

TAŞLAMA OPERASYONLARI İÇİN UZMAN SİSTEM DESTEKLİ ZIMPARA TAŞI SEÇİMİ**Metin ZEYVELİ Abdulmecit GÜLDAŞ**

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Teknikokullar, Ankara

ÖZET

Yapay Zekanın (Artificial Intelligence, AI) dallarından biri olan uzman sistemler günümüzde uzmanlık isteyen tüm alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanım alanı da gittikçe artmaktadır. Bu çalışmada, taşlamacılık işleminde kullanılacak zımpara taşı seçimi yapan bir uzman sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem, kullanılan malzeme ve işleme özelliklerine bağlı olarak taşın belirlenmesine karar vermektedir. Bilgi tabanının geliştirilmesinde Leonardo uzman sistem paket programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Uzman sistem, Taşlama, Zımpara taşı, Leonardo uzman sistem

GRINDING WHEEL SELECTION FOR GRINDING OPERATIONS WITH THE AID OF AN EXPERT SYSTEM**ABSTRACT**

The expert systems which are one of the branches of artificial intelligence are widely used in the areas where expertise is necessary. The use of the expert systems is increasing as the result of technological advances. In this study, an expert system that is able to select grinding wheels has been developed. This system is capable of selecting grinding wheels based on the characteristics of work piece and grinding process. Leonardo expert system program has been used developing of the knowledge based.

Key Words: Expert system, Grinding, Grinding wheel, Leonardo expert system.

1. GİRİŞ

Üretim ve hizmet sektörlerindeki kalitenin artması bilgi ve tecrübeye bağlı olarak artmaktadır. Bununla birlikte insanın içinde bulunduğu psikolojik ve sosyolojik ortamlar verimli çalışmayı doğrudan etkilemektedir. İnsan faktöründen kaynaklanan olumsuzlukları en aza indirmek ve olabildiğince verimli çalışmayı sağlamak için yapılan araştırmalar neticesinde yapay zeka (YZ) teknikleri geliştirilmiştir.

Yapay zeka alanına giren uzman sistemler, uzmanlık isteyen alan ile ilgili bilgiyi saklayabilen ve bu bilgiyi kullanarak kararlar verebilen sistemlerdir. Uzman sistemler bilgisayar biliminin içinde yer almakta ve geliştirilen uzman sistemlerle, bir uzmana ihtiyaç duyulmaksızın veya uzmanın çok az bir desteği ile problemlerin çözümüne gidilmeye çalışılmaktadır [1-5]. Son yıllarda yapılan çalışmalar, kullanılan uzman sistemlerin üretimi artırdığını, kaliteyi yükselttiğini ve en önemlisi de maliyetlerde bir düşüş sağladığını göstermiştir [6]. Makina ve imalat sektöründe uzman sistemler, özellikle tecrübeye ve bilgiye dayalı kararların alınmasında çok fazla kullanım alanına sahiptir [1-4].

İmalat sektöründe önemli bir yer tutan taşlamacılıkta taş seçimi çok önemlidir. İşlenecek malzemenin özelliklerine ve işleme şartlarına bağlı olarak taşın belirlenmesi, taşlama işleminin verimini etkilemektedir. Klasik imalat sektörlerinde taşın belirlenmesi, yetmişmiş uzman eleman tarafından yapılmaktadır. Ancak, uzman elemanın yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olup olmaması veya hiç uzman eleman olmaması taşlama işlemini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu gibi durumları ortadan kaldırmak ve taşlama işleminin verimli bir

şekilde gerçekleşmesini sağlamak için, uzman sistemlere dayalı bir zımpara taşı seçme programı geliştirilmiştir.

2. YAPAY ZEKA (ARTIFICIAL INTELLIGENCE)

Yapay zeka (YZ), zeki davranışa sahip bilgisayar sistemlerini geliştirmeye ağırlık veren ve günümüz teknolojik çağında gittikçe kullanım alanları artan bir bilgisayar sistemleri teknolojisidir. Yapay zeka, temel amaç olarak insan davranışlarını bilgisayar ortamında taklit eden sistemlerin tasarlanmasını ve bu sistemlerin alanlara uygulanarak zeki kararlar verilmesini sağlayan bilgisayar bilimi branşıdır. İlk kez 1956 yılında ABD’de düzenlenen bir konferansta ortaya atılmıştır [7]. İlk YZ kılavuz dili olan LISP bu dönemlerde ortaya atılmıştır.

