



## AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun

“Elm-Təhsil-Sənaye” məqsədli qrant müsabiqəsinin

(EİF/MQM/ETS-2020-1(35)) qalibi olmuş

layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

6-cı mərhələ

### ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Lodka-Volter, istifadəçi və resurs, silahlanma sürətinin tədqiqi üçün Riçardson xətti və balıqların populyasiyası qeyri-xətti modellərin ümumiləşdirilməsi və onun sənayedə eyni təyinatlı müəssisələr arasındakı rəqabət və kofliktlərin tətbiqi üçün məlum qeyri-xətti modellə müqayisəsi və bu modellərin həllinə hibrid tipli üsulların tətbiqi**

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

Qrantın məbləği: **200 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EİF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/01/1-M-01**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **08 fevral 2021 – ci il**

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

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 mart 2021-ci il – 01 mart 2023-cü il**

Layihənin VI mərhələ üzrə (rüb) məbləği: :

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

- 1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**  
Layihədə tədqiq olunan istiqamətlərdən biri mübahisəli məsələlərin həlli ilə əlaqədardır. Məlumdur ki, XX əsrin əvvəllərindən başlayaraq eyni məhsul istehsal edən zavod və fabriklər arasında rəqabətin güclənmə prosesi başlamışdır. Ona görə də inkişafa meyli istehsal müəssisələrinin bəzi rəhbərləri xüsusi ixtisasçılardan istifadə edərək, müəssisədə yaranan mübahisəli məsələlərin həlli üçün elmi araşdırmalarla məşğul olmağa başlamışlar. Elm və texnikanın inkişafı nəticəsində yaranan korporasiyalar arasında yaranan bu tipli mübahisələrin həlli daha mürəkkəb xarakter almışdır. Bu isə yeni istiqamətlərin yaranmasına səbəb olmuşdur. Qeyd edək ki, tarixən bu tipli məsələlərin həllinin riyazi modeli adi diferensialların

köməyilə tərtib olunmuşdur. İlk tərtib olunan modellər xətti diferensial tənliklər vasitəsilə ifadə olunduğundan onların həllində elə bir ciddi maneələr yaranmamışdır. Bu prosesin sonrakı inkişafında korporasiyalar arasında yaranan ziddiyyətli məsələlərin riyazi modeli qeyri-xətti diferensial tənliklər vasitəsilə ifadə olunduğundan onların həllində müəyyən çətinliklər yaranmışdır. Müasir dövrdə bu tipli məsələlər demək olar ki, biznes sahələrinin çox böyük hissəsini əhatə edir. Qeyd edək ki, bu tipli məsələlərlə ailə bizneslərində də rastlaşırıq. Bu xüsusilə, eyni tipli istehsalla məşğul olan şirkətlər arasında rast gəlinir. İndiki dövrdə bu tipli müəssisələrin həddindən artıq çox olduğunu nəzərə alsaq, onda bu sahədə aparılan tədqiqatların cəmiyyət üçün vacib olduğu heç kəsdə şübhə doğurmaz. Ümumiyyətlə, yuxarıda qeyd olunan məsələlərin riyazi modellərinin qurulması əsasən, Amerika və Yaponiya şirkətləri arasında daha çox yayılmışdır. Buna görə də müasir dövrdə Amerika ixtisasçılarının aldığı nəticələr daha geniş tətbiq dairəsinə malikdir. Yapon alimləri adətən, Amerika alimlərinin aldığı son nəticələr üzərində işləmiş və buna görə də onların aldığı nəticələr Amerika alimlərinin aldığı nəticələrdən heç də pis olmamışdır. Layihənin bu rübündə yuxarıda qeyd olunan istiqamətlər və onlara aid mülahizələr nəzərə alınmışdır. Belə ki, Zlatiy Zlatiyevin modeli tədqiq olunmuş və bu qeyri-xətti modelin ədədi həlli biz tərəfdən tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə, sabit əmsallı çoxaddımlı üsulların aşkar, qeyri-aşkar, irəliyəqaçma formaları tədqiq olunmuş və bu tipli sadə üsulların qeyri-xətti modelə tətbiqi tədqiq olunmuşdur. Daha yaxşı nəticə almaq məqsədilə, eyni dəqiqliyə malik olan və yuxarıda göstərilən tiplərə aid olan sadə struktura malik üsullar seçilmiş, onlar müqayisə olunmuş, yuxarıda qeyd olunan məsələnin həllinə tətbiqləri araşdırılmışdır. Bu zaman üsulların istifadəsi zamanı hər addımda alınan hesablaşma əməllərinin həcmi nəzərə alınmışdır. Burada əsasən aşağıdakı irəliyəqaçma üsulu tədqiq olunmuşdur:

$$\sum_{i=0}^{k-m} \alpha_i y_{n+i} = h \sum_{i=0}^k \beta_i y'_{n+i} \quad (m > 0) \quad (1)$$

Asanlıqla görmək olar ki,  $m=0$  olduqda məlum sabit əmsallı çoxaddımlı üsul alınır. Burada göstəririk ki, əgər (1) üsulu yığılarsa, onda onun əmsalları aşağıdakı şərtləri ödəyir:

A.  $\alpha_i, \gamma_i, \nu_i$  ( $i = \overline{0, k}$ ) -əmsalları hər hansı həqiqi ədədlərdir və  $\alpha_k \neq 0$ .

