D.E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi
Cilt: 8, Sayı: II, 1993, ss.77-87.

GERİ İZLEME YÖNTEMİ KULLANILARAK İŞLERİN PRESDE İŞLENME SIRASININ BELİRLENMESİ

H.Kemal SEZEN (*)

ÖZET

Bu çalışma bir presde işlenmesi gereken 9 işin en kısa zamanda işlenmesini sağlayan iş işlenme sırasının Geri İzleme Yöntemi (Backtracking) kullanılarak belirlenmesini amaçlamaktadır. Sayımlama yaklaşımı olarak Permütasyonel tip sayımlama kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca Geri İzleme Yöntemi çözüm algoritması ve akış çizgesi verilmektedir.

1. GİRİŞ

Firmalar arası rekabet, her bir firmanın üretimini en düşük maliyetle gerçekleştirmesini, ürünleri istenilen zamanda, istenilen kalitede teslim edebilmesini gerekli kılmaktadır. Ürünlerin en düşük maliyetle üretilmesi, kaynakların etkin şekilde kullanılmasını gerektirir. Bu da iyi bir planlama ve denetimi zorunlu kılar.

Çalışmamızın temel amacı, bir firmada üretilen ürünlerin ara girdilerini oluşturan 9 parçanın 15 Ton'luk presde en az zamanda işlenmesi için iş işlenme sırasının belirlenmesidir. Bunun sonucunda, işgücü ve makine zamanından en iyi şekilde yararlanılmış olacaktır. Söz konusu amacın gerçekleştirilmesi için Dal ve Sınır Yöntemi'nin değişik bir yaklaşımı olan Geri İzleme Yöntemi kullanılacaktır.

Geri İzleme Yöntemi'nin temelinde Dal ve Sınır Yöntemi yer almaktadır. Dal ve Sınır Yönteminin temelinde ise Karar Ağacı Analizi vardır. Bu nedenle Geri İzleme Yöntemi'nin ne olduğuna geçmeden önce Karar Ağacı Analizi ve Dal ve Sınır Yöntemi'nin ne olduğunun kısaca ortaya konulmasında yarar görülmüştür.

2. KARAR AĞACI ANALİZİ

Karar Ağacı, olası tüm eylemlerin yönlerini, eylemlerin yönlerine etkisi olabilecek tüm faktörleri ve tüm bu faktörlere dayanan herbir olası sonucu,

---

(*) Yrd.Doç.Dr.U.Ü.Öğretim Üyesi.

verilere bağlı olarak değerlendiren, çizgi, kare, daire gibi geometrik semboller kullanımı yoluyla karar vericiye sorunu anlamada kolaylık sağlayan düzenleme olarak tanımlanabilir. Karar Ağacı Analizi de birden çok olayı ve birden çok karar verme aşamasını kapsayan karar verme problemlerinde kullanılan ve bu problemleri oluşturan ögeleri, seçenekleri, karar ağacı yardımıyla ifade eden şematik bir analiz yöntemi olarak tanımlanabilir (Turanlı (1988 : 46)).

Olası kararların gelecekteki etkisi, belirsizliğin karar verme üzerindeki etkisi, şimdiki ve gelecekteki seçenek sonuçlarının göreli olarak karşılaştırılması, seçenek sonuçları ile risklerin karşılaştırılması gibi durumların gözönünde bulundurulmasına da izin veren Karar Ağacı Analizi'nin; sorunla ilgili tüm seçenekleri gözönünde bulundurması, çok sayıda seçenek ve adımı içeren problemlerde hızlı sonuca ulaşılmasını güçleştirmektedir. Bu sorunun aşılabilmesi için Dal ve Sınır Yöntemi geliştirilmiştir.

3. DAL VE SINIR YÖNTEMİ

A.H.Land ve A.G.Doig tarafından ilk kez Tam ve Karma Tamsayılı Programlama için geliştirilen (Halaç (1978 : 614)) Dal ve Sınır Yöntemi; sorunla ilgili aşamaları sistemli bir şekilde analiz ederek en iyi çözümü araştırır. Yöntemin sorun çözümüne uygulanması sürecinde ilk iş olarak olanaklı çözümlerin toplam kümesi daha küçük alt kümelere ayrılır. Aynı anda her bir alt küme için üst ve/veya alt sınır değerleri belirlenir. Daha sonra bu değerlere bağlı olarak bazı alt kümelerin çözümden atılması işlemi gerçekleştirilir.

