

ÇOK-AJANLI MELEZ ATÖLYE YÖNETİM SİSTEMİ

İnci SARIÇİÇEK

Nihat YÜZÜGÜLLÜ

Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Ajan teknolojisi, dağıtık zeki imalat sistemi geliştirmek için önemli bir yaklaşım olarak görülmektedir. Üretim planlama ve kontrole özerk ajan kuramı uygulama çalışmaları son yıllarda başlamıştır. Bu kurama göre karar verme süreci, yerel amaçlara ulaşmak için çalışan zeki ve özerk ajanlar arasında dağıtılır. Bütünsel amaç, gerçekte, birçok yerel amaca bölünmüştür. Böyle bir yaklaşım, büyük hacimli veri, kaynaklar arasında dağıtık üretim kapasitesi gibi karmaşıklık problemlerinin üstesinden gelmeye izin vermektedir.

Atölye, sürekli beklenmeyen olayların gerçekleştiği ve planlanan faaliyetlere değişikliklerin yüklendiği dinamik bir ortamdır. Belirsizlik problemleriyle ilgilenmede atölye kontrol sistemi önemli rol oynamaktadır. Atölye bileşenlerinin izlenmesi ve kontrolü ile üretim faaliyetlerinin eşgüdümü için gerçekçi bir atölye kontrol sistemi geliştirilmelidir. Bu çalışmada, ATAYS adı verilen Ajan-Temelli Atölye Yönetim Sistemi tasarlanmıştır.

Sistemdeki ajanlar, Pazarlama Ajanı, Üretim Planlama Ajanı, Satın Alma Ajanı ve Atölye Ajanlarıdır. Atölye Ajanlar, yarı-özerk yapıya sahip olup, özerkliğin derecesi Üretim Planlama Ajanı tarafından belirlenmektedir. Heterojen birimlerden şekillenen dağıtık sistem, melez kontrol mimarisi ile tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem, işbirlikçi bir imalat ortamında, atölye ajanların heterojen amaçları dikkate alınarak çizelgelemenin yapılmasını mümkün kılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ajan Teknolojisi, Çok-Ajanlı Sistemler, Ajan Temelli Üretim Sistemleri

ABSTRACT

Agent Technology has been considered as an important approach for developing distributed intelligent manufacturing systems. In the last years manufacturing research started to study potential applications of autonomous agent theory to production planning and control. According to this theory decision making process is distributed among intelligent and autonomous agents, which act in order to reach local objectives. The overall objective, in fact, is split into many local one. The approach allows to overcome the problems of complexity such as large volume data, production capacity distributed among resources.

Shop floor is a dynamic environment where unexpected events occur and so impose changes on planned activities. In dealing with problems associated with these uncertainties, the shop-floor control system plays a very important role. A reliable shop-floor control system should be

developed to control and monitor shop floor components and to coordinate the production activities. In this study, an Agent-Based Shop-Floor Management System called ATAYS is designed.

Agents in the system are Marketing Agent, Production Planning Agent, Purchasing Agent and Shop-Floor Agents. Shop-Floor Agents are semi-autonomous agents so that the degree of autonomy is determined by the Production Planning Agent. The distributed system forming heterogeneous units was designed by hybrid control architecture. The designed system is capable of scheduling by considering heterogeneous objectives of the shop-floor agents within a collaborative manufacturing environment.

Keywords: Agent Technology, Multi-Agent Systems, Agent-Based Production Systems

GİRİŞ

Üretim kontrol sistemlerinin karmaşıklığının hızla artması, bu sistemleri oluşturan iş istasyonları, makinalar ve denetleyiciler gibi bileşenlere yapay zekanın uygulanması konusunda önemli bir ilgi uyandırmıştır. Sözü edilen bileşenlerin zekası artarsa, her bir bileşen sistemin tümünün performansını etkileyen kararlar verme yeteneğine sahip hale gelecektir. Özerk karar verme bileşenlerinin bütünleştirilmesi ve eşgüdümü, zeki üretim kontrol sistemlerinin tasarımında temel bir araştırma konusu olmuştur.

Bilgisayar, bilgi yönetimi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, zeki ve iletişim yeteneğine sahip paletler, taşıma araçları ve makinalar gibi imalat sistemi elemanlarını mümkün kılmıştır. İlgili zeki ve iletişim yeteneğine sahip öğeler, atölye kontrolü için yeni fikirlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Sistem, yerel bilgi ve diğer birimlerle iletişim yoluyla elde edilen bilgi temelinde, bireysel karar verme yeteneğine sahip zeki özerk varlıklar (intelligent autonomous entities) olarak ifade edilebilir. Atölye-kontrol için "dağıtık (distributed)" veya "heterarşik (heterarchical)" kontrol olarak tanımlanan bu alternatif yaklaşım, endüstri ve akademi çevrelerinde artan bir şekilde ilgi ve kabul görmektedir.

İmalat planlama, çizelgeleme ve kontrolü için fabrika bütünü, geleneksel merkezi yaklaşımlarla, genellikle imalat sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını ve büyüme yeteneklerini sınırlayan merkezi yazılım ile kontrol edilmektedir. Hiyerarşik organizasyon kullanma, bilginin bir merkezi yazılım denetleyicisiyle sıralı olarak işlendiği, kalıcı, sıkıca birleştirilmiş alt gruplar içinde imalat kaynaklarını gruplamaya zorlamaktadır. Bu, tek bir arıza noktasıyla planların iptali ve artan işletme giderleri kadar, sistemin çoğunun kapanmasıyla da sonuçlanabilmektedir. Dağıtık yapay zekadan (Distributed Artificial Intelligence-DAI) türetilen Ajan Teknolojisi (Agent Technology) böyle problemlerle başa çıkmak ve dağıtık zeki imalat ortamlarını tasarlamak ve uygulamak için doğal bir yol sağlamaktadır [Maturana et al.,1999].

İmalat sistemlerinde, farklı seviyelerde izlenen ve kontrol edilen birçok faaliyet bulunmaktadır. Klasik anlamda atölye kontrol, hiyerarşik bilgi yönetimini desteklemek için tasarlanan üretim planlama sisteminin önyüzüdür. Başka bir ifadeyle, geleneksel karar verme, teknolojik ve lojistik açıdan üretim sürecinin parametrelerini biliniyor varsayarak belirlilik görüntüsünü vurgulayan merkezi yaklaşımlara doğru bir yönlendirmeye sahiptir. Özellikle, kontrol faaliyetleri bütün sistem parametrelerinin bilindiğini ve planın tasarlanması ile gerçekleştirilmesi arasındaki zaman akışının hep değişmeden kaldığını varsaymaktadır. Böylece, atölye kontrol hiyerarşinin üst düzeylerinde

verilen kararlara göre çizelgeleri gerçekleştirmelidir. Sonuç olarak atölye kontrol, programlanan hedeflerden gerçek davranışın sapmasına duyarsızdır ve makina arızası, malzeme yokluğu, değişiklik talebi gibi beklenmeyen olayların kontrolünü içermez. Diğer taraftan, matematiksel planlama modellerinin kesinlik ve ayrıntısını arttırarak belirsizliği karşılama girişimleri başarısız olmaktadır [Maione and Naso,2001]. Ancak, son yıllarda iletişim ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, dağıtık yapay zeka konusunda imalatta zeki özerk birimler oluşturma olanağı sağlamıştır. Güdülecek strateji özerk, dağıtık ajanların işbirliğini destekleyen dağıtık kontrol mimarileri geliştirmektir.

