

# KALIP FREZELEME UYGULAMALARI İÇİN BİR UZMAN SİSTEM YAZILIMI

Özgür İRFAN, M. Cemal ÇAKIR,  
Serkan BERİÇ\*

*Bu çalışmada en önemli talaşlı imalat işlemlerinden biri olan kalıp frezeleme işlemi için geliştirilmiş bir uzman sistem yapısı ele alınmıştır. Oluşturulan sistem iş parçası geometrisi ve malzemesi; kaba, orta veya ince olmak üzere işleme türü; HSS, kaplamalı veya kaplamasız sinterlenmiş karbür olmak üzere takım malzemesi bilgilerini girdi olarak almakta ve kullanılacak takım tipi, iş parçası bağlama yöntemi, frezeleme yöntemi (aynı veya karşıt yönlü veya kontur, zig zag, paralel, dairesel, helisel işleme vb.), kullanılacak ofset değerleri gibi hususlarda kullanıcıya çeşitli tavsiyelerde bulunmaktadır. Geliştirilen uzman sistem kural tabanlı bir sistem olup kurallar kalıp frezeleme konusunda uzman çok sayıdaki mühendis ile yapılan karşılıklı görüşmelerden ve çeşitli CAM programlarının incelenmesi sonucunda elde edilmiştir.*

*Kalıp frezeleme işlemi gerçekten komplike ve gerçekleştirilmesi zor bir işlemdir. İşlenecek yüzeyin karmaşıklığı, hemen her kalıbın kendine özgü oluşu, dikkate alınması gereken pek çok kural bulunması ve yapılan hataların yüksek maliyetlere neden olması bu alanda çalışan mühendislerin konuya hakim olabilmek için yıllarca uygulama yapmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Tasarlanan uzman sistem bu konuda edinilmiş tecrübelerin yeni kullanıcılara aktarılabilmesi için son derece kullanışlı bir araçtır. Sistem bir anlamda talaşlı imalat üzerine çalışan mühendisler arasında iletişim görevi de görecektir. Geliştirilebilir yapısı ile sürekli olarak edinilen yeni bilgileri kapsayabilecektir.*

**Anahtar sözcükler :** Kalıp frezeleme, uzman sistem, veri tabanı

*This study deals with an expert system structure developed for mould milling process, one of the most important machining techniques. The work piece geometry and material; the degree of machining, such as rough, medium and fine; apparatus material data such as HSS, plated or non-plated sintered carbide are entered as inputs to the system developed, which in turn outputs suggestions to the user on topics such as the type of apparatus, method of connecting the work piece, milling method (same or opposite direction, or contour, zigzag, parallel, helical machining, and so on), and the offset values. The developed expert system is based on rules, which are gathered through interviews with many engineers who are experts on the topic and also through investigation of many CAM programs.*

*Mould milling process is really a complicated and difficult process. The complexity of the surface to be machined, the uniqueness of almost every mould, many rules to be taken into account, and the high cost of a possible mistake necessitates that the engineers practice for many years in order to gain insight to the topic. The designed expert system is a quite useful tool for the collective experiences to the new users. From another point of view, the designed system will serve as a basis of communication among engineers working on machining processes. It is also open to development with its upgradeable structure.*

**Keywords :** Die and mold making, expert systems

\* Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

## GİRİŞ

Teknolojide son yıllarda hızlı gelişim, kendisini yönetim bilimleri alanında da hissettirmektedir. Bu teknolojik gelişime paralel bir şekilde yönetim bilimi teknikleri de gelişme göstermekte ve yönetim açısından değişik alanlarda kolaylıklar sağlanmaktadır. Özellikle bilgisayar bilimleri ve kişisel bilgisayarlar arasındaki bilgi paylaşımı alanında yaşanmakta olan baş döndürücü gelişme ister istemez bilgisayar tabanlı sistemlerle çalışan kişi ve kuruluşları da etkilemekte ve gelişime ayak uydurmayı zorunlu kılmaktadır. Yapay zeka ve uzman sistem uygulamaları endüstride ve hizmet sektöründe büyük ilgi görmüş ve çeşitli alanlarda kullanımıyla birlikte birçok probleme çözüm getirmiştir [1]. Günümüzde bilginin toplanması ve düzenlenmesi için son derece gerekli bir yardımcı olan bilgisayar, bir sonraki adım olan eldeki bilgilerin kullanımı ile karar verme işleminde de önemli bir rol üstlenmiştir. Bu amaçla işletmeler "Karar Destek Sistemi" (KDS), "Uzman Sistem" (US) ve "Bulanık Mantık" gibi farklı yönetim bilimi tekniklerini kullanmaktadırlar.

