöntemlerinin uygulama olanakları araştırılmış, demografik süreçlerin özellikleri gözden geçirilmiş, onların modellenmesinde bulanık zaman sıraları önerilmiş ve bu model ile toplam nüfusun tahmin edilebilmesi amaçlanmıştır. Bulanık zaman sıralarının uygulanması ile elde edilen sonuçların performansı retrospektif modelleme, PROST ve SPSS modellerinin uygun verilenleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Demografik Analiz, Bulanık Zaman Sıraları, Nüfus Projeksiyonu

1. GİRİŞ

Nüfus büyüklüğünde meydana gelen değişimler, demografide en çok ilgi çeken konuların başında gelmektedir. Şimdiki zamandaki nüfusun gelecekte ne olabileceyi, nüfus artışının toplumu nasıl etkileyebileceyi gelecekteki nüfusların tahmini konusuna önemli bir talep bulundurmaktadır. Bunun temel nedenleri planlama kararlarının verilmesi, ekonomik, sosyal ve politika programlarının planlaması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi sürecinde insan sayısındaki olası demografik değişikliklerin önceden tahmin edilebilmesine ihtiyac duyulmasıdır.

Günümüzde nüfus toplamına ilişkin projeksiyonların (tahminlerin) yapılması türlü modelleme yöntemleriyle gerçekleşmektedir. Örnek olarak istatistiksel, adaptif, imitasyon modelleri, avtoregresyonları, dinamik sıraları vb. gösterebiliriz. Nüfus projeksiyonlarında kullanılan pratik matematiksel yöntemler gözden geçirilerek bulunan geleneksel tahmin yöntemlerinin avantajları ve kusurları incelenmiş, demografik süreçlerin modellenmesinde bulanık mantığın uygulamasının perspektifliliği gerekçelendirilmiştir.

Öyle ki, nüfus belirli yapısal özelliklerden (coğrafi dağılımı, yaş ve cinsiyet yapısı, eğitim yapısı, etnik bileşimi vb.) bağımsız olarak, büyük dinamik sistem gibi düşünülebilir (sosial, ekonomik, ekolojik vb. sistemlere benzer). Sistem olarak nüfusun ayırdedici özelliği onun belirsizlik koşulları altında çalışmasıdır. Bu aşağıdaki nedenlerle bağlıdır: a) insan nüfusunun değişimini belirleyen tüm faktörlerin meydana çıkarılmasının olanaksızlığı, b) demografik analizde kullanılan göstergelerin sınırlarının dalgalanması ve kimi göstergelerin değerlerinin çok geniş sınırlar dahilinde değişmesi, c) tüm demografik olayların ve bilgi kaynaklarının kayıt olunması olanaksızlığı nedeniyle demografik süreçler hakkında tam aprior (önsel) bilgilerin bulunmaması, d) gerçek (fili) verilenlerin tam olmaması, çeşitli kaynaklardan alınan bazı

göstergelerin (nüfus sayımlarının sonuçları, örnekleme demografik incelemeler, nüfusun güncel değişimi vb.) yığılmasında ortaya çıkan belirsizlikler, e)resmi ve resmi olmayan verilenler ve uzman değerlendirmeleri arasındaki çelişiklik.

Nüfus artışı süreci üzerinde kontrol edilebilmeyen dış olguları (savaşlar, milletlerarası çatışmalar, doğal afetler, ekolojik faktörler vb.) etki yapmaktadır.

Bu nedenlerle demografik analizde bulanık mantığın [1] kullanılması, bulanık mantık yöntemlerinin uygulama olanaklarının araştırılması ve incelenmesi önem taşımaktadır. Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir.

2. BULANIK MANTIK VE TAHMİNLER

Bulanık mantığın tahmin problemlerin çözümünde uygulanması bulanık girdilerin işlenilmesi amacıyla zaman sırasının matematiksel modelinin bulanık biçimde tasvirinin verilmesi araştırmalarının yapılması ile başlanmıştır [2,3]. Daha sonra bu istikamet aynı sorunların çözümüne uğraşan uzmanlar tarafından geliştirilmiştir. Önerilen araştırmalarda model üzerine belirli değişiklikler yapmakla tahminin ortalama hatasının azaltılması hedeflemiştir.

