



İLERİ ÜRETİM ÇİZELGELEME YAZILIMI – IPS

Yağmur Melih GÜRTUNCA
H. Cenk ÖZMUTLU

ÖZET

Türkiye'deki işletmeler, rekabetçi güçlerini koruyabilmek için, verimliliklerini arttırmak ve çok adette ufak partili siparişin hızlı teslimatını gerçekleştirmek durumundadır. Bu ise özünde karmaşık bir üretim çizelgeleme problemidir. Ancak Türkiye'deki pek çok işletmede çizelgeleme bilinci mevcut değildir ve çizelgeleme faaliyetleri gelişigüzel şekilde yapılmaktadır. Bu sebeple IPS (Intelligent Production Scheduling) yazılımı ile değişik sektörlerde uygun, bünyesinde pek çok fonksiyonu barındıran, yurtdışı menşeli yazılımlara rakip olabilecek bir üretim çizelgeleme yazılımı geliştirilmesi amaçlanmıştır. IPS'in sahip olduğu fonksiyonlar; değişik performans ölçütlerine göre operasyon çizelgeleme, alternatif çözümler üretebilme, ileri ve geriye doğru çizelgeleme, hat dengeleme, iş gücü planlama, kısa dönemli kapasite planlama, parti büyüklüğü belirleme, parti birleştirme, yeniden çizelgeleme, paralel ve alternatif kaynaklar ve Web uygulamalarıdır. Bu yazılım ile operasyonlarını doğru şekilde planlayabilen işletmeler, düşük maliyetli üretim yaparken terminleri daha istikrarlı şekilde yakalayabilmektedirler. IPS sistemi bilimsel bir yaklaşım ve Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğretim üyeleri ile işbirliği sonucunda ortaya çıkartılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim çizelgeleme, yazılım, Endüstri Mühendisliği, sezgisel algoritmalar, yapay zeka, verimlilik, üretim planlama

ABSTRACT

Firms in Turkey, to keep on the power of challenge, need to increase productivity and realize fast delivery of orders with big numbers and small parties. This is fundamentally a complex production scheduling problem. But in Turkey, there is not a scheduling conscious in many firms and scheduling activities have been doing casually. Therefore, with IPS (Intelligent Production Scheduling) software, it is aimed at developing a software which is appropriate for distinct sectors, has many functions and can compete with other abroad softwares. IPS have some functions like operation scheduling according to different performance criterion, being generate alternative solutions, forward and backward scheduling, line balancing, workforce planning, short period capacity planning, lot size determining, lot merging, rescheduling, parallel and alternative resources and web applications. Companies plan their operations truly using this software. Those firms manufacture in low costs and achieve stabilized due dates. IPS system had been developed in consequence of scientific approach and collaboration with Uludag University Industrial Engineering professors.

Key Words Production Scheduling, Software, Industrial Engineering, Heuristic algorithms, Artificial Intelligence, Productivity, Production Planning



1. GİRİŞ

Yazılım sektörü, otomotiv ve tekstil gibi Türkiye'nin aktif olduğu ve pek çok firmanın faaliyet gösterdiği sektörlerden biridir. Yazılım sektöründeki firmalar şimdiye kadar daha ziyade iş yönetimi yazılımları alanında faaliyet göstermişlerdir. İş yönetimi yazılımları da ağırlıklı olarak, ERP, MRP ve fabrika otomasyonu bazlı yazılımlar olmuştur. Bu iş yönetimi yazılımlarını kullanan işletmelerde envanter, satışlar, imalat ile ilgili pek çok veri toplanmakta ve takip edilmektedir. Ancak bu verilerin sadece toplanması yeterli değildir. Bilindiği üzere, verinin faydalı olabilmesi ve bilgi haline gelebilmesi için işlenmesi ve bir amaca hizmet etmesi gereklidir. Mevcut ERP, MRP ve veri toplama yazılımlarını kullanan işletmeler ellerinde yığın veriler bulunduğunu ancak ellerinde bulunan verileri nasıl kullanacaklarını ve nasıl faydalanacaklarını bilmediklerini ifade etmektedirler. Bu sebeple ERP, MRP ve veri toplama yazılımlarına oldukça büyük yatırım yapmış olan işletmeler, yönetim ve üretim problemlerine tam olarak çözüm bulamamış durumdadırlar.

