Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: *https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc*

E-ISSN: 2717-8633 ***Sayı(Number) 6, Nisan(April) 2024***

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 05.06..2023 *Kabul Tarihi(Accepted Date): 19.09.2023*

Lorentz metrik uzayı üzerine

Amira Oso[a], Mine Turan[b,*]

[a]*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Kütahya, 43100, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6867-4173*

[b]*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kütahya, 43100, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8054-5945*

Öz

Bu çalışma, kompakt-olmayan 4-manifold üzerindeki tüm C^2 Lorentz metriklerinin kümesini ele almaktadır. Bu metrikler, manifoldun fiziksel uzay-zaman yapısını tanımlayan önemli öğelerdir. Manifold üzerindeki Lorentz metriklerinin kümesi, Whitney C^2 topolojisi ile verilmiştir. Bu topoloji, manifoldun üzerinde tanımlanan vektör alanları arasındaki kesitlerin topolojisini tanımlar. Bu tanım, Lorentz metriklerinin manifoldun topolojik özelliklerini yansıttığını ve analiz etmek istediğimiz uzay-zaman yapısının doğru bir çerçevesini sağladığını gösterir. Özellikle space-like manifoldların global özelliklerini ve tekillik teoremlerini tartışmak için önemli bir temel oluşturur. Space-like manifoldlar, uzay-zamanın fiziksel özelliklerini tanımlayan ve genel görelilik teorisinde önemli bir rol oynayan yapılar arasındadır. Bu çalışma, bu manifoldların genel özelliklerini incelemek ve tekillik teoremlerini daha derinlemesine anlamak için doğru bir çerçeve sunar. Sonuç olarak, Robertson-Walker büyük patlamasını Lorentz metrikleri ile ele alan açıklamalar sunulmaktadır. Bu açıklamalar, metrik tensörün yeterince küçük, sonlu C^2 pertürbasyonları altında kararlı olduklarını göstermektedir. Bunlar büyük patlamanın evrenin genel davranışını nasıl etkilediğini ve tekilliklerin nasıl oluştuğunu anlamak için önemli bir adımdır. Lorentz metrik uzaylarında yapılan analizler ve sonuçlar uzay-zaman yapısının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunur.

Anahtar Kelimeler: Lorentz Metrik, Lorentz Metrik Uzayı, Metrik

* Mine Turan. Tel.: +90-530-940 7126
mine.turan@dpu.edu.tr

.

1. Giriş

Lorentz metrikleri, özel görelilik teorisinde uzay-zamanın geometrisini tanımlamak için kullanılan matematiksel yapılar ve araçlardır. Uzay-zamanın dört boyutlu bir manifold olduğu düşünüldüğünde, Lorentz metrikleri bu manifold üzerindeki her noktada metrik tensör olarak tanımlanır. Bu metrik tensör, uzay-zamanın her noktasında metrik ölçülerini, zaman ve uzayın nasıl birbirine bağlandığını açıklayan bir matematiksel ifade sunar. Lorentz metriklerinin uzayında, zaman ve uzay boyutları arasındaki ilişki, özel görelilikte öngörülen ışık hızının sabitliği prensibine dayanır.

Bu metrikler, genellikle zamana bağlı olan uzayda bir zaman benzeri boyut ve üç uzaysal boyut içerir. Bu şekilde, Lorentz metrikleri, özel görelilik teorisinin temel prensiplerini ve zaman ile uzayın nasıl birleştiğini açıklayarak, görelilik teorisindeki olayları matematiksel olarak modellemek için kullanılır. Lorentz metriklerinin uzayında, önemli kavramlardan biri de spacelike, timelike ve lightlike gibi farklı hiper yüzeylerdir. Bu hiperyüzeyler, uzay-zamanın farklı bölgelerini ve olayları ayıran farklı özellikleri temsil eder. Spacelike hiperyüzeyler, uzaydaki noktaların zaman benzeri vektörlerle ayrılamayacağı bölgeleri ifade ederken, timelike hiperyüzeyler zamanın geçtiği bölgeleri temsil eder. Lightlike hiperyüzeyler ise ışığın hareket ettiği bölgeleri gösterir. Lorentz metriklerinin uzayında, farklı geometrik yapılar ve tensörler kullanılarak uzay-zamanın özellikleri matematiksel olarak analiz edilir. Bu analizler, özel görelilik teorisinin temel prensiplerini ve fiziksel olayları anlamak için önemli bir araç sağlar. Bu makalede, Lorentz metriklerinin uzayında kullanılan kavramları, tensörleri ve geometrik yapıları detaylı bir şekilde ele alınarak ve uzay-zamanda yaşanan olayların matematiksel olarak nasıl tanımlanabileceği incelenmiştir. Ayrıca, spacelike, timelike ve lightlike hiperyüzeylerin önemini ve uzay-zamandaki olayları nasıl etkilediği açıklanmıştır. Lorentz metrik uzayında yapılan çalışmalar, modern fizik ve görelilik teorisi açısından büyük bir öneme sahiptir ve bu alanlardaki araştırmaların temelini oluşturur [1-5].

