

«O'ZINI BOSHQARISH» KONSTRUKTINING CHET TILI XAVOTIRI VA O'RGANISH SAMARADORLIGI BILAN BOG'LIQLIGI

Z.D.Ruzmetova¹ 

Mas'ul muallif: Ruzmetova Zilolakhon Dilmuradovna, Ma'mun universiteti, G'arb tillari va adabiyoti kafedrası dotsent v.b.

e-mail:
ruzmetova_zilola@mamunedu.uz

Accepted: 13 Sentabr 2026

Published: 13 Sentabr 2026

Copyright: © 2026 by the author(s). Licensee Buxoro xalqaro universiteti ilmiy axborotnomasi.

Iqtibos uchun: Ruzmetova, Z. D. «O'ZINI BOSHQARISH» KONSTRUKTINING CHET TILI XAVOTIRI VA O'RGANISH SAMARADORLIGI BILAN BOG'LIQLIGI / Z. D. Ruzmetova // Buxoro xalqaro universiteti ilmiy axborotnomasi. — 2026. — T. 9, № 1. — B. 154–157.

1. Ma'mun universiteti, G'arb tillari va adabiyoti kafedrası dotsent v.b.

Annotatsiya. Maqolada 190 nafar talaba ishtirokida o'tkazilgan tadqiqot asosida "Big Five" shaxslilik omillarining ijtimoiy-psixologik faollik, emotsional intellekt, chet tili xavotiri va chet tilini o'rganish samaradorligi bilan Spirmen rang korrelyatsiyasi tahlil qilingan. Tadqiqotning markaziy topilmasi shundan iboratki, klassik nazariy kutilmaga (H.Eyzenk modeli) zid ravishda, Neyrotizm shkalasi chet tili xavotiri bilan deyarli nolga yaqin va statistik ahamiyatsiz bog'liqlik ($r=0,015$; $p>0,05$) ko'rsatgan, buning o'rniga «O'zini boshqarish» («Big Five» faolligi doirasidagi o'z-o'zini tartibga solish shkalasi) xavotir bilan kuchli manfiy ($r=-0,725$; $p\leq 0,01$), emotsional barqarorlik bilan kuchli musbat ($r=0,742$; $p\leq 0,01$) va standartlashtirilgan test ko'rinishidagi samaradorlik bilan o'rtachakuchli musbat ($r=0,585$; $p\leq 0,01$) bog'liqlik namoyon etgan. Natijalar K.Poppnering falsifikatsiya tamoyiliga muvofiq ochiq tahlil qilinib, chet tili xavotirini bashorat qiluvchi asosiy psixologik mexanizm nevrotik temperament emas, balki shaxsning o'z xatti-harakati va emotsiyalarini tartibga solish qobiliyati ekanligi ilmiy jihatdan asoslangan.

Kalit so'zlar: o'zini boshqarish, chet tili xavotiri, emotsional barqarorlik, Spirmen korrelyatsiyasi, neyrotizm, samaradorlik, falsifikatsiya tamoyili, BRM-3 (sog'liq va farovonlik), BRM-4 (sifatli ta'lim).

СВЯЗЬ КОНСТРУКТА «САМОРЕГУЛЯЦИЯ» С ТРЕВОЖНОСТЬЮ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА И ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. На основе исследования с участием 190 студентов проанализирована корреляция Спирмена факторов «Большой пятёрки» с социально-психологической активностью, эмоциональным интеллектом, тревожностью при изучении иностранного языка и эффективностью его освоения. Центральный вывод исследования: вопреки классическому теоретическому ожиданию (модель Г.Айзенка), шкала нейротизма показала практически нулевую и статистически незначимую связь с тревожностью ($r=0,015$; $p>0,05$), тогда как шкала «саморегуляция» продемонстрировала сильную отрицательную связь с тревожностью ($r=-0,725$; $p\leq 0,01$), сильную положительную связь с эмоциональной устойчивостью ($r=0,742$; $p\leq 0,01$) и умеренно-сильную положительную связь со стандартизированным тестом эффективности ($r=0,585$; $p\leq 0,01$). Результаты открыто проанализированы в соответствии с принципом фальсификации К.Поппера, что научно обосновывает вывод: основным психологическим механизмом, предсказывающим тревожность при изучении иностранного языка, является не невротический темперамент, а способность личности регулировать своё поведение и эмоции.