KDS yapılandırılmamış karmaşık problemlerin analizine imkan sağlayarak yönetim biliminin sınırlarını genişletmiştir. Uzman sistemler ise ancak bir uzman insanın çözebileceği karmaşık problemlerin çözümüne olanak sağlamaktadır. Belirli bir alanda sadece o alan ile ilgili bilgilerle donatılmış ve problemlere o alanda uzman bir kişinin getirdiği şekilde çözümler getirebilen bilgisayar programlarıdır. İyi tasarlanmış sistemler belirli problemlerin çözümünde uzman insanların düşünme işlemlerini taklit ederler. Bunu yaparken o an oluşan şartları kullanıcıdan alır, bu durum karşısında karar verebilmek için ihtiyaç duyduğu bilgi birikimini ise veri tabanında bulundurlar. Burada uzman sistem tabiri kullanılmasının sebebi, sistemin bir veya daha fazla uzmanın bilgilerine sahip olarak onun veya onların yerini almaya yönelmesinden dolayıdır. Amaç bir insan uzman gibi veya ondan daha iyi bir uzman sistem geliştirebilmektir. Böylece birçok deneyimli insanın bilgi birikimi, karar mekanizmaları ile birlikte tecrübesiz ya da sınırlı bilgiye sahip kullanıcılara aktarılır. Dolayısıyla sistemin bu özelliği organizasyonlar ve yönetim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Bir uzman sistem iki ana bileşenden oluşur. Geliştirme çevresi ve görüşme çevresi. Geliştirme çevresi sistemin bileşenlerini kurmak ve uzman insan bilgilerini bilgi tabanına girmek için uzman sistemi kuranlar tarafından kullanılır. Görüşme çevresi ise uzman bilgi ve tavsiyelerine ulaşabilmek için uzman olmayanlar tarafından kullanılır. Bir uzman sistemde aşağıdaki bileşenler mevcuttur.

**Bilgi kazanma :** Bazı bilgi kaynaklarından bir bilgisayar programına problem çözümü için bilgi aktarma ve dönüştürme işlemleri yapılır. Potansiyel bilgi kaynakları uzman insanlar, kitaplar, veri tabanları, özel araştırma raporları ve kullanıcının kendi deneyimleri olabilir.

**Veri tabanı :** Bilgi tabanı problemlerin anlaşılması, formülasyonu ve çözümü için gerekli olan tüm bilgileri içerir. Örneğin olaylar ve durumlar hakkında bilgi ve bunlar arasındaki mantıksal ilişki yapılarını ihtiva eder. Ayrıca standart çözüm ve karar alma modellerini de içerir.

**Karar mekanizması :** Uzman sistemin beynidir. Bilgi tabanı ve çalışma alanında bulunan bilgiler üzerine düşünmek için bir metodoloji sunan ve sonuçları biçimlendiren bir bilgisayar programıdır. Bir başka deyişle problemlere çözümler üreten bir mekanizmadır. Burada sistem bilgisinin nasıl kullanılacağı hakkında karar alınır.

**Çalışma alanı :** Giriş verileri tarafından belirlenmiş problem tanımları için hafızanın bir köşesinde bulunan çalışma alanıdır. Bu alan işlemlerin ara seviyelerindeki sonuçları kaydetmek için de kullanılır.

**Kullanıcı arayüzü :** Uzman sistemler, kullanıcı ile bilgisayar arasında probleme yönelik iletişimin sağlanması için bir dil işleyici içerir. Bu iletişim, en sağlıklı doğal dil ile yapılır. Kısaca kullanıcı ara birimi kullanıcının, uzman sistemin çalışması esnasında bilgisayar ekranında gördüğü görüntüdür. Kullanıcı ile bilgisayar arasında bir çevirmen rolünü üstlenmiştir.

**Açıklama :** Uzman sistemleri diğer sistemlerden

farklı yapan bir özelliği de açıklama modülünün olmasıdır. Açıklama modülünden kasıt, kullanıcıya çeşitli yardımların verilmesi ve soruların açıklanması olduğu kadar, uzman sistemin çıkardığı sonucu nasıl ve neden çıkardığını açıklayabilmesidir. Burada uzman sistem karşılıklı soru cevap şeklinde davranışlarını açıklar.