2. Temel kavramlar

Bu bölümde, Whitney haritalama topolojileri, jet demetlerinin incelenmesi ve gerekli matematiksel mekanizma tanıtılmıştır. Whitney haritalama topolojileri, düzgün fonksiyonların ve vektör alanlarının topolojik özelliklerini taşıyan bir yapıdır. Bu topolojiler, sürekli dönüşümlerin ve diferensiyel operatörlerin analizini kolaylaştırır. Whitney topolojileri, düzgün fonksiyonlar ve vektör alanları arasındaki ilişkiyi sağlar. Aynı zamanda birbiriyle uyumlu Lorentz metrikleri ve konformal yapılarla ilişkilidir. Lorentz metrikleri, zaman-mekanın geometrik özelliklerini tanımlamak için kullanılan matematiksel yapılar olarak önemlidir. Konformal yapılar ise, ölçek değişimlerine karşı invaryant olan geometrik yapıları ifade eder. Bu bağlamda, Lorentz metrikleri ve konformal yapılar ile tutarlı olan Whitney topolojileri, bir Lorentz metriğini eşdeğerlik sınıfına sürekli bir harita olarak gönderen haritaların varlığını ifade eder. Böylece, Lorentz metriklerinin geometrik özelliklerini ve konformal yapıların ölçek değişimine karşı invaryantlığını koruyan topolojik bir yapı sağlar. Whitney topolojileri, analiz ve geometri alanlarında farklı uygulamalara sahiptir ve bu alanlarda yapılan çalışmalarda önemli bir rol oynamaktadır. Çalışma boyunca bütün manifoldlar C Hausdorff ve para-kompakttır; Ayrıca M, kompakt olmayan 4-boyutlu manifoldu ifade eder. $S\longrightarrow M$, iki kovaryant simetrik tensorlerin vektor demeti ve $L\longrightarrow M$, ikinci dereceden demeti olsun. L'nin tüm C^k bölümlerinin kümesi $\mathsf{C}^k(L)$ ile gösterilir; bu kümenin herhangi bir elemanına C^k *Lorentz metrik* denir, topolojileştirilmek istenilen kümedir. Bunu yapmadan önce, görelilik teorisinde ortaya çıkan ilginç geometrik nesnelerin çoğunun, tamamen spacetime konformal yapısı tarafından belirlendiği ifade edilmiştir [6]. Ayrıca S: $S\setminus\{0\}$ elde edilen demeti gösterir.

Bu problemin çözümü için temel kavramlar aşağıdaki şekilde açıklanabilir;

1. C, bütün manifoldların kompleks sayılar kümesini temsil eder.
2. Hausdorff: Bir topolojik uzayın Hausdorff olması, her iki noktanın birbirinden ayrılabilmesi anlamına gelir. Bu özellik, uzayın ayrık ve net bir yapıya sahip olduğunu ifade eder.

