



# ÇOKLU ETMEN GELİŞTİRME PLATFORMU: JACK™

**Cenk ŞAHİN**  
**Vahit KAPLANOĞLU**  
**Adil BAYKASOĞLU**  
**Rızvan EROL**

## ÖZET

Günümüzde, çoklu etmen sistemleri bilgi teknolojilerinde önemli bir yere sahiptir. Etmen tabanlı sistemlerde yer alan etmenlerin özelliklerini kendi problemlerine uygulamak isteyen geliştiriciler, uygulamada birçok problemle karşılaşır. Ancak, bazı etmen tabanlı sistem geliştirme yazılımları, etmen tabanlı sistem geliştirmek ve uygulamak isteyen geliştiricilere etmen özelliklerini kolay ve verimli bir şekilde kullanma olanağı sağlarlar. Bu durum onların teknik ayrıntılarla çok fazla meşgul olmadan ana probleme odaklanmalarını sağlar. JACK™ etmen tabanlı sistem geliştirme yazılımlarından birisidir. JACK™, takım yapıları, gerçek zamanlı kontrol ve tekrar edilebilirlik gibi etmen yapılarının uygulanmasını ve çalıştırılmasını destekleyen özelliklere sahip Java temelli bir etmen geliştirme platformudur. Bu çalışmada, bir üretim sisteminde yer alan otomatik rehberli taşıtların (AGV) ve makinelerin dinamik çizelgenmesine yönelik gelişimsel bir çizelgeleme yaklaşımı JACK™ etmen geliştirme platformu kullanılarak modellenmiştir. Çalışmanın temel amacı; mevcut problem üzerinden hem JACK™ etmen modelleme ve geliştirme platformu tanıtmak ve hem de söz konusu çizelgeleme çalışması ile etkili bir gerçek hayat uygulamanın nasıl geliştirilebileceği göstermektir. Etmen tabanlı sistemler ve çözümlene yaklaşımları gelecek on yıllarda endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırması çalışmalarının vazgeçilmez bir aracı olacağından bu konuların şimdiden çalışılması ve öğrenilmesi büyük bir önem arz etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** JACK™, Etmen modelleme, Dinamik sistemler, Çizelgeleme

## ABSTRACT

Nowadays, multi-agent systems are critically important in information technologies. The developers who want to apply agent characteristics to their own problems face with many difficulties during their application development phase. However, some agent based system development environments help to agent-based system developers while providing the opportunity of easiness and effectiveness of agent system development. This provides the agent based system developers to focus on the main problem without spending time on the technical details. JACK™ is one of the rare agent-based system development software. JACK™ with its extensions to support the design and execution of agent structures which are teams, real-time control, repeatability and etc. is a Java based agent development environment. In this study, an evolutionary scheduling approach to AGVs and machines within a manufacturing system is implemented through JACK™ agent development environment. The main objectives of this study are both introducing JACK™ agent modeling and development environment and showing how to develop an effective real-time scheduling problem application. Since agent based systems and their analysis approaches is assumed to be an indispensable tool in industrial engineering and operation research studies within next ten years, studying and learning these subjects in advance are so important.

**Key Words:** JACK™, Agent modeling, Dynamic Systems, Scheduling



## 1. GİRİŞ

Kazanca yönelik hiçbir organizasyon tarafından daha fazla ihmal edilemeyecek bir gerçek olan küresel ekonomi, üretim sistemlerini pazarda meydana gelen değişken durumlara sürekli bir şekilde adapte olmaya zorlamaktadır. Bu dinamik üretim ortamı, ürün çeşitliliği, talepteki geniş dalgalanmalar, daha kısa ürün yaşam döngüsü ile kalite ve teslim zamanı açısından artan müşteri istekleri tarafından şekillendirilir. Aynı zamanda hızla değişen çevre koruma kuralları, yeni geliştirilen süreçler ve teknolojiler de mevcut üretim sistemlerinin performansı üzerine yeni ihtiyaçlar yüklemektedir. Bunların yanı sıra, aşağı yönlü bölümlerdeki süreçlerin durmasına ve gecikmesine neden olan sıklıkla değişen ürün siparişleri ve teslim zamanları ile hazır olmayan hammadde ya da kalite problemleri gibi üretim çevresi ile ilişkili klasik problemler hala üretim sistemlerinde dalgalanmalar yaratmaya devam etmektedir. Artık günümüz üretim sistemlerinin sistemde meydana gelen herhangi bir aksaklığa, hata toleransına ve donanım/yazılımın yeniden şekillendirilmesine gerçek zamanlı olarak hızlı bir şekilde cevap vermesi istenmektedir. Diğer yeni kavramlarla birlikte etmen tabanlı üretim sistemleri kavramı yeni nesil üretim sistemleri için umut vaat edici bir çözüm olarak görülmektedir [1].

Sistem bilimi ve yazılım mühendisliğinde oldukça yeni sayılan etmen tabanlı yaklaşımlar, özellikle çoklu etmen modelleri karmaşık problemlerin modellenmesinde ve çözülmesinde etkili bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sistemler genellikle belirsiz bir sistem çevresinde çalışırlar ve bu sistemler problem çözümlerinde çok karmaşık etkileşimler içerirler. Dahası, etmen teknolojisi müzakere için gerekli olan gerçek zamanlı bilgiyi de sağlar ve değişen şartlara uygun olan dinamik bir yapıya sahiptir [2, 3].

Çoklu etmen sistemleri yazılımları, etmen tabanlı sistemleri geliştirme sürecini hızlı ve verimli şekilde kolaylaştırır. Ancak, mevcut birçok yazılım vardır ve bu durum uygun bir tane seçmeyi zor hale getirmektedir. Dolayısıyla bu yazılımları karşılaştırmak ve analiz etmek gereklidir. Bu yazılım araçlarının temel problemlerinden bir tanesi, tasarım şekilleri, sağlanan sınıflar ve performansları bakımından birbirleri arasında önemli farklılıklar göstermesidir. Literatürde bu araçları karşılaştırmak için yapılmış olan çalışmalar mevcuttur [4-9]. Bu çalışmada, bir üretim sisteminde yer alan otomatik rehberli taşıtların (AGV) ve makinelerin dinamik çizelgelenmesine yönelik gelişimsel bir çizelgeleme yaklaşımı JACK<sup>TM</sup> etmen geliştirme platformu kullanılarak modellenmiştir. Çalışmanın temel amacı; mevcut problem üzerinden hem JACK<sup>TM</sup> etmen modelleme ve geliştirme platformu tanıtmak hem de söz konusu çizelgeleme çalışması ile etkili bir gerçek hayat uygulamanın nasıl geliştirilebileceği göstermektir.

