

Bulut Bilişim’de Çok Amaçlı Optimizasyon Tabanlı Görev Planlama Mekanizmalarının İncelenmesi

Sinem Akyol¹, Bilal Alataş²

¹Munzur Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

² Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

Sorumlu yazar:sakyol@munzur.edu.tr

Özet

Bulut bilişim veri merkezlerinde kaynak yönetimini geliştirmek ve güç tüketimini azaltmak için etkili görev planlaması çok önemlidir. Bununla birlikte, sayısız görev, sanal makineler ve dikkate alınması gereken çok fazla amaç dikkate alındığında, planlamanın oldukça zor bir problem olduğu bilinmektedir. Bu görevlerin çizelgelenmesi için birçok yaklaşım ve vaka çalışması geliştirilmiştir. Çok amaçlı optimizasyon, görev planlama problemlerini çözmeye çok sayıda çakışan hedefle başa çıkmak için ilginç bir tekniktir. Bu makale, çeşitli bulut bilişim ortamları için tasarlanmış meta-sezgisel optimizasyon yöntemleri tabanlı çok amaçlı planlama yaklaşımlarına ilişkin inceleme ve genel bakış sunmaktadır. Ayrıca gelecekte bu alandaki potansiyel araştırma alanları için, çok amaçlı planlama şemalarının karşılaştırmasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Görev Planlama Mekanizmaları, Çok Amaçlı Optimizasyon, Bulut Bilişim

Investigation of Multi-Objective Optimization Based Task Scheduling Mechanisms in Cloud Computing

Abstract

Effective task scheduling is very important to improve resource management and reduce power consumption in cloud computing. Scheduling is also known to be quite a difficult problem, given the myriad of tasks, virtual machines, and so many objectives to consider. Many approaches and case studies have been developed to schedule these tasks. Multi-objective optimization is an interesting method for dealing with a large number of conflicting objectives in solving task scheduling problems. This article provides a review and overview of multi-objective scheduling approaches based on meta-heuristic optimization methods designed for different cloud computing environments. It also provides a comparison of multi-objective scheduling schemes for potential future research areas in this field.

Keywords: Task Scheduling Mechanisms, Multi-Objective Optimization, Cloud Computing

1. GİRİŞ

Bulut bilişim, bize kullanıcı talebine göre işleri yapma kolaylığını sağlamıştır. Çok büyük miktarda kaynak mevcuttur, ancak dağıtılmış bilgi işlem bile onu kullanılması gerektiği kadar verimli kullanamadığından, tüm bu kaynaklar verimli bir şekilde kullanılamamaktadır [1, 2]. Bulut hizmet sağlayıcıları, hizmet olarak yazılım (SaaS), hizmet olarak altyapı (IaaS) ve hizmet olarak platform (PaaS) dahil olmak üzere üç katman halinde sınıflandırılır. IaaS, talep üzerine depolama gibi sanallaştırılmış otomatikleştirilmiş ve ölçeklenebilir hesaplama kaynakları içermektedir. PaaS, kullanıcıya kolayca programlanabilmesi için daha yüksek seviyede soyutlama sağlar. Kullanıcılarına çeşitli uygulamalar oluşturmak için bir platform sağlar ve uygulama için bellek veya işlemci gereksinimini bilmelerine gerek yoktur. SaaS’de, bir kullanıcı internet üzerinden herhangi bir yazılıma erişebilir. Bu tür, uygulamaları bir kullanıcıya teslim eder ve bir kullanıcıyı yazılım bakımı yükünden kurtarmaktadır. Görev planlama, bulut bilişim ortamının temel zorluklarından ve deneylerinden biri olarak kabul edilir [3]. Bulut ortamında görev planlama için en uygun çözümleri bulmak için birçok araştırma ve çalışma NP problemi olarak sunulmuştur. Bulut katmanlarında, kullanıcı ve hizmet sağlayıcıları, kaynak yönetiminin

optimizasyonunu kapsayacak şekilde istenen görevler ve bir dizi sanal donanım kaynağı arasında etkileşimli bir iletişime sahiptir.

Optimizasyon belirli kısıtlar göz önüne alınarak, bir problemin maksimize veya minimize edilmesidir. Klasik yöntemlerin çözüme yeterli olmadığı durumlar için meta-sezgisel yöntemler ortaya çıkmıştır. Meta-sezgisel yöntemler, doğası gereği yinelenmelidir ve genellikle bir veya daha fazla başlangıçtaki aday çözümü değiştirmek için arama süreçlerinde tahmini işlemleri kullanır. Pek çok gerçek dünya optimizasyon problemi, içsel pratiklikleri nedeniyle karmaşık olduğundan, klasik optimizasyon algoritmaları her zaman uygulanabilir olmayabilir ve bu tür problemleri pragmatik bir şekilde çözüme adil olmayabilir. Meta-sezgisel yöntemler, problemin matematiksel modelinin çıkarılmadığı ve kesin çözümün bulunamayacağı zaman global optimal çözüme yakın bir çözüm bulmak için kullanılmaktadır ve genellikle hesaplama açısından avantajlıdır [4]. Optimizasyon, tek amaçlı ve çok amaçlı optimizasyon olarak iki kısımda ele alınabilir. Tek amaçlı optimizasyonda, optimize edilmesi gereken tek bir amaç fonksiyonu vardır ve problemin türüne göre amaç bu fonksiyonun maksimum ya da minimum çözümünün bulunmasıdır. Çok amaçlı optimizasyon algoritmalarının temel amacı, en yüksek çeşitliliğe sahip gerçek Pareto optimal çözümlerinin çok doğru bir yaklaşımını bulmaktır [5, 6]. Genel olarak, çok amaçlı optimizasyon problemleri, çok sayıda çözümden oluşan bir Pareto cephesine sahip olabilir. Meta-sezgisel yöntemler gibi stokastik teknikleri kullanırken amaç, bu nedenle bir Pareto ön yaklaşımı, gerçek Pareto cephesini temsil eden bir çözüm alt kümesi elde etmektir [7].

