

Ürün Tasarımıyla İlgili Kalite Kontrol Ölçütlerinin Seçiminde Uzman Sistem Yaklaşımı

Selçuk Çebi

Emrullah Demirci

KTÜ, Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü,
TRABZON

Bu çalışmada ürün tasarımında kullanılan kalite kontrol ölçütlerinin aynı anda uygun seçimlerini sağlayan bir uzman sistem tasarımı yapılmıştır. Program, PROLOG diliyle yazılarak çalıştırılmış ve doğruluğu test edilmiştir. Geliştirilen program; üretim yöntemleri, yüzey kaliteleri, geçme türleri ve boyut toleransları gibi kalite kontrol ölçütleri arasında mantıksal ilişki kurarak istenilen ölçütün değerini ve özelliklerini kullanıcıya sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ürün tasarımı, kalite kontrol ölçütleri, uzman sistem.

GİRİŞ

Makina elemanlarının tasarımında göz önüne alınan malzeme, boyut, geometrik şekil, üretim yöntemi gibi tasarım ölçütleri, ürün kalitesini etkilemektedir. Ürün kalitesini oluşturan tasarım, üretim ve kullanım kalitelerinin temelini tasarım kalitesi oluşturur ve diğer ikisinin düzeyini belirler. Bir ürünün belirli bir işlevi yerine getirebilmesi için bu ürünün, tasarım aşamasında belirli standartları ve spesifikasyonları belirlenir. Bu standart ve spesifikasyonların üretim aşamasında gerçekleştirilebilmesi göz önüne alınmalıdır. Çünkü üretim aşamasında kullanılan üretim yöntemleri ve işleme makineleriyle ürünlerin anma (nominal) boyutları elde edilemediğinden bu boyutlara ürünün işlevini yerine getirebilecek ölçüde tolerans bilgileri eklenir. Üretimde izin verilen hatalar olarak bilinen bu toleranslar bazı kurallardan, sembollerden ve tablolardan oluşmaktadır ve literatürde bunları açıklayan bir çok standart bulunmaktadır [1,2].

Ürün tasarımında genel ölçülendirme ve toleranslama işlevi önemli bir yer tutarken geometrik ölçülendirme ve tasarım da bu genel tasarıma ek yeni kavramlar ve uygulamalar içermektedir [3]. Bu çalışmada genel tasarımdaki toleranslama (boyut toleranslama) üzerinde durulacaktır. Makina parçalarının ölçülendirilmesinde kullanılan toleranslar genellikle tolerans tablosundan seçilir. Eş çalışacak parçaların kullanım alanına göre tolerans kalitesi, alıştırma türü, üretim yöntemine göre tolerans seçimi, montaj toleransı ve açısal toleranslar tasarımcının deneyimine bağlı olarak belirlenir. Bu çalışmada tolerans seçimi, sapma değerleri, seçilen toleransın hangi üretim yöntemiyle elde edilebileceği, yüzey kalitesi gibi bilgiler uzman sistem yaklaşımıyla elde edilmeye çalışılmıştır.

Günümüzde bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle mühendislik alanıyla ilgili tolerans konusunda yazılım tabanlı bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatürde yazılım tabanlı tolerans seçimini sağlayan birçok çalışma vardır. Ateş ve Çoğun [2] dBASE IV veritabanında topladıkları tolerans tablosu bilgilerini kullanarak tolerans çıktı değerlerini bulan ve eğitim amaçlı kullanılan bir yazılım geliştirmişlerdir. Levesque [4] mevcut ISO tolerans sistemini inceleyerek toplam toleransı hesaplayan formüller önermiştir. Irani ve diğerleri [5] tolerans tablolarının optimizasyonu ile ilgili çalışmalar yapmışlar ve tolerans yerleştirmesinin optimizasyonu için bir doğrusal programlama modeli geliştirmişler. Ayrıca geliştirdikleri program ile doğrusal tolerans maliyet fonksiyonlarını ve alternatif proses seçimini birleştirmişlerdir. Weill [6] endüstride kullanılabilecek şekilde geliştirdiği programla hem işleme toleranslarının hem de geometrik toleransların belirlenmesini sağlamıştır. Ji ve diğerleri [7] yaptıkları çalışmada proses planlama için işleme boyutlarının ortalama büyüklüklerini hesaplayan ve toleranslara karar veren bilgisayar destekli bir proses planlama sunmuşlardır. Gerth ve Hancock [8] ürün spesifikasyonlarını iyileştirmek için monte-carlo benzetimini kullanarak tolerans analizi yapmışlar ve DC motor imalatında uygulamışlardır. Pan ve Tang [9] ürünlerin açısal özellikleriyle beraber tolerans tablolarını bilgisayar destekli tasarım yöntemiyle incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada tolerans yığılması ile ilgili temel trigonometrik formülleri kullanarak müsaade edilen toleranslara ulaşabilmek için optimizasyon teknikleri geliştirmişler ve maliyet enilemesi yapmışlardır. Tucho ve diğerleri [10] tarafından mekanik sistemlerin görünüş tasarımına yardımcı olan CAD sistemiyle birleştirilmiş bir

uzman sistem programı geliştirilmiş ve öğrencilerin kullanımına sunulmuş.

Yapılan çalışmalarda genellikle bilgisayar destekli olarak tolerans-boyut seçimi, optimizasyonu ve maliyet minimizasyonu (eniyilemesi) üzerinde durulmuştur. Bazı çalışmalarda üretim yöntemleri ile tolerans arasındaki ilişkiler ve bazılarında ise montaj toleransları işlenmiştir. Bu çalışmada üretim yöntemleri, yüzey kaliteleri, geçme türü ve boyut toleransları arasındaki ilişki uzman sistem yardımıyla kurulmakta ve seçilen toleransın hangi üretim yöntemiyle, hangi yüzey kalitesinde olabileceği önerilmekte ve sapma değerleri hesaplanabilmektedir. Böylece ürün tasarımında kullanılan kalite kontrol ölçütlerinin aynı anda uygun seçimleri bir uzman sistem aracılığı ile gerçekleştirilmektedir.

ÜRÜN KALİTESİ

Bir ürünün kalite düzeyini oluşturan birçok faktör vardır. Tüketici istekleri, ürün tasarımı, malzeme, işleme yöntemleri, muayene işlemleri, fiyat, satış politikası gibi bir çok faktör, tasarlanması ve daha sonra üretilmesi gerektiğinden tüm faktörler, tasarım kalitesi ve üretim kalitesi adı altında toplanmışlardır [11]. Tasarım kalitesini bir ürünün boyut, tolerans, ağırlık, hacim, dayanıklılık gibi fiziksel niteliklerle renk, koku, görünüş gibi estetik özellikleri belirler [12]. Tasarım kalitesinin düzeyini, tüketicinin ödediği veya ödeyebileceği para ile kalitenin üretici açısından maliyeti arasındaki denge belirler. Üretim kalitesi ise tasarımda belirlenen kalite özelliklerine üretim sırasındaki uyum derecesidir. Üretim kalitesinin gerçekleştirilmesinde çeşitli maliyetlerin dengelenmesine çalışılır.

Toleranslama

Makina parçalarının tasarımı yapılırken verilen anma (nominal) boyutları malzeme faktörü, üretim yöntemleri, ölçme yöntemleri, insan faktörleri, maliyet faktörleri gibi birçok nedenden dolayı tam olarak üretim aşamasında elde edilemez. Genellikle anma boyutları, boyut, geometrik ve yüzey kalitesi yönünden bir takım sapmalar gösterir. Bu nedenle anma boyutlarına parçanın kullanım yerine göre tolerans bilgileri eklenerek parçanın çalışması sağlanabilmektedir. En genel anlamda müsaade edilen hatalar olarak tanımlanabilen toleransların dar seçilmesi durumunda kalitenin artmasıyla birlikte maliyetin de arttığı, geniş tutulması durumunda ise tersi olduğu bilinmektedir. Sapma olarak da bilinen bu ölçü sınırları parçanın boyutuna ve kullanım alanına göre değişim gösterirler. Sapma değerleri ISO

tolerans tablolarından belirlenir [14,15]. Ayrıca ISO tolerans sisteminde tolerans değerlerine bağlı olarak 01'den 16'ya kadar 18 tolerans kalitesi kabul edilmiştir. Genel bilgi yönünden makina elemanlarının kullanım alanlarına göre tolerans önerileri çeşitli kitap ve standartlarda bulunmaktadır [14,16].