**Düşünme kapasitesini iyileştirme :** Bir uzman insan kendi performansını analiz edebilir, öğrenebilir ve gelecekteki kullanım için onu iyileştirebilir. Sistemlerin de bu tip davranışlar göstermeye ihtiyacı vardır. Sistemin kendini iyileştirmesi öğrenme ile başka bir deyişle yeni veri girişi ile ilgili bir konudur. Sistemlerin bir uzman insan gibi öğrenebilmelerine yönelik çalışmalar sinirsel ağlar üzerinde sürdürülen araştırmalarla devam etmektedir. Amaç bir insan beyni gibi çalışan yapay zekayı geliştirebilmektir.

Uzman sistemlerin ticari olarak yayılmasının önündeki bazı problemler şunlardır :

- İnsanlardan bilgi almak zordur.
- Bilgi her zaman veri tabanına çevrilebilir uygunlukta değildir.
- Uzman sistemler ancak sınırlı sahalarda, bazı durumlarda ise çok sınırlı sahalarda iyi çalışabilirler.
- Yardım için çok sayıda mühendise ihtiyaç gösterir, bu da sistemin maliyetini yükseltir.
- Sistemin maliyeti ve geliştirme süresi engelleyici bir faktördür.
- Herhangi bir uzmanın durum değerlendirmesi için yaklaşımı farklı bile olsa mutlaka doğru olmalıdır.
- Sistem kişisel değerlendirmeler üzerine kurulu olduğu için bilgilerin yanlış olma ihtimali söz konusudur.
- Bilim dalları gelişmeye açıktır bu yüzden uzman sistemlerinde sürekli güncellenmesi gerekir. Ancak bunun için yine uzman kişilere ihtiyaç duyulur.
- Çok tecrübeli bir uzman bile olsa, zaman baskısı altında olduğu zaman iyi bir durumsal değerlendirme yapması zordur.

Bu sınırlamaların üstesinden gelebilmek için yaygın

araştırmalar yapılmakta, böylelikle uzman sistem kullanımı hızla artmaktadır.

## ÜRETİMDE UZMAN SİSTEM UYGULAMALARI

Uzman sistemler mühendislik alanında da yaygın bir kullanım alanı bulmuşlardır. Daha çok üretim mühendisliği ile ilgili olan ve bugüne kadar yapılmış uzman sistem örnekleri kısaca şöyledir:

Bu konuda yapılmış güzel çalışmalardan biri Mookherjee ve Bhattacharyya [2] tarafından geliştirilmiş olan EXTOOL isimli yazılımdır. Bu uzman sistem tornalama ve frezeleme işlemlerinde takım ve kesici uç seçimi yapmak üzere tasarlanmıştır. Program kullanıcıdan iş parçası malzemesi, işlem tipi ve kesicinin giriş açısını girdi olarak almakta, çıktı olarak ise seçilebilecek tüm takım tiplerini resimleri ve tanımlayıcı bilgileri ile sunmaktadır. Buna ek olarak işleme zamanı gibi hesaplamaları yapan yardımcı fonksiyonlar da içermektedir. Wong ve Ark. [3] tarafından yapılan çalışmada program kesme hızı, ilerleme ve paso değerlerini çıktı olarak vermek üzere tasarlanmıştır. Sistemin temeli malzeme sertliği esas girdi alınarak oluşturulmuştur. Bagshaw ve Newman'ın [4] çalışmasındaki ana tema çağdaş küçük üretim sektöründeki üretim hatalarının belirlenmesidir. Bu hatalar kendilerini takım, aparat ya da programlama hatası olarak gösterebilirler. Oluşabilecek hatalar sistematik hatalar ve rasgele hatalar olarak ikiye ayrılmıştır. Hataların teşhisi bir koordinat ölçme bileşeninden gelen sonuçların analizi ile sağlanmaktadır. Sistem 3 eksenli dikey işlemede geçerlidir.

Tornalama işlemi için geliştirilmiş olan OPTIS isimli uzman sistem kesme parametrelerini minimum üretim maliyetine göre optimize etmeye yöneliktir. Bu amaçla ticari veri tabanları kullanılmıştır. OPTIS optimum kesme koşullarını tavsiye ederken takım üreticilerinin tavsiyeleri, iş parçası malzemesi, işleme türü, tezgah özellikleri, takım