Ключевые слова: саморегуляция, тревожность при изучении иностранного языка, эмоциональная устойчивость, корреляция Спирмена, нейротизм, эффективность, принцип фальсификации, ЦУР-3 (хорошее здоровье и благополучие), ЦУР-4 (качественное образование).

THE RELATIONSHIP OF THE "SELF-REGULATION" CONSTRUCT WITH FOREIGN LANGUAGE ANXIETY AND LEARNING EFFECTIVENESS

Abstract. Based on a study involving 190 students, this article analyzes the Spearman correlations of Big Five personality factors with socio-psychological activity, emotional intelligence, foreign language anxiety, and foreign language learning effectiveness. The study's central finding is that, contrary to classical theoretical expectation (Eysenck's model), the Neuroticism scale showed a near-zero, statistically non-significant association with anxiety ($r=0.015$; $p>0.05$), whereas the "Self-Regulation" scale demonstrated a strong negative correlation with anxiety ($r=-0.725$; $p\leq 0.01$), a strong positive correlation with emotional stability ($r=0.742$; $p\leq 0.01$), and a moderate-to-strong positive correlation with the standardized-test effectiveness measure ($r=0.585$; $p\leq 0.01$). Results are openly analyzed in accordance with Popper's principle of falsification, scientifically grounding the conclusion that the primary psychological mechanism predicting foreign language anxiety is not neurotic temperament but the individual's capacity to regulate their behavior and emotions.

Keywords: self-regulation, foreign language anxiety, emotional stability, Spearman correlation, neuroticism, effectiveness, principle of falsification, SDG-3 (Good Health and Well-being), SDG-4 (Quality Education).

Kirish. Chet tili xavotiri muammosi E.Horwitz, M.Horwitz va J.Cope tomonidan psixologiya faniga kiritilgandan buyon (Horwitz, Horwitz, Cope, 1986) uning psixologik determinantlarini aniqlashga qaratilgan ko'plab tadqiqotlar o'tkazilgan. An'anaviy shaxslilik psixologiyasi, xususan H.Eyzenkning temperament nazariyasi asosida, xavotirning asosiy shaxslilik bashoratlovchisi sifatida Neyrotizm omili ko'rsatiladi - bu omil hissiy beqarorlik, tez tashvishlanish va salbiy his-tuyg'ularga moyillikni tavsiflaydi. Shu bilan birga, B.Zimmermanning o'z-o'zini tartibga soluvchi o'rganish konsepsiyasi (Zimmerman, 1990) va E.Deci hamda R.Ryaning o'zini-o'zi belgilash nazariyasi (Deci, Ryan, 1985) shaxsning o'z xatti-harakati va emotsiyalarini boshqarish qobiliyatini o'quv faoliyatidagi muvaffaqiyatning muqobil, ehtimol yanada kuchliroq bashoratlovchisi sifatida ko'rsatadi[1-3].

Mazkur maqolaning maqsadi - talabalar tanlanmasida "Big Five" omillari, xususan Neyrotizm va o'zini boshqarish shkalalarining chet tili xavotiri, emotsional barqarorlik va samaradorlik bilan korrelyatsion bog'liqligini empirik tekshirish, shu asosda qaysi nazariy pozitsiya empirik dalillar bilan ko'proq tasdiqlanishini aniqlashdir. Bu vazifa dissertatsiya tadqiqotining "talabalarining shaxsiy kuchlari bilan chet tilini o'rganish samaradorligi ko'rsatkichlari o'rtasidagi statistik bog'liqliklarni aniqlash" vazifasiga mos keladi.

