



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
elmi-tədqiqat proqramlarının, layihələrinin və digər elmi tədbirlərin
maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə qrantların verilməsi üzrə
2010-cu ilin 1-ci müsabiqəsinin (EIF-2010-1(1)) qalibi olmuş
və yerinə yetirilmiş layihə üzrə**

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Xətti superpozisiyaların yaxınlaşdırma xassələri və neyron şəbəkələrə tətbiqlər**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **İsmayılov Vüqar Elman oğlu**

Qrantın məbləği: **9 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-2010-1(1)- 40/07-M-07**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **24 fevral 2011-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **1 mart 2011-ci il – 1 mart 2012-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

(burada doldurmalı)

Kəsilməz funksiyaların xətti superpozisiyalarla istənilən dəqiqliklə yaxınlaşması məsələsinin həlli məqsədi ilə "n funksiyaya nəzərən cığır" adlı yeni obyektlər daxil edilmişdir. Eyni zamanda qapalı cığır, gətirilə bilən və gətirilə bilməyən cığır, cığırın uzunluğu və s. kimi anlayışların tərifləri verilmişdir. Hər bir cığır xüsusi funksional və ölçü əlaqələndirilmişdir. Bu funksionallar və ölçülər elə təyin olunmuşdur ki, onlar verilmiş xətti superpozisiyalar sinfinin hər bir üzvünü annullə edir. Daxil edilmiş cığır, funksionallar və ölçülər əvvəllər məlum olan uyğun riyazi obyektləri ümumiləşdirir.

Xətti superpozisiyalarla istənilən dəqiqliklə yaxınlaşmanın mümkün olmadığı hallarda yaxınlaşma xətasını hesablaşmaq üçün ikili düstur təklif edilmişdir. Düsturda bərabərliyin sol tərəfində yaxınlaşma xətası, sağ tərəfində isə daxil edilmiş cığır funksionallarının dəqiq yuxarı sərhəddi dayanır. Müvafiq nəticəyə nail olmaq üçün Diliberto və Straus, Ofman, Golitschek, Light və

Cheney, Xavinsonun müvafiq işləri dərindən təhlil edilmişdir. Bu işlərdə ikidəyişənli funksiyalara birdəyişənli funksiyaların cəmləri ilə yaxınlaşmanın xətasını hesablamak üçün düsturlar öz əkslərini tapmışlar.

n ölçülü Evklid fəzasında xətti superpozisiyalarla interpolyasiyanı mümkün edən nöqtələr çoxluğu xarakterizə edilmişdir. Alınmış nəticələr əvvəlcə çəkilər çoxluğu yalnız iki istiqamətdən ibarət neyron şəbəkələrlə yaxınlaşma məsələsinə tətbiq edilmişdir. Nəticələrin alınması zamanı Braess və Pinkusun ridge funksiyalarla interpolyasiyaya həsr olunmuş işləri, White, Stinchcombe, Itonun çəkilər çoxluğu məhdud olan neyron şəbəkələrlə yaxınlaşmaya həsr olunmuş işləri geniş təhlil edilmişdir. Nəzərə almaq lazımdır ki, qeyd olunmuş istiqamətli ridge funksiyalar xətti superpozisiyaların xüsusi hallarıdır. Layihədə ridge interpolyasiyasına aid nəticələr xətti superpozisiyalar üçün ümumiləşdirilmişdir.

Çəkilər çoxluğu istənilən sayda sonlu istiqamətdən ibarət neyron şəbəkələrlə yaxınlaşma məsələsinə baxılmışdır. Bu cür neyron şəbəkələrin kəsilməz funksiyalar fəzasında sıx olması üçün zəruri və kafi şərtlər, dəqiq göstərilməsi üçün zəruri şərtlər tapılmış, ən yaxşı yaxınlaşma aşağıdan qiymətləndirilmişdir. Bundan əlavə baxılan neyron şəbəkənin ekstremallığı məsələsi, yəni verilmiş funksiyaya digər şəbəkələr içərisində ən yaxın olması məsələsi araşdırılmışdır.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

(burada doldurmalı)

Nəzərdə tutulmuş işlər 100 % yerinə yetirilmişdir.