Planlama problemini çözmek için uygulanan algoritmanın türüne bağlı olarak, planlama şemaları, sezgisel planlama şemaları ve meta-sezgisel planlama şemaları olarak sınıflandırılabilir [8]. Sezgisel kategori, algoritmayı yalnızca belirli bir planlama problemi türü için tasarlarken meta-sezgisel kategori, optimize edilmiş bir çözüm bulmak için meta-sezgisel algoritmalar uygulayarak planlama algoritmalarını tasarlar. Ayrıca, meta-sezgisel şemalar tek amaçlı ve çok amaçlı şema olarak da kategorize edilebilir. Bulut bilişimin iki ana katılımcısı, görev planlama problemlerinde genellikle birbiriyle çelişen hedeflere sahip olan bulut müşterileri ve bulut hizmet sağlayıcılarıdır (CSP). Bu tür çelişen amaçlar, hepsini tatmin etmek için programlama şemalarında dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, tek amaçlı meta-sezgisel algoritmalar, Pareto cephesinin şekli içbükey olduğunda, çok amaçlı planlama problemi için uygun çözümleri bulmada sorun yaşar. Bu sorunu çözmek için, son yıllarda, PAES [9], PESA-II [10], SPEA2 [11], NSGA-II [12], MOPSO [13] ve MOEA/D [14] gibi popüler çok amaçlı optimizasyon algoritmalarının kullanıldığı birkaç planlama şeması önerilmiştir. Ayrıca, tek amaçlı optimizasyon algoritmalarının çok amaçlı versiyonunu kullanan bazı şemalar da bulunmaktadır.

Bu makalede, literatürde son zamanlarda önerilen çok amaçlı optimizasyona dayalı görev planlama şemaları kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bunlar, uygulanan çok amaçlı optimizasyon algoritmalarına göre sınıflandırmış ve her bir planlama çerçevesinin bu algoritmaları, farklı bulut bilişim ortamlarında etkili programlama yapmak için nasıl uyarlandığı açıklanmıştır. Ayrıca her kategoride katkılar, avantajlar ve olası sınırlamalar karşılaştırılmıştır. Son olarak, incelenen sistemlerin karşılaştırılmasından sonra, bu bağlamdaki sonuç açıklamaları ve gelecekteki çalışmaların temelini oluşturabilecek açık araştırma konuları sunulmuştur.

2. ÇOK AMAÇLI GÖREV PLANLAMA ALGORİTMALARININ İNCELENMESİ

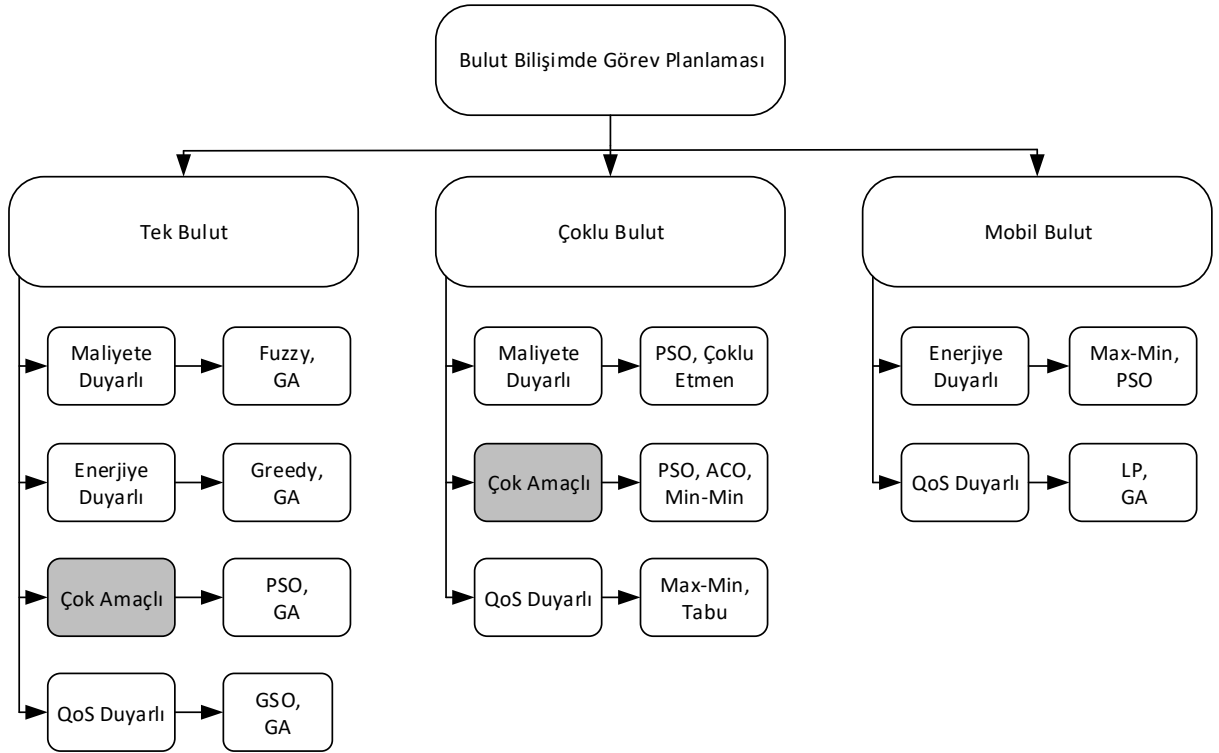
Bu bölümde, bulut ortamındaki mevcut görev planlama yaklaşımlarına ilişkin bir sınıflandırma sunularak çok amaçlı optimizasyon algoritmalarını kullanan görev planlama yaklaşımları incelenmiştir.

