T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

f(R,T) ÇEKİM TEORİSİNDE GENELLEŞTİRİLMİŞ MODELLER VE MADDE ÇÖZÜMLERİ

Ali KABAK

Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

f(R,T) ÇEKİM TEORİSİNDE GENELLEŞTİRİLMİŞ MODELLER VE MADDE ÇÖZÜMLERİ

Ali KABAK

Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **18/01/2019**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Sezgin AYGÜN

ÇANAKKALE

Ali KABAK tarafından Doç. Dr. Sezgin AYGÜN yönetiminde hazırlanan ve **18/01/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**f(R,T) Çekim Teorisinde Genelleştirilmiş Modeller ve Madde Çözümleri**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Dr. Öğr. Üyesi Değer SOFUOĞLU ……………………
Başkan

Doç Dr. Sezgin AYGÜN ……………………
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Can AKTAŞ ……………………
Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:………

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Ali KABAK

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında emek ve yardımlarından dolayı danışman hocam Doç. Dr. Sezgin AYGÜN ve her zaman yanımda olan sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Ali KABAK

Çanakkale, Ocak 2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

g_{ik}	Metrik tensör
x^i	Koordinatlar
∂	Kısmi türev
R^i_{klm}	Riemann tensörü
R_{ik}	Ricci tensörü
R	Ricci skaleri
G_{ik}	Einstein tensörü
κ	$\frac{8\pi G}{c^4}$ değerinde sabit
G	Gravitasyon sabiti
T_{ik}	Enerji-momentum tensörü
Λ	Kozmolojik sabit
ϕ	Skaler alan fonksiyonu
$V(\phi)$	Skaler alan potansiyeli
u_i	Hız vektörü
μ	f(R,T) gravitasyon sabiti
T	Enerji-momentum tensörünün izi
L_m	Maddenin Lagrangian'ı
θ	Skaler genişleme
σ^2	Shear skaleri
H	Hubble parametresi
x, y, z, t	Kartezyen koordinatlar
a^3	Uzaysal hacim
q	Yavaşlama parametresi

ÖZET

f(R,T) ÇEKİM TEORİSİNDE GENELLEŞTİRİLMİŞ MODELLER VE MADDE ÇÖZÜMLERİ

Ali KABAK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Doç. Dr. Sezgin AYGÜN
18/01/2019, 36

Bu çalışmada kütleli ve kütlesiz skaler alan madde dağılımları, Marder ve Bianchi tip I evren modellerinde, kozmolojik sabitin varlığında, *f(R,T)* alternatif kütle çekim (gravitasyon) teorisinde ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Çözümler için anizotropi parametresi ve çeşitli skaler alan modellerinden faydalanılmıştır. Elde edilen çözümler genel rölativite teorisine indirgenmiş ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: *f(R,T)* Teori, Skaler Alan, Marder Evren Modeli, Bianchi I Evren Modeli, Kozmolojik Sabit.

ABSTRACT

GENERALIZED MODELS AND MATTER SOLUTIONS IN f(R,T) GRAVITY THEORY

Ali KABAK
Çanakkale Onsekiz Mart University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master of Science Thesis in Space Sciences and Technologies
Advisor : Assoc. Prof. Dr. Sezgin AYGÜN
18/01/2019, 36

In this study, the massive and massless scalar field distributions was investigated in the Marder and Bianchi type I universe models, in the presence of cosmological constant, in *f(R,T)* alternative gravitation theory. Anisotropy parameters and various scalar field models were used for the solutions. The obtained solutions were reduced to the general theory of relativity and the results obtained were discussed.

Keywords: *f(R,T)* Theory, Scalar Field, Marder Universe Model, Bianchi I Universe Model, Cosmological Constant.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Kozmoloji ya da evrenbilim, gerek konu itibari ile gerekse de ölçeklendirmesi açısından belki de doğa bilimlerinin içinde en kapsamlısıdır. Bu bağlamda kozmoloji; evrenin ilk anlarından itibaren şu ana kadar geçen süre zarfında meydana gelen kinematik ve dinamik etkileşimleri, değişimleri ayrıntıları ile gözlemsel ve teorik olarak inceleyen ve bundan sonraki süreçleri ve işleyişi, eldeki veriler ve güncel araştırma ve gözlem verileri yardımı ile çözmeyi amaçlayan bir bilim dalıdır.

Kozmolojik bir model, evrenin şu andaki davranışlarını ve zaman içerisindeki gelişimini açıklamaya çalışan, matematiksel bir tanımlamadır. Bu matematiksel yapının örülmesinde homojenlik, izotropi, rotasyon ve bunlara benzer özellikler kullanılır ise ele aldığımız evren modeli de bu çeşitlilik içerisinde farklılık gösterir. Son yıllarda yapılan hassas gözlemler ve ölçümler vasıtası ile içerisinde yaşadığımız evrenin homojen bir yapıda olduğunu söyleyebiliriz. Bu tip evren modeline homojen evren modeli adı verilir (Silk, 1997). Bu homojen evren modelleri de kendi içerisinde izotrop (eş yönlülük) ve anizotrop (izotrop olmayan) modeller olarak ikiye ayrılırlar. Kozmolojik modeller doğrudan gözlemlere dayanmaktadır. Kozmolojik modeller ayrıca iki temel varsayımdan da kaynaklanmaktadır: Dünya üzerinde geçerli olan aynı fizik yasaları, zamandan bağımsız olarak evrenin her bölgesinde de geçerlidir. Ayrıca, Dünya evrenin merkezinde yer almaz ve özel bir yer işgal etmez, bu nedenle evren büyük ölçekte her yönden ve her yerden aynı şekilde görünür. Yani bizler ayrıcalıklı bir konumda değilizdir. Bu ilke genellikle Kopernik ilkesi olarak anılır ve genelde gözlem verilerinin yorumlanmasında bu ilkeye başvurulur (Ryden, 2016).

Doğa bilimlerinde kabul görmüş ve başarı sağlamış teoriler incelendiği zaman, bunların en anlaşılır ve basit türden teoriler olduğu görülür (Silk, 1997). Evren modelleri ve evrenin gizemini çözmeye çalışan çeşitli teoriler düşünüldüğünde, günümüze kadar birçok farklı teori ortaya atılmıştır. Bu teorilerin bazıları yetersizlikleri yüzünden, bazıları deney ve gözlemler ile uyuşmazlığı yüzünden, bazıları ise çeşitli kusurları yüzünden istenilen ilgiyi görmemiştir. Bazı teoriler ise deney ve gözlemler ile uyumlu olup, belli başlı temel problemlere cevap verebildiği için geçerliliğini korumuştur (Kıy, 2014).

Fizik ve astronomi alanında birçok ünlü bilim insanı yaptıkları çalışmalar ve sundukları teoriler ile bilim ve teknolojinin hızlı bir şekilde gelişimine önayak olmuşlardır. Örneğin, fizikçi, matematikçi ve gökbilimci Galileo Galilei fizikte sabit ivmeli hareketler üzerine önemli çalışmalara imza atmıştır. Aynı zamanda teleskop ile yaptığı gözlemleri yayınlayan ilk kişidir. Ay yüzeyinde tepeleri, Jüpiter'in uydularını, güneş lekelerini keşfetmiştir (Yinilmez, 2009). Aynı dönem içerisinde yaşamış olan diğer bir bilim insanı Johannes Kepler ise astronomik gözlemler vasıtası ile gök cisimlerinin hareketlerini incelemiş ve kendi adıyla anılan Kepler Kanunlarını ortaya atmıştır (Serway, 1995).

Klasik kütle çekimin kökenini araştırsak Kepler ve Galileo'ya kadar gideriz (Roy ve Clarke, 2003). Newton, bu bilim insanlarından sonra, meşhur Newton teorisini ortaya atmıştır. Yerçekimi yasalarını matematik alt yapı ile doğru bir şekilde ilk kez Newton açıklamış ve bunun hayatımızda karşılaşabileceğimiz tüm nesneler için geçerli olduğunu ispatlamıştır. Bunun sonucunda Kepler kanunlarının açıklamasında da etkili olmuştur. Klasik mekaniğin gelişmesi için Newton çok büyük bir katkı yapmıştır. 19. yüzyıla yaklaşırken, gravitasyonel kırmızıya kayma, Merkür'ün enberi noktasının ilerlemesi, ışığın gravitasyonel alanda sapması gibi bazı olaylar Newton'un yerçekimi teorisi ile açıklanamamıştır (Özemre, 1982; Kıy, 2014). Böylece bu ve buna benzer olguları tam ve doğru bir şekilde açıklamak amacı ile modern fizik ortaya çıkmıştır (Serway, 1995).

Modern Fizik denilince akla ilk olarak rölativite teorisi ve kuantum mekaniği gelmektedir (Serway, 1995). Çünkü modern fizik kapsamında en önemli gelişmeler rölativite teorisi ve kuantum mekaniği alanlarında meydana gelmiştir. Rölativite yada diğer adı ile Görelilik ilk kez Albert Einstein tarafından ortaya atılmıştır. Sırası ile Özel Görelilik (Einstein, 1905) ve Genel Görelilik (Einstein, 1916) teorileri şeklinde ikiye ayrılır. Özel Görelilik teorisi hızlar ile ilgili olup temeli de eylemsiz referans sistemlerine dayanır. Genel Görelilik teorisi "eşdeğerlik prensibi" ve "genel kovaryans" prensiplerine dayanır. Genel rölativite teorisi Riemann geometrisi yardımı ile tanımlanır. Bu teoride $g_{ik} = g_{ik}(x^1, x^2, x^3, x^4)$ metrik tensör olup, uzay-zamanı tanımlayan ds^2 yay elemanı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$ds^2 = g_{ik}(x^j)dx^i dx^k \tag{1.1}$$

Burada *i* ve *k* indisleri dört boyutlu uzay-zaman için *1, 2, 3, 4* veya *0, 1, 2 ve 3* değerlerini alırlar. g_{ik} metrik tensörü, x^j koordinatlarına bağlı olup simetriktir. dx^i ise koordinatların diferansiyelleridir. Böylece madde ve geometri arasındaki ilişkiyi bize sunan eşitlik aşağıdaki gibi verilir:

$$G_{ik} \equiv R_{ik} - \frac{1}{2} R\, g_{ik} + \Lambda\, g_{ik} = -\kappa T_{ik} \tag{1.2}$$

şeklinde tanımlanır. Bu eşitlikteki bilinmeyenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

G_{ik} : Einstein tensörü,

R_{ik} : Ricci tensörü,

R : Ricci skaleri,

g_{ik} : Metrik tensör,

Λ : Kozmolojik sabit,

κ : $\frac{8\pi G}{c^4}$ değerinde bir sabit

T_{ik} : Enerji-momentum tensörüdür.

(1.2) eşitliğindeki kısmi diferansiyel denklemin sol tarafı evrenin geometrik yapısıyla, sağ tarafı ise evrendeki madde miktarıyla ilgilidir. (Hawking ve Israel, 1979). Bu denklem sistemini çözebilmek için birtakım fiziksel ve matematiksel özellikler tek tek veya bir arada uygulanır. Bu özellikler evrenin homojenliği, izotropik yada anizotropik yapısı, simetri özellikleri gibi belirleyici faktörlerdir. Madde kısmına ise ideal akışkan, skaler alan, kuark madde, elektromanyetik alan v.b. gibi madde dağılımları eklenerek çözümler elde edilmeye çalışılır (Ryan ve Sheply, 1975; Kramer ve ark., 1980; Aygün, 2008).