Adından da anlaşılabileceği gibi yöntem, dallanma ve sınırlama olmak üzere iki temel kavramı içermektedir. Dallanma; incelenen asıl problemin iki veya daha çok alt probleme ayrılmasıdır. Sınırlama ise verilen bir alt problemin en iyi çözümü üzerine bir alt ve/veya üst sınır değeri belirleme işlemidir. Alt sınır problemin çözümü ile ilgili en kücük değer, üst sınır ise en büyük değer olmaktadır. Dal ve Sınır Yöntemi'ni Karar Ağacı'ndan üstün kılan bu sınırlama işlemi, önerilen bir alt problemin en iyi çözümünün alabileceği değerin, önceden belirlenen bir değerle veya değerler kümesi ile ya da herhangi bir aralık ile sınırlandırılmasıdır. Belirlenen bu sınır değerleri çözüm süresi içinde geliştirilmeye çalışılır.

Sınır değerleri kullanılarak seçenek sonuçlarının değerlendirilmesi ile ilgili sayımlama süresinde bazı dallar geçerli çözümler dışında bırakılır. Dolayısıyla

bu dallarda ilgili problemlere ayrılması durumu engellenmiş olur. Bu işlem eliminasyon olarak adlandırılır. Örneğin enküçükleme yönündeki bir problemde amaç fonksiyonunun ilk değeri Z, dallanma sürecinde ilgilenilen her bir alt problemin alt sınır değeri de Z_A olsun. Eğer $Z_A > Z$ ise bu alt problem, en iyi çözüm araştırması için daha fazla göz önüne alınmamalıdır. Çünkü bu alt problemin geri kalan çözümleri tamamlandığı zaman elde edilen çözüm değeri hiç bir zaman Z'den daha küçük olmayacaktır. Bu durumda ilgilenilen alt problem daha fazla dallandırılmaz. Eliminasyon olarak da adlandırılan bu özellikler ile dallanma süreci kısaltılabilir. Eğer amaç fonksiyonunun değeri $Z>Z_A$ ise o zaman alt problemin daha ileri dallanmalarının yapılması Z'den daha iyi bir değer elde edilmesini sağlayabilir. Bu durumda alt problemin alt dallanmaları oluşturulmalı ve incelenmelidir. (Daha fazla bilgi için bkz: Baker (1974 : 58)

Karar Ağacı Analizi ile Dal ve Sınır Yöntemi karşılaştırılacak olursa, problemlerin daha kısa sürede çözümlenebilmesi açısından Dal ve Sınır Yöntemi'nin daha etkin olduğu söylenebilir. Çünkü herhangi bir problemin en iyi çözümü araştırılırken seçeneklere ilişkin sınır değerlerini kullanarak, bazı dalların en iyi çözümün bulunması için ağacın sonuna ulaşıncaya kadar incelenmemesini, diğer bir deyişle bu dalların elimine edilmesini olanaklı kılar. Karar Ağacı Analizi'nde ise problemle ilgili yaratılan tüm dallar ağacın sonuna ulaşıncaya kadar incelenmek zorundadır. Ancak herhangi bir araştırmada amaç, problemle ilgili tüm seçeneklerin açıkça ortaya konulup her bir seçeneğin sonucunun belirlenmesi olduğunda, izlenmesi gereken çözüm yolunun Karar Ağacı Analizi olacağı ortadadır.

4. DAL VE SINIR YÖNTEMİNDE DALLANMA YAKLAŞIMLARI

Dal ve sınır yönteminde Permütasyonel ve Kombinasyonel olmak üzere kullanılabilecek iki tür dallanma yaklaşımı vardır. (Bkz: Uskup (1970: 19) n sayısındaki bir problem için Kombinasyonel tip dallanma yapılmak istenildiğinde, çözüm uzayı başlangıçta herhangi iki işin bir çiftini içeren $(I_{1,2})$ ve içermeyen $(I_{1,2})^1$ olmak üzere iki alt çözüm kümesine ayrılır. Daha sonra $(I_{1,2})$ çözüm kümesi kendi içinde diğer herhangi iki işin eşleştirilmesini içeren $(I_{j\,k})$ ve içermeyen (I j, k) iki farklı çözüm kümesine ayrılabilir. Süreç tüm işler için dallanma tamamlanıncaya kadar devam eder.

