

156 054

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÜRÜN TASARIMINDA KALİTE KONTROL ÖLÇÜTLERİNİN SEÇİMİ İÇİN  
BİR UZMAN SİSTEM GELİŞTİRME

Mak. Müh. Selçuk ÇEBİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"Makina Yüksek Mühendisi"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19.07.2004

Tezin Savunma Tarihi : 16.08.2004

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Levent GÜMÜŞEL

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ercan KÖSE

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

Trabzon 2004

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada ürün tasarımında kullanılan kalite kontrol ölçütlerinin aynı anda uygun seçimlerini sağlayan bir uzman sistem tasarımı yapılmıştır. Program uzman sistem geliştirme dillerinden PROLOG diliyle yazılarak çalıştırılmış ve doğruluğu test edilmiştir

Bu çalışma, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne “Ürün Tasarımında Kalite Kontrol Ölçütlerinin Seçimi için Bir Uzman Sistem Geliştirme ” adı altında Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışma konusunu belirlememde yardımcı olan ve çalışmalarım süresince hem görüş hem de önerileriyle beni yönlendirerek desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç.Dr. Emrullah DEMİRCİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, çalışmamın tamamlanmasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Vasif V. NABIYEV'e, Yrd. Doç Dr. Tülin Araz'a ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Selçuk ÇEBİ  
Trabzon 2004

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Araştırması ve Tezin Amacı.....	1
1.3. Yapay Zeka (YZ) ve Uzman Sistemler.....	8
1.3.1. Yapay Zeka.....	8
1.3.2. Uzman Sistemler (US).....	9
1.3.2.1. Bilgi Mühendisi.....	10
1.3.2.2. Uzman Sistemlerin Yapısı.....	10
1.3.2.3. Uzman Sistem Geliştirme.....	13
1.3.2.4. Uzman Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları.....	15
1.3.2.5. Uzman Sistemlerin Uygulama Alanı.....	17
1.4. Toleranslar ve Yüzey Kaliteleri.....	18
1.4.1. Boyut Toleransları ve Geçmeler.....	19
1.4.1.1. Genel Kavramlar.....	19
1.4.1.2. ISO Tolerans Sistemi.....	24
1.4.2. Yüzey Kaliteleri.....	28
1.4.3. Üretim Metotları, Yüzey Kaliteleri, Boyut Toleransları ve Pürüzlülük İlişkileri.....	32
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	36
2.1. Materyal ve Yöntem.....	36
2.2. PROLOG ile Uzman Sistem Geliştirme.....	36

2.2.1. PROLOG'un Yapısı.....	38
2.2.2. PROLOG'un Mantığı.....	39
2.2.3. PROLOG'un Kısıtlamaları.....	40
2.3. Geliştirilen Programın Bileşenleri.....	40
2.4. Geliştirilen Programın Yapısı.....	43
2.4.1. Kullanım Alanlarına Göre Tolerans Önerileri.....	45
2.4.2. Alıştırma Derecelerine Göre Tolerans Önerileri.....	47
2.4.3. Üretim Yöntemlerinin ve/veya Yüzey Kalitelerini Belirleme.....	47
2.4.4. Eleman Çiftinin Geçme Türünü Belirleme.....	49
2.4.5. Tek Eleman Toleransını Belirleme.....	50
2.4.6. Eleman Çiftinin Toleransını Belirleme.....	50
2.4.7. Uzunluk ve Açık Ölçüleri İçin Toleransların Belirlenmesi.....	51
3. BULGULAR.....	54
3.1. Kullanım Alanlarına Göre Tolerans Önerileri.....	55
3.2. Alıştırma Derecelerine Göre Tolerans Önerileri.....	55
3.3. Üretim Yöntemlerine Göre Tolerans Önerileri.....	56
3.4. Eleman Çiftinin Geçme Türü Tolerans Önerisi.....	59
3.5. Tek Eleman Toleransı.....	60
3.6. Eleman Çiftinin Toleransı.....	61
3.7. Uzunluk ve Açık Ölçüleri için Tolerans Önerileri.....	62
4. İRDELEME.....	64
5. SONUÇLAR.....	68
6. ÖNERİLER.....	70
7. KAYNAKLAR.....	71
8. EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	103



## ÖZET

Makina parçalarının tasarımında parçanın fonksiyonuna göre belirlenen toleransların en ekonomik yöntemlerle üretilmeleri gerekir. Bu nedenle tasarım aşamasında tasarımcıya büyük sorumluluklar yüklenmektedir. Bu çalışmada tasarımcıya tolerans analizi ve sentezi konusunda yardımcı olacak bir uzman sistem programı geliştirilmiştir. Programın yazımında uzman sistem geliştirme ve mantıksal programlama dillerinden PROLOG kullanılmıştır. Geliştirilen program düşük özellikli bir PC'de çalıştırılabilmektedir.

Genel amaçlı olarak geliştirilen uzman sistem bilgi tabanı ve çıkarım mekanizması olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Uzman sistemin bilgi tabanı bileşeni, ISO alıştırmaları, tolerans tabloları, üretim yöntemleri ve yüzey kaliteleri gibi bilgileri içermektedir. Bilgi tabanında yer alan bilgiler, kurallar ve gerçekler şeklinde ifade edilmiştir. Geliştirilen programın diğer bileşeni olan çıkarım mekanizması ise kullanıcının isteğine bağlı olarak veri tabanından gerekli bilgiyi bulan, bulduğu bilgiyi kullanan ve sonuç değerlerini elde ederek kullanıcıya sunan IF-THEN şeklindeki kurallardan oluşmaktadır.

Kullanıcıyla etkileşimli olarak çalışan uzman sistem, parçanın kullanım yerine ve boyutuna (istenilen çapa veya uzunluğa) göre bir tolerans önermekte; önerilen toleransların hangi yüzey kalitesinde ve hangi üretim yöntemiyle (döküm, plastik şekil verme, talaşlı imalat) işlenebileceğine hızlı bir şekilde karar verebilmektedir. Ayrıca uzman sistem programı, mil çapı ve pürüzlülük değeri hesaplanan makina elemanlarının (örneğin mil-zarf tasarımında) hangi tolerans grubuna veya alıştırmaya türüne uygun olduğunun tespitinde ya da standartlaştırılmasında kullanıcıya yardımcı olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Boyut Toleransı, Yüzey Kalitesi, Üretim Yöntemi, Uzman Sistem

## SUMMARY

### **An Expert System Developed for Choosing Criteria Of Quality Control In Production Design**

In design of machine components, tolerances selected in terms of machine component function must be manufactured with the most economic methods. Therefore, designers have an important duty in design stage. In this study, an expert system program has been developed that helps designers in tolerance analysis and tolerance synthesis. This expert system program is developed by using PROLOG, one of the expert system language and the logical programming language. The program is suitable for all P.C.'s.

The expert system which is developed for general usage, consists of knowledge base and inference engine. The knowledge base includes knowledge such as ISO fits, tolerance tables, manufacturing methods, and surface quality. Inference engine, the other component of the expert system program, consists of IF-THEN rules which reach the knowledge required in knowledge base, use the knowledge reached in knowledge base, and also show the obtained results.

The expert system program which works with users interactively, suggests a tolerance in terms of dimensional and functional usage of the machine components and determines which surface quality and which manufacturing method (casting, plastic deformation, finishing) are needed to obtain quickly the tolerance suggested before. Moreover, this expert system will help users determine or standardize which type or tolerance group is suitable for machine components, of which shaft size and roughness values are calculated.

**Keywords:** Dimensional Tolerance, Surface Quality, Production Method, Expert System

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Uzman sistemlerin yapay zeka ile ilişkisi.....	9
Şekil 2. Uzman-bilgi mühendisi-uzman sistem arasındaki ilişki.....	10
Şekil 3. Bir uzman sistemin genel yapısı.....	11
Şekil 4. Geriye doğru zincirlemeye bir örnek.....	12
Şekil 5. İleri Doğru Zincirlemeye bir örnek.....	13
Şekil 6. Uzman sistem kurma araçları.....	14
Şekil 7. Uzman sistemlerin uygulama alanları.....	17
Şekil 8. Toleransların açıklaması.....	19
Şekil 9: Sıfır çizgisi ve tolerans bölgeleri.....	20
Şekil 10. Toleransların simgesel olarak gösterimi.....	21
Şekil 11. Geçmeler.....	22
Şekil 12. Geçmelerin gösterimi.....	23
Şekil 13. Tolerans bölgelerinin temel konumları.....	27
Şekil 14. Yüzey pürüzlülüğü.....	28
Şekil 15. Profil sapmalarının aritmetik ortalaması, Ra.....	29
Şekil 16. Tolerans ve yüzey kaliteleri ilişkisi.....	33
Şekil 17. Geleneksel dillerde program yazmak için kullanılan yöntem.....	37
Şekil 18. Prolog dilinde program yazmak için kullanılan yöntem.....	37
Şekil 19. Geliştirilen uzman sistemin bileşenleri.....	41
Şekil 20. Bilgi tabanı ve değişkenler.....	43
Şekil 21. Programın çalışma esaslarına göre akış diyagramı.....	44
Şekil 22. Programın ana menüsü.....	53
Şekil 23. Kullanım alanları.....	54
Şekil 24. Kullanım alanlarına göre tolerans önerilerinin yer aldığı sonuç penceresi .....	55
Şekil 25. Alıştırma derecelerine göre tolerans önerileri.....	56
Şekil 26. Üretim yöntemleri ve yüzey kaliteleri arasındaki ilişki.....	56
Şekil 27. Kaba tornalama işlemi için yüzey kalitesi önerileri.....	57
Şekil 28. İlerleme miktarının hesabı.....	58

Şekil 29. Yüzey kalitesine bağlı olarak elde edilen üretim yöntemleri sonucu.....	58
Şekil 30. Çap, yüzey kalitesi ve kalite sayısına bağlı olarak elde edilen üretim yöntemleri sonuç penceresi.....	59
Şekil 31. Eleman çiftinin geçme türünü veren pencere.....	60
Şekil 32. Tek eleman toleransı.....	61
Şekil 33. Eleman çifti toleransları.....	62
Şekil 34. Uzunluk ve açı ölçüleri için sınır sapmaları.....	63
Şekil 35. Üç parçalı montajdaki parça uzunlukları.....	66



## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kalite sınıflarına ait k değerleri.....	24
Tablo 2. ISO kaliteleri için temel toleranslar.....	25
Tablo 3. İmalat kalitesinin kullanım alanları.....	26
Tablo 4. Talaş kaldırma işlemlerinde elde edilen kaliteler.....	26
Tablo 5. Ra ortalama pürüzlülük değerleri ve N sınıf numaraları DIN 4766T2.....	30
Tablo 6. Bazı tasarımlar için gerekli yüzey pürüzlülük değerleri.....	31
Tablo 7. Üretim Yöntemleriyle elde edilen yüzey kaliteleri.....	32
Tablo 8. Kesici takım uç kavisi ve yüzey pürüzlülüğüne göre 1 devirdeki ilerleme miktarı.....	34
Tablo 9. Üretim yöntemi, boyut, tolerans kalitesi ve yüzey kaliteleri ilişkileri (DIN 4764).....	35
Tablo 10. Uzunluk ölçüleri için sınır sapmalar.....	52
Tablo 11. Açı ölçüleri için sınır sapmalar.....	52
Tablo 12. Hassas alıştırma derecesi ve karşılıkları.....	64
Tablo 13. Sapma değerleri.....	66
Ek Tablo 1. Endüstride Kullanılan Uzman Sistemler.....	76
Ek Tablo 2. ISO Toleransları.....	78
Ek Tablo 3. Makine yapımında tercih edilen ISO alıştırma dereceleri.....	80
Ek Tablo 4. ISO alıştırma dereceleri ve karşılıkları.....	81

## SEMBOLLER DİZİNİ

- $A_a$  : Delik için alt sapma  
 $A_u$  : Delik için üst sapma  
 $a_a$  : Mil için alt sapma  
 $a_u$  : Mil için üst sapma  
 $B_{maks}$  : En büyük boşluk  
 $B_{min}$  : En küçük boşluk  
 $d$  : Nominal çap  
 $D_{maks}$  : Deliğin maksimumu çapı  
 $D_{min}$  : Deliğin minimum çapı  
 $d_{maks}$  : Milin maksimumu çapı  
 $d_{min}$  : Milin minimum çapı  
 $f$  : Bir devirdeki ilerleme miktarı  
 $L$  : Ölçülen örnek uzunluğu  
 $n$  : Ölçülen sapma adeti  
 $O_s$  : Ortalama sapma  
 $P_s$  : Parça sayısı  
 $S_{maks}$  : En büyük sıklık  
 $S_{min}$  : En küçük sıklık  
 $S_p$  : Sapma miktarı  
 $T$  : Geçme toleransı  
 $T_M$  : Mil toleransı  
 $T_D$  : Delik toleransı  
 $y_i$  : Profil üzerindeki noktaların ortalama çizgiye olan mesafesi  
 $y_{2i}$  : Ortalama çizgiye paralel olarak seçilen referans çizgisinden girinti uç noktalarına olan uzaklık  
 $y_{2i+1}$  : Ortalama çizgiye paralel olarak seçilen referans çizgisinden çıkıntı tepe noktalarına olan uzaklık

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

Makina elemanlarının tasarımında göz önüne alınan malzeme, boyut, geometrik şekil, üretim yöntemi gibi tasarım ölçütleri ürün kalitesini etkilemektedir. Üretilen bir parçanın belirli bir işlevi yerine getirebilmesi için eş çalışacak parçayla birlikte belirli kriterleri sağlaması gerekmektedir. Tasarım gereksinimlerinin imalatçı tarafından anlaşılmasını kolaylaştırmak ve imalatın doğru yapılabilmesi için bir metot geliştirilmiştir. Bu metot bazı kurallardan, sembollerden ve bunların gösteriminden oluşmaktadır. Söz konusu ölçütler standartlarda tablolar halinde verilmiştir. İşleme ile oluşan yüzey kalitesi, tolerans kalitesi ve üretim kalitesi gibi kalite kontrol ölçütlerinin seçiminde bir çok tablo ve sembol kullanılmaktadır. Bu tablolar ISO tarafından hazırlanmış ve standartlarda belirtilmiştir.

Günümüzde her alanda uzmanlara ihtiyaç vardır. Uzman, bir konu üzerinde bilgi ve deneyim sahibi olan kişidir. Veri tabanında uzman bilgisini içeren ve bu veri tabanını kullanarak sonuca ulaşan programlara Uzman Sistem denir. Uzman sistemler, problemin çözümü için ilgili kişiye veya kullanıcıya danışmanlık yapan bilgisayar programı olarak tanımlanabilir.

Bilgisayar teknolojisinin hem yazılım hem de donanım alanında ilerlemesiyle birlikte hemen her alanda uzman sistem uygulamalarına rastlamak mümkündür. Özellikle tıp alanında çok sayıda uzman sistem örnekleri mevcuttur. Yabancı para değerinin takibi, yatırım danışmanlığı, kredi yönetimi ve müşteri değerlendirme, faiz karşılığında ödünç para alma işlemlerini onaylama, sigorta risklerini değerlendirme ve yatırım fırsatlarını değerlendirme gibi alanlarda uzman sistem kullanımı yaygınlaşmaktadır.

### **1.2. Literatür Araştırması ve Tezin Amacı**

Literatürde çok sayıda tıp, finans ve mühendislik alanında uzman sistem programları ve uzman sistem çalışmaları görülmektedir. Makina ve Endüstri mühendisliği alanında

yapılan uzman sistem çalışmaları tıp alanı kadar zengin değildir. Endüstri mühendisliğinde çoğu problemin çözümünün belirgin olmaması ve çözümlerde birkaç alternatifin olması nedeniyle sonucun bulunması için bir uzmana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle endüstri mühendisliği alanındaki pek çok problemin uzman sistemler yoluyla çözülmesi mümkündür [1].

Araz [2] atölye tipi üretim için prolog dilinde yazılmış bir uzman sistem programı geliştirmiştir. Geliştirilen program üç alt programdan oluşmaktadır. Geliştirdiği uzman sistem programı; benzetim modelini kurma ve deneyleri yapma, çıktı analizi ve yorumlama, kullanıcıya göreceli olarak karar seçenekleri önerme işlevlerini gerçekleştirmektedir. Geliştirilen program programlama ve benzetimi bilmeyen kişiler tarafından karar destek sistemi olarak kullanılabilir. Geliştirilen uzman sistem KES sistem yapısıyla oluşturulmuştur.

Vural [3] tarafından kalite kontrol sistemleri için karar destek sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen program sistemin ne tür problemlerle karşılaşabileceği ve bu problemin çözümü için ne tür kalite kontrol sisteminin kullanılması gerektiğini belirlemektedir. Program bu işlevi prosesden alınan örneklere dayanarak gerçekleştirmektedir. Geliştirilen program çözüm yollarını tavsiye etmekte ve hangi kural ya da kurallar setine dayanarak bu çıkarımı yaptığını söyleyebilmektedir. Geliştirilen uzman sistem KES sistem yapısıyla oluşturulmuştur.

Çavdar [4] yaptığı çalışmada klasik tolerans kartı tekniğinin, TOL-AP bilgisayar programı yardımıyla yapılmasını sağlayan bir program geliştirmiştir. Geliştirilen program yardımıyla toleranslandırma ve proses planının çıkarılma işlemi güvenilir olarak kısa sürede yapılabilir. Program sadece dönel simetrik iş parçalarının tek bir boyuttaki lineer ölçümlerinin tolerans analizini yapmak için tasarlanmıştır.

