AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun Elmi-tədqiqat layihələri üzrə əsas qrant müsabiqəsinin (EİF-ETL-2020-2(36)) qalibi olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq (rüblük olaraq 3-cü mərhələ)

ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Vektor fəzalarda II tərtib differensial operatorlara uyğun spektral ayrılışların yığılmasının tədqiqi**
Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Qarayeva Aygün Tahir qızı**
Qrantın məbləği: **60 000 manat**
Layihənin nömrəsi: **EİF-ETL-2020-2(36)-16/08/1-M-08**
Müqavilənin imzalanma tarixi: **23 fevral 2021 – ci il**
Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**
Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 mart 2021-ci il– 01 mart 2022-ci il**
*Layihənin **III mərhələ** üzrə (rüb) məbləği:*
Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**

(burada doldurmalı)

Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə birölçülü Dirak operatorunun məxsusi və qoşma funksiyalar sisteminin bəzi spektral xassələrinin araşdırılması məsələlərini tədqiq etdik.

$G=(a,b)$ ixtiyari intervalında

$$Du = B\frac{du}{dx} + P(x)u, \tag{1}$$

$$B=\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, \qquad P(x)=(p_{ij}(x))_{i,j=1}^{2},$$

$p_{ij}(x)$ - funksiyaları $L_1^{loc}(G)$ sinfindən olan kompleksqiymətli funksiyalardır $u(x)=(u_1(x),u_2(x))^T$.

D operatorunun λ məxsusi kompleks ədədinə uyğun, məxsusi funksiyası dedikdə, G intervalının ixtiyari qapalı altintervalında mütləq kəsilməz olan, G-də

$$D\overset{0}{u} = \lambda \overset{0}{u}$$

tənliyini sanki hər yerdə ödəyən və eyniliklə 0-a bərabər olmayan kompleks qiymətli $\overset{0}{u}(x)$ vektor-funksiyasını başa düşəcəyik.

Analoji olaraq, həmin λ ədədinə və $\overset{0}{u}(x)$ məxsusi funksiyasına uyğun ℓ, $\ell \geq 1$, tərtibli qoşma funksiya dedikdə, G-in ixtiyari qapalı altintervalında mütləq kəsilməz olan və G-də

$$D\overset{\ell}{u} = \lambda \overset{\ell}{u} - \overset{\ell-1}{u}$$

tənliyini sanki hər yerdə ödəyən ixtiyari kompleks qiymətli $\overset{\ell}{u}(x)$ vektor-funksiyasını başa düşəcəyik.

Teorem 1. *Əgər $p_{ij}(x)$, $i, j = 1,2$ funksiyaları $L_1^{loc}(G)$-yə daxildirsə və $x-t$, x, $x+t$ nöqtələri G oblastına aiddirsə, onda D operatorunun məxsusi və qoşma funksiyaları üçün aşağıdakı düsturlar doğrudur*

$$\frac{\overset{\ell}{u}(x-t)+\overset{\ell}{u}(x+t)}{2} = \sum_{j=0}^{\ell}(-1)^j \frac{t^j}{j!}\cos\left(\lambda t + \frac{\pi}{2} j\right)\overset{\ell-j}{u}(x) +$$
$$+\frac{1}{2}\sum_{j=0}^{\ell}\frac{(-1)^j}{j!}\int_0^t (t-\tau)^j \left\{\sin\left(\lambda(t-r)+\frac{\pi}{2}j\right)\times\right.$$
$$\times\left[P(x-r)\overset{\ell-j}{u}(x-r)+P(x+r)\overset{\ell-j}{u}(x+r)\right]+B\cos\left(\lambda(t-r)+\frac{\pi}{2}j\right)\times$$
$$\left.\times\left[P(x+r)\overset{\ell-j}{u}(x+r)-P(x-r)\overset{\ell-j}{u}(x-r)\right]\right\}dr, \tag{2}$$

