



## AZƏRBAYCAN ELM FONDU

### Azərbaycan Elm Fondunun 2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin (AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq (rüblük olaraq 1-ci mərhələ)

#### ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Bəzi iqtisadi, siyasi və demoqrafik məsələlərinin müqayisəsi və onların həlli üçün hibrid üsulların qurulması**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **İbrahimov Vaqif Rza oğlu**

Qrantın məbləği: **200000**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/04/1-M-04**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **18 may 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 iyun 2023-cü il - 01 iyun 2025-ci il**  
*Layihənin I mərhələ üzrə (rüb) məbləği:*

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

**1** Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**  
(burada doldurulmalı)

Layihənin mövzusunə uyğun bir çox mərkəzlərin fəaliyyət istiqamətlərini təhlil edərək, mövzunun tematikasına uyğun mərkəzlərlə əlaqə saxlamışıq. Bu işdə bizə xarici ölkələrdə fəaliyyət göstərən həmmüəlliflərimiz də müəyyən mənada kömək etmişlər. Bu məqsədlə, Amerika Birləşmiş Ştatlarının bəzi elmi mərkəzləri ilə, Austin elmi mərkəzi ilə, Iowa, İndiana və Northem Colorado Universitetlərinin elmi mərkəzləri ilə əlaqə saxlamışıq və onların elmi tədqiqatları ilə tanış olmuşuq. Qeyd edək ki, yuxarıda qeyd olunan ABŞ universitetləri ilə əməkdaşlığımız vardır. Belə ki, 2022-ci ildə Austində keçirilən konfransda yüksək səviyyədə iştirak etmişik. Bu əlaqədən də istifadə edərək, müəyyən mərkəzlərlə əlaqə saxlamışıq. Türkiyənin İzmir şəhərində keçirilən konfransda iştirak edən müxtəlif ölkələrin alimləri ilə müəyyən fikir mübadiləsində iştirak etmişik. Göründüyü kimi, kifayət qədər geniş diskussiyalarda iştirak edərək, müxtəlif səviyyəli problemlərin həlli yollarını müzakirə etmişik. Obyektivlik xatirinə qeyd edək ki, xarici müəlliflərlə birgə apardığımız elmi tədqiqat işlərində layihənin mövzusunə aid məsələləri və onların həlli yollarını müzakirə edirik və bəzi hallarda birgə məqalələr çap etdiririk (həmmüəlliflərimiz Vaşinqton Universitetindən, İrkutsk elmi-mərkəzindən, Özbəkistan Karshi Universitetindən, Hindistandan və s. ölkələrdən vardır).

Yuxarıda göstərilən elmi mərkəzlər və universitetlərin ixtisasçıları ilə aparılan elmi araşdırmaların nəticəsində məlum oldu ki, Lodka-Volter modelinin (populyasiya məsələləri üçün) qeyri-xətti modeli tərtib olunmuşdur. Bu modelin həlli üçün daha dəqiq üsulların qurulması məsələsinin mürəkkəb bir proses olduğu müxtəlif alimlər və ixtisasçılar tərəfindən qeyd olunmuşdur. Ümumiyyətlə, qeyri-xətti diferensial tənliklərin tədqiqi o qədər də sadə deyildir. Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq, birinci tərtib adi diferensial tənliklər üçün Koşi məsələsinin ədədi həllinin tədqiqinə baxılmışdır. Bu məqsədlə, adətən Runqe-Kutta üsulundan istifadə edirlər. Bu üsul biraddımlıdır və sadə alqoritm formasında asanlıqla yazıla bilər. Təbiidir ki, bu üsulların da digər üsullar kimi yaxşı və pis cəhətləri vardır. Ümumiyyətlə, Runqe-Kutta üsullarından istifadə etdikdə tənliyin sağ tərəfindəki funksiyanın hər addımda bir neçə dəfə hesablanması tələbi ilə rastlaşırıq, bu isə Runqe-Kutta üsullarının əsas mənfi cəhətidir (bu araşdırmalar aşkar Runqe-Kutta üsullarına aiddir). Yuxarıda qeyd olunanlardan asanlıqla alınır ki, tədqiqat obyektini çox maraqlıdır və bu obyektin tədqiqi üçün təklif olunan üsullar da müasir tələblərə cavab verirlər. Qeyd edək ki, tədqiqat obyektini çox müasirdir və onun tədqiqi üçün nəzərdə tutulan üsulların bir çox elmi mərkəzlərdə tədqiq olunan üsullardan istifadə etməklə qurulması nəzərdə tutulmuşdur. Beləliklə, göstərdik ki, cari rübdə aparılan tədqiqatlar tam yenidir və perspektivlidir.

