

## Uzman Sistem Yaklaşımı ile Civata ve Dişli Çark Seçimi

Murat Tolga ÖZKAN, Mahmut GÜLESİN  
*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,  
Makina Eğitimi Bölümü, 06500, Ankara-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 08.07.1999

### Özet

Bu çalışmada; Uzman Sistem (Expert System) yaklaşımı kullanılarak kullanım yerlerine göre civata ve dişli çark seçimleri yaptırılmıştır. Bilgi tabanında bulunan ilgili kurallar sistem tarafından yorumlanarak, elemanların seçimi için gerekli kararlar otomatik olarak verilmiştir. Civata ve dişli çarkın çalışma durumları dikkate alınarak bilgi tabanı oluşturulmuştur. Seçim kuralları hazırlanan program içinde analiz edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Uzman Sistem, Civata, Dişli

## The Selection of Bolts and Gears Through Expert System Approach

### Abstract

In this study, bolt and gear selections were performed according to area of usage by the expert system approach. The relevant rules in the database having been interpreted by the system, appropriate decisions were made for selection of the elements. The database was prepared by taking into consideration the working conditions of bolt and gears. Selection rules were analysed in the program.

**Key Words:** Expert System, Bolt, Gear

### Giriş

Bilimsel ve teknik alanlarda, bilgi ve becerilerin kazanılması uzun zaman alır. Deneyim, kişinin uzun yıllar sonucunda çeşitli alanlarda kazandığı bilgi ve beceriler olarak tanımlanabilir. Ayrıca bu becerilerin başarı durumu kişiden kişiye değişmektedir. Uzmanlık alanlarında ortaklık olmasını sağlamak ve kişiye göre değişmesini önlemek amacı ile, tecrübeye dayalı bilgilerin sınıflandırılması ve düzenli bir biçimde bir araya getirilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar; kullanılan Uzman Sistemlerin üretimi arttırdığı, kaliteyi yükselttiği ve en önemlisi de maliyeti azalttığını göstermektedir (Adalı 1996).

Civata ve dişli çark seçimini pratik ve kolay bir

hale getirmek amacı ile Uzman Sistem paket programı Leonardo'da kurallar hazırlanarak bir bilgi tabanı geliştirilmiştir.

### Yapay Zeka

Yapay Zeka, son yıllarda dikkatleri üzerine çeken bir alandır. Yapay zeka alanındaki araştırmalar, zeki davranışlara sahip bilgisayar sistemlerini geliştirmeye ağırlık vermektedir. Yapay zeka, insanın zeka gerektiren davranışlarının özelliklerini taklit eden zeki bilgisayar sistemlerini tasarlamak ve geliştirmekle uğraşan bilgisayar biliminin bir branşıdır (Dilipak 1997).

Yapay Zeka aşağıdaki konularla ilgilenir (Gülesin 1997):

- Makina Görme Yeteneği
- Konuşmayı Tanıma
- Robotik
- Ses Tanıma
- Tabii Dil İşleme
- Desen Tanıma
- Makinanın Öğrenmesi
- Uzman Sistemler

### Uzman Sistemler

Uzman Sistemler, özel bir alandaki uzman bilgi gerektiren problemleri çözebilir ve bu bilgiyi belli bir formatta temsil edip, saklayabilirler. Bunun için bu sistemler Bilgiye Dayalı Sistemler (Knowledge Based Systems) diye de adlandırılırlar (Winstanley 1991).

Uzman Sistemler şu elemanlardan meydana gelirler:

- Bilgi Tabanı (Knowledge Base)
- Muhakeme Ünitesi (Inference Engine)
- Kullanıcı Arabirimi (User Intereface)
- Bilgiyi Alma Ünitesi (Knowledge Acquisition)
- Açıklama Ünitesi

*Bilgi tabanı:* İlgili alana özel tecrübeye dayalı bilginin saklandığı veri tabanıdır. Kural ve Olgular dan meydana gelir. Olgular; nesnel arasındaki ilişki, sınırlama ve açıklamalardan oluşur. Kurallar ise; problem alanı ile ilgili kavramlar arasındaki mantıksal ilişkileri tanımlar.

*Muhakeme ünitesi:* Kuralları ve olguları okuyarak ne demek istediklerini anlar ve muhakeme fonksiyonunu icra eder.

*Kullanıcı arabirimi:* Kullanıcı ile sistem arasındaki iletişimi sağlar. Genellikle, Neden (Why) ve Nasıl (How) sorularına cevap veren bir açıklama ünitesini içerir.

*Bilgi alma ünitesi:* Kullanıcıya, bilgi tabanındaki kurallar ve olguları düzeltme, ekleme ve çıkartma yapma ve bazılarını silme imkanı sağlar.

*Açıklama ünitesi:* Muhakemenin nasıl yapıldığını açıklar. Ayrıca kullanıcı ile iletişim anında bazı sorular sorar ve kullanıcı da neden bu soruyu sorduğunu bilmek isterse Açıklama Ünitesi gerekli açıklamayı yapar (Winstanley 1991).