Atölye sürekli olarak beklenmeyen olayların olduğu ve planlanan faaliyetlere değişikliklerin yüklendiği dinamik bir ortamdır. Söz konusu problemle ilgilenmek için atölyede malzeme akışının ve bilgi akışının eşgüdüm ve kontrolünden sorumlu uygun bir kontrol sistemi benimsenmelidir. Çalışmada, ATAYS adı verilen Ajan-Temelli bir Atölye Yönetim Sisteminin tasarlanması amaçlanmıştır. Melez bir kontrol yapısıyla tasarlanan sistemde, merkezi ve dağıtık kontrolün her ikisinin de üstünlüklerinden faydalanılması düşünülmüştür.

MEVCUT ÇALIŞMALAR

Zeki Ajan Sistemleri (Intelligent Agent Systems), Dağıtık Yapay Zeka alanından türemiştir. Dağıtık Yapay Zekanın temel iki tipi vardır: Homojen ve heterojen. Homojen ajan sistemlerinde, ajanlar benzer tipte olup benzer bilgilere sahiptir. Bir bilgisayar ağına bağlı bilgisayarlar bu gruba örnek olarak gösterilebilir. Heterojen ajan sistemleri için ajanlar, form, fonksiyon, amaç ve işlemde farklılıklar göstermektedir. Dağıtık Yapay Zekadaki çalışmalar homojen sistemlerde odaklanmıştır. Heterarşik yapıda çalışmalar daha sınırlı olup bu konuya son birkaç yılda ilgi artmıştır.

Son yıllarda, DAI tekniklerinin kullanımı ve geliştirilmesi konusundaki araştırmalara önemli çaba harcanmıştır. İşbirlikçi (colloborative) sistemleri anlama ve modelleme ile ilgilenen dağıtık yapay zeka araştırmacılarının, Dağıtık Problem Çözme ve Çok-Ajanlı Sistemler (Multi-Agent Systems-MAS) olmak üzere iki ana araştırma alanında çalıştığı gözlenmiştir. DPS, farklı işler veya problemlerin, problem ve onun çözümleri hakkındaki bilgiyi bölme ve paylaşmada işbirliği yapan birçok düğüme nasıl bölüneceğini göz önüne almaktadır. Çok-Ajanlı Sistemlerdeki araştırma, verilen bir problemi çözmeyi amaçlayan özerk ajanların davranışlarını göz önüne almaktadır. MAS, bireysel yeteneklerinin ötesindeki problemleri çözmek için birlikte çalışan problem çözümler ağı olarak da tanımlanabilmektedir [Kadar et al.,1998].

Geçmiş yirmi yıldan bu yana DAI alanında özerk ajanlar ile dağıtık problem çözme ve karar verme konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Araştırmacılar dağıtık sistemlerin tasarım, çözümlenme ve kontrolü için oyun kuramı, otomasyon kuramı ve kuyruk kuramı gibi çeşitli yaklaşımlar kullanmışlardır. 1980'lerde DAI çalışmaları büyük ölçüde ajanların hesapsal kaynaklar için yarıştığı problemler üzerine odaklanmıştır. İlgili çalışmalar, dağıtık bilgisayar sistemlerinde, bilgisayarlar arasında yük paylaşımı (load sharing) ya da yük dengelemesini (load balancing) içeren, "Dağıtık Çizelgeleme (Distributed Scheduling)" çalışmalarıydı [Stankovic and et al.,1985; Wang and Morris,1985; Eager and et al, 1986; Chu and Lan, 1987; Casavant and Kuhl, 1988; Lo, 1988; Ramamritham and et al.,1989; Shivaratri and et al.,1992]. Bir kısım araştırmacı ise yukarıda sözü geçen sistemlerde protokoller üzerinde yoğunlaşmıştır [Conry and et al.,1991; Zlotkin and Rosenschein,1991; Sandholm and Lesser, 1997; Kraus, 1997; Krothapalli and Deshmukh, 1999].

Veeramani and Wang [1997], imalat sistemlerinde dağıtık kontrol konusunda ilk çalışmanın 1981 yılında Lewis tarafından yapılan bir doktora tezi olduğunu bildirmiştir. Daha sonraları birçok araştırmacı açık-arttırma-temelli (auction-based), karatahta-temelli (blackboard-based), fiyatlandırma-temelli (pricing-based) yaklaşımlar kullanan dağıtık sistemler geliştirmiştir [Veeramani and Wang, 1997; Okubo and et al., 2000].

Atölye kontrol için tasarlanan çoğu MAS, homojen sistemler için tasarlanmış olup sadece pazar temelli mekanizmalar içeren atama kuralları uygulamaktadır. Heterarşik yapıda çalışmalar daha sınırlı olup bu konuya son on yılda ilgi artmıştır. Ajan teknolojisi, endüstriyel dağıtık sistemlerin geliştirilmesinde önemli bir yaklaşım olarak görülmektedir. Birçok araştırmacı, ajan teknolojisini tedarik zinciri yönetim sistemlerine, imalat çizelgeleme ve kontrol sistemlerine ve malzeme taşıma sistemlerine uygulamaya girişmiştir [Barbuceanu and Fox, 1997; Maturana et al., 1999; Ottaway and Burns, 2000; Huang and Nof, 2000; Gjerdrum et al., 2001; Maione and Naso, 2001; Lu and Yih, 2001; Khoo, Lee and Yin, 2001; Wu, Fuh and Nee, 2002].

AJAN-TEMELLİ ATÖLYE YÖNETİM SİSTEMİ

Klasik anlamda atölye kontrol, hiyerarşik bilgi yönetimini desteklemek için tasarlanan üretim planlama sisteminin ön-yüzüdür. Başka bir deyişle geleneksel karar verme süreci, teknolojik ve lojistik açıdan üretim sürecinin belirgin bir görüntüsünü vurgulayan merkezi yaklaşımlara doğru bir yönlendirmeye sahiptir. Sistem parametrelerinin bilindiği ve tasarlanan ile gerçekleşen arasında koşulların değişmediği varsayılmaktadır. Böylece, atölye kontrolü tarafından hiyerarşinin üst düzeylerinde verilen kararlara göre çizelgelerin hazırlanması beklenir. Sonuç olarak atölye kontrol, programlanan hedeflerden gerçek davranışın sapmasını algılayamaz ve makina arızası, malzeme yokluğu, değişiklik talebi gibi beklenmeyen olayları yakalayamaz. Matematiksel planlama modellerinin kesinlik ve ayrıntısını arttırarak, belirsizliği karşılama girişimleri başarılı olamamaktadır [Maione and Naso, 2001]. Ancak, son yıllarda iletişim ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, dağıtık yapay zeka konusunda imalatta zeki özerk birimler oluşturma olanağı sağlamıştır. Strateji özerk, dağıtık ajanların işbirliğini destekleyen dağıtık işbirlikçi kontrol mimarileri geliştirmektedir.