3. Para-kompakt: Bir topolojik uzayın para-kompakt olması, uzayın her noktasını içeren bir açık küme sistemiyle kaplanabileceği anlamına gelir. Bu özellik, uzayın düzenli ve düzgün bir şekilde bölünebileceğini ifade eder.
4. M: Bu sembol, kompakt olmayan dört boyutlu bir manifoldu temsil eder. Manifold, lokal olarak gerçek sayılarının dört boyutlu bir uzayına benzer.
5. S⟶M: S'in M üzerindeki bir vektör demeti olduğunu ifade eder. Vektör demeti, her noktada bir vektör uzayı bulunan bir yapıdır.
6. L⟶M: L'in M üzerindeki ikinci dereceden bir demet olduğunu ifade eder. İkinci dereceden demet, her noktada bir ikinci dereceden tensör uzayı bulunan bir yapıdır.
7. C^k(L): L'nin tüm C^k bileşenlerinin bir kümesini temsil eder. Bu kümenin herhangi bir elemanına C^k Lorentz metrik denir.
8. Lorentz metrik: Lorentz metriği, dört boyutlu bir manifold üzerinde tanımlanan bir metrik tensördür. Bu metrik, özel görelilik teorisinde uzay-zamanın geometrisini açıklamak için kullanılır.
9. Görelilik teorisinde ortaya çıkan geometrik nesnelerin çoğunun, tamamen space-time konformal yapısı tarafından belirlendiği belirtilir. Bu ifade, görelilik teorisindeki ilginç geometrik nesnelerin çoğunun, space-time konformal yapısı tarafından tamamen belirlendiğini vurgular.
10. Konformal yapılar kümesi de topolojileştirilebilirse işlemler kolaylaşacaktır. Bu ifade, konformal yapılar kümesinin topolojik olarak tanımlanabileceği ve bunun işlem kolaylığı sağlayacağını gösterir.
11. S$\setminus\{0\}$ ile elde edilen demet $\hat{S}$ ile belirtilir.
12. Dokuz küreye göre difeomorfik olan bir Q demeti üzerine $\hat{S}$'nin bir τ geri çekilmesinin varlığını ifade eder.

Bu denklemler, temel kavramları ve terminolojiyi açıklamak için kullanılan ifadeleri temsil etmektedir. Bu açıklamalar, genel anlamda problemin bağlamını ve kavramsal temellerini anlamak için yardımcı olmaktadır. L ⟶ M, jet demeti aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$L = \{ (x, v) \mid x \in M,\ v \in T_x M \}. \tag{1}$$

g: Lorentz metriği M kümesinde g: $M \rightarrow \mathbb{R}_{4x4}$ şekilde tanımlanır.
U(g): Uyumlu dönüşümler kümesi ϕ: $M \rightarrow M$ olacak şekilde tanımlanan haritalar kümesi olarak ifade edilir: $\phi^*(g) = g$
T(g): Uyumlu topolojiler kümesi, g metriğiyle uyumlu yapıları içeren M üzerindeki uyumlu topolojiler kümesi olarak ifade edilir.

Bu denklemler kullanılarak Lorentz metrikleri, uyumlu yapılar ve topolojiler arasındaki ilişki belirlenebilir ve bu ilişkiyle ilgili denklemler ve problemler çözülebilir [7]. Bu sonuçları elde etmek ve denklemle ilgili özellikleri anlamak için demet teorisi, topoloji ve matematiksel analiz teknikleri kullanılabilir.

Uzay-zaman bağlamında, bahsedilen denklemler ışığın davranışı, uzay zaman eğriliği ve uzay zaman metrikleri ile topoloji arasındaki ilişki gibi uzay zaman geometrisinin çeşitli yönlerini incelemek ve analiz etmek için kullanılabilir [8]. İşte bu denklemlerin uzay-zaman alanında nasıl uygulanabileceğine dair bazı örnekler:

1. Eğrilik ve Geometri: g metriği, uzay-zaman eğriliğini tanımlamak için kullanılabilir. Metrik tensörün bileşenlerini analiz ederek, uzay-zamandaki farklı noktalardaki eğriliği belirlenebilir. Uzay-zaman manifoldunun geometrisi anlaşılır hale getirilebilir.
2. Lorentz Dönüşümleri: U(g) kümesi, uzay-zamanda tutarlı dönüşümlerin grubunu temsil eder. Lorentz dönüşümleri, özel görelilikte önemli bir rol oynar, ölçümlerin ve gözlemlerin farklı referans çerçeveleri altında nasıl değiştiğini tanımlar. Lorentz dönüşümlerinin özelliklerini incelenerek, uzay-zaman simetrileri ve değişmezlik prensipleri anlaşılır hale getirilebilir.
3. Topoloji ve Tutarlı Yapılar: T(g) kümesi, verilen g metriği ile uyumlu uzay-zamandaki tutarlı topolojileri temsil eder. Bu, bağlantılılık, sıkılaşma ve karmaşık döngülerin veya deliklerin varlığı gibi farklı topolojik özelliklerin uzay zamanda keşfedilmesine olanak sağlar. Uzay-zamanın topolojisini anlamak, fiziksel olguların küresel özelliklerini ve davranışlarını incelemek açısından önemlidir.
4. Fiziksel Denklemler: Jetlerin, metriklerin ve tutarlı yapıların kavramlarını birleştirerek, madde ve alanların

davranışını kontrol eden fiziksel denklemler türetilebilir ve çözülebilir. Bu denklemler, genel görelilikteki Einstein alan denklemleri gibi, uzay-zamanın eğriliğini madde ve enerjinin dağılımıyla ilişkilendirir.

Dokuz küreye göre difeomorfik olan bir Q demeti üzerine S 'nin bir τ geri çekilmesi var ise yerel koordinatlarda $\tau(u^i, S_{ab}) \to (u^i, S_{ab}/S)$ ile verilir [9-10], burada $a \leq b$ ve

$$S = (\sum_{m\leq n}(S_{mn})^2)^{1/2} \tag{2}$$

Uzay-zaman bağlamında, $\tau(u^i, S_{ab}) \to (u^i, S_{ab}/S)$ denklemi, uzay-zaman manifoldundaki vektörler ve tensörler arasında bir dönüşümü veya işlemi temsil etmek için kullanılır. Uzay-zaman bağlamında olası bir uygulama şöyledir:

u^i: Dört-boyutlu uzay-zamanda bir nesnenin hızını tanımlayan dört hız vektörünü temsil eder.

S_{ab}: a ve b indisleriyle gösterilen bir tensörü temsil eder. Uzay-zamanda, tensörler genellikle enerji-momentum tensörü veya eğrilik tensörü gibi fiziksel nicelikleri tanımlamak için kullanılır.

S : Bir skaler değeri temsil eder. Verilen denklemde, bir normalizasyon faktörü olarak işlev görür. Skaler S, tensör S_{ab}'ın bileşenlerinin karelerinin toplamının karekökü olarak hesaplanabilir. Bu hesaplama, tensörün genel büyüklüğünü veya boyutunu belirlemeye yardımcı olur. Tensör S_{ab}'ın her bir bileşenini skaler S ile böldüğümüzde, denklem bir normalizasyon veya ölçeklendirme işlemi gerçekleştirir. Bu normalizasyon, farklı büyüklüklere sahip tensörleri karşılaştırmak veya uzay-zaman hesaplamalarında tutarlı ölçeklendirme sağlamak gibi çeşitli amaçlar için kullanışlıdır.

$J^K(M,E) \to M\times E$, jet demeti $J^K(M,E)$'den görüntü uzayı $M\times E$'ye bir eşlemeyi temsil eder. Zaman-mekân bağlamında bu denklem şu şekilde ifade edilebilir: M, zaman-mekânın temel demetini temsil eder ve zaman-mekânın geometrik yapısını tanımlar. E, demet içindeki her nokta ile ilişkilendirilebilen bir vektör uzayını veya fiziksel bir alanı temsil eder. Ayrıca E'de değer alan fonksiyonların türevlerini içeren bir matematiksel kavramdır. Zaman-mekân alanında, bu denklem, M'nin geometrik özellikleri ile E tarafından temsil edilen ek yapılar veya alanlar arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılabilir. Bu eşleme analiz edilerek, zaman-mekânda fiziksel alanların davranışını, kalibrasyon simetrilerini ve diğer geometrik özelliklerini anlamak mümkündür.