Rölativite teorisinin yardımı ile insanoğlunun sürekli merak ettiği evrenin gizemi çözebilmek için matematiksel bir model elde edilmiş ve Newton mekaniği ile açıklanamayan bazı olaylara açıklık getirilmiştir. Rölativite teorisi gravitasyonu tanımlamada son derece başarılı olmasının yanında, son yıllarda bir çok testen başarı ile de geçmiştir. 2014 yılında yapılan bir çalışmada ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), LAGEOS-1 (Laser Geodynamic Satellite) ve LAGEOS-2 isimli iki uydunun lazer ışını yöntemini kullanarak, n yörüngelerindeki sapmayı hesaplayabildiklerini açıklamıştır. Böylece bu uyduların dünya dönüş yönüne göre yılda yaklaşık iki metre saptığı bulunmuştur. Bu ölçüm ile genel rölativite teorisinden hareketle daha önce yapılan hesaplar arasında % 99'luk bir uyum elde edilmiştir. Böylelikle rölativite teorisi kanıtlanmıştır (Anonim, 2014). Ayrıca 2016 yılında LIGO (The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) tarafından yapılan ikinci bir gözlemde kütle çekim dalgalarına ait olduğu düşünülen ve iki kara deliğin birbirine çarpmasıyla oluşan dalgalarına ait veriler ikinci kez kaydedilmiştir. Böylece iki karadeliğin birbirini yutması sonucu yer çekimi dalgaları şeklinde enerji saldıkları gözlemlenmiştir (Abbot ve ark., 2016a; Abbot ve ark., 2016b). Gravitasyonel ışıma olarak enerji aktaran bu dalgalar, 1915 yılında Einstein tarafından teorik olarak öngörülmüş olup, teori gözlemler ışığında 100 sene sonra doğrulanmıştır. Bu keşif LIGO deneyinde görev alan Weiss, Barish ve Thorne'a 2017 Nobel Fizik ödülünü kazandırmıştır.

Bununla beraber Hubble (1929) tarafından galaksilerin aralarındaki mesafeyle orantılı bir şekilde hızlanarak uzaklaşmaları keşfi ve sonrasında Süpernova Ia (SN Ia) gözlemleri (Riess ve ark., 2004; Perlmutter ve ark., 1999), evrenimizin ivmelenerek genişlediğini göstermiştir (Şen, 2018). Fakat, yukarıda bahsettiğimiz rölativite teorisinin başarıları yanı sıra, bu teori kapsamında cevaplayamadığımız sorular da ortaya çıkmıştır. Bunlardan belki de en kayda değer olanı evrenin ivmelenerek genişlemesine sebep olarak gösterilen karanlık madde ve karanlık enerjidir. Kozmolojik sabit, Quintessence ve Chaplygin gaz v.b. gibi madde dağılımları çeşitli karanlık enerji formları arasında sıralanabilir (Kamenshchik ve ark., 2001; Nalbant , 2013).

Yaşadığımız tüm evreni kaplayan, tespit edilemeyen ve dolaylı yollar ile varlığı anlaşılan, görünmeyen bu gizemli enerjiye karanlık enerji adı verilir (Özkan, 2012). Hiçbir spektrum bölgesinde gözlenemeyen, ışığı soğurmayan veya yansıtmayan ve doğrudan gözlenemeyen kozmolojik açıdan çözülmeyi bekleyen bir diğer gizemli madde türü de karanlık maddedir. Planck uydu verilerine göre, evrenin yaklaşık %26'lık kısmı karanlık maddeden oluşur. Karanlık enerjinin evrendeki oranı yaklaşık olarak % 69'dur. Görünür evren ise yaklaşık %5'lik bir dilimdir (Ade, 2016). Evrenin %95'lik kısmının karanlık enerji ve karanlık maddeden oluşması neticesinde, çoğu araştırmacı bu problemi tekrar incelemişler ve Einstein'ın teorisinin kabul görmüş son teori olmadığı kanısına ulaşmışlardır (Capozziello ve ark., 2008). Bununla beraber evrenin ivmelenmesini açıklayabilmek için Rölativite teorisine ek modifiye bazı yeni teoriler de ileri sürülmüştür. Modifiye yada diğer bir adıyla alternatif gravitasyonel teoriler ve karanlık enerji evrenin ivmelenmesini açıklamak için kullanılan yöntemlerdendir. Modifiye teoriler genel olarak Einstein'ın denklemlerine bazı skaler, vektörel, tensörel ilave terimler eklemek yoluyla elde edilirler (Nojiri ve Odintsov, 2007; Nalbant, 2013). Bu teorilerin bazıları; Teleparallel gravitasyon teori (Hayashi ve Shirafuji, 1979),), *f(R)* Teori (Buchdahl, 1970), Self Creation Teori (Barber, 1982), Brans-Dicke Teori (Brans ve Dicke, 1961), *f(R,T)* Teori (Harko ve ark., 2011), Lyra Teori (Lyra, 1951), Creation Field Teori (Hoyle ve ark., 1966) gibi teorilerdir

(Şen, 2018). Evrenin yapısı tüm çağlarda da merak konusu olmuş ve olmaya da devam etmektedir. Evrenin sonunun nasıl olacağı sorusu yanında, evrenin başlangıcının nasıl olduğu, ilk madde oluşumu, çeşitli nükleosentez işlemler, entropi üretimi v.b. olaylar tam olarak çözüme kavuşmuş değildir.

Evrendeki çeşitli termik geçişleri tanımlayabilmek için genellikle ideal akışkan içeren modeller kullanılır. Fakat yukarıda bahsettiğimiz birçok fiziksel olay ve süreç sadece ideal akışkan içeren modeller ile açıklamamaktadır. Bundan dolayı ideal akışkan içeren modellere bazı ilave terimler ekleme görüşü öne sürülmüştür (Aygün, 2005). Çünkü çok yüksek sıcaklıklarda, maddeyi tanımlamak için, akışkan mekaniği yerine, kuantum alan teorisini kullanmak gerekir. Bu da evren modelleri oluşturur iken bazı değişikliklerin yapılması anlamına gelir. Bu amaç ile bir tür kuantum alanı olan skaler alan kavramı evrenin dinamik davranışını tanımlamak için kullanılır (Matos ve ark., 2000). Bu düşünce, modern kozmolojinin temelini oluşturmaktadır (Aygün 2008). Skaler alan kavramı, Mach Prensibinin açıklanmaya çalışılmasında, ilk kez Dirac (1938) tarafından ortaya atılmıştır. Buradan da gravitasyonel sabitin zamana bağlı olması gerektiği sonucu ortaya atılmıştır (Ram ve Singh, 1999). Ardından Jordan, Brans ve Dicke ilk skaler-tensör teorileri ortaya atmışlardır. Bu alanlar ayrıca Creation field, Lyra vb. gibi birçok alternatif gravitasyon teorisinde madde dağılımlarının temel bileşenleridir. Matos ve ark. (2000) göre; ”skaler alanlar, Kaluza-Klein ve Süper-sicim teorileri için önemli adaylardan biridir.” Bundan dolayı, skaler madde dağılımı için modifiye alan denklemlerinin çözümleri oldukça önemlidir.

Bilindiği gibi evrendeki maddenin dağılımında bazı kümeleşmeler vardır (Atkinson, 2005). Bu nedenle, farklı madde formları ile beraber kütleli ya da kütlesiz skaler alan içeren modellerini araştırmanın evrenin evrim aşamaları sürecini anlamada aynı zamanda parçacık fiziği ve kozmolojinin birlikte ele alınmasında da önemli rol oynayacağı düşünülmektedir (Zhuk ve Günther, 2004). Evrenin başlangıcındaki çeşitli evre geçişleri ile evrenin sıcaklığı kritik sıcaklığın ($t = 10^{-43}$ deki sıcaklık $\sim 10^{32}\, K$) altına düşmüştür. Bu değişimin ise kütleli skaler alanı etkilediği ve bunun sonucu olarak kozmolojik yapı oluşumuna kaynak oluşturduğu düşünülmektedir (Zhuk ve Günther, 2004; Aygün, 2008) Son yapılan çalışmalar ışığında Higgs mekanizması kullanılarak parçacıkların kütleleri, kütleli skaler alan kullanılmasıyla açıklanmaya çalışılmıştır (Fay ve Lehner, 2005). Ayrıca, evrendeki ivmelenerek genişleme mükemmel (quintessence) skaler alan yardımı ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Bunun yanı sıra skaler alan kavramı erken evrendeki enflasyon üretiminin en iyi mekanizmalarından biridir (Fay ve Lehner, 2005). Standart modeldeki skaler alanlar sayesinde ilk oluşan parçacıkların kütleleri için ihtiyaç duyulan ve başlangıçta var olan bileşenler elde edilmiş olur. Bunların yanında spiral galaksilerdeki karanlık madde için skaler alanların çok iyi bir aday olabileceği üzerine çalışılmaktadır (Guzman ve Matos, 2000), (Matos ve Guzman, 2000). İçerisinde skaler alan barındıran kozmolojik modeller, erken evrenin derinlemesine araştırılması ve anlaşılması için büyük öneme sahiptirler (Billyard ve Coley, 2000). Yukarıda sayılan birçok sebepten dolayı son zamanlarda, skaler alan içeren kozmolojik modeller üzerine gittikçe artan bir ilgi olmuştur.