## 2. JACK ÇOKLU ETMEN GELİŞTİRME YAZILIMI

JACK etmen geliştirme aracı ticari bir etmen tabanlı geliştirme ortamıdır. Etmen tabanlı yazılım grubunun bir ürünüdür ve son sürümü olarak JACK 5.2 versiyonu mevcuttur. Bu araç takımları içerisinde sadece JACK araç kiti, açık kaynak koduna sahip değildir ve sadece 60 günlük deneme sürümü JACK'in web sayfasından [10] indirilebilmektedir. JACK, JAVA üzerine kurulmuş olan bir geliştirme ortamıdır ve etmen davranışlarını uygulamak için JAVA sınıflarının bir uzantısı gibi hareket eder. JACK, yürütülecek proje içerisindeki etmenleri tanımlamak için grafiksel kullanıcı ara yüzü sunmaktadır. Bu kullanıcı ara yüzü, kullanıcılara etmenlerin görüşlerinde, inanç setlerinde, kabiliyetlerinde ve planlarında değişiklik yapmasına olanak sağlamaktadır. JACK ayrıca, etmenleri ve etmen girdileri arasındaki nesnelere haberleşmesi için nesne modellemeyi sunan bir nesne listeleyicisi (JACOB) de içermektedir [4, 6]. JACK Akıllı Etmenleri ulaşmak istedikleri açık hedeflere, yapay zekânın teorik İnanç-İstek-Niyet (BDI) modeline göre üstesinden gelecekleri olaylara sahip özerk yazılım bileşenleridir. Buna ilaveten farklı mekanizmalar ile uzak ya da yerel haberleşmeyi de desteklemektedir. JACK, FIPA standartlarına uymamaktadır.

### 2.1. JACK Etmen Dili Bileşenleri

Asgari bir JACK uygulaması, bir ya da birden fazla etmen/takım, plan, olay ve inanç setleri ya da görüşler açısından tanımlanır. Uygulamalar seçmeli olarak yetenekleri (capability) de içerebilirler.



Etmenler ya da takımlar, bir uygulamanın özerk sayısal varlıklarını ifade etmek için kullanılır. Takım sınıfı ise, çoklu etmen davranışlarının koordine edilmiş görünümünü kapsüleştirmek için kullanılır [6]. Takımlar, etmen fonksiyonlarının birçoğunu içermektedir. JACK Etmen Dilindeki programlama yapısı şunları içerir:

**Olay:** Olaylar, etmenler/takımlar da merkezi motivasyon faktörüdür. Olaylar olmadan bir etmen/takım, düşünmek ya da hareket etmek için uyusuk, motivasyonsuz bir haldedir. Olaylar, dışsal bir uyarıcıya karşılık olarak ya da içsel bir hesaplamanın sonucu olarak yaratılabilirler. JACK, iki ana olay kategorisine sahiptir: Normal olaylar ve BDI olayları. Normal olaylar, çevresel anlayışlar gibi geçici beklenmeyen olayları temsil etmek için kullanılır. Örneğin, eğer etmen/takım ilk denemesinde olayı başarılı bir şekilde ele alamaz ise olay bırakılır çünkü bu ara periyotta etmenin içerisinde bulunmuş olduğu ortam değişmiş olacaktır. Buna zıt şekilde BDI olayları, geçici uyarılardan daha ziyade hedefleri temsil etmek için kullanılır. Bir etmen/takım, bir BDI olayına hizmet verdiği zaman olayı başarılı bir şekilde ele alır: Hedef sağlanana kadar birçok alternatif çözüm yolları denir.

**Plan:** Planlar, olaylara nasıl karşılık verileceğini tanımlayan prosedürlerdir. Bir olay yaratıldığı zaman JACK, o olayla ilişki olan plan setlerini hesap eder (olayla uyuşan planlar). Her bir ilişkili plan, içerik duruma göre filtreden geçirilir. Bir planın, hangi şartlar altında uygulanabileceğini tanımlayan durumlar buna örnek olarak verilebilir. Daha sonra, içerik şartları mevcut durumları tarafından karşılanan ilgili planlar seti, etmenin bir sonraki amacını oluşturacak olan planın seçileceği tartışma sürecinin konusu haline gelir. Planlar, olaya karşılık verildiğinde çalıştırılacak adımların tanımlandığı bir gövdeye sahiptir. Bir plan adımı, ya bir JACK muhakeme ifadesi ya da bir JAVA ifadesidir. Muhakeme metodlarının kullanılması ile plan gövdesinin fonksiyonel ayrıştırılması için destek sağlar. JACK operasyon zamanı altyapısı, plan adımlarının çalışmasının (muhakeme metodu çalışmasını da içerir) çok küçük olmasını garanti eder.

**İnanç seti:** İnanç setleri, ilk olarak etmeni tanıtan inançları temsil etmek için kullanılır. Bir inanç seti ilişkisinin değer alanları, eski JAVA tiplerini ve kullanıcı tanımlı sınıfları içeren herhangi bir veri tipi olabilir. Bir inanç seti açık kaynak ya da kapalı kaynak olabilir ve JACK çekirdeği, inanç setinin mantıksal tutarlılığını sağlar. İnanç setleri standart bilgi erişimi altında ya da üzerinde birçok yararlı fonksiyon sağlar. Örneğin, bir olay güncel bir inanç seti üzerinden otomatik olarak yaratılabilir ve bu durum etmenin aktivitelerini değiştirip değiştirmemesi gerekliliği üzerine düşünmesine yol açar.

**Görüş:** Bir görüş, etmenlere kendi arabirimleri ile ilgilenmeden heterojen veri kaynaklarını kullanmalarına olanak sağlayan veri soyutlama mekanizmasıdır. Aslında görüşler, ara birimi bir inanç seti ile aynı olan dışsal veri kaynakları haline getirir.

**Etmen:** JACK, BDI modeli üzerine olduğu için bir JACK etmeni inançlara, isteklere ve niyetlere sahiptir. Bunlar etmenin içsel durumunun bir parçasıdır ve sistemdeki diğer etmenler tarafından direk olarak erişilemez. Bratman [11] tarafından tanımlandığı gibi inançlar, etmenin planları, inanç setleri ve görüşleri tarafından temsil edilir. Bunlar, planlar olması halinde etmenin sahip olduğu prosedürel bilgiler olan bilgiyi ve inanç setleri ve görüşler olması halinde sahip olduğu gerçeklikleri tanımlar. Aslında JACK isteklerin belirgin bir tanımlamasına sahip olmamasına rağmen bir JACK etmenin istekleri, etmenin mevcut içsel durumuna uygulanabilir olan plan setleri içerisine dâhil edilmiştir. Her uygulanabilir plan, gevşek bir biçimde bir istek ile uyusur. Diğer istekler, aynı sayısal kaynaklar için yarışmıyorken etmenin yükleneceği bir aktivite buna örnek verilebilir. Uygulanabilir bir plan seçildiği zaman, istek niyet haline gelir. Örneğin, etmen seçilmiş bir planı kullanarak isteğin karşılanmasını sağlar.

**Takım:** Takımlar, sosyal yapıların ve koordine edilmiş davranışların modellemesini kolaylaştıran BDI modelinin bir uzantısıdır. JACK, takım rotasyonunu ayrı muhakeme varlıkları olarak tanıtır (takım üyelerinden ayrı olarak). Bir takımın davranışı, özellikle takım üyelerinin koordine edilmiş aktivitesi, direk olarak takım varlığı tarafından tanımlanır. Böylelikle yazılım modelinde, her takım üyelerinin sahip oldukları inanç setlerinden farklı olan inanç setleri ile bir olarak yer alırlar. Bu üretken takım tabanlı yetenek, üzerinde birçok takım algoritmalarının tasarlanabileceği ve test edilebileceği esnek bir zemin sağlar. JACK, takım üyeleri arasındaki sosyal ilişkileri aynı zamanda koordine edilmiş aktiviteleri ifade etmek için kullanılan uygun yapıları ile takıma dayalı çözümlerin programlamasını destekler.



JACK, bir uygulamadaki koordine edilmiş aktiviteleri çalıştırmak için ihtiyaç duyulan iletişim servislerini de bünyesinde barındırır.