$$\frac{\overset{\ell}{u}(x+t)-\overset{\ell}{u}(x-t)}{2} = B\sum_{j=0}^{\ell}(-1)^{j+1} \frac{t^j}{j!}\sin\left(\lambda t + \frac{\pi}{2} j\right)\overset{\ell-j}{u}(x) +$$
$$+\frac{1}{2}\sum_{j=0}^{\ell}\frac{(-1)^j}{j!}\int_0^t (t-\tau)^j \left\{\sin\left(\lambda(t-r)+\frac{\pi}{2}j\right)\times\right.$$
$$\times\left[P(x+r)\overset{\ell-j}{u}(x+r)-P(x-r)\overset{\ell-j}{u}(x-r)\right]+B\cos\left(\lambda(t-r)+\frac{\pi}{2}j\right)\times$$
$$\left.\times\left[P(x-r)\overset{\ell-j}{u}(x-r)+P(x+r)\overset{\ell-j}{u}(x+r)\right]\right\}dr, \tag{3}$$

Teorem 2 . *Tutaq ki, $p_{ij}(x) \in L_1^{loc}(G)$, $i, j = 1,2$ və (c, d) intervalı G intervalının daxilində yerləşir. Onda elə R^* müsbət ədədi var ki, ixtiyari $t \in (0, R^*]$ və hər bir $x \in [c+t, d-t]$ üçün aşağıdakı sürüşmə düsturu doğrudur*

$$\overset{\ell}{u}(x \pm t) = \sum_{j=0}^{\ell} F_j^{\pm}(t)\overset{\ell-j}{u}(x), \tag{4}$$

$F_j^{\pm}(t)$ matrisi üçün aşağıdakı qiymətləndirmələr doğrudur

$$\left\| F_0^{\pm}(t) - \cos\lambda t \cdot I \pm \sin\lambda t \cdot B \right\| \leq \omega(t) ch(t\, Im\, \lambda) \tag{5}$$

$$\left\| F_j^{\pm}(t) \right\| \leq 5(8t)^j ch(t\, \mathrm{Im}\, \lambda), \; j = \overline{0,\ell}, \tag{6}$$

harada ki, $\omega(t)$- mənfi olmayan funksiyadır, $t \to 0+0$ olduqda monoton 0-a yaxınlaşır, I, E^2-də vahid matrisdir, $P(x) = (p_{ij}(x))$, $i, j = 1,2$ matrisinin norması $\|P\| = \sum_{i,j=1}^{2}|p_{ij}(x)|$.

Alınmış (5), (6) qiymətləndirmələrindən və (4) sürüşmə düsturundan sağ tərəfi müəyyən $[a_1, b_1]$ parçasında mütləq kəsilməz olan $Du - \lambda u = f$ tənliyinin bütün həlləri $x \to a_1 + 0$ və $x \to b_1 - 0$ olduqda sonlu limitləri var. Ona görə də onlar $[a_1, b_1]$ parçasında mütləq kəsilməz olacaqlar. Beləliklə, D operatorunun məxsusi və qoşma funksiyaları $[a_1, b_1]$ parçasında mütləq kəsilməzdirlər. Beləliklə. əgər $P(x) \in L_p(G)$, $p \geq 1$ $G = (a_1, b_1)$, $mesG < \infty$ olarsa, onda $D\overset{\ell}{u} - \lambda \overset{\ell}{u} = \overset{\ell-1}{u}$ tənliyindən məxsusi və qoşma funksiyaların komponenetlərinin $W_p^1(G)$-yə daxil olması alınır.

Tutaq ki, $L_p^2(G)$, $p \geq 1$, ikikomponentli $f(x) = (f_1(x), f_2(x))^T$ vektor-funksiyalar fəzasıdır norma

$$\| f \|_{p,2} = \left(\int_G |f(x)|^p dx \right)^{1/p}, \ (\| f \|_{\infty,2} = \sup_{x \in G} vrai |f(x)|).$$

İxtiyari $K = [a_1, b_1] \subset G$ aralığını və bu aralıqda yerləşən $K_R = [a_1 + R, b_1 - R]$, aralığını qeyd edək. Burada $R = dist(K_R, \partial K) < < (mesK)/2$.