Homojen ve izotrop kozmolojik modeller günümüz evrenini oldukça iyi tanımlarken rotasyon yapan veya yapmayan homojen fakat anizotrop kozmolojik modellerde erken evren evrelerinde parçacık oluşumu, entropi üretimi, karanlık madde gibi bazı temel özellikleri anlamada önemli role sahiptirler (Zhuk ve Günther, 2004; Aygün, 2005). Bu yüzden bu tezde, homojen ve anizotrop evren modelleri için skaler alan varlığında $f(R,T)$ gravitasyon teorisinde çözümler aranacaktır.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Alternatif gravitasyon teorilerinden biri olan *f(R,T)* gravitasyon teorisi için de yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir. İlk olarak Harko ve ark. (2011) *f(R,T)* alternatif gravitasyon teorisini öne sürmüşlerdir. Daha sonra Houndjo ve Piattella (2012) *f(R,T)* gravitasyon teorilerine dayanan kozmolojik senaryoları ele alarak karanlık madde ve holografik karanlık enerjiyi araştırmışlardır. Farasat ve ark. (2012) *f(R,T)* gravitasyon teorisi bağlamında Bianchi tip I ve tip V uzaylarının tam çözümlerini sabit yavaşlama parametresini kullanarak elde etmişlerdir. Sharif ve Zubair (2012), *f(R,T)* gravitasyon teorisinde homojen ve anizotropik Bianchi tip I evren modeli için ideal akışkan ve kütlesiz skaler alanın davranışını incelemişlerdir. Myrzakulov (2012), *f(R,T)* gravitasyon teorisinin geometrik kökenini inceleyerek modelin geometrik açıdan türetilmesini sağlamıştır. Rao ve Neelima (2013) *f(R,T)* gravitasyon teorisi çerçevesinde ideal akışkanlı Einstein-Rosen uzay-zamanını anizotropi özelliğini kullanarak çözmüşlerdir. Santos (2013), Gödel evrenini *f(R,T)* gravitasyon teorilerinin modifiye edilmiş varyasyonlarını ele alarak incelemiştir. Azizi (2013), *f(R,T)* gravitasyon teorisi çerçevesinde solucan deliği çözümlerini elde etmiştir. Ram ve ark. (2014) Bianchi tip I ve V kozmolojik modellerini, viskoz akışkan varlığında ve *f(R,T)* gravitasyon teorisi çerçevesinde incelemişlerdir. Farasat (2015), *f(R,T)* gravitasyon teorisi bağlamında Bianchi I evren modelinin tam çözümlerini elde etmiştir. Bunun için sabit yavaşlama parametresi ve Hubble parametresinin varyasyon kanunu varsayımını kullanarak iki farklı evren modeli elde etmiştir. Farasat ve Zahid (2015) *f(R,T)* gravitasyon teorisi bağlamında, silindirik koordinatlarda simetrik uzay-zamanın tam çözümlerini araştırmışlardır. Zubair ve ark. (2015) *f(R,T)* gravitasyon teorisinde eksensel simetrik anizotropik maddenin evrimini araştırmışlardır. Noureen ve ark. (2015) *f(R,T)* gravitasyon teorisinin dinamiğini incelenmişlerdir. Saha (2015) *f(R,T)* gravitasyon teorisi kapsamında, Bianchi tip I evrenindeki etkileşimli skaler ve elektromanyetik alanları incelemişlerdir. Singh ve Bishi (2015) *f(R,T)* gravitasyon teorisinde Bianchi-I evren modeli için kozmolojik sabit varlığında ikinci dereceden durum denkleminin çözümlerini araştırmışlardır. Singh ve Singh (2015) Friedmann-Robertson-Walker evren modeli çerçevesinde modifiye *f(R,T)* gravitasyon teorisindeki skaler alanın davranışlarını incelemişlerdir. Ayrıca geliştirdikleri modelin evrenin erken evrelerinde ki fiziksel olguları desteklediğini öne sürmüşlerdir. Singh ve ark. (2016) *f(R,T)* gravitasyon teorisindeki skaler alan ve kozmolojik sabitin davranışını $f(R,T) = R + 2f(T)$ koşulu altında homojen ve anizotropik Lokal Rotasyonel Simetrik (LRS) Bianchi tip-I evren modelinde araştırmışlardır. Ayrıca modellerinde kozmolojik sabit değerlerinin gözlemsel sonuçlarla uyumlu olduğunu bularak modelin bazı fiziksel ve kinematik özelliklerini tartışmışlardır. Sofuoğlu (2016), Bianchi IX evren modelini ideal akışkan madde dağılımı için $f(R,T)$ gravitasyon teoride incelemiştir. Aygün ve ark. (2016) $f(R,T)$ gravitasyon teorisinde Λ kozmolojik sabit varlığında silindirik simetrik Marder evreni için $f(R,T)$ denklemlerinin acayip kuark madde dağılımını kullanarak elde etmişlerdir. Bishi ve ark. (2017) homojen anizotropik LRS Bianchi tip-I evren modelini, sabit bir yavaşlama parametresine yol açan özel bir Hubble parametresi ile $f(R,T)$ gravitasyon teorisi üzerinde incelemişlerdir. Çağlar ve Aygün (2017) $f(R,T)$ gravitasyon teorisinde homojen ve anizotropik Bianchi tip-I evren modelini Λ kozmolojik sabiti ve kuark madde varlığında $f(R,T)=R+2f(T)$ modelinde araştırmışlardır. Sharif ve ark. (2017) $f(R,T)$ gravitasyon teorisinde phantom ve quintessence skaler alan modellerini Noether simetrisini kullanarak çözmüşlerdir. Bu modellerde toz dağılımlı quintessence modeli için yavaşlatılmış genleşmenin elde edildiği sonucuna varırken, kinetik enerji üzerindeki potansiyel enerjiye hakim ideal akışkanın ise hem phantom hem de quintessence modelleri için mevcut kozmik genleşmeye yol açtığını keşfetmişlerdir. Solanke ve Karade (2017) $f(R,T)$ gravitasyon teorisinde, $f(R,T)= f_1(R) + \lambda f_2(T)$ genel durumları dikkate alarak, Bianchi-I evren modelinde skaler ve elektromanyetik alanları incelemişlerdir. Yadav ve Ali (2018) $f(R,T)$ gravitasyon teorisinde $f(R,T)=R+2f(T)$ koşulu altında Bianchi tip I evren modelinin çözümlerini Lie noktası simetri analizi yöntemi kullanılarak elde etmişlerdir. Tiwari ve ark. (2018) $f(R,T)$ modifiye gravitasyon teorisinde LRS Bianchi tip-I evren modeli üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Keskin (2018) $f(R,T)$ gravitasyon teorisi ile minimal bağlanan skaler alanlı erken evrenin süper enflasyon mekanizmasını açıklamıştır. Sahoo ve Reddy (2018) $f(R,T)$ teoriyi LRS Bianchi tip-I evreninde, $f(R,T)=R+2f(T)$ koşulu altında; viskoz akışkan varlığında incelemiştir. Sharif ve Nawazish (2018) madde ve skaler alanların asgari olarak bağlanmasını kabul eden $f(R,T)$ teoriyi baz alarak elde edilen izotropik evren modelini, Noether simetrilerinin varlığında araştırmışlardır. Ding ve ark. (2018) $f(R,T)$ teoriyi, iki bağımsız skaler alan içeren iki farklı teoriye; varyasyonel metotla genellemişler ve alan denklemlerini, konformal transformasyon metodunu kullanarak elde etmişlerdir. Aygün ve ark. (2018) $f(R,T)$ teoride, Friedmann-Robertson-Walker (FRW) evreninde kütleli ve kütlesiz skaler alanların davranışlarını incelemişlerdir. Modifiye alan denklemlerinin kesin çözümlerini elde etmek için $f(R,T)=R+2f(T)$ modelini kullanmışlardır.

Bu tez çalışmasında *f(R,T)* gravitasyon teorisinde genelleştirilmiş modeller ve skaler alan içeren madde çözümleri kozmolojik sabitin varlığında araştırılacaktır. Daha sonra bu çözümlerden genel rölativite teorisine geçiş yapılarak, iki farklı teori, çeşitli açılardan değerlendirilecektir.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

2011 yılında Harko ve ark. evrenin ivmelenerek genişlemesini açıklayabilmek için *f(R,T)* teori adında yeni bir alternatif gravitasyon teorisi önermişlerdir. Bu teoriye göre, *f(R,T)* gravitasyon teorisinin etki fonksiyonu aşağıdaki gibi verilir.

$$S = \frac{1}{16\pi G}\int \sqrt{-g}\,[\,f(R,T) + L_m]d^4x \tag{3.1}$$

Burada L_m maddenin Lagrangian'ını, g , g_{ik} metrik tensörünün determinantını, R Ricci skalerini, T ise T_{ik} enerji-momentum tensörünün izini gösterir. Ayrıca *f(R,T)* teorisinde *R* ve T keyfi fonksiyonlardır. T_{ik} enerji-momentum tensörünü simgelemekte olup, aşağıdaki gibi verilir.

$$T_{ik} = g_{ik}L_m - \frac{2\partial L_m}{\partial g^{ik}} \tag{3.2}$$

(3.1) denkleminin varyasyonunu alınırsa

$$f_R(R,T)R_{ik} - \frac{1}{2}f(R,T)g_{ik} + (g_{ik}\mathrm{W} - \nabla_i\nabla_k)f_R(R,T) =$$
$$8\pi T_{ik} - f_T(R,T)T_{ik} - f_T(R,T)\Xi_{ik} + \Lambda g_{ik} \tag{3.3}$$

denklemi elde edilir (Harko ve ark., 2011). Burada *R* ve T alt indisleri *f(R,T)* fonksiyonunun sırasıyla *R* ve *T'* ye göre türevlerini, ∇_i ise kovaryant türevi gösterir ayrıca 4-boyutlu uzay-zaman için *i* ve *k* alt indisleri 1..4 arasında değer alır. Burada $\mathrm{W} = \nabla_i\nabla^i$ olarak verilir. Ayrıca Ξ_{ik} terimi ise aşağıdaki gibi verilir.

$$\Xi_{ik} = -2T_{ik} + g_{ik}L_m - 2g^{ik}\frac{\partial^2 L_m}{\partial g^{ik}g^{ik}} \tag{3.4}$$

Eğer (3.4) denklemini (3.3) denklemi ile birlikte kullanılırsa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$f_R(R,T)R + 3\mathrm{W} f_R(R,T) - 2f(R,T) = 8\pi T - f_T(R,T)T - f_T(R,T)\Xi + \Lambda g_{ik} \tag{3.5}$$

Burada $\Xi = g^{ik}\Xi_{ik}$ değerine eşittir. Eğer (3.3) ve (3.5) denklemleri birlikte kullanılırsa aşağıdaki denklem elde edilir (Harko ve ark., 2011).

$$\begin{aligned} f_R(R,T)\left(R_{ik} - \frac{1}{3}Rg_{ik}\right) + \frac{1}{6}f(R,T)g_{ik} &= 8\pi\left(T_{ik} - \frac{1}{3}Tg_{ik}\right) \\ - f_T(R,T)\left(T_{ik} - \frac{1}{3}Tg_{ik}\right) - f_T(R,T)&\left(\Xi_{ik} - \frac{1}{3}\Xi g_{ik}\right) + \nabla_i\nabla_k f_R(R,T) + \Lambda g_{ik} \end{aligned} \tag{3.6}$$

Modifiye *f(R,T)* gravitasyon alan denklemlerini çözmek için, Harko ve ark. üç farklı *f(R, T)* modeli önermiştir. Bu modeller aşağıdaki gibidir.

$$f(R,T) = \begin{cases} R + 2f(T) \\ f_1(R) + f_2(T) \\ f_1(R) + f_2(R)f_3(T) \end{cases} \tag{3.7}$$

İlk modeldeki $2f(T)$ terimi; eğrilik ve madde arasındaki çekimsel etkileşimi modifiye eder ve aynı zamanda da modeli Genel Rölativite Teorisine indirgemeye yardımcı olur. Ayrıca bu terim, *f(R,T)* gravitasyon teorisi ile Genel Rölativite teorisinin karşılaştırılmasına yardımcı olur (Harko ve ark., 2011). Bu tez çalışmasında *f(R,T)* gravitasyon teorisinin denklemlerini oluşturmak için kullanılacak olan homojen ve anizotropik Marder evren modeli aşağıdaki gibi verilir (Marder, 1958).

$$ds^2 = A(t)^2[dt^2 - dx^2] - B(t)^2dy^2 - C(t)^2dz^2 \tag{3.8}$$

Eğer $t \to \int A\,dt$ koordinat dönüşümü yukarıdaki Marder metriğinde kullanılırsa, homojen ve anizotropik Bianchi tip I evren modeli aşağıdaki gibi elde edilir.