Bu çalışmada bulanık zaman sıralarının demografik tahminlerin yapılmasında kullanılması araştırılmıştır. Nüfus toplamının tahmini probleminin çözümünde önerilen yaklaşımın uygulanması yöntembilimsel amaç taşır ve aşağıdaki aşamaların yapılmasından oluşmaktadır:

1)bulanık zaman sırası modeli temelinde onun parametrelerinin değerlendirilmesi yöntemini vermek; 2) modelin ve onunla betimlenen (tasvir edilen) demografik sürecin uygunluk (yeterlik) derecesini denemek, yani yöntemin hatasını hesaplamak; 3) hesaplama sonuçlarının karşılaştırmalı analizini gerçekleştirmek; 4) kuramsal ve uygulama açısından modelin anlamını incelemek.

2.1. Bulanık zaman sıraları

$U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ - herhangi bir üniversal küme olsun, mesela sayısal eksenin u_i ($i=1, \dots, n$) parçalarından oluşan aralık. U kümesinin A bulanık kümesi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$A=\{(\mu_A(u_1)/u_1), (\mu_A(u_2)/u_2), \dots, (\mu_A(u_n)/u_n)\}$$

ve ya

$$A=\{(\mu_A(u_i)/u_i)\}, u_i \in U, \mu_A(u_i) \in [0,1]$$

Burada $\mu_A(u_i)$ - üyelik fonksiyonudur, $\mu_A(u_i): U \Rightarrow [0,1]$; $\mu_A(u_i)$ - u_i -nin A - kümesine üyelik derecesidir. $\mu_A(u_i) \in [0,1]$, "/" – bölme işaretidir.

Normal zaman sırası $\{F(t)\}$, $t = 1,2, \dots$ kesilen bağımsız değişkenden bağımlı olan kesilen fonksiyon olarak tanımlanabilir. Bu fonksiyonun bulanık ortama "yüklenmesi"

sonucu U - üniversal kümesinde değerleri A' bulanık aralıklar ve $\mu_{A'}(u_i)$ üyelik fonksiyonu olabilen $\tilde{F}(t)$ bulanık fonksiyonu alırız, yani

$$A' = \{(\mu_{A'}(u_i)/u_i)\}, u_i \in U, \mu_{A'}(u_i) \in [0,1] .$$

Bu onu gösterir ki, u_i aralığından istenilen x noktası ($x=F(t)$ dahil olmakla) A' kümesine her bir kaydedilen $t=1,2,...$ için verilmiş $\mu_i(t)$ değeri alan $\mu_{A'}(u_i)=\mu_i(t)$ üyelik fonksiyonuyla aittir. Yani, üyelik fonksiyonları zamana bağlıdır. Bu halde $\tilde{F}(t)$ zaman sırasını A' , $t=1,2,...$ bulanık kümeler kümesi biçiminde elde ederiz , yani

$$\tilde{F}(t) = \{A' \} t=1,2,...$$

Eğer bu sıranın A' bileşenleri sözel değerler alabilirse, bu taktirde $\tilde{F}(t)$ değerleri bulanık sözel ifadeler kabul edebilen (az, çok, büyük, orta, küçük vb.) ve insan tecrübesinde kullanılan t bağımsız değişkenli bulanık fonksiyondur. Sözel değişkenler belirsiz, nitel parametrelerin etkisini ortaya koymak ve çözülen problemin belirsizliğini hesapa katmak (aydınlatılmaya), kesin sayısal yöntemlerle saptanamayan olguların tam betimlenmesi imkanlarını sağlamaktadır.