Başlangıç bir işin verilmediği durumda, n sayısındaki iş için Permütasyonel dallanma ise her düzeyde işlerin işlenme sırasını gösterebilmektedir. Bunun yanı

sıra ağaç izlenmesindeki kolaylık ve bilgisayar uygulaması nedeniyle Permütasyonel dallanmanın Kombinasyonel dallanmaya göre daha üstün olduğu söylenebilir. Sözkonusu üstünlüklerden dolayı çalışmamızda Permütasyonel dallanmanın kullanılması uygun görülmüştür. Yukarıda anlatılan dallanma yöntemlerinden birisi ve sınır değerleri kullanılarak problemlerin tüm dallarının sayımlanmasına gerek kalmadan, Dal ve Sınır Yöntemi ile çözüme ulaşmak mümkün olmaktadır.

Dal ve Sınır Yöntemi ile çözüm yaparken, çözüm sürecinde tüm ağaç çizgesinin gözönünde bulundurulması gerekir. Çünkü herbir dalın herbir aşamasındaki çözüm değerinin ne olduğu sürekli izlenmektedir. Bu da çözüm işleminde daldan dala atlamayı gerektiren, yapısal olmayan bir çözüm akışı ortaya çıkarmaktadır. Geri İzleme Yöntemi'nin kullanılması bu sorunu da ortadan kaldırmaktadır.

5. GERİ İZLEME (BACKTRACKING) YÖNTEMİ

Geri İzleme Yöntemi'nin temelinde yatan düşünce, çözümü araştırılan problem için ağaç çizgesi üzerinde herhangi bir yol izlenerek iyi bir çözümün bulunup bulunmadığının geriye doğru gidilerek kontrol edilmesidir. Deneme çözüm, herhangi bir yöntem izlenerek amaç fonksiyonu için elde edilen ilk çözüm olarak tanımlanabilir. (Geniş bilgi için bkz: Baker (1974 : 295-299)).

Deneme çözümü hesaplanarak gözden geçilecek dal sayısı, yani ağaç üzerndeki sayımlama azaltılabilir. Sayımlamanın azaltılması şu şekilde açıklanabilir. Deneme çözüm değeri elde edilen problemin diğer tüm alt dallandırmalarının değerleri araştırılır. Araştırma sonucunda deneme çözümü değerinden daha kötü çözüm değerine sahip alt dalların çözümden atılmaları yoluyla sayımlama azaltılır.

Deneme çözümünün geliştirilmesi işlemleri yürütülürken ağaç üzerinde henüz elimine edilmemiş dallar gözönüne alınarak bu dalların uç aşamalarına geri dönülmesi, en iyi çözüm araştırması için yeterli olur. Deneme çözümü bulunduktan sonra ağaç üzerinde dallanmanın son aşamasından (deneme çözümü veren nokta) başına doğru olan nokta (daha önce deneme çözümün bulunması için kullanılan yol) çözülmemiş diğer alt problemlerin bulunduğu bir düzeye ulaşıncaya kadar geriye doğru izlenir. Ulaşılan bu aşamada, karşılaşılan alt problem ya da problemlerden birisi seçilir ve yine tek bir yol üzerinde sonuncu aşamaya doğru

gidilerek ayrı bir çözüm geliştirilir. Yapılan işlemler sonucunda bulduğumuz bu çözüm değeri deneme çözümü ile karşılaştırılır. Hangi çözüm değeri amacımıza uygun ise, o çözüm, yeni deneme çözümü olarak alınır, diğer çözüm ile ilgili dallar çözümden atılır. Bu işlemler ağacın başlangıç aşamasından geriye doğru gidilerek yinelenir. Çözümü araştırılmamış dal ya da alt problem kalmayıncaya kadar geri izleme işlemleri yinelenir.

Dal ve Sınır Yöntemi ile Geri İzleme Yöntemi karşılaştırıldığında, Geri İzleme Yöntemi'nde yeni dallanma için seçilecek düğüm,henüz dallanma işlemi uygulanmayan dügümler arasında son dallanılan düğüme en yakın olan düğüm olduğundan, bu yöntemin problem çözümüne uygulanışının daha düzenli (sistematik) bir yapıda olduğu soylenebilir. Yine bu yöntemi kullanan araştırmacılar herhangi bir anda ağaç üzerinde, diğer sayımlama temelli yöntemlere göre daha az sayıda dalla ilgilenirler. Buna bağlı olarak da bilgisayarla yapılacak çözümlemelerle daha az bellek gereksinimi ortaya çıkar.