Uzman sistemlerin genel tekniklerinden birisi de karakter ve kelime eşleştirme tekniğidir. Geliştirilmiş bir sistemin bilgi tabanındaki herhangi bir değişiklik sistemin tümünü etkilemez. Kendi kendilerine karar vermek için karar üniteleri vardır. Bu ve benzeri özellikler, Uzman sistemleri diğer programlardan farklı kılmaktadır. Bu nedenle genellikle yazılımlar PROLOG ve LISP programlama dilleriyle

geliştirilmektedir (Adalı 1996).

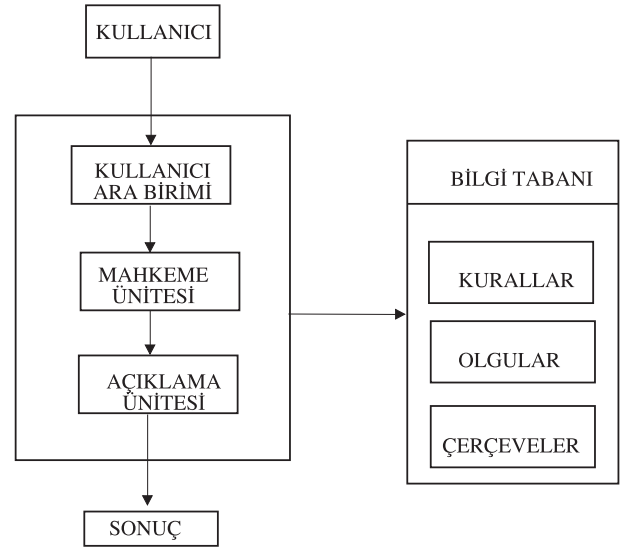
Genellikle klasik diğer programlama dilleri (Pascal, Fortran, C, Basic v.b.) şu nedenlerden dolayı tercih edilmemektedir (Phan 1990):

- Bu dillerle geliştirilen program yapıları esnek bir yapıya sahip değildir.
- Programda değişiklik yapmak veya ekleme yapmak zordur.
- Geliştirilen programlar, problemleri programcının düşündüğü tek tip yöntemle çözerler.

### Uzman sistem programlarının genel yapısı

Uzman sistem programları genel olarak "Muhakeme Etme"; yani eldeki verilere göre en uygun durumu belirleme esasına göre çalışırlar (Şekil 1). Genellikle Bilgi Tabanındaki tüm kuralların muhakeme edilmesi iki teknikle gerçekleştirilir. (Derbyshire 1985) ve (Edmund ve Robert 1990).

- İleriye Doğru Zincirleme
- Geriye Doğru Zincirleme

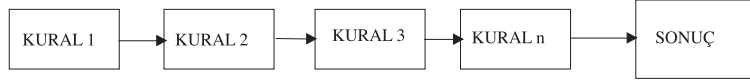


Şekil 1. Uzman Sistem programlarının yapısı

**İleriye doğru zincirleme (Forward chaining)** Muhakeme ünitesi, problemin en başından başlayarak (IF cümlesinden) sonuç kısmına (THEN...) ulaşmasıdır. Bu yöntem Tümevarım mantığı ile çalışır. Bütün kuralların şartı sağlayıp

sağlamadığı göz önünde tutularak sonuca ulaşılır. Eğer şartlar sağlıyor ise "Then" kısmında yer alan

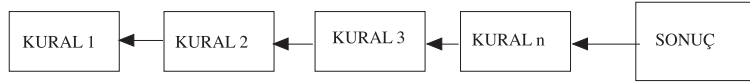
yargı cümlesi doğrudur. Bu cümle şartlara göre elde edilen sonuçtur (Şekil 2).



Şekil 2. İleriye Doğru Zincirleme

**Geriye doğru zincirleme (Backward chaining)** Muhakeme ünitesi; problemi çözerken kuralın en sonu olan sonuç (THEN...) cümlesi ile başlar ve şart (IF...) cümleleri tatbik edilerek çözüm bu-

lunur. Yani bu tür zincirleme Tümdengelim ilkesini temel olarak alır ve sonuç kısmını sağlayacak bütün kuralları tek tek inceler (Şekil 3) (Adalı 1996).



Şekil 3. Geriye Doğru Zincirleme

Geriye doğru zincirlemenin, Genişlik öncelikli ve Derinlik öncelikli olmak üzere iki şekli vardır. Genişlik öncelikli geriye doğru zincirleme, o anda eldeki amaca çözüm bulmak için tüm kuralların sonuç kısmını kontrol eder. Çözüm bulamazsa kuralların şart kısımlarına bakar. Derinlik öncelikli geriye doğru zincirleme ise, eldeki amaca çözüm bulmak için ilgili bir kural bulur ve bu kuralın önce şart kısmına bakar. Bu kuralın şart kısmı sonuca götürmezse başka bir kural arar (Winstanley 1991).