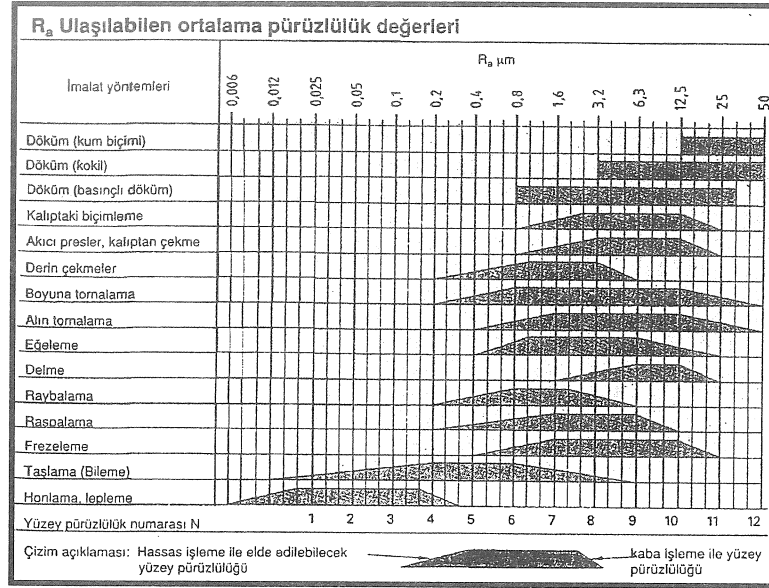
Tolerans konusu genelde boyut toleransı, şekil ve konum (geometrik) toleransları olmak üzere iki kısımda incelenirler. Bu çalışmada geometrik toleranslama başka bir çalışma konusu olmak üzere boyut toleransları ele alınmıştır.

Yüzey kalitesi

Makina parçalarının yüzeylerinin (özellikle çalışan yüzeylerin) hangi pürüzlülük değerine sahip olması gerektiğine tasarımcı karar verir. Parçanın işlevine göre yüzey kaliteleri belirlenirken bu kaliteyi üretebilmek için işleme (üretim) yöntemi de eşzamanda belirlenmelidir. Aynı zamanda hassas olması gereken yüzeylerin kaba, kaba olması gereken yüzeylerin hassas yüzey olarak belirlenmesi maliyeti arttıracak göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle bazı makina elemanlarının hangi yüzey kalitesinde üretileceği çeşitli literatürlerde çizelgeler halinde verilmiştir (DIN 4766). TS 2040'da da ortalama pürüzlülük değeri Ra'ya göre yüzeyler 12 ana sınıfa ayrılmış ve N1, 2, N3,, N12 şeklinde ifade edilmiştir [17]. Ayrıca genel üretim yöntemleriyle elde edilebilecek yüzey kaliteleri DIN4766 TS 2578 ve [18]'de çizelgelerle verilmiş olup bunlardan biri şekil 1'de gösterilmiştir.

Üretim

Belirlenen tolerans ve yüzey kalitesinin mevcut üretim araçlarıyla üretilebilirliği maliyet açısından önemli olmaktadır. Tolerans ve yüzey kalitesinin üretilmesi işlem tipine bağlıdır. Örneğin talaş kaldırmada takım tipi, takım hızı, talaş derinliği, kesme hızı gibi faktörler tolerans kalitesini, yüzey kalitesini ve maliyeti etkilemektedir. Parçaların üretiminde kullanılan üretim yöntemlerinin belli bir yüzey kalitesi ve tolerans sınırları vardır. Tolerans veya yüzey kalitesi belirlendikten sonra üretim yöntemi seçilmelidir (Şekil 1). Örneğin Çizelge 1'de talaş kaldırma işleminde elde edilen tolerans kaliteleri gösterilmiştir. Ayrıca üretim yöntemleriyle elde edilebilecek tolerans kaliteleri [1,18]'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Aynı tolerans ve yüzey kalitesinin elde edilebileceği birden fazla üretim yönteminin olması durumunda maliyet açısından en uygun olanı seçilir.



Şekil 1. Genel üretim yöntemleriyle elde edilebilecek yüzey kaliteleri (DIN 4766) [19].

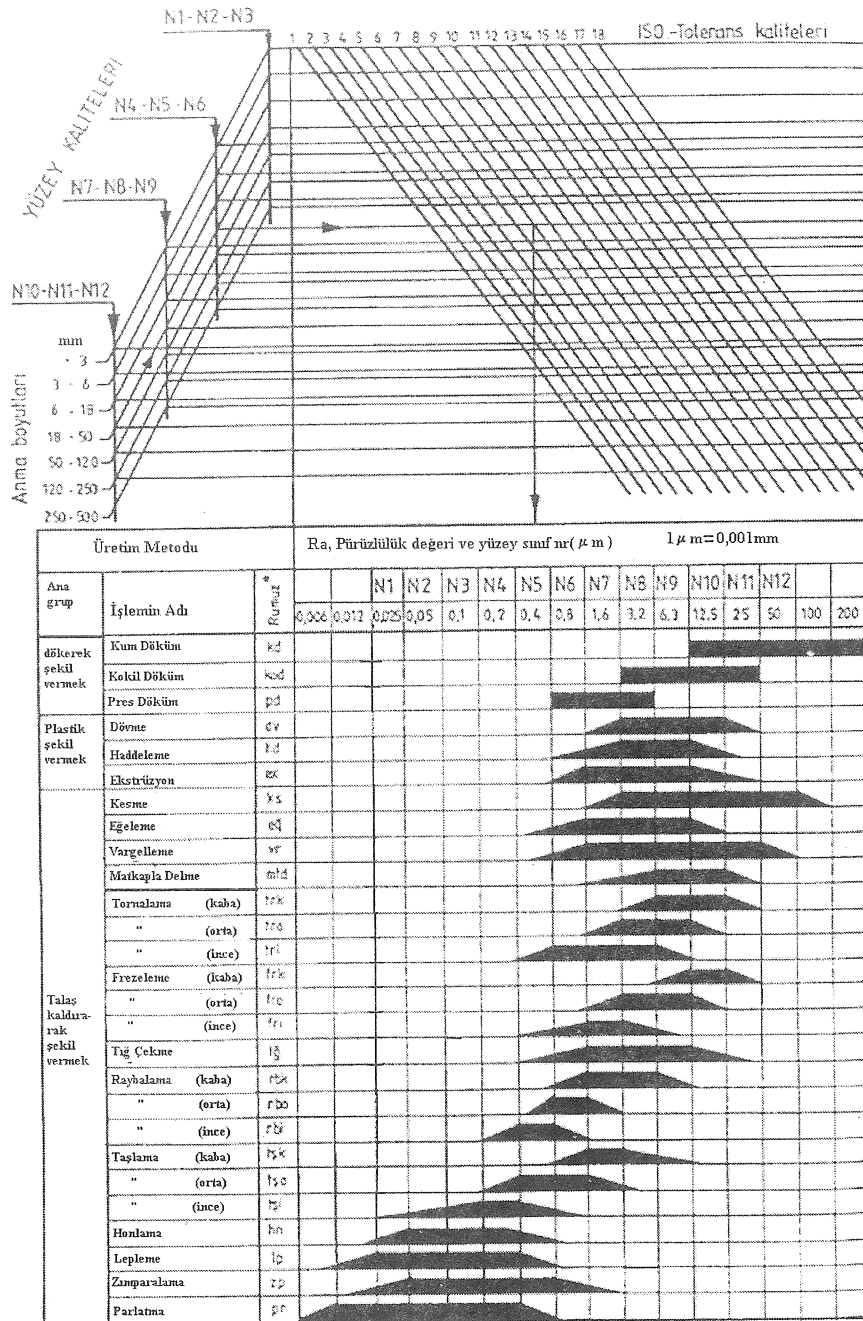
Çizelge 1. Talaş kaldırma işlemlerinde elde edilen kaliteler [20].