YZ sistemleri çok disiplinli sistemlerdir. Bir sistemin oluşturulmasında bilgi teknolojilerinden geniş ölçüde yararlanır. Bununla birlikte YZ temelinde, mantık ve bilişsel psikoloji, felsefe, ergonomi, sinir bilim ve biyoloji gibi disiplinler de vardır. YZ kullanım alanları çok geniş olup bunlardan bazıları şunlardır [8]:

1. Makina görme yeteneği (Machine vision),
2. Ses tanıma (Voice recognition),
3. Konuşmayı tanıma (Speech recognition),
4. Robotik,
5. Tabii dil işleme (Natural language processing),
6. Desen tanıma (Pattern recognition),
7. Makinanın öğrenmesi (Machine learning),
8. Uzman sistemler (Expert systems).

3. UZMAN SİSTEMLER (EXPERT SYSTEMS)

Uzman, bir alanda bilgi ve beceriye sahip olan ve bu bilgileri en iyi şekilde kullanarak sonuca giden kişi demektir. Uzman sistem, uzman bir elemanın davranışlarını taklit eden bir program yapısıdır [5]. Uzman sistemlerin (US) geliştirilmesinde klasik programlama dilleri (Pascal, C++, Fortran v.b.) kullanılabilir. Ancak temelde karakter ve kelime eşleştirme tekniğine dayalı işlem yaptıkları için, YZ programlama dilleri olan Prolog ve Lisp programlama dilleri tercih edilmektedir [9]. Bilgi tabanında yapılacak bir değişiklik sistemin tümünü etkilemez, sadece ilgili kural veya sembolü etkiler. İdeal bir US aşağıda belirtilen bölümlerden meydana gelmektedir:

1. Bilgi tabanı,
2. Muhakeme ünitesi,
3. Kullanıcı ara birimi,
4. Bilgi alma ünitesi,
5. Açıklama ünitesi.

3.1. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı, uzmanlık bilgisinin ifade edildiği veri tabanıdır ve uzmanlık bilgisinin sembolik kelime ve karakterlerle ifade edildiği cümlelerden meydana gelir.

Bir bilgi tabanı oluşturmada aşağıdaki yapılar kullanılmaktadır [8, 10]:

1. Olgular,
2. Kural cümleleri,
3. Nesne çerçeveleri,
4. Mantıksal fonksiyonlar.

Olgular, nesnelere arasındaki ilişkiyi veya net bir bilgiyi içeren cümlelerdir ve temel gramer yapısına göre yapılandırılır.

Örneğin İngilizce’de, "Operasyon is Cylindrical_traverse_grinding" cümlesi Türkçe’de, "Operasyon silindirik_taşlamadır", şeklinde işlem görür.

Kural cümleleri, olgu cümlelerinin bir araya getirilmesinden oluşturulmuş kural gruplarıdır. Kural cümleleri, IF (eğer) ve THEN (öyleyse) cümleleri olarak iki grup şeklindedir. IF (şart) cümleleri ise birbirlerine AND veya or bağlacı ile bağlanırlar. Kullanılan US programında IF, AND, THEN, IS, ARE, OR

v.b. anahtar kelimeler kullanılmak şartıyla Türkçe kural cümleleri yazılabilir. Aşağıda Türkçe yazılmış bir kural görülmektedir.

Rule:5

```

IF
    taşlama_tipi is silindirik_taşlama      AND
    iş_parçası_malzemesi is karbon_çeliği  AND
    iş_parçası_sertliği =< 50 Rc          AND
    yüzey_pürüzlülüğü =0.32 mikron
THEN
    taşın_hızı = 30 m/san.
    iş_parçası_hızı = 25.5 m/dak.
  
```

Bilgi tabanındaki kurallar bilgi tabanının oluşturulmasına bağlı olarak tek başlarına veya birkaç kural birbiriyle bağlantılı şekilde kullanılabilirler.