6. GERİ İZLEME YÖNTEMİ ÇÖZÜM ALGORİTMASI VE AKIŞ ÇİZGİSİ

Amaç fonksiyonu en küçükleme yönünde olan problem için Geri İzleme Yöntemi'nin çözüm adımları aşağıdaki gibi düzenlenebilir.

adım 1. Asıl problem için bir alt sınır değeri belirlenir ve eldeki problem alt problemlere ayrılır.

adım 2. Yeni yaratılan alt problemlere ilişkin alt sınır değerleri belirlenir.

adım 3. En düşük sınır değerine sahip düğüm ya da alt problem yeni dallanma için seçilir ve dallandırılır.

adım 4. Sonucu aşamaya kadar, eldeki problem yerine adım 3'de seçilen alt problem konularak ikinci ve üçüncü adımlar uygulanır. Son aşamaya ulaşıldığında bir deneme çözümü elde edilmiş olur.

adım 5. Elde edilen deneme çözümü değerinin en iyi olup olmadıgı kontrol edilir. Bulunulan son aşamadan geriye doğru gidilerek sınır değerleri eldeki deneme çözümünün değerinden büyük olan dügümler elimine edilirler. Diğer bir deyişle bu düğümler 'aktif promlemler listesinden atılır ve daha ileri aşamalar için bu

düğümler üzerinde işlem yapılmaz.

adım 6. Elimine edilemeyen düğümlerin değerleri deneme çözümünün değerinden küçük olduğu sürece en son aşamaya kadar (bir tam çözüm bulununcaya kadar) dallandırmaya devam edilir. Eğer sonuçta bulunan değer deneme çözümünden küçük olursa bu değer ve bu değer ile ilgili diğer çözüm elemanları eski deneme çözümü yerine geçer.

adım 7. Dallanma işleminin elimine edilemeyen tüm düğümlere uygulanması tamamlandığında en iyi çözüm bulunmuş olur.

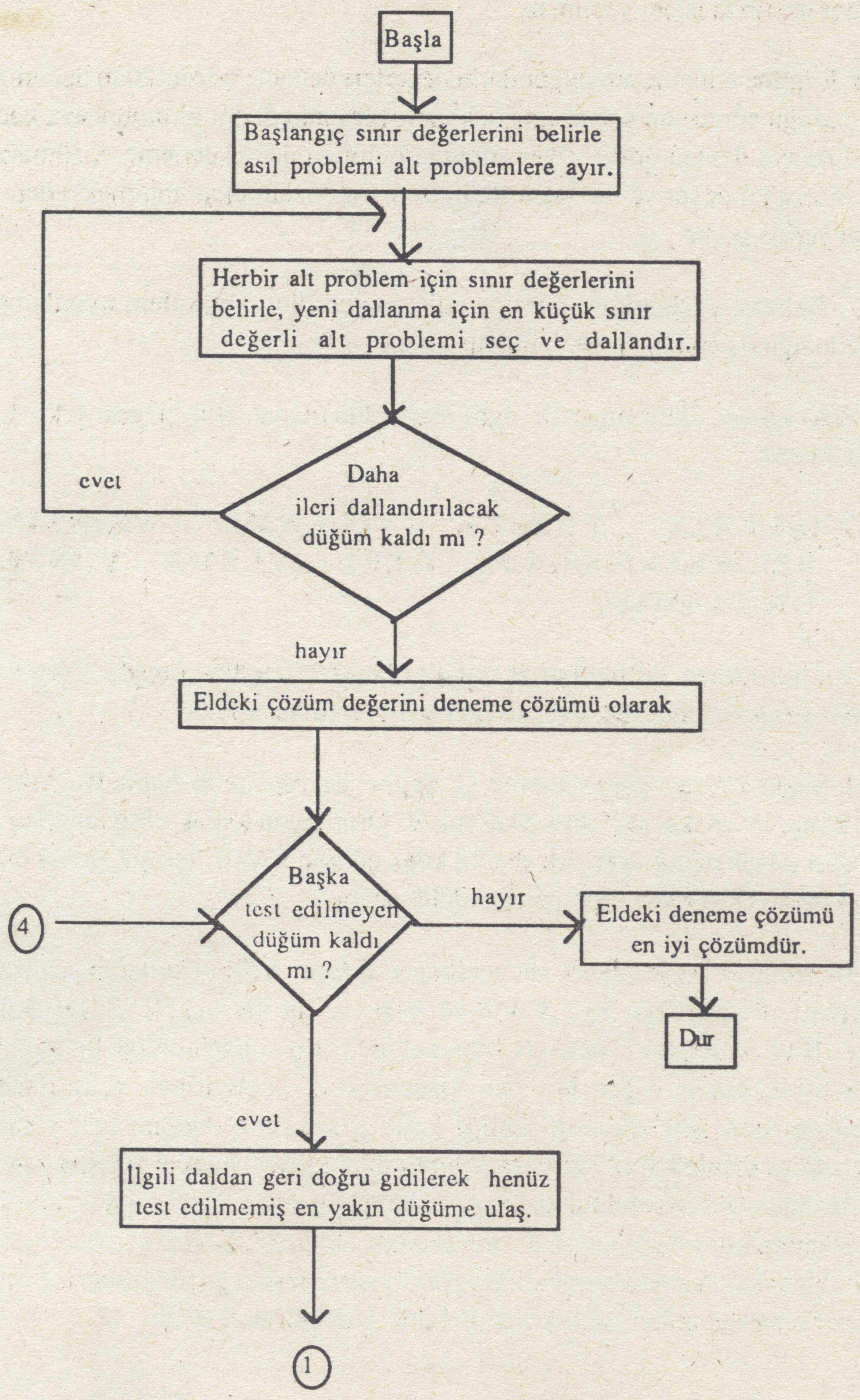
Geri İzleme algoritması ile ilgili olarak hazırlanan akış çizgesi şekil 1. 'de görülmektedir.