bağlama türü ve iş parçası geometrisi dikkate alınır [5]. Özbayrak ve Bell [6] tarafından geliştirilen KBDSS adlı uzman sistem kullanıcıların takım yönetimi ile ilgili karar verebilmeleri için dizayn edilmiştir. İlgili donanım konfigürasyonu için takım stratejilerini olduğu kadar en uygun takım yönetimini de seçecek şekilde dizayn edildiğinden belirli bir takım yönetim problemi üzerine uzman tavsiyesi, kararın prosesi sırasında lojik yardım, en iyi jenerik ya da özel takım yönetimi stratejisi gibi aşamalarda karar yardımları sağlayabilir. Karar kriteri olarak, minimum takım gerekliliği, minimum takım akışı, takım envanteri, maksimum makina kullanımı ve iş parçası üzerinde maksimum harcanacak zaman kullanılır. Chan ve Ark. [7] tarafından yapılan araştırma, Active X teknolojisi kullanılarak Esnek İmalat Sistemi (FMS) tasarımı ile ilgilidir. Çalışmada FMS 'nin otomatik tasarımı için simülasyon ve multi-kriter tekniklerini kullanan birleşik bir yaklaşım kullanılmıştır. FMS tasarımını amaçlayan mantıksal karar destek araçlarının gelişiminin olabilirlik alanı içinde yer aldığı artık bilinmektedir. FMS 'nin tasarımı bir simülasyon yaklaşımı ile çalışmaktadır. Simülasyon yaklaşımı uzman sistem araçları tarafından desteklenmektedir. Tasarım sürecini alternatif dizayn kullanan simülasyon metodlarının test edilmesi oluşturmaktadır.

COROSOLVE isimli yazılım torna, freze ve delme işlemlerinde takım seçme işlemini gerçekleştirmekte ve bunun yanında kesici uçta meydana gelen aşınma tipinin belirlenmesinde kullanıcıya görsel destek sağlamak ve aşınma tipinin giderilebilmesi için tavsiyelerde bulunmaktadır [8,9] Ayrıca hücresel imalat sistemlerinde özellikle başlangıç aşamaları için tavsiyelerde bulunan bir uzman sistem de geliştirilmiştir [10].

## UZMAN SİSTEMLER VE YÖNETİM BİLİMLERİ

US 'ler, modern bilgi sistemleri olmasına rağmen, ancak karar verme kurallarının çok açık ve bilginin güvenilir

olduğu problemlerde başarı ile uygulanabilmektedir. Oysa birçok alanda böyle değildir ve aşağıdaki iki durum gözlenir;

1. Karar verme kuralları ya çok açık değildir ya da bir kural yoktur.
2. Bilgi kısmen yanlıştır.

Son yıllarda bu iki durumdan birinin veya her ikisinin görüldüğü problemlerin çözümünde Uzman Sistemler tam yeterlilik sağlayamamaktadır. Bu nedenle Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ve Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network) gibi yapay zeka teknikleri kullanılmaktadır.

Bir uzman sistem tasarımında bilginin toplanması, veri tabanı oluşturabilecek şekilde sistematize edilmesi ve veri tabanının oluşturulmasından sonra bu veri tabanındaki düzenli bilgiyi işleyebilecek yani kullanıcıdan aldığı (çeşitli ölçme sistemleri ile bilgi alımı kullanıcı olmadan da gerçekleştirilebilir) bilgiler doğrultusunda veri tabanındaki bilgileri yorumlayarak karar verecek ve bu kararı tekrar kullanıcıya sunacak bir yazılıma ihtiyaç vardır. Uzman sistemler karar verme işlemini basit "if-then" koşulları ile gerçekleştirirler. Kullanıcıdan alınan anlık durum için program içerisindeki en uygun şart komutu gerçekleştirilir. Bu yazılımın geliştirilebilmesi yüksek