2.2. Demografik tahmin probleminin tanımı

Sosial demografik faktörlerin etkisi sonucu demografi süreçlerin değişimi demografi tahminin yapılmasında nüfus büyüklüğünün değişiminin belirlenmesini önemli sorunlardan birine çevrilmiştir. Toplam nüfusun tahmini problemi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır. Belirli bir zaman süresi içerisinde Azerbaycanın toplam nüfusu hakkında bilgiler, yani toplam nüfus hareketi ve uygun değişimler (varyasyonlar), verilmiştir. Problemin çözümü geçen yılların değişimlerine dayalı perspetifçe (geleceğe ait) nüfus toplamının belirlenmesini hedeflemektedir.

Problemin çözümü süresinde aşağıdaki ilkeler göz önüne alınmaktadır:

I.Toplam nüfusun demografik tahmininde önerilen yaklaşımın ilk defa uygulanması nedeniyle modelin tanımlamasını, yani gerçek sürece uygunluğunu, izlemek için önce "retrospektifçe (geçmişe dönük) tahmin" yapılmasının gereksinimi.

II.Olumlu sonuç alınarsa, yöntemin perspektifçe (geleceğe ait) nüfusun hesaplanmasına uygulanması.

Problemin tanımına uygun aşağıdaki tahmin yontemi önerilmiştir.

3. TOPLAM NÜFUSUN BULANIK ZAMAN SIRASIYLA MODELLENMESİ

1. Nüfus toplamının en küçük ve en büyük değişimleri arasındaki aralığı kapsayan U üniversal kümesinin belirlenmesi.

2. U üniversal kümesinin nüfus artışının çeşitli gelişim hızlarına uygun değerlerini kendinde yansıtan beraber uzunluklu aralıklara bölünmesi.
3. Nüfus sayının değişim değerlerinin sözel değişken biçiminde (günlük dilde kullanıldığı gibi) ifade olunması, nitel tasviri ve bu değişkenin uygun sözel değerlerinin, yani $F(t)$ bulanık kümeler kümesinin, belirlenmesi.
4. Girdi verilenlerin bulanıklaştırılması, yani sayısal değerlerin bulanık değerlere dönüştürülmesi. Bu işlem üyelik fonksiyonunun değeriyle nüfus artışının temposu hakkında nitel tasvirlerin uygun sayısal değerlerini yansıtmak olanağını sağlar.
5. Güncel yıldan öngelen zaman süresine uygun olarak $w>1$ parametresinin seçilmesi; $R^w(t)$ bulanık ilişkiler içeren matrisinin hesaplanması ve sırası gelen yıl için nüfus artışının tahminlenmesi.
6. Alınan sonuçların durulaştırılması, yani bulanık çıkarımların kesin sayılar haline dönüştürülmesi.

Aşağıda bulanık zaman sırası modeline dayalı nüfus toplamının tahmini yönteminin ana hatları sıralanmış ve problemin çözümü istikametinde yapılan aşamalar açıklanmıştır.

1. Tablo 1'de 1980-2001 yıllarda Azerbaycan nüfusunun dinamiği (retrospektifçe tahminler için girdiler) ve her bir sırası gelen ve geçen yıl arasındaki nüfus sayısının uygun değişimi (varyasyonu) verilmiştir: cari yıl için değişim cari ve geçen yılların fiili nüfus sayısının farkı demektir. Örneğin, 1990 yılın varyasyonu $7131900 - 7021200 = 110700$ eşittir. U üniversal kümeni belirlemek için önce incelenen 1980-2001 zaman süresi içinde en küçük ve en büyük varyasyon değerlerinin belirlenmesi gerekir. Daha sonra araştırma sınırlarının hamarlığının sağlanması amacıyla uygun D_1 ve D_2 değerleri (uygun pozitif sayılar) bulunur. Bu halde üniversal küme U şöyle tanımlanmaktadır:

$U: U = [V_{\min} - D_1, V_{\max} + D_2]$, burada $V_{\min} = 62800$ en küçük değişim (2000 yılında), $V_{\max} = 115900$ en büyük değişim (1993 yılında), $D_1 = 1800$, $D_2 = 1100$. Bu bilgilerin kullanımıyla üniversal U kümesi aşağıdaki şekilde olacaktır: $U = [61000, 117000]$.