Bu durum Türkiye'de iş zekası yazılımlarının geliştirilmesi gerekliliğine işaret etmektedir. Yurtdışında pek çok iş zekası yazılımı bulunmakla beraber, bu yazılımların bazılarının temsilcisi olmadığı için, bazılarının fiyatı çok yüksek olduğu için, ayrıca da çoğu firmalarda verinin kullanılması ile ilgili uzmanlar ve yol göstericiler bulunmadığı için, mevcut iş zekası yazılımları Türk firmalarınca yeterince kullanılmamaktadır. İş zekası yazılımları Türkiye'nin geri kaldığı bir alandır ve bu konuda ilerleme kaydedilmesi Türkiye için faydalı olacaktır. İş zekası yazılımları değişik konularda olabilir. Görüntü işleme bazlı kalite yazılımlarından, akıllı raporlama ve veri madenciliği yazılımlarına kadar pek çok alanda yazılımlar geliştirmek mümkündür. Bu yazılımlar arasında özel olarak ihtiyaç hissedilenlerden bir tanesi de İleri Üretim Çizelgeleme yazılımlarıdır. Üretim çizelgeleme kavramı firmaların fiziki kapasitelerini arttırmadan, daha fazla üretim yapabilmeleri ve dolayısıyla verimliliklerini arttırmaları için en faydalı yollardan biridir. Bilindiği üzere Türkiye tüm sektörlerde ve özellikle tekstil sektöründe Çin ve Hindistan gibi ülkelerin yarattığı yoğun rekabet ortamında üretimini ve ihracatını devam ettirmek durumundadır. Enerji ve işçilik maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu Türkiye'de, verimliliği arttırmak suretiyle maliyetlerde azalmaya gidebilmek son derece önemlidir. Bu sebeple çizelgeleme fonksiyonlarının üretici firmalarda doğru şekilde uygulanması son derece önemlidir.

Bunun yanı sıra, Çin ve Hindistan gibi çeşitli sektörlerde Türkiye'ye rakip ülkeler her çeşit üründe istenilen kalitede üretimi talep eden ülkelere sunabilmektedir. Ancak bu ülkelerin ticaret stratejisindeki dezavantajları genellikle büyük ölçekli çalışmaları ve ufak partiler halinde ürünleri kısa zamanda AB ülkelerine ve ABD'ye ulaştırılmamalarıdır. Türkiye ise, mesafenin de azlığı emrin alınarak, özellikle AB ülkelerine çok kısa zamanda ufak partilerle ürün temin edebilmektedir. Sonuç olarak, Türk firmalarının diğer ülkelerdeki firmalara göre avantajı emrin tutturabilmeleridir ve Türkiye'de üreticilerin müşteri taleplerine çok hızlı bir şekilde cevap verebilmesi gerekmektedir. Bu durumda ise Türkiye'deki üreticilerin çok hızlı şekilde üretim yapıp, ufak miktarlardaki pek çok değişik talepleri doğru şekilde planlayarak üretebilmesi gereklidir.

Bilindiği üzere üretim çizelgeleme, siparişlerin işletmedeki mevcut kaynaklara atanması problemidir. Çizelgeleme problemleri için tüm dünyada ve özellikle ABD'de pek çok pratik ve akademik çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Çizelgeleme problemleri Endüstri Mühendisliği disiplininde göz önüne alınan oldukça karışık problemlerdendir. Yukarıda belirtildiği gibi, Türkiye'nin karşı karşıya olduğu ufak miktarlardaki partilerin hızlı şekilde üretilmesi durumu ise son derece karışık bir üretim planlama ve çizelgeleme problemidir ve çalışanlar tarafından herhangi bir algoritmik ve bilişimsel yardım almadan doğru şekilde yapılması imkansız gibidir. Ancak Türkiye'deki işletmelerde maalesef çizelgeleme bilinci eksiktir ve üretim çizelgeleme faaliyetleri, firma planlama personeli tarafından elle veya Excel gibi yazılımlar yardımıyla herhangi bir algoritmik yaklaşım kullanılmadan gelişigüzel şekilde ve deneme-yanılma yöntemi ile yapılmaktadır. Bu durum sadece KOBİ boyutundaki işletmelerde değil, pek çok büyük tesislerde bile bu şekildedir. Ayrıca şimdiye kadar üreticilere sunulmuş olan ERP/MRP yazılımları da, üretim planlama ve üretim çizelgeleme kavramları aslında oldukça farklı olduğundan dolayı, üretim çizelgeleme problemine cevap bulamamışlardır.

Türkiye'nin ihracat yapısı nedeniyle, rekabetçi gücünü sürdürebilmesi ve avantajlı yönünü kuvvetlendirebilmesi açısından, değişik üretim sistemlerine hitap edebilen, işletmelerin çözmekte zorlandıkları pek çok çizelgeleme problemini çözebilen, bünyesinde pek çok fonksiyonu barındıran uygun fiyatlı bir yerli çizelgeleme yazılımının geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Türkiye'de



herhangi bir işletme üretim çizelgeleme kavramının önemini fark etse bile, mevcut yazılım alternatifleri sınırlıdır ve genellikle yurtdışı kaynaklı yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımlar ise son derece yüksek fiyatlıdır; bu durumda ise zaten maliyet baskısı altında olan özellikle ufak boyutlu firmalar için çizelgeleme çözümlerini alıp uygulayabilmek imkansız olmaktadır. Geliştirilen yerli çizelgeleme yazılımları, uygun fiyatları sebebi ile piyasaya yayılıp Türk işletmelerinde çizelgeleme bilincinin yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır. Siparişlerini ve operasyonlarını doğru şekilde planlayabilen işletmeler, daha verimli daha düşük maliyetli üretim yapabilirken temrinleri daha istikrarlı şekilde yakalayabilmektedirler.