Atölye, sürekli olarak beklenmeyen olayların gerçekleştiği ve planlanan faaliyetlere değişikliklerin yüklendiği dinamik bir ortamdır. İlgili problem için atölyede imalat fiziksel akışının ve bilgi akışının eşgüdüm ve kontrolünden sorumlu uygun bir kontrol sistemi benimsenmelidir. Sonuç olarak, merkezi bir mimariden ayrılma ve merkezi olmayan atölye kontrolüne doğru yönelim ortaya çıkmıştır. Temelde, alan kontrolcüler yerel durumlara hızlı bir şekilde tepki verebilir. Çok-Ajanlı Sistem yapılarına liderlik eden yeni kavramlar, özerk birimler (ajanlar) ağı arasında bilgi, karar ve kontrol işlerini dağıtmaktadır.

Son on yılda, ajanlarla ilgili kavramlar, Çok-Ajanlı Sistemler ve heterarşiler büyük ilgi toplamıştır. Yeni sistemlerin anlayışında kontrol, atölyede her yerel karar birimi beklenmedik durumlara aktif olarak sistem tepkisi sağlayacak biçimde baştanbaşa dağıtılmaktadır.

Günümüzde imalattaki karmaşıklığın giderek artması, atölye kontrolünü merkezi kontrol ile başarmaya çalışan işletmeleri, imalat ortamındaki değişiklikler nedeniyle planlanan imalat ile gerçekleşen imalat arasındaki farkın büyümesi, planlamaya bağlı birimlerin eşgüdümünün sağlanamaması ve imalatın izlenememesi durumlarıyla karşı karşıya bırakmaktadır. İmalatın bütünü için birbirine bağımlı, ancak bağımsız atölyeler arasındaki iletişimin yokluğu ya da yetersizliğinden kaynaklanan sorunların üstesinden gelmek ve eşgüdümü sağlamak için etkin bir

iletişimin gerekliliği açıktır. Geleneksel üretim kontrol yaklaşımları, kendilerindeki bilgiyi kullanarak üretim birimi/hücresi/hattı için çizelgeleme kararlarını vermektedir. Genellikle ilgili işletmelerde planlama birimi tarafından yapılan program ve çizelgeler gerçekten uzak olmaktadır. Atölye durum bilgisine en yakın olan atölyelere kendi çizelgelerini üretme imkanı veren kontrol sistemlerine ihtiyaç vardır.

İmalat sistemi, farklı seviyelerde izlenen ve kontrol edilen birçok faaliyet içermektedir. Atölye, sürekli olarak beklenmeyen olayların olduğu ve planlanan faaliyetlere değişikliklerin yüklendiği dinamik bir ortamdır. Bu problemle ilgilenmek için, atölyede imalat fiziksel akışının ve bilgi akışının eşgüdüm ve kontrolünden sorumlu uygun bir kontrol sistemi benimsenmelidir. ATAYS olarak adlandırılan Ajan-Temelli Atölye Yönetim Sistemi, bir işletmede üretim planlama ve kontrol birimi ile atölyeler ve atölyeler arası iletişimin planlanması yoluyla, yer ve zaman açısından bakıldığında doğasında dağıtık olan birimlerin eşgüdümü ve atölye yönetiminin etkin bir şekilde sağlanması amacıyla tasarlanmıştır. Sistemin tanıtımına geçmeden önce izleyen kısımda atölye kontrol mimarileri hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

ATÖLYE KONTROL MİMARİLERİ

İmalat sistemlerinde kontrol konusunda daha önce yapılan çalışmalarda farklı sınıflamalara rastlamak mümkündür:

- Upton [1992], bilgisayar-kontrollü imalat sistemleri için esnekliği işlediği çalışmasında kontrolü hiyerarşik, heterarşik ve ikisinin karması olan melez kontrol olarak sınıflamıştır.
- Diğer bir sınıflama Gasser [1992] tarafından koordinasyonda kontrol dereceleri olarak verilmiştir. İlgili dereceler; merkezi (centralized), yarı-merkezi (semi-centralized), yerel olarak merkezi (locally-centralized) ve merkezi olmayan (decentralized) şeklindedir.
- Kadar et al.[1998], örgüt kavramındaki yapı ve kontrol rejimi bileşiminden hareketle, yapılar kümesinin hiyerarşilerden karmaşık heterarşilere, kontrol rejiminin de merkezi kontrolden dağıtık kontrole uzandığını belirterek farklı bir yaklaşım getirmiştir.
- Son olarak Choi et al, [2000], dört tip kontrol mimarisi bulunduğunu belirterek aşağıdaki sınıflamayı yapmıştır:

1. Merkezi kontrol (Centralized Control)
2. Hiyerarşik kontrol (Hierarchical Control)
3. Heterarşik kontrol (Heterarchical Control)
4. Melez kontrol (Hybrid Control)

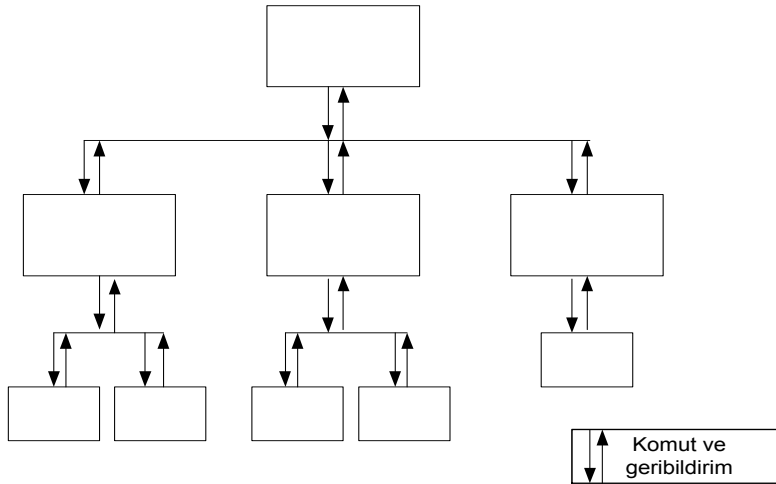
1. Merkezi Kontrol

Bütün planlama ve bilgi işleme faaliyetlerinin kayıtlarını korumak ve yönetmek için sadece bir merkezi bilgisayar ya da kontrolcü bulunmaktadır. Atölyede bulunan makineler merkezi kontrolcüden gelen komutları yerine getirmekte ve daha sonra sonuçları merkezi kontrolcüye geri bildirmektedir. Geleneksel olarak atölye kontrolü bir merkezi bilgisayar üzerinde yerine getirilmektedir. Bu mimari yaklaşımı, tamamen belirlilik ortamları için en uygundur. Ancak esnek imalat sistemleri için sınırlı bir yeteneğe sahiptir. İşbirliği açısından bakıldığında pasif bir işbirliğinin söz konusu olduğu söylenebilir. Üretim birimlerinin kontrol kararlarını vermede aktif

katılımı olmaksızın, merkezi kontrolün bütünsel sistem amacına yönelik verdiği kararlar kabul edilerek pasif bir işbirliği sağlanmış olur.