2. U üniversal kümesi beraber uzunluklu bir kaç aralığa bölünmektedir. Ele alınan halde U üniversal kümesi 7 beraber uzunluklu aralığa bölünmüştür:

$$\begin{aligned} u_1 &= [61\ 000, 69\ 000], & u_2 &= [69\ 000, 77\ 000], & u_3 &= [77\ 000, 85\ 000], \\ u_4 &= [85\ 000, 93\ 000], & u_5 &= [93\ 000, 101\ 000], & u_6 &= [101\ 000, 109\ 000], \\ u_7 &= [109\ 000, 117\ 000]. \end{aligned}$$

Bulanık zaman sırası yöntemiyle yapılan tahminin ortalama hatasının en küçük olması faktörünü göz önünde tutarak sözkonusu aralıkların orta noktalarının bululması gerekmektedir:

$$\begin{aligned} u_{or.}^1 &= 65\ 000 & u_{or.}^2 &= 73\ 000 & u_{or.}^3 &= 81\ 000 & u_{or.}^4 &= 89\ 000 \\ u_{or.}^5 &= 97\ 000 & u_{or.}^6 &= 105\ 000 & u_{or.}^7 &= 113\ 000 \end{aligned} \quad (1)$$

Tablo 1. 1980-2001 yıllarda nüfus artışının dinamiği ve varyasyonları

Yıl	Nüfus sayısı (bin kişi)	Variasyon (bin kişi)	Variasyonların bulanıklaştırılması
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	$A^{01}=(1/u_1), (0.60/u_2), (0.28/u_3), (0.15/u_4), (0.09/u_5), (0.06/u_6), (0.04/u_7)$

3. U üniversal kümesinde bulanık kümeler tanımlanmaktadır. İncelenen halde "nüfus sayısının varyasyonları" ifadesi bir sözel değişkendir ve o aşağıdaki sözel değerler almaktadır: A_1 = (çok düşük nüfus artışı hızı (ÇDNAH)), A_2 =(düşük nüfus artışı hızı (DNAH)), A_3 =(değişme olmayan nüfus artışı hızı (DONAH)), A_4 =(orta nüfus artışı hızı (ONAH)), A_5 =(normal nüfus artışı hızı (NNAH)), A_6 =(yüksek nüfus artışı hızı (YNAH)), A_7 =(çok yüksek nüfus artışı hızı (ÇYNAH)). Bir sözel değere belirli kurallara dayanan ve bu değişkenin anlamını tanımlayan bulanık küme karşılık gelmektedir. Örneğin, << çok düşük nüfus artışı hızı >> sözel değer < ÇDNAH, [61000, 69000], A_1 > bulanık değişkenle verilmektedir. Burada A_1 üniversal U kümesinin [61000, 69000] parçasına karşıl原因an bulanık kümedir ve (3)' de verilmiştir.

$A_1, A_2, \dots, A_7$ bulanık kümeler U üniversal kümesinde (2) formülünden kullanılarak tanımlanmaktadır:

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

Burada U tablo 1’de üretilmiş varyasyonlar, u_{or}^i – değerleri (1)-de sunulmuş uygun aralığın orta değeri; C – sabit sayıdır ve şöyle seçiler ki, net sayısal değerlerin bulanık değerlere dönüştürülmesi, yani onların $[0,1]$ aralığına ait olması sağlansın (bu çalışmada $C=0,0001$); $A_i = (\mu_{A_i}(u_i)/u_i)$, $u_i \in U$, $\mu_{A_i}(u_i) \in [0,1]$ - bulanık kümelerdir.