Object name	Object value
5 çelik_türü	Editing the FrameBase
1=	Name : çelik türü
2=	LongName :
3=	Type :
4=	Value :
5=	Certainty : {0.0}
6=	DerivedFrom :
7=	DefaultValue :
8=	FixedVlue :
9=	AllowedValue: yumuşak karbonlu, manganezli çelik, sulanmış ve
10=	alaşımli ,krom nikelli, paslanmaz çelik, dökme çelik, sulanmış çelik
11=	ComputeValue :
12=	OnError :
13=	QueryPrompt : Lütfen çelik türünü seçiniz
14=	QueryPreface :
15=	Expansion :
16=	Competary :

Şekil 1. Çelik türü nesne çerçevesi

Çerçeveler, kural cümlelerinde yer alan nesnelerin tanımlanmasında ve nesneler arasındaki değerlerin geçişini sağlamada kullanılan veri yapısıdır. US içinde kullanılan veriler, çerçeveler tarafından organize edilirler [7,11,17]. Nesne çerçeveleri nesne ile ilgili bilgilerden oluşmaktadır. Çerçeveler bilgilerin kaydedildiği kanallardan (slots) meydana gelmektedir. Çelik türü nesnesine ait çerçeve örneği Şekil 1'de verilmiştir.

Mantıksal fonksiyonlar, kural cümlelerinde AND (ve), OR (veya), ve NOT (değil) fonksiyonlarının arasındaki mantıksal ilişkiyi icra etmek için kural cümlelerinin ne anlama geldiğini arayan ve sonuca ulaşan mantık fonksiyonlarıdır.

3.2. Muhakeme Ünitesi

Bilgi tabanındaki kuralları inceleyerek kuralın ne amaç taşıdığını anlar ve muhakeme fonksiyonunu çalıştırır, kuralları sonuca ulaştıracak şartların sağlanıp sağlanmadığını kontrol eder. Bu işlemi gerçekleştirirken dallanma yaparak kuraldan kurala geçebilir. Kuralların muhakeme edilmesi genelde iki şekilde gerçekleşir [12]:

1. İleriye doğru zincirleme,
2. Geriye doğru zincirleme.

İleriye Doğru Zincirleme: Muhakeme ünitesi kuralın IF (şart) kısmından başlayarak şartları işletip THEN (sonuç) kısmına doğru ulaşmasıdır [13, 14].

Geriye Doğru Zincirleme : Muhakeme, kuralın sonuç kısmından (THEN) başlayarak şartları tek tek işletip şart (IF) kısmına ulaşır. Bu zincirleme tümdengelim ilkesini temel alarak kuralları inceleyip işlem görür.

3.3. Kullanıcı Arabirimi

Kullanıcı ile sistem arasındaki ilişkiyi sağlar. Neden (why) ve nasıl (how) sorularına cevap verebilen bir açıklama ünitesidir. Bu ünite kullanıcı ile iletişimi sağlar.

3.4. Bilgi Alma Ünitesi

Kullanıcıya, istenildiğinde ekleme çıkarma yaparak, bilgi tabanındaki kural ve olgularda değişiklik yapma imkânını sağlar.

3.5. Açıklama Ünitesi

Muhakemenin nasıl yapıldığını açıklar. Kullanıcıya sorular yöneltir ve kullanıcıda soruların neden sorulduğunu isterse bu ünite açıklama yapar.

4. LEONARDO UZMAN SİSTEM PAKET PROGRAMI

US paket programı olan Leonardo, kullanıcı tarafından bilgi tabanına girilen bilgileri, tanımlanan nesnelere ilgili nesne çerçevelerini ve prosedür işlemlerini kullanarak sonuca ulaşmaktadır. Leonardo'da bilgi tabanında "seek" (araştır) komutuyla tanımlanan nesne adını, program sonuçlanması gereken amaç olarak algılar ve US fonksiyonlarını kullanarak bunu sağlamaya çalışır. Sonuca ulaşmada ileriye ve geriye doğru zincirleme ünitelerini veya her ikisini de kullanmaktadır. Program, çalışma esnasında bilgi tabanında yer alan nesnelere ilgili soruların yer aldığı çeşitli tipteki ekran menülerini kullanmakta ve bu menüler istenildiğinde Türkçe formatında kullanılabilirliktedir.

5. UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GELİŞTİRİLEN BİLGİ TABANI

Günümüzde uzman sistemler, sanayinin bir çok dalında kullanım alanı bulmaktadır. Bunun nedeni ise, uzman sistemlerin kullanılabilirliği artırması, hızlı yanıt vermesi, uzmanlık bilgisini birçok defa kullanarak birim maliyeti düşürmesi ve güvenilir uzmanlık sağlaması, uzmanlığın kalıcı ve her an kullanılabilir olması ve istenildiğinde yeniden düzenlenebilmesi gibi etkileyici özelliklere sahip olmasıdır.