2. Hiyerarşik Kontrol

Hiyerarşik kontrol mimarisi, iki bitişik kontrol düzeyi arasında katı bir yönetici-çalışan ilişkisi içermektedir. Aynı düzeydeki kontrolcüler arasında bilgi alışverişine izin verilmez. Kontrolcü hiyerarşisi içinde, amir sadece hemen altındakileri görür. Onların ötesini göremez. İlgili kavram her bir kontrolcüye kendi alanında belli bir kontrol yetkisi verir. Belirtilen yararlarından dolayı, atölye kontrol sistemlerinde yaygın yapı atölye kontrolün merkezi planlayıcılarının genel çizelge ve rota planları ürettiği hiyerarşik mimari kullanılarak tanımlanmıştır. İlgili plan ayrıntılandırılacağı daha alt seviyelere gönderilir. Son olarak, çizelge üst seviyeler tarafından verilen kararları gerçekleştirecek olan donanımı kontrol eden işletmene gönderilir. Ancak, bu mimari atölye kontrol sisteminin değişikliğe gereksinimi olduğunda bazı çabalar gerektirmektedir [Choi et al.,2000]



Şekil 1. Hiyerarşik kontrol.

Şekil 1'de hiyerarşik kontrol yapısı gösterilmiştir. Aynı düzeydeki kontrolcüler arasında bilgi alışverişi olmadığı görülmektedir.

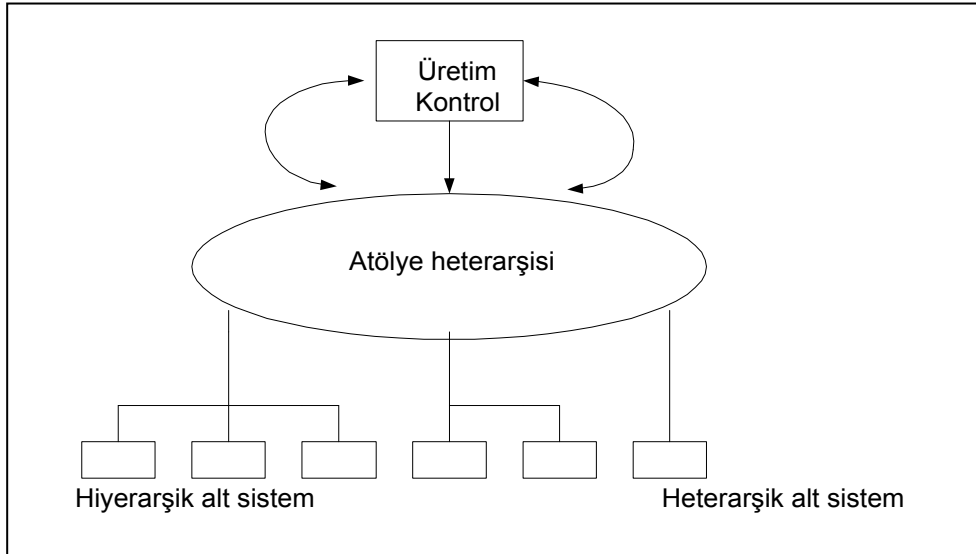
3. Heterarşik Kontrol

Heterarşik kontrol mimarisi, katı bir yönetici-çalışan ilişkisi içermeyen bir dizi kontrolcüden ibarettir. Şekil 1'deki aynı seviyedeki birimler birbiriyle bilgi alışverişinde bulunabilmektedir. Mimarinin önemli bir özelliği, bütünsel karar verme için tamamen yerel özerklik ve işbirlikçi yaklaşım uğraşdır. Bu nedenle, ilgili kontrol mimarisi, atölye veya imalat sisteminin modüler, genişletilebilir ve kendi şekillenebilir olmasını mümkün kılar. Ek olarak, bilgisayar teknolojisi olağanüstü bir hızla gelişmekte olduğundan, kontrolcüler arasındaki kontrol müzakereleri çok hızlı bir şekilde çalışır ve iletişim yükü azalır. Bu mimarinin faydası, en alt düzeyde bütünsel bilgi

tutan yüksek derecede özerk birimlerden ibaret, karmaşık imalat sistemlerine uygulanabilir olmasıdır. Ancak, heterarşik sistemler içten iyi düzenli ancak dıştan aşırı izin verici olup işbirlikçi hiyerarşi olarak organize edilir. Öyle ki, çatışma çözümünün yokluğu ve karar vericilerin izolasyonu sistemin zayıf taraflarındandır. Fakat yine de bütünsel sistem performansı üzerinde işbirlikçi kontrolün diğer kontrol mimarilerine göre daha iyi sonuç verdiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır [Lu and Yih, 2001]. Sistemdeki üretim birimleri kendi amaçlarını eniyilemenin yanında sistemin bütünsel performansını da dikkate alarak karar verme sürecine aktif olarak katılmaktadır. İlgili amaçlar birbiriyle çatıştığında çoklu müzakereler ile bir amaç üzerinde uzlaşma sağlanmaktadır.

4. Melez Kontrol

Melez kontrol mimarisinde, kontrol seviyeleri arasındaki gevşek bir yönetici-çalışan ilişkisi mevcuttur. Alttakiler faaliyetleri tamamlayabilmek için işbirliği halinde iken, amir faaliyetlerin sırasını başlatmaktan sorumludur. İşlerin tamamlanması için her bir kontrolcü aynı seviyedeki kontrolcü ile ilişki kurmaktadır. Melez kontrol hiyerarşi içinde heterarşi olarak da tanımlanmaktadır [Upton,1992]. Şekil 2'de ilgili yapı gösterilmiştir. Alt sistemlerde heterarşik ya da hiyerarşik yapılar söz konusu olabilir.



Şekil 2. Melez kontrol (Hiyerarşi içinde heterarşi)

Melez kontrol ile merkezi ve dağıtık kontrolün olumlu taraflarından yararlanmak olumsuz taraflarını elimine etmek amaçlanmaktadır.