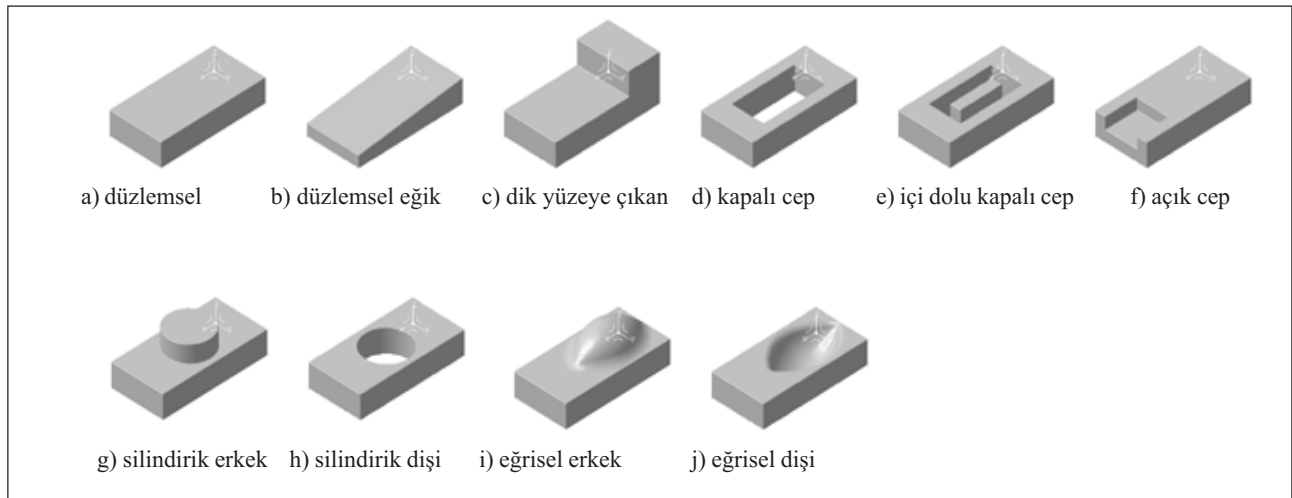
seviyedeki çeşitli programlama dilleri ile gerçekleştirilir. Esas olarak programcı hangi araç ile çalışırsa çalışsın aynı algoritmayı oluşturmak durumundadır. Bu çalışmanın en temel parçası olan uzman sistemin geliştirilmesinde Delphi programlama dili kullanılmıştır.

## GELİŞTİRİLEN UZMAN SİSTEMİN TEKNİK ALT YAPISI

Frezeleme işlemlerinde dikkate alınması gereken temel kuralları tavsiye eden bir uzman sistem geliştirirken özel sektörde çok yaygın bir kullanım alanı olan bu konu hakkında birçok atölye, fabrika ve mühendislik bürosunda kalıp frezeleme üzerine çalışan uzman mühendislerle görüş alışverişinde bulunulmuştur. Bir çok kaynaktan toplanan bilgiler frezeleme hakkındaki teorik bilgiler ile karşılaştırılmış ve sanayiden gelen bilgilerin bilimsel mesnetleri araştırılmıştır.

Yapılan araştırmaların sonucunda kalıp frezeleme işlemlerinde kullanıcıdan alınması gereken girdi bilgileri şunlardır:

1. **İşlenecek yüzey tipi** : Bu bölümde yüzey tipleri, düzlemsel, silindirik ve eğrisel olmak üzere 3 ana başlık altında incelenmiştir. Bu ana şekiller alt şekillere ayrılarak pratikte karşılaşılabilecek tüm yüzey tiplerinin desteklenmesi sağlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Düzlemsel, Dairesel ve Eğrisel Yüzey Tipleri

- 2. İş parçası malzemesi :** İş parçası malzemeleri çelik, paslanmaz çelik ve dökme demir olarak sınıflandırılmıştır.
- 3. İşlem türü :** İşlem türleri kaba, orta ve ince işleme şeklinde 3 gruba ayrılmaktadır.
- 4. Takım malzemesi :** Takım malzemesi olarak küresel uçlu veya parmak frezelerin kullanıldığı uygulamalarda en çok kullanılan takım malzemeleri olan kaplamalı/kaplamasız hız çeliği ve sinterlenmiş karbürler dikkate alınmaktadır.

Bu bilgilerin işlenmesi ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

- 1. Kullanılabilir takım tipleri :** Program bu bölümde yukarıdaki girdilere göre mevcut parçayı işlemek için kullanılacak en uygun takımları tavsiye etmektedir.
- 2. Tavsiye edilen takımın kullanılmasında dikkate alınacak ek bilgiler :** Bu bölümde takım ile ilgili ek bilgiler ve işleme toleransları verilmektedir.
- 3. Bağlama yöntemi :** İş parçasının tezgaha sabitlenmesinde kullanılacak yöntem belirlenmektedir.
- 4. İlerleme yönü :** Aynı yönlü ve karşıt yönlü frezeleme işlemlerinden biri seçilmektedir.
- 5. Frezeleme yöntemi:** Kontur, zig zag, paralel, dairesel, helisel işleme yöntemlerinden biri seçilmektedir.

- 6. Paso ve Ofset :** Parçayı işlemek için en uygun paso ve ofset değerleri verilmektedir.