Günümüz rekabet şartlarında, insan gücü ve iş günü kaybını azaltarak pazarda önemli bir avantaj sağlayan uzman sistemler, üretim sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretim sektörünün bir çok alanında yaygın olarak kullanılan uzman sistemlerin, taşlamacılık alanında kullanımı oldukça az sayıdadır. Taşlamacılık, makinacılıkta tornalama, frezeleme gibi işlemler arasında makine parçalarının son işlemini yani bitirme işlemini oluşturduğundan en önemli işlem basamağını teşkil etmektedir. Bununla birlikte taşlama işlemi, gerek kesici taş yapısı, taş malzemesi ve bağlayıcı malzemeleri ile diğer üretim işlemlerinden çok farklılık arz etmekte ve önemi de bir kat daha artmaktadır.

Taşlamada, uygun bir işleme yapabilmek için taş-ışlenecek malzeme çiftinin iyi seçilmesi gerekmektedir. Uygun seçilmeyen taş-ış malzemesi ikilisi, taşlama işleminin verimsiz olmasına ve sonucunda taşlamanın amacına uygun olmayan bir yüzey yapısı ve işleme şeklinin ortaya çıkmasına neden olur. Taş-ış malzemesi ikilisinin uygun seçilmesi, uzmanlık isteyen bir alandır ve ancak bu konuda uzmanlık bilgi ve deneyimine sahip kişiler uygun seçimi yapabilir. Taşlama işleminde kullanılan taşlar, aşındırıcı malzeme, bağlayıcı malzeme, tane büyüklüğü ve sertlik gibi taş parametrelerinin farklı kombinasyonlarından oluşmaktadır. Taşlarda kullanılan aşındırıcı malzemeler, korundun, zımpara, elmas, alüminyum oksit, silisyum karbür, Kübik Bor Nitrür şeklinde sınıflandırılırken, bağlayıcı malzemeler ise lastik bağı, reçine bağı, şelak bağı,

seramik bağı, silikat bağı olarak sınıflandırılır. Sertlikleri de, A,B,C,D,E,F,G çok yumuşak, H,I,J,K yumuşak, L,M,N,O orta, P,Q,R,S sert, T,U,V,W çok sert, X,Y,Z aşırı sert taşlar şeklinde sınıflandırılır.

Yukarıda belirtilen parametrelerin tamamına bağlı olarak bir malzeme için uygun taş seçimi oldukça karmaşık bir işlemdir. Bu karmaşıklığı ortadan kaldırmak için, bilgiler kural cümlelerine dönüştürülerek, bilgi tabanı oluşturulmuştur. Leonardo uzman sistem paket programı ile geliştirilen bilgi tabanı, 65 kural ve bu kuralların içerdiği 15 nesne çerçevesini içermektedir. Bilgi tabanının oluşturulmasında amaç, işlenecek malzemeye uygun zımpara taşı seçmektir. Bunun için öncelikli olarak taşlama tipi, işlenecek malzeme, işleme şekli, iş parçası boyutu ve taş hızı değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Programda, taşlama tipi olarak; silindirik

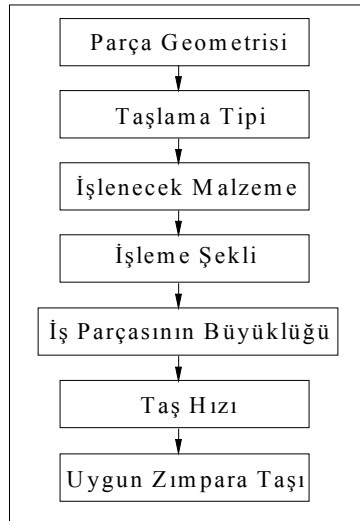
taşıma, düzlem taşıma, profil taşıma, puntasız silindirik taşıma olarak ele alınmıştır. Malzeme değişkeni ise çelik, bakır, alüminyum ve dökme demir’ den oluşan malzeme tipleri tanımlanmıştır. İşleme şekli; yüzey

temizleme, kesme-ayırma, ve çapak alma olup, iş parçası boyutu ise büyük parçalar ve küçük parçalar şeklinde iki değerden oluşmaktadır.