SİSTEMİN KAVRAMSAL MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

1. Geliştirilecek Modelin Varsayımları

Çalışmada tasarlanan Ajan-Temelli Yönetim Sistemi (ATAYS);

- i. İmalatını, bir dizi atölyede imal ettiği parçaların, son olarak montaj atölyesinde birleştirildiği heterojen atölyeler topluluğu ile gerçekleştiren,
- ii. İşletmenin Üretim Planlama biriminin atölyelere gönderdiği program ve iş emirleri ile gerçekleşen imalat arasında farklılığın karmaşa ve üretimin kontrol edilememesi gibi problemlere yol açtığı,
- iii. Atölyeleri ve üretim planlama birimi arasında iletişim eksikliğinden kaynaklanan problemler yaşanan,
- iv. Atölyelerin kendi içinde imalatını eniyilemek için yapacağı planlar ve çizelgeler için başka birimlerde/atölyelerde yapılan işler hakkında bilgi ihtiyacı olan,
- v. Atölyelerinde üretim biçimi ve çizelgeleme amaçları farklılık gösterebilen,
- vi. Ürün çeşidi fazla olan ve siparişlerde müşteri isteklerinin ön planda olduğu,
- vii. Bazı birimlerin aynı fabrika binası içinde olmadığı (Örneğin; Pazarlama Bölümü, Satın Alma Bölümü vb.)

işletmeler için, atölyeler ve üretim planlama birimi arasındaki iletişim ile atölyeler arası iletişimi, tasarlanan ajanlar ağı temelinde ajan teknolojisi yaklaşımı ile sağlamayı amaçlar. Böylece işlerin eşgüdümlü bir şekilde yürütülmesi ve esnekliğin sağlanmasının yanı sıra, atölyelerin etkin bir şekilde kontrolünün de mümkün olması beklenmektedir. Çalışmada Döküm, Mekanik ve Montaj olmak üzere üç atölye olduğu varsayılmış olup, tasarım ilgili atölyeleri içermektedir.

2. Sistem Davranışı

Üretim kontrol sistemleri için kontrol mimarileri konusunda yapılan çalışmalar, yapısal olarak hiyerarşik ve heterarşik olmak üzere uçlarda odaklanmıştır. Bu uçlardan birine tam olarak uymayan kontrol mimarileri kurmanın mümkün olduğu gösterilmiştir. [Ottaway and Burns, 2000]. Hiyerarşik ve heterarşik kontrol mimarilerinin arzu edilen nitelikleri sentezlenerek dinamik olarak değişebilen ya da her iki kontrol mimarisinin üstün yanlarını kullanan zeki bir kontrol mimarisi geliştirmek mümkün olacaktır.

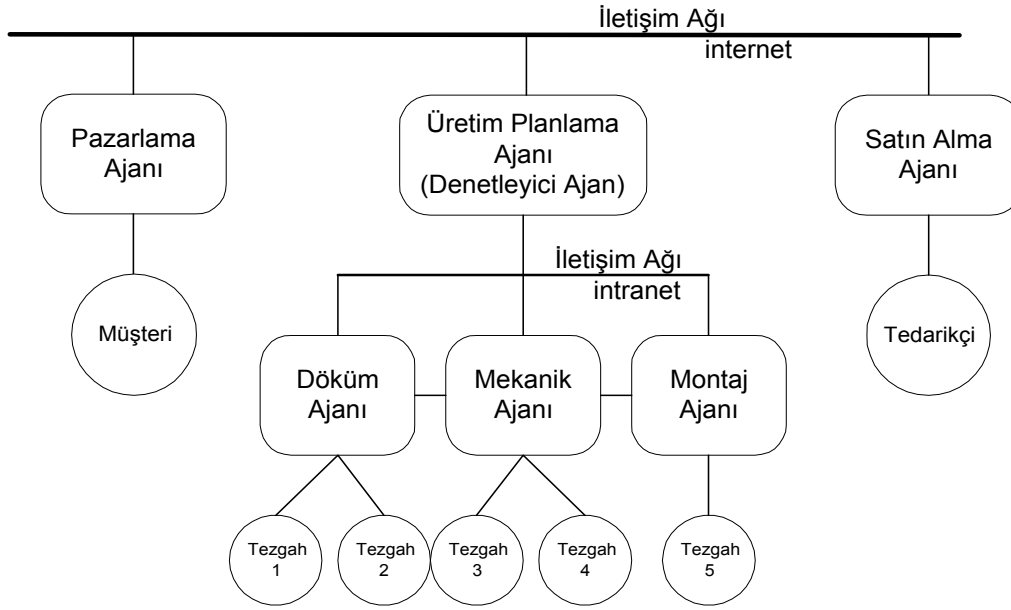
Hiyerarşik kontrol mimarileri, üretim sisteminin bütünsel kontrolü için tasarlanmaktadır. Üretim kontrol sistemleri için bütün sistemin eniyilenmesi amacıyla bütünsel kontrol konusu hiyerarşik kontrol mimarilerinin yandaşları için çok önemli olduğu düşünülen bir konudur. Bir üretim sisteminde iş makina kararları olmaksızın bütünsel eniyileme zordur. Ayrıca, üretim birimlerinin bütünsel bilgiye sahip olmadığı bir ortamda makina kullanımı, çıktı, ve tamamlanma zamanlarının kestirimi de çok zordur [Ottaway and Burns, 2000].

Üretim süreçlerinin eniyilenmesinde hiyerarşik kontrol mimarisi yandaşları, klasik hiyerarşik komut/geribildirim kontrol mimarilerinin üstünlüklerinin görüldüğünden söz etmektedir. İlgili üstünlükler, bireysel kontrol modüllerinin büyüklük, işlemsellik ve karmaşıklıklarının sınırlı olmasını garantiye almasıdır.

Dağıtık problem çözme, hız, güvenilirlik ve bilinmeyen veri ve bilgiyi tolere etme yeteneği gibi üstünlükler sunar. Hiyerarşik olmayan sistemler, maliyete karşın performansta üstünlüğe sahiptir. Ancak, bir kontrol mimarisi tasarımında hiyerarşik olmayan yaklaşım, bilgi ve kontrolü yerleştirerek sistemin karmaşıklığını azaltacağından yazılım geliştirme maliyetleri, denetimci düzeyi modül ihtiyacı ortadan kaldırılarak azaltılacaktır.

Bir fabrika, çeşitli üretim makinaları, süreçler ve çalışanlardan ibaret doğasında dağıtık bir örgüttür. Makinalar, süreçler ve çalışanlar, üretim işlerine göre mantıksal olarak hücrelere ayrılır. Bu hücreler üretim sistemini şekillendirir ki işlerin başarılması için gerekli öğeler ve işler fabrika içinde dağıtiktir. Buradan üretim sistemi ve üretim kontrol sistemi arasında en iyi uyum sağlayan

hiyerarşik olmayan kontrol mimarisi önerilir. Merkezi kontrol gereksinimi sadece eniyileme sistem performansını geliştirdiğinde ortaya çıkacaktır. Önerilen sistemde, atölyeler temelinde heterarşik kontrol söz konusu iken atölyelerle Üretim Planlama birimi arasında hiyerarşik kontrol hakim olacaktır. İletişim ve koordinasyonu sağlayacak Ajan-Temelli Sistemin melez kontrol mimarisi kullanması, her iki kontrol mimarisinin olumlu özelliklerinden yararlanmayı mümkün kılacaktır (Şekil 3).