3 Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)

(burada doldurmalı)

1) Tutaq ki, X n ölçülü Evklid fəzasında hər hansı kompakt çoxluq, M isə verilmiş xətti superpozisiyalar sınıfıdır. X çoxluğunda təyin olunmuş hər bir kəsilməz funksiyanın M çoxluğunun üzvləri ilə istənilən dəqiqliklə approksimasiya olunması üçün zəruri şərt X -in heç bir qapalı cığırının olmaması, dəqiq göstərilməsi üçün isə əlavə olaraq bütün cığırın uzunluqlarının müntəzəm məhdud olmasıdır. Nəticə yenidir və xətti superpozisiyaların yaxınlaşdırma imkanlarını müəyyən etmək baxımından əhəmiyyət kəsb edir. Alınmış nəticə Sproston və Strausun 1992-ci ildə London Riyaziyyat Cəmiyyətinin Əsərlərində dərc etdirdikləri nəticəni dəqiqləşdirir və onların əldə etdikləri kafi şərti, yeni, praktiki əhəmiyyəti olan zəruri şərtlə tamamlayır.

2) Tutaq ki, X n ölçülü Evklid fəzasında kompakt çoxluqdur. Fərz edək ki, biz X çoxluğu üzərində verilmiş funksiyanı ixtiyari dəqiqliklə yaxınlaşdırma bilmirik. Bu zaman belə bir təbii sual ortaya çıxır: verilmiş kəsilməz funksiyanın xətti superpozisiyalarla yaxınlaşma xətasını necə hesablamak olar? Hesabat dövründə bu xətanı hesablamak üçün düstur alınmışdır. Alınmış düsturda bərabərliyin sol tərəfində yaxınlaşma xətası, sağ tərəfində isə daxil edilmiş cığır funksionallarının dəqiq yuxarı sərhəddi dayanır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu tip düsturun xətti superpozisiyalar üçün ən ümumi halda alınması açıq qalmış məsələlərdən idi. 50-ci illərin axırında Purdue universitetinin professoru M. Golomb xüsusi halda birdəyişənli funksiyaların cəmləri ilə yaxınlaşma məsələsi üçün belə bir düstur almışdır. Lakin 80-ci illərin əvvəllərində Marshall və O'Farrell göstərmişlər ki, Golombun düsturunun isbatında çatışmazlıq var. Uzun müddət Golombun düsturunun doğru olub olmaması məsələsi açıq qalmışdır. 2008-ci ildə layihə müəllifi isbat etmişdir ki, Golomb düsturu doğrudur. Bu birdəyişənli funksiyalarla yaxınlaşmada yaranmış boşluğu doldurmuşdur. Lakin ümumi halda – xətti superpozisiyalarla yaxınlaşma üçün məsələ açıq qalırdı. Hesabat dövründə alınmış nəticə bu məsələni həll etdi və göstərdi ki, Golomb düsturunun ümumiləşməsi xətti superpozisiyalar üçün doğrudur.

3) Tutaq ki, S n ölçülü Evklid fəzasında hər hansı sonlu çoxluqdur. Əgər S ilə eyni gücə malik

həqiqi ədədlərin ixtiyari T çoxluğu üçün $g(T)=S$ bərabərliyini mümkün edən g xətti superpozisiyası varsa, S çoxluğuna interpolyasiya xassəsinə malik çoxluq deyəcəyik. n ölçülü Evklid fəzasının interpolyasiya xassəsinə malik bütün çoxluqları aşağıdakı şəkildə xarakterizə edilmişdir: n ölçülü Evklid fəzasının hər hansı sonlu S çoxluğunun interpolyasiya xassəsinə malik olması üçün zəruri və kafi şərt S -in heç bir altçoxluğunun qapalı cığır əmələ gətirməməsidir. Bu nəticə Braess və Pinkusun 90-cı illərin ortalarında aldıkları müvafiq nəticəni ridge funksiyalar fəzasından xətti superpozisiyalar fəzasına ümumiləşdirir.