Eğer (2) formülünde U değişkenin değerine karşılık gelen aralığın orta değeri kabul edilirse, o halde $A_i (i=1,7)$ bulanık kümeleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

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

4. Birinci aşamada hesaplanmış varyasyonların bulanıklaştırılmaktadır. Eğer bir i yılında varyasyon V_i , $V_j \in u_j$ olursa, bu halde U üniversal kümenin aralıkları $u_j \in U$ için $\mu(u_j)$ üyelik fonksiyonu $U=V_i$ gözönüne alınarak formül (2) yardımıyla hesaplanmaktadır, yani üniversal kümeden sözkonusu varyasyonuna ait olduğu aralık ayrılmaktadır. Bütün incelenen yıllar için bulanıklaştırma sonuçları tablo 1’de verilmiştir. Burada A^{mn} - $t=mn$ yılını karşılayan varyasyonun bulanık kümesidir, $1981 < t \leq 2001$ (betimlemenin basitliği amacıyla tablo 1’de yıllar son iki sayı ile gösterilmiştir).

5. w parametresinin seçilmesi, yani güncel yıldan öngelen zaman süresinden belirli bir tarihin saptanması, gerekir ($1 < w < l$, burada l deneysel değerlendirmeğe dahil edilmiş önceki yılların sayısıdır). Geçmiş hesaba katılarak, bulanık ilişkileri içeren $R^w(t)$ matrisinin hesaplanması gerekmektedir ve bu matrisin temelinde sırası gelen yıl için nüfus artışının tahmini verilebilir. Bu amaçla w seçildikten sonra tahminlenen t yılı için $i \times j$ $O^w(t)$ işlem matrisi (burada i – satırların sayısı olarak, $t-2, t-3, \dots, t-w$ yıllar dizisine karşılık gelir, j varyasyonlar aralıklarına karşılık gelen sütunlar sayısıdır) ve $1 \times j$ $K(t)$ kriter-matris ($t-1$ yılı için nüfus sayısının bulanık varyasyonuna uygun satır matris) yapılmaktadır. Mesela, $w=7$ olursa, 6×7 $O^7(t)$ işlem matrisi ($t-2, t-3, t-4, t-5, t-6, t-7$ yılları için nüfus sayısının bulanık varyasyon matrisi) ve 1×7 $K(t)$ kriter matrisi ($t-1$ yılı için nüfus sayısının bulanık varyasyon matrisi) tanımlanmaktadır. Böylece, $w=7$ kabul edilirse, 8 öngelen yılların verilerinden kullanılır. Örneğin, 1990 yılında nüfus sayısının tahmin edilmesi için $O^7(t)$ işlem matrisi ve $K(t)$ kriter matrisi aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$O^7(1990)= \begin{array}{|l} 1983 \text{ yılında nüfus sayısının bulanık varyasyonu} \\ 1984 \text{ yılında nüfus sayısının bulanık varyasyonu} \\ 1985 \text{ yılında nüfus sayısının bulanık varyasyonu} \\ 1986 \text{ yılında nüfus sayısının bulanık varyasyonu} \\ 1987 \text{ yılında nüfus sayısının bulanık varyasyonu} \\ 1988 \text{ yılında nüfus sayısının bulanık varyasyonu} \end{array} \begin{array}{l} A^{83} \\ A^{84} \\ A^{85} \\ A^{86} \\ A^{87} \\ A^{88} \end{array}$$

ve ya

$$O^7(1990) = \begin{array}{|c|} \hline \begin{array}{ccccccc} \text{ÇDNAH} & \text{DNAH} & \text{DONAH} & \text{ONAH} & \text{NNAH} & \text{YNAH} & \text{ÇYNAH} \\ \hline 0.09 & 0.14 & 0.27 & 0.58 & 1 & 0.64 & 0.29 \\ 0.05 & 0.08 & 0.13 & 0.24 & 0.50 & 0.96 & 0.74 \\ 0.05 & 0.07 & 0.11 & 0.20 & 0.41 & 0.86 & 0.87 \\ 0.10 & 0.16 & 0.32 & 0.70 & 1 & 0.53 & 0.25 \\ 0.06 & 0.09 & 0.15 & 0.29 & 0.62 & 1 & 0.60 \\ 0.06 & 0.09 & 0.14 & 0.27 & 0.59 & 1 & 0.63 \end{array} \\ \hline \end{array}$$

$K(1990)=[1989 \text{ yılında nüfus sayısının bulanık varyasyonu}] - [A^{89}]$,
Yani

$$K(1990)= \begin{array}{|c|} \hline \begin{array}{ccccccc} \text{ÇDNAH} & \text{DNAH} & \text{DONAH} & \text{ONAH} & \text{NNAH} & \text{YNAH} & \text{ÇYNAH} \\ \hline 0.11 & 0.20 & 0.40 & 0.85 & 0.87 & 0.42 & 0.26 \end{array} \\ \hline \end{array}$$

Yönteme dayanarak, sırası gelen aşamada $R(t)$ ilişkiler matrisi tanımlanmaktadır.