Teorem 3. *Tutaq ki,* $p_{11}(x) = p(x)$, $p_{22}(x) = q(x)$, $p_{12}(x) = = p_{21}(x) \equiv 0$ və $p(x)$, $q(x)$ *funksiyaları* $L_1^{loc}(G)$ *sinfinə aiddir. Onda* K *və* K_R *aralıqları üçün* λ*- dan asılı olmayan elə* $C_i(K, \ell)$, $i = \overline{1,3}$; $C_i(K, K_R, \ell)$, $i = 4,5$ *müsbət sabitləri var ki, aşağıdakı qiymətləndirmələr doğrudur:*

$$C_1 \left\| \overset{\ell}{u} \right\|_{p,2,K} \leq [1 + |\operatorname{Im} \lambda|]^{\frac{1}{s} - \frac{1}{p}} \left\| \overset{l}{u} \right\|_{s,2,K} \leq C_2 \left\| \overset{\ell}{u} \right\|_{p,2,K}, \quad 1 \leq p < s \leq \infty; \tag{7}$$

$$\left\| \overset{\ell-1}{u} \right\|_{p,2,K} \leq C_3 [1 + |\operatorname{Im} \lambda|] \left\| \overset{\ell}{u} \right\|_{p,2,K}, \quad p \geq 1; \tag{8}$$

$$C_4 [1 + |\operatorname{Im} \lambda|]^{-\ell} \left\| \overset{\ell}{u} \right\|_{p,2,K} \leq \left\| \overset{\ell}{u} \right\|_{p,2,K_R} \exp(R |\operatorname{Im} \lambda|) \leq C_5 [1 + |\operatorname{Im} \lambda|]^{\ell} \left\| \overset{\ell}{u} \right\|_{p,2,K},$$

$$p \geq 1, \quad \ell \geq 0, \tag{9}$$

harada ki,

$$u^{-1}(x) \equiv 0, \quad \| \cdot \|_{p,2,K} = \| \cdot \|_{L_p^2(K)}$$

Tutaq ki, $P(x) = diag(p(x), q(x))$, $mesG < \infty$, $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$- D operatorunun məxsusi və qoşma vektor-funksiyalarından təşkil olunmuş ixtiyari sistem, $\{\lambda_k\}_{k=1}^{\infty}$- isə buna uyğun məxsusi qiymətlər sistemidir. Bundan əlavə, $u_k(x)$ funksiyası özünün kiçik tərtibdən uyğun qoşma funksiyaları ilə birlikdə $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ sisteminə daxildir.

Tərif 1. Əgər verilmiş $\{\varphi_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$, $\varphi_k(x) \in L_q^2(G)$, $q \geq 2$, sistemi və ixtiyari $f(x) \in L_p^2(G)$, $1 < p \leq 2$, vektor-funksiyası üçün elə $M = M(p)$ sabiti mövcuddursa ki,

$$\sum_{k=1}^{\infty} |(f, \varphi_k)|^q \leq M \| f \|_{p,2}^q, \ q = p/(p-1)$$

bərabərsizlik ödənsin ($M(p)$- sabiti $f(x)$-dən asılı deyil), onda, $\{\varphi_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ - sistemi üçün Riss bərabərsizliyi doğrudur.

Sürüşmə düsturuna əsaslanaraq 1.4 paraqrafında $\{\varphi_k(x)\}$, $\varphi_k(x) = u_k(x) \| u_k \|_{q,2}^{-1}$, sistemi üçün Riss meyyarı isbat edilir.

Teorem 4 . *Tutaq ki,* G*-sonlu interval,* $p(x)$ *və* $q(x)$ *funksiyaları* $L_p(G), 1 < p \leq 2$*, sinfinə daxildirlər,* *məxsusi və qoşma funksiyalar zəncirlərinin uzunluqları müntəzəm məhduddurlar və elə C_0 sabiti var ki,*

$$\left|\operatorname{Im}\lambda_k\right| \le C_0, \qquad k = 1,2,\ldots. \tag{10}$$

onda $\{\varphi_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$, *harada ki,* $\varphi_k(x) \in u_k(x)\|u_k\|_{q,2}^{-1}$, *Riss bərabərsizliyini ödəməsi üçün zəruri və kafi şərt elə K sabitinin mövcud olmasıdır ki,*

$$\sum_{\left|\operatorname{Re}\lambda_k - \nu\right| \le 1} 1 \le K, \qquad \forall \nu \in R \tag{11}$$

bərabərsizliyi ödənsin.