Bu gereksinimlerden yola çıkarak, parametrik yapısı sayesinde değişik sektörlere ve değişik üretim sistemlerine hitap eden; bünyesinde pek çok değişik fonksiyon ve zor çizelgeleme problemlerine çözümler barındıran, uygun fiyatlı, ancak özellikle yurtdışında üretilmiş olan kapsamlı çizelgeleme yazılımlarına rakip olabilecek IPS ileri üretim çizelgeleme yazılımı gerçekleştirilmiştir.

2. IPS YAZILIMININ YENİLİKÇİ YÖNLERİ, ÖZELLİKLERİ VE MODÜLLERİ

IPS ile belirtilmesi gereken ilk yenilik, IPS'in yerli bir üretim çizelgeleme yazılımı olmasıdır. Türkiye'de geliştirilmiş üretim çizelgeleme yazılımlarının adedi azdır ve özellikleri sınırlıdır. Yurtdışında geliştirilmiş olan çizelgeleme yazılımlarının bir kısmı üniversite kaynaklı ve bedavadır. Bu yazılımlar LEKIN, Lİsa, Frepple, Open Workbench, A Job Shop Scheduler, job-shop scheduling, EJSP, ERP5 dir. Bu yazılımlar genellikle sektörel ihtiyaçları karşılamaktan uzak olup, daha ziyade eğitim amaçları için kullanılmaktadırlar. Ticari çizelgeleme yazılımları ise SAP APO, ILOG, 4C@Cite, Asprova Scheduling, ComMIT, Giraffe Scheduling System, Preactor APS vb. yazılımlardır. Bu yazılımlar oldukça kapsamlı yazılımlar olmakla beraber, yüksek yatırım maliyetleri gerektirmektedirler.

IPS hem kapsamlı çizelgeleme problemlerini çözebilecek bir yapıya sahip olduğu için, hem de yurtiçinde geliştirildiği için yatırım maliyeti uygun bir opsiyon olarak ortaya çıkmıştır. IPS parametrik bir yapıya sahiptir. Yazılım kullanıcıları kendi sistemlerini tanımlayacak olan opsiyonları seçerek, gerekli üretim çizelgeleme sistemlerini yaratabilmektedirler ve IPS tanımlanan sistemler için çizelgeleme çözümleri verebilmektedir. Her ne kadar tüm işletmelerdeki tüm üretim sistemlerini tanımlamak ve yazılım üzerinde çözümler üretebilmek mümkün olmasa da, Türkiye'de ve yazılımın ihraç potansiyeli yüksek olan ülkelerdeki sistemler genel hatlarıyla yorumlanarak, sıklıkla görülen sistemlerin yazılım içerisinde kapsanması mümkün olmaktadır. Ancak burada gözönüne alınması gereken nokta şudur: Akademik literatürde çeşitli değişik sistemler, değişik varsayımlar ve performans ölçütleri için değişik algoritmalar bulunmaktadır. IPS'in geliştirme aşamasındaki kısa süresi ve sınırlı kaynakları gözönüne alındığında her değişik üretim sistemi, değişik varsayım ve performans ölçütü için değişik algoritma tespit edilmesi ve kodlanması mümkün olmamaktadır. Ancak bazı temel çözüm algoritmaları geliştirilip, çeşitli sistemlere bazı sezgisel kuralların adaptasyonu ile entegre edilebilmektedir.

IPS yazılımının parametrik yapısı sayesinde değişik sektörlere ve değişik üretim sistemlerine hitap eden; bünyesinde pek çok değişik fonksiyon ve zor çizelgeleme problemlerine çözümler barındıran, uygun fiyatlı, ancak özellikle yurtdışında üretilmiş olan kapsamlı çizelgeleme yazılımlarına rakip olabilecek özelliklerinin yanı sıra bazı temel özellikleri aşağıdaki gibidir. Bu temel özellikler IPS'in hitap edebildiği üretim sistemlerinin varsayımlarını da göstermektedir.

- Kullanıcı tarafından tanımlanmış kaynaklar ve işler vardır.
- İşler arası öncelik ilişkileri göz önüne alınmıştır.
- Montaj işlemlerini de kapsayacak şekilde geniş bir üretim sistemleri yelpazesine hitap etmektedir.
- IPS yazılımı ile günlük-haftalık-aylık zaman pencerelerini gözönüne alarak detay operasyon planlarının kullanıcılar tarafından belirlenebilmektedir.
- İşyerlerinin takvimi göz önüne alınmıştır. Tatil günleri ve hafta sonları hariç tutularak çizelgeleme yapılmıştır.
- İşlerin dinamik olarak sisteme vardıkları göz önüne alınmıştır.



- İşlerin teslim tarihleri olduğu kabul edilmiştir. Ancak isterse teslim tarihi olmadan da çizelgeleme yapılabilir.
- IPS her operasyon için en erken başlama tarihini gözönüne almaktadır.
- Her operasyon için tek kaynakta işlenebilme kısıtı uygulanabilmektedir.
- Her operasyon için çoklu kısıtlar gözönüne alınabilir; ardışık operasyonlar arasında kısıtlar gözönüne alınabilir.
- Tercih edilen kaynak tanımlaması mevcuttur.
- Paralel ve alternatif makineler gözönüne alınmaktadır.
- İş atölyesi, akış atölyesi ve montaj çizelgeleme ortamları gözönüne alınmaktadır.
- Mümkün olan tüm esneklikler sağlanmıştır. Makineler bozulabilir; siparişler ve hammadde varışları iptal edilebilir, sisteme geliş tarihi değiştirilebilir, erkene alınabilir, geciktirilebilir, yeniden işlenebilir, termin tarihleri değişebilir. Taşıyıcılarda bozukluklar olabilir, nakliye ve hazırlık süreleri değişebilir.