**2** Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)

*(burada doldurmalı)*

Layihənin cari rübündə məqsəd əsasən, layihənin mövzusu ilə əlaqəsi olan işlərin koordinasiyası və uyğun mərkəzlərlə birbaşa əlaqələrin yaradılmasıdır. Bunun üçün internet resurslarının köməyi ilə bir neçə uyğun mərkəzlər seçilmiş və onların bəziləri ilə əlaqə saxlanmışdır. Belə ki, avqust ayında İzmir şəhərində keçirilən konfransda iştirak etdik və Bolqariyadan, Sankpeterburq şəhərindən, Yunanıstandan olan mütəxəssislər ilə informasiya mübadiləsi apardıq, eyni zamanda bəzi elmi mərkəzlərdə çalışan ixtisasçılarla əlaqə saxladığımız. Nəticədə layihənin tematikasına uyğun bəzi müəlliflərlə əlaqə saxladığımız və bu sahədə yazdığımız məqalənin çap olunmasına nail olduq. Biz çalışdıq ki, Amerika Birləşmiş Ştatlarının uyğun mərkəzləri ilə əlaqə yaradaq. Ayowa Universiteti ISTES mərkəzi ilə müəyyən əlaqələrimizdən istifadə etdik. NAUN elmi mərkəzi ilə əlaqə yaratdıq. Bu təşkilatın elmi jurnalları populyar olduğu üçün bu təşkilatda çox tanınmış alimlər çalışırlar. Bu alimlərin təklifi ilə bəzi xətti modellərin müəyyən qeyri-xətti formalarını əldə edərək, onların həlli üçün yeni effektiv üsulların qurulması ilə indi də məşğul oluruq. Yuxarıdakı izahatdan alırıq ki, layihənin cari rübündə nəzərdə tutulan elmi işlər tam yerinə yetirilmişdir (100 % yerinə yetirilmişdir).

**3** Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

*(burada doldurmalı)*

Layihənin cari rübündə məlum üsullar müqayisə olunmuş, onların müsbət və mənfi cəhətləri araşdırılmışdır. Bu rübdə tədqiqat obyektinə uyğun perspektiv istiqamətlərin, yeni xüsusiyyətlərə malik üsullar sinfinin seçilməsinə baxılmışdır. Belə ki, məlum klassik üsullar

tam müqayisə olunmuş, onların mənfi və müsbət cəhətləri tam araşdırılmış və bəzi üsullar üçün müəyyən prioritet istiqamətlər müəyyənləşdirilmişdir. Məlumdur ki, müəyyən inteqralların hesablanması məsələsi ilə praktikada çox tez-tez rastlaşırıq. Qeyd edək ki, ADT-lər üçün Koşi məsələsinin həlli də bir çox hallarda müəyyən inteqralın hesablanması ilə əvəz olunur. Bu tipli məsələlərin çox olması müəyyən inteqralların hesablanması üçün yeni və aktual struktura malik üsulların qurulmasını zəruri edir. Bunları nəzərə alaraq, yeni struktura malik üsulların qurulması aktuallaşmış və yüksək dəqiqliyə malik üsulların müəyyən inteqralın hesablanmasına tətbiqi sürətlənmişdir. Bu məqsədlə, müəyyən inteqralın hesablanmasına sol və sağ düzbucaqlılar üsullarını tətbiq edək. Onda alırıq ki,

$$I. \int_{x_n}^{x_{n+1}} \varphi(s) ds = (x_{n+1} - x_n) \varphi_n \quad \text{və} \quad II. \int_{x_n}^{x_{n+1}} \varphi(s) ds = (x_{n+1} - x_n) \varphi_{n+1}.$$

Aydınır ki,  $(x_{n+1} - x_n) \varphi_n < \int_{x_n}^{x_{n+1}} \varphi(s) ds$  və  $(x_{n+1} - x_n) \varphi_{n+1} > \int_{x_n}^{x_{n+1}} \varphi(s) ds$ . Buradan alırıq ki,  $(x_{n+1} - x_n) \varphi_n < (x_{n+1} - x_n) \varphi_{n+1}$ . Bu münasibət  $\varphi(x)$  funksiyası atran olanda doğrudur, əks halda aşağıdakı ödəyir:

$$(x_{n+1} - x_n) \varphi_n \geq (x_{n+1} - x_n) \varphi_{n+1}.$$

Burada təqdim olunan münasibətləri nəzərə alsaq, onda demək olar ki,  $I_n = \int_{x_n}^{x_{n+1}} \varphi(s) ds$