Hung ve Sumichrast [5] tarafından maliyeti azaltmak amacıyla metal siparişi ve endüstride karşılaşılan metal kesme problemlerini ele alan, çelik elementlerinin birleşimini etkinleştiren bir program geliştirilmiştir. Geliştirilen uzman sistem Lien-Kang Heavy Industrial Company, LTD. (LK)'den elde edilen geçmiş projelere ait verilerle test edilmiş ve LK çözümleriyle yapılan karşılaştırmada uzman sistem çözümlerinin daha az maliyetli olduğu görülmüştür. Bunun yanında, geliştirilen uzman sistem çözüm üretiminde gerekli olan çaba ve zamanda kayda değer azalma sağlamaktadır. Geliştirilen uzman sistem LK firmasında karar destek sistemi olarak kullanılmaktadır. Uzman sistemden detay tasarım safhasında, metal siparişinde ve üretim evresinde faydalanılmaktadır. Program Windows



95/98 işletim sistemi altında çalışabilen Visual Basic uygulamasıdır. Veriler Microsoft Access veri tabanında saklanmıştır.

Myung ve Han [6] tarafından bir makina montajını parametrik olarak modelleyen uzman sistem geliştirilmiştir. Söz konusu programda uzman sistem CAD sistemi ve bir uzman sistem programından oluşmaktadır. Geliştirilen uzman sistem programı, makina parça montajının parametrik modellenmesini sağlamaktadır. Geliştirilen programda uzman sistem kabuğu olarak Intelligent Rules Element (IRE) V.4.0 of Nerron Data, 3D CAD sistemi olarak Solid Edge V.4.0 of Unigraphics Solution ve CAD sistemiyle uzman sistem arasında arayüz programı olarak API programı kullanılmıştır. Onerilen sistemle, tasarım değişiklikleri için gereken zamandan tasarruf sağlanabilmekte ve tasarım muhakeme işlemi boyunca değiştirilen ürün modeli hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir.

Paladini [7] tarafından kullanıcıya kalite inceleme tipleri arasından uygun olanı seçmede yardımcı olan karar destek sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen program tekstil ve seramik fabrikalarından toplanan verilerle test edilmiş ve her iki testte de uzman sistem kararlarıyla uzman beklentilerinin örtüştüğü görülmüştür. Söz konusu program farklı çalışmalarda da test edilmiş ve %90'lık bir başarı elde edilmiştir. Uzman sistem KAPPA yazılımıyla geliştirilmiştir.

Tucho vd. [8] geometrik tasarım, mekanik parçaların hesabı, elektronik veri tabanında seçim ve CAD planlarının çıktılarını kapsayan bir uzman sistem programı geliştirmişler ve geliştirilen program mekanik sistemlerin görünüş tasarımlarına uygulanmıştır. Ayrıca bu program, tasarımcılara zamandan tasarruf sağlamak ve çok yönlü tasarımların kısmi optimizasyonu ile birlikte gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Geliştirilen uzman sistem programı Gijon Mühendislik Yüksek Okulunda eğitim amaçlı kullanılmaktadır. Program KAPPA yazılımı, CAD sistemi, veri tabanı sistemi, hesaplama ve analiz programları içermektedir.

Suh vd. [9] tasarımın tüm basamaklarını (eski siparişleri inceleme, benzer siparişleri seçme ve yeni ürüne uygulama işlemlerini) destekleyen durum tabanlı bir uzman sistem geliştirmişlerdir. Program müşteri isteklerini eski siparişlerle karşılaştırmasını yapıp uygun olanı seçmekte veya yakın siparişe göre yeniden düzenleme yaparak yeni ürünün tasarımını yapmaktadır. Program Windows ve NT ortamında çalışan C++ tabanlı IQS olarak adlandırılan bir prototip sistemde hazırlanmıştır.

Ozkan ve Gülesin [10] tarafından civata ve dişli çark seçimini kolaylaştırmak amacıyla kullanım yerlerine göre civata ve dişli çark seçimlerini yapabilen bir uzman

sistem programı geliştirilmiştir. Geliştirilen uzman sistem, konusunda uzman olmayan kullanıcılara makina elemanlarını seçme kolaylığı ve pratikliği sağlamaktadır. Program Leonardo yazılımı kullanılarak yazılmıştır.

Ateş ve Çoğun [11] tarafından tolerans seçimi için dBASE IV veritabanında eğitim amaçlı bir program geliştirilmiştir. Program kullanıcıya tek eleman toleransı, eleman çifti toleransı, en büyük ölçü ve en küçük ölçü değerleri hakkında önerilerde bulunmaktadır.

Jeang [12] tarafından kesin olmayan tasarım şartlarında parça toleransları ve montaj toleransları arasındaki ilişkiyi belirleyen matematiksel ve istatistiksel kökenli bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemle kritik parça toleransları tanımlanabilmekte ve tasarımın ilk aşamasında yüksek kaliteli ve etkin maliyetli montaj tasarımı gerçekleştirilebilmektedir.

Jefferson ve Scott [13] tarafından tolerans problemlerinin anlaşılması ve çözümü için bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen metod kalite kayıp fonksiyonlarını içeren bir dizi modele analitik bir çözüm sunmaktadır.

Jeang [14] tarafından işlem toleranslarının analizi yoluyla ürün ve işlem tasarımı için bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin amacı; ürün ve işlem tasarımının ilk aşamalarında üretilebilir, yüksek kaliteli ve düşük maliyetli ürün geliştirmektir. Bu yöntemde tasarım toleransı, tasarım hedefi ve işlem toleransı bir formülde birleştirilmiştir.

Jeang ve Chang [15] tarafından ürün maliyetini azaltmak ve kalitesini geliştirmek için bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, belirlenen parameterleri ve tolerans değerlerinin birleştirilmiş etkisini içeren bir maliyet fonksiyonu içermektedir. Geliştirilen metotla detay tasarımdan önce, özellikle tasarım ve planlamanın erken safhasında, tasarım stratejisinde yer alan bir dizi faktörden anahtar faktörler belirlenmektedir.

Jeang ve Chang [16] tarafından yapılan farklı bir çalışmada ise bilgisayar simülasyonu ve RSM (Response Surface Metod) yöntemiyle parça toleranslarını ve parça parametrelerini optimize eden bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada deneysel veriler bilgisayar simülasyonu ile üretilmekte ve bunlara RSM yöntemi uygulanmaktadır. Bu yaklaşımla kritik parçalar ve toleranslar tanımlanabilmekte ve ayrıca elde edilen fonksiyona bağlı olarak optimum parça değerleriyle tolerans değerleri karşılaştırılabilmektedir. Bu yaklaşım tasarımcılara, tolerans tasarımının erken aşamalarında, işlem planlama ve ürün gelişimi için etkin maliyet parametrelerini belirlemede ve yüksek kalite elde etmede yardımcı olmaktadır.

Gerth ve Hancock [17] tarafından karmaşık sistemlerin gelişimi için, bir dizi değişken içeren tolerans tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. Metot gerçek ürün verilerini temsil eden Monte-Carlo simülasyon modeli üzerine kurulmuştur. Araştırmacılar çalışmalarında düşük ürün performanslarını ele alarak yeni spesifikasyonlara ve işlem ayarlarına karar veren tolerans analiz tekniklerini kullanmışlardır.

Wu vd. [18] tarafından parçaların tolerans tasarımı için kalite kayıplarını ve üretim maliyetini minimize eden bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem geleneksel tolerans tasarımı ve kalite kayıp fonksiyonlarının birleştirilmesiyle oluşturulmuştur.

Hug ve Zhang [19] tarafından ürün maliyetine etki eden tolerans tekniği geniş kapsamlı incelenmiştir. Çalışmalarında tolerans tekniğini tolerans zinciri tekniği, tolerans analizi ve maliyet tolerans analizi olmak üzere üç başlık altında toplamışlardır. Yapılan çalışmanın sonucunda toleranslandırma konusunun henüz gelişmekte olduğu ve ileride yapılacak çalışmaların bilgisayarla bütünleşik olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Chase ve Greenwood [20] tarafından tolerans analiz yöntemlerinden en kötü durum (aritmetik toplama) ve kareler toplamının karekökü yöntemleri ele alınmış ve yeni bir yöntem (unified method) önerilmiştir. En kötü durum yöntemi ve kareler toplamının karekökü yöntemi, önerilen yöntemin sınır değerleridir. Çalışmalarında geliştirilen metodun sağladığı avantajlar vurgulanmıştır.

Irani vd. [21] tarafından yapılan çalışmada tolerans tablolarının optimizasyonu üzerine durulmuştur. Tolerans yerleştirmesinin optimizasyonu için doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Programın işlevi, tüm parçadaki ölçü ve toleransları göz önüne alarak parçadaki olası boşlukları en aza indirmeye çalışmaktır. Program, bulunan tolerans değerlerine göre işleme yöntemlerini ve tezgah tipini seçen bir maliyet modeli içermektedir.

Lee ve Woo [22] tarafından yapılan çalışmada, tolerans yığılma (stackup) şartlarını sağlamak amacıyla tolerans dağıtımı yoluyla tolerans birleşimi için bir dizi işlem sunulmaktadır. Genel kriter olarak maliyet fonksiyonu kullanılmıştır.

Weil [23] tarafından tolerans tayini için bir program geliştirilmiştir. Tolerans tayini bağımlı ve bağımsız boyutlar arasındaki farka bağlıdır. Geliştirilen strateji, işleme toleranslarının yanı sıra geometrik toleransları da kapsamaktadır.

Liao ve Hu [24] tarafından yapılan çalışmada işlem yükünün ve mengine yüklerinin iş parçalarının (işlenmiş) yüzey kalitesine etkisini incelemek amacıyla bir model geliştirilmiştir. Bu modelde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Geliştirdikleri model

yüzey hatalarının nedenini anlamakta ve işlenmiş yüzeyin kalitesini daha gerçekçi tahmin edilebilmektedir.

Ji vd. [25] tarafından yapılan çalışmada işlem planlama için çalışma boyutlarının ortalama büyüklüklerini hesaplayan ve toleranslara karar veren bilgisayar destekli proses planlama sunulmaktadır. Kullandıkları sistem, tolerans kartı tekniğine dayalıdır. Bu teknik bitmiş parça boyutları, kaldırılan talaş ve tolerans kartı çalışma boyutları olmak üzere üç ağaç modelinden oluşmaktadır. Bu ağaç modeller (yapılar) tolerans kartlarında talaş kaldırma işlemi ve boyutsal zinciri tanımlamak için kullanılmaktadır. Sistem bağımsız olarak gerçekleştirilmesine rağmen, bu makalede sunulan sistem ve yaklaşımlar bilgisayar destekli işlem planlama sistemiyle birleştirilmiştir.

Zhao ve Masood [26] tarafından yapılan çalışmada mekanik parçalar için optimum montaj sıralamasını belirleyen zeki bilgisayar destekli montaj planlama (ICAAPP) sistemi geliştirilmiştir. Geliştirdikleri programın mantığını demontaj yöntemi ve nihai ürünün alt montajlarına ayırma yöntemleri üzerine kurmuşlardır. Bu yöntemler literatürde mevcut olan ve montaj sırasını belirlemede kullanılan yöntemlerden ikisidir. Bu çalışmada montajı oluşturan temel parçaların seçimi, gerekli tüm sınırlama miktarlarının belirlenmesi ve çözümü sunulmuştur. Programı C programlama dili kullanılarak MS WINDOWS işletim sistemine sahip bilgisayarda geliştirilmiştir.

Britton ve Thimm [27] tarafından yapılan çalışmada tolerans kartlarının belirlenmesi (offsets for tolerance charts) ve çalışma boyutlarının hesabı için yeni bir matris model geliştirilmiştir. Matris model hem elle hem de bilgisayarla hesaplama için uygundur. Metot parçadan talaş kaldırma (stock removal) işlemi üzerine kurulmuştur. Oluşturulan matriste sütunlar kaldırılan talaşları ve satırlar da takım yüzeyinin konumunu göstermektedir.

Pan ve Tang [28] tarafından yapılan çalışmada açısal özellikleriyle birlikte ürünlerin tolerans kartları için bilgisayar destekli metot geliştirilmiştir. Diğer tolerans kartları tasarımından farkı, açısal özellikleri göz önüne alması ve bilgisayar destekli olmasıdır.

Xue ve Ji [29] tarafından yapılan çalışmada tolerans kartlarında yüzey zincir modeliyle tolerans zinciri tanımlama için bir yaklaşım sunulmuştur. Yüzey zincir modelinin durumunu izlemek koşuluyla talaş kaldırma ve ters tolerans zinciri elde edilir. Ters tolerans zincir matrisi tersine çevrilerek tolerans zinciri matrisi oluşturulur. Geliştirdikleri metot tolerans zincirlerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır.

Huang ve Liu [30] tarafından yapılan çalışmada geometrik ve boyutsal toleransların direkt mukayesesi için bir araç sunulmuştur. Sunulan yöntemin, temeli bileşenlerin

montajı sırasında meydana gelen üretim hatalarının dikkatli analizlerine dayalıdır. Bu yöntemde tolerans normalizasyonu sağlanmaktadır. Normalleştirilmiş toleransların kullanımı etkin iş planlaması sunmaktadır. Normalleştirilmiş toleransların hesabı en kötü durumda yerleştirme hatalarının analizine dayanması sebebiyle sistem planlama için yeterlidir. İşlem planlamada tolerans analizinin özü, hatalı yerleştirmenin etkisini minimize etmektir. Söz konusu araştırmacılar tarafından yeni bir tolerans faktörü sunulmakta ve bu faktör işlemden toplam tolerans kontrolünün sağlanmasında kullanılmaktadır.

Levesque [31] tarafından yapılan çalışmada mevcut ISO tolerans sistemi incelenmiş ve yeni bir metot sunulmuştur. Yaklaşımın sürekli bir durumda hem boyut hem de kalite sayısı ile ilgili hesaplamayı mümkün kıldığı görülmüştür. Sonuçlar tablolaştırılmış ISO standartları içerisindedir. Geliştirilen bu yaklaşım, tasarımda optimizasyon ve bilgisayar destekli toleranslandırma otomasyonu mümkün kılacaktır.

Lin vd. [32] tarafından işlem basamaklarını otomatikleştirmek için tolerans kartlarıyla CAPP sistemlerini içeren bir model geliştirilmiştir. Bu çalışma işlem planlama zamanını kısaltma ve endüstriyel otomasyonu sağlamak için CAPP sistemleri üzerine kurulmuştur. Tolerans kartı üretiminden elde edilen sonuçlarla, işlem mühendisi uygun boyutu ve toleransları basitçe belirler ve işlem örneklendirme üretim modülü otomatik olarak işlemlerin grafiksel gösterimini yapar. İşlem örneklendirmesiyle işlemlerin planlamasını ve revizyonunu yapar. Başka bir deyişle bu yöntemle geleneksel yöntemin elenmesi koşuluyla proses planlama zamanı minimize edilir.

Yukarıda makina mühendisliğinde uzman sistem uygulamaları, toleranslar ve yüzey kaliteleri üzerine yapılan çalışmalar araştırılmış ve yapılan çalışmalar arasında üretim yöntemleri, yüzey kalitesi ve tolerans kalitelerine değinen bir uzman sistem programına rastlanmamıştır. Üretim yöntemleri, yüzey kaliteleri, boyut toleransları arasındaki ilişkiler ve toleranslar standartlarda tablolar halinde verilmektedir. Bu tabloların kullanımını kolaylaştırmak, tablolardan seçim sırasında meydana gelebilecek hataları önlemek ve tablolardaki değerlere daha hızlı ulaşmak amacıyla bir program yazılmıştır. Bu çalışmada geliştirilen programda üretim yöntemleri, yüzey kaliteleri, geçme türü, boyut toleransları, parça toleransları, montaj toleransları ve kullanım alanlarına göre tolerans önerileri elde edilmektedir. Böylece ürün tasarımında kullanılan kalite kontrol ölçütlerinin aynı anda uygun seçimi bir uzman sistem aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.



### 1.3. Yapay Zeka (YZ) ve Uzman Sistemler (US)

#### 1.3.1. Yapay Zeka

Türkçe kaynaklarda Yapay Us veya Suni Zeka olarak da adlandırılan Yapay Zeka (Artificial Intelligence) çağdaş bir bilim dalı olarak geliştirilmesi 1956 yılında C.Shannon, M.Minsky ve J. Mc Carthy tarafından ortaya atıldı [33,34]. Yapay zekaya olan ilgi 1960'lı yıllardan sonra önemli bir hız kazanmıştır [1].

Yapay zeka (YZ), insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanır. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise yapay zeka bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayar programlarıdır [34, 35, 36]. Yapay Zekanın amacı insan zekasına sahip bilgisayarları geliştirmek, insanın zeki davranışlarıyla benzeşen makineler yapmaktır [33].

Bilgisayarların zeki olduklarını söyleyebilmek, yani bir YZ sisteminin oluşturulup oluşturulmadığını gösterebilmek için A.M. Turing tarafından ortaya atılan Turing testi kullanılmaktadır. Test sınavı yapanla iki farklı odaya yerleştirilmiş biri bilgisayar diğeri ise insan olmak üzere üç öğeyle gerçekleştirilmektedir. Sınavı yapan, çeşitli sorular sorarak aldığı cevaplar doğrultusunda kimin hangi odada yerleştirildiğini doğru tahmin edemezse makina zeki sayılır [33, 36, 37].