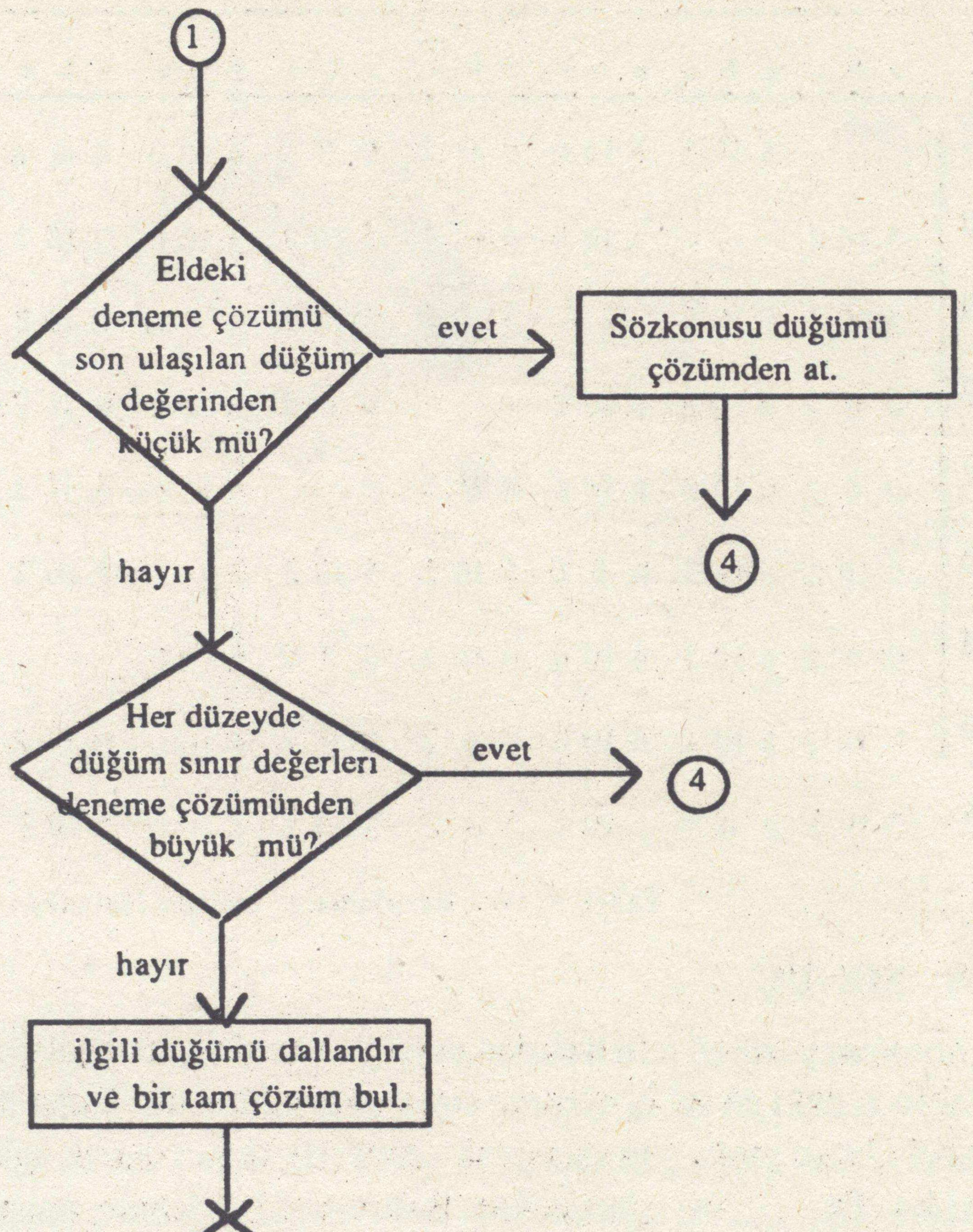
7.İŞLERİN PRESDE İŞLENME SIRASININ BELİRLENMESİNDE GERİ İZLEME YÖNTEMİ UYGULAMASI