Bulut Bilişim, isteğe bağlı hizmetlerin sağlanmasında büyük ilgi gören popüler bir bilgi işlem paradigması haline gelmiştir. Bulut bilişimde görev planlaması, iyi araştırılmış ve bunun için birçok algoritma geliştirilmiş önemli bir konudur. Bununla birlikte, bu algoritmaların çoğunun amacı, hizmetin genel maliyetinin en aza indirilmesine bakmadan üretim süresini en aza indirmektir [15]. NP-zor bir problem olan görev planlaması, bir dizi iş akışını bir dizi uygun işleme, yürütme ve iletişim maliyetleri en aza indirilecek şekilde tahsis eder. Bu tahsis için belirli algoritmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bulutta görevleri en uygun şekilde planlayan çeşitli optimizasyon algoritmaları vardır [2, 16].

İşlemcilerin bir dizi göreve tahsis edilmesine haritalama adı verilir. [17]. Bulutta planlama, m adet işlemciye tahsis edilecek n tane görev için optimize edilmiş bir haritalama bulmayı içermektedir. Hangi planlamanın yapılabileceğine dayanan birçok kriter bulunmaktadır. Bulut bilişimde bir planlamanın optimizasyonu için yürütme maliyeti, yapım süresi, bekleme süresi ve son tarih kriterleri vardır. Yürütme maliyeti, bulut hizmetinin ücreti olmaktadır. Kullanım başına isteğe bağlı ödeme modelidir. Bu nedenle bir kullanıcının bulut hizmeti sağlayıcıları tarafından sunulan kaynaklara erişmek için bir miktar ödeme yapması gerekir. Bulut görev planlaması için optimize etme kriterleri, işlemcilerde görev çalıştırmanın, toplam yürütme maliyetini azaltacak şekilde olmalıdır [2, 18].

Yapım süresi, son görevin yürütmeyi gerçekleştirdiği zamandır. Optimizasyonun üretim süresi temelinde yapıldığı ve en az üretim süresine sahip görevin en optimize edilmiş olduğu kabul edildiği başka bir kriter olmaktadır. Bekleme süresi, yürütme başlangıç saati ile görevin teslim süresi arasındaki süredir. Bekleme süresinin kısaltılması, bulut görev planlaması için bir optimizasyon kriteri olarak kabul edilebilir [19]. Son tarih, bir görevin yürütülmeden önce tamamlanması gereken zaman olarak tanımlanabilir ve en optimize zamanlama, en çok sayıda görevin verilen son tarihten önce bittiği zaman olacaktır.