### Uzman Sistem Yaklaşımı ile Civata ve Dişli Çark Seçimi

Uzman sistemler yüksek teknoloji alanında oldukça yaygın kullanılan bir mantık yöntemidir. Çeşitli sanayi dallarında her zaman kalifiye bir uzmanın yapması gerekli işlevleri yapabilecek, kolayca danışılabilir bir program yardımı ile şartlara uygun durumları ve bu durumların çözümleri için kolay bir şekilde karar verebilen bilgisayar programları kullanılmaktadır. Birçok alanda verimli olarak kullanılan Uzman sistem paket programları, verimliliği artırmakta ve zaman kaybını en aza indirmektedir.

Değişik bağlantı durumlarında farklı tip ve özelliklerde civatalar montaj işlerinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok farklı tiplerinin ve standartlarının olması ile birlikte montaj işlemini gerçekleştirecek kişinin birçok tablo kullanmasını zorunluluğu vardır. Çünkü vidaları ölçü sistemlerine göre sınıflandıracak olursak; metrik veya whit-

worth, kullanma yerlerine göre sınıflandıracak olursak; güç vidası, hareket vidası, transmisyon elemanı, vida profillerine göre sınıflandıracak olursak; üçgen, kare, trapez, testere, yuvarlak, özel profilli vidalar gibi değişik gruplar altında sınıflandırılır. Tasarımcı kullanım yerine bağlı olarak birçok değişik özellikleri gözönüne alması gerekmektedir (Özkan 1996).

Ayrıca konstrüksiyonu yapılan bir makina parçasının vida hesabı neticesinde bulunan vida adımı ve vida çapı gibi değerleri standarda uydurması gerekmektedir. Bu işlem için vida standartları tabloları kullanmak gerekmektedir. Tablo kullanmayı optimuma indirmek hatta hiç kullanmadan vida standardının seçilmesini sağlamak amacı ile Leonardo paket programında hazırlanan program ile civata seçimine Uzman Sistem yaklaşımı ile bir bilgi tabanı oluşturularak civata seçimi daha kolay hale getirilmiştir.

Güç iletim elemanı veya hareket elemanı olarak; dişli çarklar, sonsuz vida çarkı ve kayış-kasnak kullanılmaktadır. Bu elemanlar, hareket iletimi sırasında tip ve şekil bakımından farklı özellikler göstermektedir. Hareketin kısa bir mesafeden ve sürtünmeli olarak iletilmesi veya aktarılması gerektiği yerlerde dişli çarklar, hareketin büyük mesafelerden iletilmesi gerektiğinde ise kayış-kasnak sistemleri ve hareketin belirli oranlarda devir sayısının düşürülmesi veya otoblokaj durumlarına göre kullanılacaksa sonsuz vida ve çarkları kullanılmaktadır (Özkan 1996).

Geliştirilen program ile hareket elemanı veya güç

aktarım elemanı olarak kullanılan dişli çarklar için: dişli çark tipi, kullanım yeri, hareket iletim şekli, hacim gibi özellikler dikkate alınarak bir makina donanımında kullanılması gerekli dişli çark tipi belirlenebilmektedir. Kullanım yerleri ve amaçlarına uygun dişli çark veya kayış-kasnak hareket ve güç iletim elemanlarını seçmek için, bilgi tabanında hazırlanmış kurallar sistem tarafından yorumlanmakta ve uzmana benzer muhakeme işlemi sonucunda gerekli elemanlar seçilmektedir.

### Geliştirilen Bilgi Tabanı

Leonardo ortamında hazırlanan bir program ile karşılaşılabilecek değişik durumlar göz önüne alınarak, uzmanlık bilgisi bilgisayara aktarılmıştır. Civata ve dişli çark uygun şartlara göre bilgisayar tarafından seçtirilmektedir.

Civata seçimi işleminde önce civatanın hangi amaç için kullanılacağı (güç vidası, hareket vidası, bağlantı elemanı) sorulmaktadır. Program muhakeme zincirinde vida diş profili sorularak vida diş profiline karar verdirilmiştir. Bunun yanı sıra vida diş toleransına göre vidanın ince, orta veya kaba dişli vida olup olmadığı belirlenmektedir. Kullanma yerine göre vida diş profili açısı sorularak metrik vida veya whitworth vida olması gerektiği belirlenmektedir. Vidanın bağlantı amacı ile kullanılacak bir vida olup olmadığı tesbit edildikten sonra; vida ile otoblokaajlı veya otoblokaajsız bir bağlantının gerçekleştirileceğine karar verilmektedir. Program içinde vida profillerine göre hazırlanan vida uç açıları, vida çeşitlerine göre çap ve adım tabloları kullanıcıya büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca vida tip ve çeşitlerine göre nerede ve hangi amaçla ne tür vida kullanılması gerektiğini belirten bir bilgi tabanı oluşturularak montaj işleminde kalifiye olmayan elemanların çalışabilmesi avantajını da beraberinde getirmiştir. Bütün kararlar bilgisayar tarafından verdirilerek vida seçimi basit ve kolay bir işlem haline getirilmiştir. Leonardo paket programı İngilizce cümle yapısına göre hazırlandığı için Türkçe kurallarda bazı İngilizce anahtar kelimeleri kullanma zorunluluğu vardır.