Yazılımın çözüm metodları ile ilgili özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Operasyon planlarının değişik hedefleri (performans ölçütlerini) tatmin edecek şekilde belirlenebilmesi mümkündür. Performans ölçütlerini kullanıcı seçebilir; tek veya çoklu performans ölçütleri kullanılabilir. Kullanılan performans ölçütleri ortalama pozitif geç kalma, ortalama akış süresi, maksimum tamamlanma süresi, vb. ölçütlerdir.
- IPS yazılımında gözönüne alınan çizelgeleme problemleri Endüstri Mühendisliği, optimizasyon, yapay zeka disiplinleri içerisindeki algoritmalar ile çözülmektedir.
- IPS yazılımında gözönüne alınan çizelgeleme problemlerine optimale yakın çözümler mümkün olan en kısa zamanda ve birkaç bilgisayarın eşzamanlı kullanımı ile elde edilebilmektedir.
- IPS yazılımının muadillerinde bulunmayan hat dengeleme, parti büyüklüğü belirleme, kısa dönem kapasite planlama, işgücü planlama, parti birleştirme, parti büyüklüğü belirleme gibi pek çok özelliği ve fonksiyonu bünyesinde barındırmaktadır. Fonksiyonların detayları aşağıdaki paragraflarda verilmiştir.
- Operasyonlara ve işlere göre fason kaynak kullanımına karar verilerek; hangi fason kaynağın kullanılacağına dair seçim yapılmak suretiyle kısa dönemli kapasite planlama yapılabilmektedir.
- Çizelgelerde düzeltme yapılması ve acil siparişler, makine bozulmaları, hammaddelerin gecikmesi, işlerin başlangıç tarihlerinin değişmesi, işleme sürelerinin değişmesi, sipariş iptali, yeni işlerin gelmesi, işlerin yeniden işlenmesi, termin tarihlerinin değişmesi durumlarında yeniden çizelgeleme mümkündür ve bu durumların çoğu yerli yazılımlar tarafından gözönüne alınmamaktadır.
- Bir üretim sistemi için alternatif çözümler üreterek tavsiyeler verilebilmektedir.
- IPS yazılımı fabrikadan veri toplayan sistemler ve ERP/MRP sistemleri ile bütünleşebilir.
- Yazılımda Web uygulamaları mevcuttur.

IPS yazılımının içerdiği modüllerin irdelenmesi gerekirse:

- İş atölyesi çizelgeleme: İş akışlarının karmaşık olduğu ve doğrusal olmadığı durumlardaki çizelgeleme problemlerini çözebilen modüldür. Montaj atölyesi çizelgelemede gerçekleştirilebilmektedir.
- Akış atölyesi çizelgeleme: İş akışlarının doğrusal olduğu çizelgeleme problemlerini çözebilen modüldür.
- İşgücü planlama: İşletmelerin çizelgeleme ihtiyaçları arasında sadece ekipmanın değil işgücünün de çizelgelenmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle yazılıma bir de işgücü planlama modülü eklenmiştir.
- Hat dengeleme: Belli bir akış hızının söz konusu olduğu sistemlerde hat dengeleme faaliyetleri gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İlgili fonksiyonlar yazılıma entegre edilmiştir.
- Darboğaz çizelgeleme fonksiyonlarının geliştirilmesi: Gerçek çizelgeleme sistemlerinde darboğazlar sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Darboğaz çizelgeleme için gerekli algoritmalar üzerinde karara varılmış ve kodlama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



- Parti birleşme algoritmasının geliştirilmesi: Bazı işlerin bir noktada birleşerek aynı makinede işlenmesi söz konusu olabilir. Bu sebeple parti birleşme algoritmaları yazılıma entegre edilmiştir.
- Parti büyüklüklerinin belirlenmesi: Üretilen parti büyüklüklerinin belirlenmesi önemli bir problemdir. Parti büyüklüklerinin belirlenmesi için gerekli algoritmalar geliştirilerek yazılıma entegre edilmiştir.
- Kısa dönemli kapasite planlama çalışmaları: Talebin çabuk cevap isteyen bir yapıda olduğu günümüzde kısa dönemli kapasite planlama önem arz etmektedir. Bu alt faaliyette kısa dönemli kapasite planlama ile ilgili olarak işler için tesis içinde yap/fasonda yaptır ve fasoncu seç kararlarının verilmesi, çalışma ve vardiya takvimi revizyonu gibi fonksiyonlar geliştirilmiştir.
- Termin belirleme: Herhangi bir müşteri fuar ortamında geldiği zaman veya acele bir termin istediği zaman, sipariş için termin verilmesini sağlayan modüldür.
- Çizelgeleme koşullarının değiştiği durumlarda yeniden çizelgeleme yapılması: Üretim sistemlerinde her an ani değişiklikler ortaya çıkabilir. Bu sebeple yazılımda makinelerin bozulması, işlerin başlangıç ve termin tarihinin değişmesi, siparişlerin iptali, acil işlerin gelmesi, vb. durumları gözönüne alan yeniden çizelgeleme algoritmaları geliştirilmiştir.
- Hazırlık ve nakliye süreleri: İş atölyesi ve akış atölyesi algoritmalarına hazırlık ve transfer sürelerinin eklenmesi ile adaptasyonlar gerçekleştirilmiştir.
- Geriye doğru çizelgeleme: Çizelgeleme sistemleri için akademik arenada daha yaygın olan ve IPS'de mevcut olan ileriye doğru çizelgelemenin yanı sıra, terminler gözönüne alınarak geriye doğru çizelgeleme de bir opsiyon olabilir. Bu tarz bir yaklaşım reel ortamda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sebeple geriye doğru çizelgeleme de bir alternatif olarak IPS içerisine entegre edilmiştir.