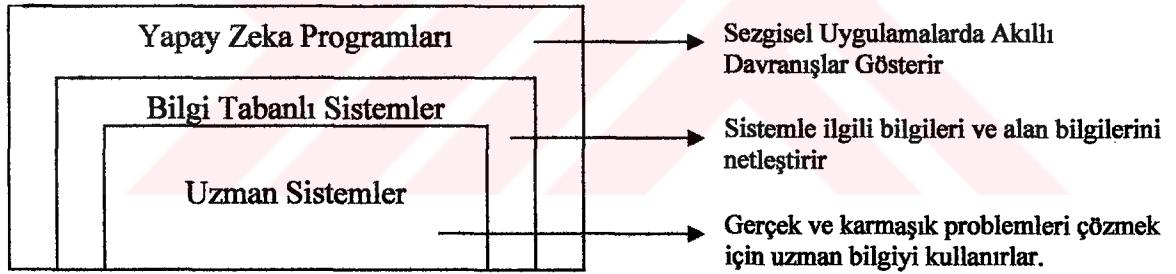
Yapay Zeka çok geniş uygulama alanlarına sahiptir. Yapay Zekanın makina mühendisliğinde; makinistler ve endüstriyel teknisyenler kadar yetenekli hareket edebilen makineler olan robotlardan bilgisayar arayüzlerine kadar değişen bir aralıkta uygulamalarını görmek mümkündür [37].

Yapay Zekanın değişik boyutlarını inceleyen bir çok yaklaşımlar vardır. Bunlardan bazılarını şöyle sıralamak mümkündür [33, 35, 37, 38];

1. Uzman Sistemler
2. Yapay Sinir Ağları
3. Genel Algoritmalar
4. Endüktif Öğrenme
5. Benzerliğe Dayalı Öğrenme

6. Veri Tabanlı Muhakeme
7. Model Tabanlı Muhakeme
8. Paralel YZ Sistemleri
9. Doğal Dil İşleme
10. Zeki Veri Tabanları

Yapay zeka denildiğinde akla ilk gelen uzman sistemlerdir. Bunun nedeni uzman sistemlerin, YZ'nin diğer dallarından daha önce geliştirilmeye başlanmasıdır. Bir konuda Uzman Sistemler YZ programlama çeşitlerinden biridir. YZ programları daha çok anlaşılması güç ya da anlaşılmamış problemleri çözmek için kullanılır. Çünkü genelde bu problemler için bir algoritma mevcut olmamaktadır. Bir YZ programının amacı, herhangi bir insanın çözebileceği bir problemi çözebilmekten bir uzman sistemin amacı, uzman bir insanın çözebileceği problemleri çözmektir. Uzman Sistemle Yapay Zeka arasındaki ilişki Şekil 1'de verilmiştir [38].



Sekil 1. Uzman sistemlerin yapay zeka ile ilişkisi.

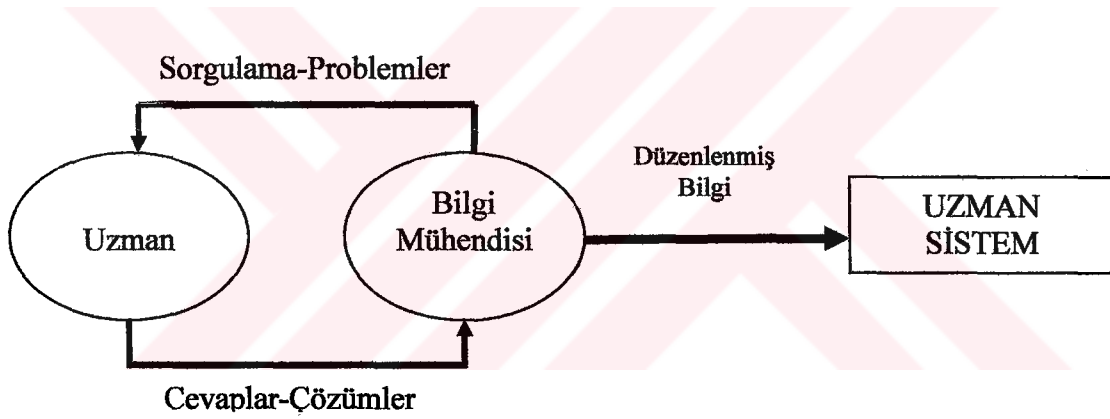
### 1.3.2. Uzman Sistemler (US)

Yapay Zekanın uygulama alanlarından biri olan US'ler; özel bir alanda uzman bilgi gerektiren problemleri çözebilir ve bu bilgiyi belli bir formatta temsil edip saklayabilirler. Bunun için Bilgiye Dayalı Sistemler (Knowledge Based Systems) olarak da adlandırılırlar [1, 6]. Turban tarafından yapılan tanıma göre uzman sistem özel bir takım problemlerin çözümünde, uzmanların bilgisini ve çıkarım sürecini taklit etmeyi amaçlayan danışman programlardır [34]. Daha genel olarak tanımlamak gerekirse belirli bir problem kümesi için bir uzman gibi davranan programlara uzman sistem denir [33, 38].

Bir uzman sistemin herhangi bir alanda bir uzman gibi yanıt verebilmesi için, o alanda uzmanlaşmış birinin bilgi ve deneyimlerine ihtiyacı vardır. Uzmanın bilgisini ve deneyimini uzmandan alıp bilgisayar diline dönüştürme işlemi zor bir problemdir. Bu noktada bilgi mühendislerine ihtiyaç vardır.

### 1.3.2.1. Bilgi Mühendisi

Uzman kişilerin bilgi ve deneyimlerini alan ve bu bilgiyi bilgisayar diline dönüştüren kişiler bilgi mühendisleri olarak tanımlanırlar. Bilgi mühendislerine uzman sistem tasarımcıları da denilebilir [33]. Bilgi mühendisi bilgiyi uzmanlarla görüşerek, gözlemleyerek, literatür tarayarak, anket düzenleyerek ve analiz yaparak toplar. Şekil 2’de uzman, bilgi mühendisi ve uzman sistem arasındaki ilişki verilmiştir [38].

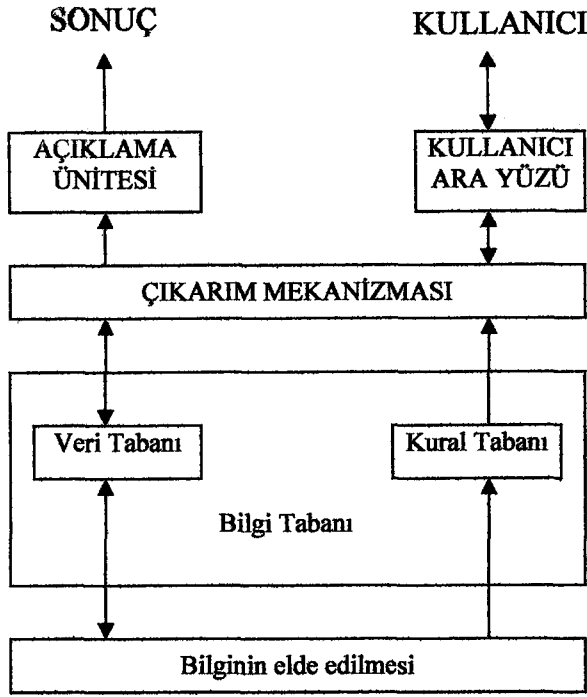


Şekil 2. Uzman-bilgi mühendisi-uzman sistem arasındaki ilişki.

### 1.3.2.2. Uzman Sistemlerin Yapısı

Bir uzman sistemin genel yapısı şekil 3’de verilmiştir. Bir uzman sistem genel olarak çıkarım mekanizması, bilgi tabanı, açıklama ünitesi ve kullanıcı ara yüzü olmak üzere dört ana bölümden oluşur [2, 33, 38].





Şekil 3. Bir uzman sistemin genel yapısı

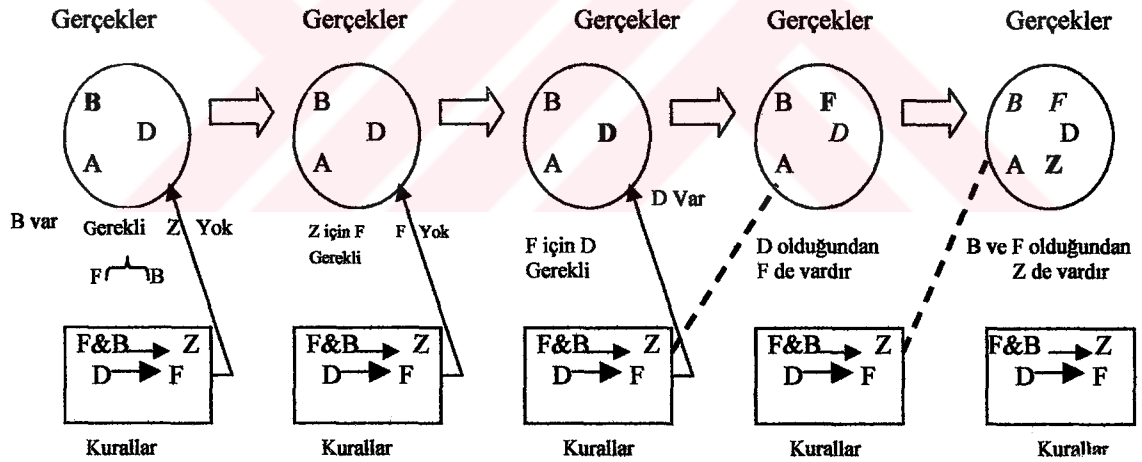
**Bilgi Tabanı:** Bilgi tabanı; problemin anlaşılması ve çözülmesi için gerekli bilgiyi içerir. Bir uzman sistemin performansı bilgi tabanının kalitesine ve ölçüsüne bağlıdır. Bilgi tabanı ne kadar güçlü olursa sonuca varma ve problem çözme yeteneği o kadar güçlü olur. Bilgi tabanı kurallar ve gerçekler olmak üzere iki temel elemandan oluşur.

**Kurallar:** Belli bir alanla ilgili problemi çözmek veya sonuç çıkarmak için kullanılan bilgi gösterim şeklidir. Kurallar problem alanı ile ilgili kavramlar arasındaki mantıksal ilişkileri tanımlar [38]. Her bir kural iki kısımdan oluşur. Birincisi *varsayım*; VE, VEYA vs gibi mantık bağlaçlarıyla birleşmiş elementer cümlelerden oluşur. İkincisi ise *sonuç*; kurallardan ileri gelen çözümü veya yerine getirilecek eylemi gösteren bir veya birkaç cümleden oluşur. Kurallar bilgi tabanında IF ... THEN ... (EĞER ... İSE ..) şeklinde ifade edilen cümlelerdir.

**Gerçekler:** Problemlerle yani uzmanlık alanıyla ilgili bilgilerdir. Bu bilgiler program içerisinde veri tabanında bulunabildiği gibi ayrı bir veri tabanında da (database) bulunabilir. Bu durum standart özellik olmasa da bazı büyük ölçekli problemlerin çözümünde kolaylık sağlar. Karar verme sırasında gerçekler kurallar tarafından kullanılarak sonuca ulaşılır.

**Çıkarım Mekanizması :** Uzman sistemlerin beyni çıkarım mekanizmasıdır. Çıkarım mekanizması kontrol yapısı olarak veya kural tabanlı uzman sistemlerde kural yorumlayıcısı olarak tanımlanır [34]. Çıkarım mekanizması hem bilgi tabanındaki bilgileri kullanarak hem de kullanıcı ile etkileşime geçerek çeşitli sonuçlara varabilen ve problemi çözen bir programdır. Kısaca bilgi tabanındaki bilgilerden yeni bir bilgi elde etmek için kullanılan yöntem çıkarım mekanizması denir. Çıkarım mekanizmasında geriye doğru çıkarım, *Geri Doğru Zincirleme* ve ileriye doğru çıkarım, *İleriye Doğru Zincirleme* olmak üzere iki yöntem mevcuttur.

*Geriye Doğru Zincirleme:* Çıkarım mekanizması, problemi çözerken kuralın en sonu olan sonuç (THEN. . .) cümlesi ile başlar ve şart (IF. . .) cümlelerini takip edilerek çözüm bulunur. Yani bu tür zincirleme tümdengelim ilkesini temel alır ve sonuç kısmını sağlayacak bütün kuralları tek tek inceler [10]. İlk olarak bir hipotezin doğru olduğu varsayılır ve bu hipotezi kanıtlayacak deliller aranır. Şekil 4’de geriye doğru zincirleme örneği verilmiştir.



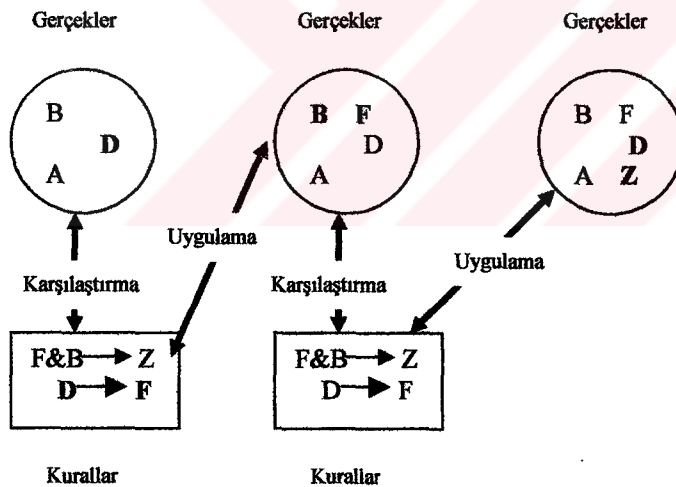
Şekil 4. Geriye doğru zincirlemeye bir örnek

Şekil 4’de görüldüğü gibi ilk olarak sonucun yani Z olduğu kurala bakılır. Z veri tabanında mevcut değildir. Z’in doğruluğu kabul edilir ve bunu sağlamak için bilgi tabanında Z gerçeğini doğrulayan F ve B gerçekleri aranır. B gerçeği veri tabanında mevcut fakat F gerçeği mevcut değildir. Bir önceki kurala yani F gerçeğinin sağlandığı kurala bakılır. F gerçeği D gerçeği sağlanırsa sağlanır. Bu nedenle veri tabanında D gerçeği aranır. D gerçeği veri tabanında mevcut olduğundan F gerçeğinin doğruluğu sağlanmış

olur. F gerçeği sağlandığından ve B gerçeği de veri tabanında olduğundan Z gerçeğinin doğruluğu ortaya çıkar [38]. Polisiye olaylarda elde edilen delillerden yola çıkılarak bir cinayet zanlısının cinayeti işlemiş olduğunun ispat mantığı geriye doğru zincirleme mantığıyla aynıdır [33].

*İleriye Doğru Zincirleme:* Bilgi tabanındaki kurallar ve gerçekler bir bütün oluştururlar. Bu yöntemde bir kural doğrulandığında bir sonraki kurala geçilir ve böylece sonuca ulaşılır. Yani problemin en başından başlayarak (IF cümlesinden) sonuc kısmına ulaşılmasıdır (THEN cümlesine). Bu yöntem tüme varım ilkesiyle çalışır [10].

Şekil 5’de basit kurallar için ileriye doğru zincirleme mantığı gösterilmiştir. İlk kuraldan yola çıkılarak son kurala ulaşılır. İlk olarak D gerçeği aranır. D gerçeği veri tabanında bulunduğundan F gerçeği de sağlanmış olur. Bir sonraki kurala geçildiğinde F ve B gerçekleri aranır. F gerçeği sağlandığından ve B gerçeği de veri tabanında bulunması nedeniyle Z gerçeğinin doğruluğu sağlanmış olur [38]. Özetle ileriye doğru zincirleme tekniği başlangıç bilgilerinden ileriye doğru çıkarım yaparak ilerler.