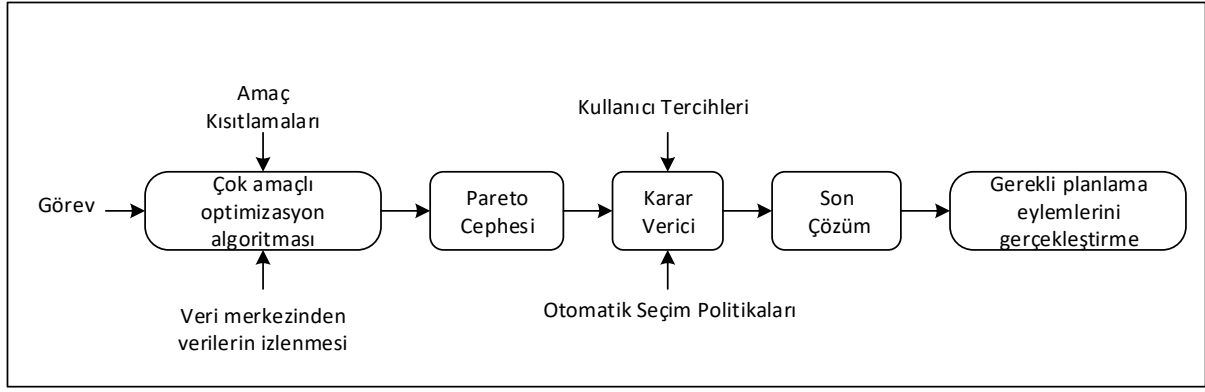
Bulut ortamında görev planlama yaklaşımlarının bir sınıflandırması Şekil 1'de verilmektedir [2]. Şekle göre, görev planlama yaklaşımlarını tek bulut, çoklu bulut ve mobil bulut olmak üzere üç bölümde sınıflandırılmıştır. Her çalışmanın değerlendirme faktörlerini analiz etmek için, her ortamda ana değerlendirme ölçütleri dikkate alınmıştır. Mevcut çalışmalar, tek bulut ortamında maliyete duyarlı, enerjiye duyarlı, çok amaçlı ve QoS duyarlı yaklaşımlar olarak; mobil bulut ortamında, QoS'ye duyarlı ve enerjiye duyarlı yaklaşımlar olarak; ve çoklu bulut bilişim ortamında, maliyete duyarlı, QoS'ye duyarlı ve çok amaçlı yaklaşımlar olarak kategorize edilmiştir. Maliyete duyarlı yaklaşımlarda görevler, minimum maliyet-fayda yöntemine göre değerlendirilmektedir. Enerjiye duyarlı yöntemlerde, minimum enerji ve güç tüketimine dayalı olarak bulut kaynaklarına görev planlaması uygulanmaktadır.



Şekil 1. Bulut ortamında görev planlama yaklaşımlarının sınıflandırılması

Çok kriterli öznelikleri temsil eden çok amaçlı yaklaşımlar, aynı zamanda maliyeti veya tamamlanma süresini azaltırken, görevlerin yanıt süresi faktörünü en aza indirmek için uğraşmaktadır. QoS-duyarlı yöntemlerde, görev planlaması, optimizasyon yöntemindeki tüm işlevsel olmayan faktörleri bir araya getiren bir uygunluk işlevine dayalı olarak uygulanır. Parçacık sürü optimizasyonu (PSO), genetik algoritma, açgözlü yaklaşım, bulanık küme yaklaşımı ve karınca kolonisi optimizasyonu (ACO) algoritmaları her sınıflandırma için mevcut görev planlama yaklaşımını değerlendirmek amacıyla uygulanan bazı önemli algoritmalarıdır. Bu çalışmada, çok amaçlı optimizasyon tabanlı görev planlama algoritmaları incelenmiştir [2].

Şekil 2'de çok amaçlı bir planlama şemasının genel çerçevesi gösterilmektedir. Görev verilerini ve son tarih gibi kullanıcı tanımlı kısıtlamaları girdi olarak almaktadır. Ayrıca bazı durumlarda veri merkezi kaynakları ile ilgili izleme verilerini almaktadır ve ardından bir Pareto cephesi elde etmek için optimizasyon işlemi yapılmaktadır. Ardından, bir karar verici, Pareto cephesinden bir çözümü seçmek için karar verirken, kullanıcı veya yönetici tercihlerini almaktadır. Daha sonra planlama algoritmaları, gerekli sanal makine örneğinin sağlanması gibi gerekli eylemleri gerçekleştirmektedir [8].



Şekil 2. Çok amaçlı bir planlama şemasının genel çerçevesi

2.1. Tek Bulut Ortamı İçin Çok Amaçlı Optimizasyon

Tek bulut ortamında, görev planlaması tek bir bulut ortamına uygulanmaktadır. Bir bulut sağlayıcı, tüketicilere mevcut hizmetleri sunmaktadır. Tek bulut ortamı, kurumsal sistemlerin sanal makinelerin sayısını artırmak için iş akışı görevlerini bulut sağlayıcısına aktarmasına olanak tanımaktadır. Sofia ve GaneshKumar [20], enerji tüketimini verimli bir şekilde kontrol etmek için, dinamik gerilim frekans ölçeklendirme sistemini optimizasyon prosedürüne dahil etmişlerdir ve NSGA-II kullanarak bir dizi baskın olmayan çözüm etmişlerdir. Ayrıca en başarılı makine öğrenme algoritmalarından biri olan Yapay Sinir Ağı (YSA), kaynakların görev ve özelliklerine göre sanal makineleri tahmin etmek için kullanılmışlardır [20]. Jena [21], enerji ve işleme süresini optimize etmek için çok amaçlı yuvalanmış Parçacık Sürü Optimizasyonunu (TSPSO) kullanarak görev planlaması çalışmıştır. TSPSO tarafından elde edilen sonuçları, CloudSim ile simüle etmiştir [21].