Kalite	Talaş Kaldırma İşlemi
IT8	Tornalama, Delme, Frezeleme, Vargelleme, Planyalama
IT7	Broşlama, İnce Taşılama, Raybalama
IT6	Dış ve İç Taşılama, Raybalama
IT5	İnce Taşılama
IT4	Çok ince Taşılama, Lepleme
IT3	Parlatma

Üretim Yöntemi - Yüzey Kalitesi - Tolerans Kalitesi İlişkileri

Tolerans tabloları incelendiğinde tolerans değerleri (sapma değerleri) boyuta göre (çap basamakları veya uzunluklarına göre) değişir. Aynı zamanda tolerans kaliteleri üretim yöntemine göre de değişir. Örneğin hassas tolerans kalitesini üretebilmek için hassas işleme yöntemi kullanılacak ve pürüzlülük değeri küçük (hassas yüzey kalitesi) olacaktır. O halde çeşitli üretim yöntemleriyle üretilen parçaların yüzey kalitesi ve tolerans kalitesi arasında genel bir ilişkinin olduğu söylenebilir [18]. Şekil 2'de üretim yöntemleri, boyut, yüzey kalitesi, tolerans kalitesi

arasındaki ilişki daha değişik bir düzenleme şeklinde verilmiştir. Şekil 2'ye göre tasarımcının belirlediği boyut, yüzey kalitesi ve tolerans kalitesinin hangi üretim yöntemiyle üretilebileceği belirlenebilmektedir veya tersi de yapılabilmektedir. Burada belirlenen çaptaki parçanın seçilen yüzey kalitesinde ve tolerans kalitesinde üretimi, birden çok üretim yöntemiyle yapılabildiği görülmektedir. Bu üretim yöntemlerinden maliyeti en düşük olan ve mevcut üretim yöntemi seçilir. Diğer yöntemler alternatif olarak seçilebilir. Bu çalışmada bu ilişkileri kurabilecek bir uzman sistem programı geliştirilmiştir.



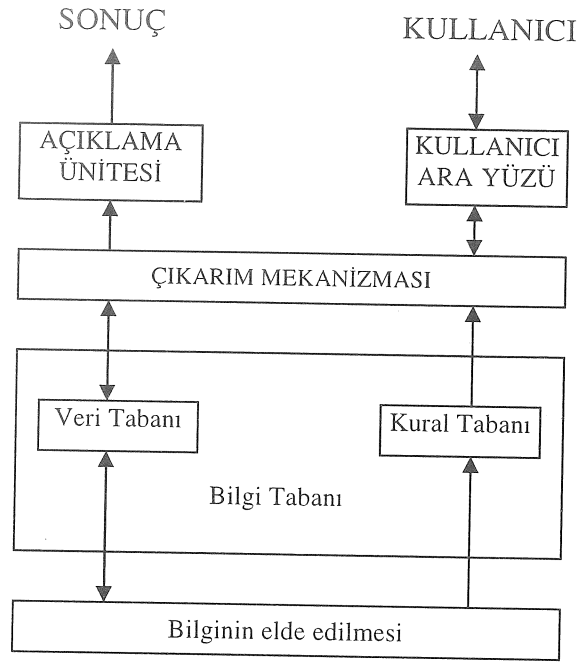
Şekil 2. Üretim yöntemi, boyut, tolerans kalitesi ve yüzey kalitesi ilişkileri (DIN 4764) [17].

UZMAN SİSTEMLER (US)

US'ler yapay zekanın (AI) uygulama alanlarından biri olup özel bir alandaki uzman bilgi gerektiren problemleri çözeblen ve bu bilgileri belli bir formatta temsil edip saklayabilen programlardır. Bir uzman sistemin herhangi bir alanda bir uzman gibi yanıt verebilmesi için, o alanla ilgili uzman bilgileriyle donatılmış olmalıdır. Bu bilgileri bir uzmandan alarak bilgisayar diline dönüştüren bilgi mühendisleri, uzman sistem tasarımcısıdır [21,22].

Uzman sistemin yapısında bulunan çıkarım mekanizması, bilgi tabanındaki bilgilerden yeni bilgiler türeterek bu bilgileri kullanıcıya sunar ve kullanıcının karar vermesine yardımcı olur.

Bir uzman sistemin genel yapısı şekil 3'de görüldüğü gibi çıkarım mekanizması, bilgi tabanı, açıklama ünitesi ve kullanıcı ara yüzü birimlerinden oluşur [22]. Uzman sistemleri oluşturan bu alt birimlerle ilgili birimler [21, 22, 24, 25]' te ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 3. Uzman sistemin genel yapısı.

TOLERANS KALİTESİ - YÜZEY KALİTESİ - ÜRETİM YÖNTEMİ İLİŞKİSİNDE UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI

Parça tasarımı boyut toleranslarının, özellikle alıştırmaların ve tolerans zincirlerinin seçimi üretim bilgisinin de göz önüne alınmasını gerektirmektedir. Parçanın kullanım yerine göre seçilen toleranslar ve alıştırmalar için standart tabloları kullanırken bu tolerans kalitesi için yüzey kalitesinin seçiminde yüzey kalitesiyle ilgili standartlar kullanılır. Ayrıca seçilen tolerans kalitesinin üretimi için üretim yöntemi ya da tezgah seçimi maliyet açısından önemli olmaktadır. Diğer bir deyişle eldeki mevcut üretim yöntemleriyle veya tezgahlarla hangi yüzey kaliteleri ve tolerans kaliteleri üretilebileceği parça tasarımı önemlidir. Bu bilgiler eşzamanlı olarak kullanılarak parça tasarımı yapılmalıdır. Bu bilgileri bilgi tabanında bulunduran, seçilen toleransı hangi tezgahta en ekonomik üretilebileceğini öneren ve alternatif üretim yöntemlerini de verebilen, mantıksal programlama diliyle yazılan bir uzman sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen uzman sistemin yapısı şekil 4' de verilmiştir.