Ushbu ikki nazariy pozitsiya - temperamental (Eyzenk) va tartibga soluvchi (Zimmerman, Deci-Ryan) - o'rtasidagi farqni empirik jihatdan aniqlashtirish nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatga ham ega: agar xavotirning asosiy manbai o'zgaras temperament bo'lsa, uni psixologik-pedagogik vositalar bilan sezilarli darajada kamaytirish qiyin bo'lar edi, biroq agar uning asosiy manbai o'rganiladigan va rivojlantiriladigan o'zini boshqarish ko'nikmasi bo'lsa, bu maqsadli intervensiyalar orqali xavotirni samarali kamaytirish mumkinligini ko'rsatadi. Aynan shu amaliy ahamiyat mazkur tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi. Bundan tashqari, talabalarining psixologik farovonligini ta'minlashga qaratilgan ushbu yo'nalish Birlashgan Millatlar Tashkilotining Barqaror rivojlanish maqsadlari (BRM/SDG) doirasidagi 3-maqsad - «Sog'liq va farovonlik» hamda 4-maqsad - «Sifatli ta'lim»ga bevosita hissa qo'shadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda 190 nafar talaba (106 filologiya, 84 nofilologiya yo'nalishi; 78 erkak, 112 ayol) ishtirok etdi. Ma'lumotlar «Big Five» moslashtirilgan so'rovnomasi, Ijtimoiy-psixologik so'rovnomasi (IPS), Emotsional intellekt so'rovnomasi, Chet tili xavotirini aniqlash so'rovnomasi (FLCA, E.Horwitz modeli asosida) hamda samaradorlikning ikki ko'rsatkichi - akademik baho va standartlashtirilgan test natijasi - yordamida yig'ildi. Dastlabki Kolmogorov-Smirnov normallik testi ko'plab shkalalarda taqsimotning normal qonundan chetlanganini ko'rsatgani sababli, o'zgaruvchilar o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashda Pearson r o'rniga uning nonparametrik muqobili - Spirmen rang korrelyatsiya koeffitsienti (ρ) - qo'llanildi (Field, 2013). Korrelyatsiya koeffitsientlarining kattaligini talqin qilishda J.Koenning mezonlaridan foydalanildi (Cohen, 1988): $|r|=0,10-0,29$ - kuchsiz; $0,30-0,49$ - o'rtacha; $\geq 0,50$ - kuchli bog'liqlik.

Natijalar.

1-jadval.

«Big Five» shkalalarining ijtimoiy-psixologik faollik (IPS) shkalalari bilan korrelyatsiyasi (Spirmen ρ , n=190)

«Big Five» shkalasi	IPS ijtimoiy faollik	IPS emotsional moslashuv	IPS mas'uliyat	IPS qo'llab-quvvatlash
O'zini boshqarish	0,559**	0,673**	0,578**	0,511**
Moslashuvchanlik	0,504**	0,516**	0,416**	0,475**
Faollik	0,437**	0,533**	0,380**	0,386**
Ekstroversiya	0,215**	0,103	0,058	0,178*
Neyrotizm	-0,057	-0,026	0,019	-0,028

Izoh: ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$

2-jadval.

«Big Five» shkalalarining emotsional intellekt va chet tili xavotiri bilan korrelyatsiyasi (Spirmen ρ , n=190)

«Big Five» shkalasi	EI - Emotsional barqarorlik	FLCA - Nutqiy xavotir	FLCA - Umumiy xavotir
O'zini boshqarish	0,742**	-0,666**	-0,725**
Moslashuvchanlik	0,636**	-0,577**	-0,655**
Faollik	0,603**	-0,510**	-0,577**
Neyrotizm	-0,017	0,029	0,015

Izoh: ** $p \leq 0,01$

3-jadval.