Şekil 5. İleri doğru zincirlemeye bir örnek

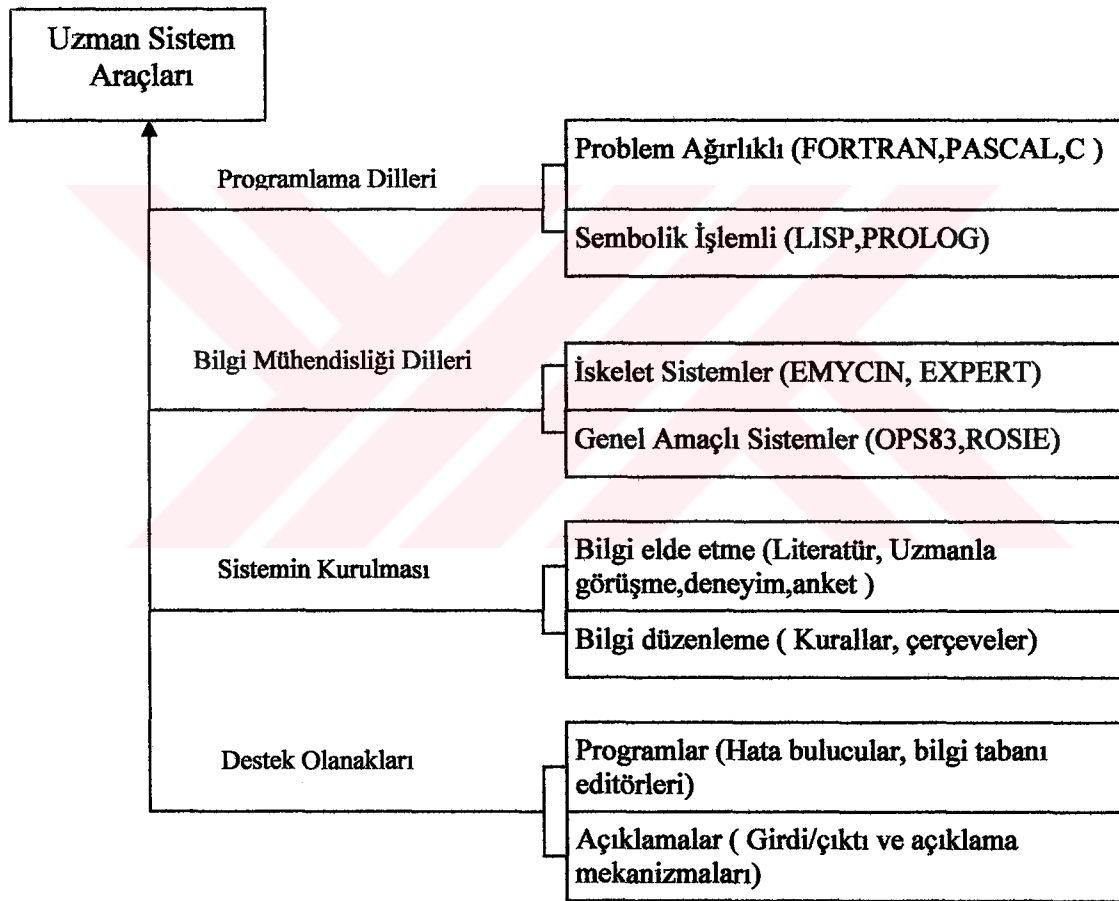
### 1.3.2.3 Uzman Sistem Geliştirme

Uzman sistem oluşturulurken programlama dili olarak Q-BASİC, FORTRAN, PASCAL, C, C++ gibi alışagelmış (problem ağırlıklı) dillerden daha çok yapay zekaya uygun olarak LISP, PROLOG gibi sembolik işlemler diller kullanılmaktadır [38, 39].

Uzman sistem geliştirilirken genelde sembolik işlemliler dillerin seçilmesinin nedenleri şunlardır [10] :

1. Geleneksel dillerle geliştirilen program yapıları esnek bir yapıya sahip değildir.
2. Geleneksel dillerle yazılan programda değişiklik yapmak veya ekleme yapmak zordur.
3. Geleneksel dillerle geliştirilen programlar, problemleri programcının düşündüğü tek tip yöntemle çözerler.

Şekil 6'da uzman sistem kurma araçları gösterilmiştir.



Şekil 6. Uzman sistem kurma araçları

LISP ve PROLOG günümüzde en çok bilinen sembolik işlemliler dillerdir. LISP daha çok yapay zeka problemlerinin programlamasında kullanılırken, uzman sistemler için geliştirilen prolog oldukça farklı yapıda olup yapay zeka için tercih edilmezler. Benzer şekilde IPL II, SAIL, CONNIVER, KRL ve SMALTALK yapay zeka için kullanılan diller

olup uzman sistemlerde geniş bir kullanım alanı bulamayıp sadece araştırmalarda kullanılmaktadır [33, 40]. Uzman sistem hazırlamada kullanılan programları *dil, araçlar, kabuklar* olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Bu kavramlar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır [33, 38, 39].

**Dil:** Özel yazım kurallarına sahip komutların çeviricisidir. Bir uzman sistem dili ayrıca dilin ifadelerini ya da komut zincirini çalıştıracak çıkarım mekanizmasını da sağlar. Uygulamaya bağılı olarak çıkarım mekanizması ileriye doğru, geriye doğru ya da her iki yöne doğru zincirleme yapabilir.

**Araçlar:** Uygulama programlarının geliştirilmesinde ve bakımında kullanılan programlama dilleri, metin ve grafik editörleri, hata ayıklayıcıları, dosya yönetimi, hata kod üreticilerinin hepsine birden araçlar denmektedir. Icazus, Acquire Sdk, CAM, CPR, Crystal, KDS, MailBot, MEM1, OPS83, RAL gibi programlar piyasada mevcut bulunan araçlardan bir kaçıdır.

**Kabuklar:** Kullanıcının yalnızca bilgi tabanını oluşturmasını gerektiren özel amaçlı araçlardır. Bunlar hazır hale getirilmiş, çıkarım mekanizması ve bilgi saklama özellikleriyle donatılmış, sadece alan bilgisi olmayan boş uzman sistemlerdir. EMYCIN, GBB, Guru, Hugin, Clips 6.0, Ops5, Mobal, WindExs piyasada mevcut olan kabuklardan bir kaçıdır.

#### 1.3.2.4. Uzman Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

Uzman sistemlerin sağlamış olduğı önemli faydalar şunlardır [33, 34, 40, 41]:

1. Uzman sistemler bir insana oranla daha hızlı olduğundan az zamanda daha fazla üretim yapabilme imkanı sağlamakta yani verimliliğı artırmaktadır.
2. Uzman sistemlerde unutkanlık yoktur ve sürekli olarak aynı performansta çalışabilirler. Yani süreklilik sağlarlar.
3. Uzmanlar diğeri işçilere göre daha fazla ücret alırlar. Uzmanlara her ay ücret ödendiğı düşünülürse, bir uzmanın maliyeti uzman sistemlere göre daha fazladır.
4. Uzman sistemlerin hata oranlarının çok düşük olması ve tutarlı karar vermesi kalitenin artmasını sağlar.
5. Yeni bir uzmanın yetişmesi hem zaman alıcı hem de maliyeti yüksek olmaktadır. Oysa geliştirilen bir uzman sistem programı kopyalanarak benzer tipteki atölyelerde veya fabrikalarda kullanılabilir.

6. US'lerin açıklama yapma özelliği sayesinde, yeterli düzeyde bilgi sahibi olmayan kullanıcılara, karşılaştıkları sorunların çözümleriyle ilgili bilgiler vererek kullanıcıları eğitirler.
7. Bazı uzmanlar bazı anlarda heyecanlanarak telaşa kapıldıklarında yanlış kararlar verebilirler. Oysa uzman sistem bir program olduğu için böyle bir durum söz konusu değildir.
8. Uzman sistemler 24 saat çalışmaya hazırdırlar. Hastalanma, yorulma gibi mazeretleri olmadığından işi aksatma durumları söz konusu değildir.
9. Uzman sistemler diğer programların aksine kullanıcının olasılıklı cevaplarına olasılıklı öneriler sunar.
10. Uzman sistemler insanlar için tehlike arz eden ortamlarda rahatlıkla kullanılabilirler.
11. Bilgileri kalıcıdır ve bilgi tabanına eklenen yeni bilgileri hemen kullanabilirler.
12. Uzman sistemlerle çalışılmayan sürenin azaltılması sağlanır (reduced downtime).
13. Uzman sistemler, bir uzmanın bile yeteneğini aşan çok karmaşık problemleri çözme yeteneğine sahiptirler.

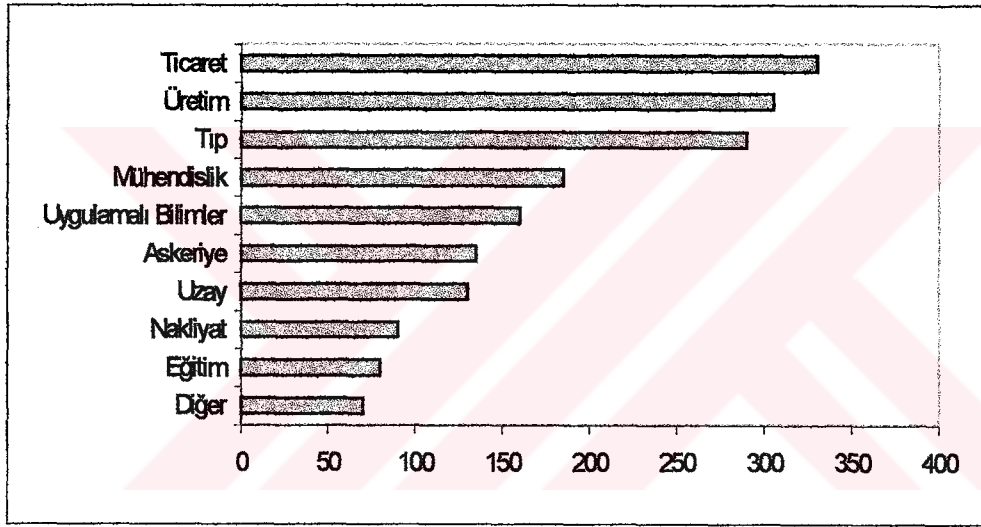
Uzman sistemlerin geliştirilmesinde karşılaşılan güçlükler ve dezavantajları [33, 34]:

1. Bazı alanlarda uzmanlık bilgisinin olmayışı, o alanlarda uzman sistem geliştirilmesini engellemektedir.
2. Bazı nedenlerden dolayı uzmanlar edindikleri bilgi ve deneyimleri vermek istememektedirler.
3. Aynı konuya uzmanların bakış açıları farklı olmaktadır.
4. Uzman sistemler dar alanlara yöneliktir. Uzman sistemlerden verim alınması yalnızca dar alanlarda kalmakla mümkündür.
5. Pek çok uzman kişisel yöntemlerle çalışmaktadırlar ve onlar bu yöntemleri açıklamakta güçlük çekmektedirler.
6. Pek çok uzmanın kullandığı kelimeler taşıdığı anlam bakımından uzmana özgü değildir. Uzmanların bazı kelimelere yükledikleri anlamlar, o kelimelerin bilinen genel anlamlarından farklıdır. Bu durum yanlış anlamalara neden olmaktadır.
7. Uzman sistemlerin ilk oluşturulma maliyeti yüksek olup oluşturulmaları uzun süre almaktadır.
8. Uzman sistemlerde yaratıcılık söz konusu değildir.

9. Ortamın değiştirilmesinde bir uzmanın yeni ortama adapte olması bir uzman sisteme göre daha kolaydır. Uzman sistemin bilgi tabanındaki bilgiler yeniden düzenlenmeli veya değiştirilmelidir.

### 1.3.2.5 Uzman Sistemlerin Uygulama Alanları

Mühendislik uygulamalarından finans uygulamalarına kadar çok değişik alanlarda uzman sistem uygulamalarına rastlamak mümkündür. Şekil 7'de uzman sistem uygulamaları ve uygulama alanları gösterilmiştir [41].



Şekil 7. Uzman sistemlerin uygulama alanları

Uzman sistemlerin en yaygın uygulama konuları şu şekilde sıralanabilir [33];

1. Yorumlama: Algılayıcılardan gelen değerlerden çıkarım yapılarak bir sonuca varılmasıdır.
2. Arıza Teşhisleri ve Tamir Önerileri: Gözlemler yaparak çeşitli makina ve sistem arızalarının nedenlerini ortaya çıkarmak ve bunların giderilmesi için önerilerde bulunmaktadır.
3. Tasarım: Kısıtlı şartları dikkate alarak çizimler üretmektir.
4. Planlama: Proje ve işlem planlama konularında verimli uygulamalar bulunmaktadır. Çoğu uzman planlama sistemleri kural temelli sistemlerdir.



5. Kontrol: Çeşitli üretim işlemlerinde operasyon parametrelerinin öngörülen sınırlar içerisinde tutulması amacıyla bu parametrelere etki yapan faktörlerin değişimlerinin kontrol altına alınması ve bu değerlerin istatistiklerinin derlenmesidir.

Endüstride birçok uzman sistem programı kullanılmaktadır. Endüstride kullanılan uzman sistem programları üretimin çeşitli aşamaları için geliştirilmiştir. Tasarlama, planlama, karar verme, üretim, dağıtım, yönetim, vs. süreçlerde kullanılan çeşitli uzman sistemler mevcuttur. Endüstride kullanılan uzman sistemler Ek1'de gösterilmiştir [33].

#### **1.4. Toleranslar ve Yüzey Kaliteleri**

Bir makina parçasının en iyi şekilde görevini yerine getirebilmesi için parça yüzeyi belirli özellikler taşınmalıdır. Makina elemanlarının fonksiyonları, yeterli olmayan yüzey kalitesiyle kısıtlanabilir. Gereksiz iyi yüzeyler de imalat fiyatlarını artırır [42].

Bir parça işlendikten sonra resim üzerinde gösterilen nominal şekline göre bazı nedenlerden dolayı geometrik, boyut ve yüzey bakımından bir takım sapmalar göstermektedir. İşleme yöntemine bağlı olarak daha büyük veya daha küçük olabilen bu hatalar parçanın kullanım yerine göre müsaade edilen bir değerde tutulursa, parçanın çalışmasına engel olmamaktadır. Müsaade edilen hatalar genellikle toleransların yardımıyla ifade edilir. Bu toleranslar parçanın boyut, geometrik ve yüzey kalitesini oluşturur. Burada dikkat edilecek bir husus hatalar ile kalite arasında ters orantılı bir bağlantının olmasıdır. Hatalar ne kadar küçük olursa (toleranslar küçük), kalite o kadar yüksek, hatalar ne kadar büyük (toleranslar kaba) olursa, kalite o kadar düşük olur. Mühendislik bakımından önemli olan, parçanın kullanım yerine göre kalitesini, teknik ve ekonomik açıdan uygun olarak belirlemek ve parçayı bu kaliteyi sağlayacak yöntemlerle işlemektir [43].

Boyutlandırma bakımından parçaların kolay ve ekonomik işlenmesi, genellikle boyut toleranslarının, şekil toleranslarının ve yüzey kalitesinin uygun bir şekilde tayin edilmesiyle sağlanır [44].

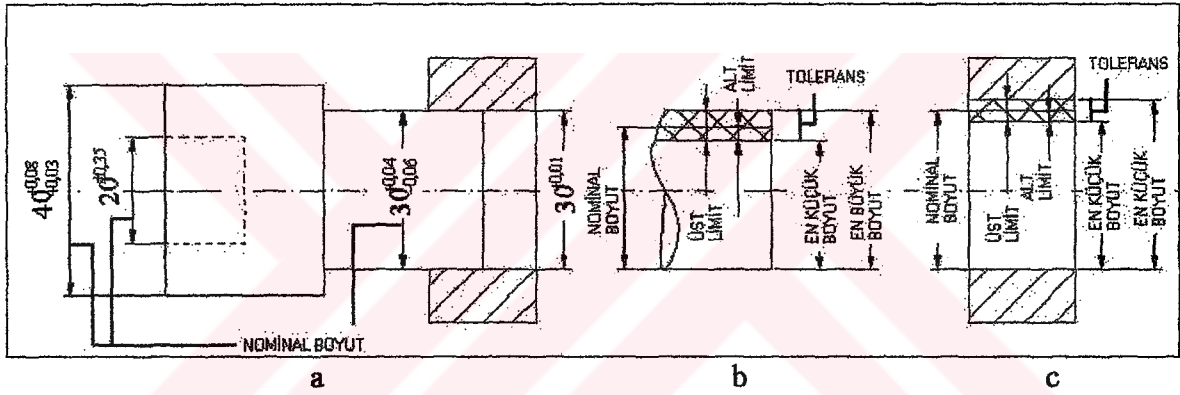


### 1.4.1. Boyut Toleransları ve Geçmeler

#### 1.4.1.1. Genel Kavramlar

Boyut toleransı; parçanın gerçek boyutları ile nominal boyutlar arasında müsaade edilen sapmalardır [43]. Tolerans incelemesi tolerans ve geçme olmak üzere esasen iki kavramı içermektedir. Tolerans bir parça boyutu; geçme ise birbirine monte edilen iki parçanın toleransların durumu ile ilgilidir [45].

**Toleranslar:** Tüm standartlar mil ve delik olmak üzere iki modele göre açıklanır. Şekil 8'de görüldüğü gibi birim delik ve birim mil sistemine göre toleransların açıklaması görülmektedir.



Şekil 8. Toleransların açıklaması. a) Mil ve delik konumu, b) mil toleransı ve ölçüleri, c) delik toleransı ve ölçüleri [45].

Nominal boyut, parçanın fonksiyonunu yerine getirmesi için hesap veya başka bir yöntemle tayin edilen ve resim üzerinde gösterilen boyuttur. Bu boyut toleransların limitlerini belirlemek için referans olarak alınır ve sıfır çizgisini oluşturur. Doğruluk bakımından nominal boyut, parçanın gerçek boyutunu ifade eder. Efektif boyut, ölçme yoluyla elde edilen boyuttur.