$$ds^2 = dt^2 - A(t)^2dx^2 - B(t)^2dy^2 - C(t)^2dz^2 \tag{3.9}$$

Madde dağılımını tanımlamak için bu tezde, gravitasyonun kaynağı olarak skaler alan kullanılacaktır. Ayrıca ϕ skaler alan fonksiyonu ve $V(\phi)$ skaler alan potansiyeli olmak üzere, skaler alan enerji momentum tensörü aşağıdaki gibi verilir.

$$T_{ik} = \varepsilon \partial_i \phi \partial_k \phi - [\frac{\varepsilon}{2} \partial_l \phi \partial^l \phi - V(\phi)] g_{ik} \tag{3.10}$$

Burada $\varepsilon = \pm 1$ olarak verilir ve sırasıyla -1 hayalet (phantom) skaler alana, +1 ise normal skaler alana karşılık gelir. Ayrıca skaler alanın Lagrangianı aşağıdaki gibi verilir.

$$L_\phi = -\frac{1}{2}\varepsilon \dot{\phi}^2 + V(\phi) \tag{3.11}$$

Burada nokta (.) zamana göre adi türevi göstermektedir. (3.4) denkleminde (3.10) ve (3.11) denklemleri birlikte kullanılırsa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\Xi_{ik} = -2T_{ik} - \left(\frac{1}{2}\varepsilon \dot{\phi}^2 - V(\phi)\right) g_{ik} \tag{3.12}$$

Ve T_{ik} enerji momentum tensörünün izi de aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T = 4V(\phi) - \frac{\varepsilon \dot{\phi}^2}{A^2} \tag{3.13}$$

Bu tez çalışmasında Marder ve Bianchi I tipi evren modellerinde normal, hayalet ve kütleli skaler alan madde dağılımları araştırılacaktır. Bu amaç ile, *f(R,T)* gravitasyon teorisinin çözümleri için, kütleli skaler alan enerji-momentum tensörü aşağıdaki gibi yazılır,

$$T_{ik} = \frac{1}{4\pi}\left[\partial_i \phi \partial_k \phi - \frac{1}{2} g_{ik} (\partial_l \phi \partial^l \phi - M^2 \phi^2)\right] \tag{3.14}$$

bu eşitlikte *M* değeri, *m* kütlesi ile ilgili bir fonksiyon olup, *m* ise sıfır-spinli parçacıkların kütlelerini göstermektedir ve $M = \dfrac{2\pi m}{h}$ eşitliği ile verilir (Singh ve Ram, 1996). Burada *h* Planck sabitidir. Kütleli skaler alanın Lagrangian değeri ise

$$L_{\phi}^{M} = \frac{1}{2}(\partial_l \phi \partial^l \phi - M^2 \phi^2) \tag{3.15}$$

eşitliği ile verilir. Ayrıca Marder evren modelinin 4-lü hız vektörü (u_i), genişleme skaleri (θ), shear skalerinin bileşenleri (σ_1^1, σ_2^2, σ_3^3), Hubble parametresi *(H)*, uzaysal hacim (a^3) değerleri aşağıdaki gibi verilir.

$$u_i = (0,0,0,A) \tag{3.16}$$

$$\theta = \frac{1}{A}\left(\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{B}}{B} + \frac{\dot{C}}{C}\right) \tag{3.17}$$

$$\sigma_1^1 = \frac{1}{3A}\left(\frac{2\dot{A}}{A} - \frac{\dot{B}}{B} - \frac{\dot{C}}{C}\right) \tag{3.18}$$

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{3A}\left(\frac{2\dot{B}}{B} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{C}}{C}\right) \tag{3.19}$$

$$\sigma_3^3 = \frac{1}{3A}\left(\frac{2\dot{C}}{C} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{B}}{B}\right) \tag{3.20}$$

$$H = \frac{1}{3}\left(\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{B}}{B} + \frac{\dot{C}}{C}\right) \tag{3.21}$$

$$a^3 = ABC \tag{3.22}$$

(3.17) ve (3.18) denklemlerinin oranı, anizotropi parametresi olarak isimlendirilir ve aşağıdaki gibi verilir;

$$\frac{\sigma_1^1}{\theta} = \xi = sabit \tag{3.23}$$

Burada ξ sabit olup $0 \leq \xi \leq 1$ değer aralığındadır. (3.17), (3.18) ve (3.23) denklemlerinin çözümlerinden, metrik potansiyelleri arasında aşağıdaki gibi bir oran elde edilir;

$$A = (BC)^m \tag{3.24}$$

Burada *m* değeri ise şu şekilde verilir, $m = \dfrac{3\xi + 1}{2 - 3\xi}$.

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde Marder ve Bianchi I tipi evren modellerinde kozmolojik sabitin varlığında, kütleli ve kütlesiz skaler alan madde dağılımlarının davranışları, *f(R,T)* gravitasyon teorisi için araştırılacaktır.

4.1. f(R, T) Teoride Marder Evren Modelinde Skaler Alan Çözümleri

μ pozitif veya negatif olabilen bir sabit olmak üzere, Harko ve ark. (2011) sunduğu birinci modelde $f(T) = \mu T$ alınır ve (3.6), (3.8), (3.10)-(3.13) denklemlerinde kullanılırsa ise, *f(R,T)* teoride Marder evren modelinde skaler alan içeren modifiye alan denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir:

$$-\frac{\dot{A}\dot{C}}{A^3C}-\frac{\dot{A}\dot{B}}{A^3B}+\frac{\ddot{C}}{A^2C}+\frac{\ddot{B}}{A^2B}+\frac{\dot{B}\dot{C}}{A^2BC}=2(\mu+2\pi)(2V(\phi)-\frac{\varepsilon\dot{\phi}^2}{2})+\Lambda \tag{4.1}$$

$$\frac{\ddot{A}}{A^3}-\frac{\dot{A}^2}{A^4}+\frac{\ddot{C}}{A^2C}=2(\mu+2\pi)(2V(\phi)-\frac{\varepsilon\dot{\phi}^2}{A^2})+\Lambda \tag{4.2}$$

$$\frac{\ddot{A}}{A^3}-\frac{\dot{A}^2}{A^4}+\frac{\ddot{B}}{A^2B}=2(\mu+2\pi)(2V(\phi)-\frac{\varepsilon\dot{\phi}^2}{A^2})+\Lambda \tag{4.3}$$

$$\frac{\dot{A}\dot{C}}{A^3C}+\frac{\dot{A}\dot{B}}{A^3B}+\frac{\dot{B}\dot{C}}{A^2BC}=2(\mu+2\pi)(2V(\phi)-\frac{\varepsilon\dot{\phi}^2}{2})+\Lambda \tag{4.4}$$

Marder evren modelini içeren çalışma, $A, B, C, \phi, V(\phi), \Lambda$ olmak üzere 6 bilinmeyen içeren 4 adet alan denklemine sahiptir. Alan denklemlerinin tam çözümlerini elde edebilmek için iki adet yaklaşıklık alınması gerekir. İlk olarak (3.23)'teki gibi $\frac{\sigma_1^1}{\theta}=\xi=sabit$ denklemi, yani evrenin anizotropi özelliği kullanılacaktır. İkinci olarak ise, daha önce Singh ve Singh (2011)'in yüksek türevli FRW evren modelinin skaler alan çözümlerinde, ayrıca yine Singh ve Singh (2015)'in *f(R,T)* teoride FRW evreninin skaler alan çözümlerinde kullandığı $V(\phi)=V_0$ ve $V(\phi)=V_0e^{-\beta\phi(t)}$ şeklinde verilen farklı skaler alan modelleri kullanılacaktır. Eğer (3.24) denklemi (4.1)-(4.4) alan denklemlerinde yerine konur ve (4.1) denkleminden

(4.3) denklemi ve (4.2) denkleminden de (4.3) denklemi çıkarılır ve kalan iki denklemi beraber çözülür ise, Marder evren modeli için *f(R,T)* gravitasyon teorisinde skaler alan varlığında, metrik potansiyelleri aşağıdaki gibi elde edilir;

$$A = \left(\frac{c_1(t - c_3)}{c_2} \right)^m \tag{4.5}$$

$$B = c_4 (c_3 - t)^{c_2} \tag{4.6}$$

$$C = \left(\frac{c_1(t - c_3)}{c_2 (c_3 - t)^{c_2} c_4} \right) \tag{4.7}$$

Burada c_1, c_2, c_3 ve c_4 değerleri integral sabitlerdir.

4.1.1. Marder Evren Modelinde $V(\phi) = V_0$ Skaler Alan Çözümleri

(4.5)-(4.7) eşitlikleri (4.1)-(4.4) alan denklemlerinde yerine konur ve $V(\phi) = V_0$ skaler alan modeli kullanılırsa, skaler alan fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\phi = \frac{\sqrt{(m + c_2 - c_2^2)} \, ln(c_3 - t)}{\sqrt{\varepsilon} \sqrt{(4\pi + \mu)}} + c_5 \tag{4.8}$$

Burada c_5 bir sabittir. Kozmolojik sabit değeri ise aşağıdaki gibidir:

$$\Lambda = \frac{\mu \left((m + c_2 - c_2^2)(\frac{c_1(t - c_3)}{c_2})^{-2m} - 24V_0 (t - c_3)^2 \pi + c_2^2 - m - c_2 \right)}{(t - c_3)^2 (4\pi + \mu)} - \frac{4V_0 (8\pi^2 + \mu^2)}{(4\pi + \mu)} \tag{4.9}$$

Marder evren modeli için Ricci skaleri aşağıdaki gibi verilir:

$$R = \frac{2c_2^{2m} (m + c_2 - c_2^2)}{c_1^{2m} (t - c_3)^{2m+2}} \tag{4.10}$$

(3.10) denkleminden skaler alan için enerji momentum tensörünün izi ise aşağıdaki gibidir:

$$T = 4V_0 - \frac{c_2^{2m}(m + c_2 - c_2^2)}{c_1^{2m}(4\pi + \mu)(t - c_3)^{2m+2}} \tag{4.11}$$

(4.10) ve (4.11) denklemleri $f(R,T) = R + 2\mu T$ fonksiyonu ile beraber ele alınırsa, $V(\phi) = V_0$ skaler alanı için, *f(R,T)* fonksiyonu aşağıdaki gibi bulunur

$$f(R,T) = \frac{8\pi(m + c_2 - c_2^2)c_2^{2m}}{c_1^{2m}(4\pi + \mu)(t - c_3)^{2m+2}} + 8\mu V_0 \tag{4.12}$$

4.1.2. Marder Evren Modelinde $V(\phi) = V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ Skaler Alan Çözümleri

(4.5)-(4.7) eşitlikleri (4.1)-(4.4) alan denklemlerinde yerine yazılır ve $V(\phi) = V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ skaler alan modeli ile beraber kullanılırsa, skaler alan fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\phi = \frac{\sqrt{(m + c_2 - c_2^2)}\, ln(c_3 - t)}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi + \mu)}} + c_6 \tag{4.13}$$