Bir fabrikada kullanılan makinalardan 15 Ton'luk presde 9 ayrı işin işlenmesi gerekmektedir.Sözkonusu işler şöylece sıralanabilir :

I. Şapka üst sacı köşe çıkarma, II. Şapka yan sacı delik açma, III. Arka saç tırnak açma, IV. Arka saç köşe çıkarma, V. Orta reyon kapak köşe çıkarma, VI. Alt önalın tırnak açma, VII. Alt önalın köşe çıkarma, VIII. Işıkşız şapka önalın köşe çıkarma, IX. Işıksız şapka önalın delik açma,

Sözkonusu 9 işin presde işlenebilmesi üç farklı kalıbın kullanılması gerektirmektedir. Bu işlerden I,IV,V,VII ve VIII,H1 tip kalıpta, II ve IX, H2 tip kalıpta, III ve VI ise H3 tip kalıpta işlenmektedir. Buna bağlı olarak herhangi bir işin işlenmesinden diğer bir işin işlenmesine geçebilmek için önceki (gerçekleştirilen işin işlendiği kalıp) kalıbın sökülme zamanı (a), sonraki (işlenecek işe ilişkin kalıp) kalıbın takılma zamanı (b) ve kalıp ayarlama zamanı (c) kullanımı sözkonusu olmaktadır. Aynı kalıpta işlenen işler için a ve b tipi zaman kullanımı durumu olmayacak, ancak c tipi zaman kullanımı gerekebilecektir. Her bir işin işlenmesinden sonra diğer işlerin işlenmesine geçilebilmesine ilişkin pres hazırlama zamanları dakika olarak Tablo 1.'de görülmektedir.


Başla
Başlangıç sınır değerlerini belirle
asıl problemi alt problemlere ayır.
Herbir alt problem için sınır değerlerini
belirle, yeni dallanma için en küçük sınır
değerli alt problemi seç ve dallandır.
Daha
ileri dallandırılacak
düğüm kaldı mı ?
evet
hayır
Eldeki çözüm değerini deneme çözümü olarak
Başka
test edilmeyen
düğüm kaldı
mı ?
4
hayır
Eldeki deneme çözümü
en iyi çözümdür.
Dur
evet
İlgili daldan geri doğru gidilerek henüz
test edilmemiş en yakın düğüme ulaş.
1



Şekil 1.
Enküçükleme yönündeki problemler için
Geri İzleme Algoritması çözüm akış çizgesi

Geri İzleme Yöntemi

	I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
I	-	-	-	6	10	3	6	10	0	0	0	2	0	0	2	6	10	0	0	0	2	0	0	3	6	10	3
II	5	10	2	-	-	-	5	10	0	5	10	2	5	10	2	5	10	0	5	10	2	5	10	3	0	0	3
III	5	10	2	5	10	3	-	-	-	5	10	2	5	10	2	0	0	0	5	10	2	5	10	3	5	10	3
VI	0	0	2	6	10	3	6	10	0	-	-	-	0	0	2	6	10	0	0	0	2	0	0	3	6	10	3
V	0	0	2	6	10	3	6	10	0	0	0	2	-	-	-	6	10	0	0	0	2	0	0	3	6	10	3
VI	5	10	2	5	10	3	0	0	0	5	10	2	5	10	2	-	-	-	5	10	2	5	10	3	5	10	3
VII	0	0	2	6	10	3	6	10	0	0	0	2	0	0	2	6	10	0	-	-	-	0	0	3	6	10	3
VIII	0	0	2	6	10	3	6	10	0	0	0	2	0	0	2	6	10	0	0	0	2	-	-	-	6	10	3
IX	5	10	2	0	0	3	5	10	0	5	10	2	5	10	2	5	10	0	5	10	2	5	10	3	-	-	-