Tolerans, boyutun izin verilen sapma değeridir. Bu değer bir bütündür ve nominal boyuta göre üst limit ve alt limit olmak üzere ikiye ayrılır. Toleransın üst limiti parçanın izin verilen en büyük boyutunu, alt limiti ise izin verilen en küçük boyutunu belirler. Boyutlar;

$$T_M = a_u - a_a \quad (1)$$

$$T_D = A_u - A_a \quad (2)$$

$$d_{maks} = d + a_u \quad (3)$$

$$d_{min} = d + a_a \quad (4)$$

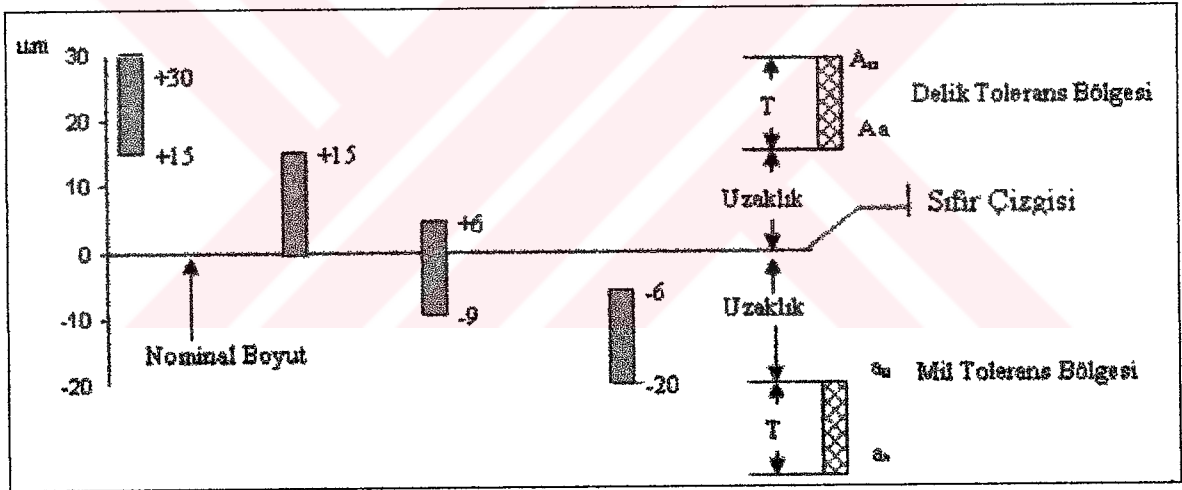
$$D_{maks} = D + A_u \quad (5)$$

$$D_{min} = D + A_a \quad (6)$$

$$T_M = d_{maks} - d_{min} \quad (7)$$

$$T_D = D_{maks} - D_{min} \quad (8)$$

formüllerıyla hesaplanırlar.



Şekil 9: Sıfır çizgisi ve tolerans bölgeleri

Toleranslar sıfır çizgisine göre temsil edilirse, tolerans değerinin üst ve alt limitleri arasındaki alana tolerans alanı veya tolerans bölgesi denir. Şekil 9'da görüldüğü gibi; toleransların her iki limiti sıfır çizgisinin üstünde veya altında, bir limiti sıfır çizgisinin üzerinde, bir limiti sıfır çizgisinin altında olabilir. Sıfır çizgisinin üstündeki limitler pozitif sayılır ve '+' ile gösterilir. Sıfır çizgisinin altında olanlar ise negatif sayılır ve '-' ile gösterilir.

Örnek olarak toleranslı bir boyut,  $\phi 25^{+0.009}_{-0.004}$  şeklinde gösterilir. Burada (+0.009) üst sınır değeri ve (-0.004)'de alt sınır değeridir. Bu boyutun;

$$\text{En Büyük Değeri: } 25+0.009=25.009\text{mm}$$

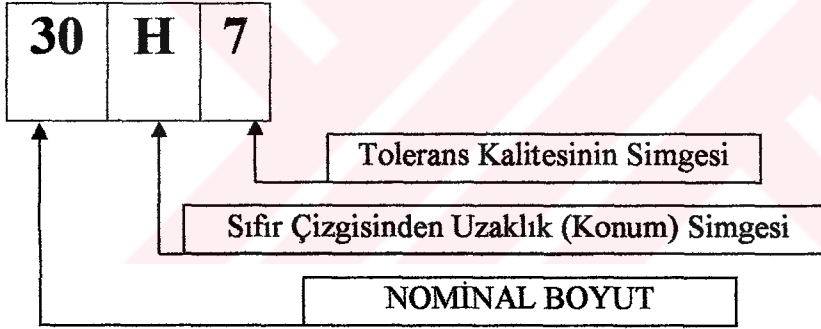
$$\text{En Küçük Değeri: } 25-0.004=24.996\text{mm}$$

$$\text{Toleransı: } 25.009-24.996=0,013\text{mm veya } 0.009-(-0.004)=0.013\text{mm}$$

olarak hesaplanır.

Maksimum malzeme boyutu, en çok malzeme içeren boyuttur. Bu boyut miller için en büyük boyut delikleri için en küçük boyuttur.

Minimum malzeme boyutu, en az malzeme içeren boyuttur. Bu boyut miller için en küçük boyut, delikler için en büyük boyuttur [45]. Toleranslı boyutlar simgesel olarak Şekil 10'da ki gibi gösterilir.



Şekil 10. Toleransların simgesel olarak gösterimi

Burada ilk sayı parçanın nominal boyutunu, ortadaki harf tolerans bölgesinin sıfır çizgisinden uzaklığını (konumunu) ve en sağdaki rakam ise tolerans değerini gösterir.

Boyut toleransları tolerans değeri ve tolerans alanının sıfır çizgisinden uzaklığı olmak üzere iki esasa göre tayin edilir.

**Geçmeler:** Geçme eş çalışan iki parçanın montajdan sonra boyutları arasında doğan durumdur. Bu bakımdan *boşluklu geçme*, *ara geçme* ve *sıkı geçme* olmak üzere üç durum ortaya çıkmaktadır (Şekil 11).

Boşluklu geçmede, milin en büyük çapı, deliğin en küçük çapından daha küçüktür; yani  $d_{maks} < D_{min}$  dir. Bu durumda milin tolerans bölgesi, deliğin tolerans bölgesinin

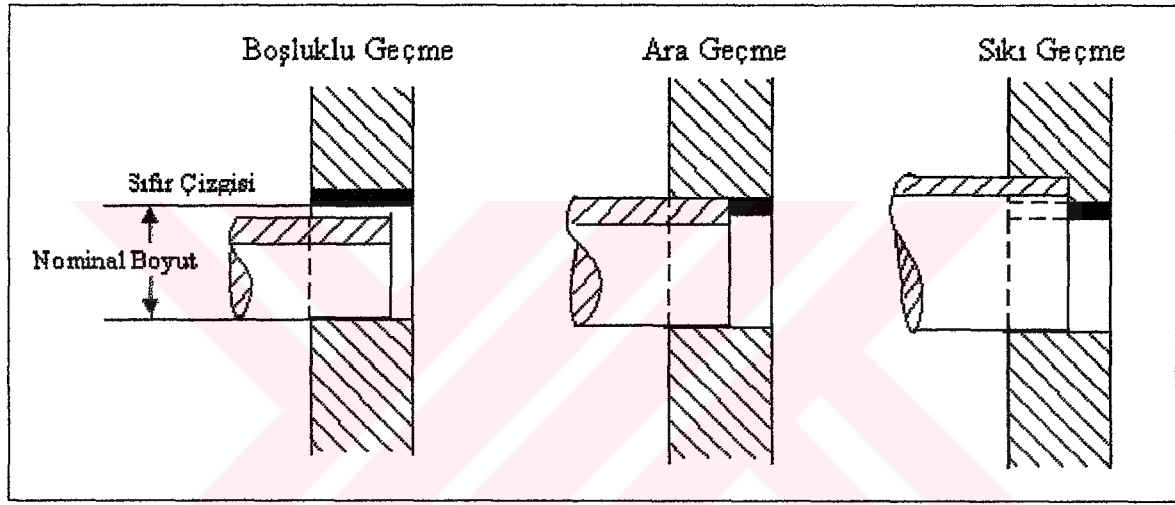
altındadır. Mil ve deliğin en büyük ve en küçük çap değerlerine bağlı olarak en büyük boşluk ve en küçük boşluk meydana gelebilir. Bu boşluklar:

$$B_{maks} = D_{maks} - d_{min} = A_u - a_a \quad (9)$$

$$B_{min} = D_{min} - d_{maks} = A_a - a_u \quad (10)$$

$$T = B_{maks} - B_{min} = T_D + T_d \quad (11)$$

bağıntılarıyla hesaplanır.



Şekil 11. Geçmeler

Sıkı geçmede, milin en küçük çapı, deliğin en büyük çapından daha büyüktür; yani  $d_{min} > D_{maks}$  dir. Bu durumda milin tolerans bölgesi, deliğin tolerans bölgesinin üstündedir. Mil ve deliğin en büyük ve en küçük çap değerlerine bağlı olarak meydana gelen en büyük sıkılık ve en küçük sıkılık:

$$S_{maks} = d_{maks} - D_{min} = a_u - A_a \quad (12)$$

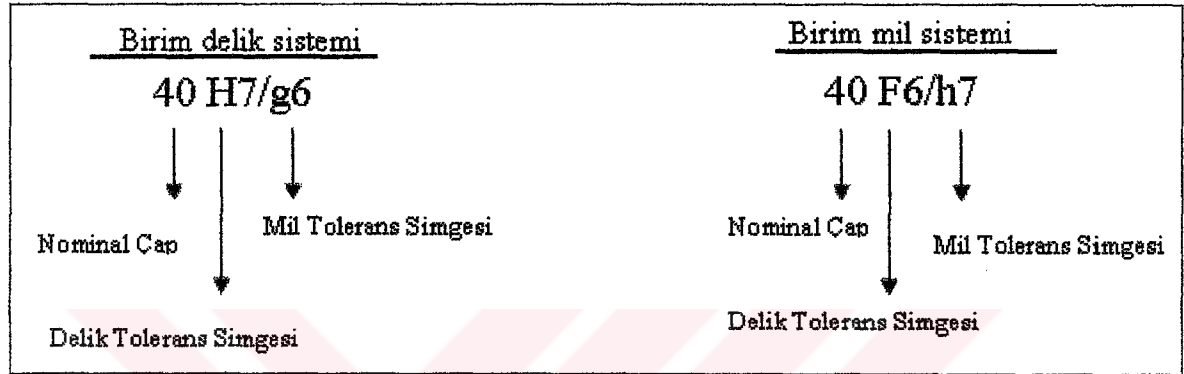
$$S_{min} = d_{min} - D_{maks} = a_a - A_u \quad (13)$$

$$T = S_{maks} - S_{min} = T_d + T_D \quad (14)$$

bağıntılarıyla hesaplanır.

Ara geçmelerde, mil ve deliğin tolerans bölgeleri kısmen veya tamamen çakışır. Bu durumda mil ve deliğin en büyük ve en küçük çap değerlerine bağlı olarak en büyük boşluk ve en küçük sıkılık oluşur.

Toleransların tasarımı, delik veya milin durumuna göre birim delik veya birim mil sistemine göre yapılır. İmalat resimlerinde birim delik ve birim mil sistemlerinin gösterimi Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Geçmelerin gösterimi

Aşağıda 25 mm’lik çap için örnek verilmiştir. Burada üç geçme; 25H7/g6, 25H7/n6 ve 25H7/s6 alınmış ve bunlara ait en büyük, en küçük boşluklar ve sıkılıklar hesaplanmıştır. (Alt ve Üst sapma değerleri Ek 2’den alınmıştır.)

**Geçme: 25 H7/g6**

$$B_{\text{maks}} = D_{\text{maks}} - d_{\text{min}} = A_u - a_a$$

$$B_{\text{maks}} = 21\mu\text{m} - (-20\mu\text{m}) = 41\mu\text{m}$$

$$B_{\text{min}} = D_{\text{min}} - d_{\text{maks}} = A_a - a_u$$

$$B_{\text{min}} = 0\mu\text{m} - (-7\mu\text{m}) = 7\mu\text{m}$$

**Geçme Türü; Boşluklu Geçme**

**Geçme: 25 H7/n6**

$$B_{\text{maks}} = D_{\text{maks}} - d_{\text{min}} = A_u - a_a$$

$$B_{\text{maks}} = 21\mu\text{m} - (+15\mu\text{m}) = 6\mu\text{m}$$

$$S_{\text{maks}} = d_{\text{maks}} - D_{\text{min}} = a_u - A_a$$

$$S_{\text{maks}} = 0\mu\text{m} - (+28\mu\text{m}) = -28\mu\text{m}$$

**Geçme Türü: Ara Geçme**

**Geçme: 25 H7/s6**

$$S_{\text{maks}} = d_{\text{maks}} - D_{\text{min}} = a_u - A_a$$

$$S_{\text{maks}} = 0\mu\text{m} - (+48\mu\text{m}) = -48\mu\text{m}$$

$$S_{\text{min}} = d_{\text{min}} - D_{\text{maks}} = a_a - A_u$$

$$S_{\text{min}} = 21\mu\text{m} - (+35\mu\text{m}) = -14\mu\text{m}$$

**Geçme Türü: Sıkı Geçme**

#### 1.4.1.2. ISO Tolerans Sistemi

ISO (International Standarts Organization) tolerans sistemi, toleransların büyüklüğünü ve sıfır çizgisine göre uzaklığını tayin eden ve tüm dünyaca kabul gören bir sistemdir.

ISO sisteminde toleransların büyüklükleri imalat kalitelerine bağlı olarak kalite sınıflarına ayrılmıştır. Her sınıfın tolerans büyüklüğü nominal çapa bağlı olarak bir sayı ile gösterilir. ISO tolerans sisteminde IT01, IT0, IT1,.....,IT15,IT16 olmak üzere 18 imalat kalitesi vardır. Bu gruplara karşılık gelen tolerans değerlerine temel toleranslar denir ve IT5, IT6 şeklinde gösterilir. Her kalitenin tolerans birimi "i" ile orantılıdır. 3-500 mm arasında bulunan nominal boyutlar için temel tolerans 15 nolu bağıntıyla belirlenir.

$$T = k.i \quad (15)$$

Burada k Tablo 1'de gösterildiği gibi her kalite sınıfına ait bir sayıdır.

Tablo 1. Kalite sınıflarına ait k değerleri

IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i

Temel tolerans birimini tayin etmek üzere 3-500 mm arasındaki boyutlar 13, 500-3150 mm arasındaki nominal boyutlar 8 çap kademelerine ayrılmıştır. IT5-IT16 kaliteleri ve 3-500 mm nominal çaplar için temel tolerans birimi 16 ve 17 numaralı eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001.D [\mu\text{m}] \quad (16)$$

$$D = \sqrt{D_a \cdot D_a} [\text{mm}] \quad (17)$$

0,001D, sıcaklık dolayısıyla master ve parçalarda meydana gelen termik deformasyonlardan ötürü ölçmedeki belirsizlikleri karşılamak üzere eklenen büyüklüktür. Böylece 15 ve 16 numaralı eşitliklerle her kalite sınıfına ve her boyut kademesine ait temel toleranslar hesaplanabilir. Tablo 2'de direkt olarak temel toleransların değeri verilmektedir.

Tablo 2. ISO kaliteleri için temel toleranslar [DIN ISO 286 T1].

Temel Tolerans		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Boyut mm		[ $\mu\text{m}$ ]																	
>	≤																		
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	130	300	480	750
6	10	0.4	0.4	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	620	1000	1600	2500
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1800	2900
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Kalitelerin kullanım alanları Tablo3'de, talaş kaldırma işlemleri ile elde edilen kaliteler Tablo 4'de gösterilmiştir [43].

Tablo 3. İmalat kalitesinin kullanım alanları

Kalite	Kullanım Alanları
01, 0, 1, 2, 3	Mastarlar ve Ölçü Aletleri
4, 5, 6	Uçak ve Takım Tezgahları
7, 8, 9	Normal Makina Konstrüksiyonu
10, 11, 12	Genel makina Konstrüksiyonu
13,14,15,16	Döküm, Dövme, Çelik Konstrüksiyonu

Tablo 4. Talaş kaldırma işlemlerinde elde edilen kaliteler

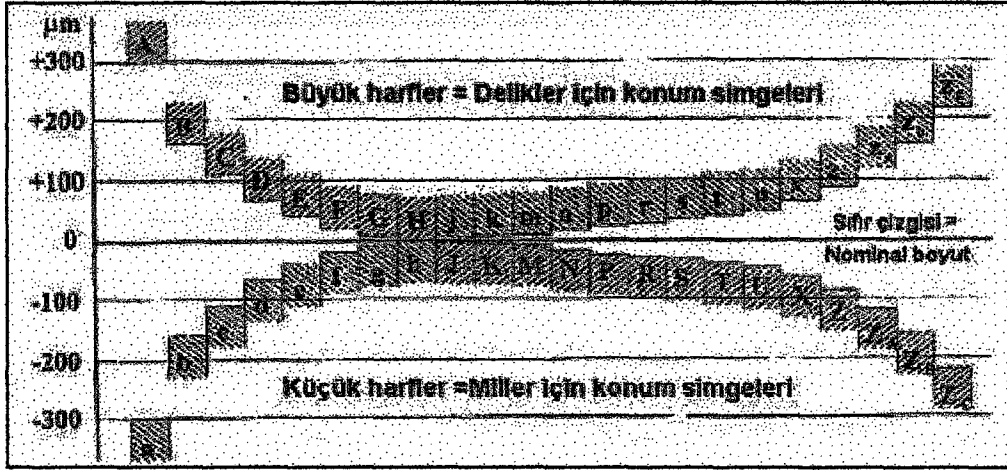
Kalite	Talaş Kaldırma İşlemi
IT8	Tornalama, Delme, Frezeleme, Vargelleme, Planyalama
IT7	Broşlama, İnce Taşlama, Raybalama
IT6	Dış ve İç Taşlama, Raybalama
IT5	İnce Taşlama
IT4	Çok ince Taşlama, Lepleme
IT3	Parlatma

Tolerans bölgelerinin sıfır çizgiye göre konumları; delik için A, B, C,....., Z, ZA, ZB, ZC gibi büyük harflerle, mil için a, b, c,....., z, za, zb, zc gibi küçük harflerle gösterilir (Şekil 13). Bunlara temel konumlar denir [45].