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

ve 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, $O^w(t)$ işlem matrisidir; $R(t)$ - bulanık kümeler matrisidir; $\otimes$ -min ($\cap$) işlemidir.

Daha sonra bulanık küme şeklinde tanımlanmış t yılı için tahmin edilen $F(t)$ değeri belirlenmektedir:

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

Ele alınan örnekte $1 \leq i \leq 6, 1 \leq j \leq 7$

	ÇDNAH	DNAH	DONAH	ONAH	NNAH	YNAH	ÇYNAH
$R(1990)=$	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

Son olarak, 1990 yılında toplam nüfusun artış tahmininin sonuçları aşağıdaki gibi olacak:

	ÇDNAH	DNAH	DONAH	ONAH	NNAH	YNAH	ÇYNAH
$F(1990)=$	0.10	0.16	0.32	0.70	0.87	0.42	0.26

Aynı biçimde her bir yıl için tahmin sonuçları hesaplanmaktadır.

6. 5-ci aşamada bulunan sonuçların durulaştırılması aşağıdaki formülden kullanılarak yapılmaktadır:

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

Burada: $\mu_t(u_i)$ - tahminlenen t yılı için üyelik fonksiyonlarının üretilmiş değerleridir; $u_{or.}^i$ - aralıkların ortalama değerleridir.

Mesela, $F(1990)$ belirlendikten sonra $V(1990) = 93300$ olur, yani 1990 yılında beklenen nüfus artışı 93300 kişiden oluşuyor. 1990 yılında tahminlenen toplam nüfusun bulunması için 1989 yılında bulunan nüfus sayısı üretilmiş nüfus artışının değeriyle toplanmaktadır, yani

$$N(1990)=7\ 021\ 200+93\ 300=7\ 114\ 500.$$

Önerilen yöntemde temelinde ele alınan 1988-2001 yıllar için ($w=7$) nüfus büyüklüğünün tahmin değerleri tablo 2'de yer almıştır.

4. SONUÇ

Önerilen yavaşmanın demografik projeksiyonlarda uygulanmasının performansını değerlendirmek amacıyla belirli zaman sürelerinde hesaplanmış toplam nüfus değerleri araştırılmıştır. Deneyler şartı olarak retrospektif ve perspektif isimlenen iki aşamada yapılmıştır.

Tablo 2'de 1988-2001 yıllarında toplam nüfusun gerçek (fili) değerleri ve varyasyonları, tahmin hesaplamalarının sonuçları ve bu süre için uygun hata ve ortalama hata değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Toplam nüfus tahmininin retrospektifçe analizinin sonuçları