Tablo 1 Pres hazırlama zamanları (dakika)

8. SONUÇ

Sorunun çözümü için hazırlanan bilgisayar programı çalıştırıldığında ilk olarak Tablo 2.'deki en iyi iş işlenme sırası elde edilmiştir. Buna bağlı olarak presde; birinci olarak şapka yan sacı delik açma (II), ikinci olarak ışıksız şapka onalın delik açma (IX), ..., vs. işlenecektir. Belirlenen iş işlenme sırasında bağlı olarak bulunan en düşük pres hazırlama (kalıp sökme, kalıp takma, kalıp ayarı) zamanı 44 dakikadır.

İşlenme Sırası	İş No	İş Adı
1	II	Şapka yan sacı delik açma
2	IX	Işıksız şapka önalın delik açma
3	III	Arka saç tırnak açma
4	VI	Alt önalın tırnak açma
5	I	Şapka üst sacı köşe çıkarma
6	IV	Arka saç köşe çıkarma
7	V	Orta reyon üst kapak köşe çıkarma
8	VII	Alt önalın köşe çıkarma
		Işıksız şapka önalın köşe çıkarma
Hazırlama	Zamanı (dk)	44

Tablo 2.
En iyi iş işlenme sırası

Sorunun çözümüne ilişkin 480 adet seçenekli en iyi çözüm kümesi belirlenmiştir. Bu seçeneklerden ilk on tanesi Tablo 3.'de görülmektedir.

	İşlenme Sırası									Hazırlama Zamanı
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	II	IX	III	VI	I	IV	V	VII	VIII	44
	II	IX	III	VI	I	IV	V	VIII	VII	44
	II	IX	III	VI	I	IV	VII	V	VIII	44
işler	II	IX	III	VI	I	IV	VII	VIII	V	44
	II	IX	III	VI	I	IV	VIII	V	VII	44
	II	IX	III	VI	I	IV	VIII	VII	V	44
	II	IX	III	VI	I	V	IV	VII	VIII	44
	II	IX	III	VI	I	V	IV	VIII	VII	44
	II	IX	III	VI	I	V	VII	IV	VIII	44
	II	IX	III	VI	I	V	VII	VIII	IV	44

Tablo 3.
En iyi iş işlenme sıralanmasına ilişkin ilk on seçenek

Sorunun Geri İzleme Yöntemi kullanılarak çözümlenmesi sürecinde, dönem çözümü olarak 9 farklı amaç değeri belirlenmiştir. Bu değerler sırasıyla 108, 92, 77, 76, 61, 46, 45 ve 44'dür.Belirtilmesi gereken diğer önemli bir nokta da; sorunun Karar Ağacı Analizi kullanılarak çözümlenmesi durumunda 362880 (9!) adet dalın araştırılmasının gerektiğidir. Ancak Geri İzleme Yöntemi kullanılarak yapılan çözümde, 6378 adet dalın araştırılması en iyi çözümün bulunması için yeterli olmuştur.

KAYNAKÇA

Baker, K.R.; **Introduction to Sequencing and Scheduling**, New York, John Wiley Sons. Inc., 1974.

Halaç, O.; **Kantitatif Karar Verme Teknikleri: Yöneylem Araştırması**, İstanbul, Arpaz Matbaacılık, 1978.

Turanlı M.; **Pazarlama Yönteminde Karar Alma**, 2.B., İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 1988, s.46.

Uskup, E.; **Solition Methods For A Class Of Two-Stage Production Sequencing Problems**, Ph.D. Dissertation, Chicago, Illinois Institute of Technology, 1970.

Uskup, E. ve S.B. Smith.; "A Branch-And-Bound Algorithm For Two Stage Production- Sequencing Problems" , **Operations Research**, 1975, 23(1), s.118-136.