$U\subseteq J^K(E)$ ve $j^K(f)(M)\subseteq U$, uzay-zaman ve jet demetleri olarak tanımlandığında; U, jet demeti $J^K(E)$'nin bir alt kümesini temsil eder. Burada $J^K(E)$, ek yapı veya E ile ilişkili K-jet demetini gösterir. U, belirli koşulları veya kısıtlamaları sağlayan belirli unsurları içeren bir jet demeti alt kümesidir. Öte yandan, $j^K(f)(M)$, M'de tanımlanan bir f fonksiyonunun K-jet uzantısını temsil eder. Bu fonksiyonu ve onun K. mertebeye kadar olan türevleri hakkında bilgi içerir. $j^K(f)(M)$, jet demeti $J^K(E)$'nin bir alt kümesidir ve M'deki her noktanın K-jet değerlerine karşılık gelen elemanları içerir.

$j^K(f)(M)$ alt kümesinin U alt kümesi içinde olduğunu ifade eder. Bu durum, M'deki her noktanın K-jet değerlerinin U tarafından belirlenen koşulları sağladığını gösterir. Başka bir deyişle, $j^K(f)(M)$ elemanları, U tarafından tanımlanan koşullarla sınırlıdır. Bu denklem, uzay-zaman ve jet demetlerinin çalışmasında fonksiyonların ve türevlerinin davranışı üzerinde belirli özellikleri veya kısıtlamaları belirtmek için yaygın olarak kullanılır. Fiziksel alanların, kalibre simetrilerinin veya uzay-zaman manifoldlarında tanımlanan diğer matematiksel nesnelerin davranışını tanımlamak ve analiz etmeye yardımcı olur. U, $J^K(E)$ ve $j^K(f)(M)$ öğeleri arasındaki ilişkiyi göz önünde bulundurarak, uzay-zaman bağlamında incelenen sistemin yapısı ve özellikleri kavranılabilir [6].

3. Einstein denklemleri

Einstein denklemleri, genel görelilik teorisinde uzay-zaman geometrisini açıklar ve uzay-zamanın enerji ve madde içeriğiyle ilişkili olduğunu ifade eder. Bu bölümde, Einstein denklemlerinin izol çözümleri olmadığı belirtilmektedir. Yani, bu denklemleri tam olarak çözmek ve analitik olarak kapalı çözümler bulmak mümkün değildir. Bunun yerine, genellikle sayısal veya yaklaşımsal yöntemler kullanılarak çözümler elde edilir.

Bir Lorentz metriğinin 2-jetini Ricci tensörünün 0–jetine eşleyen, Ric: $J^2(L)\mapsto J^\circ(S)$ ifadesi, Einstein denklemlerine örnek temsil etmektedir. Einstein denklemleri, uzay-zamanın geometrisini tanımlayan metrik tensör ve bu tensöre bağlı olan enerji ve madde dağılımını ifade eden enerji-momentum tensörü arasındaki ilişkiyi açıklar. Bu denklemler, genel görelilik teorisi çerçevesinde Einstein tarafından formüle edilmektedir. Örnek olarak verilen ifade, bir Lorentz metriğinin 2-jetini Ricci tensörünün 0-jetine eşleyen bir ilişkiyi göstermektedir. Burada, $J^2(L)$ Lorentz metriğinin 2-jetini temsil ederken, $J^\circ(S)$ ise Ricci tensörünün 0-jetini temsil etmektedir. Bu ilişki, Lorentz metriği ve Ricci tensörü arasında bir bağlantıdan yola çıkarak uzay-zamanın geometrisini ve enerji-momentum dağılımını açıklamaya yardımcı olmaktadır [6].

4. Uzay-zamanın global özelliklerinin kararlılığı

Bu kısımda, uzay zaman manifoldlarının belirli global özelliklerinin kararlı olduğu ve genel görelilik teorisiyle uyumlu olduğu belirtilmektedir. Bu özellikler, uzay-zamanın evrimi ve davranışı hakkında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca teorik fizik, matematik ve kozmoloji alanlarında çalışan araştırmacılar arasında ilgi görmektedir. Burada Robertson-Walker metriklerini kullanarak uzay-zamana ait metriklerin global özelliklerinin kararlılığını açıklanmaktadır. Robertson-Walker metrikleri, evrenin genişleme modelini tanımlayan kozmolojik metriklerdir. Bu ifadeye göre, belirli bir Robertson-Walker metriği kullanılarak, zaman (t), yarıçap (r), eğim açısı (θ) ve dönme açısı (φ) koordinatlarına bağlı olarak evrenin genişlemesini ve büyük ölçekli davranışını açıklamak mümkündür [11]. Bu metrikler aşağıdaki formülle tanımlanır:

$$g(t, r, \theta, \varphi) = dt^2 - R(t)^2 \left(dr^2/(1-kr^2) + r^2 d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2\right). \quad (3)$$