Deliklere ait A 'dan G 'ye kadar tolerans konumlarının alt ve üst limiti pozitif, J ve K toleransları pozitif ve negatiftir ve M' den ZC 'ye kadar olanlar ise negatiftir. Millere ait olan a 'dan g 'ye kadar tolerans konumlarının alt ve üst limiti negatif, j toleransları pozitif ve negatiftir ve k'dan zc'ye kadar olanlar ise pozitifdir.

Delikler için H ve miller için h konumlarının önemli bir anlamı vardır. H 'nın alt limiti sıfırdır; yani boyutun alt limiti, nominal boyuta eşittir. h'nin üst limiti sıfırdır; yani boyutun üst limiti, nominal boyuta eşittir. ISO tolerans sisteminde H birim delik, h ise birim mil sistemlerinin simgeleri olarak kullanılmaktadır.





Şekil 13. Tolerans bölgelerinin temel konumları

Pratikte çeşitli kalite sınıfları ve konumlarına göre tolerans değerleri tablolarda verilmektedir. Ek 2'de ISO tolerans çizelgeleri verilmiştir.

Boyutların toleranslı olarak verilmesinin iki nedeni vardır. Birincisi; en iyi işçilik veya makina kullanılsa dahi bir parçanın boyutunu çeşitli etkenlerden dolayı tam olarak elde etmek olanaksızdır. İkinci neden; pratik tecrübelerle göre, işlenen parça boyutunun iki sınır arasında bulunması parça fonksiyonunun daha iyi olmasını sağlar. İkinci neden ekonomik bir anlam taşır. Her iki etken birbirini tamamlayarak işlemede büyük kolaylık sağlar [44].

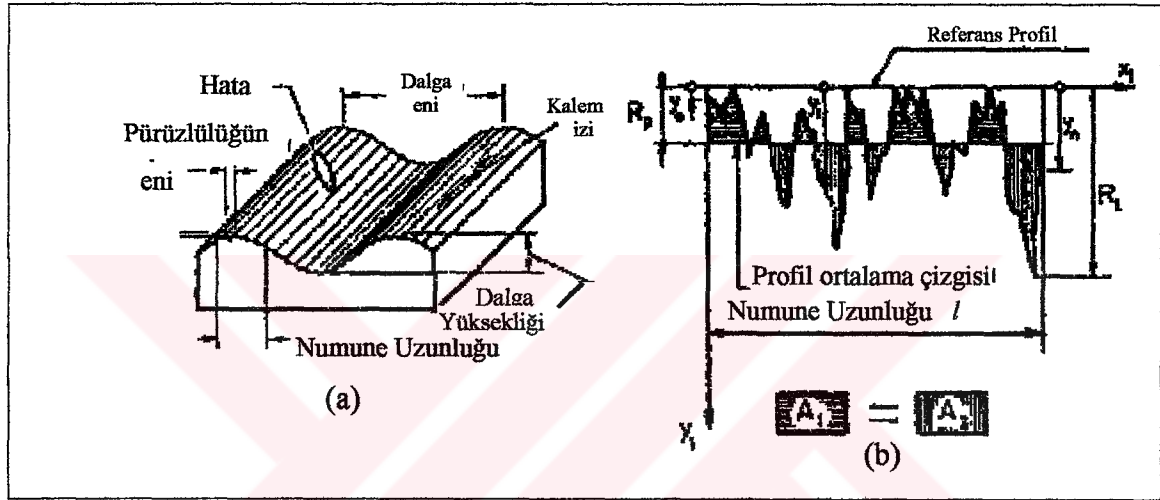
#### 1.4.2. Yüzey Kaliteleri

Bir makina yardımıyla meydana getirilen parçaların ayrı ayrı ele alınarak yüzeyleri incelenecek olursa, birbirine benzer yüzeylerin çok az olduğu görülür. Bu benzerlik, özellikle pürüzlülük ve düzgünlük bakımından son derece önemlidir. Gereksiz yere sarf edilen zaman, maliyetlerin yükselmesine sebep olur. Bu sebeple yüzeyler, gereği kadar düzgün ve pürüzsüz olmalıdır [46]. Parçanın yüzeyinde meydana gelen takım izleri, hatalar ve dalgalar gibi düzgünlüklerin toplamı *yüzey kalitesi* olarak ifade edilir [44].

Takım izleri, hatalar ve dalgalar gibi düzgünlükler parçalar arası gerçek temas yüzeyini küçültmekte, aşınmayı hızlandırmakta, sürtünmeyi arttırmakta ve yorulma mukavemetini azaltmaktadır. Dolayısıyla parçanın çalışma kabiliyetini önemli ölçüde

etkilemektedir. Bu nedenle elemanın fonksiyonuna göre yüzeylerin kalitelerini tayin etmek, tasarımcının başlıca görevidir [44].

Yüzey kalitesi, takım izlerinin oluşturduğu yüzey pürüzlülüğü ve yüzey dalgalarından meydana gelmektedir (Şekil 14a). Yüzey dalgaları şekil hatalarına girmektedir. Pürüzlülük, imalat metotları sonucu parça yüzeyinde oluşan, şekil ve dalgalanma hataları dışında kalan ve oldukça küçük ve periyodik olarak tekrarlanan düzgünsüzlüklerdir.

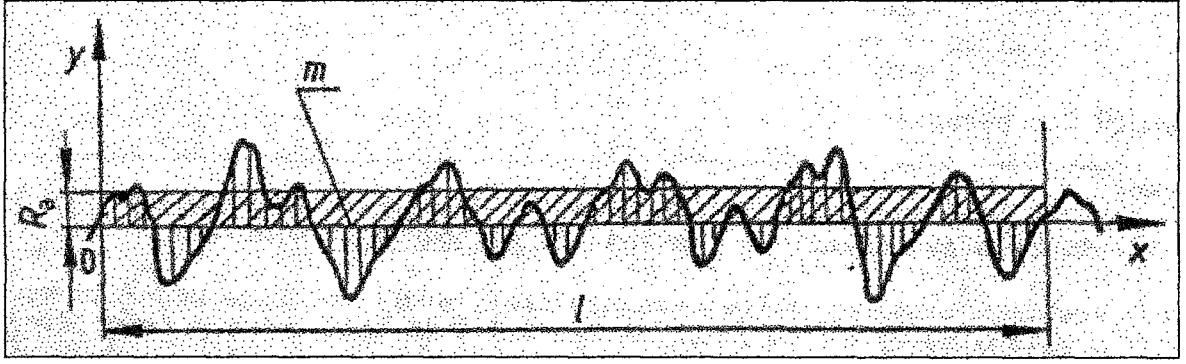


Şekil 14. Yüzey pürüzlülüğü. a) Yüzey pürüzlülüğü ve yüzey dalgaları b) Profil ortalama çizgisi

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde, profil ortalama çizgisine göre aritmetik ortalama sapma ( $R_a$ ), on nokta yüksekliği ( $R_z$ ) ve düzgünsüzlüklerin en büyük yüksekliği ( $R_{max}$ ) kriter olarak alınır[47].

Profil ortalama çizgisi ( $m$ ); her iki tarafındaki profil alanları toplamını birbirine eşit kılacak ve referans çizgisine paralel olacak şekilde gerçek profili örnek uzunluğu boyunca kesen bir doğrudur. Profil ortalama çizgisi, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların birbirine eşit olması koşulu ile tayin edilir (Şekil 14 b).

Profil sapmalarının aritmetik ortalaması ( $R_a$ ); numune uzunluğu içerisinde profil sapmaları mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 15).



Şekil 15. Profil sapsmalarının aritmetik ortalaması, Ra

Ra değeri (18) numaralı eşitlikle

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \quad (18)$$

veya yaklaşık olarak

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (19)$$

(19) numaralı eşitlikle hesaplanmaktadır.

Profil düzensizliklerinin on nokta yüksekliği (Rz); numune uzunluğu içerisinde ölçülen beş en yüksek çıkıntı ile beş en derin çukur arasındaki ortalama uzaklıktır. Rz değeri (20) veya (21) numaralı eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$Rz = \frac{(y_1 + y_3 + y_5 + y_7 + y_9) - (y_0 + y_2 + y_4 + y_6 + y_8)}{5} \quad (20)$$

$$Rz = \frac{\sum_{i=0}^4 |y_{2i+1}| - \sum_{i=0}^4 |y_{2i}|}{5} \quad (21)$$

Yüzey pürüzlülüğünün en büyük yüksekliği (Rt); örnek uzunluğu içinde, profilin en yüksek noktası ile en çukur noktası arasında kalan mesafedir.

Uygulamada farklılıkları ortadan kaldırmak, aynı özellik ve kalitede makina üretmek için Uluslar Arası Standartlar Organizasyonu "ISO" bu konuda gerekli çalışmaları yapmış ve bu çalışmalar sonucunda elde edilen standartlar bütün dünya ülkelerince kabul edilmiştir [46]. Ülkemizde de yeni yüzey kaliteleri Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir. TSE yüzey kalite ve sembollerini TS 2040 numarayla yayımlamıştır. Bu standartlara göre yüzeyler minimum ve maksimum pürüzlülük derinlikleri ve ortalama pürüz değerine göre ele alınmış ve sınıflandırılmıştır. Yapılan değerlendirmede, ortalama pürüzlülük değeri Ra'ya göre yüzeyler, 12 ana sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar N1, N2, N3,....., N11 ve N12 şeklinde ifade edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Ra ortalama pürüzlülük değerleri ve N sınıf numaraları DIN 4766 T2

<b>Ra</b> ( $\mu\text{m}$ )	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
<b>N</b>	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12

Hangi makina parçalarının ve hangi yüzeylerin kritik olduğuna dair kararın verilmesi tasarımcının görevidir. Bunun içinde parçanın fonksiyonunu iyi bilmek gerekir. Buna göre işleme metodu ve yüzey kalitesi tayin edilir. Çok düzgün olması gereken yüzeylerin kaba veya kaba olması gereken yüzeylerin hassas yüzey olarak belirlenmesi tasarım ve ekonomiklik bakımından yanlıştır. Tablo 6'da bazı tasarımlar için gerekli pürüzlülük değerleri verilmiştir.

Tablo 6. Bazı tasarımlar için gerekli yüzey pürüzlülük değerleri.

Pürüzlülük Ra ( $\mu\text{m}$ )	Kullanım Alanı	Pürüzlülük Ra ( $\mu\text{m}$ )	Kullanım Alanı
0,025	Rulman Bilyaları Mastarlar ve Aynalar Mikrometre Çeneleri	0,8	Piston biyel burçları Tıg çekilmiş delikler Bronz kaymalı yataklar Hassas parçalarpres geçme parçalar Hidrolik silindir conta yüzeyi
0,05	Atölyede kullanılan mastar yüzeyi Komaratör yoklayıcı uçları		
0,1	Rulmanlı yatak bilezikleri Piston pimleri Hidrolik piston milleri Karbon conta sürtünme yüzeyleri	1,57	Piston pim delikleri Fren tamburları Silindir gövdesi üst kısmı Dişli çark oturma yüzeyleri Dişli milleri ve Göbek delikleri Frezeleşmiş vida dişleri Dişli kutusu yüzeyleri Piston üst kısımları Genel pres geçmeler
0,125	Sürtünen yağ contası yüzeyleri Basınçla yağlanan yataklar		
0,2	Süpap itici kam yüzeyleri Hidrolik silindir iç yüzeyleri Leplenmiş sürtünmesiz yataklar Krank pimleri Süpap yuvaları Jet motoru statör kanatları Haddelenmiş vida dişleri		
0,325	Krank mili yatakları Motor silindir iç yüzeyleri Piston dış çapları	3,125	Statik temaslı yüzeyler Kavrama disk yüzeyleri Zincir dişlileri
0,4	Motor milleri Çok kamalı miller (akslar) O-Ring kanalları Kompresör kanat Sonsuz dişliler Hassas rulmanlı yataklar Fren balataları sürtünme yüzeyleri	6,25	Kaba makina parçaları Oturmayan yüzeyler

Tablo 7'de genel üretim yöntemleriyle elde edilebilecek yüzey kaliteleri gösterilmektedir.



Tablo 7. Üretim Yöntemleriyle elde edilen yüzey kaliteleri [46].

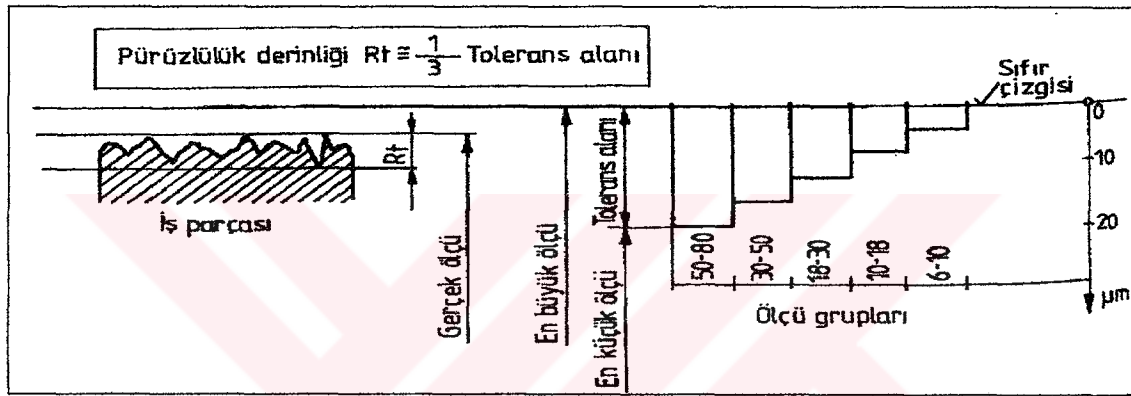
	İŞLEM ADI	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
DÖKÜM	DÖKÜM												
	➤ Kum Döküm												
	➤ Kokil Döküm												
	➤ Pres Döküm												
PLASTİK ŞEKİL VERME	DÖVME												
	HADDELEME												
	EKSTRÜZYON												
TALAŞ KALDIRARAK ŞEKİL VERME	KESME												
	EĞELEME												
	VARGELLEME												
	DELME												
	TORNALAMA												
	➤ Kaba Torn.												
	➤ Orta Torn.												
	➤ İnce Torn.												
	FREZELEME												
	➤ Kaba Freze.												
	➤ Orta Freze.												
	➤ İnce Freze												
	TIĞ ÇEKME												
	RAYBALAMA												
	➤ Kaba Rayb.												
	➤ Orta Rayb.												
	➤ İnce Rayb.												
	TAŞLAMA												
	➤ Kaba Taşl.												
	➤ Orta Taşl.												
	➤ İnce Taşl.												
HONLAMA													
LEPLEME													
ZIMPARALAMA													
PARLATMA													
Sık kullanılan bölge ( Ekonomik)		Az kullanılan bölge (ekonomik olmayan)											

### 1.4.3. Üretim Metotları, Yüzey Kaliteleri, Boyut Toleransları ve Pürüzlülük İlişkileri

Üretim metotları pürüzlülük değerlerini ve yüzey kalitelerini direkt olarak etkiler. Pürüzlülük değerleri ve yüzey kaliteleri boyut ve tolerans kaliteleri arasındaki ilişkiler dolaylıdır. Ancak göz ardı edilmemesi gereken önemli hususlar da vardır. Yüzey kalitesi, parçanın ilgili yüzeyinin her yerinde aynı olmalıdır. Özellikle bu durum eşli yüzeylerde daha önemlidir. Tolerans kaliteleri, çeşitli üretim işlemleri sonunda elde edilir. Hassas toleranslar, genellikle uzun zamanda ve hassas tezgahlarda uygun bilenmiş kesici takımlarla elde edilmektedir [46].

Alıştırma ve toleranslı ölçülere konulan geçme işaretleri ve değerleri, parça yüzeyinin hangi kalitede olacağını belli etmediklerinden bu durumun açıklanması gerekmektedir. Şekil 16'da çeşitli ölçü gruplarıyla bunların tolerans alanları, en küçük ve en büyük ölçü değerleri grafik olarak verilmektedir. Tolerans alanlarıyla pürüzlülük yüksekliği arasında yaklaşık olarak 1/3 oranı kabul edilebilir. Ayrıca ortalama pürüz yüksekliği  $R_z$  ile tolerans kaliteleri arasında şu bağıntı kurulabilir [46];

$$R_z \cong 0,5 \times IT \quad (22)$$



Şekil 16. Tolerans ve yüzey kaliteleri ilişkisi

(22) numaralı eşitlikte IT (ISO-Tolerans) yerine istenilen tolerans kalitesinin ana değeri yazılır. Örneğin  $25^{H7}$ 'nin ana tolerans değeri  $21\mu\text{m}$  olarak verilmiştir. Ortalama pürüz derinliği;  $R_z = 0,5 \times 21$ 'den hesaplanırsa,  $R_z = 10\mu\text{m}$  elde edilir. Bunun karşılığı N7~N8 yüzey kaliteleridir.