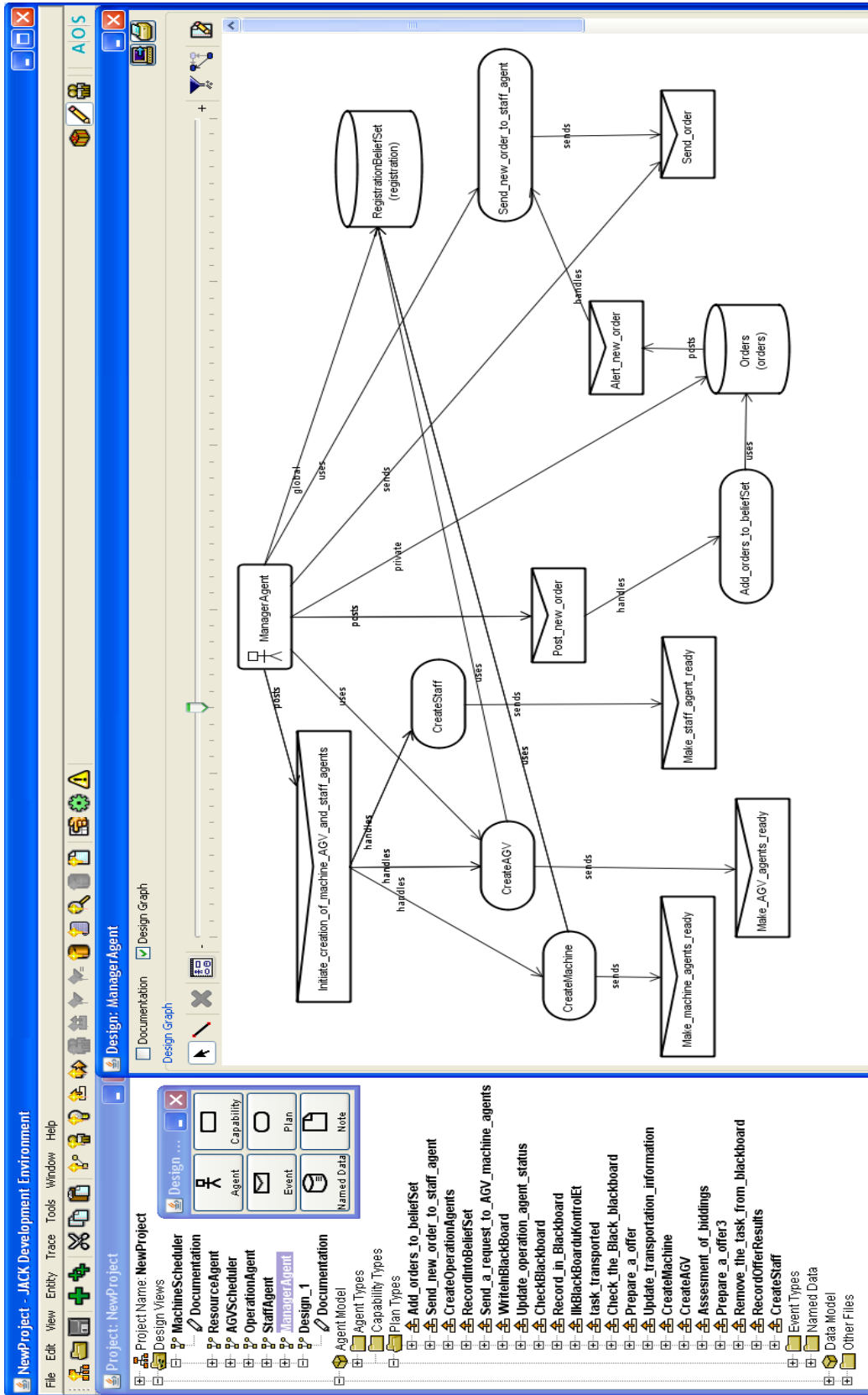
**Yetenek:** Yetenekler, bileşenlerin etmenler arasında tekrar kullanılabilmesini sağlamak için bir etmenin fonksiyonel bileşenlerini (olaylar, planlar, inanç setleri ve diğer yetenekleri) organize etmede kullanılır. Yetenekler alt yetenekleri içerebildiği için bir etmenin becerisi, bir yetenekler hiyerarşisi olarak tanımlanır. Yetenekler, uygulamalar arasında tekrar kullanılabilen etmen tabanlı işlevsellik kütüphanelerinin gelişimini destekleyen yazılım ihtiyacına karşılık olarak JACK'e eklenmiştir [6].

### 2.3. JACK Geliştirme Ortamı

JACK, karmaşıklığı dolayısı ile sadece insanlar tarafından ele alınan görevler üzerinde etmenlerin rol almasına ihtiyaç duyulduğu birçok alanda uygulanmaktadır (Ör: meteorolojik değişimler). Ayrıca JACK geniş bir şekilde insan davranışlarını modellemede de kullanılmaktadır. Örneğin, askeri komutalar ve savaş pilotları. Bu tür uygulamalar, bilgi mühendisliği aşaması ve askeri simülasyon olması durumunda uzun ve kapsamlı bir model doğrulama aşamasını içerir. Konu içerik uzmanın alana özgü bilgisinin doğru bir şekilde uygulamasını sağlamak, usta bir analiz ve JACK programlamada deneyim gerektirir. Özellikle Konu İçerik Uzamanın, geri beslemelerinin bir sonucu olarak etmen ihtiyaçlarının modifiye edildiği yerlerde analizcinin JACK programlama yeteneğine sahip olduğu zamanlarda, geçmişte bu süreç çok verimli olarak geçmiştir. BDI modeli, konu içerik uzmanın problem çözme faaliyeti hakkındaki düşünme şeklini doğal olarak eşlemesine rağmen, bu uzmanlıklarını ancak bir programcı yardım ile JACK kodlarına çevirmenin yarattığı zorluk geçmişte JACK'in kabulünü sınırlandırmıştır.

Bu düşünce ile JACK, etmen uygulamalarının tasarımı, uygulaması ve takibi destekleyen grafiksel bir araç seti ile genişletilmiştir. JACK Geliştirme Ortamı (JDE) etmene dayalı uygulamalar geliştirmeye olanak sağlayan grafiksel bir araç seti sunar. Bu grafiksel ara birimde etmenler, takımlar, takım yapıları ve bileşenler bir biri ile ilişkilerini gösteren çizgiler tarafından bağlanan ikonlar tarafından temsil edilirler. Bu kabataslak sunuş hedefleri, içerikleri, düşünme adımlarını ve etmenlerin/takımların eylemlerini tanımlamak için doğal bir ortam kullanır. Bu grafiksel ve doğal dil tanımlamaları daha sonra, Konu İçerik Uzmanları/Analist özelliklerine çok yakın haritasını çıkaran hesaplama yapısına sahip, uygulama davranış modellerinin üretilebilmesi için programcılar tarafından zenginleştirilmiştir. Bu bilgi kodlama sürecini kolaylaştırmış ve Konu İçerik Uzmanına ve analistlere, uygulamanın çalışma davranışlarını izleyebilme olanağı sağlamış ve dolayısı ile bir ayarlama gerekli olup olmadığını ya da ne zaman ayar yapılması gerektiğini belirleme olanağı sağlamıştır. Karar destek ve insan davranışı modelleme alanlarında JACK'in grafiksel araç seti, etmen/takım davranışları değiştirilmesinin /değerlendirmesinin /şifrelemesinin tekrarlı süreci üzerinde analiste kontrol sağlaması hayati bir özelliktir [6]. JACK hakkında daha geniş bilgi için JACK el kitabı incelenebilir [12]. Burada bileşenler şu şekilde temsil edilmektedir:

- Etmen-dikdörtgen içerisindeki çubuk insan,
- Yetenek-dikdörtgen,
- Plan-köşeleri yuvarlatılmış dikdörtgen,
- İnanç seti- silindir
- Olay-mektup.