Bu modüller ve öncesinde listelenen özelliklerin büyük bir kısmı yerli çizelgeleme yazılımlarının hiçbirinde bulunmamaktadır. IPS'in diğer yerli yazılımlar ve yurtdışında geliştirilmiş ve çok kapsamlı bir yabancı yazılımın IPS yazılımı ile karşılaştırılması Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. IPS'in Sahip Olduğu Özellikler ve Yerli-Yurtdışı Menşei Muadilleri ile Karşılaştırılması

Özellikler	IPS	Yerli yazılım1	Yerli yazılım2	Yerli yazılım 3	Yabancı yazılım 1
İleri, geri ve çift yönlü çizelgeleme	√				√
Yükleme Kuralları	√	√			√
Parti bölme, operasyon drag&drop	√				√
Operasyonların kilitlemesi					√
Her operasyon için en erken başlama tarihi	√				√
Alternatif ve ek operasyonlar	√				√
Her ürün için farklı rota	√	√			√
Rotada paralel operasyonların gerçekleştirilmesi	√				√
Ürüne, saate, partiye göre üretim hızları	√				√
Sınırlı, sınırsız kaynaklar					√
İşletme takviminin gözönüne alınması	√	√	√	√	√
Her operasyon için tek kaynakta işlenebilme kısıtı	√				√
İş istasyonları arasında seçim yapabilme	√				√
Kullanıcı tarafından tanımlanmış kaynaklar	√				√
Makine bozulmaları, makine bakımları	√	√			√
Grafik ve metin halinde raporlama	√	√	√		√
Gantt şemaları	√				√
Kullanıcı tarafından belirlenen veritabanı, menü ve raporlar					√
Operasyona göre ek kaynaklar kullanılıp kullanılmaması ile ilgili kararlar	√				
İş istasyonu bazında belirlenen işleme süreleri	√				√
Operasyonlar arası işleme bağlı hazırlık süreleri matrisi	√				√



Parti büyüklüğü belirleme	√				√
Çizelgelerde düzeltme yapılması	√				√
Her operasyon için çoklu kısıtlar	√				√
Bir sonraki operasyon kısıtlarının güncel operasyona bağlı olması	√				√
Tercih edilen kaynak olması durumu	√				√
Bir sonraki operasyona kadar konulabilecek maksimum gecikme	√				√
Rotanın her aşamasında paralel ve sıralı kaynaklar	√				√
Parti ortası değerlendirmeler	√				√
Tankların ve dolma sürelerinin gözönüne alınması					√
Montaj çizelgeleme	√				√
Mrp bağlantısı	√	√	√	√	√
Değişik işlerin operasyonların birbirine bağlanması	√				√
Değişik işlerin operasyonlarının aynı anda yüklenmesi	√				√
Operasyon ve ürüne özel kurallar	√				√
Otomatik sıralama kuralı oluşturulması					√
Dinamik malzeme kontrolü					√
Tedarik zinciri modülü					√
Dağıtık çizelgeleme					√
Fason imalat ihtiyacının belirlenmesi, fason imalatçının seçilmesi	√				√
Hat Dengeleme	√				
Acil siparişler durumunda yeniden çizelgeleme	√				
Hammaddelerin gecikmesi, işlerin başlangıç tarihlerinin değişmesi durumunda yeniden çizelgeleme	√				
İşleme sürelerinin değişmesi durumunda yeniden çizelgeleme	√				
Sipariş iptali durumunda yeniden çizelgeleme	√	√			
Yeni işlerin gelmesi durumunda yeniden çizelgeleme	√				
Rework-yeniden işleme durumunda yeniden çizelgeleme	√	√			
Termin tarihlerinin değişmesi durumunda yeniden çizelgeleme	√	√			
Bir çizelgeleme problemi için Alternatif senaryolar üretilmesi	√				√
Web uygulaması	√				
Performans iyileştirme özellikleri	√				
Değişik sistemlerin gözönüne alınması	√				√
Operasyonlar arası nakliye sürelerinin gözönüne alınması	√				√
Değişik performans ölçütleri	√				√
Darboğaz çizelgeleme	√				√
İş gücü planlama	√				
Termin planlama	√	√	√		√
Gerçekleşen-planlanan farklılıklarının gösterilmesi	√		√		√
Maliyete dayalı üretim planlama			√		
Maliyet sapmalarının takibi			√		