Aşağıdakı xüsusi cəmləri daxil edək:

$$\sigma_\nu(x,f) = \left(\sigma_\nu^1(x,f), \sigma_\nu^2(x,f)\right)^T, \; S_\nu(x,f) = \left(S_\nu(x,f_1), S_\nu(x,f_2)\right),$$

harada ki,

$$\sigma_\nu^i(x,f) = \sum_{|\rho_k| \le \nu} (f, \vartheta_k) u_k^i(x),$$

$$S_\nu(x,f_i) = \frac{1}{\pi}\int_G \frac{\sin \nu(x-y)}{x-y} f_i(y)dy,$$

$i = 1,2;$ $\lambda_k = \rho_k + i\nu_k,$ $\nu > 0,$ $u_k(x) = \left(u_k^1(x), u_k^2(x)\right)^T,$ $f(x) = \left(f_1(x), f_2(x)\right)^T,$ $\{\vartheta_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$- sistemi $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$- sisteminə biortoqonal qoşma sistemdir.

Əgər ixtiyari $K \subset G$ kompaktı üçün $\sigma_\nu(x,f) - S_\nu(x,f)$ fərqi $\nu \to \infty$ yaxınlaşdıqda, $x \in K$ nəzərən müntəzəm olaraq sıfıra yaxınlaşırsa, onda deyirlər ki, $f(x)$ funksiyasının $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ sistemi üzrə biortoqonal ayrılışının i-ci komponenti $f(x)$ vektor-funksiyasının uyğun i-ci $f_i(x)$ komponentinin triqonometrik sıraya ayrılışı ilə ixtiyari $K \subset G$ kompaktında müntəzəm birgəyığılır.

Əgər ixtiyari $K \subset G$ kompaktı və ixtiyari $f(x) \in L_p^2(G)$ vektor-funksiyası üçün

$$\left\|\sigma_\nu(\cdot,f) - f\right\|_{p,2,K} \to 0, \qquad \nu \to \infty.$$

ödənirsə, onda deyəcəyik ki, $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ sistemi ixtiyari kompaktda, $L_p^2(G)$, $1 < p < \infty$ fəzasında bazislik xassəsinə malikdir.

$\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$, $\lambda_k \in R$ sisteminin $L_2^2(G)$-də ortonormal halında, $f(x) \in L_2^2(G)$ vektor-funksiyasının ortoqonal ayrılışının xüsusi cəmini

$$\sigma_\nu(x,f) = \left(\sigma_\nu^1(x,f), \sigma_\nu^2(x,f)\right)^T,$$

şəklində təyin edəcəyik, harada ki,

$$\sigma_\nu^i(x,f) = \sum_{|\lambda_k| \le \nu} (f, u_k) u_k^i(x), \qquad i = 1,2.$$

Teorem 5. *Tutaq ki,* $p(x), q(x) \in L_p(G)$, $p > 2$ *və* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi* D *operatorunun* $L_2^2(G)$ *fəzasında tam ortonormal məxsusi vektor-funksiyalar sistemidir,* $\{\lambda_k\}_{k=1}^{\infty}$, $\lambda_k \in R$ *isə uyğun məxsusi qiymətlər sistemidir. Onda ixtiyari* $K \subset G$ *kompaktında ixtiyari* $f(x) \in L_2^2(G)$ *vektor-funksiyası üçün aşağıdakı bərabərlik doğrudur*

$$\lim_{\nu \to \infty} \left\|\sigma_\nu(\cdot,f) - S_\nu(\cdot,f)\right\|_{C(K)} = 0,$$

yəni $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *məxsusi vektor-funksiyalar sistemi üzrə* $f(x) \in L_2^2(G)$ *vektor-funksiyasının ortoqonal ayrılışının* i*-ci komponenti* $f(x)$ *vektor-funksiyasının uyğun* $f_i(x)$ *komponentinin triqonometrik sıraya ayrılışı ilə ixtiyari* $K \subset G$ *kompaktında müntəzəm birgəyığılır.*

Teorem 6. *Tutaq ki, 5 teoreminin şərtləri ödənir. Onda ixtiyari* $f(x) \in L_2^2(G)$ *funksiyasının* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi üzrə ortoqonal ayrılışı üçün lokalizasiya prinsipi doğrudur: yəni ortoqonal ayrılışın* i*-ci komponentinin* $x_0 \in G$

nöqtəsində yığılması və dağılması ancaq uyğun $f_i(x)$ komponentinin bu x_0 nöqtəsinin yaxın ətrafında özünü aparmasından asılıdır (digər komponentin isə özünü aparmasından asılı deyil).