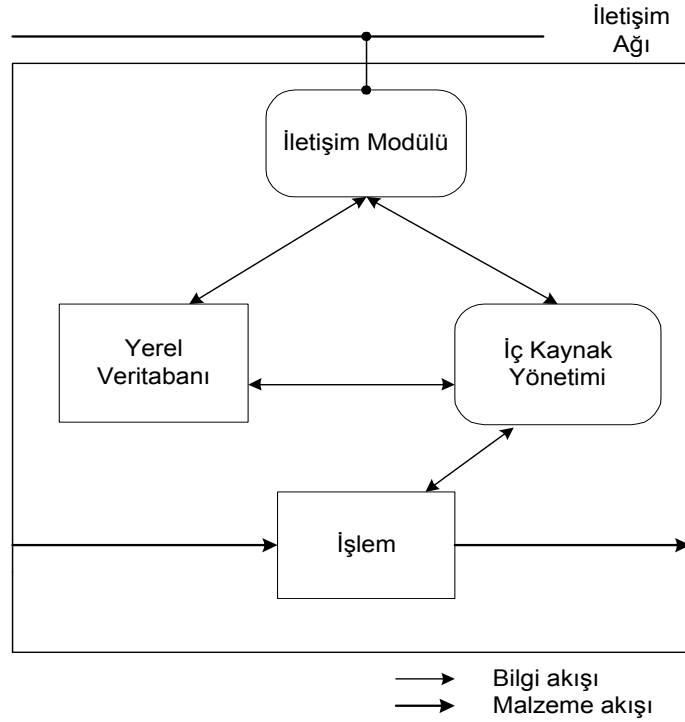
Şekil 3. Ajan-Temelli Yönetim Sisteminin melez kontrol mimarisi

ATAYS, atölyelerin birbiriyle iletişimini mümkün kılmaktadır. Atölyeler arası ve atölyelerle Üretim Planlama birimi arasında intranet yoluyla iletişim sağlanabilmektedir. Pazarlama, Satın Alma ve Üretim Planlama birimleri arasında iletişim internet yoluyla sağlanmaktadır.

3. Bilgi-Düzeyi Kavramlar

ATAYS' ın temel bileşeni ajandır. Pazarlama Ajanı müşterilerden aldığı siparişleri Üretim Planlama Ajanına bildirirken, Atölye Ajanlar; Döküm, Mekanik ve Montaj Ajanları ile Üretim Planlama Ajanı çizelgelerin üretilmesinde işbirliği yapmaktadır. Şekil 4'te genel olarak bir ajanın yapısı grafiksel olarak gösterilmiştir. Sistemdeki her ajan;

1. Temel üretim fonksiyonlarını yerine getirmek için gerekli üretim bilgisinin depolandığı yerel veritabanı,
2. İç kaynak yönetimi için gerekli modül,
3. Diğer ajanlarla ve ortamla iletişim için gerekli iletişim modülünden ibarettir.



Şekil 4. Genel olarak bir ajanın yapısı

Üretim bilgisi, kontrol altındaki üretim sistemiyle ilgili yetenek ve kapasite bilgilerini kapsamaktadır. Çalışmada ele alınan atölyelere ilişkin üretim bilgisi, tezgahların hazırlık sürelerinin de dahil olduğu, bir vardiyada üretilen parça adedi bilgisini içermektedir. Her bir parça için ilgili tezgaha ilişkin olarak veritabanında tutulan bilgi çizelgeleme aşamasında kullanılmaktadır. Ayrıca tezgah ve rota bilgileri de yerel veritabanında saklanmaktadır.

4. Sembol-Düzeyi Kavramlar

Sembol-düzeyi kavramlar, önceki bölümde sözü edilen bilgi-düzeyini kodlamak için bir çatı sağlamaktadır. ATAYS içinde Pazarlama Ajansı, Üretim Planlama Ajansı, Atölye Ajansları (Döküm, Mekanik ve Montaj) ve Satın Alma Ajansı olmak üzere altı ajan bulunmaktadır. Amaç, ilgili ajanları kullanan ajan mimarisi içinde bilgi-düzeyini kodlayacak ek sembol-düzeyi kavramları geliştirmektir.

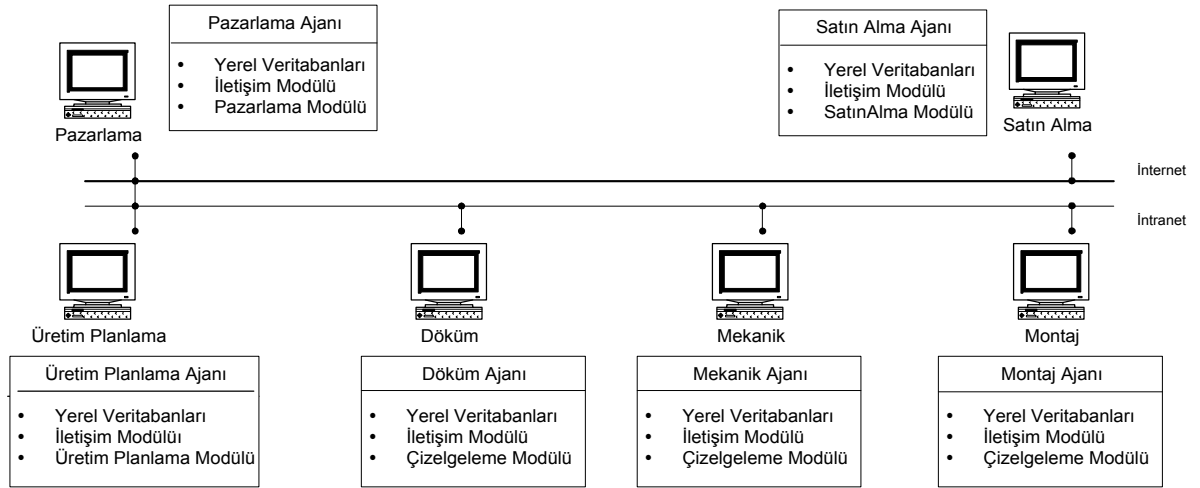
Pazarlama ajanına bir sipariş geldiğinde ilgili sipariş Üretim Planlama Ajansına (ÜPA) gönderilir. Üretim Planlama Ajansı denetleyici ajan olarak ortam bilgisinden hareketle ilgili siparişin alınıp alınmayacağına karar verir. Gerekirse Atölye Ajansları ile iletişim kurarak karar verebilir. Üretim Planlama Ajansı, Malzeme Gereksinim Planlaması ve Kapasite Gereksinim Planlamasından da sorumludur. ÜPA, gerekli kaynakların sağlanması ve çizelgelenmesi için uygun ajanlarla iletişim kurar. Atölye Ajansları üretilecek parçaların çizelgelenmesinde işbirliği yaparak son çizelgeyi oluşturur. ÜPA'nın her çizelgeleme isteğinde yeni çizelgeyi üretmek için işbirliği yapılır. ÜPA, belirlenen çizelgeye göre Satın Alma Ajansına satın alınacak parçaların gerekli miktar ve zamanlarını bildirir. Tedarikçilerle iletişim ve gerekli parçaların zamanında getirilmesi Satın Alma Ajansının görevidir.

