

Hermityen Olmayan Bir Hamilton ile Tanımlanan Sistemdeki Bir Boyutlu Kayıplı Periyodik Örgüde Anderson Lokalizasyonunun Kenar Işımasına Etkisinin İncelenmesi

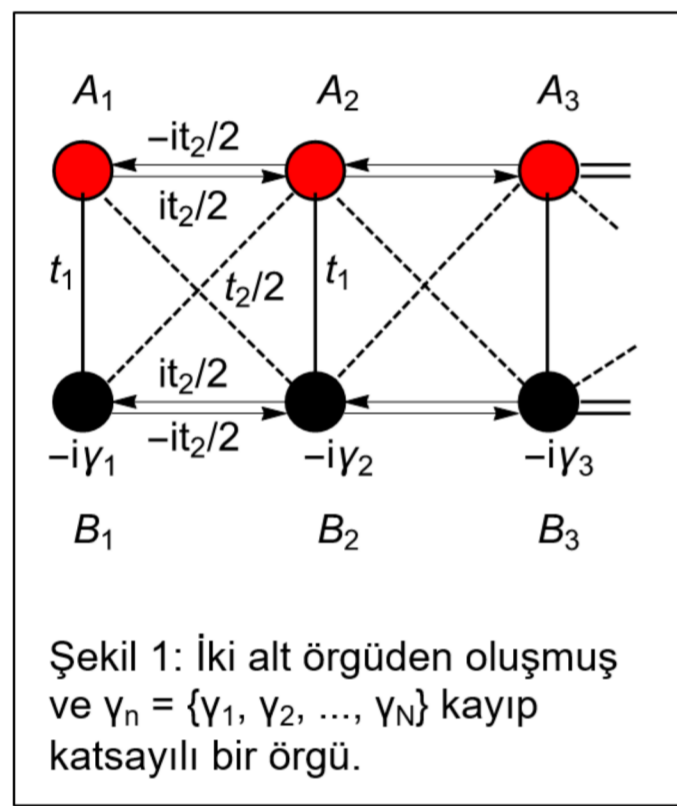
Emre SEZER

Danışman: Prof. Dr. Cem YÜCE

Bu çalışma TÜBİTAK - 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir.

Kuantum teorisinde bir Hamilton, özdeğerleri reel olan Hermityen bir operatör ile tanımlanır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, bir Hamilton için Hermityen şartının, enerji özdeğerlerinin reel olmasını garanti etmek için yeterli, ancak gerekli olmadığı anlaşılmıştır. Doğada karşımıza çıkan çoğu sistem Hermityen olmayan operatörler ile temsil edilebilen açık sistemlerdir ve son yıllarda Hermityen olmayan sistemlerde yoğun bir araştırma söz konusudur. Bu tip sistemlerin anlaşılması sadece teorik bilgi birikimimize katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yeni nesil cihazların tasarımında devrimsel nitelikte yenilikler getirme potansiyeli vardır.

Hermityen olmayan deri etkisi ve topolojik fazın sonucu olarak Hermityen olmayan kenar ışması teorik olarak önerildi. Bu problem literatürde yenidir ve kenar ışması için gerekli ve yeterli koşulları açıklayan evrensel bir teori henüz literatürde mevcut değildir; konu literatürde hala açık bir problemdir. Bunun nedenini ve ne ölçüde etki oluşturacağı ve kuantum durumlarının lokalizasyon genişliği ile arasındaki bağıntının bulunması literatürde açık bir problemdir.