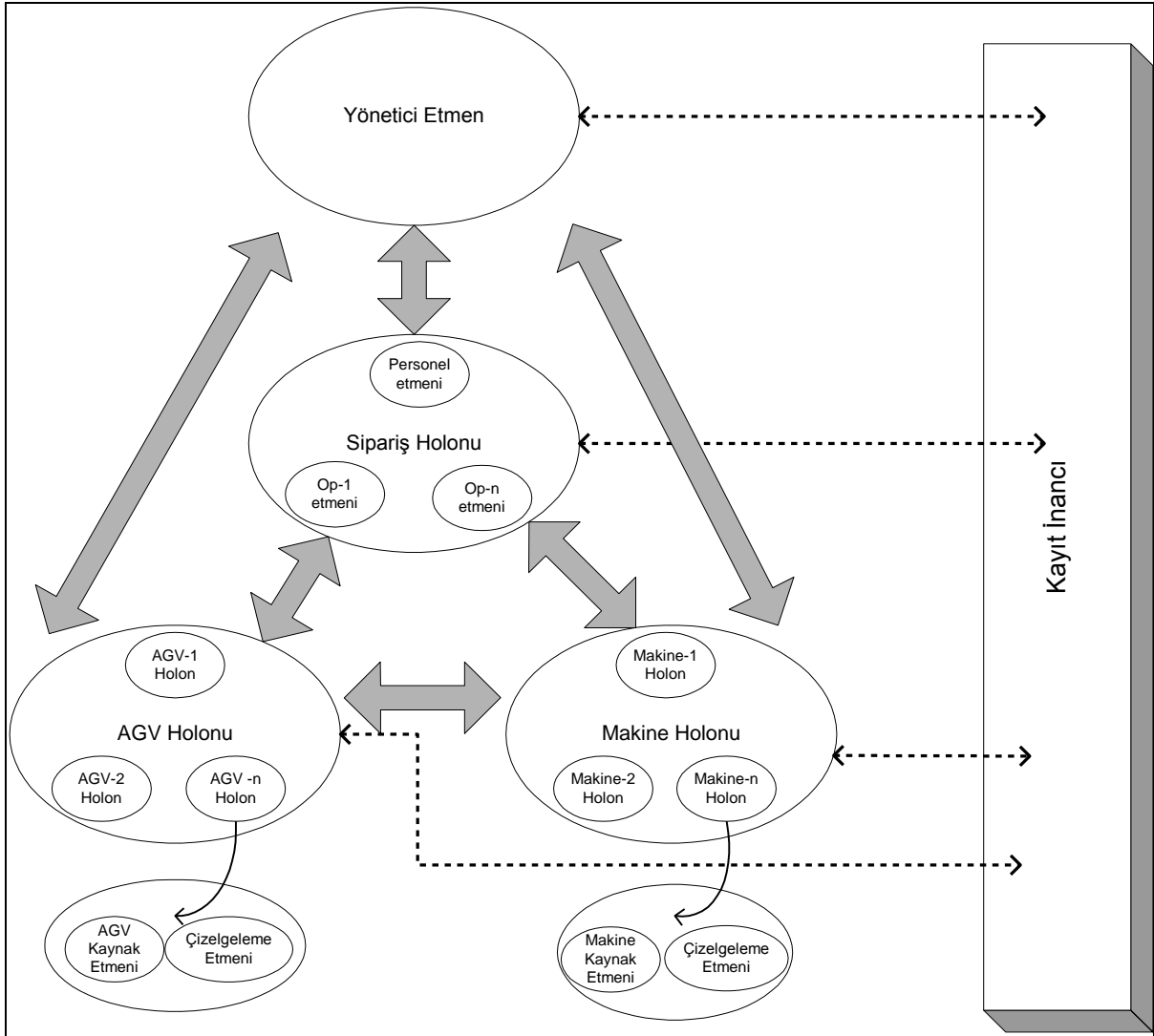


Şekil 1. JACK Tasarım Örneği

### 3. JACK YAZILIMI İLE ÜRETİM SİSTEMLERİNİN ÇİZELGELENMESİ

#### 3.1. Önerilen Etmen Tabanlı Sistem

Önerilen sistem iki farklı paradigma üzerine kuruludur: çoklu-etmen sistemler ve holonik sistemler. Holonik üretim sistemlerinde (HMS) dört farklı ana holon tipleri mevcuttur. Bunların arasında sipariş holonu, ürün holonu, ve kaynak holon tipleri vardır. Personel holonu tamamlayıcı özelliğe sahip olan dördüncü holon tipidir. Bu dört farklı holon tipi genel holon yapılanmasını oluştururlar. Bu çalışma kapsamında esnek üretim sistemlerinin çizelgelemesi için önerilen çoklu etmen tabanlı sistem Şekil 5 'te verilmiştir. İmalat sistemleri açısından bakıldığında bu sistem, yönetici etmen, AGV sistem holonu, sipariş sistem holonu ve makine sistem holonlarını içermektedir. Bu çalışmada eğer bir etmen diğer etmenleri içeresin de barındırıyorsa holon olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2. Önerilen Çoklu-Etmen Yapısı [13]

#### 3.2. Etmen Tip Tanımlamaları

Bu çalışmada etmen tipleri, sahip oldukları fonksiyonlara ve sahip oldukları amaçlara göre tanımlanmaktadır. Mantıksal ve fiziksel olmak üzere etmenler iki ana grup altında toplanmışlardır. Tablo 1, her bir grup içerisinde yer alan etmen tiplerini mantıksal ve fiziksel olarak iki grup altında göstermektedir.

**Tablo 1.** Etmen Grupları

Mantıksal Etmenler	Fiziksel Etmenler
Yönetici Etmen	AGV Kaynak Etmen Tipi
Personel Etmen	Makine Kaynak Etmen Tipi
Operasyon Etmen Tipi	
AGV Çizelgeleme Etmen Tipi	
Makine Çizelgeleme Etmen Tipi	

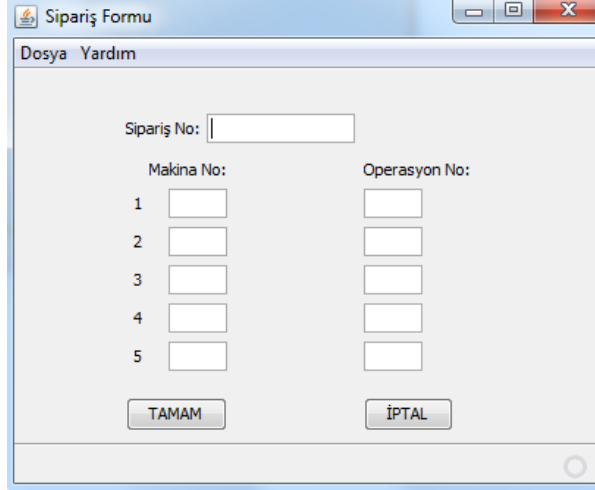
AGV ve Makine etmen tipleri sistemin başlangıcından itibaren sistemde bulunurlar. Diğer yandan operasyon etmen tipi sistemde geçici olarak tanımlanır ve operasyonun bitmesiyle birlikte sistemden çıkarılırlar. Tablodan da görüldüğü gibi iki etmen haricindeki etmenler sistemde etmen tipi olarak tanımlanırlar bunlar: yönetici etmen ve personel etmenleridir. Bu etmenler sistemde etmen tipi olarak tanımlanmak yerine bireysel olarak tanımlanırlar. Bunun sebebi, bu etmenlerden sistemde yalnızca birer tane olmasıdır. Diğer etmenler sistemde etmen tipi olarak tanımlanırlar ve böylelikle sisteme yeni bir etmen girmesi gerektiğinde o tipin özellikleriyle birlikte tanımlanırlar.