Denetleyici ajan, kendi kontrol alanı içindeki atölyelerin üzerinde bir yönetici gibi davranır. Ottaway and Burns [2000]'e göre denetleyici ajanın kontrol alanını belirlemek için iki yöntem vardır: Denetleyici ajan benzer işleme yeteneğine sahip kaynakları yönetebilir ve bir işlevsel

yönetici gibi davranır ya da bir dizi benzer olmayan kaynağı yönetir ve bir ürün yöneticisi gibi davranır. İkincisi, grup teknolojisi yönetim yaklaşımıyla paralellik gösterir. ATAYS içinde denetleyici ajan, işlevsel bir yönetici durumundadır. Kontrol alanı içinde atölyelerin mevcut durumunu değerlendirir ve sipariş kabul kararlarını verir. Ayrıca atölyelerin çizelgeleme müzakerelerinde denetleyici ajan olarak karar vermede rol oynar.

5. Ajan-Temelli Atölye Yönetim Sisteminin Mimarisi

ATAYS'ın temel bileşeni ajandır. Veri ve bilgiler, yerel veritabanlarında saklanmaktadır. Diğer ajanlarla ilgili ortam bilgisi iletişim yoluyla elde edilmektedir. İç kaynak modülü yardımıyla çıkarsama yapılmaktadır. Arayüzler, ajan arayüzü ve ortam arayüzü içerir. ATAYS'da her bir atölye kendi çizelgesini üretmek için amaç ve kısıtları olan özerk bir birimdir. Özerkliğin derecesi, Üretim Planlama biriminin denetleyici rolüyle ayarlanmaktadır. Şekil 5'de genel ATAYS'ın yapısı grafiksel olarak gösterilmiştir. Atölye ajanlar iletişim ağı yoluyla birbiriyle iletişim halindedir.



Şekil 5. Ajan-Temelli Atölye Yönetim Sisteminin yapısı.

Çalışmada örnek olarak ele alınan sistem birimlerinden Pazarlama ve Satın Alma farklı yerleşim birimlerinde olduğundan imalatın gerçekleştirildiği atölyelerin başındaki Üretim Planlamaya Geniş Alan Bilgisayar Ağı (Wide Area Network-WAN) yoluyla bağlanırken, atölyeler aynı bina içinde varsayılarak Yerel Bilgisayar Ağı (Local Area Network-LAN) yoluyla birbirine bağlanmıştır. Günümüzde birçok işletmenin üretim birimiyle pazarlama birimi farklı binalarda hatta farklı şehirlerde olup birbirleriyle iletişimin gereği açıktır. Atölye temelinde bakıldığında montaj biriminin farklı bir yerde olması da söz konusu olup tedarikçilerle iletişim ve eşgüdüm konusu da önemlidir. Günümüzde tedarik zinciri konusunda da ajan-temelli yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada çizilen çerçeve sadece imalatın yapıldığı atölyeler üzerinde odaklanmış olup, tedarikçilerle iletişim ve satın alma ile Satın Alma Ajanı sorumlu kılınmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

İmalat sistemlerinde, farklı seviyelerde izlenen ve kontrol edilen birçok faaliyet bulunmaktadır. Klasik anlamda atölye kontrol, hiyerarşik bilgi yönetimini desteklemek için tasarlanan üretim

planlama sisteminin önyüzüdür. Başka bir ifadeyle, geleneksel karar verme, teknolojik ve lojistik açıdan üretim sürecinin parametrelerini biliniyor varsayarak belirlilik görüntüsünü vurgulayan merkezi yaklaşımlara doğru bir yönlendirmeye sahiptir. Özellikle, kontrol faaliyetleri bütün sistem parametrelerinin bilindiğini ve planın tasarlanması ile gerçekleştirilmesi arasındaki zaman akışının hep değişmeden kaldığını varsaymaktadır. Böylece, atölye kontrol hiyerarşinin üst düzeylerinde verilen kararlara göre çizelgeleri gerçekleştirmelidir. Sonuç olarak atölye kontrol, programlanan hedeflerden gerçek davranışın sapmasına duyarsızdır ve makina arızası, malzeme yokluğu, değişiklik talebi gibi beklenmeyen olayların kontrolünü içermez. Diğer taraftan, matematiksel planlama modellerinin kesinlik ve ayrıntısını arttırarak belirsizliği karşılama girişimleri başarısız olmaktadır. Ancak, son yıllarda iletişim ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, dağıtık yapay zeka konusunda imalatta zeki özerk birimler oluşturma olanağı sağlamıştır. Gündülecek strateji özerk, dağıtık ajanların işbirliğini destekleyen dağıtık kontrol mimarileri geliştirmektir.

Geleneksel merkezi imalat planlama, çizelgeleme ve kontrol mekanizmaları, ürün gereksinimlerindeki oldukça dinamik değişimlere ve üretim biçimlerindeki değişimlere cevap vermede yeterince esnek değildir. İmalat planlama, çizelgeleme ve kontrolü için fabrika bütünü, geleneksel merkezi yaklaşımlarla, genellikle imalat sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını ve büyüme yeteneklerini sınırlayan merkezi yazılım ile kontrol edilmektedir. Hiyerarşik organizasyon kullanma, bilginin bir merkezi yazılım denetleyicisiyle sıralı olarak işlendiği, kalıcı, sıkıca birleştirilmiş alt gruplar içinde imalat kaynaklarını gruplamaya zorlamaktadır. Bu, tek bir arıza noktasıyla planların iptali ve artan işletme giderleri kadar, sistemin çoğunun kapanmasıyla da sonuçlanabilmektedir. Oysa İletişim Teknolojisindeki yenilikler, üretimde tedarik zinciri konusunun boyutlarını alabildiğine genişletmiştir. Modern üretim teknolojileri ile imalat birimleri arasındaki coğrafi uzaklıklar önemini kaybetmiştir. Dünyanın bir ucundaki başka bir şirket ile ortak kaynakları kullanmak ve teknolojide işbirliği yapmak mümkün hale gelmiştir. İşletmeler, tedarikçisiyle imalat teknolojisini paylaşım, tasarım, süreç planlama ve üretim çizelgesini bütünlük bir şekilde yürütme gereği duymaya başlamıştır. Hızla değişen pazar ihtiyaçları, imalat ortaklarını aralarında daha etkin kaynak paylaşımı yapmaya zorlamaktadır. Bu durumda Ajan Teknolojisi, dağıtık zeki imalat ortamlarını tasarlamak ve uygulamak için doğal bir yol sağlamaktadır.

Sürekli olarak beklenmeyen olayların olduğu ve planlanan faaliyetlere değişikliklerin yüklendiği, dinamik bir ortam olan atölyede, malzeme akışının ve bilgi akışının eşgüdüm ve kontrolünden sorumlu uygun bir kontrol sistemi benimsenmelidir. Çalışmada, ATAYS adı verilen Ajan-Temelli bir Atölye Yönetim Sistemi tasarlanmıştır. Melez kontrol mimarisi ile tasarlanan sistemde, merkezi ve dağıtık kontrolün her ikisinin de üstünlüklerinden faydalanılması düşünülmüştür. Ajan teknolojisinin ardışık üç atölyede imalatı gerçekleştirilen karmaşık bir ürünün çizelgelenmesi amacıyla kullanılması mümkün hale gelmiştir.