Burada c_6 integral sabitidir. Kozmolojik sabit değeri de aşağıdaki gibi bulunur:

$$\Lambda = \frac{\mu\left(\left(\frac{c_1(t - c3)}{c_2}\right)^{-2m} - 1\right)(m + c_2 - c_2^2)}{(4\pi + \mu)(t - c_3)^2} - 4(2\pi + \mu)V_0 e^{-\beta\left(\frac{\sqrt{(m+c_2-c_2^2)}\, ln(c_3-t)}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi+\mu)}} + c_6\right)} \tag{4.14}$$

Burada V_0 ve β değerleri, negatif olamayan sabitlerdir (Singh ve Singh, 2015). (3.10) ve (4.10) denklemlerinden aynı Ricci skaleri elde edilir ve enerji momentum tensörünün izi aşağıdaki gibi bulunur:

$$T = 4V_0 e^{-\beta c_6}(c_3 - t)^{\frac{-\beta\sqrt{m+c_2-c_2^2}}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi+\mu)}}} - \frac{\left(\frac{c_1(t - c_3)}{c_2}\right)^{-2m}(m + c_2 - c_2^2)}{(4\pi + \mu)(t - c_3)^2} \tag{4.15}$$

$f(R,T) = R + 2\mu T$ fonksiyonu (4.10) ve (4.15) denklemlerinden, $V(\phi) = V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ skaler alan potansiyeli ile Marder evreni için aşağıdaki gibi bulunur.

$$f(R,T) = \frac{2c_2^{2m}(m+c_2-c_2^2)}{c_1^{2m}(t-c_3)^{2m+2}} + 8\mu V_0 e^{-\beta c_6}(c_3-t)^{\frac{-\beta\sqrt{m+c_2-c_2^2}}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi+\mu)}}} - \frac{2\mu(\frac{c_1(t-c_3)}{c_2})^{-2m}(m+c_2-c_2^2)}{(4\pi+\mu)(t-c_3)^2} \tag{4.16}$$

Buraya kadar olan kısımlarda *f(R,T)* gravitasyon teorisinde, kozmolojik sabitin varlığında, $V(\phi)=V_0$ ve $V(\phi)=V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ skaler alan modelleri için çözümler elde edilmiştir. Bundan sonra Bianchi I tipi uzay-zaman için skaler alan çözümleri araştırılacaktır.

4.2. f(R, T) Teoride Bianchi I Evren Modelinde Skaler Alan Çözümleri

(3.9) denkleminde verilen Bianchi I uzay-zamanı, (3.10) denkleminde verilen skaler alan enerji momentum tensörü ile beraber, (3.6) denkleminde $f(T)=\mu T$ eşitliğinde yerine yazılır ise *f(R,T)* teoride modifiye alan denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\frac{\ddot{C}}{C} + \frac{\ddot{B}}{B} + \frac{\dot{B}\dot{C}}{BC} = 4V(\phi)(\mu-2\pi) - \varepsilon\dot{\phi}^2(4\pi+\mu) + \Lambda \tag{4.17}$$

$$\frac{\ddot{C}}{C} + \frac{\ddot{A}}{A} + \frac{\dot{A}\dot{C}}{AC} = 4V(\phi)(\mu-2\pi) - \varepsilon\dot{\phi}^2(4\pi+\mu) + \Lambda \tag{4.18}$$

$$\frac{\ddot{B}}{B} + \frac{\ddot{A}}{A} + \frac{\dot{A}\dot{B}}{AB} = 4V(\phi)(\mu-2\pi) - \varepsilon\dot{\phi}^2(4\pi+\mu) + \Lambda \tag{4.19}$$

$$\frac{\dot{B}\dot{C}}{BC} + \frac{\dot{A}\dot{B}}{AB} + \frac{\dot{A}\dot{C}}{AC} = 4V(\phi)(2\pi+\mu) + \varepsilon\dot{\phi}^2(\mu+4\pi) + \Lambda \tag{4.20}$$

Yukarıdaki 4 adet denklem sistemi, $A, B, C, \phi, V(\phi), \Lambda$ olmak üzere 6 bilinmeyen içermektedir. Alan denklemlerinin tam çözümlerini elde edebilmek için ilk olarak (3.23) denklemini, ikinci olarak ise, $V(\phi)=V_0$ ve $V(\phi)=V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ şeklinde verilen farklı skaler alan modelleri kullanılacaktır. Eğer (3.24) denklemi (4.17)-(4.20) alan denklemlerinde yerine konur ve denklemler birbirlerinden çıkarılır ve kalan denklemler beraber çözülür ise, Bianchi I evren modeli için *f(R,T)* gravitasyon teorisinde skaler alan varlığında, metrik potansiyelleri aşağıdaki gibi elde edilir;

$$A = \left((k_3 - t)^{k_2} k_1 k_4 \left(\frac{(k_3 - t)^{k_2} k_1 k_4}{(t - k_3)} \right)^{-\frac{1}{m+1}} [(k_3 - t)^{k_2} k_4]^{-\frac{m}{m+1}} \right)^m \tag{4.21}$$

$$B = k_4 (k_3 - t)^{k_2} \tag{4.22}$$

$$C = k_1 \left(\frac{(k_3 - t)^{k_2} k_2 k_4}{t - k_3} \right)^{-\frac{1}{m+1}} [(k_3 - t)^{k_2} k_4]^{-\frac{m}{m+1}} \tag{4.23}$$

Burada k_1, k_2, k_3 ve k_4 integral sabitleridir. Eğer (4.21)-(4.23) metrik potansiyelleri alan denklemlerinde yerine konur ise, skaler alan fonksiyonu ve kozmolojik sabit değerleri aşağıdaki gibi elde edilir.

4.2.1. Bianchi I Evren Modelinde $V(\phi) = V_0$ Skaler Alan Çözümleri

(4.21)-(4.23) denklemleri (4.17)-(4.20) denklemlerinde, $V(\phi) = V_0$ skaler alan modeli ile beraber yerine yazılır ise, skaler alan foksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\phi = \frac{\sqrt{(m+1)k_2 + m - (m+1)^2 k_2^2}\, ln(k_3 - t)}{(m+1)\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi + \mu)}} + k_5 \tag{4.24}$$

Burada k_5 integral sabittir. Kozmolojik sabit değeri ise aşağıdaki gibi bulunur.

$$\Lambda = -4V_0(2\pi + \mu) \tag{4.25}$$

Bianchi I tipi evren modeli için Ricci skaleri ve enerji momentum tensörünün izi ise aşağıdaki gibi elde edilir;

$$R=\frac{(2m+2)k_2+2m-2(m+1)^2k_2^2}{(m+1)^2(t-k_3)^2} \tag{4.26}$$

$$T=\frac{(m+1)^2k_2^2-(m+1)k_2-m}{(k_3-t)^2(4\pi+\mu)(m+1)^2}+4V_0 \tag{4.27}$$

$f(R,T)=R+2\mu T$ fonksiyonu (4.26) ve (4.27) denklemleri vasıtasıyla Bianchi I evren modeli için aşağıdaki gibi bulunur.

$$f(R,T)=8\mu V_0-\frac{8\pi\left(k_2^2m^2+(2k_2^2-k_2-1)m+k_2^2-k_2\right)}{(t-k_3)^2(m+1)^2(4\pi+\mu)} \tag{4.28}$$

4.2.2. Bianchi I Evren Modelinde $V(\phi)=V_0e^{-\beta\phi(t)}$ Skaler Alan Çözümleri

(4.21)-(4.23) denklemleri (4.17)-(4.20) denklemlerinde, $V(\phi)=V_0e^{-\beta\phi(t)}$ skaler alan modeli ile beraber yerine yazılır ise, skaler alan foksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\phi=\frac{\sqrt{(m+1)k_2+m-(m+1)^2k_2^2)}\,ln(k_3-t)}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi+\mu)}(m+1)}+k_6 \tag{4.29}$$

Burada k_6 integral sabittir. Kozmolojik sabit değeri ise

$$\Lambda=-4V_0(2\pi+\mu)e^{-\beta\left(\frac{\sqrt{(m+1)k_2+m-(m+1)^2k_2^2)}\,ln(k_3-t)}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi+\mu)}(m+1)}+k_6\right)} \tag{4.30}$$

şeklinde elde edilir. (4.26) denkleminde ki aynı Ricci skalerini kullanarak, enerji momentum tensörünün izi için aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$T=4V_0e^{-\beta\left(\frac{\sqrt{(m+1)k_2+m-(m+1)^2k_2^2)}\,ln(k_3-t)}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi+\mu)}(m+1)}+k_6\right)}+\frac{(m+1)^2k_2^2-(m+1)k_2-m}{(t-k_3)^2(m+1)^2(4\pi+\mu)} \tag{4.31}$$

(4.26) ve (4.31) denklemlerinden $f(R,T)=R+2\mu T$ fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir;

$$f(R,T) = 8\mu V_0 e^{-\beta\left(\frac{\sqrt{(m+1)k_2+m-(m+1)^2k_2^2)}\,ln(k_3-t)}{\sqrt{\varepsilon}\sqrt{(4\pi+\mu)}(m+1)}+k_6\right)} - \frac{8\pi((m+1)^2k_2^2-(m+1)k_2-m)}{(t-k_3)^2(m+1)^2(4\pi+\mu)} \qquad (4.32)$$

4.3. f(R, T) Teoride Kütleli Skaler Alan Çözümleri

Şimdiye kadar olan kısımlarda Marder ve Bianchi I evren modelleri için *f(R,T)* gravitasyon teorisinde skaler alanın davranışı araştırılmıştır. Şimdi ise sırasıyla yine Marder ve Bianchi I evren modellerinde kütleli skaler alan varlığında *f(R,T)* gravitasyon teorisinin sonuçları araştırılacaktır.