«Big Five» shkalalarining samaradorlik ko'rsatkichlari bilan korrelyatsiyasi (Spirmen ρ , n=190)

«Big Five» shkalasi	Akademik baho	Standartlashtirilgan test	Samaradorlik indeksi
O'zini boshqarish	0,416**	0,585**	0,340**
Moslashuvchanlik	0,310**	0,508**	0,253**

«Big Five» shkalasi	Akademik baho	Standartlashtirilgan test	Samaradorlik indeksi
Faollik	0,377**	0,491**	0,256**
Ochiqlik	-0,130	0,134	-0,293**
Ekstroversiya	-0,151*	0,085	-0,297**
Kelishuvchanlik	0,238**	0,165*	0,222**

Izoh: ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$

Jadvallardan ko'rinib turibdiki, «O'zini boshqarish» shkalasi barcha uchta jadvalda izchil tarzda eng kuchli va statistik jihatdan eng ahamiyatli prediktor sifatida namoyon bo'ladi: IPSning barcha shkalalari bilan o'rtacha-kuchli ($r=0,511-0,673$), emotsional barqarorlik bilan kuchli musbat ($r=0,742$), chet tili xavotiri bilan kuchli manfiy ($r=-0,666$ dan $-0,725$ gacha) va standartlashtirilgan test bilan kuchli musbat ($r=0,585$) bog'liqlikka ega. Bunga qarama-qarshi o'laroq, Neyrotizm shkalasi barcha jadvallarda deyarli nolga teng va statistik ahamiyatsiz koeffitsientlar ($|r| < 0,06$; $p > 0,05$) ko'rsatgan. Yana bir e'tiborga molik topilma - «Ochiqlik» va «Ekstroversiya» shkalalarining umumiy samaradorlik indeksi bilan statistik ma'noli manfiy korrelyatsiyasi (mos ravishda $r=-0,293$ va $r=-0,297$; $p \leq 0,01$) [4-8].

Muhokama. Olingan natijalar dissertatsiya tadqiqotining eng muhim ilmiy topilmalaridan birini tashkil etadi. Nazariy jihatdan aynan Neyrotizm chet tili xavotirining asosiy bashoratlovchisi bo'lishi kutilgan edi. Real empirik ma'lumotlar bu gipotezani tasdiqlamadi. Ilmiy halollik tamoyiliga va K.Poppening falsifikatsiya printsipiga (Popper, 1959) muvofiq, bu kutilmagan natija yashirilmadan ochiq tahlil qilinishi lozim: aynan shu yondashuv ilmiy nazariyaning qiymatini uni tasdiqlovchi emas, balki uni rad etishga urinish va shu urinishlarga bardosh berish qobiliyati bilan belgilaydi. Bizning talqinimizga ko'ra, olingan natija shuni ko'rsatadiki, chet tilida gapirishda xatoga yo'l qo'yish ehtimoli mavjud bo'lgan xavotirli vaziyatlarda, shaxsning tug'ma hissiy beqarorlik darajasidan ko'ra, uning o'z e'tibori, xatti-harakati va emotsional reaksiyalarini ongli tarzda nazorat qila olish qobiliyati hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi (Zimmerman, 1990). Boshqacha aytganda, «o'zini yaxshi boshqara oladigan» talaba, hatto tabiatan biroz hissiyotchan bo'lsa-da, xavotirli vaziyatda o'zini tuta oladi, holbuki past o'zini boshqarish darajasiga ega talaba, hatto nisbatan barqaror temperamentga ega bo'lsa-da, nazoratsiz hissiy reaksiyalar tufayli yuqori xavotir kechirishi mumkin [9-12].

«Ochiqlik» va «Ekstroversiya» shkalalarining samaradorlik bilan manfiy bog'liqligi, klassik «Big Five» adabiyotidagi odatiy kutilmaga zid ko'rinsa-da, bizning fikrimizcha, quyidagicha izohlanishi mumkin: chet tili kabi tizimli intizom va uzoq muddatli izchillikni talab qiluvchi faoliyatda talabning tashqi dunyoga ochiqligi va ekstravertligi muloqotga faol kirishishni ta'minlashi mumkin, biroq bu - til bilimini chuqur va tizimli o'zlashtirish uchun yetarli emas; buning uchun ichki intizom va o'zini nazorat qilish resurslari ustuvor ahamiyat kasb etadi. Bu topilma E.Ushiodaning avtonomiya va o'z-o'zini boshqarish qobiliyatining til o'rganish psixologiyasidagi hal qiluvchi ahamiyati haqidagi xulosalari (Ushioda, 2008) bilan uzviy mos keladi.