Zhu ve diğerleri [22], dinamik bir zamanlama algoritması kullanarak bağımsız ve gerçek zamanlı görevler için bulut ortamında aracı tabanlı bir zamanlama mekanizması sunmuşlardır. CloudSim araç seti simülasyon sonuçları, sanal bulutlarda gerçek zamanlı görev planlama problemini çözme açısından bu mekanizmanın etkin olduğunu göstermiştir [22]. Ramezani ve Hussain [23], görev planlamasında, görev yürütme süresini, görev aktarma süresini ve görev yürütme maliyetini en aza indirmek için kapsamlı bir çok amaçlı model geliştirmişlerdir [23]. Ramezani ve diğerleri [24], bulutta paralel hesaplamaya odaklanan PSO ve Genetik Algoritma (GA) tabanlı çok amaçlı bir görev planlama modeli sunmuşlardır. Bu model, görev yürütme ve enerji maliyetini en aza indirmeye ve bulut kullanımını optimize etmeye çalışmıştır [24].

Tablo 1, çok amaçlı tek bulut bilişimde değerlendirme faktörlerinin karşılaştırılmasını göstermektedir. Tabloya göre, çok amaçlı tek bulut bilişimde değerlendirme faktörlerinden en çok üretim süresi dikkate alınmıştır. Zaman ve enerjide dikkat edilen diğer faktörlerdendir. Ölçeklenebilirlik ve Kullanım faktörleri ise daha az kullanılmıştır. Tablo 2'de ise, çok amaçlı tek bulut bilişimde yapısal faktörlerin karşılaştırılması gösterilmektedir. Bu tabloya göre, kaynak kullanımı ve zaman avantajları sağlanmıştır. Yapılan çalışmalarda gözlenen kısıtlamalardan en belirgin olanı gerçek bir bulut ortamında uygulamanın olmamasıdır.

Tablo 1. Çok amaçlı tek bulut bilişimde değerlendirme faktörlerinin karşılaştırılması

Referans	Uygulana n Algoritma	Değerlendirme Faktörleri						
		Zaman	Maliyet	Güvenilirlik	Üretim Süresi	Enerji	Ölçeklenebilirlik	Kullanım
[20]	NSGA-II	x	x	x	✓	✓	x	x
[21]	PSO	x	x	x	✓	✓	x	x
[22]	ANGEL	✓	x	x	x	x	✓	✓
[23]	MOPSO	✓	✓	x	✓	x	x	x
[24]	PSO, GA	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓

Tablo 2. Çok amaçlı tek bulut bilişimde yapısal faktörlerin karşılaştırılması

Referans	Ana İçerik	Avantaj	Kısıtlamalar
[20]	NSGA-II Kullanarak enerji tüketimini ve üretim maliyetini azaltma	• Enerji tüketimi etkili bir şekilde en aza indirilmiştir	Değerlendirme faktörleri artırılmalı
[21]	(TSPSO kullanarak görev planlaması	• Enerji ve üretim süresini azaltmak için sistem kaynaklarını etkili bir şekilde kullanılması	Algoritma yeterince sağlam değil
[22]	Bulutta aracı tabanlı bir planlama mekanizması	• Kaynak kullanımında iyileştirme • Önerilen mekanizmanın ölçeklenebilirliğini sağlamak	Gerçek bir bulut ortamında uygulama yok
[23]	Görev planlama modelini çözmek için bir MOPSO tasarlanması	• Karar destek sistemi sanallaştırma katmanının bir parçası haline getirilebilir. • Böylece, veri merkezi operatörlerinin yük dengeleme için bu sistem kullanılabilir	Gerçek bir bulut ortamında uygulama yok
[24]	Bulutta çok amaçlı bir görev planlama modeli	• Düşük yanıt süresi ve tamamlanma süresi • Optimum kaynak kullanımı	Bu modelde görev öncelikleri dikkate alınmamıştır

2.2. Çoklu Bulut Ortamı İçin Çok Amaçlı Optimizasyon

Çoklu bulut ortamında, belirli iş akışı tabanlı görev gereksinimlerini yönetmek için bazı farklı bulut sağlayıcıları etkinleştirilmektedir. Çoklu bulut ortamı, optimum ve yüksek performans ve verimlilik elde etmek için, farklı bulut hizmeti sağlayıcıları arasında bulut uygulamalarını paylaşmaktadır. Moschakis ve Karatza [25], sanal makinelerin heterojenliğini uygularken daha iyi performans ve maliyet verimliliği için dinamik çoklu bulut ortamında planlama tabanlı hibrit benzetimli tavlama (SA) algoritmasını uygulamışlardır [25]. Wang ve diğerleri [26], maliyet ve son tarih sınırlamaları varken hibrit bir bulutta QoS faktörlerini karşılayan yeni bir uyarlanabilir görev planlama yaklaşımı önermişlerdir. CloudSim araç setini kullanan simülasyon sonuçları, önerilen yaklaşımın daha iyi QoS memnuniyeti sağladığını göstermiştir [2, 26].