Program bilgi tabanında “seek” komutuyla “zımpara taşı” adında ana amaç nesnesi tanımlanmıştır. Program işlenecek parçanın geometrik yapısını, parça malzemesini, malzemenin türüne bağlı işleme şeklini ve işleme hızını belirleyerek zımpara taşının seçimini yapar. Kullanıcı belirtilen değişkenleri, hazırlanmış nesne çerçevelerinden seçerek ve bazı değişkenleri ise program kendisi kurallar arasındaki sonuçlardan alarak işlem yapar. Program seçimi yapılan zımpara taşının aşındırıcı maddesini, taş tane büyüklüğünü, taş sertliğini, taş tanelerini birbirine bağlayan ve aynı zamanda taş sertliğini de etkileyen bağlayıcı maddesini belirlemektedir. Bilgi tabanının oluşturulmasında zımpara taşı katalogları, ilgili kitaplar ve bu konuda yapılmış yayınlar kullanılmıştır [18]. Geliştirilen bilgi tabanı aşağıda belirtilen taşıma işlemlerinin gerektirdiği zımpara taşının seçimini yapmaktadır. Bunlar:

1. Silindirik taşıma,
2. Düzlem taşıma,
3. Puntasız silindirik taşıma,
4. Silindirik iç taşıma,
5. Çapak alma,

Zımpara taşı seçiminde izlenen akış diyagramı Şekil 2’de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



Şekil 2. Taş seçiminde işlem sırası

Program bilgi tabanında “seek” komutuyla “zımpara taşı” adında ana amaç nesnesi tanımlanmıştır. Program işlenecek parçanın geometrik yapısını, parça malzemesini, malzemenin türüne bağlı işleme şeklini ve işleme hızını belirleyerek zımpara taşının seçimini yapar. Kullanıcı belirtilen değişkenleri, hazırlanmış nesne çerçevelerinden seçerek ve bazı değişkenleri ise program kendisi kurallar arasındaki sonuçlardan alarak işlem yapar.

6. ZIMPARA TAŞI SEÇİMİ İÇİN ÖRNEK UYGULAMA

Taşımanın temel amacı, iş parçasının istenen ölçü hassasiyeti ve yüzey kalitesinde üretilmesini sağlamaktır. Taşımanın bitirme işlemi olması veya daha sonraki işlemlere iyi bir geçiş sağlaması bakımından, malzeme-taş çiftinin isabetli oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla, farklı malzemelerde, işleme tipine uygun farklı zımpara taşları seçilmelidir [15]. Bu bağlamda malzeme ve işleme şekli uygun taş seçimini yapan bir bilgi tabanlı program hazırlanmıştır. Aşağıda, hazırlanan programın aşamaları ve aynı zamanda bir örnek uygulamanın menüler yardımıyla nasıl gerçekleştirildiği sıralı olarak anlatılmıştır.

Geliştirilen program, ilk olarak bilgi tabanında “seek” komutuyla tanımlanmış olan “zımpara taşı” amaç nesnesini bulmak için, bu nesnenin yer aldığı ilk kuralı işleterek çalışır. Aşağıda örnek bir kural verilmiştir.
Rule: 5

```
IF      “Taşlama işlemi” is “Silindirik taşlama”      AND
        “İşlenecek malzeme” is “Çelik”              AND
        “Çelik türü” is “Yumuşak karbonlu”         AND
İşlem is İşlem1                                     AND
THEN
        “Zımpara taşı” is “NK 12-20 P-R ke”
```

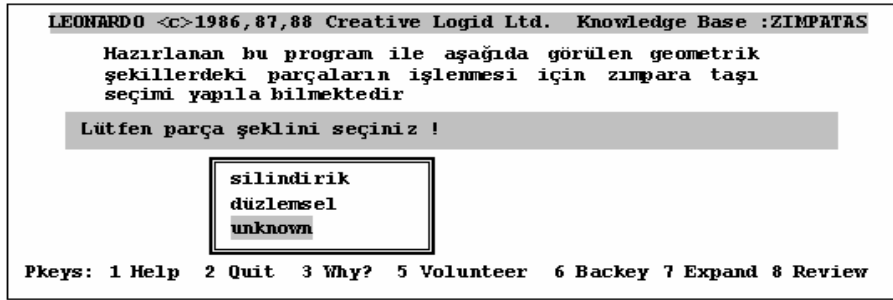
Bu kuralda (THEN) sonuç kısmının doğrulanabilmesi için IF’ den sonra gelen şart cümleleri birer birer ele alınır ve araştırılır. İşlem adlı kural cümlesine gelindiğinde işlem’ in işlem1 olup olmadığı araştırılır. Bu amaçla işlem1’ i tanımlayan alt kurala gidilir ve işlem1’ in değeri tespit edilir.