B. Üsulun xarakteristik çoxhədlilərinin

$$\rho(\lambda) = \sum_{i=0}^{k-m} \alpha_i \lambda^i, \quad \sigma(\lambda) = \sum_{i=0}^k \beta_i \lambda^i$$

sabitdən fərqli ortaq vuruqları yoxdur.

C.  $p \geq 1, \sigma(1) \neq 0$  şərtləri ödənilir.

Burada  $P$ -üsulün dəqiqlik dərəcəsinə göstərir və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\sum_{i=0}^{k-m} \alpha_i y(x+ih) - \sum_{i=0}^k \beta_i y'(x+ih) = O(h^{p+1}), \quad h \rightarrow 0$$

Burada göstərilmişdir ki, yuxarıdakı A, B, C şərtləri üsulun yığılması üçün zəruri şərtlərdir.

2

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

Cari rübdə sabit əmsallı irəliyəqaçma üsulu məlum çoxaddımlı üsulla müqayisə olunmuş, onun üstün cəhətləri göstərilmiş və yığılma üçün zəruri şərtlər müəyyənləşdirilmişdir. Qeyd edək ki, bütün ədədi üsullarda olduğu kimi, irəliyəqaçma üsullarının da tətbiqində və tədqiqində əsas xüsusiyyətlərdən biri bu üsulun yığılması üçün zəruri şərtlərin müəyyənləşdirilməsidir. Buna görə də layihənin bu rübündə irəliyəqaçma üsullarının tədqiqinə üstünlük verilmişdir. Bu üsulları məlum çoxaddımlı üsullarla müqayisə etsək, görərik ki, onların əsas xüsusiyyətləri xətti hissədəki əmsalların qiymətlərindən birbaşa asılıdır. Qeyri-xətti hissədəki əmsallar isə üsulun müxtəlif dəqiqliyə malik olmasında istifadə edilir. Bu tipli üsullar ilk dəfə Kouell tərəfindən qurulmuş və Qaliley kometinin hərəkət trayektoriyasının öyrənilməsində istifadə edilmişdir. Burada təqdim olunan üsul təbiidir ki, Kouell tərəfindən verilmiş üsullardan fərqlidir və ən əsası burada bu üsulların istifadə olunması üçün yeni xüsusiyyətlərə malik proqnoz-korreksiya üsulu qurulmuşdur. Bu üsulun əvvəlki üsullardan fərqi göstərmək məqsədilə, aşağıdakı üsula baxılmışdır:

$$y_{n+1} = y_n + h(8y'_{n+1} + 5y'_n - y'_{n+2})/12.$$

Bu üsuldan görüldüyü kimi, irəliyəqaçma üsulları çoxaddımlı üsullardan ciddi surətdə fərqlənir. Belə ki, yuxarıda verilmiş konkret üsul vasitəsilə,  $y_{n+1}$  qiymətinin hesablanması zamanı  $y_{n+2}$  qiymətindən də istifadə olunmuşdur. Məlum üsulların tətbiqi zamanı əvvəlcə  $y_{n+1}$  qiyməti müstəqil formada tapılır, sonra isə həmin qiymətdən istifadə edərək,  $y_{n+2}$  qiyməti tapılır. Burada isə, əksinə,  $y_n$  və  $y_{n+2}$  qiymətlərini bilərək,  $y_{n+1}$ -in tapılması tədqiq olunur. Bu üsulun yaxşı və çatışmayan cəhətlərini qeyd edək. Onun əsas çatışmayan cəhəti burada qeyd olundu (yəni  $y_{n+2}$ -nin hesablanması). Bu üsulun yaxşı cəhəti isə, sağ tərəfdə hesablanılan hissənin simmetrik formada yazılışdır. Adətən, məlum üsullardan istifadə etdikdə, yalnız əvvəlki nöqtədəki informasiyadan istifadə edərək, axtarılan qiyməti tapırdılar. Burada isə, axtarılan qiymətin tapılması üçün funksiyanın sonrakı nöqtələrdəki qiymətlərindən də istifadə

edirlər. Bu zaman yaranan çətinliyi aradan qaldırmaq məqsədilə, proqnoz-korreksiya üsulundan istifadə olunması burada təklif olunmuşdur.