Frincu ve diğerleri [27], uygulama maliyetini düşürürken ve kaynak yükünü en üst düzeye çıkarırken uygulama yüksek kullanılabilirliğini ve hata toleransını sağlamaya çalışan bir algoritma sunmuşlardır. Önerilen algoritma, birçok ticari bulut tarafından kullanılan klasik bir Round Robin stratejisiyle karşılaştırmışlardır [27]. Ma ve diğerleri [28], genel dağıtım maliyetlerini ve yanıt süresini en aza indirmek amacıyla çoklu bulutta uygulama dağıtımını sorununa verimli ve etkili bir yaklaşım önermişlerdir. Bunun için, yerel bir arama yöntemi ile bir hibrit NSGA-II yaklaşımını kullanmışlardır [28]. Pang ve diğerleri [29], görev tamamlama süresini azaltmak ve sistem yük dengeleme yeteneğini geliştirmek amacıyla çok amaçlı görev planlama problemini ele almak için etkili bir Dağıtım algoritmasının tahmini (EDA)-GA hibrit algoritması önermişlerdir. Önerilen algoritmanın görev tamamlama süresini etkili bir şekilde azaltabileceği ve yük dengeleme yeteneğini geliştirebileceği görülmektedir [29].

Tablo 3, her araştırma çalışması için değerlendirme faktörleri, uygulanan algoritmalar ve simülasyon ortamına ilişkin yan yana analizi göstermektedir. Tabloya göre, değerlendirme faktörlerinden en çok maliyet, daha sonra ise zaman ve üretim süresi dikkate alınmıştır. Enerji, ölçeklenebilirlik ve kullanım daha az kullanılmıştır. Tablo 4 ise çok amaçlı çok bulutlu hesaplamadaki yapısal faktörlerin bir karşılaştırmasını göstermektedir. Tablo incelendiğinde, yapılan her çalışmanın hem avantajı hem de dezavantajı bulunmaktadır. En çok görülen avantaj ise maliyetin düşmesi ve zamandan kazanılmasıdır.

Tablo 3. Çok amaçlı çoklu bulut bilişimde değerlendirme faktörlerinin karşılaştırılması

Referans	Uygulana n Algoritma	Değerlendirme Faktörleri					
		Zaman	Maliyet	Üretim Süresi	Enerji	Ölçeklenebilirlik	Kullanım
[25]	SA	✓	✓	✓	✓	✗	✓
[26]	AsQ	✓	✓	✗	✗	✗	✗
[27]	SA	✗	✓	✓	✗	✗	✗
[28]	NSGA-II	✗	✓	✓	✗	✗	✗
[29]	EDA-GA	✓	✗	✗	✗	✗	✗

Tablo 4. Çok amaçlı çoklu bulut bilişimde yapısal faktörlerin karşılaştırılması

Referans	Ana İçerik	Avantaj	Kısıtlamalar
[25]	Görev Çantaları (BoT) için çok kriterli planlama yaklaşımı	• Meta sezgisel algoritmaların avantajlarını kullanmak	Bulutların arasında paralel görevler hakkında bir çalışma yok.
[26]	Hibrit bulutta uyarlanabilir bir görev planlama yaklaşımı.	• QoS faktörlerinin karşılanması • Düşük zaman ve maliyet elde etmek	Enerji tüketimi ve uygulama süresi ile ilgili uygun bir iş yükü gereklidir.
[27]	Yüksek Kullanılabilirlik Gereksinimleri ve Maliyet Kısıtlamaları İçeren Uygulamaları Planlama	• Uygulama maliyetini düşürür • Kaynak yükünü en üst düzeye çıkarır	Düğüm sağlama ve C / C ölçeklendirme çalışmaları bulunmamaktadır
[28]	Çok Amaçlı Uygulama Dağıtımı için Yerel Aramalı NSGA-II	• Sağlayıcıların kendi gereksinimlerine göre seçim yapabilecekleri bir dizi optimal takas çözümleri üretebilir.	Tek bir veri seti üzerinde çalışılmış
[29]	EDA-GA'ya dayalı bir hibrit zamanlama algoritması geliştirme	• Görev tamamlama süresini etkili bir şekilde azaltır • Yük dengeleme yeteneğini geliştirir	Bulut bilişim ortamının dinamiklerini ve belirsizliğini dikkate almamaktadır

3. TARTIŞMA

Planlama görevleri, bulut bilişimin en önemli zorluklarından biridir. Görev planlamasının ana motivasyonu; üretim süresi, yürütme süresi, yük dengesi, hizmet kalitesi, CPU enerji tüketimi, yanıt süresi, yürütülecek görevler için eşit tahsis gibi çeşitli parametreler göz önünde bulundurularak, kullanıcılardan mevcut sanal makinelere gelen görevlerin geçişidir. Çoğu algoritma yalnızca yük dengelemeyi dikkate alırken, diğerleri yanıt süresini hesaba katar. Çoğu algoritma bir veya iki parametre ile çalıştığı için sonuçlar başarılı değildir. Etkili bir algoritma üretmek için bir geliştirme için daha fazla zamanlama ölçütü eklenerek daha iyi sonuçlar oluşturulabilir.

Bağlam farkındalığı, bulut tabanlı akıllı platformları göstermek için önemli bir faktördür. Oluşturulan kavramsal bilgiler genellikle yorumlanması gereken çeşitli dağıtılmış kaynaklardan elde edilen ham bilgilerdir. Bağlama duyarlı görev planlaması, bulut bilişimdeki ana zorluklardan biridir. Bulut bilişimde temel bir zorluk olarak güvenlik, koruma saldırılarında fark edilebilir. Saldırıları fiziksel, ağ, ulaşım ve uygulama gibi herhangi bir katmanda meydana gelebilir.