Tablo 8' de özellikle talaşlı üretimde kesici takım ve ucunun kavis yarıçapı ve kaldırılan talaş çeşidine göre pürüzlülük değerleri belli olduğu takdirde, bir devirdeki ilerleme miktarı " $f$ " bulunur [46]. Bu bağıntının formülle de açıklanarak, ilerleme yaklaşık olarak hesaplanır. Ayrıca ilerleme ve yüzey kalitesinin belli olması halinde kaleme verilecek uç kavisinin değeri bulunur. Sonuç olarak, kesici takımlarda işlenecek yüzeylerin kalitesi birbiriyle doğrudan bağlantılıdır.

Tablo 8. Kesici takım uç kavisi ve yüzey pürüzlülüğüne göre 1 devirdeki ilerleme miktarı

TALAŞ CİNSİ	Kaba Talaş		Orta Talaş		İnce Talaş	
Ort. Pürüz. Yüksek. $\mu\text{m}$	100	63	25	16	6,3	4
Ort. Pürüz. Değeri $\mu\text{m}$	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8
Yüzey Sınıf Numarası	N11	N10	N9	N8	N7	N6
Kesici Takım Uç Kavisi						
0,4	0,57	0,45	0,28	0,2	0,14	0,1
0,8	0,80	0,63	0,43	0,3	0,2	0,16
1,2	1	0,8	0,5	0,4	0,25	0,2
1,6	1,13	0,9	0,6	0,45	0,3	0,23
2,4	1,4	1,3	0,7	0,55	0,35	0,28

Yüzey kaliteleriyle ortalama pürüzlülük değerleri arasındaki ilişki Tablo 6'da ve üretim yöntemleriyle yüzey kaliteleri arasındaki ilişki Tablo 7'de verilmektedir. Üretim yöntemleri, yüzey kaliteleri, boyut, kalite sayıları ve pürüzlülük arasındaki ilişki Tablo 9'da gösterilmiştir. Bu tabloda tasarımcının belirlediği boyut, yüzey kalitesi ve tolerans kalitesinin hangi üretim yöntemiyle üretilebileceği belirlenmektedir. Tablo 9'a göre örneğin 25mm anma ölçüsündeki bir iş parçasının N6 yüzey kalitesinde ve 7. ISO tolerans kalitesinde işlenmesi istendiğinde, tablodan bu parça için yüzey pürüzlülüğünün (Ra) 0,4 $\mu\text{m}$  olduğu görülür. Bu noktadan indirilecek düşey dikmenin isabet ettiği taraflı bölgenin sol hizasına bakarak bu yüzey için gerekli üretim yöntemi belirlenir. Burada belirlenen çaptaki parçanın seçilen yüzey kalitesinde ve tolerans kalitesinde üretimi, birden çok üretim yöntemiyle yapılabileceği görülmektedir. Bu üretim yöntemlerinden maliyeti en düşük olan ve mevcut üretim yöntemi seçilir.

Parça yüzey kalitesinin ve dolayısıyla pürüzlülük değerlerinin, parçanın önemi ve yaptığı işe göre belirleneceği unutulmamalıdır. Gereksiz yere hassas kalitenin elde edilmeye çalışılması işçilik ve diğer masrafları arttıracaktır için tercih edilmemelidir [47].





## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal ve Yöntem

Üretim yöntemiyle yüzey kaliteleri arasındaki ilişkiler standartlarda tablolar halinde verilmektedir. Bunun yanında tecrübeye dayalı tolerans önerileri de standartlarda mevcuttur. Geliştirilen yazılımın amacı standartlarda bahsedilen bu önerileri sistematik olarak veri tabanlarında bir araya getirmek ve veri tabanındaki bu önerilerden faydalanarak hızlı ve çabuk bir şekilde istenilen değere ulaşmaktır. Program uzman sistem programlama dillerinden PROLOG kullanılarak yazılmıştır.

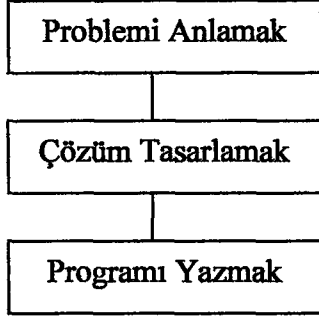
### 2.2. PROLOG ile Uzman Sistem Geliştirme

“Programing in Logic”in kısaltması olan PROLOG, 1970’li yıllarda Fransa’nın Marseilles Üniversitesinde, Alain CALMERAUER ve çalışma grubu tarafından mantıksal programlama için verimli bir dil sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Bugün beşinci nesil bilgisayarlar için ana dil olarak kabul edilmiştir [48,49].

Bilgisayarların belirli bir problemi çözebilmesi için kendisine problemle ve çözüm yoluyla ilgili bilgi verilmesi gerekir. Programlama dilleri aracılığıyla insan, bilgisayarla iletişim kurabilir. C<sup>++</sup>, Basic, Fortran, Cobol gibi klasik programlama dilleri bu iletişimi kolaylaştıran üst düzey diller olup, temel yapıları itibariyle makina dilinin çok geliştirilmiş şeklidir. Bu nedenle klasik programlama dillerinin yapısı, klasik konuşma dillerinden ve mantıksal düşünme yöntemlerinden çok uzaktır. Örneğin, klasik programlama dillerinin söz dilimlerinde temel yapı elemanlarından olan GOTO, FOR-TO, REPEAT-UNTIL vb. ifadeler, bir problemi çözerken normal olarak kullandığımız mantıksal düşünce yöntemlerini hemen hemen hiç yansıtmazlar. Oysa PROLOG programı sembolik biçimde, genelde sayısal olmayan bilgilerin işlenmesi için önerilmektedir [48,50]. Programın PROLOG yazılımı kullanılarak geliştirilmesindeki ana etken de budur.

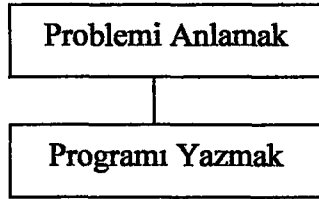
Bildirimsel bir yaklaşımla çalışan PROLOG; C<sup>++</sup>, Pascal gibi dillerdeki döngüler olmadığından, bu döngülerden kaynaklanabilecek hataları tamamıyla ortadan kaldırır. Geriye iz sürme özelliği sayesinde bir probleme uygun çözümlerin tamamı bulunur [50].

Programcı, çözüm gerektiren bir problemle işe başlar. Programın gereklerinin yanı sıra sonucu oluşturmak için işlenmesi gereken bir dizi veri vardır. Geleneksel yaklaşımda yazılım geliştirme Şekil 17’de gösterilen üç basamaktan oluşur. Önce programcı problemi anlar, sonra programın algoritmasını geliştirir ve en sonunda bu işler, program deyimlerine dönüştürülür ve program tamamlanır.



Şekil 17. Geleneksel dillerde program yazmak için kullanılan yöntem

PROLOG türü dillerde programcıya düşen iş daha basittir. Çünkü dilin kendisi işin bir kısmını üzerine alır. Şekil 18’de PROLOG türü programlarda, program geliştirme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 18. PROLOG dilinde program yazmak için kullanılan yöntem

PROLOG türü diller ile diğer diller arasındaki farkı daha iyi açıklamak için şu problemi ele alalım; 25 kişilik karma bir gruptan, 5 bayan elemandan oluşan bir ekip oluşturalım.

Bu seçimi 3 değişik yöntemle yapabiliriz;

- İnsan düzeyinde, 25 kişilik karma (bay/bayan) bir gruptan 5 bayan seçmek söz konusu olduğundan ve başka bir özellik aranmadığından, bu seçim iç güdüsel olarak kolaylıkla yapılabilir.

b) Geleneksel dillerle, bu problemi bilgisayara çözdürmek için iyi bir yöntem bulmak gerekir. İyi bir yöntem, önce rasgele 4 kişi seçmek sonra bunların arasında cinsiyeti erkek olanları dışarı alıp yerine yenilerini rasgele seçmek şeklinde geliştirilebilir. Tümünü bayan olana dek yöntem tekrar edilir.

c) PROLOG'la, önce programa gerçekler yani bay ve bayanlar girilerek veri tabanı oluşturulur, örneğin **bayan(ayşe)**, **bay(ahmet)** gibi. Daha sonra bilgisayara iki kural bildirilir; birincisi ekibin bayan elemanlardan oluşacağı, ikincisi ise eleman sayısının 5 olması gerektiğidir. Bundan sonra program 5 bayan elemanı veri tabanından seçecektir.

Çoğu problemlerde yazılım geliştirme ve yazılımın çalıştırılması yeterlilikleri arasında tercih yapmak gerekir. Yazılım geliştirmede PROLOG daha verimli, programın çalışmasında ise yordamsal diller daha verimlidir. PROLOG dilinin uygun olduğu alanlar olduğu gibi uygun olmadığı alanlar da mevcuttur. PROLOG dilinin uygun olduğu alanlar uzman sistemler veri tabanı programları ve mantıksal karar verme programlarıdır. Geleneksel dillerle bunları geliştirmek zordur.

### 2.2.1. PROLOG'un Yapısı

PROLOG'da aksiyonlar veri tabanında düzenlenir ve bunların sırası önemlidir. PROLOG programı, kurallar, gerçekler ve bir de ispatlanması gereken sonuçlardan oluşur [49].

Kurallar, çıkarımların nasıl yapılacağını belirler. Yani, "Eğer alıştırma seçimi takım tezgahları ana yatakları için yapılacaksa alıştırma toleransı H7/f7 olmalıdır ve parçalar hissedilir boşlukla hareket ederler." cümlesi bir kuraldır.

Gerçekler, bunlar koşulsuz gerçek olan değerler hakkındaki bildirimlerdir. Örneğin, "Tornalama işlemi sonucunda kalite sayısı IT6-IT10 ve yüzey kalitesi ise N6-N10 arasında elde edilir." cümlesi bir gerçektir.

İspatlanması gereken sonuçlar, bizim programdan istediğimiz sonuçlardır. Örneğin programa kullanım yeri olarak takım tezgahları ana yatakları girdiğimizde program bize alıştırma seçimi için H7/f7'yi önerecektir.

PROLOG'da hem gerçekler hem de kurallar PROLOG cümleleri ile ifade edilir. Bir PROLOG cümlesi kuyruk ve baş olmak üzere iki kısımdan oluşur. Kural cümlelerinde hem kuyruk hem de baş mevcut iken gerçek cümleleri sadece baş kısımdan oluşur yani kuyruk kısmı boştur.

PROLOG “domains”, “predicates”, “clauses” ve “goal” kısımlarından oluşur.

Domains: Veri türleri belirlenir. Veri türleri 6 şekilde olmaktadır.

1. Symbol: öğrenci, b1, ankara\_türkiye
2. String: Her karakteri kabul edip tırnak işareti içinde gösterilir. “ali\_5” , “121/856a”  
“ARAKLI”
3. Char: ‘A’ , ‘?’ , ‘X’
4. İnteger: “-32768-32768” arasında ki tam sayı değerleri ifade etmek için kullanılır
5. Real: Reel sayı değerleri için kullanılır. 128, 0.89, -23, 1,2e+5
6. File: strong, PL

Domains programda yer almayabilir. Eğer Domains programda yer almazsa nesnelere türü mutlaka *predicates* bölümünde belirtilmelidir. Liste elemanları sembol olan bir programı düşünelim. Liste türü domains bölümünde (*liste=symbol\**) biçimde tanımlanır.

**Predicates:** Bu alanda yüklemeler tanımlanır. Programda yer alan ilişkilerin hepsi bu bölümde ifade edilir. Örneğin programımızda “başla” kelimesiyle başlayan bir PROLOG cümlesi varsa bu predicates bölümünde tanımlanmalıdır.

**Clauses:** Bu bölümde veri tabanı, kurallar ve gerçekler belirtilir. Gerçekler yüklemeler içerisinde atomal (sabit) değerlerle ifade edilirler. Örneğin “ Selçuk öğrencidir” gerçeği aşağıdaki cümle ile ifade edilir.

öğrenci(selçuk).

**Goal:** Hedef veya sorgulama olarak geçer. Bir PROLOG programı iç ve dış sorgulamaya tabi tutulabilir. Sorgulama kısmı goal bölümüne yerleştirilip clauses kısmından önce veya sonra yazılabilir. Her bir amaç birkaç alt hedeflere ayrılabilir. Paket programlarda goal programın içinde yer alır.

### 2.2.2. PROLOG’un Mantığı

PROLOG geriye doğru zincirleme çıkarım mekanizmasına sahiptir. PROLOG kuralları bilgi sunumu için ve PROLOG çıkarım mekanizması sonuç elde etmek için kullanılır. Her kuralın bir amacı ve bir çok alt amacı mevcuttur. PROLOG çıkarım mekanizması her bir kuralı ya kanıtlar ya da çürütür. Sonuçlarla alakalı bir belirsizlik yoktur. Bu yapı ve çıkarım mekanizması uzman sistem uygulamaları için yeterlidir [40].

PROLOG’la yazılmış bir program çalıştırıldığında program çalıştırılma amacına göre ilk olarak ilgili kuralı arar. Kural bulunduktan sonra kuralı sağlayan şart kısmına bakar ve

şart cümlecini sağlayan ilgili gerçeği arar. Gerçeğin bulunup bulunmamasına göre sonucu verir.

PROLOG'da kurallar mantıklı cümleler halinde ifade edilir ve bir kural cümlesi baş ve kuyruk olmak üzere iki kısımdan oluşur. Kuyruk kısmı şartı oluşturur. Şart sağlanırsa, kural cümlesinin baş kısmı gerçekleşir. Aşağıda bir PROLOG gerçeği ile PROLOG kuralı gösterilmiştir.

$öğrenci(selçuk) \iff$  Klasik bir PROLOG cümlesi  
 $\underbrace{sınav\_olur(X)}_{Baş} : \underbrace{-öğrenci(X)}_{Kuyruk} \iff$  Klasik bir PROLOG kural cümlesi

### 2.2.3. PROLOG'un kısıtlamaları

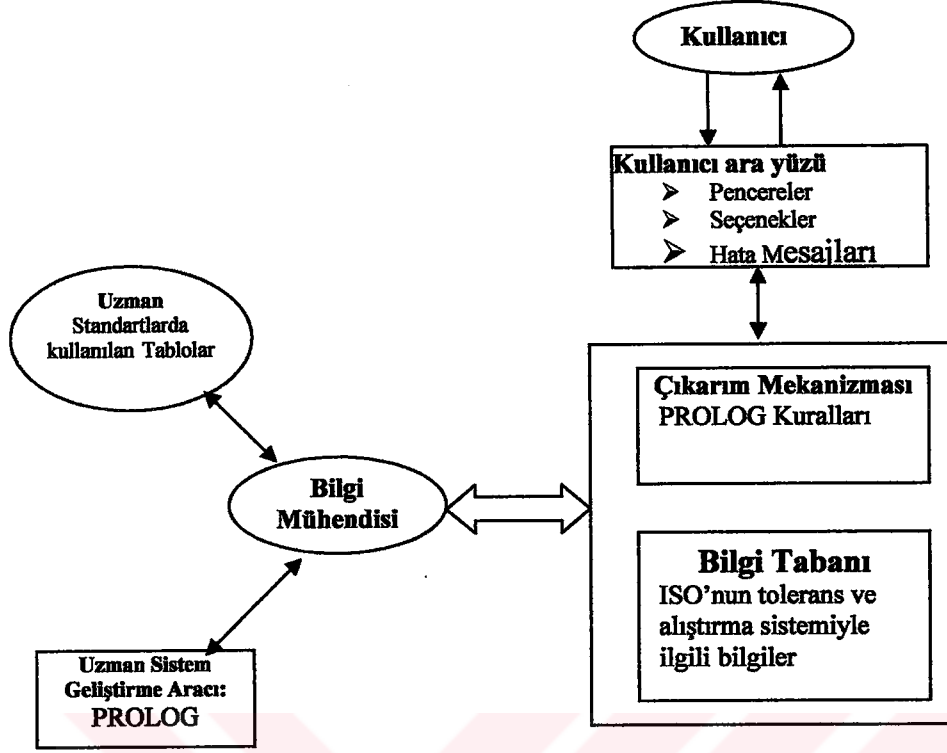
PROLOG'un kısıtlamaları şunlardır [48,49];

1. Geleneksel dillerde yazılması çok zor problemler PROLOG diliyle kolay ve hızlı çözülebildiği gibi geleneksel dillerle kolay çözülebilen problemlerin çözümü de PROLOG'la zor olabilir. Örneğin iki bilinmeyenli bir denklemin köklerini veren programı PROLOG'da yazmak oldukça zordur.
2. PROLOG gibi dillerde çözüm geliştirmek, geleneksel dillere alışkın programcılara zor gelebilir.

### 2.3. Geliştirilen Programın Bileşenleri

Program uzman, bilgi tabanı, çıkarım mekanizması, uzman sistem geliştirme aracı ve kullanıcı ara yüzünden oluşmaktadır (Şekil 19).





Şekil 19. Geliştirilen uzman sistemin bileşenleri.

**Kullanıcı Ara yüzü:** Kullanıcıyla program arasında etkileşimi sağlayan menüler, seçenekler ve hata mesajlarından oluşmaktadır. Menü ve seçenekler Turbo PROLOG 2.0 derleyicisinde kodlanarak hazırlanmıştır.