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi Layihənin cari rübündə yuxarıda qeyd olunduğu kimi, sabit əmsallı çoxaddımlı üsulların bəzi müxtəlif formaları müqayisə olunmuş, onların mənfi və müsbət cəhətləri öyrənilmişdir. Bu məqsədlə, məlum çoxaddımlı üsul ilə irəliyəqaçma üsulunun bir ümumi forması müqayisə olunmuş və əsas fərqli cəhətləri göstərilmişdir. Belə ki, irəliyəqaçma üsullarından istifadə etdikdə axtarılan qiymət müəyyən nöqtələrdəki, belə ki, özündən əvvəlki və sonrakı nöqtələrdəki qiymətlər vasitəsilə ifadə olunur. Buradan alırıq ki, bu üsulların istifadəsi zamanı alınan əsas çətinlik növbəti nöqtələrdəki qiymətlərdən istifadə olunmasıdır. Ona görə də üsulların istifadəsində qeyri-ənənəvi üsullardan istifadə olunması təklif olunmuşdur. Bu zaman üsulların dəqiqlikləri arasında münasibətlər tədqiq olunmuş, onların dayanıqlıq şərtlərinin təsiri nəzərə alınmışdır. İrəliyəqaçma üsullarının üstün cəhətlərini göstərmək məqsədilə, bu üsulların dəqiqlik dərəcələrinin ən böyük qiymətləri tapılmışdır. Bununla da, bu üsulların üstün cəhətləri nəzəri və həm də praktiki cəhətdən isbat olunmuşdur. Bir faktı qeyd edək ki, bu üsulları müəyyən integralların hesablanmasına tətbiq etsək, alırıq ki, bu üsulların istifadəsi zamanı ciddi bir çətinlik yaranmır. Lakin yuxarıda qeyd olunduğu kimi, bu üsulları adi diferensial tənliklər üçün Koşi məsələsinin həllinə tətbiq etsək, onda müxtəlif səviyyəli çətinliklərlə rastlaşırıq. Burada isbat olunmuşdur ki, dayanıqlı irəliyəqaçma üsullarının dəqiqlik dərəcəsi adətən, məlum qeyri-aşkar üsulların dəqiqlik dərəcəsinə nisbətən daha böyük olur. Tədqiq olunan irəliyəqaçma üsulları göstərilən xüsusiyyətlərə malikdirlər. Bunları nəzərə alaraq, cari rübdə istifadəsi nəzərdə tutulan yüksək dəqiqliyə malik irəliyəqaçma üsulları qurulmuş, onların tətbiqi üçün xüsusi struktura malik proqnoz-korreksiya üsulu tətbiq olunmuşdur.

Göründüyü kimi, layihənin bu rübündə qurulan üsullar və onların tətbiqi tam yenidir.

4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar Layihənin cari rübündə aparılan tədqiqatların yüksək səviyyəyə malik olması məqsədilə, tədqiqatlar müasir tələblərə uyğun olaraq aparılmışdır. Bu məqsədlə, irəliyəqaçma üsullarının digər üsullara nisbətən dəqiq olması həm nəzəri, həm də praktiki cəhətdən əsaslandırılmışdır. Sadə halda bu tipli üsulların müasir tələblərə cavab verən formada tədqiqinə baxılmış, onlar bir-birilə müqayisə olunmuş və tətbiq dairəsindən asılı olaraq, onlar bir-birilə müqayisə olunmuşdur. İrəliyəqaçma üsullarından tanınmış riyaziyyatçılar (Steklov, Laplas və s.) istifadə etmişlər. Əvvəlki rüblərdə də qeyd etdiyimiz kimi, ədədi üsulların tədqiqində onların dəqiqlik dərəcəsinin nə qədər vacib olduğu göstərilmişdir. Buna görə də cari rübdə yuxarıda göstərilən

üsulların dəqiqlik dərəcələrinin tapılması araşdırılmışdır. Bu üsulların istifadəsi zamanı yaranan bəzi çətinlikləri aradan qaldırmaq məqsədilə, üsulların xətti kombinasiyasından istifadə olunmuşdur. Göründüyü kimi, layihədə nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilməsi məqsədilə, tam yeni üsullar qurulmuşdur və onların müqayisəsi üçün yeni yanaşmalar təklif olunmuşdur.

Buradan göründüyü kimi, layihənin bu mərhələsində istifadə və tədqiq olunan üsullar tam yenidir.

5	Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərç olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) ( <i>surətlərini əlavə etməli!</i> ) V. R. IBRAHIMOV, G.YU. MEHDIYEVA, XIAO-GUANG YUE, MOHAMMED K.A. KAABAR, SAMAD NOEIAGHDAM, DAVRON ASLONQULOVICH JURAEV. Novel Symmetric Numerical Methods for Solving Symmetric Mathematical Problems. INTERNATIONAL JOURNAL OF CIRCUITS, SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING Volume 15, 2021, DOI:10.46300/9106.2021.15.167 <a href="https://www.naun.org/main/NAUN/circuitssystemssignal/2021/d402005-167(2021).pdf">https://www.naun.org/main/NAUN/circuitssystemssignal/2021/d402005-167(2021).pdf</a>
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 doldurulmalı)

16 Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi

(burada doldurulmalı)

17 Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s.

(burada doldurulmalı)

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

Tarix \_\_\_\_\_

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.