4.3.1. Marder Evren Modelinde Kütleli Skaler Alan Çözümleri

(3.8) numaralı Marder metriği, (3.14) numaralı kütleli skaler alan enerji momentum tensörü ile (3.6) numaralı *f(R,T)* gravitasyon denklemleri eşitliğinde yerine yazılır ise aşağıdaki alan denklemleri elde edilir (Kabak ve Aygün, 2018)

$$\frac{1}{A^2}\left(\frac{\dot{B}\dot{C}}{BC}+\frac{\ddot{B}}{B}+\frac{\ddot{C}}{C}-\frac{\dot{A}\dot{C}}{AC}-\frac{\dot{A}\dot{B}}{AB}\right) = \phi^2M^2\left(\frac{3\mu}{4\pi}+\mu+1\right)-\dot{\phi}^2\left[\frac{1}{A^2}\left(\frac{\mu}{2\pi}+1\right)+\mu\right]+\Lambda \qquad (4.33)$$

$$\frac{1}{A^2}\left(\frac{\ddot{C}}{C}+\frac{\ddot{A}}{A}-\left(\frac{\dot{A}}{A}\right)^2\right) = \phi^2M^2\left(\frac{3\mu}{4\pi}+\mu+1\right)-\dot{\phi}^2\left[\frac{1}{A^2}\left(\frac{\mu}{2\pi}+1\right)+\mu\right]+\Lambda \qquad (4.34)$$

$$\frac{1}{A^2}\left(\frac{\ddot{B}}{B}+\frac{\ddot{A}}{A}-\left(\frac{\dot{A}}{A}\right)^2\right) = \phi^2M^2\left(\frac{3\mu}{4\pi}+\mu+1\right)-\dot{\phi}^2\left[\frac{1}{A^2}\left(\frac{\mu}{2\pi}+1\right)+\mu\right]+\Lambda \qquad (4.35)$$

$$\frac{1}{A^2}\left(\frac{\dot{A}\dot{C}}{AC}+\frac{\dot{A}\dot{B}}{AB}+\frac{\dot{B}\dot{C}}{BC}\right) = \phi^2M^2\left(\frac{3\mu}{4\pi}+\mu+1\right)+\dot{\phi}^2\left(\frac{1}{A^2}-\mu\right)+\Lambda \qquad (4.36)$$

(4.33)-(4.36) denklem sistemi *A, B, C,* ϕ ve Λ olmak üzere beş bilinmeyen içermektedir. Alan denklemlerini çözebilmek için (3.8), (3.14), (3.17) ve (3.24) eşitliklerini yani evrenin anizotropi özelliği kullanılır ise

$$A = (BC)^m \tag{4.37}$$

eşitliği bulunur. Burada ξ sabit olup $0 \le \xi \le 1$ değer aralığındadır ve $m = \dfrac{3\xi + 1}{2 - 3\xi}$ değerine eşittir. (4.33)-(4.37) denklemlerinden Marder evreni için aşağıdaki gibi metrik potansiyelleri elde edilir.

$$A = \left(\frac{s_1 (t - s_3)}{s_2} \right)^m \tag{4.38}$$

$$B = s_4 (s_3 - t)^{s_2} \tag{4.39}$$

$$C = \left(\frac{s_1 (t - s_3)}{s_2 (s_3 - t)^{s_2} s_4} \right) \tag{4.40}$$

Burada s_1, s_2, s_3 ve s_4 integral sabitleridir. (4.38)-(4.40) denklemleri, alan denklemlerinde yerine yazılır ve denklemler çözülür ise, skaler alan fonksiyonu aşağıdaki gibi bulunur

$$\phi = \frac{2\sqrt{\pi}\sqrt{m + s_3 - s_3{}^2}\,\ln(s_3 - t)}{\sqrt{4\pi + \mu}} + s_5 \tag{4.41}$$

Burada s_5 integral sabitidir. (4.33)-(4.36) ve (4.38)-(4.41) denklemlerinden, kozmolojik sabit değeri aşağıdaki gibi bulunur (Kabak ve Aygün, 2018)

$$\Lambda = \frac{\left(\left(\dfrac{s_1 (t - s_3)}{s_2} \right)^{-2m} + 4\pi \right) \mu (m + s_2 - s_2{}^2)}{(t - s_3)^2 (4\pi)} - \frac{M^2 \left(\dfrac{2\sqrt{\pi}\sqrt{m + s_2 - s_2^2}\,\ln(s_3 - t)}{\sqrt{4\pi + \mu}} \right)^2 (4\pi(\mu + 1) + 3\mu)}{4\pi} \tag{4.42}$$

4.3.2. Bianchi I Evren Modelinde Kütleli Skaler Alan Çözümleri

(3.9) numaralı Bianchi I metriği, (3.14) numaralı kütleli skaler alan enerji momentum tensörü ile birlikte (3.6) ile verilen *f(R,T)* gravitasyon denkleminde yerine yazılır ise aşağıdaki gibi alan denklemleri elde edilir.

$$\frac{\dot{B}\dot{C}}{BC}+\frac{\ddot{B}}{B}+\frac{\ddot{C}}{C}=\mu\left[\phi^2M^2\left(\frac{3}{4\pi}+1\right)+\dot{\phi}^2\left(\frac{1}{2\pi}-1\right)\right]+\Lambda \tag{4.43}$$

$$\frac{\dot{A}\dot{C}}{AC}+\frac{\ddot{C}}{C}+\frac{\ddot{A}}{A}=\phi^2M^2\left(\frac{3\mu}{4\pi}+\mu+1\right)-\dot{\phi}^2\left(\frac{\mu}{2\pi}+\mu+1\right)+\Lambda \tag{4.44}$$

$$\frac{\ddot{B}}{B}+\frac{\ddot{A}}{A}+\frac{\dot{A}\dot{B}}{AB}=\phi^2M^2\left(\frac{3\mu}{4\pi}+\mu+1\right)-\dot{\phi}^2\left(\frac{\mu}{2\pi}+\mu+1\right)+\Lambda \tag{4.45}$$

$$\frac{\dot{B}\dot{C}}{BC}+\frac{\dot{A}\dot{C}}{AC}+\frac{\dot{A}\dot{B}}{AB}=\phi^2M^2\left(\frac{3\mu}{4\pi}+\mu+1\right)-\mu\dot{\phi}^2+\Lambda \tag{4.46}$$

Bu denklemler *A, B, C*, ϕ ve Λ olmak üzere beş bilinmeyen içermektedir. Alan denklemlerini çözebilmek için yine evrenin anizotropi özelliği kullanılır ve (4.37) eşitliği elde edilir. Burada yine ξ sabit olup $0\le\xi\le1$ değer aralığındadır ayrıca $m=\dfrac{3\xi+1}{2-3\xi}$ değerine eşittir. (4.37), (4.43)-(4.46) denklemlerinden Bianchi I evreni için aşağıdaki gibi metrik potansiyelleri elde edilir (Kabak ve Aygün, 2018).

$$A=\left((n_3-t)^{n_2}n_1n_4\left(\frac{(n_3-t)^{n_2}n_1n_4}{(t-n_3)}\right)^{-\frac{1}{m+1}}[(n_3-t)^{n_2}n_4]^{-\frac{m}{m+1}}\right)^m \tag{4.47}$$

$$B=n_4(n_3-t)^{n_2} \tag{4.48}$$

$$C=n_1\left(\frac{(n_3-t)^{n_2}n_2n_4}{t-n_3}\right)^{-\frac{1}{m+1}}[(n_3-t)^{n_2}n_4]^{-\frac{m}{m+1}} \tag{4.49}$$

Burada n_1, n_2, n_3, n_4 integral sabitleridir. (4.47)-(4.49) eşitlikleri alan denklemlerinde yerine yazılırsa, skaler alan fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\phi = \frac{2\sqrt{\pi}\sqrt{(m+1)n_2 + m - (m+1)^2 n_2^2}\ \ln(n_3 - t)}{\sqrt{4\pi + \mu}\ (m+1)} + n_5 \tag{4.50}$$

Burada n_5 integral sabitidir. Kozmolojik sabit değeri ise aşağıdaki gibi verilir (Kabak ve Aygün, 2018).

$$\Lambda = \frac{\mu(4\pi+1)\left\{n_2(m+1) + m - (m+1)^2 n_2^2\right\}}{(t-n_3)^2(4\pi+\mu)(m+1)^2} - \frac{M^2\left(\dfrac{2\pi\sqrt{(m+1)n_2 + m - (m+1)^2 n_2^2}\ \ln(n_3 - t)}{\sqrt{4\pi+\mu}(m+1)} + n_5\right)}{4\pi} \tag{4.51}$$

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, kozmolojik sabit ile Marder ve Bianchi tip I evrenleri için normal ve hayalet skaler alan madde dağılımları ile $f(R,T)$ gravitasyon teorisi analiz edilmiştir. Bu amaçla $f(R,T)=R+2f(T)$ modeli kullanılmıştır. Çekim hareketindeki $2f(T)$ terimi, madde ve eğrilik arasındaki çekimsel etkileşimi değiştirir. $f(R,T)$ teorisi alan denklemlerini skaler alan (normal ve hayalet) dağılımında çözmek için sırasıyla anizotropik Marder ve Bianchi tip I evren modellerinin anizotropi özelliği ve sırasıyla $V(\phi)=V_0$ ve $V(\phi)=V_0e^{-\beta\phi(t)}$ sabit ve üstel skaler alan fonksiyonlarını kullanılmıştır. Bu farklı evren modellerinden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

5.1. Marder Evren Modelinde $V(\phi)=V_0$ Skaler Alan Sonuçları

$V(\phi)=V_0$ modelinde, bu çalışmada kullanılan gerçek skaler alan ϕ için $\varepsilon=1$, ayrıca $4\pi+\mu<0$ durumunda hayalet skaler alan için $\varepsilon=-1$ olması gerektiği bulunmuştur. V_0 değerinin kozmolojik sabit üzerinde etkili olduğu ayrıca V_0 değerinin artmasıyla da Λ 'nın azaldığı görülmüştür. ε değerinin Λ üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Yani kozmolojik sabit, $R+2f(T)$ modelinde sabit potansiyel için normal ve hayalet skaler alanlardan bağımsızdır. Ayrıca, $f(R,T)=R+2f(T)$ fonksiyonu da ε 'dan bağımsızdır ve $f(R,T)$ gravitasyon teorisinde V_0 ile artar.
Eğer $\mu=0$ değeri, (4.8) ve (4.9) denklemleri kullanılırsa, Marder tipi evren modelinde Genel Rölativite çözümleri $V(\phi)=V_0$ sabit skaler alan modeli ile aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\phi=\frac{\sqrt{(m+c_2-c_2^2)ln(c_3-t)}}{2\sqrt{\varepsilon\pi}}+c_5 \tag{5.1}$$

$$\Lambda=-8\pi V_0 \tag{5.2}$$

(5.1) denkleminden, $\varepsilon=1$ için gerçek skaler alan ϕ 'yi bulduğumuz kolayca görülmektedir. Ayrıca kozmolojik sabitin değeri, sabit ve negatif olarak elde edilir.

5.2. Marder Evren Modelinde $V(\phi)=V_0e^{-\beta\phi(t)}$ Skaler Alan Sonuçları

$V(\phi)=V_0e^{-\beta\phi(t)}$ modelinde, $\varepsilon=1$ için gerçek skaler alan ϕ değeri elde edilir. Ayrıca $\varepsilon=-1$ hayalet skaler alanı için $4\pi+\mu<0$ olmalıdır. V_0 teriminin kozmolojik sabit üzerinde etkili olduğu ayrıca V_0 değerinin artmasıyla Λ 'nın değerinin azaldığı ve ε 'un Λ üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Yani, kozmolojik sabit, $R+2f(T)$ modelindeki üstel potansiyel değeri için normal ve hayalet skaler alanlara bağımlıdır. Bununla beraber, $f(R,T)=R+2f(T)$ fonksiyonu da ε 'na bağımlıdır ve $f(R,T)$ teorisinde V_0 değeri ile artar. (4.8) ve (4.13) denklemlerinden de görüleceği gibi $c_5=c_6$ için iki farklı modelde de aynı skaler alan değeri elde edilir.