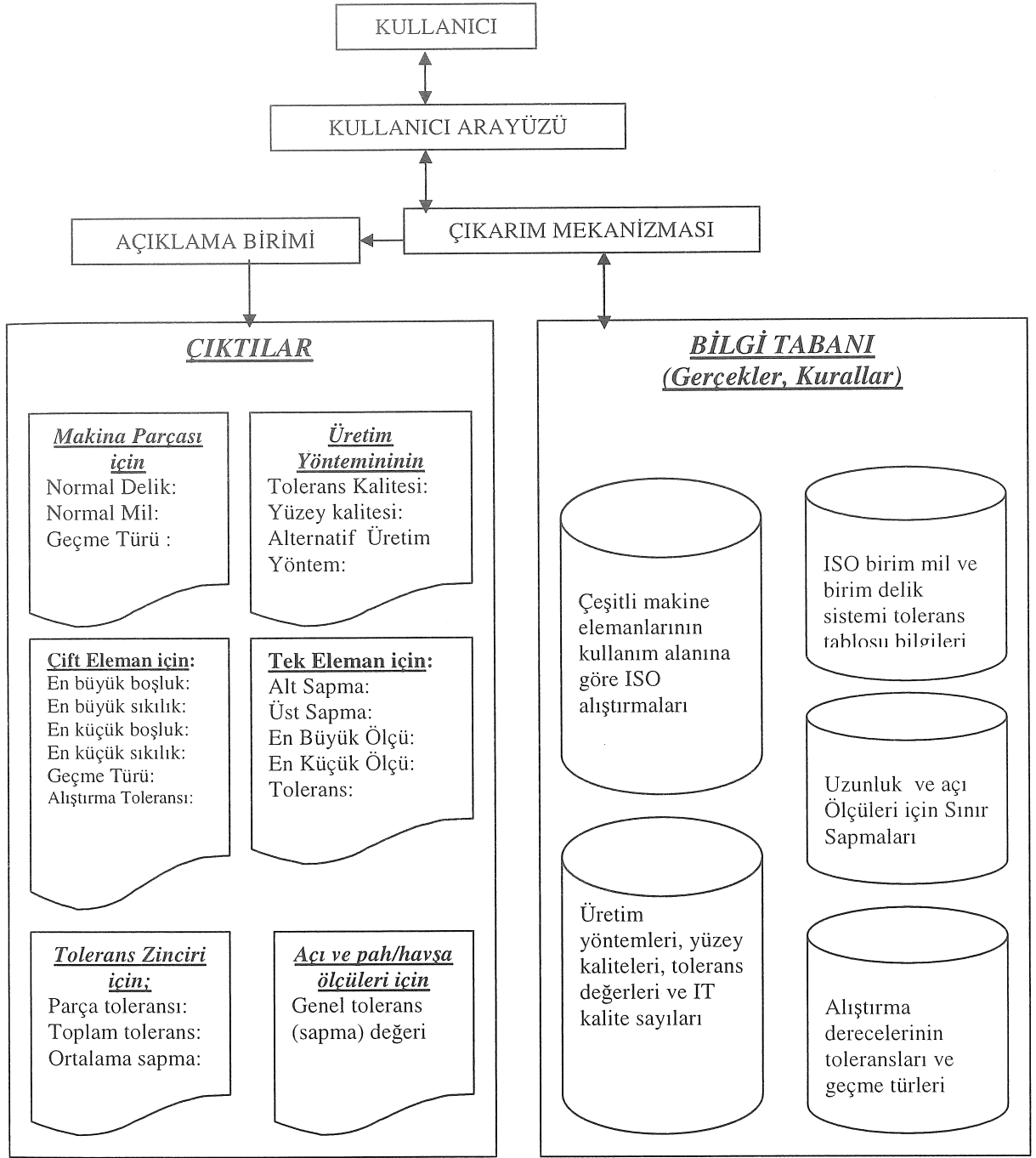
Bilgi tabanı

Problemlerle ilgili alandaki deneyime dayalı bilgilerin (uzman bilgilerinin) saklandığı yerdir. Uzman sistemin en önemli parçalarını oluşturan bilgi tabanı, yeni bilgilerle sürekli genişleyebilen veya eskiyen bilgilerin atılarak güncellenebilen bir yapıya sahiptir [22]. Bu çalışmada bilgi tabanındaki bilgiler, ISO'nun tolerans ve alıştırma sistemiyle ilgili bilgiler

olmaktadır. Bu bilgiler gerçekler ve IF-THEN şekline dönüştürülmüş kurallardır. Çeşitli kaynaklardaki mil/delik toleranslarını içeren tablolar IT kalite sayıları, makine imalatında kullanılan alıştırmalar, tolerans bölgeleri ve anma boyutları; uzunluk ve açı ölçüleri için genel toleranslar; yüzey kaliteleri ve değerleri; üretim yöntemlerinde elde edilebilecek tolerans ve yüzey kaliteleri gibi bilgiler bilgi tabanına aktarılmıştır. Uzman sistem bu bilgileri kullanarak istenilen çaptaki tolerans değerlerini, geçme türlerini ve üretim yöntemini şekil 4'deki gibi çıktı olarak vermektedir. Uzman sistem geriye doğru zincirleme yöntemini de kullanarak temel tolerans bilgilerine de ulaşabilmektedir. Örneğin eldeki mevcut tezgahlarla hangi tolerans ve yüzey kalitesinin üretilebileceği ile ilgili bilgilere ulaşabilmektedir.

Gerçekler: Herkesin kabul ettiği ve ISO tarafından hazırlanan tolerans ve alıştırma sistemleriyle ilgili bilgileri kapsar. Bu bilgiler Prolog programlama diliyle gerçekler (facts) olarak bilgi tabanında bulunmaktadır. Bilgi tabanında yer alan bazı gerçekler aşağıdaki gibi yer almıştır.

- Krank millerinin ana yatakları, piston kolu yatakları, kaygın yataklar için H8/f7 (birim delik sistemi), F8/h9 (birim mil sistemi) toleransları kullanılır.
- Birim delik sistemi için H6/n5 hassas alıştırma derecesi olup çakma geçmez.
- Taşlama işlemi sonucunda kalite sayısı IT5-IT8 ve yüzey kalitesi N4-N7 arasında elde edilir. 25mm lik bir delik çapı için H7 toleransının en büyük sapma değeri +21µm ve en küçük sapma miktarı 0µm dir



Şekil 4. Geliştirilen uzman sistemin yapısı.

Kurallar : Doğruluğu herhangi bir koşula bağlı olan iddiaları içerir. Kurallar IF-THEN şeklinde olup yukarıdaki gerçekleri kullanarak sonuca ulaşmaya çalışır. Bilgi tabanında yer alan bazı kurallar aşağıda verilmiştir.

- **IF** kullanıldığı yer Krank millerinin ana yatakları
OR piston kolu yatakları
OR kaygın yatakları

THEN tolerans değerleri; H8/f7 (birim delik sistemi), F8/h9 (birim mil sistemi)

- **IF** Kalite sayısı IT6-IT10
AND yüzey kalitesi N6-N10 arasında
THEN Üretim Yöntemi Tornalama işlemdir.

- **IF** geçme toleransı H6/n5
THEN Alıştırma Derecesi hassas alıştırma olup çakma geçmedir.

Çıkarım mekanizması

Uzman sistemin bilgi tabanındaki bilgilerden yeni bilgiler üretmek için kullanılan bir alt birimdir. Bir çok yöntemle kurulabilen çıkarım mekanizması ileriye doğru ve geriye doğru zincirleme (akıl yürütme) olmak üzere iki şekilde çalışır. İleriye doğru zincirlemede bilgi tabanındaki kuralların en başından başlayarak (IF cümlesinden) sonuç kısmına (Then cümlesine) ulaşır. Geriye doğru zincirlemede ise sonuçlardan geriye doğru hareket edilerek ara işlemlerin neler olması gerektiği bulunur. Bu çalışmada oluşturulan çıkarım mekanizması bilgi tabanındaki kurallardan uygun olanları seçerek sonuca ulaşır. Örneğin kalite sayısı ve yüzey kalitesiyle ilgili kural çalıştırılınca, bu kurala ait tüm koşullar araştırılır ve uygun olanlar seçilerek sonuca ulaşılır. Aşağıda bununla ilgili bir örnek verilmiştir.

A: Kalite sayısı IT6-IT10 ve yüzey kalitesi N6-N10 arasında

B: IF kalite sayısı IT6-IT10

AND yüzey kalitesi N6-N10 arasında

THEN üretim yöntemi tornalama işlemidir.

C: Sonuç; Üretim yöntemi tornalama işlemidir.

Kullanıcı arayüzü: Kullanıcı ile uzman sistem arasındaki iletişimi sağlayan birimdir. Kullanıcı ile sistem arasında evet/hayır, neden/nasıl sorularıyla, bazen rakamlarla, bazen de iyi/kötü gibi bulanık değerlerle iletişim kurulur.

Açıklama ünitesi : Uzman sistemin sonuca nasıl ulaştığına ilişkin soruların cevaplandığı alt birimdir.