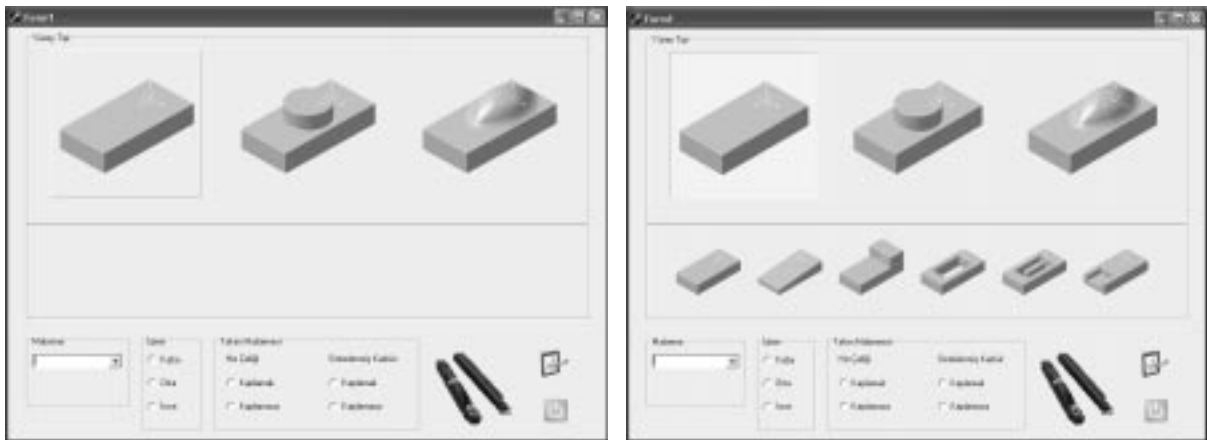
- 7. İşlenecek yüzeyle ilgili dikkate alınacak ek bilgiler :** İşlenecek yüzey tipi ile ilgili önemli başka kurallar var ise (delik işlemlerde talaşın kesme bölgesinden uzaklaştırılması gibi) bunlar kullanıcıya sunulmaktadır.

Geliştirilen uzman sistem kural tabanlı bir sistem olup kurallar kalıp frezeleme konusunda uzman çok sayıdaki mühendis ile yapılan karşılıklı görüşmelerden ve çeşitli CAM programlarının incelenmesi sonucunda elde edilmiştir. Uzman sistem yazılımı geliştirilirken geliştirilen sistemin bir anlamda standartlaşmış uzman sistem yaklaşımına uygun olması da dikkate alınmış ve uzman sistemlerin tüm yeteneklerini sergileyebilmesi sağlanmıştır.

## UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI

Kullanıcıdan istenen ilk bilgi olan yüzey tipinin seçimi Şekil 2'de görülen pencere ile yapılmaktadır. Burada ana yüzey tipinin seçiminden sonra alt yüzey tipleri ekrana gelmekte ve bunlardan duruma uygun olanı seçilmektedir.

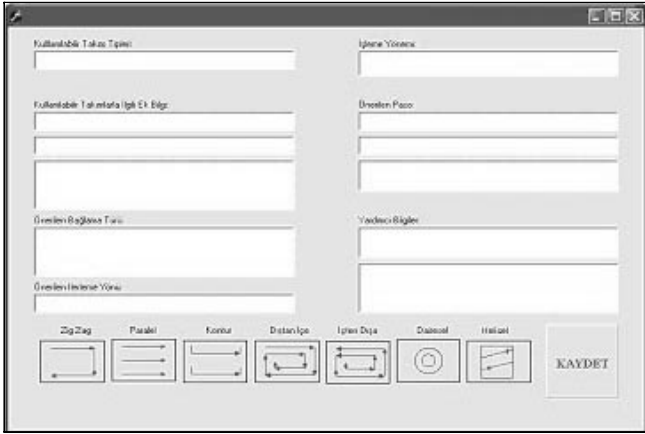
Programda bulunan 10 farklı yüzey tipi pratikte karşılaşılabilecek hemen hemen tüm yüzey tiplerini içermektedir. Esas olarak iş parçalarının tümü bu yüzey