Bu çalışmada, esnek üretim sistemi içerisinde bulunan AGV'ler iki etmen tipi ile ifade edilmektedir. Bunlar AGV çizelgeleme etmen tipi ve AGV kaynak etmen tipidir. Sistem çalışması sırasında herhangi bir anda sisteme yeni bir AGV eklendiğinde bahsedilen sistem iki tip etmen oluşturmaktadır. Örneğin AGV 1 isimli yeni bir AGV, esnek üretim sistemine eklendiğinde iki farklı etmen sisteme dahil edilmiş olur bunlardan birincisi AGV 1 çizelgeleme ve diğeri ise AGV 1 kaynak etmeni. Böylelikle bu iki etmen AGV 1 holonunu oluşturmuş olur. Aynı mantıkla sistemdeki makineler de iki farklı etmen olarak oluşturulur bunlar; makine çizelgeleme etmeni ve makine kaynak etmenidir. Sistem çalışması sırasında herhangi bir anda sisteme yeni bir makine eklendiğinde, bahsedilen sistem iki tip etmen oluşturmaktadır. Örneğin, Makine 1 isimli yeni bir makine esnek üretim sistemine eklendiğinde iki farklı etmen sistem eklenmiş olur, bunlardan birincisi Makine 1 çizelgeleme etmeni ve diğeri ise Makine 1 kaynak etmeni.

Şekil 2 de sunulduğu gibi kayıt inanç kümesi, makine ve AGV sistem holonu hakkındaki bilgileri tutmaktadır. Sistemde bulunan diğer etmenler bu inanç kümesini kullanarak bu etmenlerin kullanılabilirliğini kontrol edebilmektedirler. Buna ek olarak, operasyon etmen tipleri personel etmeni tarafından yönetici etmeden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmaktadır. Personel etmeni daha sonra operasyon etmenini dinamik olarak oluşturup sisteme eklenecektir.

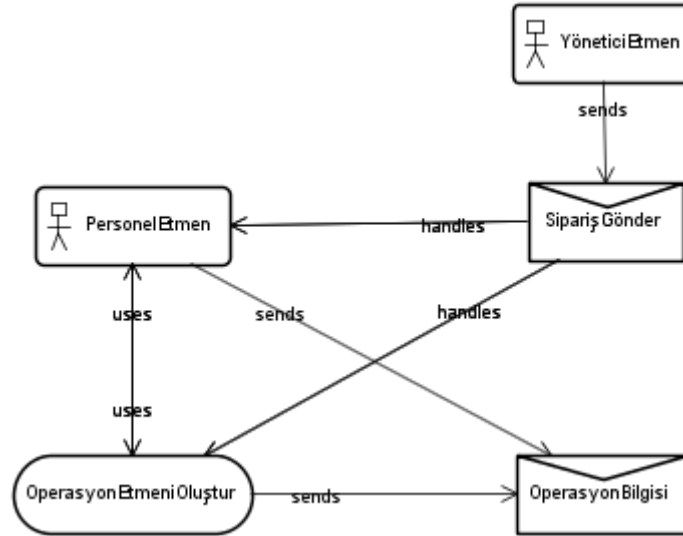
### 3.3. Etmen Tabanlı Sistemin İşleyişi ve JACK Etmen Geliştirme Ortamında Oluşturulması

Önerilen bu sistemde, yeni gelen bir iş ile ilgili karar alma sürecinde etkin rol oynayan varlıklar yönetici etmeni, sipariş, makine ve AGV sistem holonlarıdır. Önerilen bu sistemde yönetici etmen oluşturulduktan sonra belirli bir zaman aralığında sisteme işleri göndermeye başlar (Şekil 3).



**Şekil 3.** Çoklu Etmen Sistemi İçerisinde Sipariş Oluşturma Formu

Yönetici etmen aynı zamanda yeni oluşturulan işi için bir operasyon listesi de oluşturur. Bu operasyon listesinde iş rotasının tanımlanmasının yanı sıra operasyon sayısı da belirlenir. Bir iş oluşturulduğu zaman o iş ile ilgili bilgiler sipariş holunda yer alan personel etmenine gönderilir. Yeni sipariş ile ilgili olan bilgileri alan personel etmen işe ait operasyon sayı kadar operasyon etmenini sisteme sunar (Şekil 4). Bu operasyon etmeni de o işin operasyon listesinde bulunan makinalar boyunca operasyonun yerine getirilmesi ve ilgili makinalara taşınması için AGV ve makine etmenleri ile haberleşerek işin tamamlanması için çalışır.



**Şekil 4.** Personel Etmen Yapısı

AGV kaynak etmeni sistem içerisinde boş duruma geçtiği anda AGV çizelgeleme etmenine boş duruma geçtiğini haber verir. Boşta kalma mesajını alan AGV etmeni kara tahtasında başka bir iş olup olmadığını kontrol eder. Eğer AGV çizelgeleme etmeninin kara tahtasında ödüllendirilmiş bir iş varsa bu iş AGV kaynak etmenine taşıma işleminin yapılabilmesi için yönlendirilir.

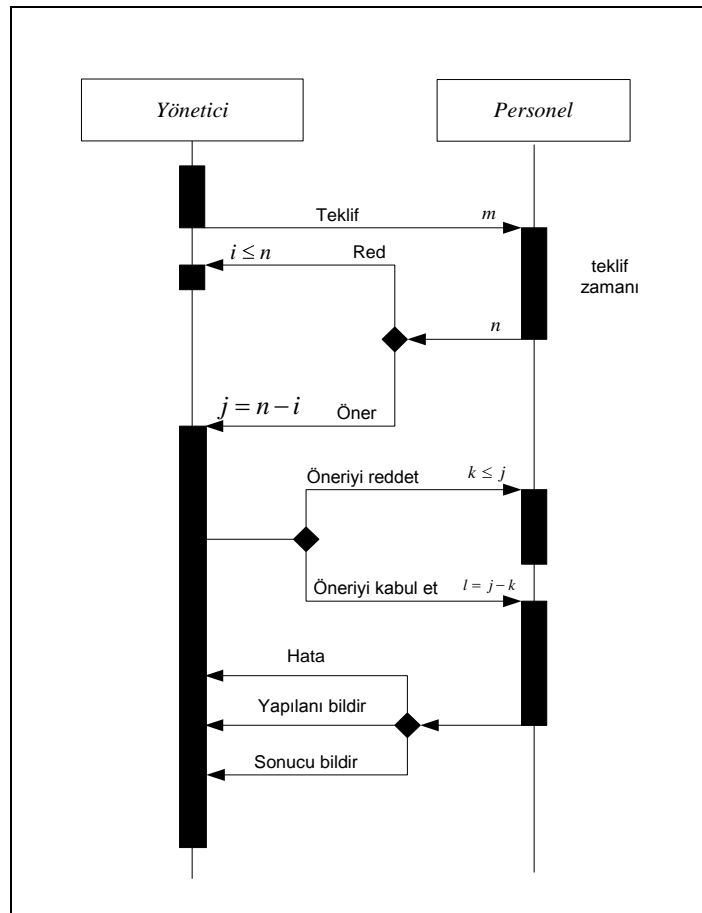
Eğer AGV etmenini kara tahtasında ödüllendirilecek hiçbir kayıt yoksa AGV etmeni bu muhakemeyi yapan plan yapısını bir sonraki iş teklifte bulununcaya kadar bekletir. Bu noktada AGV etmeni kara tahtasından seçtiği AGV kaynak etmenine göndereceği işi seçerken boş seyahat ve AGV kaynak etmeninin bekleme sürelerini göz önüne alır. Dolayısıyla AGV etmeni kara tahtasında bulunan işler arasında en erken yükleme zamanı olanı dikkate alır ve hesaplanan öneri operasyon etmenine