Güvenilirlik, görev planlamasında hata toleransını desteklemek için önemli bir faktördür. Ayrıca, görev planlamasında veri kullanılabilirliği, bulut sistemindeki önemli bir unsurdur ve bulut verilerinin güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini garanti etmek için uygun, iyi korunan ve verimli bir platform sağlanmalıdır.

Görev planlamadaki enerji verimliliği, minyatürleştirilme ve entegrasyon nedeniyle bilgi izleme alanını etkileyebilir. Yük dengeleme, heterojen bir bulut bilişim ortamında çok kaynaklı görevlerin planlamasını uygulamak için en önemli konulardan biridir. Yük dengeleme yöntemi programlamada destekleniyorsa, enerji ve

güç tüketimini etkileyebilir. Bir sanal makinenin, bir ana bilgisayarın ve bir veri merkezinin enerji tüketimini etkileyen birçok zorluk vardır ve simülasyon doğruluğunun hala yükseltilmesi gerekmektedir. Enerjinin daha doğru bir şekilde nasıl hesaplanacağı veya tahmin edileceği, bulut bilişimin görev planlamasına odaklanmak için ilginç bir alandır. Ayrıca, yük dengelemeye dayalı görev planlamasını doğrudan etkileyen hem enerji tüketimi hem de Hizmet Seviyesi Anlaşmaları (SLA) ihlalleri için CPU kullanımını gereklidir.

Replika tabanlı görev planlama, uzak veri erişiminin ağ gecikmesini ve bant genişliği kullanımını azaltabilir, bulut ortamının yük dengesini iyileştirebilir ve önemli replikaları uygun veri merkezlerinde depolayarak veri güvenliğini ve sistem esnekliğini artırabilir. Eşleme tabanlı görev planlamanın ana adımları eşleme oluşturma, seçme, yerleştirme ve değiştirmedir. Kısaca çok amaçlı görev planlama şemalarının sayısı sürekli artmaktadır ve bu bağlam, yeşil bulut bilişim bağlamında aktif bir araştırma alanı olarak düşünülebilir.

4. SONUÇ

Bu makalede, çeşitli bulut bilişim ortamlarındaki zorlu çok amaçlı görev planlama sorunu ele alınmış ve kapsamlı bir inceleme ortaya konmuştur. Bulut bilişimdeki planlama problemi için uygulanan optimizasyon algoritmalarına dayalı olarak incelenen çok amaçlı planlama şemaları sınıflandırılmış ve ana katkılar, özellikler ve sınırlamalar açıklanmıştır. Ayrıca her kategoride ana hatlarıyla belirtilen sistemler karşılaştırılmıştır.

Optimizasyon algoritmaları ile çeşitli bulut bilişim ortamlarında farklı çıkan planlama amaçlarına ilişkin bir dizi çözüm elde edilebilir. Önerilen planlama algoritmaları, çeşitli planlama faktörlerini göz önünde bulundurarak veya mevcut meta-sezgisel algoritmaları geliştirerek Pareto cephesini optimize etmeye çalışmaktadır. Bulut bilişimde görev planlama ve diğer farklı problemler için yeni etkili çok amaçlı optimizasyon algoritmaları geliştirilebilir. Nesnelerin interneti, uç hesaplama ve sis hesaplama yönelik son eğilimlerle ilgili olarak, yeni önerilen çok amaçlı planlama şemaları, bu yeni ortamlara daha fazla odaklanabilir ve bunlardaki görev planlama sürecini optimize etmekte etkili olarak kullanılabilir. İleriki çalışmalarda, yeni önerilen optimizasyon algoritmalarının çok amaçlı ayırık versiyonlarının tasarlanması da büyük önem taşımaktadır.

Çeşitli dahili veya harici saldırganlar tarafından başlatılan artan güvenlik tehditleri seviyesi, gelecekteki çalışmalarda, özellikle farklı görevler arasında veya görevler ve veri havuzları arasında yüksek miktarda verinin aktarılması gereken bilimsel iş akışı programlamasında güvenlik faktörlerinin ciddi şekilde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bulut bilişim, IoT ve E-Sağlık uygulamaları gibi ortaya çıkan çeşitli bağlamlarda bir arka uç işleme katmanı olarak kullanıldıkça, güvenlik değerlendirmesinin önemi artacaktır. Güvenlik problemleri için de optimizasyon yöntemlerinin etkili şekilde kullanılabilmesi değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Mishra, S. K., Sahoo, B., & Parida, P. P. Load balancing in cloud computing: a big Picture, *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 32(2) 149-158, 2020.
2. Amini Motlagh, A., Movaghar, A., & Rahmani, A. M. Task scheduling mechanisms in cloud computing: A systematic review, *International Journal of Communication Systems*, 33(6) e4302, 2020.
3. Elhoseny, M., Abdelaziz, A., Salama, A. S., Riad, A. M., Muhammad, K., & Sangaiah, A. K. A hybrid model of internet of things and cloud computing to manage big data in health services applications, *Future generation computer systems*, 86, 1383-1394, 2018.
4. Bandaru, S., & Deb, K. Metaheuristic techniques, *Decision Sciences* (pp. 693-750), CRC Press, 2016.
5. Zhou, A., Qu, B. Y., Li, H., Zhao, S. Z., Suganthan, P. N., & Zhang, Q. Multiobjective evolutionary algorithms: A survey of the state of the art, *Swarm and Evolutionary Computation*, 1(1) 32-49, 2011.
6. Mirjalili, S., Saremi, S., Mirjalili, S. M., & Coelho, L. D. S. Multi-objective grey wolf optimizer: a novel algorithm for multi-criterion optimization, *Expert Systems with Applications*, 47 106-119, 2016.
7. Zavala, G. R., Nebro, A. J., Luna, F., & Coello, C. A. C. A survey of multi-objective metaheuristics applied to structural optimization, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 49(4) 537-558, 2014.
8. Hosseinzadeh, M., Ghafour, M. Y., Hama, H. K., Vo, B., & Khoshnevis, A. Multi-objective task and workflow scheduling approaches in cloud computing: a comprehensive review, *Journal of Grid Computing*, 1-30, 2020.
9. Knowles, J. D., & Corne, D. W. Approximating the nondominated front using the Pareto archived evolution strategy. *Evolutionary computation*, 8(2) 149-172, 2000.