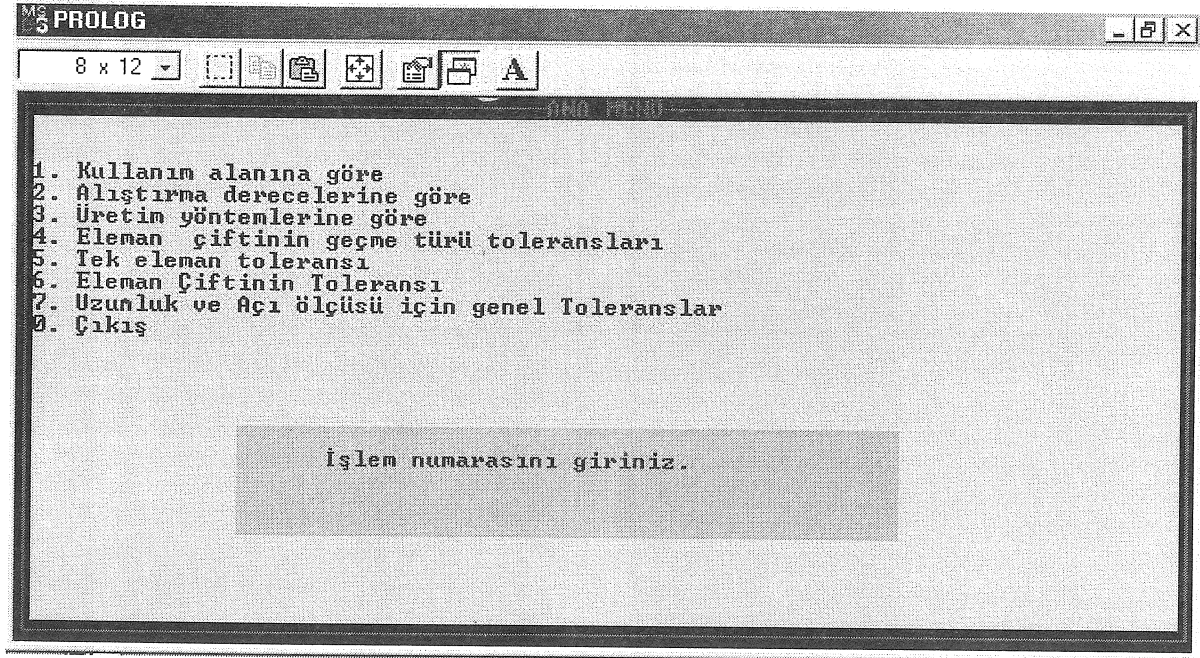
Kullanıcı ulaşılan sonuca nasıl ulaşıldığını "nasıl, neden, niçin" gibi sorular sorarak öğrenebilir.

UYGULAMA

Bu çalışmada kullandığımız bilgiler sayısal ve sayısal olmayan bilgilerdir (tümce şeklindedir). Bu bilgilerin işlenmesinde mantıksal yol izlenmektedir. FORTRAN, PASCAL, C gibi programlama dilleriyle bu bilgilerin mantıksal olarak değerlendirilmesi zor olduğundan, programla için mantıksal bir dil PROLOG programlama dili tercih edilmiştir.

Hazırlanan uzman sistem programı, herhangi bir makina elemanının toleransının belirlenmesinde deneyime dayalı ve standartlara uygun tolerans önerilerini verebilmekte ve parçanın tolerans kalitesinin belirlenmesi durumunda çap değerlerinin (delik/mil) sapma ve max-min değerlerini hesaplayabilmektedir. Program, tolerans ile yüzey kaliteleri analizinde ve üretilmesinde hiçbir tablo gerektirmeyecek şekilde hazırlanmıştır. Programın her aşaması menüleştirilmiş, tolerans analizi ve seçimi bu menüler üzerinden yapılmaktadır. aşağıda programın her bir menüsünde yapılan işlemlere örnekler verilmiş, aynı örnekler klasik yöntemlerle de çözülerek iki yöntem arasındaki farklar vurgulanmaya çalışılmıştır.

Program çalıştırıldığında ilk olarak hangi işlemlerin yapılacağını gösteren şekil 5'deki menü gelir ve bu menü üzerinden istenilen işlem seçilir. Böylece uzman sistem kullanıcı ile etkileşimli olarak çalışmaya başlar.



Şekil 5. Ana menü

Ana menüdeki 1 nolu seçenek girildiği zaman, kullanıcıya makina elemanlarının kullanım alanlarına göre tolerans önerilerini veren bir tablo sunulur. Kullanıcı parçanın kullanım alanını seçerek o kullanım alanıyla ilgili tolerans önerilerini ekrandan alır. Örneğin kolayca çıkarılabilen bir kasnak imalat resmi için tolerans önerilerine ihtiyacı olan tasarımcı programa parçanın kullanım alanını girdiğinde, program uygun tolerans değerini veri tabanında mevcut olan bilgilerden seçerek tasarımcıya sunar. Programın sonuç ekran görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.

Tasarımcı alıştırma derecelerine ihtiyaç duyarsa ana menüden 2 nolu işlemi seçtiğinde istenilen araştırma derecesinin tolerans önerileri program tarafından kullanıcıya sunulmaktadır (Şekil 7).

Programın ilk iki menüsünde yer alan bilgiler, kaynaklarda yer alan bilgi ve önerilerden derlenerek programın bilgi tabanına aktarılmıştır. Bu bilgiler tecrübe sonucu elde edilmiş bilgilerdir. Uzman bir tasarımcı kendi deneyimlerinden faydalanarak aynı sonuca ulaşabilirken, konusunda uzman olmayan bir tasarımcı için aynı bilgiye ulaşmak zor ve zahmetli olacaktır.

Ana menüden 3 nolu işlem seçildiğinde ekrana aşağıda gösterilen başlıklar gelir.

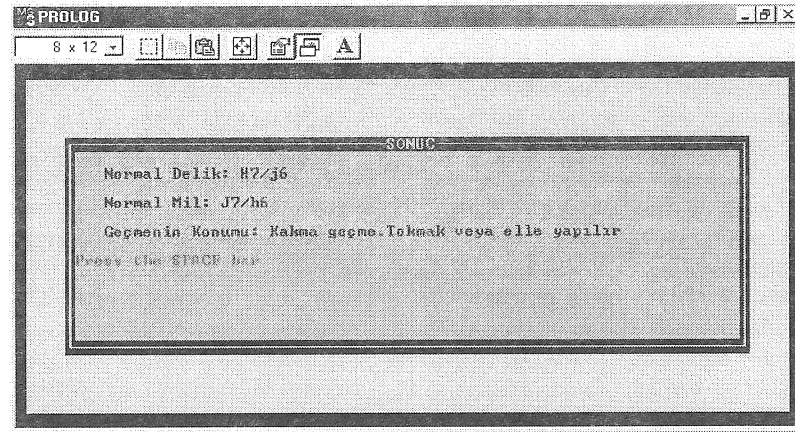
1. Üretim Yöntemlerini Girerek Yüzey Kalitelerini Elde Etme
2. Yüzey Kalite Değerlerini Girerek Üretim Yöntemlerini Elde Etme
3. Yüzey Kalitesi, Çap Değeri ve Kalite Sayısını Girerek Üretim Yöntemlerini Elde Etme

Eğer üretim yöntemi belliyse ve elde edilecek yüzey kaliteleri belirlenmek istenirse karşımıza gelen ekrandan ilk seçenek seçilir. Bu seçenekte program giriş değeri olarak üretim yöntemini girmemizi isteyecektir. Üretim yöntemi girildiğinde, girilen üretim yöntemiyle elde edilebilecek yüzey kaliteleri ve kalite sayıları sonuç olarak programdan alınır. Program sonuca, ilgili kurallar yardımıyla ulaşır. Programda bu alanla ilgili kurallardan biri aşağıda yer verilmiştir.