Program içinde vida için hazırlanan 95 kuraldan yalnız birisi örnek alınarak aşağıda verilmiştir. Bu kuralların her birisi için hazırlanan kuralların daha ayrıntılı olarak incelenmesi için her bir kuraldaki mantık cümleciklerinin nesnelere oluşturulmuş ve böylece daha detaylı bir karar mekanizması oluşturulmuştur.

### RULE: 2

#### IF

Çalışma\_yeri **is** bağlantı\_elemanı **AND**  
 Diş\_profil **is** üçgen **AND**  
 Diş\_tolerans **is** orta **AND**  
 Verim **is** önemli\_değil **AND**  
 Vida\_uç\_açısı = 60 **AND**  
 Otoblokaaj **is** önemli **AND**  
 Vida\_çapı = 1.2 **AND**  
 Adım = 0.25

#### THEN

Vida **is** M-1.2-Üçgen\_vida

Dişli Çark seçiminde önce kullanılacak dişli tipi ve kullanma yeri (düz, konik, helis, sonsuz vida ve çarkı, kayış-kasnak mekanizması) tesbit edilir. Hareketin paralel iki milden veya eksenleri birbirleriyle açılı bir konumda olma durumları tesbit edilerek hareket iletim mekanizması belirlenir. Bu millerin birbirleri arasındaki mesafenin dişli çark veya kayış-kasnak mekanizması kullanmaya uygunluğu araştırılarak sürtünmeli çark veya kayış-kasnak mekanizması seçilir. Ayrıca hız durumları (yüksek, orta, alçak hız), çalışma sırasındaki devir sayıları ve taşıyabilecekleri kuvvet değerleri dikkate alınarak dişli çark tipi belirlenmektedir. Dişli çark seçimi için 19 kural hazırlanmıştır. Bu kuralların her bir satırı için 13 adet nesne oluşturulmuş, kuralların her bir satırı daha gerçekçi bir mantık yöntemi sağlamıştır. Aşağıda dişli çark seçimi için kullanılan kurallardan biri verilmiştir:

### RULE:1

#### IF

Eksenler **is** Şekil1 **AND**  
 Eksen\_Mesafesi1 **is** Boyut1 **AND**  
 Verim >= .97 **AND**  
 Verim <= .98 **AND**  
 Hız1 **is** Normal **AND**  
 Kuvvet **is** Normal **AND**  
 Devir1 **is** Alçak **AND**  
 İletme\_Oranı >=1 **AND**  
 İletme\_Oranı <= 5

#### THEN

Dişli **is** Düz-Dişli-Çark

Program içerisinde kullanıcıya kolaylık olması bakımından eksenler (paralel, açılı), eksen mesafeleri (büyük, küçük), hız değerleri (küçük, orta, yüksek), kuvvet (orta, yüksek), devir sayısı (küçük, orta, yüksek) gibi değerler menü haline getirilerek seçim kolaylığı getirilmiştir. Verim değerleri ve iletme oranları değerleri dişli türlerine göre tablo halinde sorularak dişli seçirme işlemi kolaylaştırılmıştır.

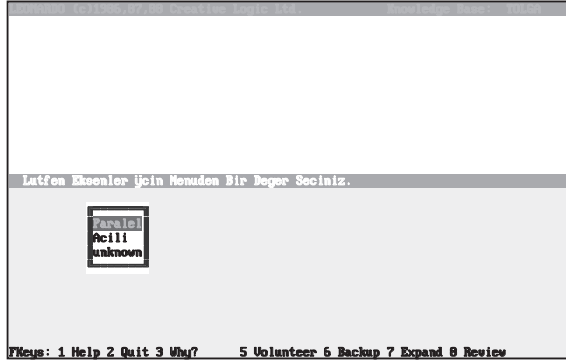
Programda dişli seçimi için 9 çerçeveden oluşan

19 kural 111 satırda yazılmıştır. Civata seçimi için ise 14 frame'den oluşan 95 kural 519 satırda yazılmıştır. Dişli seçimi için 13 nesne (Devir1, İletme oranı, Eksenler, Eksen Mesafesi, Hız, Kuvvet ve Devir) kullanılmıştır. Civata seçimi için; 7 nesne (Vida, Ölçü cinsi, Helis Yönü, Diş Hassasiyeti, Çalışma Şekli, İmal Şekli ve Uç Açısı) kullanılmıştır.

### Program menüleri

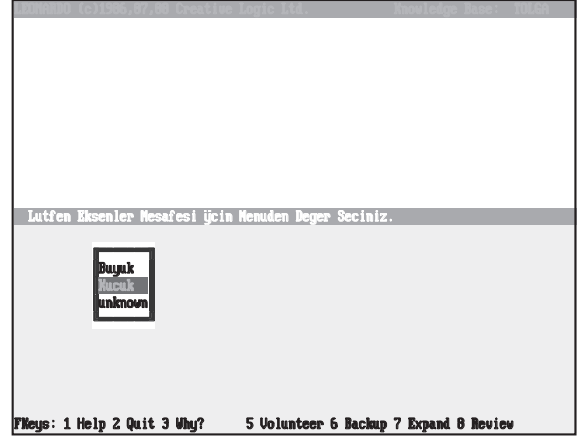
Hazırlanan programın her adımı menüleştirilmiştir. Menüler gerekli tablolar ile zenginleştirilerek kullanıcıya kolaylık sağlanmış ve başka tabloları veya katalog bilgilerini kullanmasına gerek kalmamaktadır.