Qeyd 2. Baxılan məsələlər özü-özünə qoşma sərhəd şərtləri ilə verilmiş məsələləri əhatə edir, yəni ayrılmış

$$u^1(0) = u^2(\pi) = 0 \qquad (12)$$

sərhəd şərtləri ilə və ayrılmamış

$$u^1(0) + \omega u^1(\pi) = 0, \ \ \overline{\omega} u^2(0) + \alpha u^1(\pi) + u^2(\pi) = 0 \qquad (13)$$

və ya

$$\beta u^1(0) + u^2(0) + \omega u^1(\pi) = 0, \ \ -\overline{\omega} u^1(0) + \gamma u^1(\pi) + u^2(\pi) = 0 \qquad (14)$$

sərhəd şərtləri ilə verilmiş məsələləri əhatə edir. Burada α, β, γ - ixtiyari həqiqi ədədlər, $\overline{\omega} \neq 0$ - isə ixtiyari kompleks ədəddir.

$$R_\nu(x, f) = \sigma_\nu(x, f) - f(x)$$

işarə edək.

Fərz edək ki, $f(x)$ vektor-funksiyası əlavə olaraq

$$< Bu_k, f(x) > \Big|_0^\pi = \left(\overline{f_1(x)} u_k^1(x) - \overline{f_2(x)} u_k^2(x)\right)\Big|_0^\pi = 0, \qquad (15)$$

şərti ödəyir, harada ki, $f(x) = (f_1(x), f_2(x))^T$, $u_k(x) = (u_k^1(x), u_k^2(x))$.

Teorem 7. Tutaq ki, $p(x), q(x) \in L_r(G),\ r > 1$ *həqiqi funksiyalardır və* $f(x) \in W_p^1(G),\ 1 < p \le \infty$, *vektor-funksiyaları (15) şərtini ödəyir. Onda ortoqonal ayrılış*

$$\sum_{k=1}^{\infty} (f, u_k) u_k(x) \qquad (16)$$

$\overline{G} = [0, \pi]$*-də mütləq və müntəzəm yığılır və aşağıdakı qiymətləndirmələr doğrudur:*

$$\|R_\nu(\cdot, f)\|_{C[0,\pi]} \le const\, \nu^{-\alpha} \left\{\|Pf\|_{r,2} + \|f\|_{W_p^1(G)}\right\} \qquad (17)$$

$$\|R_\nu(\cdot, f)\|_{C[0,\pi]} = o(\nu^{-\alpha}), \qquad \nu \to +\infty, \qquad (18)$$

harada $\alpha = \min\left\{\frac{1}{q}, \frac{1}{r'}, \frac{1}{2}\right\}$, $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, $\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} = 1$, *(17) bərabərsizliyində* $const$ $f(x) \in W_p^1(G)$*-dən asılı deyil.*

Teorem 8. *Tutaq ki,* $p(x), q(x) \in L_r(G),\ r > 1$, *həqiqiqiymətli funksiyalardır,* $f(x) \in W_1^1(G)$ *vektor-funksiyası (15) şərtini ödəyir və*

$$\sum_{k=k_0}^{\infty} \frac{\omega_1(f', k^{-1})}{k} \qquad (19)$$

ədədi sırası $k_0 \ge 1$ *üçün yığılır. Onda* $f(x)$ *funksiyasının (16) ortoqonal ayrılışı* $\overline{G} = [0, \pi]$*-də mütləq və müntəzəm yığılır və müntəzəm yığılmanın sürəti üçün aşağıdakı qiymətləndirmə doğrudur:*

$$\|R_\nu(\cdot, f)\|_{C[0,\pi]} \le const \left\{\nu^{-\delta} \|Pf\|_{r,2} + \right.$$
$$\left. + \left[\sum_{k=[\nu]}^{\infty} k^{-1} \omega_1(f', k^{-1}) + \nu^{-1} \|f'\|_{1,2}\right] \left(1 + \|\|P(\cdot)\|\|_1\right)\right\} \qquad (20)$$

harada ki, $const$ $f(x)$*-dən asılı deyil.* $\delta = \min\left\{\frac{1}{r'}, \frac{1}{2}\right\}$, $\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} = 1;$

$$\|\|P(\cdot)\|\|_1 = \int_0^\pi \left(|p(x)| + |q(x)|\right) dx, \ \ \omega_1(g, \delta) = \sup_{0 < h \le \delta} \int_0^{\pi - h} |g(x+h) - g(x)| dx.$$