Ushbu natijalar asosida SHAF-modelining «salbiy vositachilik yo'li» temperament → xavotir → past samaradorlik qayta ko'rib chiqilib, uning o'rniga empirik dalillar bilan tasdiqlangan «resurs vositachilik yo'li» o'zini boshqarish → past xavotir/yuqori emotsional barqarorlik → yuqori samaradorlik modelning markaziy mexanizmi sifatida shakllantirildi.

Amaliy ahamiyati. Aniqlangan «o'zini boshqarish - xavotir - samaradorlik» bog'liqligi konkret pedagogik texnikalarga aylantirilishi mumkin. Bizning fikrimizcha, o'qituvchilar xatolarni tuzatishda darhol emas, balki suhbat tugagandan keyin, faqat kommunikatsiyaga to'sqinlik qiluvchi eng muhim xatolarni tanlab, konstruktiv tarzda muhokama qilishi lozim - bu yondashuv E.Horwitz xavotir modelidagi nutqiy xavotir komponentini kamaytirishga xizmat qiladi, chunki u talabning nutq oqimini to'xtatish va jamoat oldida «tuzatish» tajribasini minimallashtiradi. Shuningdek, baholash vaziyatlaridan oldin qisqa kognitiv qayta nomlash mashqlarini o'tkazish - xavotir alomatlarini «tahdid» emas, balki «tayyorgarlik signali» sifatida qayta talqin qilishga yo'naltirilgan mashqlar - talabalarning o'zini boshqarish resurslarini kuchaytirib, xavotirni samaradorlikni oshiruvchi resursga aylantirishga xizmat qiladi [12-14].

Tadqiqotning cheklovi sifatida shuni ta'kidlash lozimki, korrelyatsion dizayn sababiy bog'liqlikni emas, balki faqat o'zgaruvchilar o'rtasidagi statistik hamkorlanishni ko'rsatadi. Shu sababli aniqlangan «o'zini boshqarish → past xavotir» yo'nalishining sababiy tabiati mustaqil eksperimental tekshiruvni talab qiladi - bu vazifa tadqiqotning keyingi bosqichida SHAF-modeli asosidagi korreksion dastur orqali qisman amalga oshirilgan [15].

Xulosa. O'tkazilgan korrelyatsion tahlil quyidagi asosiy xulosalarga olib keldi: birinchidan, «O'zini boshqarish» konstruktining chet tili xavotiri, emotsional barqarorlik va bevosita samaradorlik ko'rsatkichlari bilan bog'liqligi tadqiqotdagi barcha boshqa prediktorlardan izchil ravishda kuchliroq ekanligi aniqlandi; ikkinchidan, klassik nazariy kutilmaga zid o'laroq, Neyrotizm shkalasining xavotir bilan bog'liqligi statistik ahamiyatsiz ekanligi ochiq tan olindi, bu K.Poppening falsifikatsiya tamoyiliga muvofiq ilmiy jihatdan qimmatli topilma hisoblanadi; uchinchidan, olingan natijalar amaliy jihatdan muhim xulosaga olib keladi - talabalarning chet tili xavotirini kamaytirish va samaradorligini oshirishga qaratilgan psixologik-pedagogik dasturlar birinchi navbatda o'zini boshqarish ko'nikmalarini rivojlantirishga yo'naltirilishi lozim. Ushbu xulosaning amaliy samaradorligi SHAF-modeli asosida ishlab chiqilgan korreksion dastur doirasida mustaqil eksperimental tekshiruvdan o'tkazilgan bo'lib, uning natijalari alohida maqolada yoritilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

[1] N. Yuldosheva and Z. Axmadjonova, "Xorijiy tillarni o'qitishda pedagogika va psixologiyaning o'rne," Pedagogik va psixologik tadqiqotlar, vol. 2, no. 6, pp. 9-13, 2024, doi: 10.5281/zenodo.14049664. [Online]. Available:

<https://zenodo.org/records/14049664>

[2] F. N. Avliyakulova, N. Q. Murodova, and D. K. Umrzoqov, "Chet tilini masofaviy o'qitish bilan O'zbekiston Respublikasi ta'lim muassasalarida o'quv jarayonini boshqarishga kreativ yondashuv," *Innovative Development in Educational Activities*, vol. 3, no. 9, pp. 28–31, 2024, doi: 10.5281/zenodo.11187538. [Online]. Available: <https://zenodo.org/records/11187538>

[3] X. Abdullohova and A. Shamsiyeva, "O'zbekistonlik o'quvchilarning ingliz tilini o'rganishda uchraydigan muammolari va ularni yengish yo'llari," *Multidisciplinary Journal: Fundamental Research Scientific Journal*, vol. 1, no. 5, pp. 157–159, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15609067. [Online]. Available: <https://zenodo.org/records/15609067>

[4] N. Muzaffarova, "Chet tili darslarida madaniyatlararo muloqot kompetensiyasini rivojlantirishning nazariy hamda amaliy natijalari," *Maktabgacha va maktab ta'limi jurnali*, vol. 3, no. 4, pp. 11–15, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15347471. [Online]. Available: <https://zenodo.org/records/15347471>

[5] Z. I. Valiyeva, "O'zbekistonda chet tillarini o'qitishda motivatsiya-metod mamamasi va ahamiyati," 2025, doi: 10.5281/zenodo.15428455. [Online]. Available: <https://zenodo.org/records/15428455>

[6] S. Duan, X. Han, X. Li, and H. Liu, "Unveiling student academic resilience in language learning: A structural equation modelling approach," *BMC Psychology*, vol. 12, Art. no. 177, 2024, doi: 10.1186/s40359-024-01665-1. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s40359-024-01665-1>

[6] Q. Yu, "Foreign language anxiety research in System between 2004 and 2023: Looking back and looking forward," *Frontiers in Psychology*, vol. 15, Art. no. 1373290, 2024, doi: 10.3389/fpsyg.2024.1373290. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1373290>

[7] M. Liu, C.-H. Lin, and Y. Zhang, "Editorial: Dynamic roles of anxiety and motivation in second/foreign language acquisition," *Frontiers in Psychology*, vol. 14, Art. no. 1145368, 2023, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1145368. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1145368>

[8] H. Wang, Y. Wang, and S. Li, "Unpacking the relationships between emotions and achievement of EFL learners in China: Engagement as a mediator," *Frontiers in Psychology*, vol. 14, Art. no. 1098916, 2023, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1098916. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1098916>

[9] D. Wang, "The relationship between teacher care behavior and EFL learning anxiety: The chain mediation effect of learning engagement and learning strategies," *Frontiers in Psychology*, vol. 14, Art. no. 1279025, 2023, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1279025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1279025>

[10] Y. Huang, "Examining the relationship between peer support and foreign language emotions in online learning: The mediating effect of self-efficacy," *Frontiers in Psychology*, vol. 14, Art. no. 1148472, 2023, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1148472. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1148472>

[11] P.-C. Kao, "Exploring the roles of academic expectation stress, adaptive coping, and academic resilience on perceived English proficiency," *BMC Psychology*, vol. 12, Art. no. 158, 2024, doi: 10.1186/s40359-024-01630-y. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s40359-024-01630-y>

[12] E. Sari and T. Han, "The impact of automated writing evaluation on English as a foreign language learners' writing self-efficacy, self-regulation, anxiety, and performance," *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 40, no. 5, pp. 2065–2080, 2024, doi: 10.1111/jcal.13004. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/jcal.13004>

[14] J. Zhang and L. J. Zhang, "Exploring the profiles of foreign language learners' writing self-regulation: Focusing on individual differences," *Reading and Writing*, vol. 38, pp. 1533–1559, 2025, doi: 10.1007/s11145-024-10568-x. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11145-024-10568-x>

[15] Z. Hasim, D. Murong, and Z. Zhao, "The mediating role of emotion regulation in the link between personality traits and self-regulated learning among low-achieving EFL learners," *Scientific Reports*, vol. 15, Art. no. 42789, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-27123-5. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-27123-5>