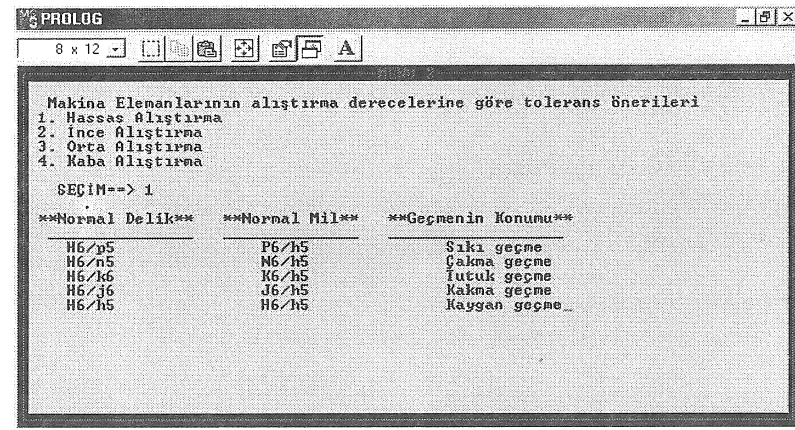
EĞER seçilen üretim yöntemi "Taşlama"

İSE elde edilebilecek yüzey kalitesi "N4-N7" arasında bir değerdir Ve taşlama işlemine ait kalite sayısı ise "IT5-IT8" arasında bir değerdir.

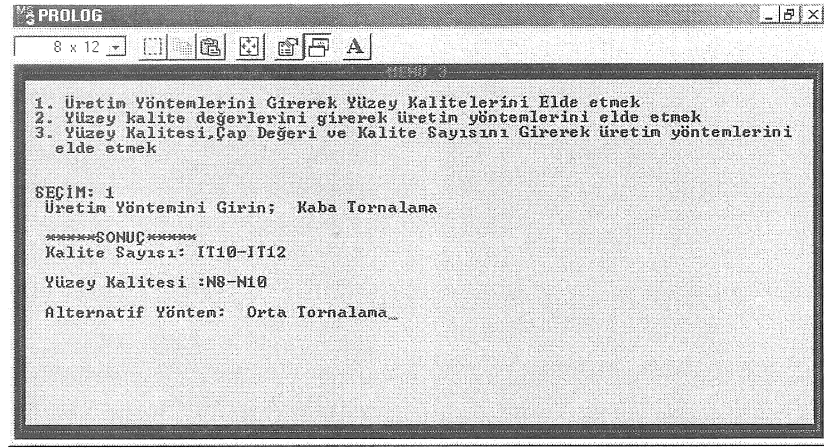
Bu kısımda girilen üretim yöntemine alternatif bir üretim yöntemi varsa, program bunu da kullanıcıya Şekil 8'deki gibi ekranda verir.



Şekil 6. Makina elemanının kullanım alanına göre tolerans önerisi.



Şekil 7. Makine elemanlarının alıştırma derecelerine göre tolerans önerileri.



Şekil 8. Üretim yöntemine göre tolerans ve yüzey kalitesi.

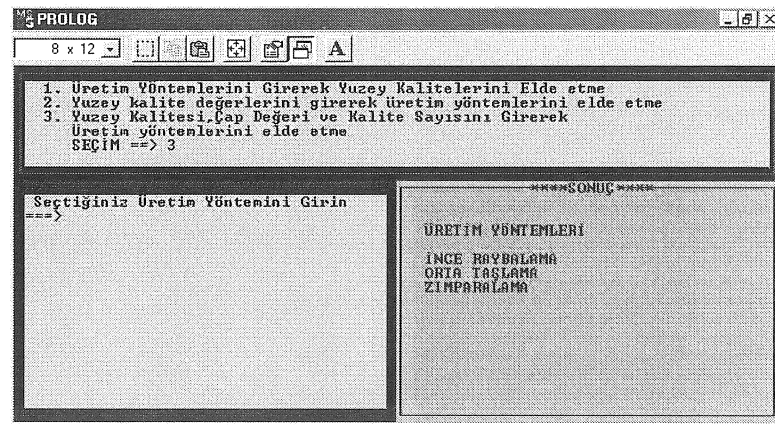
Elde etmek istediğimiz yüzey kaliteleri mevcutsa ve hangi üretim yöntemiyle bu yüzey kalitelerine elde edebileceğimize dair bir öneriye ihtiyaç duyuyorsak üç numaralı menüden (Şekil 5) iki numaralı işlev seçilir (Şekil 8). Bu kısımda program yüzey kalitelerine bağlı olarak üretim yöntemlerini ve seçtiğimiz üretim yöntemine alternatif olabilecek diğer üretim yöntemlerini de vermektedir.

Bu menünün üç numaralı seçeneğinde ise; çap, yüzey kalitesi ve kalite sayısının girilmesi sonucunda (Şekil 8) üretim yöntemleri ve alternatif üretim yöntemleri hakkında öneride bulunur. Üçüncü menü ile ilgili veri tabanı kaynaklarda [1] ve standartlarda yer alan tablolar (DIN 4766T1, DIN 4766T2, DIN ISO 286 T1) kullanılarak elde edilmiştir.

Örneğin tasarımcı 25mm çaplı bir parça için N6 yüzey kalitesini elde edebileceği üretim yöntemine ihtiyaç duyduğunda programın ana menüsünden 3 numaralı işlevden yine 3 numaralı seçeneği seçer ve program kullanıcıya 25mm çap için N6 yüzey kalitesini elde edebileceği üretim yöntemlerini sunar (Şekil 9).

Kullanıcı aynı sonuca ulaşabilmek için şekil 2'de verilen tabloyu kullanması gerekir. Bu tablo

genel bilgileri içeren bir tablodur. Kullanıcı kendi atölyesindeki bilgilere göre tabloyu yeniden düzenlemelidir. Bu da karmaşık bir işlem olduğundan hata yapma olasılığı vardır. Tablo hatasız bir şekilde kullanıldığında, elde edilen üretim yöntemleri ve aynı yüzey değerlerini verebilecek alternatif üretim yöntemleri programın sunduğu sonuç değerleriyle aynı olmaktadır. Bu kısımda kullanıcı üretilecek olan malzemenin geometrik özelliklerini ve atölyede mevcut makinaları bildiği için kendi kriterlerine uygun bir üretim yöntemi seçebilir. Uzman sisteme yüzey kalitesi, kalite sayısı ve çap gibi değerler girildiğinde program giriş kriterlerine uygun tüm üretim yöntemlerini ve alternatif üretim yöntemlerini verir. Bu genel bir yaklaşımdır. Bu nedenle uzman sistem veri tabanları, kullanıcının atölyesinde yer alan makinalar ve bu makinaların işleme özellikleri girilerek hazırlanması durumunda kullanıcının atölyesine daha uygun bir program olur. Çalışmamızda bu kısım genel tutulmuştur. Program sadece girilen yüzey kalitesini temel kriter olarak alır ve istenilen yüzey kalitesinin hangi üretim yöntemleriyle elde edilebileceğini kullanıcıya sunar.



Şekil 9. Çap, yüzey kalitesi ve kalite sayısına bağlı olarak elde edilen üretim yöntemleri sonuç penceresi

Ana menüden 4'nolu işlem seçildiği zaman eleman çiftinin geçme ve tolerans değeriyle ilgili menü ekrana gelir. Bu menüden ilk olarak birim delik/mil sistemi seçimi yapılır ve sonra tolerans değeri girilir. Sonuçta geçme durumuyla ilgili bilgi verilir (Şekil 10).

Ana menüde yer alan beş numaralı bölümde iki farklı işlem yapılabilmektedir. Birincisi, tek bir eleman için, kullanıcı tarafından girilen anma çapı ve tolerans sembolüne bağlı olarak, üst sapma ve alt sapma, parçanın en büyük ve en küçük çapı ve tolerans değerini kullanıcıya sunar (Şekil 11). Bu menüde yapılabilecek ikinci işlem ise programa nominal çap değeri, alt ve üst sapma değerleri girilerek tolerans sembolü, parçanın en büyük ve en küçük çap değerlerine ulaşmaktadır. Burada program, ilk işlemin tersi yönünde çalışarak sonuca ulaşır (geriye doğru zincirleme).