Tekrar, (4.13) ve (4.14) denklemlerinde $\mu=0$ değerini kullanılırsa, Marder tipi evren modelinde, $V(\phi)=V_0e^{-\beta\phi(t)}$ üstel skaler alan modeli için Genel Rölativite (GR) çözümleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\phi=\frac{\sqrt{(m+c_2-c_2^2)ln(c_3-t)}}{2\sqrt{\varepsilon\pi}}+c_6 \tag{5.3}$$

$$\Lambda=-8\pi V_0e^{-\beta\left(\frac{\sqrt{(m+c_2-c_2^2)ln(c_3-t)}}{2\sqrt{\varepsilon\pi}}+c_6\right)} \tag{5.4}$$

(5.3) ve (5.4) denklemlerinden, $\varepsilon=1$ için gerçek skaler alan çözümleri elde edilir ayrıca GR'de negatif ve zamana bağlı olarak değişen kozmolojik terimin değeri elde edilir. Eğer (5.1) ve (5.3) denklemlerinde $c_5=c_6$ alınırsa, GR teorisi için aynı skaler alan fonksiyonu elde edilir.

5.3. Bianchi I Evren Modelinde $V(\phi)=V_0$ Skaler Alan Sonuçları

$V(\phi)=V_0$ modelinde, $\varepsilon=1$ için gerçek skaler alan ϕ bulunur. Ayrıca kullanılan modeldeki $\varepsilon=-1$ için hayalet skaler alan koşulu için $4\pi+\mu<0$ olmalıdır. V_0 kozmolojik sabit üzerinde etkilidir ayrıca V_0 değerinin artması ile birlikte Λ değeri azalır ve ε, Λ üzerinde etkili değildir. Yani kozmolojik sabit, $R+2f(T)$ modelinde sabit potansiyel için normal ve hayalet skaler alanlardan bağımsızdır. Ayrıca, kozmolojik sabit negatif bir sabite eşittir. $f(R,T)=R+2f(T)$ fonksiyonu ε değerinden bağımsız olup, $f(R,T)$ teorisindeki V_0

değeri ile artmaktadır. Skaler alan sonuçları, $f(R,T)$ gravitasyon teorisindeki Marder evren modelinin sonuçlarıyla uyumludur.

Eğer (4.24) ve (4.25) denklemlerinde $\mu = 0$ değeri kullanılırsa, $V(\phi) = V_0$ modeli için Bianchi tip I evren modelinde Genel Rölativite çözümleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\phi = \frac{\sqrt{(m+1)k_2 + m - (m+1)^2 k_2^2}\, ln(k_3 - t)}{2(m+1)\sqrt{\pi\varepsilon}} + k_5 \tag{5.5}$$

$$\Lambda = -8\pi V_0 \tag{5.6}$$

Bu sonuçlar GR'de $c_5 = k_5$ için Marder evren modelinin sonuçları ile uyumludur.

5.4. Bianchi I Evren Modelinde $V(\phi) = V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ Skaler Alan Sonuçları

$V(\phi) = V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ modelinde, $\varepsilon = 1$ için gerçek skaler alan elde edilir. $\varepsilon = -1$ için hayalet skaler alan durumunda $4\pi + \mu < 0$ olmalıdır. V_0 değeri kozmolojik sabit üzerinde etkilidir ayrıca Λ, V_0 değerinin artışı ile birlikte azalmaktadır ve ε ise Λ üzerinde etkilidir. Yani kozmolojik terim, $R + 2f(T)$ modelinde üstel potansiyel için normal ve hayalet skaler alanlara bağımlıdır. Ayrıca, $f(R,T) = R + 2f(T)$ fonksiyonu ε değerine bağlıdır ve $f(R,T)$ teorisinde V_0 ile artar. (4.24) ve (4.29) denklemlerinden $k_5 = k_6$ için, bu teoride aynı skaler alan değeri elde edilir.

(4.29) ve (4.30) denklemlerinde $\mu = 0$ alınırsa, $V(\phi) = V_0 e^{-\beta\phi(t)}$ üstel skaler alan modeli için Bianchi tip I evren modelinde Genel Rölativite çözümleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\phi = \frac{\sqrt{(m+1)k_2 + m - (m+1)^2 k_2^2)}\, ln(k_3 - t)}{2\sqrt{\varepsilon\pi}(m+1)} + k_6 \tag{5.7}$$

$$\Lambda = -8\pi V_0 e^{-\beta\left(\frac{\sqrt{(m+1)k_2 + m - (m+1)^2 k_2^2)}\, ln(k_3 - t)}{2\sqrt{\varepsilon\pi}(m+1)} + k_6\right)} \tag{5.8}$$

(5.7) ve (5.8) denklemleri kullanılırsa, $\varepsilon = 1$ için gerçek skaler alan çözümü elde edilir ayrıca GR'de negatif ve zamanla değişen kozmolojik sabit değeri elde edilir. Pozitif μ değeri için, (4.25) ve (4.30) denklemlerinden $f(R,T)$ teoride Bianchi tip I evren modeli için negatif kozmolojik terim değerleri elde edilmiştir. Ayrıca (5.2), (5.4) ve (5.6), (5.8) denklemleri kullanılırsa, GR teorisinde sırasıyla Marder ve Bianchi tip I evren modelleri için negatif kozmolojik sabit değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, kozmik enflasyonu ve kozmik ivmelenmeyi temsil ediyor olabilir. Ayrıca, bu sonuçlar; Aktaş ve ark. (2018), Maeda ve Ohta (2014) ile Biswas ve Mazumdar (2009) tarafından yapılan önceki çalışmalarla uyum içerisindedir.

5.5. Marder Evren Modelinde Kütleli Skaler Alan Sonuçları

Bu bölümde, *f(R,T)* gravitasyon teorisinde Marder evren modeli için kütleli skaler alan dağılımının sonuçları araştırılmıştır. Bu amaçla Harko ve ark. (2011) tarafından verilen *f(R,T)=R+2f(T)* modeli kullanılmıştır. Burada ϕ ve *Λ* zamanın fonksiyonudur. *M* kütle değeri, kozmolojik sabit üzerinde etkili olup, Marder evren modelinde kozmolojik sabit değerinin, *M* değerinin artmasıyla azaldığı görülmüştür. Eğer (4.41) ve (4.42) denklemlerinde μ=0 alınırsa GR teorisindeki Marder tipi evren için kozmolojik sabitli kütleli skaler alan çözümleri aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\phi = \sqrt{m + s_2 - s_2^2}\,\ln(s_3 - t) + s_5 \tag{5.9}$$

ve kozmolojik sabitin değeri aşağıdaki gibi verilir.

$$\Lambda = -M^2\left(\sqrt{m + s_2 - s_2^2}\,\ln(s_3 - t) + s_5\right)^2 \tag{5.10}$$

5.6. Bianchi I Evren Modelinde Kütleli Skaler Alan Sonuçları

Bu bölümde, *f(R,T)* gravitasyon teorisinde Bianchi-I evren modeli için kütleli skaler alan dağılımının sonuçları araştırılmıştır. Bu amaçla Harko ve ark. (2011) tarafından verilen *f(R,T)=R+2f(T)* modeli kullanılmıştır. (4.50)-(4.51) denklemlerinden, skaler alan fonksiyonlarının ve kozmolojik sabit değerlerinin çözümlerinin *f(R,T)* teorisinde iki evren modeli için benzer olduğunu kolayca görülmektedir. ϕ ve *Λ* zamanın fonksiyonudur. *M* kütle değeri, kozmolojik sabit üzerinde etkili olup Bianchi-I modelinde kozmolojik sabit değerinin *M* değerinin artmasıyla azaldığı görülmüştür. Eğer (4.50) ve (4.51) denklemlerinde μ=0 alınırsa GR teorisindeki Bianchi-I tipi evren modeli için kozmolojik sabitli, kütleli skaler alan çözümleri aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\phi = \frac{\sqrt{(m+1)n_2 + m - (m+1)^2 n_2^2}\,\ln(n_3 - t)}{(m+1)} + n_5 \tag{5.11}$$

Ve kozmolojik sabit değeri aşağıdaki gibi verilir.

$$\Lambda = -M^2 \left(\frac{\sqrt{(m+1)n_2 + m - (m+1)^2 n_2^2}\,\ln(n_3 - t)}{(m+1)} + n_5 \right)^2 \tag{5.12}$$

Böylelikle GR teorisinde, Marder ve Bianchi tip I evren modelleri için negatif kozmolojik sabit değerleri elde edilmiştir. Yine bu modellerde M kütle parametresinin, kozmolojik sabit üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Abbot B. P., ve ark., 2016a. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. Physical Review Letters 116: 061102-16.

Abbot B. P., ve ark., 2016b. Astrophysical Implications of the Binary Black Hole Merger Gw150914. The Astrophysical Journal Letters 818: L22 (15pp).

Ade P. A. R., ve ark., 2016. Planck 2015 Results XIII. Cosmological Parameters, Astronomy and Astrophysics 594: A13 (63pp).

Aktaş C., Aygün S., Sahoo P.K., 2018. Relationship Between Magnetic Field and Anisotropy Parameter in Gravitation Theories. Modern Physics Letters A 33: 1850135-18.

Anadolu Ajansı, 16 Haziran 2016 Einstein'ın Kütle Çekim Dalgaları Kanıtlandı. https://www.fizikist.com/einsteinin-kutle-cekim-dalgalari-kanitlandi/

Anonim, Einstein'ın İzafiyet Teorisi Doğrulandı. Cnntürk, 15.07.2014. https://www.cnnturk.com/2004/bilim.teknoloji/bilim/10/24/einsteinin.izafiyet.teorisi.dogrulandi/45264.0/index.html.

Atkinson S., 2005. Astronomi, Ankara: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, ISBN: 9754030987.

Aygün S., 2005. Kütleli (Massive) Skaler Alan Kaynaklı Bazı Kozmolojik Modeller ve Özellikleri (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

Aygün S., 2008. Skaler Alan Kaynaklı Bazı Kozmolojik Modeller (Doktora Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

Aygün S., Aktaş C., Yılmaz İ., 2016. Strange Quark Matter Solutions for Marder's Universe in f(R,T) Gravity with Λ. Astrophysics and Space Science 361,: article id.380, 6 pp.

Aygün S., Aktaş C., Sahoo, P.K., Bishi, B. K., 2018. Scalar Field Cosmology in f(R,T) Gravity with Λ. Gravitation and Cosmology, 24: 302-307.

Azizi T., 2013. Wormhole Geometries in f(R,T) Gravity. International Journal of Theoretical Physics 52: 3486-3493.

Barber G.A., 1982. On two self-creation cosmologies. Gen. Rel. Grav. 14: 117-136.

Bilyard A.P. ve Coley A.A., 2000. Interactions in Scalar Field Cosmology. Phys. Rev. D, 61: 083503-12.

Bishi B. K., Pacif, S. K. J., Sahoo P. K., Singh, G. P., 2017. LRS Bianchi type-I cosmological model with constant deceleration parameter in f(R,T) gravity. International Journal of Geometric Methods in Modern Physics, 14: id. 1750158.

Biswas T., ve Mazumdar A., 2009. Inflation with a negative cosmological constant. Physical Review D, 80: id. 023519.

Brans C., Dicke R.H., 1961. Mach's Principle And A Relativistic Theory of Gravitation. Physical Review, 124: 925-935.

Buchdahl H.A., 1970. Non-linear Lagrangians and Cosmological Theory, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 150: 1-8.