gönderilir. Eğer öneri kabul edilirse iş bilgisi AGV kaynak etmenine gönderilir. AGV etmeni boş duruma düştüğünde bu döngüyü tekrar eder.

Bu çalışmada etmenler arasındaki müzakereler, sistemin karar almasında önemli bir yer teşkil etmektedir. Müzakereler neticesinde sistemde tanımlanmış olan esnek üretim sisteminde mevcut bulunan makine ve AGV kaynaklarının idaresinin yapılması sağlanacaktır. Etmenler arasında yapılacak olan müzakereler standart bir mekanizma çerçevesinde yapılacaktır. Bu mekanizma etmen sistemlerini karar vermeleri sırasında olmazsa olmaz olan müzakere şeklini, tanımlanmış bir dil ve protokol aracılığı ile yapmaktadır. Bu standart protokollerden birisi de kontrat ağ protokolüdür [13].

Kontrat ağ protokolünün çeşitli sürümleri vardır. Ancak en genel haliyle bir kontrat ağ protokolünde karşılıklı iki veya daha fazla etmen arasında dört farklı mesaj alınıp verilebilir. Bunlar Anons, teklif, atama ve onaylama mesajlarıdır. Etmen tipleri kendi inisiyatifleriyle kontrat ağ protokolünü başlatabilirler. Bu noktada etmen tiplerine tanımlanan amaçlar ve etmen tiplerinin sahip olduğu inanç birimleri etkin rol oynamaktadır. Şekil 5'de bir siparişin sisteme girdikten sonra etmen tipi olarak bir AGV etmeni ile olan kontrat ağ protokolünü görebiliriz.



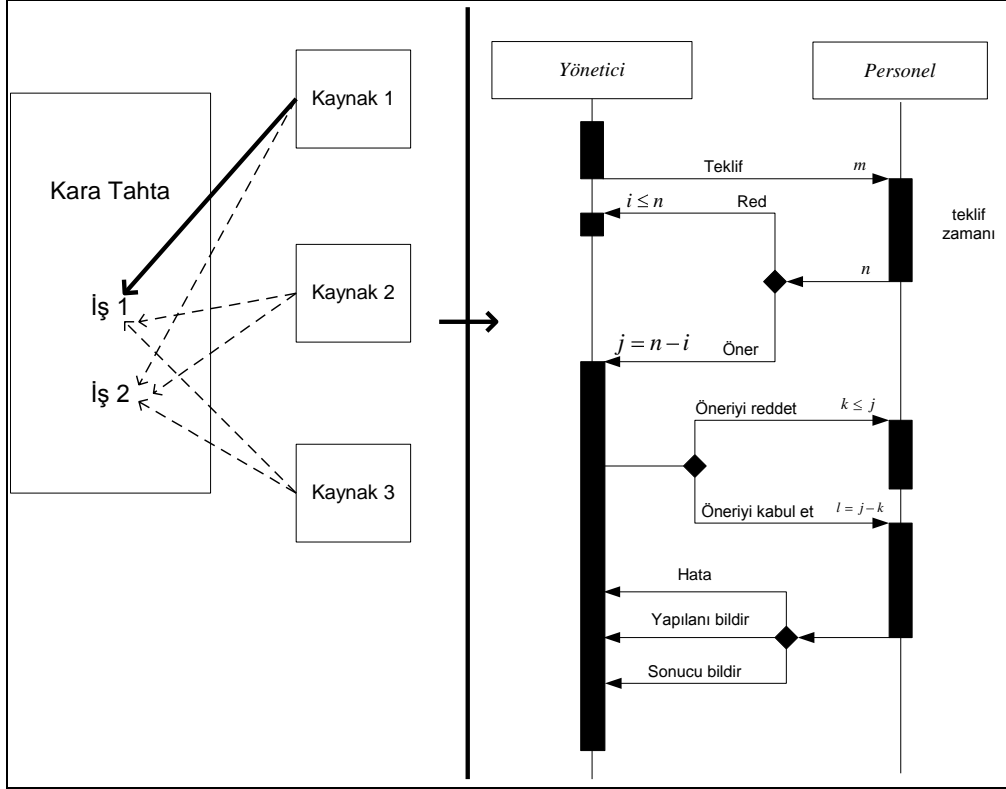
Şekil 5. Kontrat Ağ Etkileşim Diyagramı.

Şekil 5 de görüldüğü gibi, sisteme giren sipariş etmeni kendisi için uygun olan AGV etmenini seçebilmek için kendi inisiyatifi ile bir kontrat ağ protokolünü başlatmaktadır. Sipariş etmen tipi, bu kontrat ağ protokolü sayesinde AGV etmenlerinin buldukları koordinatları öğrenebilmekte ve onlardan gelen tekliflere göre hareket etmektedirler.

Bu çalışmada öne sürülen etmen tipleri, kontrat ağ protokolü yanı sıra kara tahta mekanizmasını da kullanmaktadırlar. Sipariş etmenlerinin sunmuş oldukları teklifler ortak olan bir kara tahtaya

kaydedilmektedir. Sistemde bulunan kaynak etmenlerinden bir tanesi kara tahtasında kayıtlı olan etmen tiplerinden birini kontrat ağ protokolünü başlatan etmen tipine gönderir.