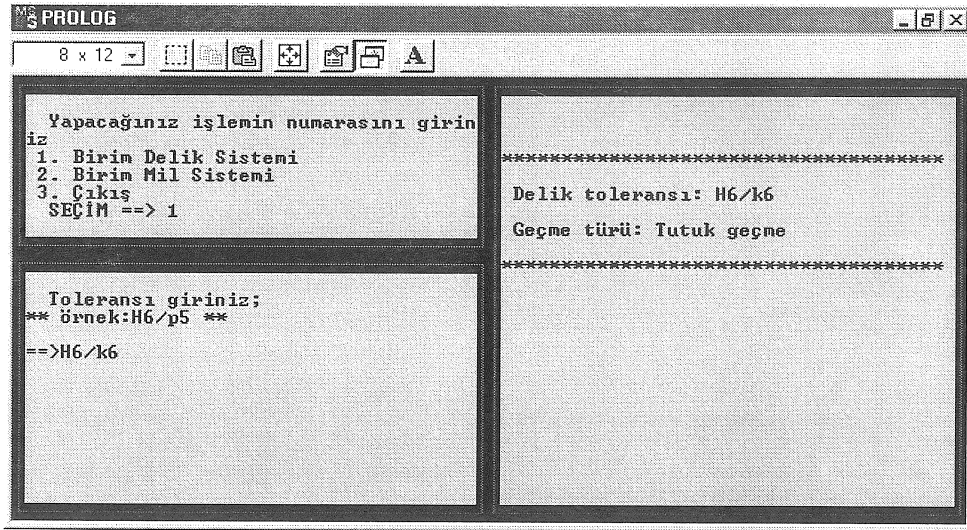
Ana menüden 6 nolu seçenek girildiği zaman eleman çifti için geçme hesabı yapılır. Şekil 12'de görüldüğü gibi açılan menünün sol tarafında yer alan ilk pencerede birim mil veya birim delik sistemlerinden birinin seçilmesi istenir. Seçimden sonra ikinci pencereden çap, delik ve mil toleranslarının girilmesi istenir. Giriş kriterlerine göre program, hem mil hem de delik için en büyük ve en küçük çapı, alıştırma toleransını, geçme türünü ve en büyük boşluk, en küçük boşluk, en büyük sıkılık, en küçük sıkılık değerlerinden uygun olan ikisini geçme türüne göre kullanıcıya sunar.

Hem beşinci hem de altıncı menüde yer alan kurallar ve gerçekler kaynaklarda yer alan formüller

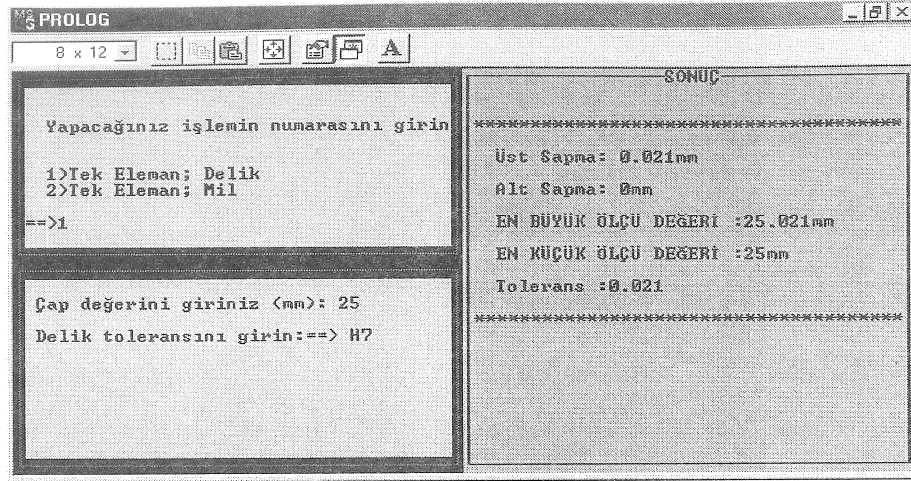
ve standartlarda mevcut olan tablolardan (DIN 7154T1, DIN 7155T1, TS 1845-1, TS 1845-2) faydalanılarak PROLOG diline çevrilmiştir [1, 23].

Ana menüden son olarak 7 nolu işlem seçildiği zaman toleransı verilmeyen uzunluk ve açı ölçüleri için genel toleranslar elde edilir. Şekil 13' de görülen menünün sol tarafındaki ilk pencereden uzunluk/açı ölçüsü seçimi istenir. Seçim yapıldıktan sonra ikinci pencerede parça sayısı, tolerans sınıfı ve parça uzunlukları istenir. Bu değerler girildikten sonra tolerans hesabı sağ taraftaki pencereden verilir.

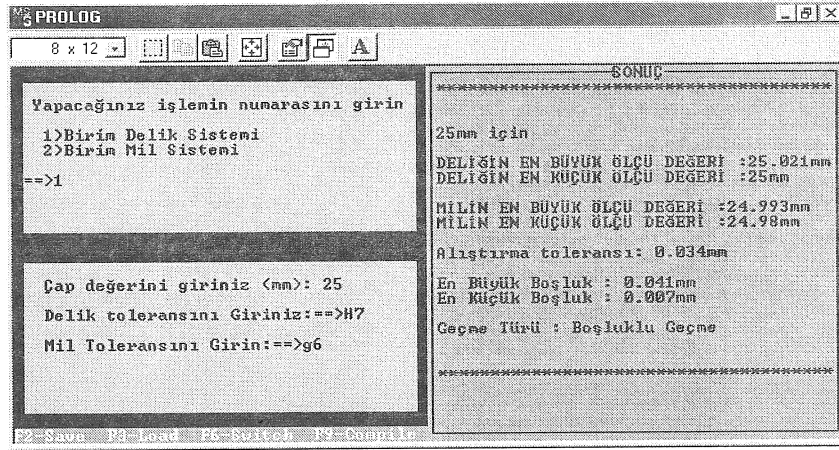
Bu konuda daha önce Ateş ve Çoğun [2] tarafından dBASE IV ile yapılan çalışmada kullanım alanının, alıştırma derecesine, imal usulüne, eleman çiftinin geçme durumu ve tek bir elemana göre tolerans tayini veya önerileri yapılmıştır. Bizim bu çalışmamız PROLOG dili ile geliştirilen uzman sistemle yapılmış ve bu seçenekler genişletilmiştir. Burada farklı olarak Şekil 5' de görülen üçüncü seçenekte, girilen üretim yönteminin olası tolerans kalitesi, yüzey kalitesi ve girilen üretim yönteminin alternatif yöntemi verilmektedir (Şekil 8). Bunun yanında Şekil 5'de uzunluk ve açı ölçüleri için genel tolerans tayini seçeneği eklenmiştir. Bu seçenекle montajı oluşturacak parçaların toleransları ve montaj parçasıyla ilgili varsa açı ölçülerinin toleransları da şekil 13' de görüldüğü gibi tayin edilebilmektedir. Ayrıca geriye doğru zincirleme yöntemi kullanılarak çap ve sapma değerlerinden tolerans kaliteleri, max.-min. çapları ve tolerans gibi ara bilgileri verebilmektedir.



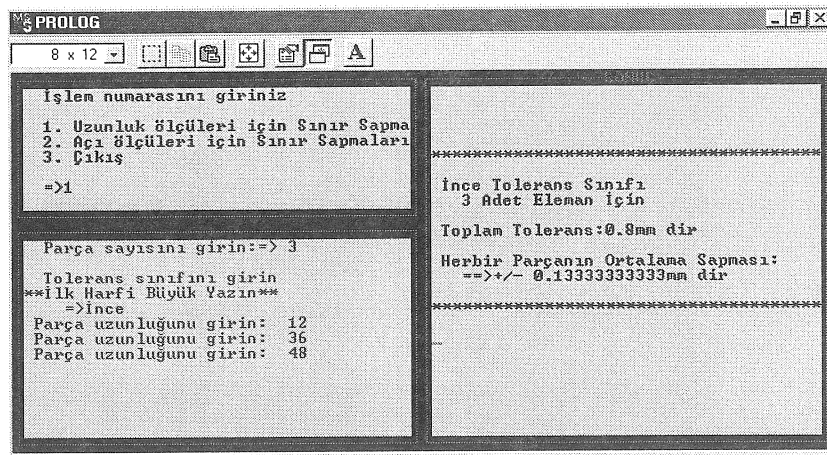
Şekil 10. Eleman çiftinin geçme türünü belirleyen alt menünün görüntüsü.