Capozziello S. ve Francaviglia M., 2008. Extended theories of gravity and their cosmological and astrophysical applications. Gen Rel Grav. 40: 357-420.

Çağlar, H., Aygün S., 2017. Bianchi type-I universe in f(R, T) modified gravity with quark matter and Λ. AIP Conference Proceedings, Volume 1815, id.080008.

Ding J.G., Li, P., Li Cong F., Qi-Qi D., Jian B., 2018. The evolution of universe in the two-scalar theory. eprint arXiv:1807.09558.

Dirac P.A.M., 1938. A New Basis for Cosmology. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 165: 199-208.

Einstein A., 1916. The Foundation of the General Theory of the Relativity. Dover Publications, Inc. New York.

Einstein A., 1905. Zur Elektrodynamik Bewegter Körper, Annalen der Physik. 322: 891-21.

Farasat S., Jhangeer M., Adil B., Akhlaq A., 2012. Exact Solutions of Bianchi Types I and V Models in f(R,T) Gravity. eprint arXiv:1207.0708.

Farasat S., 2015. Bianchi Type I Cosmology in f(R,T) Gravity. Eprint arXiv:1506.08699.

Farasat S., Raza Z., 2015. Cylindrically symmetric solutions in f(R, T) gravity. Astrophysics and Space Science, 356: 111-118.

Fay S. ve Lehner T., 2005. Bianchi Type IX Asymtotical Behaviours with a Massive Scalar Field: Chaos Strikes Back. Gen. Rel. Grav. 37: 1097-1117.

Guzman F.S. ve Matos T., 2000. Scalar Fields as Dark Matter in Spiral Galaxies. Class. Quant. Grav. 17: L9-L16.

Harko T, Lobo F.S.N, Nojiri S., Odintsov S.D., 2011. f(R,T) Gravity, Physical Review D, 84(2): 024020.

Harko T., Lobo F., Nojiri, S., Odintsov S., 2011. f(R,T) Gravity. Physical Review D, 84: id. 024020.

Hawking S.W., Israel W., 1979. General Relativity: An Einstein Centenary Survey. Cambridge University Press. Cambridge&Great Britain.

Hayashi K. ve Shirafuji T., 1979. New General Relativity. Phys. Rev., 19: 3524-3553.

Houndjo, M. J. S., Piattella, O. F., 2012. Reconstructing f(R,T) Gravity from Holographic Dark Energy. International Journal of Modern Physics D, 21: id. 1250024.

Hoyle F., Narlikar J., 1966. A Radical Departure from the Steady-State Concept in Cosmology. Proc. R. Soc., 290: 162-167.

Hubble E., 1929. A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 15: 168-173.

Kabak A. ve Aygün S., (2018) Türk Fizik Derneği 34. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum, Türkiye, s. 364.

Kamenshchik A., Moschella U. ve Pasquier V., 2001. An Alternative to Quintessence. Phys. Lett. B. 511: 265-268.

Keskin A. I., 2018. Super Inflation Mechanism with Oscillating Scalar Fields in f(R,T) Gravity. International Journal of Modern Physics D, 27: id. 1850112.

Kıy G., 2014. N Boyutlu Evren Modeli İçin Enerji Momentum Probleminin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

Kramer D., Stephani H., Herlt E., MacCallum M.A.H., Schmutzer E., 1980. Exact Solutions of Einstein‟s Field Equations. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Lyra G., 1951. Übereine Modifikation der Riemannschen Geometrie. Mathematische Zeitschrift, 54: 52-64.

Maeda K. and Ohta N. J., 2014. Cosmic Acceleration with a Negative Cosmological Constant in Higher Dimensions. Journal of High Energy Physics, 2014: article id.95.

Marder L., 1958. Gravitational Waves in General Relativity. II. The Reflexion of Cylindrical Waves. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 246: 133-143.

Matos T. ve Guzman F.S., 2000. Quintessence at Galactic Level? Annalen Phys. 9: S1-S133.

Matos T., Guzman F.S. ve López L. A., 2000. Scalar Field as Dark Matter in the Universe. Classical Quantum Gravity, 17 (7): 1707–1712.

Myrzakulov R., 2012. FRW Cosmology in f(R, T) Gravity. The European Physical Journal C, 72: article id.2203.

Nalbant G., 2013. Lyra Manifoldunda Çeşitli Maddelerin Uzay-Zaman Geometrisi (Yüksek Lisans Tezi) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

Nojiri S. ve Odintsov S.D., 2007. Introduction to Modified Gravity and Gravitational Alternative for Dark Energy. Int J Geom Meth Phys. 04: 115-145.

Noureen, I., Zubair M., Bhatti, A. A., Abbas G., 2015. Shear-Free Condition and Dynamical Instability in f(R,T) Gravity. The European Physical Journal C.75: article id.323, 8 pp.

Özemre A.Y., 1982. Gravitasyonun Relativistik Teorileri. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul. 207. sayfa.

Özkan Y., 7 Ekim 2012. http://www.yasarozkan.net/makaleler/evrenin-en-buyuk-sirlarindan-birisi-karanlik madde/makale26.html.

Perlmutter S., ve ark., 1999. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae, The Astrophysical Journal. 517: 565-586.

Ram S. ve Singh C. P., 1999. Early Viscous Fluid Cosmological Model with Zero-Rest Mass

Scalar Fields. Astrophysics and Space Science, 260 (4): 541-549.

Ram S., Kumari P., 2014. Bianchi types I and V Bulk Viscous Fluid Cosmological Models in f(R,T) Gravity. Central European Journal of Physics. 12: 744-754.

Rao V. U. M., Neelima D., 2013. Perfect-fluid Einstein-Rosen Universe in f(R,T) Gravity. The European Physical Journal Plus. 128: article id.35.

Riess ve ark., 2004 Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. The Astronomical Journal.116: 1009-1038.

Roy A.E., Clarke D., 2003. Astronomy Principles and Practice (4th ed.). Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia. 166: 169-442

Ryan M.P., Shaply L.C., 1975. Homogeneous Relativistic Cosmologies. Princeton Univ. Press, N.J.

Ryden B. 2016. Introduction to Cosmology. Cambridge University Press, 273.

Saha B., 2015. Interacting Scalar and Electromagnetic Fields in f (R,T) Theory of Gravity. International Journal of Theoretical Physics, 54: 3776-3787.

Sahoo P., Reddy R., 2018. LRS Bianchi Type-I Bulk Viscous Cosmological Models in f(R, T) Gravity. Astrophysics, 61: 134-143.

Santos A. F., 2013. Gödel Solution in f(R,T) Gravity. Modern Physics Letters A, 28: 1350141-152.

Serway R.A., 1995. Fen ve Mühendislik İçin Fizik (Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu) Palme Yayıncılık, Ankara ISBN:975-7477-15-x.

Sharif M., Nawazish Iqra., 2017. Cosmological analysis of scalar field models in f(R,T) gravity. The European Physical Journal C. 77: article id.198, 13 pp.

Sharif M., Nawazish I., 2018. Scalar Field Cosmology in f(R,T) Gravity via Noether Symmetry. Astrophysics and Space Science, 363: article id. 67, 14 pp.

Sharif M., Zubair, M., 2012. Anisotropic Universe Models with Perfect Fluid and Scalar Field in f(R,T) Gravity. Journal of the Physical Society of Japan. 81:. 114005-114005(7).

Silk J., 1997. Evrenin Kısa Tarihi (Çev: Murat Alev). Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Semih Ofset, Ankara ISBN 975-403-073-1.

Singh G. P., Bishi B. K., Sahoo P., 2016. Scalar Field and Time Varying Cosmological Constant in f(R,T) Gravity For Bianchi Type-I Universe. Chinese Journal of Physics. 54: 244-255.

Singh J. K. ve Ram S., 1996. Plane-Symmetric Mesonic Viscous Fluid Cosmological Model. Astrophysics and Space Science. 236: 277-284.

Singh C.P., Singh V., 2011. FRW Models with Perfect Fluid and Scalar Field in Higher Derivative Theory. Modern Physics Letters A. 26: 1495-1507.

Singh G. P., Bishi, B. K., 2015. Bianchi type-I transit Universe in f(R,T) Modified Gravity With Quadratic Equation of State and Lambda. Astrophysics and Space Science. 360: article id.34, 8 pp.

Singh V., Singh C. P., 2015. Modified f(R,T) Gravity Theory And Scalar Field Cosmology. Astrophysics and Space Science, 356: 153-162.

Sofuoğlu D., 2016. Rotating and Expanding Bianchi type-IX Model in f(R,T) Theory of Gravity. Astrophysics and Space Science. 361: article id.12, 7 pp.

Solanke D. T., Karade T. M., 2018. Bianchi Type I Universe Filled with Scalar Field Coupled With Electromagnetic Fields in f(R,T) Theory of Gravity. Indian Journal of Physics, 91: 1457-1466.

Şen R., 2018. Yüksek Boyutlu FRW Evreni İçin Self Creation Kozmolojide Kuark Madde Çözümleri (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

Tiwari R. K., Beesham A., Shukla B., 2018. Cosmological Model with Variable Deceleration Parameter in f(R,T) Modified Gravity. International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. 15: 1850115-581.

Yadav A. K., Ali A. T., 2018. Invariant Bianchi Type I Models in f(R,T) Gravity. International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. 15: id. 1850026.

Yinilmez S., 2009. Galileo'nun Yaşamı ve Yapıtları, UNESCO 2009 Dünya Astronomi Yılı Etkinlikleri, Kastamonu, 15-17 Ekim 2009.

Zhuk A. ve Günther U., 2004. Massive Scalar Fields in the Early Universe. International Journal of Modern Physics D, 13 (07): 1167-1175.

Zubair M., Noureen I., 2015. Evolution of Axially Symmetric Anisotropic Sources in f(R,T) Gravity. The European Physical Journal C. 75: article id.265, 9 pp.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali KABAK

Doğum Yeri : İstanbul

Doğum Tarihi : 09.06.1979

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : İstanbul Üniversitesi/Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : :İngilizce/başlangıç düzeyi

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

b) Bildiriler -Uluslararası –

A. Kabak ve S. Aygün, 2018. Massive Scalar Field Solutions in f(R,T) Gravity and General Relativity Theory, Türk Fizik Derneği 34. Uluslararası Fizik Kongresi, 5-9 Eylül 2018, Bodrum/Muğla. (Bildiri kitabı sayfa 364)

A. Kabak ve S. Aygün, 2018. Strange Quark Matter Solutions in Various Gravitation Theories. Türk Fizik Derneği 34. Uluslararası Fizik Kongresi, 5-9 Eylül 2018, Bodrum/Muğla. (Bildiri kitabı sayfa 369).

c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

Sınav Dergisi Dershaneleri Ağustos 2014 / Haziran 2015

Gözde Ufuklar Butik Dershanesi Haziran 2013 / Haziran 2014

Fen Eğitim Dershanesi Mart 2011 / Nisan 2013

Netfen Dershanesi Ağustos 2010 / Aralık 2010

Birey Eğitim Dershanesi Ağustos 2008 / Haziran 2010

Sınav Dergisi Dershanesi Mart 2006 / Haziran 2008

İLETİŞİM

E-posta Adresi : alikabak6139@gmail.com