Rule: 23

```
IF      “İşlenecek malzeme” is Çelik                AND
        “İşleme şekli” is “Yüzey temizleme”        AND
        “İş parçası büyüklüğü” is “Büyük parçalar” AND
        “taşın hızı” > 25                          AND
        “taşın hızı” < 30                          AND
```

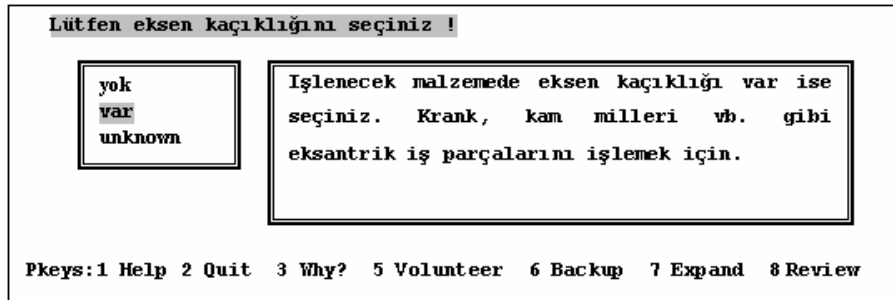
THEN

“İşlem is İşlem1



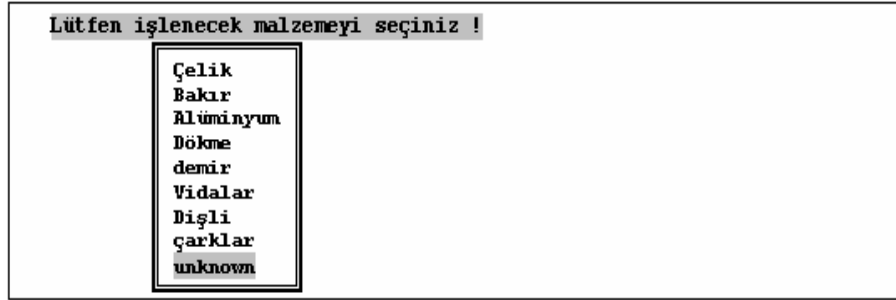
Şekil 3. İşlenecek parça şekli menüsü

Program çalıştırıldığında ilk olarak “İşlenecek parça şekli” nesnesini belirlemek için, bu nesnenin geçtiği kural taranır. Bu nesnenin çerçevesinde bulunan “parça şekilleri adları” nesne çerçevesinin otomatik menü oluşturma özelliği ile ekrana hazır menü olarak gelir. Kullanıcı bu menüden (Şekil 3) işlenecek parça şeklini kolayca seçebilir. Bu kural cümlesinin işletilmesi ile oluşan menü Şekil 3 ve Şekil 4’de görülmektedir.



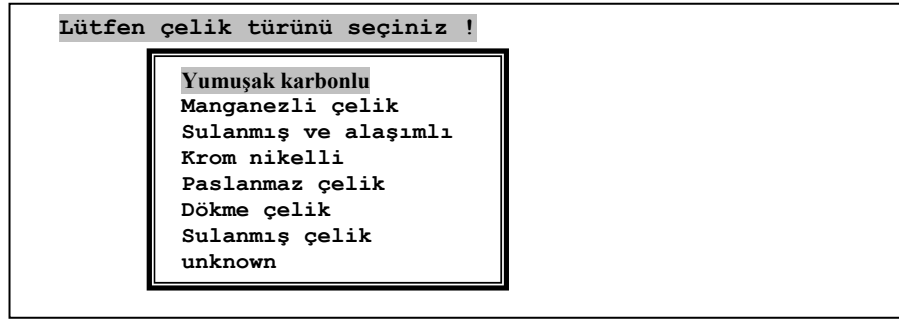
Şekil 4. Eksen kaçıklığı menüsü

Menüden seçim yapıldıktan sonra “İşlenecek malzeme” nesnesinin değerini belirlemek için yukarıda anlatıldığı gibi malzeme menüsü ekrana gelir. Menüden malzeme seçilerek işlem devam ettirilir (Şekil 5).