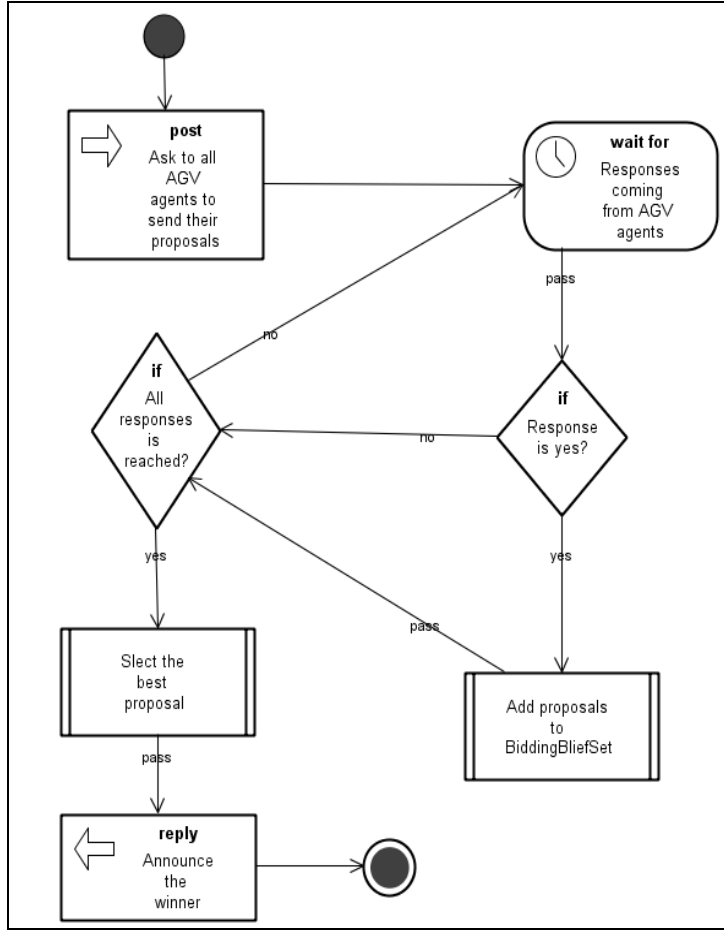
Kara tahta ve kontrat ağ protokolünün birlikte işlediği sistem Şekil 6' de gösterilmiştir. Bahsedilen kara tahtada, iki iş bulunmaktadır. İş 1, kaynak 1 tarafından seçilmiştir ve kaynak 1'in teklifi iş 1'e gönderilmiştir. İş 1 bu teklifi aldıktan sonra kontrat ağ protokolünü başlatan yönetici konumuna geçer ve kontrat ağ protokolünün başlatılması inisiyatifi üstlenir.



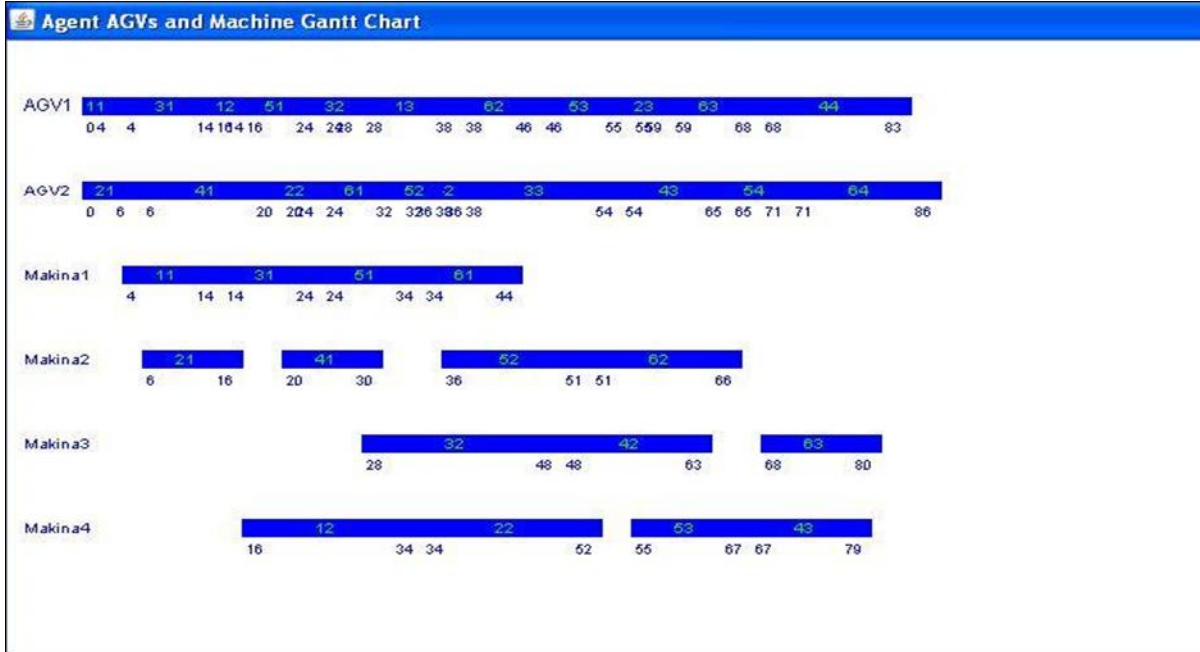
Şekil 6. Modife Edilmiş Kontrat Ağ Protokolü [13].

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen modife edilmiş kontrat ağ protokolüne göre bir operasyon bir AGV etmen tarafından seçildiği zaman ilgili operasyon etmeni yönetici olur ve kontrat ağ protokolünün başlatılması bünyesinde bulunan bir plan sayesinde gerçekleştirir. Bu planın JACK plan editöründe kodlanmış hali de Şekil 7 de gösterilmiştir.

Ödüllendirilen işler AGV ve makine etmenlerinin fiziksel hallerini temsil eden AGV ve Makine kaynak etmenlerine gönderilerek işlerin yerine getirilmesi sağlanır. Bu iki kaynak etmeni işi yerine getirirken yaptıkları işleri de bünyesi barındırdıkları veri tabanlarında (inanç setleri) kayıt altına alırlar ve çalışma tamamlandıktan sonra şekil 8 deki gibi bir GANTT şeması çizerler. Bu şekilde her bir makine ve AGV için o ana kadar hangi işlerin hangi operasyonunu yaptıkları ve o operasyonlara ne zaman başlayıp ne zaman bitirdikleri görülmektedir. Örneğin AGV1 son iş olarak dördüncü işin dördüncü operasyonunu gerçekleştirmiş ve bu işe 68. saniyede başlayıp 83. saniyede bitirmiştir.



Şekil 7. Operasyon Etmeninin Müzakere Planı

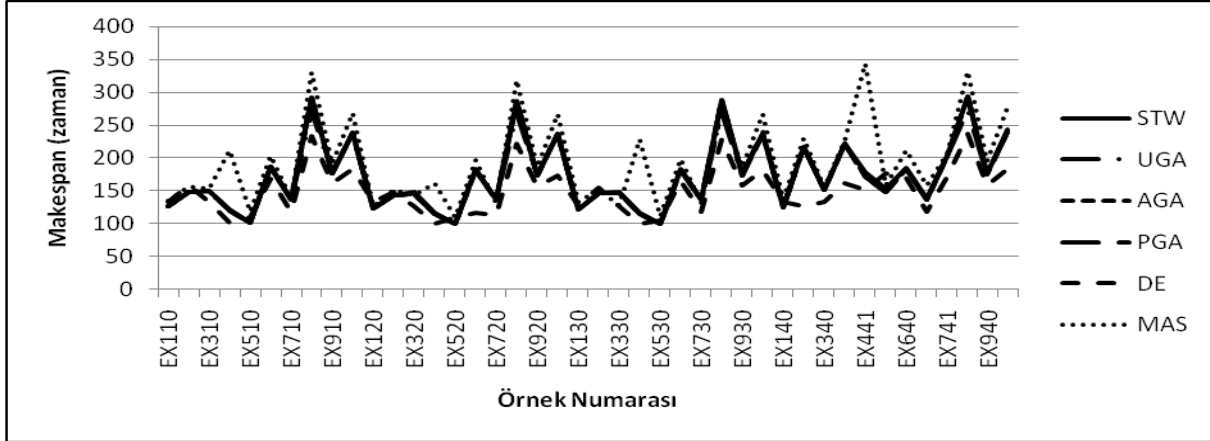


Şekil 8. Makine ve AGV'lerin GANTT Şeması



## SONUÇ

Bu çalışmada şimdiye kadar gelinen aşamada, AGV etmeni ve AGV kaynak etmenlerinin iş ödüllendirmeleri sırasında sistemde yer alan etmenlerin (personel, operasyon, AGV, makine etmenleri) yapmış oldukları muhakemeler JACK etmen geliştirme platformu kullanılarak modellenmiştir. Bu model literatürde (Bilge ve Ulusoy) çevrimdışı olarak çalışılmış olan bir problem üzerinde denenmiş ve elde edilen sonuçlar çevrimdışı modellerden elde edilen sonuçlara çok yakın seyretmiştir (Şekil 9).