Şekil 2. Ana Yüzey Tiplerinin Seçimi





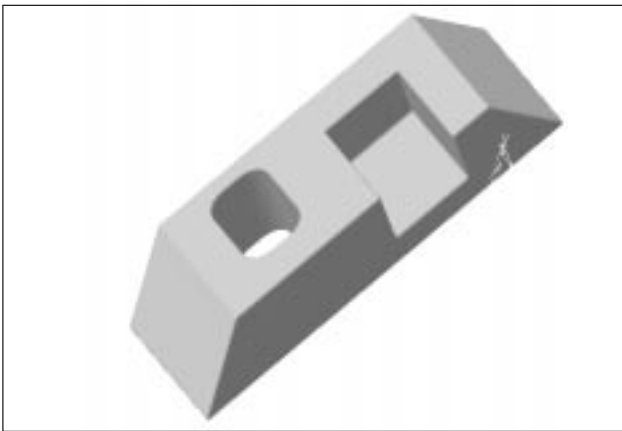


Şekil 5. Veri Girişi Penceresi

yeterli olmayacaktır. Uzman sistemlerin ve esnek programlama metodlarının sürekli gelişimi, önceden yapılmış örneklerinin yapısal olarak geri kalması ve zaman içerisinde yararlılığını yitirmesi de söz konusudur.

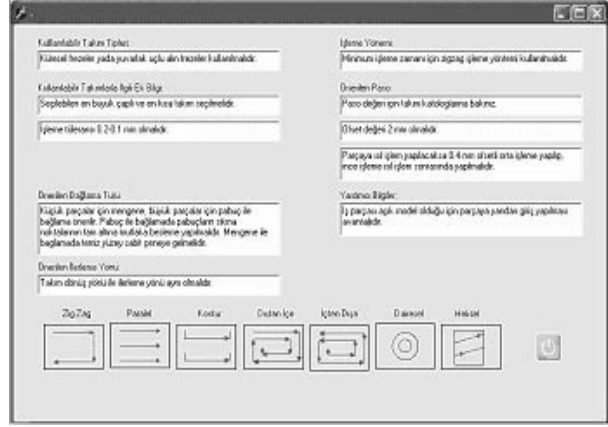
## UYGULAMA ÖRNEĞİ

Uzman sistemin çalışması Şekil 6'daki çelik iş parçasının ince işleme için aşağıda açıklanmıştır. Bu örnek parça programda tanımlanan "düzlemsel", "düzlemsel eğik", "silindirik dişi" ve "açık cep" şeklindeki alt yüzeylerin birleşiminden oluşmaktadır. Programın bu parçayla ilgili öneriler verebilmesi için parçanın her alt yüzeyi programa girdi olarak verilecek ve parça bu alt yüzeyler için verilen tavsiyeler

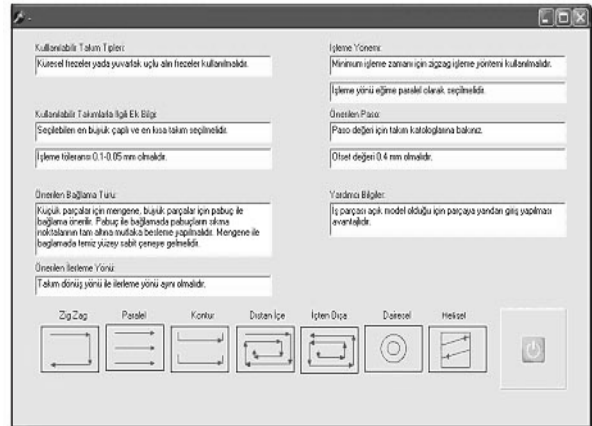


Şekil 6. Programın Çalışmasını Açıklamak İçin Oluşturulan Örnek Parça

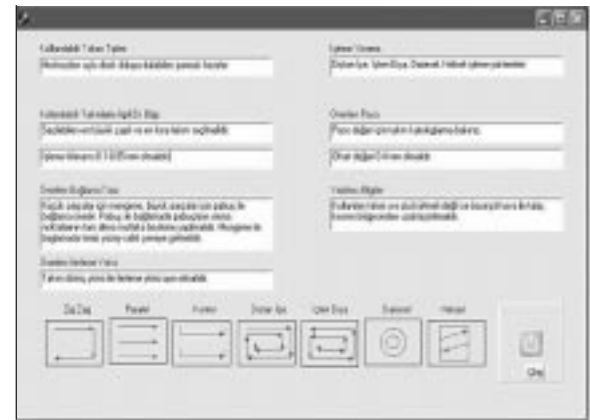
doğrultusunda işlenecektir. Elde edilen sonuçlar programın kendi ekran görüntüsü ile aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