Program çalıştırılınca, muhakeme ünitesi bilgi tabanında bulunan kuralların uygun olanlarını belirleyerek sonuca ulaşmaya çalışır. Civata seçimi ile ilgili bir kural çalıştırılınca, bu kurala ait şartlar tek tek tatmin edilmeye çalışılır. Şartların istenen mantığı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilirken öncelikle gerekli veriler için bilgi tabanına bakılır, istenen veriler bulunamayınca kullanıcıya sorulur. Örneğin; civata seçim işlemi için aşağıdaki kural sistemi tarafından belirlenip şartların istenen sonucu sağlayıp sağlamadığı araştırılır. Muhakeme ünitesi bu kuralın şartlarını sırası ile tatmin etmeye çalışarak sonuca ulaşır. Eğer bu kuralın herhangi bir şartını sağlamazsa atanan değerler iptal edilir. Yeni bir kural uygulanmaya çalışılır.



Şekil 4. Dişli çark eksen konumunun belirlenmesi

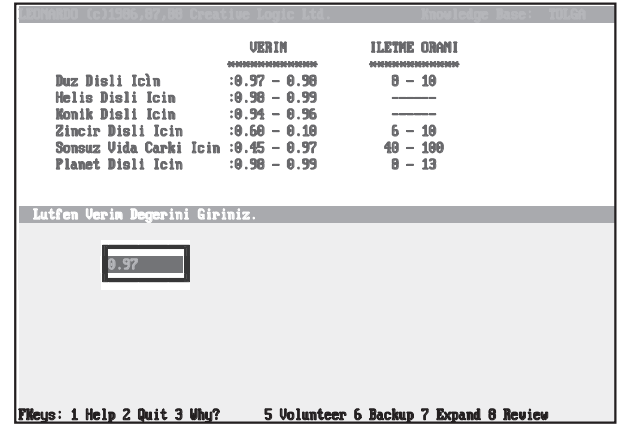
Örnek olarak hazırlanan bir dişli çark seçim programında öncelikle eksenlerin konumu; yani dişli çarkın çalışacağı konum tanımlanmıştır. Bunun içinde güç veya hareketin iletimini sağlayan millerin paralel mi veya açılı mı olarak birbirlerini kavradığı sorulmaktadır (Şekil 4).



Şekil 5. Dişli çark eksen mesafesinin belirlenmesi

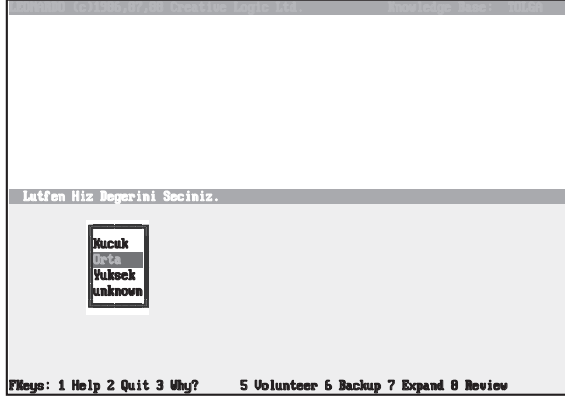
Bir sonraki aşamada eksenler arası mesafenin büyük veya küçük bir aralıkta olduğu tesbit edilir (Şekil 5).

Daha sonra, dişli çark tipine bağlı olarak dişli çark verim değerleri ekranda listelenir. Kullanıcıya kolaylık olması bakımından dişli çark tiplerine göre verim değerleri tablo halinde menüde oluşturularak hangi verim değerlerinde hangi tip dişli çark seçilmesi gerekliliği belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Dişli çark verim değerinin belirlenmesi

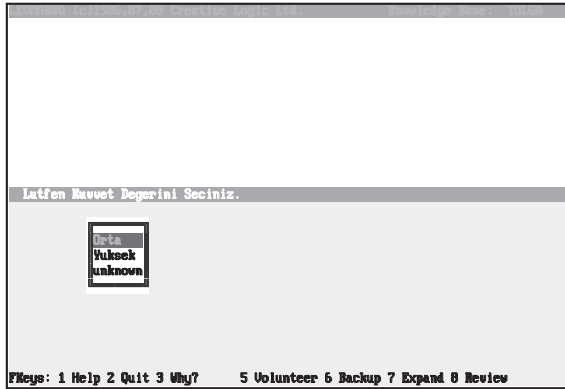
Şekil 7'de bir sonraki adım görülmektedir. Bu adımda seçilecek dişli çarkın hangi hız değerlerinde çalışacağı göz önüne alınmıştır. Bu işlem içinde kolaylık olması bakımından hız değerleri küçük, orta ve yüksek devir sayıları denilmiştir.