3. METODOLOJİ

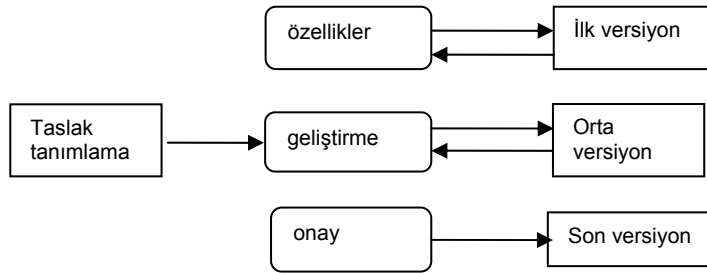
Yazılım geliştirme faaliyetleri kapsamlı metodoloji adımları içermektedir. Hem yazılım geliştirme algoritmaları; hem de yazılımı geliştirilen konu ile ilgili algoritmalar iç içe geçmiş şekilde uygulanmaktadır. Benzer şekilde IPS yazılımının geliştirilmesi ile ilgili olarak, hem yazılım geliştirme



metodolojileri, hem de çizelgeleme metodolojilerinin kullanılması söz konusudur. İlgili metodolojiler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

a) Yazılım Geliştirme Esnasında Kullanılan Yazılım Araçları ve Dilleri

IPS .NET platformu üzerinde geliştirilmiştir. Yazılım geliştirilmesi ile ilgili olarak, döngüsel yazılım geliştirme tekniklerinden olan evrimsel yazılım geliştirme metodolojisi kullanılmıştır [1]. Bu metodolojinin şeması Şekil-1'deki gibidir. Bu metodoloji çerçevesinde, yazılım ihtiyaçları belirlendikten sonra, yazılımın kaba hatlarıyla ilk versiyonu belirlenmiş, gerekli testler yapıldıktan sonra eksiklikleri kapatmak açısından yeni bir versiyon daha geliştirilerek en son validasyon çalışmaları yapıldıktan sonra da yazılımın son versiyonu çıkartılmıştır. Yazılım geliştirme ortamı olarak MSDN paketi içerisinde Visual Studio 2010 Ultimate Edition kullanılmıştır.



Şekil 1. Evrimci Yazılım Geliştirme Metodolojisi

Bu geliştirme felsefesinde yazılım geliştirme için uygulanan aşamalar aşağıdaki gibidir:

- Yazılımın genel tasarımının (konfigürasyon planı, test planı, vb.) tamamlanması,
- Yazılım mimarisinin tanımlanması ve tasarlanması,
- Yazılımda söz konusu olan süreçlerin tanımlanması, analizi ve planlanması,
- Yazılımdaki ayrı modüllerin tanımlanması ve tasarlanması (Müşteriler ile yapılan görüşmeler ve firma içi çalışmalar ile beraber yazılımın ana fonksiyonları belirlenmiş olmakla beraber, müşterilerle devam eden görüşmeler sonucunda eklenmesi gereken yeni fonksiyonlar ile hangi üretim çizelgeleme modüllerinin olacağı belirlenmiştir.)
- Modüller arası bilgi akışının (hangi bilgilerin ve nereden nereye, hangi sıklıkla) tanımlanması,
- Bilgi akışlarını sağlayabilecek modüllerin ve yapıların tasarlanması,
- Kullanılacak veri tabanlarının tanımlanması, veri tabanlarının yapısının, içeriğinin, veri yapılarının belirlenmesi, veri tabanlarının birbirleri ile ilişkilerinin tanımlanması,
- Kodların geliştirilmesi
- Kullanıcı ara yüzlerinin tasarlanması.
- Testlerin ve düzeltmelerin yapılması
- Sürüm geliştirme (SSS sayfası geliştirilmesi, kullanım kılavuzu geliştirilmesi)

Tasarlanmış olan modüller için yazılım geliştirme çalışmaları yapılarak, geliştirilen tasarıma uyacak olan prototip yazılım geliştirilmiştir. Daha sonra tüm testler de yapılmıştır. Bu aşamalar ile ilgili kullanılan yazılım metodolojilerinin detayları ise aşağıdaki gibidir:

Kullanılan Uygulama Geliştirme Dili: Yazılımın geliştirilmesi için kullanılan programlama dili Visual Studio'nun içinde de entegre olan C#'dir. Bunun yanı sıra, geliştirilen yazılımda C# yazılımının içinde olan standart özellikler dışında, Gantt şeması geliştirme gibi yazılım geliştirme komponentleri de kullanılmıştır. IPS Web uygulamalarının geliştirilmesi için Silverlight kullanılmıştır.