Her bir atölye kendi imalat işlemleri ile ilgili yeterince birikmiş bilgiye sahip olup, kendi çizelgesini yaratma potansiyeli vardır. Eğer, diğer atölyelerle ilişkileri hesaba katarak atölyeye kendi çizelgesini üretme yetkisi verilirse, Üretim Planlama biriminin denetiminde değişikliklere çabuk cevap verebilen, kendini hızla yenileyebilen bir çizelgeleme sistemi geliştirmek mümkün olacaktır. Çalışmanın bundan sonraki aşaması, atölyeler arası çizelgeleme müzakereleri ve ilgili çizelgeleme sistemi üzerine odaklanmıştır.

KAYNAKÇA

1. Barbuceanu M. and Fox M., 1997, "Integrating Communicative Action, Conversations and Decision Theory to Coordinate Agents", Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents, Marina del Rey, CA (ACM Press).
2. Casavant T.L. and Kuhl J.G., 1988, " Effects of Response and Stability on Scheduling in Distributed Computing Systems", IEEE Trans. on Software Eng., Vol. 14, No.11, pp. 1578-1588.
3. Choi K-H., Kim S-C. and Yook S-H., 2000, "Multi-Agent Hybrid Shop Floor Control System", International Journal of Production Research, Vol.38, No.17, pp. 4193-4203.
4. Chu W.W. and Lan L.M-T., 1987, "Task Allocation and Precedence Relations for Distributed Real-Time Systems", IEEE Trans. on Computers, Vol. C-36, No.6, pp. 667-679.
5. Conry S. E., Kuwabara K., Lesser V. R., and Meyer R. A., 1991, "Multistage Negotiation for Distributed Constraint Satisfaction", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.21, No.6, pp. 1462-1477.
6. Eager D.L., Lazowska E.D. and Zahorjan J., 1986, "Adaptive Load Sharing in Homogeneous Distributed Systems", IEEE Trans. on Software Eng., Vol. SE-12, No.5, pp. 662-675.
7. Gasser L., 1992, "DAI Approaches to Coordination", Distributed Artificial Intelligent: Theory and Praxis, pp. 31-51.
8. Gjerdrum J., Shah N. and Papageorgiou L.G., 2001, "A Combined Optimization and Agent-Based Approach to Supply Chain Modeling and Performance Assessment", Production Planning & Control, Vol.12, No.1, pp. 81-88.
9. Huang C-Y and Nof S.Y., 2000, "Formation of Autonomous Agent Networks for Manufacturing Systems", International Journal of Production Research, Vol.38, No.3, pp.607624.
10. Kadar B., Monostori L., and Szelke E., 1998, "An Object-Oriented Framework for Developing Distributed Manufacturing Architectures", Journal of Intelligent Manufacturing, No.9, pp. 173-179.
11. Khoo L. P., Lee S. G. and Yin X. F., 2001, "Agent-Based Multiple Shop Floor Manufacturing Scheduling", International Journal of Production Research, Vol.39, No.14, pp. 3023-3040.
12. Kraus S., 1997, "Negotiation and Cooperation in Multi-Agent Environments", Artificial Intelligence, 94, pp. 79-97.
13. Krothapalli N.K.C. and Deshmukh A.V., 1999, "Design of Negotiation Protocols for Multi-Agent Manufacturing Systems", International Journal of Production Research, Vol.37, No.7, pp. 1601-1624.
14. Lo V.M., 1988, "Heuristic Algorithms for Task Assignment in Distributed Systems", IEEE Trans. on Computers, Vol. 37, No.11, pp. 1384-1397.
15. Lu T-P. and Yih Y., 2001, "An Agent-Based Production Control Framework for Multiple-line Collaborative Manufacturing", International Journal of Production Research, Vol. 39, No. 10, pp. 2155-2176.
16. Maione B. and Naso D., 2001, "Evolutionary Adaptation of Dispatching Agents in Heterarchical Manufacturing Systems", ", International Journal of Production Research, Vol. 39, No. 7, pp. 1481-1503.
17. Maturana F., Shen W. and Norrie D.H., 1999, "MetaMorph: An Adaptive Agent-Based Architecture for Intelligent Manufacturing", International Journal of Production Research, Vol. 37, No. 10, pp. 2159-2173.
18. Okubo H., Jiahua W. and Onari H., 2000, "Characteristics of Distributed Autonomous Production Control", International Journal of Production Research, Vol.38, No.17, pp. 4205-4215.
19. Ottaway T.A. and Burns J.R., 2000, "An Adaptive Production Control System Utilizing Agent Technology", International Journal of Production Research, Vol.38, No.4, pp. 721-737.

20. Ramamritham K., Stankovic J.A. and Zhao W., 1989, "Distributed Scheduling of Tasks with Deadlines and Resource Requirements", ", IEEE Trans. on Computers, Vol. 38, No.8, pp. 1110-1123.
21. Sandholm T. W. and Lesser V.R., 1997, "Coalitions Among Computationally Bounded Agents", *Artificial Intelligence*, 94, 97-137.
22. Sarıççek İ., 2003, "İmalat Sistemlerinde Ajanlar Ağı Tasarımı ve Ajan Teknolojisi ile Atölye Yönetimi", *Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir*.
23. Shivarathi N.G., Krueger P. and Singhal M., 1992, "Load Distributing for Locally Distributed Systems", *Computer*, Vol.25, No.12, pp.33-44.
24. Stankovic J.A., Ramamritham K. and Cheng S., 1985, "Evaluation of a Flexible Task Scheduling Algorithm for Distributed Hard Real-Time Systems", ", IEEE Trans. on Computers, Vol. C-34, No.12, pp. 1130-1143.
25. Upton D. M., 1992, "A Flexible Structure for Computer-Controlled Manufacturing Systems", *Manufacturing Review*, Vol.5, No.1, March 1992, pp. 58-74.
26. Veeramani D. and Wang, K-J., 1997, "Performance Analysis of Auction-Based Distributed Shop-Floor Control Schemes from the Perspective of the Communication Systems", *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 9, pp. 121-143.
27. Wang Y-T. and Morris R.J.T., 1985, "Load Sharing in Distributed Systems", *IEEE Transactions on Computers*, Vol. C-34, No.3, pp. 204-217.
28. Wu S.H., Fuh J.Y.H. and Nee A.Y.C., 2002, "Concurrent Process Planning and Scheduling in Distributed Virtual Manufacturing", *IIE Transactions*, 34, pp. 77-89.
29. Zlotkin G. and Rosenschein J. S., 1991, "Cooperation and Conflict Resolution via Negotiation Among Autonomous Agents in Noncooperative Domains", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.21, No.6, pp. 1317-1324.