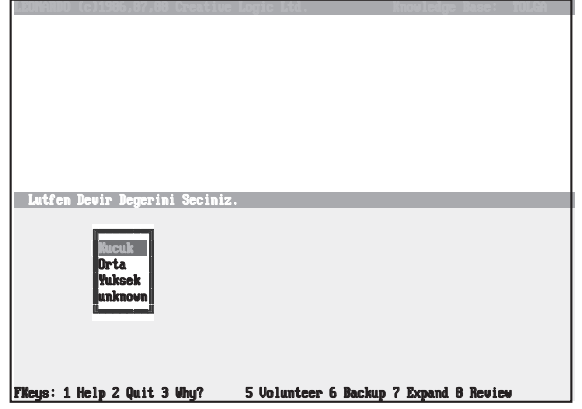
Şekil 7. Dişli çark çalışma hızının belirlenmesi

Programda seçilecek dişli çark tipine göre taşıyabileceği kuvvet değerleri dikkate alınmıştır. Çünkü dişli çark tipine göre dişli çarkın taşıyabileceği kuvvet değerinin değiştiği göz önüne alınmıştır. Bu işlem için orta ve yüksek kuvvet taşıma kabiliyeti olarak menü oluşturulmuştur. Dişli çarkların kuvvet taşıma kabiliyetleri önemli bir nokta olup, ömür hesaplamasında dişli çarkın tipine göre değişmektedir (Şekil 8).

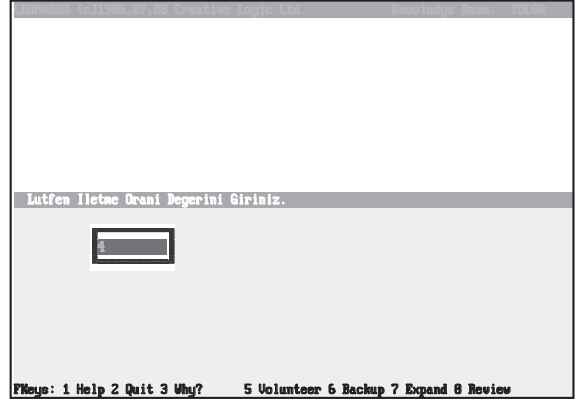
Şekil 9'da oluşturulan menüye göre dişli çark devir sayıları göz önüne alınmıştır. Çalışma şartlarına göre dişli çarkın hangi devir sayılarında çalışacağı güç aktarma elemanı için önemli bir değer olduğu dikkate alınmaktadır. Devir sayıları da küçük, orta ve yüksek devir sayıları olarak seçilmektedir.



Şekil 8. Dişli çarkın maruz kaldığı kuvvetin belirlenmesi

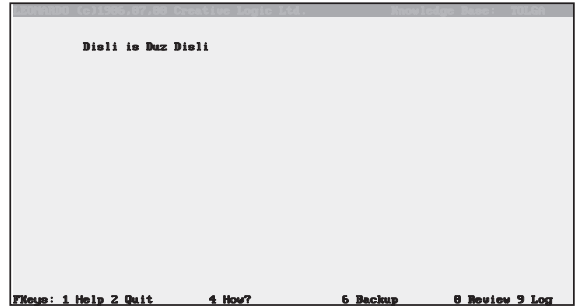


Şekil 9. Dişli çark devir sayısının belirlenmesi



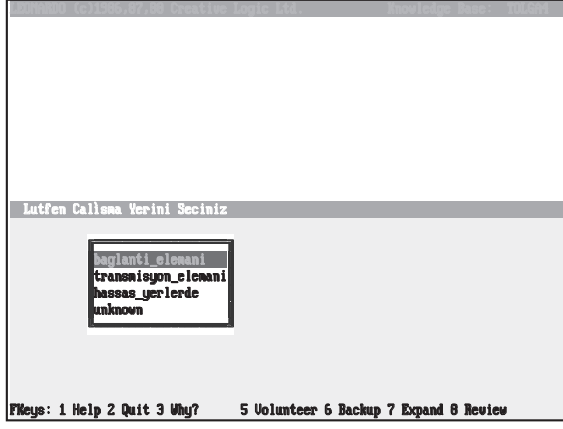
Şekil 10. Dişli çark iletme oranının belirlenmesi

Şekil 10'da seçilen dişli çarkın iletme oranı girilmektedir. İletme oranına göre dişli çark tipi belirlenir.



Şekil 11. Dişli çark seçimi sonuç menüsü

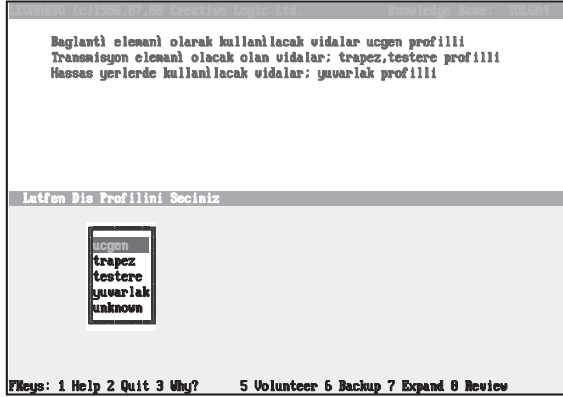
Bilgi tabanındaki ilgili kurallar kullanılarak, dişli tipinin düz dişli çark olması gerektiği sonucuna varılmıştır (Şekil 11).