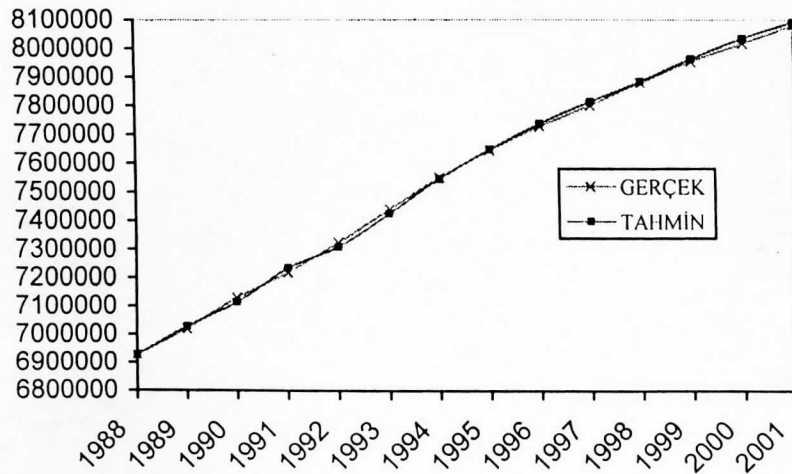
Yıl	Gerçek		Tahmin		Hata (%)	Ortalama hata (%)
	Toplam nüfus (bin kişi)	Varyasyon (biş kişi)	Toplam nüfus (bin kişi)	Varyasyon (biş kişi)		
1988	6 928.0	105.3	6 926.7	104.0	0.02	0.13
1989	7 021.2	93.2	7 028.0	100.0	0.10	
1990	7 131.9	110.7	7 114.5	93.3	0.25	
1991	7 218.5	86.6	7 234.9	103.0	0.23	
1992	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	

Yöntemin hatası aşağıdaki formülün kullanılması ile hesaplanmıştır:

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

Burada $V'_{ger.}$ - t yılında gerçek nüfus sayısı varyasyonudur; $V'_{tahm.}$ - t yılında tahminlenmiş nüfus sayısı varyasyonudur; $N'_{ger.}$ - t yılında gerçek nüfus sayısıdır; $1988 \leq t \leq 2001$. Gerçek ve hesaplanmış verilerin karşılaştırılması ve analizi, yöntemin hata değerleri önerilmiş modelin performansının yeterince yüksek olduğunu tasdiklemiş ve onun demografik projeksiyonlarda uygulanması hakkında sonuç çıkarmak olanağını sağlamıştır.

Şekil 1'de sunulmuş gerçek ve tahmin nüfus büyüklüğü dinamiğinin grafik tasvirleri yapılan araştırmaların geliştirmesi gereksinimini sergilemektedir.



Şekil 1 . Toplam nüfus tahmininin retrospektif analiz sonuçlarının grafik tasviri

2. Oluşturulmuş algoritmalarla uygun yazılım bileşenleri yapılmış ve 2025 yılı kadarki dönemde Azerbaycanın nüfus sayısı tahminlenmiştir. Yöntemin verimliliğini bir daha ispatlamak amacıyla alternatif yöntemlerle yapılmış tahminler araştırılmış ve bulunmuş tahmin değerlerinin az farklı olması ortaya çıkmıştır. Tablo 3’de çalışmada sunulmuş yöntem, Dünya Bankasının PROST modeli ve istatistik yöntemlere dayanan SPSS modelleri esasında yapılmış tahmin değerleri verilmiştir.

Tablo 3. Toplam nüfusun tahmin değerlerinin karşılaştırmalı analizi

Yıl	PROST	SPSS	Bulanık zaman sırası
2000			
2001		8081	
2002	8200,189	8141,41	8155,3
2003	8277,965	8205,278	8233,8
2004	8357,393	8277,211	8315,2
2005	8438,496	8356,911	8398
2006	8521,262	8450,611	8481,9
2007	8606,523	8540,611	8566,7
2008	8694,348	8646,278	8652,3
2009	8784,848	8758,811	8738,5
2010	8878,074	8876,011	8825,3
2011	8974,047	8989,394	8912,5
2012	9070,694	9099,561	9000
2013	9168,131	9209,906	9087,8
2014	9266,445	9322,628	9175,9
2015	9365,678	9437,628	9264,2
2016		9544,478	9352,6
2017		9645,178	9441,1
2018		9742,611	9529,7
2019		9833,778	9618,4
2020		9925,978	9707,1
2021			9795,8
2022			9884,5
2023			9973,2
2024			1006,19
2025			1015,06

5. KAYNAKLAR

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338-353, 1965.
2. 2.Q.Song, B.S.Chissom, Fuzzy time series and its models, Fuzzy Sets and Systems 54 (1993).
3. S.M.Chen, Forecasting enrollments based on fuzzy time series. Fuzzy Sets and Systems 81 (1996).