Teorem 9. *Tutaq ki,* $G = (a, b)$, $mes G < \infty$ *oblastında* $P(x) \equiv 0$ *və* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi* D *operatorunun* *məxsusi və qoşma vektor-funksiyalarından təşkil olunmuş* $L_p^2(G)$, $p \ge 1$ *fəzasında ixtiyari qapalı və minimal sistemdir. Əgər aşağıdakı şərtlər ödənərsə*

$$1)\ \left|\operatorname{Im}\lambda_k\right| \le const, \qquad k = 1,2,... \tag{21}$$

$$2)\ \sum_{\tau \le \operatorname{Re}\lambda_k \le \tau+1} 1 \le const, \qquad \forall\, \tau \in (-\infty, +\infty) \tag{22}$$

3) ixtiyari $K \subset G$ *kompaktı üçün elə* $C_0(K)$, *sabiti var ki,*

$$\left\|u_k\right\|_{p,2,K}\left\|\vartheta_k\right\|_{q,2} \le C_0(K), \qquad k = 1,2,..., \tag{23}$$

harada ki, $\left\|\cdot\right\|_{p,2,K} = \left\|\cdot\right\|_{L_p^2(K)}$, $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, *onda ixtiyari* $f(x) \in L_p^2(G)$ *vektor-funksiyası üçün*

$$\lim_{\nu\to\infty}\sup_{x\in K}\left|\sigma_\nu(x,f) - S_\nu(x,f)\right| = 0, \tag{24}$$

bərabərlik doğrudur, yəni $f(x)$ *funksiyasının* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi üzrə biortoqonal ayrılışının* i*-ci komponenti* $f(x)$ *vektor-funksiyasının uyğun* $f_i(x)$ *komponentinin triqonometrik ayrılışı ilə* G *intervalının ixtiyarı kompaktında müntəzəm birgəyığılır.*

Nəticə 1. *Əgər 9 teoreminin şərtləri ödənirsə, onda ixtiyari* $f(x) \in L_p^2(G)$, $p \ge 1$ *funksiyasının* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi üzrə biortoqonal ayrılışı üçün komponenet üzrə lokalizasiya prinsipi doğrudur.*

L_p, $1 < p < \infty$ fəzasında triqonometrik sistemin bazisliyi və 9 teoremindən aşağıdakı teorem alınır.

Teorem 10. *Tutaq ki,* $1 < p < \infty$ *və 9 teoreminin bütün şərtləri ödənilir. Onda ixtiyari* $K \subset G$ *kompaktı və ixtiyari* $f(x) \in L_p^2(G)$ *vektor-funksiyası üçün aşağıdakı bərabərlik ödənilir*

$$\lim_{\nu\to\infty}\left\|\sigma_\nu(\cdot, f) - f\right\|_{p,2,K} = 0,$$

yəni, $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi ixtiyari* $K \subset G$ *kompaktında* L_p^2*-də bazislik xassəsinə malikdir.*

Dissertasiyanın sonuncu paraqrafında $P(x) = diaq\big(p(x), q(x)\big)$, $x \in G = (a,b)$, $mesG < \infty$, əmsallı (1) Dirak operatoruna baxılır, harada $p(x)$ və $q(x)$ $L_p(G)$, $p > 2$ sinifində kompleksqiymətli funksiyalardır. Komponenet üzrə müntəzəm birgəyığılma teoremləri və komponenet üzrə lokalizasiya prinsipi isbat olunur.

m_k ilə $u_k(x)$ qoşulmuş funksiyaların tərtibini işarə edək.

Bu paraqrafın əsas nəticələri sonrakı teoremlərdə cəmlənib.