Şekil 12. Vida çalışma yerinin belirlenmesi

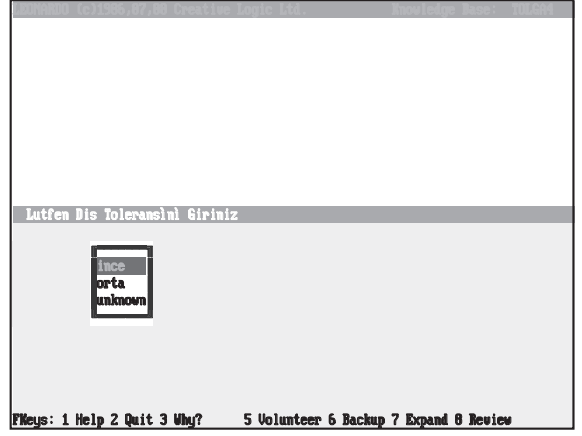
Bağlantı elemanlarının seçimi örnek uygulamasında bağlantı elemanının hangi amaç için kullanılacağı göz önüne alınmıştır. Bunun için programda oluşturulan menüde bağlantı elemanı; bağlama elemanı, transmisyon elemanı veya hassas yerlerde kullanılması gerektiği seçenekleri yer almaktadır (Şekil 12).

Bir sonraki adımda dış profili belirlenmektedir. Menü içinde oluşturulan açıklama kısmında kullanma yerlerine göre hangi civata profillerinin seçilmesi gerektiği belirlenmiştir (Şekil 13).

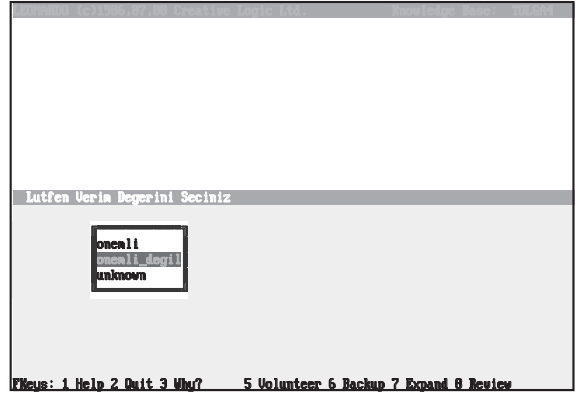


Şekil 13. Vida dış profilinin belirlenmesi

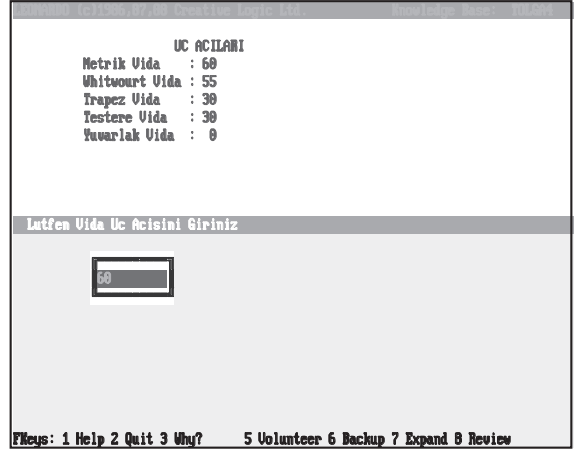
Programın devamında vida dış açıları, dış toleransı ve verim dikkate alınmaktadır (Şekil 14, 15). Programda oluşturulan açıklama kısmında vida tiplerine göre uç açıları menü içerisinde verilmektedir (Şekil 16).



Şekil 14. Vida dış toleransının belirlenmesi

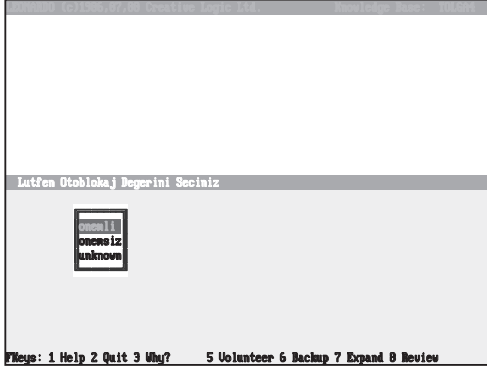


Şekil 15. Vida verim değerinin belirlenmesi



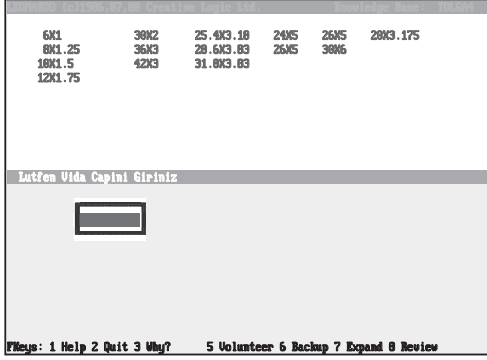
Şekil 16. Vida uç açısının belirlenmesi

Vidalı bağlantıda otoblokaj değeri dikkate alınarak kurallar hazırlanmıştır. Otoblokaj değeri için oluşturulan menüde otoblokaj değerinin önemli veya önemsiz olduğuna karar verilir (Şekil 17).