Bu metriklerin özellikleri ve davranışı hakkında temel bilgilerin olduğu varsayılmaktadır. Belirli bir Robertson-Walker metriği, enerji-momentum tensörünün mükemmel bir akışkan olduğu ve R(t) için alan denklemlerinin çözümlendiği varsayımıyla elde edilmektedir. Enerji-momentum tensörü, yoğunluk (ρ) ve basınç (p) gibi özelliklere sahip olan bir akışkanın özelliklerini temsil eder. Bu ifade, Robertson-Walker metriklerinin kullanılarak elde edilen belirli metriklerin, evrenin genişlemesinin ve davranışının belirli koşullar altında nasıl modellendiğini ve tanımlandığını açıklamaktadır. Bu metriklerin özellikleri ve alan denklemleri çözüldüğünde elde edilen çözümler, evrenin büyük ölçekli davranışının stabilite ve kararlılık özelliklerini belirlemeye yardımcı olur [11].

5. G -tekillikler

G-tekillikleri, Einstein denklemlerinin çözümlerinde ortaya çıkan ve uzay-zaman eğriliğin sonsuz derecede büyük olduğu veya fiziksel niceliklerin aşırı davranış sergilediği bölgeleri gösteren noktalardır. Bu tekillikler genellikle evrenin teorik tanımı içinde istisnai veya anormal koşulları temsil eder. Lorentz metrikleri, G-tekilliklerinin oluşumunu ve davranışını analiz etmede çok önemli bir rol oynar. Bu metrikler kullanılarak tekilliklerin özelliklerini ve karakteristikleri araştırılabilir ve temel fiziğe ilişkin değerli bilgiler edinilebilir. G-tekilliklerinin doğasını anlamak, aşırı koşullarda uzay-zamanın davranışı hakkında temel ipuçları sağladıkları ve mevcut fiziksel teorileri anlamamıza yardımcı olur. G-tekilliklerinin incelenmesi, kara delikler, yerçekimsel çökmeler ve evrenin ilk aşamaları gibi büyüleyici olayları keşfetmemize olanak tanır. Lorentz metrikleri, bu karmaşık sistemleri tanımlamak ve analiz etmek için gerekli matematiksel çerçeveyi sağlayarak, tekilliklerin yakınında uzay-zamanın özelliklerinin incelemesine, ufukların doğası, yerçekimi dalgaları, madde ve enerjinin davranışı dahil olmak üzere ilişkili fiziksel olayların araştırılmasına olanak tanır. G-tekilliklerini incelemesi ile elde edilen sonuçlar, geleneksel fizik yasalarının işlemediği bölgelerde evrenin davranışını daha iyi açıklayabilen teorilerin ve modellerin geliştirilmesine katkıda bulunur [12-13].