Şekil 5. İşlenecek malzeme menüsü

Sonraki adımda, çelik malzemenin alt dallarını belirten Şekil 6'daki ekran menüsünden çelik türü seçilir ve “İşlem” adlı nesneye gidilip, bu nesne ile ilgili değerlerin belirlenmesi için alt kurallara gidilir. Burada “İşlem is işlem1” kural cümlesi ile işlem şekline ait özellik ve parametrelerin belirlenmesi sağlanır. Bu nesnenin işletilmesiyle program alt kurala gider.



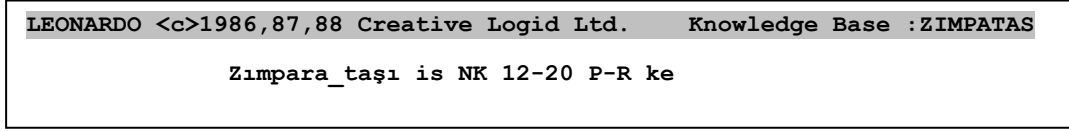
Şekil 6. Çelik malzeme türleri menüsü

İşlenecek malzeme türü ve işleme şekline bağlı olarak zımpara taşının hızı Şekil 7'de görüldüğü gibi seçilerek belirlenir ve alt kural işletilmeye devam edilir.



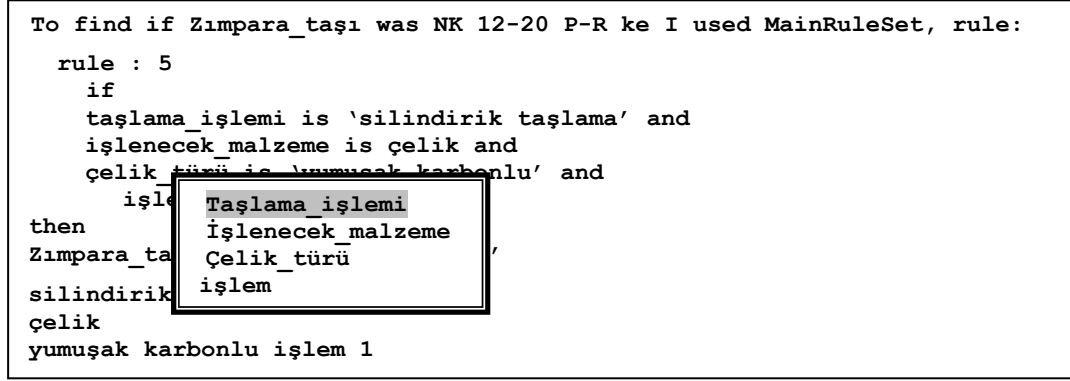
Şekil 7. Zımpara taşı hızı

Alt kuralın sonuç kısmı olan “İşlem is işlem1” kural cümlesi kullanıcının seçmiş olduğu değerler ile doğrulanmış ve sonuç sağlanmış ise, bu alt kuralın kullanıldığı ana kuralda muhakeme ünitesi kaldığı yerden muhakeme etmeye devam eder. Ana kuraldaki bütün kural cümleleri muhakeme edilip, uygun değerler belirlendikten sonra, ana kuralın sonuç kısmı veya geliştirilen programın belirlemek istediği temel araştırma nesnesi olan “Zımpara taşı” nesnesi sonucuna ulaşılır. Bu nesne sonucu Şekil 8’de ki gibi kullanıcıya sunulmaktadır.



Şekil 8. Zımpara taşı nesnesi sonucu

Burada, NK normal korund olarak aşındırıcı maddeyi, 12-20 taş tane büyüklüğünü, P-R taş sertliğini ve ke ise bağlayıcı maddeyi ifade etmektedir [16].



Şekil 9. How sorusu ekranı

Uzman sistemlerin kendine has özelliği olan “bu sonuca nasıl ulaştın” anlamındaki HOW sorusu Leonardo’ ya yöneltildiğinde, program bu sonuca ulaşana kadar gerçekleştirdiği işlemleri ve mantık yollarını kısa cümlelerle aşama aşama ekranda gösterir (Şekil 9).