Microsoft SQL Server 2008 ile veri tabanı düzenlenmesi: YALIN system. NET veri tabanı yönetim sistemi olarak Microsoft SQL Server 2008 kullanılmıştır. Microsoft firmasının bir ürünü olan Microsoft SQL Server (MS SQL), iyi bir performansa sahiptir. IPS veri tabanlarını geliştirmek için kullanılan metodoloji klasik veri tabanı geliştirme metodolojisi olarak da adlandırılabilir [2]. Bu metodoloji, analiz (ihtiyaçların analizi), tanımlama (hangi veri tabanları, hangi veri tabloları, hangi alanlara, vb. ihtiyaç olacağını tanımlanması), tasarım (varlık-ilişki diyagramlarının oluşturulması, vb.), uygulama (kodun



b) Üretim Çizelgeleme Algoritmaları:

Bu projede klasik yazılım geliştirme metodolojisinin yanı sıra bilimsel bir yaklaşımda izlenmiştir. Bunun sebebi yazılımda göz önüne alınan üretim sistemlerinin çizelgelenmelerinin dene-yanıl, vb. iptidai tekniklerle değil, bilimsel metotlarla çözülmesidir. Üretim çizelgeleme fonksiyonlarının yaratılması amacıyla, ilgili üretim çizelgeleme sistemlerinin incelenmesi, bu sistemlerin çizelgelenmesi için kullanılabilir olası algoritmaların tespiti için literatür taramasının gerçekleştirilmesi ve akabinde alternatif algoritmaların değerlendirilmesi sonucu üretim çizelgeleme algoritmasının seçimi adımlarından oluşan bir yaklaşımdır. Daha sonrasında üretim çizelgeleme modülünün tasarımı, kodlamanın gerçekleştirilmesi, gerçek sistemler ve örnek problemler ile testi, sonuçların değerlendirilmesi, koddaki problemlerin düzeltilmesi ve modülün sistemin tamamı ile entegre edilmesi söz konusudur.

Yazılımda kullanılan üretim çizelgeleme çözümlerinin optimizasyon tekniklerinde ziyade, sezgisel algoritmalar ve yapay zeka metotları düşünülmüştür. Projenin hedeflerinden biri hızlı çözümler üretebilen bir yazılım yaratmaktır. Ancak günümüzdeki gelişmiş bilgi işleme kapasitelerinde bile yüzlerce değişik tip ürünün onbinlerce operasyonunun onlarca-yüzlerce makine üzerinde belli bir zaman penceresi içinde işleme probleminin matematiksel modelleme ile çözülmesi pratik ihtiyaçlara cevap verecek şekilde hızlı olmamaktadır. Ayrıca optimizasyon çözümünün sağlanması için CPLEX gibi çözücü modüllere de ihtiyaç olmakta ve bu durum sistemin nihai kullanıcıları için ek maliyet ortaya çıkartmaktadır. IPS yazılımı geliştirilirken matematiksel programlama çözüm motorlarının geliştirilmesi mümkün olmadığına göre, üretim çizelgeleme modülünde optimizasyondan ziyade sezgisel algoritmalar ve yapay zeka metotları kullanılması çok daha mantıklı olmaktadır.

Yazılımın geliştirilmesinde kullanılan sezgisel algoritmaların üretim çizelgeleme literatüründe mevcut olan bir sıralama algoritması mı, bir tarama algoritması mı, bir meta-sezgisel mi, literatürde bulunmayan ve geliştirilecek olan herhangi başka bir sezgisel metot mu, bir yapay zeka metodu mu veya hibrid bir metod mu olacağı, çözülen üretim çizelgeleme probleminin yapısına göre değişmektedir. Bunun yanı sıra, projede pek çok değişik çizelgeleme sistemi göz önüne alınmıştır. Ayrıca bu pek çok değişik sistem ve performans ölçütü için değişik algoritmalar literatürde mevcuttur. Ancak değişik sektörlerde sık karşılaşılan önemli durumlar için yeni algoritmalar uygulanması ve geliştirilmesi de mümkün olmaktadır. Hangi üretim sisteminin tam olarak hangi algoritma veya algoritmalar ile çizelgeleneyeceği proje esnasında belirlenmiştir.

Ayrıca yazılımın bir çizelgeleme problemi için alternatif çözümler üretmesi de, yazılımın özelliklerden biridir. Üreticilere sunulan alternatif senaryolar sistem tarafından karşılaştırılarak, bir çoklu geçiş (multi-pass) çizelgeleme kavramı içerisinde en iyi alternatifi kullanıcıya açıklayabilir veya seçim kullanıcıya bırakılabilir. Çoklu geçiş çizelgeleme yaklaşımı ise çizelgeleme yazılımının son derece hızlı şekilde çalışmasını gerektirmektedir.

Proje bilimsel bir yaklaşım içerdiği için gerçekleştirilen deneyler de bilimsel bir yaklaşım ile oluşturulmuştur. Deney problemleri seti deneysel tasarım prensipleri kullanılarak yaratılmıştır. Üretim sistemleri için çeşitli parametreler göz önüne alınarak, bu parametrelerin metodik şekilde değiştirilmesi ile değişik özelliklere sahip bir test problemleri seti oluşturulabilir.