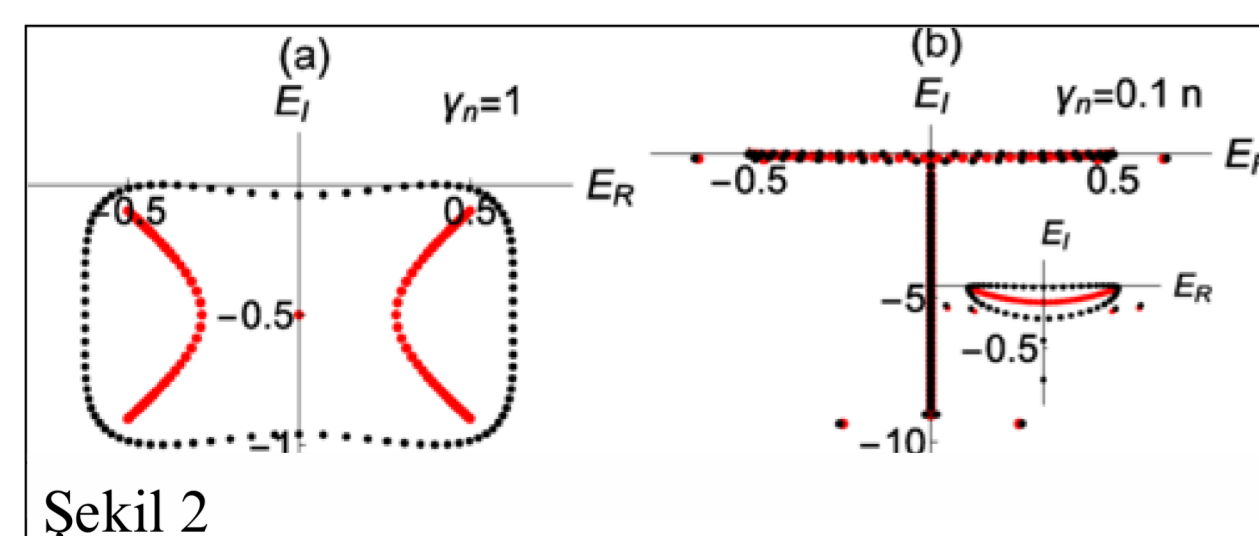


Şekilde, t_1 ve t_2 kuplaj sabitlerini tarif eder, y_n ise siyah ile gösterilen B alt örgüsü noktaları için kayıp katsayısıdır. Kırmızı ile gösterilen A alt örgüsü noktalarında kayıp bulunmamaktadır. Başlangıç anında bu örgü üzerindeki S örgü noktası kuantum yürütücü (quantum walker) olsun. Burada S, toplam örgü noktası sayısı olan N'den küçük bir tam sayıdır. Sistemde Anderson lokalizasyonunu çalışmak için kayıp katsayılarının keyfi olarak örgü boyunca değiştiğini varsayalım.

Kuantum yürüyüşü sırasında, yürüyücü kayıplı olan bir örgüden zamanla sistemin dışına çıkar, eğer çıkış sistemin yüzeyinde anormal büyüklükte olursa buna kenar ışması denilir. Bu proje ile Hermityen olmayan bir Hamilton ile tarif edilen 1 boyutlu kayıplı periyodik bir örgüde Anderson lokalizasyonunun, kenar ışmasına etkisi araştırıldı. İki alt örgüden oluşan bir örgüde, kuantum yürüyüşü ele alınıp, metalik ve yalıtkan fazın kenar ışmasına katkısı Matlab ve Simulink kullanılarak Schrödinger denklemi ile kuantum yürüyücünün hangi birim örgüden dışarı sızdığı hesaplandı.

$$P_n = 2 \gamma_n \int_0^\infty |\psi_n^B|^2 dt \quad (1)$$

İnumaralı denklem, bir dalga fonksiyonunun yerleşme derecesini, yani ne kadar lokalize olduğunu ölçer. Denklemden P_n , n'inci durumun IPR değerini ifade eder. γ_n normalizasyon faktörüdür ve belirli bir dalga fonksiyonuna özgüdür. $\psi_n^B \psi_n^B$ ise n'inci durumun belirli bir bazda ifade edilmiş dalga fonksiyonudur. $|\psi_n^B|$ ise bu dalga fonksiyonunun yoğunluk dağılımını temsil eder.