inteqralının qiyməti həmişə  $(x_{n+1} - x_n) \varphi_n$  və  $(x_{n+1} - x_n) \varphi_{n+1}$  qiymətləri arasında olacaqdır. Məlumdur ki, bu üsullardan trapeslər üsulunu almaq olar. Bu halda trapeslər üsulu ilə tapılmış qiymətin yuxarıda verilmiş inteqralın dəqiq qiymətindən nə qədər fərqlənməsini təyin etmək çətin olur. Başqa sözlə, dəqiq qiymətin yerləşdiyi aralığı təyin etmək olmur. Beləliklə, alırıq ki, hər hansı bir məsələnin təqribi həllini tapmaq üçün ən yaxşı üsul dəqiq qiymətin yerləşdiyi aralığın tapılmasından ibarətdir. Biz sadə bir misal üzərində göstərdik ki, ikitərəfli üsulların qurulması aktualdır. Beləliklə, layihənin bu mərhələsində nəzərdə tutulan nəzəri işlərin tam yerinə yetirildiyini göstərdik. Bu mərhələdə sadə bir məsələnin köməyi ilə daha mürəkkəb məsələni həll etməyin mümkün olmasını gördük. Qeyd edək ki, layihənin bu rübündə tam yeni yanaşma təklif olunmuş və yanaşmanın müsbət və mənfi cəhətləri araşdırılmışdır.

#### 4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar (burada doldurmalı)

Layihənin yerinə yetirilməsi üçün cari rübdə bir neçə üsulun qurulmasına baxılmışdır. Belə ki, bu üsulların qurulması üçün internet resurslarından istifadə olunmuş və bu üsulların etibarlılıq dərəcəsi yoxlanılmışdır. Qeyd edək ki, ümumiyyətlə hər hansı bir tətbiqi məsələni həll edərkən, alınan nəticənin etibarlılıq dərəcəsinin təyini, tətbiqi riyaziyyatın əsas istiqamətlərindən biridir. Layihənin məzmunundan da görüldüyü kimi, layihənin hər bir

rübündə həlli tələb olunan məsələlər, ümumiyyətlə xüsusi yanaşmaya ehtiyacı olan məsələlərdir. Bunu nəzərə alaraq, cari rübdə yeni yanaşmaların və müasir tələblərə (dayanıqlıq, hesablama əməllərinin minimum olması, geniş dayanıqlıq oblastı və s.) cavab verən üsulların qurulmasına baxılmışdır. Bu məqsədlə, bir neçə üsulların kəşifində yerləşən yeni xüsusiyyətlərə malik üsulların qurulması tədqiq olunmuşdur. Beləliklə, layihənin cari rübündə istifadə olunan üsul və yanaşmalar tam yenidir.

**5** Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) *(surətlərini əlavə etməli!)*

*(burada doldurmalı)*

1. V. R. IBRAHIMOV, M. N. IMANOVA, and D. A. JURAEV About the new way for solving some physical problems described by ODE of the second order with the special structure, Stochastic Modelling and Computational Sciences Vol. 3 No. 1 (June, 2023)
2. Ibrahimov V and Imanova M . About Some Applications Multistep Methods with Constant Coefficients to Investigation of Some Biological Problems. Am J Biomed Sci & Res. 2023 18(6) AJBSR.MS.ID.002522, DOI: 10.34297/AJBSR.2023.18.002522
3. VAGIF IBRAHIMOV, GALINA MEHDIYEVA, MEHRIBAN IMANOVA, DAVRON ASLONQULOVICH JURAEV Application of the Bilateral Hybrid Methods to Solving Initial -Value Problems for the Volterra Integro-Differential Equations, WSEAS TRANSACTIONS on MATHEMATICS DOI: 10.37394/23206.2023.22.86, Volume 22, 2023

**6** İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

*(burada doldurmalı)*

**7** Layihə üzrə ezamiyyətlər

*(burada doldurmalı)*

**8** Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak

*(burada doldurmalı)*

**9** Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak

*(burada doldurmalı)*

**10** Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar)

*(burada doldurmalı)*

**11** Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar

*(burada doldurmalı)*

**12** Yerli həmkarlarla əlaqələr

*(burada doldurmalı)*

**13** Xarici həmkarlarla əlaqələr

*(burada doldurmalı)*

14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (burada doldurmalı)
15	Sərgilərdə iştirak (burada doldurmalı)
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (burada doldurmalı)
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (burada doldurmalı)

Layihə rəhbərinin imzası \_\_\_\_\_ İbrahimov Vaqif Rza oğlu

Tarix \_\_\_\_\_

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.