7. SONUÇ

Geliştirilen bu program ile, taşlamacılık işlemlerinde kullanılan zımpara taşlarının, bir uzman kişiye gerek kalmaksızın, bilgi tabanındaki kurallar ve nesnelere işleme tabi tutularak ve muhakeme yöntemleri kullanılarak seçimi yapılmıştır. Kullanıcının girdiği parça şekli, parça malzemesi ve işleme şekline bağlı olarak en uygun zımpara taşı belirlenebilmektedir. Programda birden fazla değer alabilen nesnelere için menü oluşturulmuş ve kullanıcının değer girilmesi basitleştirilmiştir. Ayrıca nesnelere atılan tablo değerleri varsa, bunlarda ekranda kullanıcıya belirtilerek program işlevselliği artırılmıştır.

Bu çalışmanın bir sonraki aşaması olarak, aşağıda belirtilen fonksiyonlar sisteme eklenerek çok daha verimli olması sağlanabilir.

1. Program bilgi tabanındaki işleme operasyonlarının çeşitlerinin yeni kural ve çerçevelerle artırılması ile sistemin daha geniş bir yelpazede sonuç elde etmesi sağlanabilir.
2. Zımpara taşı seçiminde kesme hızı, devir sayısı, ilerleme v.b. işleme parametrelerinin hesaplatılarak optimum değerlere ulaşılabilir.
3. Programın grafik özellikleri kullanılarak daha etkili çıktılar ve grafikler elde edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Gopalakrishan, B., 1989, "Computer Integrated Machining Parameter Selection in a Job Shop Using Expert System", **Journal of Mechanical Working Technology**, Vol. 20, 163-170.
2. Jang, H.S., Bagchi, A: 1989, "Tool Selection in Machining by Integration of a Data Base and Rule Base System", **Journal of Mechanical Working Technology**, Vol. 20, 25-34.
3. Pham, D.P., 1988, "Expert System in Mechanical and Manufacturing Engineering", **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Vol. 3, 321.
4. Alto, A., Dassisti, M., Galantucci, D. 1994. "An Expert system For Reliable Tool Replacement Policies in Metal Cutting", **Journal of Engineering For Industry**, Vol. 116, 405-407.
5. Gülesin, M., 2002, "Process Planning in Design and Manufacturing Systems, Expert Systems", Edited by Cornalius T. Leondes, Vol. 2, Academic Press.
6. Özdemir, A., Şeker, U, Aslan, E., 1992, Yapay Zeka ve Uzman Sistemler, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi**, Vol. 3, No. 3-4, 91-97, Ankara
7. Başak, H. 1999, "Uzman Sistem Yaklaşımı İle Vida Açma Operasyonları İçin Kılavuz Seçimi", **Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Vol. 5, No. 1, 901-910.
8. Gülesin, M. 1994, "Sanayide Uzman Sistem Uygulamaları, Ders Notları, Ankara
9. Liebowitz, J., Danial, A., 1989, **Structuring Expert System**. Prentice-Hall, Inc.
10. Paszek, R. Knosala, 1997, The Method of The Knowledge Representation in an Expert System for Metal Cutting Engineering, **Journal of Materials Processing Technology**, Vol 64, 319-326.
11. Milaric, M. R., 1986, How to Build Expert Systems, **Annals of CIRP**, Vol. 35, No. 2, 445-450.
12. Edmund, C., Rober, C., 1990, **Developing Expert Systems**, John Willey Inc.
13. Kumara, S. T. R., Joshi, S., Kashyap, R. L., Modie C. L., Chang T. C., 1988, Expert System in Industrial Engineering, **CAPP, SME**, Vol. 76, 157-173, USA.
14. Midha, P. S., Zhu, C. B., Trmal, G. J., 1991, Optimum Selection of Grinding Parameters Using Process Modelling and Knowledge Based System Approach, **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 28, 189-198.
15. Güllü, A., Demir, H., 2000, Silindirik Taşlamada Taş Tane Büyüklüğü, Taş Dokusu ve Taş Sertliğinin Taşlama Oranına Etkileri, **Makina Tasarım ve İmalat Dergisi**, Sayı 3, No.5 193-199, ODTÜ, Ankara.
16. Krar, S. F., Oswald, J. W., 1990, **Technology of Machine Tools**, McGraw-Hill Inc.
17. Dilipak, H., Gülesin, M., 1997, Torna Operasyonları İçin Uzman Sistem Tekniklerine Dayalı Kesici Seçimi, **Mamkon'97, İ.T.Ü. Makine Fakültesi 1. Makina Mühendisliği Kongresi**, 349-357, 1997.