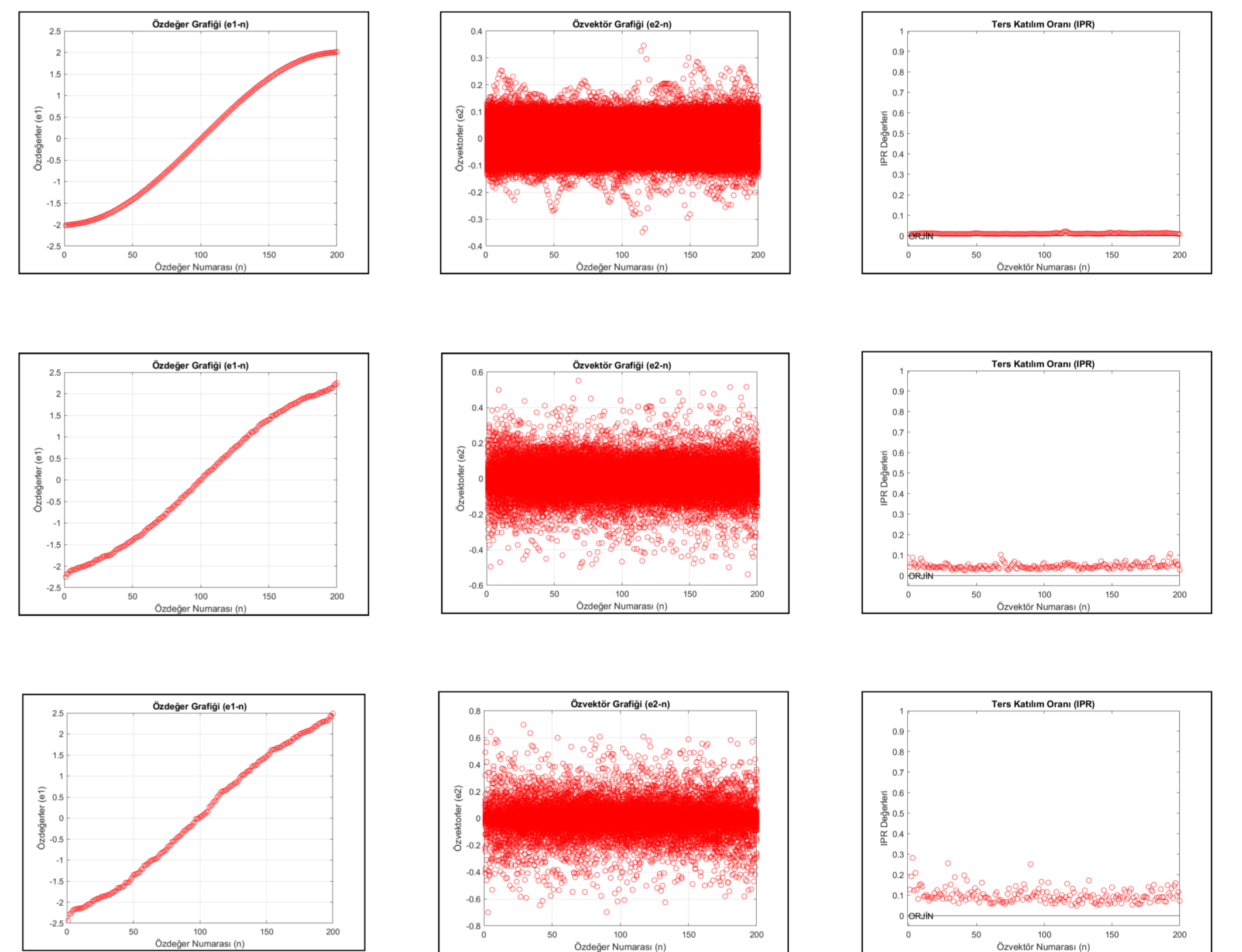
spektrumları yalnızca tek tip örgü için büyük ölçüde farklıdır, bu da tek biçimli örgü için NHSE'nin oluştuğunu gösterir. [1]

$$\psi_{j+1} + \psi_{j-1} + w_j \psi_j = E \psi_j \quad (2)$$

2 numaralı denklem, $n=100$ ve satır sırasıya 0.1, 0.5 ve 0.9 w katsayısı çarpanı için çözülmüştür.

Çözümde oluşturulan hermityen matrisin “Ters Katılım Oranları” hesaplandı. Oluşturulan matris ile doğadaki parçacıklardan oluşan bir atom veya kristal yapı gibi sistemlerin parçacık dağılımı modellenerek parçacıkların dağılımlarının yoğunlaşma veya yayılma olasılıkları analiz edildi. Bunun için matrisin öz vektörlerinin mutlak 4. kuvvetlerinin toplamının, özvektörlerin mutlak karelerinin toplamının karesine oranı kullanıldı.

$$IPR = \frac{\sum |\psi_j|^4}{(\sum |\psi_j|^2)^2} \quad (3)$$



Sonuç olarak; IPR değerleri elektronların dalga fonksiyonlarının ne kadar yayıldığını gösterir. Grafikte IPR değerlerinin 1'e yakın olması dalga fonksiyonunun aynı oranda lokalize olduğunu, 0'a yakın olması ise dalga fonksiyonunun aynı oranda delokalize olduğunu gösterir. Bu şekilde bir matris ile tanımlanan bir sistem w katsayısı ile artacak şekilde lokalize olur.

KAYNAKÇA

- [1] Yuce C, Ramezani R, Non-Hermitian edge burst without skin localizations. Phys. Rev. B 107, L140302 (2023).
- [2] Yao, S, Wang, Z. Edge states and topological invariants of non-Hermitian systems, Phys. Rev. Lett. 121, 086803 (2018).
- [3] Li Wang, Qing Liu, and Yunbo Zhang, Quantum dynamics on a lossy non-hermitian lattice, Chinese Physics B 30, 020506 (2021).
- [4] Ashida Y, Gong Z, Ueda M, Non-hermitian physics, Adv. Phys. 69, 249 (2020).
- [5] Miri M A, Alu A, Exceptional points in optics and photonics, Science 363, 42 (2019).