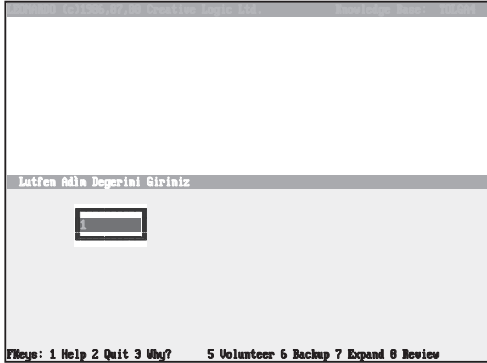


Şekil 17. Vida otoblokaj değerinin belirlenmesi

Program içinde vida çap ve adım tablosu vida tiplerine göre oluşturulmuştur. Sonra gelen menüler içerisinde vida çapı ve adımı girilmektedir (Şekil 18,19).

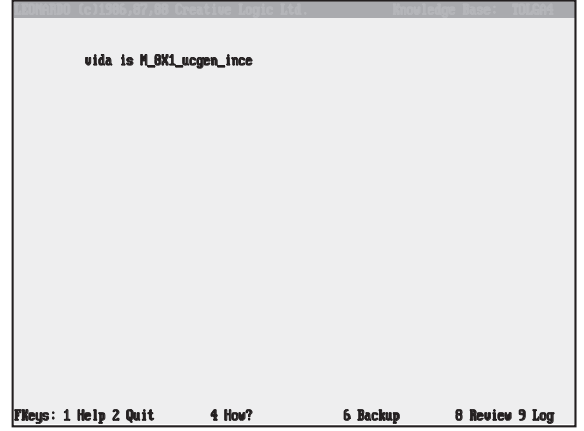


Şekil 18. Vida diş üstü çapının belirlenmesi



Şekil 19. Vida adımının belirlenmesi

Muhakeme sonucunda, vida tipi belirlenerek standart vida (Örneğin "M 8x1 üçgen") vida kullanılması gerektiği sistem tarafından önerilmektedir (Şekil 20).



Şekil 20. Vida seçimi sonuç menüsü

## Sonuç

Civata ve dişli çark seçimi için bir uzman sistem paket programında hazırlanan program yardımı ile kullanım amaçlarına ve kullanma yerlerine göre standart civata ve dişli çark seçimi yapılmıştır. Vida ve dişli çark hesaplamaları dikkate alınmamış yalnız seçim için gerekli faktörler dikkate alınmıştır. Oluşturulan bilgi tabanı ile konusunda uzman olmayan kullanıcılara programı kullanma kolaylığı ve beraberinde makina elemanlarını seçme kolaylığı sağlamaktadır. Seçilmesi gerekli değerler tablo halinde girilmesi gereken yerde ekrana yazdırıldığından kullanıcının herhangi bir tablo veya katalog kullanmasına gerek kalmamıştır. Amaçlarına göre civatalar ve dişli çarklar sınıflandırılarak seçim kolaylığı sağlanmıştır. Civata ve dişli çarkın çalışma ve bağlama durumları ele alınarak hangi tür dişli çark veya hangi tip civataya ihtiyaç olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Konu ile ilgili uzmanın gerekliliği minimuma indirilmiştir. Çalışma şartları ve kullanım durumları dikkate alınarak kullanılacak elemanın belirlenmesi sağlanmıştır.



**Kaynaklar**

Adalı, E., “Üretimde Uzman Sistem Çözümü”, Proceedings of the First Turkish Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, 525-535, Sapanca-SAKARYA, 30-31 May 1996.

Dilipak, H., “Torna Operasyonları İçin Uzman Sistemlerine Dayalı Kesici Seçimi”, Makina İmalat Kongresi, İTÜ, İstanbul, Haziran 1997

Gülesin, M., Sanayide Uzman Sistem Uygulamaları Ders Notları, Ankara, 1997

Winstanley, G., Artificial Intelligence in Engineering, New York, 1991

Phan, D. P., “Expert System in Mechanical and Manufacturing Engineering”, Artificial Intelligence

and Expert System in Manufacturing Proceeding of the 1<sup>st</sup> International Conference, 20-21 March 1990

Edmund, C. - Robert, C., Developing Expert Systems, J. Wiley Inc.,1990

Derbyshire, I. L., “Development of EXCAPP, An Intelligent Knowledge Based Process Planning System For Turned Components” PhD Thesis, UMIST, 1985

Özkan, M.T., “Makina Elemanlarının Bilgisayar Destekli Tasarımı”, G.Ü.F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, 1996.