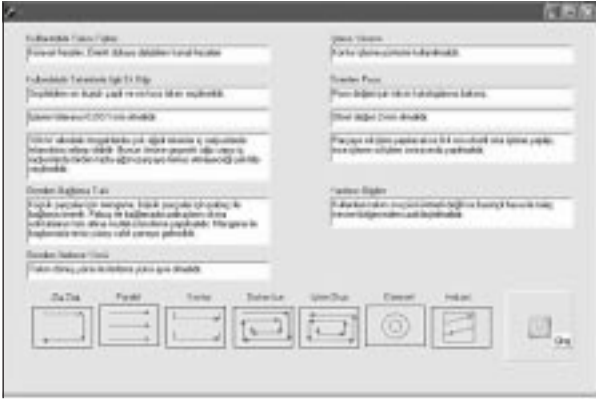
Şekil 7. Düzlemsel Yüzeylerin İşlenmesi



Şekil 8. Düzlemsel Eğik Yüzeylerin İşlenmesi



Şekil 11. Silindirik Dişi Yüzeylerin İşlenmesi



Şekil 12. Açık Cebin İşlenmesi

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada frezeleme işlemiyle, farklı malzemelerin ve farklı geometrilerden oluşan yüzeylerin işlenebilmesi için gerekli, pratik ve konunun uzmanı olan kişiler tarafından bilinen kuralların bir uzman sistem yardımı ile, çalışma hayatına yeni atılan sınırlı bilgiye sahip kullanıcılara aktarılması hedeflenmiştir. Talaşlı imalat üzerine birçok uzman sistem geliştirilmiş olmasına rağmen bu alanda şimdiye dek kayda değer bir çalışma yapılmamıştır. Oluşturulan uzman sistem geliştirilebilecek ve sanayide kullanım alanı bulabilecek bir yazılımdır.

Bu çalışma sadece üç farklı kesici takım malzemesi ve sadece kaplamalı sinterlenmiş karbür ve hız çeliği takımlar için hazırlanan bir yazılımdır. Bu takım malzemeleri takım olarak özellikle küresel takımları ve parmak frezeleri ele alan yazılım için yeterlidir. Bunun nedeni kaplamalı hız çeliği takımların ve sinterlenmiş karbür uçların bu alanda en fazla kullanılan takım malzemeleri olmalarıdır. Ancak yazılımda kullanılan iş parçası malzemeleri sınırlıdır. Bu ise bu çalışmanın bir öncü çalışma olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmanın geliştirilmesi amacı ile farklı iş parçası ve gerekirse takım malzemeleri için çeşitli veriler veri tabanına eklenerek veri tabanının geliştirilmesi sağlanabilir. Ayrıca programın parça

tanıma nesnelere geliştirilerek komple bir parçanın tümü için öneriler veren ve CAM programları ile uyumlu çalışan bir sistem oluşturulabilir.

## KAYNAKÇA

1. Kurt, A. 1998. Uzman Sistem Geliştirmede Endüstri Mühendisliğinin Rolü. Gazi Ü. End. Müh. Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara. s. 126.
2. Mookherjee, R. and B. Bhattacharyya., 2001. "Development of an Expert System For Turning and Rotating Tool Selection in a Dynamic Environment", Journal of Materials Processing Technology, p. 306-311.
3. Wong, S. V., A. M. S. Hamouda and M. A. El Baradie., 1999. "Generalized Fuzzy Model For Metal Cutting Data Selection", Journal of Materials Processing Technology, p. 310-317.
4. Bagshaw, R. W. and S. T. Newman. 2002. "Manufacturing Data Analysis of Machine Tool Errors Within a Contemporary Small Manufacturing Enterprise", Journal of Materials Processing Technology, p. 1065-1080.
5. Mursec, B. and T. PLOJ. 2001. "Expert System Optis For Optimization of Cutting Conditions and Modern Information Systems of Selection of Tools and Cutting Conditions In Cutting Processes", Urednistvo Capopisa Strojartvo, Zagreb. p.1-2.
6. Özbayrak, M. and R. Bell. 2002. "A knowledge-based Decision Support System for the Management of Parts and Tools in FMS", Elsevier Science. p. 1-10.
7. Chan, F. T. S., B. Jianga, H. Tangb and K. Nelson. 2000. "The Development of intelligent Decision Support Tools to Aid the Design of Flexible Manufacturing Systems", International Journal of Production Economics, Volume 65, Issue 1, p. 73-84.
8. Çakır, C. 1998. "Talaşlı İmalat İşlemlerinde Problem Çözücü Bir Uzman Sistem", 8. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, Ankara s.45-54.
9. Çakır, C. 2000. "Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri", Vipaş, Bursa. s. 219-346.
10. Cebeci U. 1994. "Hücreleş İmalatın Başlangıç Aşamaları İçin Uzman Sistem Yaklaşımı", İ.T.Ü. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, İstanbul.