Teorem 11. *Tutaq ki,* $p(x)$, $q(x)$ *kompleksqiymətli funksiyalardır,* $L_p(G)$, $p > 2$ *sinifindəndirlər və (21) şərti,*

$$m = \sup_k m_k < \infty \tag{25}$$

ödənilir və $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi isə* $L_2^2(G)$ *fəzasında şərtsiz bazis əmələ gətirir. Onda* $K \subset G$ *kompaktı üçün və ixtiyari* $f(x) \in L_2^2(G)$ *funksiyası üçün (24) bərabərliyi ödənilir, yəni ixtiyari* $f(x) \in L_2^2(G)$ *funksiyasının* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *məxsusi və qoşma funksiyalar sistemi üzrə biortoqonal ayrılışının* i*-ci komponenti bu funksiyanın* $f_i(x)$ *komponenetlərinin triqonometrik ayrılışları ilə* G*-nin ixtiyari kompaktında komponenet üzrə müntəzəm birgəyığılır.*

Teorem 12. *Tutaq ki,* $p(x), q(x)$ *funksiyaları* $L_p(G)$, $p > 2$ *sinfinə daxildir,* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi* $L_2^2(G)$ *fəzasında tamdır, (21), (22) və*

$$\left\|u_k\right\|_{2,2}\left\|\vartheta_k\right\|_{2,2} \le const, \qquad k = 1,2,...,$$

şərtləri ödənilir, harada ki, $\{\vartheta_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi* $L_2^2(G)$*-də* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sisteminə biortoqonal qoşma sistemdir və* $D^* = B\frac{d}{dx} + \overline{P(x)}$ *formal qoşma operatorun məxsusi və qoşma vektor-funksiyalarından təşkil olunmuş*

	sistemdir. Onda ixtiyari $K \subset G$ *kompaktı və ixtiyari* $f(x) \in L_2^2(G)$ *funksiyası üçün (24) bərabərliyi ödənilir və bu funksiyanın* $\{u_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ *sistemi üzrə biortoqonal ayrılışı üçün komponenet üzrə lokalizasiya prinsipi doğrudur.*
2	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)
	(burada doldurmalı) 100%
3	Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi
	(burada doldurmalı) 1) Dirak operatorunun məxsusi və qoşma vektor-funksiyaları üçün orta qiymət və sürüşmə düsturlarının alınması 2) Dirak operaorunun məxsusi və qoşma vektor-funksiyaların normallaşmış sisteminin rissliyi üçün zəruri və kafi şərt 3) Kompaktda komponent üzrə müntəzəm birgəyığılma və Dirak operatorunun məxsusi və qoşma funksiyaları üzrə biortoqonal ayrılışın komponent üzrə lokalizasiya prinsipi haqqında teoremlər isbat olunub.
4	Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar
	(burada doldurmalı) İşdə diferensial operatorlar nəzəriyyəsinin , funksional analiz nəzəriyyəsinin və harmonik analiz nəzəriyyəsinin üsullarından istifadə olunmuşdur
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) Guliyeva F.A., Garayeva A.T. “On atomic decomposition with respect to exponential system in weighted Morrey – type spaces” çapa təqdim olunub
6	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər
	(burada doldurmalı) yoxdur
7	Layihə üzrə ezamiyyətlər
	(burada doldurmalı) olmayıb
8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak
	(burada doldurmalı) olmayıb
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak
	(burada doldurmalı) olmayıb
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar)
	(burada doldurmalı) İstanbul Universitetində Online seminarlarlar keçirilmişdir
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar
	(burada doldurmalı) yoxdur
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr
	(burada doldurmalı) AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun həmkarlarıyla müzakirələr aparılmışdır

13	Xarici həmkarlarla əlaqələr
	(burada doldurmalı) İstanbul Universiteti M.V.Lomonosov adına Moskva Dövlət Universiteti
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı
	(burada doldurmalı) olmayıb
15	Sərgilərdə iştirak
	(burada doldurmalı) olmayıb
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi
	(burada doldurmalı) olmayıb
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s.
	(burada doldurmalı) yoxdur

Layihə rəhbərinin imzası ______________________________ **Qarayeva Aygün Tahir qızı**

Tarix **06.12.2021**

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.