10. Corne, D. W., Jerram, N. R., Knowles, J. D., & Oates, M. J. PESA-II: Region-based selection in evolutionary multiobjective optimization. In Proceedings of the 3rd Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation (pp. 283-290), July, 2001.
11. Zitzler, E., Laumanns, M., & Thiele, L. SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm, TIK-report, 103, 2001.
12. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. A. M. T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2) 182-197, 2002.
13. Coello, C. C., & Lechuga, M. S. MOPSO: A proposal for multiple objective particle swarm optimization, In Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. CEC'02 (Cat. No. 02TH8600) (Vol. 2, pp. 1051-1056). IEEE, May, 2002.
14. Zhang, Q., & Li, H. MOEA/D: A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 11(6) 712-731, 2007.
15. Panda, S. K., & Jana, P. K. A multi-objective task scheduling algorithm for heterogeneous multi-cloud environment, In 2015 International Conference on Electronic Design, Computer Networks & Automated Verification (EDCAV) (pp. 82-87), IEEE, January, 2015.
16. Li, C., Song, M., Zhang, M., & Luo, Y. Effective replica management for improving reliability and availability in edge-cloud computing environment, Journal of Parallel and Distributed Computing, 2020.
17. Gupta, S., Agarwal, I., & Singh, R. S. Workflow scheduling using Jaya algorithm in cloud, Concurrency and Computation: Practice and Experience, 31(17) e5251, 2019.
18. Li, S., & Sun, W. Utility maximisation for resource allocation of migrating enterprise applications into the cloud, Enterprise Information Systems, 1-33, 2020.
19. Taktak H, Moussa F. A service-oriented application creation process in ubiquitous environments: travel assistant mobile application, Int J Perva Comput Comm, 13 300-330, 2017.
20. Sofia, A. S., & GaneshKumar, P. Multi-objective task scheduling to minimize energy consumption and makespan of cloud computing using NSGA-II, Journal of Network and Systems Management, 26(2) 463-485, 2018.
21. Jena, R. K. Multi objective task scheduling in cloud environment using nested PSO framework, Procedia Computer Science, 57 1219-1227, 2015.
22. Zhu X, Chen C, Yang LT, Xiang Y. ANGEL: agent-based scheduling for real-time tasks in virtualized clouds, IEEE Trans Comput., 64 3389-3403, 2015.
23. Ramezani, F., Lu, J., & Hussain, F. Task scheduling optimization in cloud computing applying multi-objective particle swarm optimization, In International Conference on Service-oriented computing (pp. 237-251), Springer, Berlin, Heidelberg, December, 2013.
24. Ramezani F, Lu J, Taheri J, Hussain FK. Evolutionary algorithm-based multi-objective task scheduling optimization model in cloud environments, World Wide Web., 18 1737-1757, 2015.
25. Moschakis I. A, Karatza H.D. Multi-criteria scheduling of Bag-of-Tasks applications on heterogeneous interlinked clouds with simulated annealing, J Syst Soft., 101 1-14, 2015.
26. Wang W-J, Chang Y-S, Lo W-T, Lee Y-K. Adaptive scheduling for parallel tasks with QoS satisfaction for hybrid cloud environments, J Supercomp., 66 783-811, 2013.
27. Frincu, M. E., & Craciun, C. Multi-objective meta-heuristics for scheduling applications with high availability requirements and cost constraints in multi-cloud environments, In 2011 fourth IEEE international conference on utility and cloud computing (pp. 267-274), IEEE, December, 2011.
28. Ma, H., da Silva, A. S., & Kuang, W. NSGA-II with local search for multi-objective application deployment in multi-cloud, In 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC) (pp. 2800-2807), IEEE, June, 2019.
29. Pang, S., Li, W., He, H., Shan, Z., & Wang, X. An EDA-GA hybrid algorithm for multi-objective task scheduling in cloud computing, IEEE Access, 7 146379-146389, 2019.