6. Büyük patlamanın kararlılığı

Lorentz metrikleri, zamanın evrimini, uzayın genişlemesini ve Büyük Patlama teorileri bağlamında evrenin ilk aşamalarında meydana gelen dinamik süreçleri anlamak için temel araçlar olarak hizmet eder. Bu metrikler, uzay-zaman geometrisinin matematiksel bir temsilini sağlayarak, Büyük Patlama ile ilişkili fiziksel olayların anlaşılmasına ve yorumlanmasına olanak tanır. Lorentz metrikleri kullanılarak Büyük Patlamanın kararlılığı hakkında fikir edinilebilir. Kararlılık, evrenin ilk anlarının teorik tanımının tutarlılığı ve sağlamlığı anlamına gelir. Lorentz metrikleri tarafından tanımlandığı şekliyle uzay-zaman dinamiklerinin ve özelliklerinin Büyük Patlamadan sonra evrenin oluşumuna ve gelişimine nasıl katkıda bulunduğunu incelenir. Büyük Patlamanın kararlılığını incelemek, kozmik genişlemenin davranışı, ilkel dalgalanmaların evrimi, şişme süreçlerinin varlığı ve kozmik yapıların oluşumu gibi çeşitli olayların araştırılmasını da içerir. Lorentz metrikleri, bu olayları açıklamak için matematiksel bir dil sağlar ve Büyük Patlamanın kararlılığı üzerindeki etkilerin anlaşılmasına zemin hazırlar. Büyük Patlamanın kararlılığı Lorentz metrikleri ve Robertson-Walker modeli çerçevesinde kapsamlı bir şekilde incelenerek, erken evrenin temel doğası ve evrimini şekillendiren süreçler hakkında daha derin bir anlayış elde edilmesine olanak verir. Bu çalışmalar, kozmik yapıların kökenleri, madde ve enerjinin dağılımı ve evrenin geniş zaman aralıklarındaki gelişimi hakkındaki bilgilerimizin artmasına katkı sağlar [14-15].

7. Sonuç ve tartışma

Lorentz uzayı teorik fizikçiler ve matematikçiler için çalışılan kapsamlı bir alandır. Bu alan 20. yüzyılda Einstein'ın özel ve genel görelilik kuramlarının kullanılmasıyla popüler olmuştur. Bu kapsamda Lorentz metrikleri, Einstein denklemlerinde kullanıldığında, uzay-zamanın global özelliklerinin kararlılığı, G-Tekillikler ve ayrıca Büyük Patlamanın kararlılığı hakkında önemli sonuçlara ulaşmamızı sağlar. Bu metrikler, uzay-zamanın geometrisini ve içindeki maddenin davranışını anlamak ve evrenin genel özelliklerini keşfetmek için önemli bir araçtır [16-19].

Teşekkür

Katkılarından dolayı Doç. Dr. Sema Kurtaran'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

[1] C.W. Misner, K.S. Thorne and J.A. Wheeler, "Gravitation", New Jersey, USA: Princeton University Press, 2017.
[2] S. Hawking and G. Ellis, "The Large-Scale Structure of Space-Time", Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1973.
[3] M. P. Hobson, G. P. Efstathiou, A. N. Lasenby, "General Relativity: An Introduction for Physicists", Cambridge University Press, 2006.
[4] B. Schutz, "A First Course in General Relativity", Cambridge UK: Cambridge University Press, 2022.
[5] S. Carroll, "Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity", Cambridge, UK: University Press, 2019.
[6] D. E. Lerner, "The Space of Lorentz Metrics", Commun. Math. Phys., vol. 32, pp. 19-38, 1973.
[7] C. Nash and S. Sen, "Topology and Geometry for Physicists", Amsterdam, NL: Elsevier, 1988.
[8] G. L. Naber, "Topology, Geometry and Gauge Fields: Foundations", Berlin, DE: Springer, 2012.
[9] J. M. Lee, "Introduction to Smooth Manifolds", Berlin, DE: Springer, 2013.
[10] L. Godinho, J. Natário, "An Introduction to Riemannian Geometry: With Applications to Mechanics and Relativity", Berlin, DE: Springer, 2014.
[11] P. J. E Peebles, "Physical Cosmology", New Jersey, USA: Princeton University Press, 1971.
[12] R. Penrose, "Lectures in Mathematics and Physics", New York, USA: W. A. Benjamin, 1968.
[13] R. P. Geroch, "Article in Relativity", New York, USA: Plenum Press, 1970.
[14] N. Straumann, "General Relativity and Cosmology", Berlin, DE: Springer, 2013.
[15] S. Helgason, "Differential Geometry, Lie Groups, and Symmetric Spaces", Providence, USA: American Mathematical Society, 2001.
[16] A. Zee, "Quantum Field Theory in a Nutshell", New Jersey, USA: Princeton University Press, 2010
[17] L. Ryder, "Introduction to General Relativity", Cambridge, USA: Cambridge University Press 2009.
[18] M. Nakahara, "Geometry, Topology and Physics", Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2003.

[19] H. Sati and U. Schreiber, "Mathematical Foundations of Quantum Field Theory and Perturbative String Theory", Providence, USA: American Mathematical Society, 2011