SONUÇ

Üretim çizelgeleme fonksiyonu üretimin verimliliğinin artmasının ve maliyetinin düşmesi için en önemli iyileştirme alanlarından biridir. Ancak bu konuda Türkiye’de geliştirilmiş yerli yazılım adedi az ve özellikleri yetersizdir. Türkiye’deki ve yurtdışındaki kullanıcıların ihtiyaç duyduğu ve piyasadaki yazılımların sahip olmadığı özellikleri barındıran, parametrik yapısı sayesinde değişik sektörlerde ve değişik üretim sistemlerine hitap eden, bünyesinde pek çok değişik fonksiyon ve zor çizelgeleme problemlerine çözümler barındıran, uygun fiyatlı IPS yazılımı mevcut talepleri karşılayabilecek konumdadır. IPS yazılımının Türkiye açısından çıktıları ve faydaları aşağıdaki gibidir:



- Geliştirilmiş olan yerli yazılımlara göre birçok yenilikçi unsur ve modül barındırması
- Türkiye'de işletmelerin üretim çizelgeleme problemlerini yerli bir yazılımla, kendi yapılarına uygun bir üretim çizelgeleme modülünün kullanma olanağına erişmeleri, çizelgeleme ihtiyaçlarını ülkenin gerçeklerine uygun, yaygın ve hızlı kullanıma açık, dışa bağımlı olmayan bir şekilde gerçekleştirmelerinin sağlanması,
- İşletmelerin etkin üretim çizelgeleme çözümlerini kullanarak kapasite arttırmadan, üretimlerini arttırmaları ve verimliliğin artması, maliyetler açısından rekabet güçlerinin artması,
- İşletmelerin termin tarihlerini yakalama şanslarının artarak, AB ve ABD'ye ihracatta rekabet güçlerini arttırmaları,
- Geliştirilmekte olan ürünün mevcut ve geleceğe yönelik son yazılım teknolojilerini kapsamı nedeniyle gerek yurtiçinde, gerekse de uluslararası rekabette artı değer yaratılması,
- Üniversiteler, kamu ve özel teknoloji geliştirme kuruluşları ile yapılacak işbirlikleri sayesinde, teknoloji tüketen bir ülke yerine teknolojiyi geliştiren, üreten ve satan bir ülke konumuna geçilmesinin sağlanmasıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Sommerville, I. Software Engineering, 7. baskı, Addison Wesley, Boston, MA, ABD, 2004.
[2] http://www.cc.gatech.edu/classes/AY2008/cs4400_fall/Methodology.notes.doc
[3] http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_9126

ÖZGEÇMİŞ

Yağmur Melih GÜRTUNCA

Yağmur Melih Gürtunca, Ege Üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisansını 1982 yılında tamamlamıştır. Makine ve Kimya Endüstrisi, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları ve diğer birkaç üretim işletmesinde Endüstri Mühendisi ve Sistem Analist-Yazılımcı olarak çalışmıştır. 2001 yılında meslekdaşı Ertan Yılmaz ile birlikte YALIN Bilişim Yazılım Danışmanlık Hizmetleri San.ve Tic. Limited Şirketini kurduktan sonra, üretim işletmeleri için MRP, ERP, Otomasyon, Akıllı Planlama ve Çizelgeleme, İş Zekası yazılımlarının geliştirilmesi ve sahada uygulanması için çalışmıştır. 10 yıl içerisinde yaklaşık 100 işletmede 1000'in üzerinde kullanıcı ile uygulamalar yapmıştır. YALIN Yazılım firması bünyesinde 2010 yılı sonlarından itibaren EFQM Mükemmellik Modeli kurulması ve yaygınlaştırılması için çalışmalar yapmaktadır. TÜBİTAK-TEYDEB desteği ile gerçekleştirilen 7081007 no.lu "YALINsystem.NET" ve 7090875 no.lu "İleri Üretim Çizelgeleme Yazılımı - YALINas Extended" projelerinin yürütücüsü olan Yağmur Gürtunca, IPS yazılımını bu projeler kapsamında geliştirmiştir.

H. Cenk ÖZMUTLU

Doç. Dr. H. Cenk Özmütlu, İTÜ İşletme Mühendisliği lisansından sonra, ABD George Washington Üniversitesi'nde Yöneylem Araştırması konusunda Yüksek Lisans ve Pennsylvania State Üniversitesi'nde Endüstri Mühendisliği konusunda doktora çalışmalarını tamamlamıştır. 1994 yılından beri Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olan Doç. Dr. Cenk Özmütlu Yöneylem Araştırması, Yapay Zeka, Bilişim Teknolojileri ve çizelgeleme üzerine çalışmalarına akademik ortamda ve Uludağ Üniversitesi Teknoloji Bölgesi'ndeki girişimi olan Yöneylem Bilgi Sistemleri Ltd. Şti.'nde devam etmektedir. Birçok Uludağ Üniversitesi ve TÜBİTAK destekli projede yürütücü ve araştırmacı olarak yer almış olan Özmütlu'nun, 24 adet uluslararası dergide yayını, 21 adet uluslararası/ulusal kongre bildirisi ve bu çalışmalara yapılan 24 adet atfı bulunmaktadır. IPS yazılımının geliştirilmesinde Yalın Yazılım ile birlikte çalışmış olan Özmütlu, projede gerekli çizelgeleme algoritmalarının tespitini ve aktarımını gerçekleştirmiştir.