\*MAS: Önerilen etmen tabanlı sistem. Ermen Tabanlı Sistemin Performansı

Bilindiği gibi çevrimdışı modeller birçok iterasyon sonucunda elde edilmektedir ve zaman boyutu önemli değildir. Bizim önerdiğimiz model, dinamik bir yapıya sahip ve basit karar alma kuralları ile müzakereye dayalı anlık kararlar alabilecek yapıda kurulmuştur. Bu iki model yaklaşımının çalışma şekli çok farklı olmasına rağmen elde edilen sonuçlar çok tatminkardır ve bizim bu çalışmayı ilerletme isteğimizdeki en büyük motivasyon kaynağı olmuştur.

## KAYNAKLAR

- [1] SHEN, W., "Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing: A State-of-the-Art Survey", Knowledge and Information Systems, an International Journal, 1:129-56. 1999
- [2] PADGHAM, L., WINIKOFF, M., "Developing intelligent agent systems: a practical guide": Wiley, 2004
- [3] WOOLDRIDGE, M. J., "An introduction to multiagent systems": Wiley, 2002
- [4] BITTING, E., CARTER, J. and GHORBANI, A. A. Multiagent system development kits: an evaluation. Communication Networks and Services Research Conference New Brunswick-Canada: Citeseer; 2003. p. 101-7.
- [5] CAMACHO, D., ALER, R., CASTRO, C. and MOLINA, J. M. Performance evaluation of zeus, jade, and skeletonagent frameworks. IEEE; 2002. p. 6 pp. vol. 4.
- [6] EVERTSZ, R., FLETCHER, M., JONES, R., JARVIS, J., BRUSEY, J. and DANCE, S., "Implementing industrial multi-agent systems using JACK", Prog. Multi-Agent Systems:18-48. 2004
- [7] JUN, Y. and SHAKSHUKI, E., "Performance evaluation of agent toolkits", Advances in Artificial Intelligence:556-8. 2004
- [8] NWANA, H. S., NDUMU, D. T. and LEE, L. C. ZEUS: An advanced tool-kit for engineering distributed multi-agent systems. Citeseer; 1998. p. 377-91.
- [9] SHAKSHUKI, E. and JUN, Y., "Multi-agent development toolkits: an evaluation", Innovations in Applied Artificial Intelligence:209-18. 2004
- [10] WEBPAGE: <http://aosgrp.com/index.html>
- [11] BRATMAN, M. E., "Intention, plans, and practical reason". 1999
- [12] Jack Agent Manual. Australia: Agent Oriented Software Pty. Ltd. ; 2008.



[13]EROL, R., ŞAHİN, C., BAYKASOĞLU, A. and KAPLANOĞLU, V., "A multi-agent based approach to dynamic scheduling of machines and AGVs in manufacturing systems", Submitted, 2011.

## ÖZGEÇMİŞ

### Cenk ŞAHİN

2001 yılında Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden lisans, 2004 ve 2010 yıllarında ise Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden yüksek lisans ve doktora derecelerini aldı. 2002-2009 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2010 yılından itibaren Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. İlgili alanları, Esnek Üretim Sistemleri, Üretim Planlama, Simülasyon ve Çoklu-Etmen Sistemleridir.

### Vahit KAPLANOĞLU

2004 yılında Marmara Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden lisans, 2007 ve 2011 yıllarında ise Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden yüksek lisans ve doktora derecelerini aldı. 2004 yılından itibaren Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İlgili alanları; Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi, Sürece Dayalı Maliyetlendirme ve Çoklu-Etmen Sistemleridir.

### Adil BAYKASOĞLU

Prof. Dr. Adil Baykasoğlu Isparta Teknik Lisesi Makina bölümünden mezun olduktan sonra Lisans ve Yüksek Lisans derecelerini Makina Mühendisliği alanında 1993 ve 1995 yıllarında Gaziantep'te, doktora derecesini ise YÖK bursu ile gittiği Nottingham Üniversitesinden 1999 yılında Endüstri Mühendisliği alanında almıştır. 1993-2010 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde çalışan Prof. Baykasoğlu halen Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde çalışmaktadır. Prof. Baykasoğlu ulusal ve uluslararası bilimsel dergi ve kongrelerde 300 civarında bilimsel makale yayımladı. Yazarın ayrıca üç adet yayımlanmış kitabı, düzenleyip editörlüğünü yaptığı çeşitli ulusal ve uluslararası kongre kitapları bulunmaktadır. Yazarın çalışma alanları genelde yöneylem araştırması, bilişimsel yapay zekâ, zeki etmenler, lojistik ve üretim sistemleri yönetimi/tasarımı, bilgisayar destekli üretim, kalite ve benzetim konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Prof. Baykasoğlu çok sayıda uluslararası dergide hakem ve yayın kurulu üyesi olarak görev yapmakta olup aynı zamanda Turkish Journal of Fuzzy Systems dergisinin eş-editörlüğünü yürütmektedir. Prof. Baykasoğlu'na 2007 yılında Türkiye Bilimler Akademisi Üstün Başarılı Genç Bilim İnsanı ödülü, 2008 yılında ODTÜ M. Parlar araştırma teşvik ödülü, 2010 yılında ise Tübitak Teşvik ödülü verilmiştir.

### Rızvan EROL

1967 yılı Niğde doğumlu Prof. Dr. Rızvan Erol, Lisans öğrenimini 1989 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde tamamlamıştır. 1990 yılında yüksek lisans ve doktora eğitimi almak üzere devlet burslusu olarak ABD'ye gönderilen Prof. Dr. Rızvan Erol, yüksek lisans derecesini 1992 yılında Western Michigan Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden ve doktora derecesini 1996 yılında Arizona State Üniversitesi Endüstri ve Yönetim Sistemleri Mühendisliği Bölümünden almıştır. 1996 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne Yardımcı Doçent olarak atanmıştır. 2000 yılında Doçent ve 2008 yılında Profesör unvanı almıştır. Yöneylem Araştırması, Üretim Yönetimi ve Kalite Mühendisliği konularında bilimsel ve uygulamalı çalışmalar yapmaktadır. Halen Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi ve Bölüm Başkanı olarak görev yapmaktadır. Ayrıca, 2008 yılında Çukurova Teknokent bölgesinde kurulan İnnova Ar-Ge Danışmanlık ve Mühendislik Ltd. firmasının kurucu ortağı olup, farklı sektörlerden sanayi kuruluşları ile ortak Ar-Ge ve proje faaliyetleri yürütmektedir.