4) Xətti superpozisiyalarla bağlı alınmış nəticələr çəkilər çoxluğu sonlu sayda istiqamətdən ibarət neyron şəbəkələrlə yaxınlaşma məsələsinə tətbiq edilmişdir. Layihədə neyron şəbəkələrin MLP modelinə baxılır. Bu modelin bəzi yaxınlaşdırma xassələri son 30 ildə öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, aktivasiya funksiyalarının geniş sinfi üçün neyron şəbəkələr istənilən kəsilməz funksiyaları ixtiyari dəqiqliklə yaxınlaşdırma bilər. Bəzi müəlliflər (White, Stinchcombe, Ito, Pinkus və başqaları) göstərmişlər ki, birqat gizli laylı şəbəkə müəyyən məhdud çəkilərə malik olduğu halda belə universal yaxınlaşdırma xassəsinə özündə saxlayır. Beləliklə universal yaxınlaşdırma xassəsi üçün şəbəkə çəkilişinin hədsiz geniş çoxluqlardan olması vacib deyil. Bəs onlar kifayət qədər dar çoxluqlardan (məsələn sonlu çoxluqlardan) olarsa şəbəkənin yaxınlaşdırma xassələri necə öyrənmək olar? Layihədə baxılan bu məsələ neyron şəbəkələr nəzəriyyəsində yenidir. Hesabat dövründə n ölçülü fəzada elə X kompakt çoxluqları xarakterizə edilmişdir ki, çəkilişləri sonlu çoxluqda dəyişən neyron şəbəkələr X üzərində hər bir kəsilməz funksiyaları ixtiyari dəqiqliklə aproksimasiya edə bilər. Bundan əlavə verilmiş kəsilməz funksiyalar fəzasının hər bir elementinin bu cür neyron şəbəkələrlə dəqiq göstərilməsi üçün zəruri şərtlər tapılmışdır. Neyron şəbəkələrlə istənilən dəqiqliklə yaxınlaşmanın mümkün olmadığı hallarda yaxınlaşma xətası aşağıdan praktiki cəhətdən əlverişli üsulla qiymətləndirilmişdir.

4 Layihə üzrə elmi nəşrlər (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, Impact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərməlidir) (surətlərini kağız üzərində və CD şəkildə əlavə etməli!)

(burada doldurmalı)

✓ 1. V.E. Ismailov, A note on the representation of continuous functions by linear superpositions, Expositiones Mathematicae (published by Elsevier GmbH, Germany, Impact Factor: 0,660) Article Printed, Volume 30, Issue 1, 2012, Pages 96-101. Available Online at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S072308691100062>

✓ 2. V.E. Ismailov, Approximation by neural networks with weights varying on a finite set of directions, Journal of Mathematical Analysis and Applications (published by Elsevier, USA, Impact Factor: 1,345) Article Printed, Volume 389, Issue 1, 2012, Pages 72-83. Available Online at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022247X11010572>

✓ 3. V.E. Ismailov, Approximation by Neural Networks with a Restricted Set of Weights, book chapter, in: Advances in Mathematics Research (published by NOVA Science Publishers, USA) Book in Press, Available Online at https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=26029&osCsid=

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər
(burada doldurmalı)

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərməlidir)

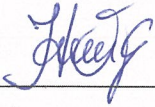
	<i>(burada doldurmalı)</i> 26.02.2012-29.02.2012 tarixlərində Türkiyənin İstanbul şəhərində yerləşən Koç Universitetində elmi ezamiyyətdə oldum, universitetin professoru Vərqa Kələntərovla layihə mövzusunda bir sıra elmi müzakirələr apardım.
7	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa) <i>(burada doldurmalı)</i>
8	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak <i>(burada doldurmalı)</i>
9	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərilməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq) <i>(burada doldurmalı)</i> Layihə mövzusu üzrə AMEA Riyaziyyat və Mexanika institutunun ümuminstitut seminarında və "Funksiyalar nəzəriyyəsi" şöbəsinin seminarlarında çıxışlar olmuşdur.
10	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları <i>(burada doldurmalı)</i>
11	Yerli həmkarlarla əlaqələr <i>(burada doldurmalı)</i> AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun uyğun sahədə çalışan elmi işçiləri ilə alınmış nəticələr müzakirə edilmişdir.
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr <i>(burada doldurmalı)</i> "A note on the representation of continuous functions by linear superpositions" adlı iş ətrafında Kopenhagen universitetinin professoru Christian Berg-lə internet yazışmaları aparılmışdır.
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa) <i>(burada doldurmalı)</i>
14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa) <i>(burada doldurmalı)</i>
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa) <i>(burada doldurmalı)</i>
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərilməlidir) <i>(burada doldurmalı)</i>

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Həsənova Günel Cahangir qızı



(imza)

" 9 " mart 2012-ci il

Baş məsləhətçi

Babayeva Ədilə Əli qızı



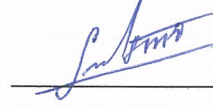
(imza)

" 9 " mart 2012-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

İsmayılov Vüqar Elman oğlu



(imza)

" 9 " Mart 2012-ci il