Şekil 11. Tek eleman toleransını belirleyen alt menünün görüntüsü.



Şekil 12: Eleman çiftinin geçme türünü belirleyen alt menünün görüntüsü.



Şekil 13. Uzunluk ve açı ölçüleri için sapma değerleri.

Bu çalışmada üretim yöntemleri, yüzey kaliteleri ve toleranslar arasındaki ilişkileri içeren bir uzman sistem programı geliştirilmiştir. Eş çalışan parçaların işlevlerini en iyi şekilde gerçekleştirmesi için yüzey kaliteleri ve toleranslar önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle toleranslar ve yüzey kaliteleri tecrübelerle dayanılarak tablolaştırılmış ve standartlarda yer almıştır. Tasarım safhasının son basamağı olan toleranslandırma basamağında bu tablolar sıkça kullanılmaktadır. Özellikle bir çok parçanın montajıyla oluşan ürünlerde toleranslandırma aşaması son derece önem kazanmakta ve dolayısıyla söz konusu tablolara ihtiyaç duyulmaktadır. Standartlarda ve kitaplarda yer alan bir çok bilgi ve çok sayıda tabloların kullanımı; tolerans, yüzey kalitesi ve üretim yöntemlerinin seçimini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle tasarımcıların bu tablo ve kitap bilgilerini kullanırken hata yapma olasılıkları vardır. Ayrıca deneyimli tasarımcılar için bu tabloları kullanmak zaman alıcı olabilir. Oysa günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi yardımıyla kullanıcı hatası ve zaman kaybını birçok uygulamada ortadan kaldırmaktadır.

Bu çalışmada da tolerans seçimi, bu toleransın elde edilebileceği yüzey kalitesi ve üretim yöntemi seçiminde yaşanan sorunları gidermek için bir uzman sistem programı yazılmıştır. Tolerans tablolarında belirtilen değerler ve bu değerleri seçmek için gereken kriterler PROLOG dilinde "gerçekler ve kurallar" a dökülerek bir program geliştirilmiştir. Oluşturulan bilgi tabanı ile konusunda uzman olmayan kullanıcılara tolerans seçme, tolerans analizi, yüzey ve tolerans kalitelerini; bunların üretimi için üretim yöntemini ve alternatif üretim yöntemini belirlemek gibi işlemlerde herhangi bir tablo veya katalog gerektirmeden yardımcı olmaktadır. Geliştirilen uzman sistem programının kullanımı oldukça basit olduğu için tecrübesiz tasarımcıların hata yapma olasılığını azaltmakta ve tüm tasarımcılar için zamandan tasarruf sağlamaktadır. Tasarım safhasında yapılan hatalar ve gereksiz zaman kayıpları üretim maliyetlerini artırıcı etkiye sahiptir. Geliştirilen uzman sistem programının kullanılması, tasarım aşamasının toleranslandırma safhasında meydana gelebilecek hatalardan ve zaman kaybından dolayı artan üretim maliyetlerini azaltacaktır.

Geliştirilen program genel amaçlı olarak hazırlanmıştır. Uzman sistemin herhangi bir atölye için uygulanması durumunda üretim faktörleri, ölçme faktörleri ve insan faktörleri göz önüne alınarak bilgi tabanı yeniden düzenlenebilir. Ayrıca ürün tasarımında diğer bir önemli konu olan geometrik ölçülendirme ve toleranslama başka bir araştırma konusu olduğundan bu çalışmada göz önüne alınmamıştır.

In the presented study, an expert system program has been developed for tolerance selection. As a programming tool, PROLOG programming language is used and the validation of the program is tested. The program which works with users interactively, presents value and features of wanted criteria by establishing logical relations with data about tolerance, surface quality, manufacturing methods, and fitting types.

Keywords: Dimensional Tolerance, Surface Quality, Production Method, and Expert Systems

KAYNAKLAR

1. Akkurt, M., Kalite Kontrol, Birinci Baskı, Birsan Yayınevi, İstanbul, 2002.
2. Ateş, B. ve Çoğun, C., Bilgisayar Yardımıyla Tolerans Seçimi Kavramı ve Eğitim Amaçlı Bir Tolerans Seçimi Yazılımı, Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 2 (1995) 5, 187-199.
3. Karabay, M., Tasarımda Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslama, MATİM, Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 4 (2001) 1, 20-32.
4. Levesque, B., A Continuous Tolerance System, Precision Engineering, 19 (1996), 19-27.
5. Irani, S.A., Mittal, R.O., Lehtihet, E.A., Toleranced Charts Optimization, International Journal of Production, 27 (1989) 9, 1531-1552.
6. Weil, R., Integrating Dimensionin and Tolerancing in Computer- Aided Proses Planing, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 4 (1988) 1-2, 41-48.
7. Ji, P., Ke M. And Ahluwalia, R.S., Computer-Aided Operational Dimensioning For Process Planning, Int. J. Mach. Tools Manufact., 35 (1995) 10, 1353-1362.
8. Gerth, R.J. and Hancock, W. M., Computer Aided Tolerance Analysis For Improved Proccess Control, Computers and Industrial Engineering, 38 (2001), 1-19.
9. Pan, Y.R. and Tang, R., Computer-Aided Tolerance Charting for Products with Angular Features, Int. J. Adv. Manuf. Technol 17 (2001), 361-370.
10. Tucho, R., Sierra, J.M., Vijande, R. and Moris, G., Expert tutoring system for teaching mechanical engineering", Expert Systems with Applications, 24 (2003), 415-424.
11. Kobu, B., Endüstriyel Kalite Kontrolü, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları No: 113, İstanbul, 1981.
12. Groover, M.P., Fundamentals of Modern Manufacturing, Prentice-Hall International, Inc., 1996.

13. Pham, D.T. and Ji, C., A Concurrent Design System for Machined Parts, Proc. Inst. Mech. Engrs., Vol:213 Part B, 841-846,1999.
14. TS 5414, Tolerans Sistemleri- Makine İmalatında Kullanılan Alıştırırmalar, Tolerans Bölgeleri ve Anma Boyutları, Aralık 1987.
15. TS 1980-1, Genel Toleranslar-Bölüm:1- Toleransı verilmemiş Uzunluk ve Açı ölçüleri için Toleranslar, Temmuz 1995.
16. Bağcı, M. ve Bağcı, C., Temel Teknik Resim- Cilt I, Baylan Basım ve Ciltevi, Ankara, 1973.
17. Şen, İ. Z. ve Özçilingir, N., Temel Teknik Resim, Ders Kitapları Anonim Şirketi. İstanbul, 1999.
18. Kalpakian, S., Manufacturing Engineering and Technology, Adisson-Wesley Publishing Company, 1994.
19. Çev.Ö.Kulaksız, Metal Mesleğinde Tablolar, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 2000.
20. Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Talaşlı İmalat, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1998.
21. Waterman, D.A., A Guide to Expert System, First Edition, Addison-Wesley Publishing Company,1986.
22. Allahverdi, N., Uzman Sistemler: Bir Yapay Zeka Uygulaması, Birinci Baskı, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002.
23. Akkurt, M., Makina Elemanları, Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1990.
24. Giarratano, J. and Riley, G., Expert Systems Precibles and Programing, PWS-KENT Publishing Company, 1989.
25. Turban, E., Decission Sypport and Expert Systems, Macmillan Publishing Company, 1988.