**Bilgi Tabanı :** 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, makina imalatında kullanılan alıştırma, 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 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 bilgiler).

**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 aşağıda verilmiştir.

- Krank millerinin ana yatakları, piston kolu yatakları, kaygın yataklar için H8/f7 (birim delik sistemi), F8/h9 (birim mil sistemi) toleransları kullanılır.
- Birim mil sistemi için H6/n5 hassas alıştırma derecesi olup çakma geçmedir.
- 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  $+21\mu\text{m}$  ve en küçük sapma miktarı  $0\mu\text{m}$  dir.

**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.

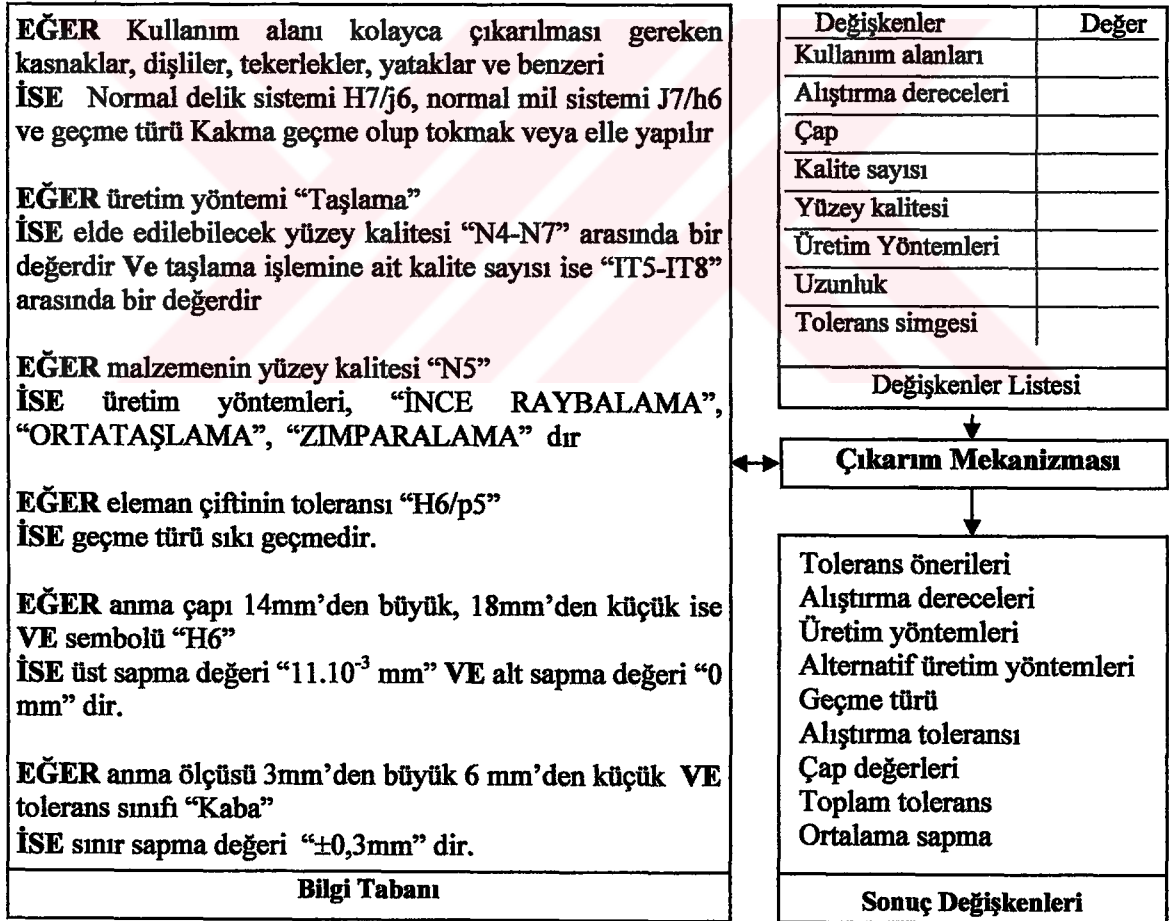
- IF kullanıldığı yer Krank millerinin ana yatakları  
OR piston kolu yatakları  
OR kaygın yataklar  
THEN tolerans değerleri; H8/f7 (birim delik sistemi ), F8/h9 (birim mil sistemi)
- IF Kalite sayısı IT6-IT10  
AND yüzey kalitesi N6-N10 arasında  
İSE Üretim Yöntemi Tornalama işlemidir.
- IF geçme toleransı H6/n5  
THEN Alıştırma Derecesi hassas alıştırma olup çakma geçmedir.

**Çıkarım Mekanizması:** Bilgi tabanındaki kuralların uygun olanlarını seçerek sonuca ulaşır. Örneğin kalite sayısı ve yüzey kalitesiyle ilgili kural çalıştırılınca, bu kurala ait tüm koşullar araştırılır ve uygun olanlar seçilerek sonuca ulaşılır.

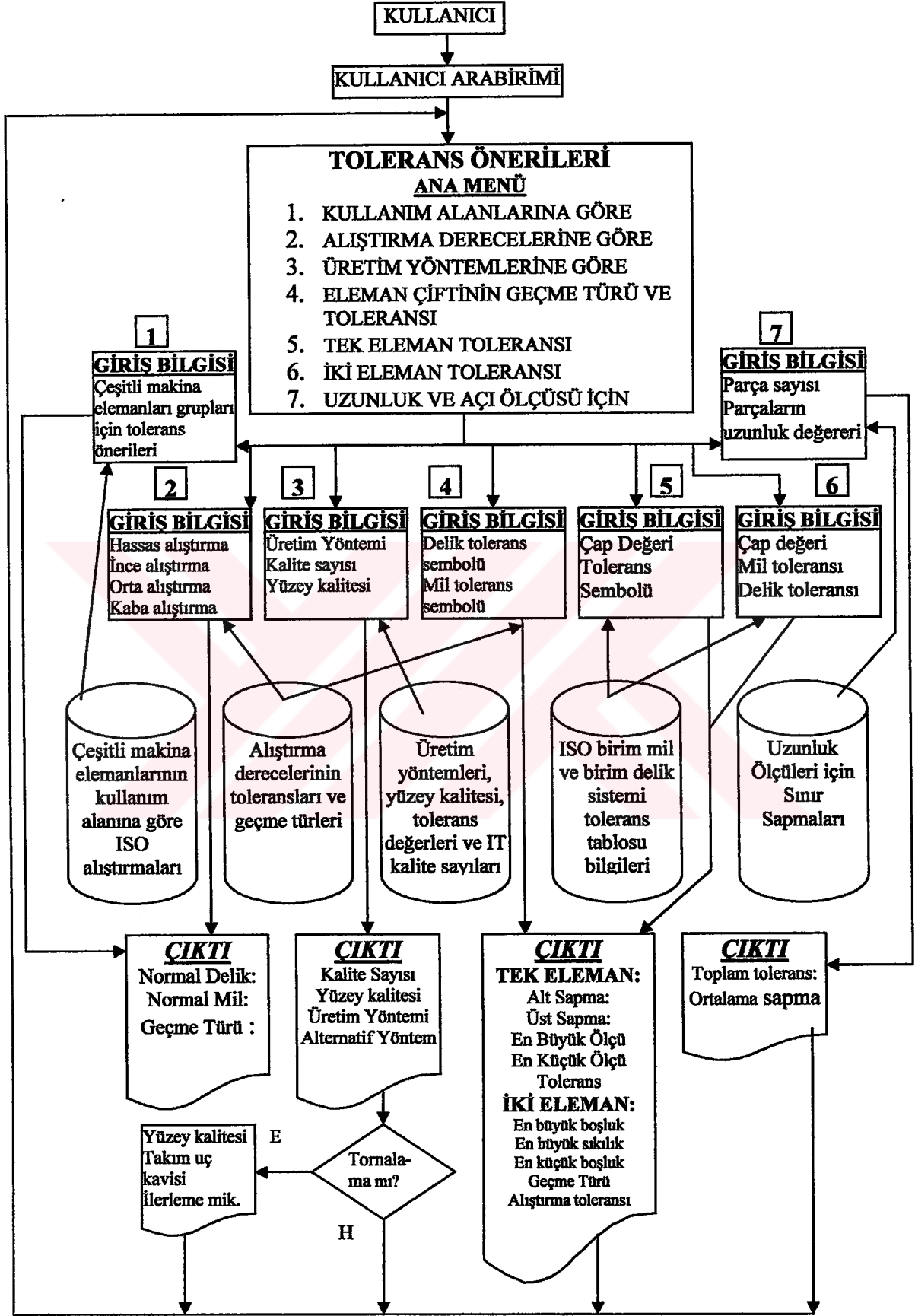


## 2.4. Geliştirilen Programın Yapısı

Geliştirilen program menüleriyle birlikte Turbo PROLOG 2.0 derleyicisinde hazırlanmıştır. Şekil 20’de programda yer alan kurallardan bir kısmı, giriş değişkenleri ve sonuç değişkenleri gösterilmektedir. Programın bilgi tabanını PROLOG cümleleri (kurallar ve gerçekler) oluşturmaktadır. Kullanıcı ekrana gelen seçenek listesinden amacına uygun seçeneği tercih ettikten sonra program kullanıcıdan gerekli değerleri programa girmesini ister. Program bu değerleri ilgili değişkenin değeri olarak atar ve bilgi tabanından ilgili kuralı arar. Kural bulunduktan sonra kuralı doğrulayacak gerçek aranır. Gerçeğin bulunması durumunda, program geri izleme yöntemiyle kuralı doğrular ve ilgili sonuç değişkenlerinin değerini atar.



Şekil 20. Bilgi tabanı ve değişkenler



Şekil 21. Programın çalışma esaslarına göre akış diyagramı

Programın akış diyagramı Şekil 21’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi program 7 farklı işlev gerçekleştirmektedir.

1. Kullanım alanlarına göre tolerans önerileri
2. Alıştırma derecelerine göre tolerans önerileri
3. Üretim yöntemlerine göre yüzey kalitelerini belirleme veya yüzey kalitelerine bağlı olarak üretim yöntemlerini belirleme
4. Eleman çiftinin geçme türünü belirleme
5. Tek eleman toleransı
6. Eleman çiftinin toleransı
7. Toleransı verilmeyen uzunluk ve açı ölçüleri için toleranslar

Bu işlevlerle ilgili gerçekler veri tabanlarında toplanmıştır. Gerçekler ise standartlarda mevcut olan tablolardan ve kaynaklarda yer alan önerilerden alınmıştır.

#### **2.4.1 Kullanım Alanlarına Göre Tolerans Önerileri**

Bir numaralı seçenekte kullanım alanına göre tolerans önerileri yapılmaktadır. Bu işlem seçildiğinde ekrana aşağıda maddeler halinde belirtilen kullanım alanları gelecektir [51, 52].

1. Büyük Tutukluk Kuvveti için, dişli çark, volan ve teker göbekleri, mil flanşları
2. Orta tutukluk kuvveti için, kavrama göbekleri, GG-göbekleri üzerine bronz yataklar, gövde, tekerlek ve piston kollarında yataklar için
3. Motor miline geçen endüviler ve göbeğe geçen dişliler. Mil üzerine geçen göbekler ve yataklar için
4. Bir defaya mahsus olmak üzere makina ve elektrik motoru millerine (d=55-120mm) geçirilmiş kasnaklar, kavramalar ve dişliler için
5. Kasnaklar, kavramalar, dişliler, kamalı volanlar, rulmanlı yatakların iç bilezikleri, sabit tekerlekler ve kollar için
6. Kolayca çıkarılması gereken kasnaklar, dişliler, tekerlekler, yataklar vb.
7. Sık sık sökülüp takılması gereken tekerlekler, tezgahların hareketli kısımları, yatakların dış bilezikleri, kavramalar ve boru frezeleme flanşları için
8. Mil üzerinde hareket eden transmisyon hareket bilezikleri, kayış kasnakları, dişliler kavramalar vb.
9. Kayabilir dişliler, kavramalar, piston kolu yatağı, ölçme cihazı silindirleri için

10. Takım tezgahlarının ana yatakları, krank milleri ve piston kolları yatakları, bütün regülatör yatakları, kaygan muflar v.b.
11. Krank millerinin ana yatakları, piston kolu yatakları, kaygan yataklar için
12. Takım tezgahlarında çok yataklı miller için
13. Vinçlerin ve transmisyonların uzun milerindeki yataklar, avara kasnaklar, ziraat makinaları yatakları, salmastra kutuları için
14. Kavrama ve kayma yuvalarında, nakil vasıtaları ve ziraat makinalarının aks burçları, transmisyon menteşe pimleri için
15. Ziraat makinalarında miller üzerine vidalanmış, çakılmış veya sıkıştırılmış parçalar, ara burçları
16. Büyük toleranslı parçaların hareketlerini devamlı olarak temin etmek için
17. Kısa transmisyon milleri, kapatma mileri, vb. için
18. Lokomotif regülatör milleri, yay ve fren çubukları için

Bu kullanım alanlarından tasarımımıza uygun olan seçeneği seçersek program, tasarıma uygun tolerans önerilerini ve geçmenin konumunu verir. Seçenek numarası girildiğinde program uygun olan değerleri veri tabanından alarak kullanıcıya sunar. Kaynaklarda mevcut olan kullanım alanlarına göre tolerans önerileri PROLOG diline çevrilerek veri tabanları oluşturulmuştur. Programın veri tabanı Ek 3' de verilmiştir . Tolerans önerileriyle ilgili gerçekler programda şu şekilde ifade edilmektedir;

vtabanı1(3,"H7/n6","N7/h6","Sıkı geçme,Presle yapılır").

Bu cümlemin anlamı 3 seçeneğine ait normal delik tolerans önerileri H7/h6 ve normal mil tolerans önerileri N7/h6'dır. Geçmenin konumu sıkı geçme olup presle yapılır.

Bu alanda yer alan kural ise şu şekilde ifade edilmektedir;

**EĞER** Kullanım alanı kolayca çıkarılması gereken kasnaklar, dişliler, tekerlekler, yataklar ve benzeri

**İSE** Normal delik sistemi H7/j6, normal mil sistemi J7/h6 ve geçme türü Kakma geçme olup tokmak veya elle yapılır.

### 2.4.2. Alıştırma Derecelerine Göre Tolerans Önerileri

Ana menüde iki numaralı seçenekte alıştırma derecelerine göre tolerans önerileri yapılmaktadır. Bu menüde kullanıcıdan aşağıdaki alıştırma derecelerinden birinin tercih edilmesi istenir.

1. Hassas Alıştırma
2. İnce Alıştırma
3. Orta Alıştırma
4. Kaba Alıştırma

Alıştırma derecelerinden biri seçildiğinde, program normal delik ve normal mil sistemi için önerilen tolerans harflerini ve geçmenin konumunu kullanıcıya bildirir. Bu bölümle ilgili gerçekler kaynaklardan [51] derlenen önerilerdir. Bu öneriler Ek 4' de tablo halinde verilmiştir.

Bu bölümle ilgili kurallardan biri aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** Hassas alıştırma

**İSE** Önerilen tolerans değerleri şunlardır;

Normal Delik	Normal Mil	Geçme Türü
H6/p5,	P6/h5,	Sıkı geçme.
H6/n5,	N6/h5,	Çakma geçme.
H6/k6,	K6/h5,	Tutuk geçme.
H6/j6,	J6/h5,	Kakma geçme
H6/h5,	H6/h5,	Kaygın geçme

### 2.4.3 Üretim Yöntemlerini ve/ veya Yüzey Kalitelerini Belirleme

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 yöntemimiz belliyse ve elde edebileceğimiz yüzey kalitelerini belirlemek istiyorsak 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 almaktadır.

**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 bunu da kullanıcıya sunulur. Yine bu kısımda girilen üretim yöntemi “Tornalama” ise tornalama işlemi için bir devirdeki ilerleme miktarı hesaplanır. Program önce kullanıcıya ilerleme miktarını hesaplamak isteyip istemediğini sorduktan sonra ilerleme miktarını hesaplamak için seçilen yüzey kalitesini ve kesici takım uç kavisini kullanıcıdan girmesini ister. Program takım uç kavisine ve yüzey kalitesine göre 1 devirdeki ilerleme miktarını mm cinsinden hesaplar. Burada yüzey kalitesi girildiğinde, program veri tabanından yüzey kalitesine ait ortalama pürüz yüksekliği değerini alarak formülde yerine koyar. İlerleme miktarının hesabıyla ilgili gerçekler [46]’da verilen Tablo 8 kullanılarak hazırlanmıştır. İlerleme miktarının hesaplanması için 23 numaralı eşitlik kullanılmıştır.

$$f \cong \sqrt{R_z \cdot 0,008R} \quad (23)$$

Elde etmek istediğimiz yüzey kaliteleri mevcutsa ve hangi üretim yöntemiyle bu yüzey kalitelerine elde edebileceğimize dair bir öneriye ihtiyaç duyuyorsak üç numaralı menüden iki numaralı işlev seçilir. Bu kısımda program yüzey kalitelerine bağlı olarak üretim yöntemlerini ve seçtiğimiz üretim yöntemine alternatif olabilecek üretim yöntemlerini vermektedir. Alternatif üretim yöntemleri başlığı altında verilen üretim yöntemleriyle istenilen yüzeyi elde etmek hem zaman alıcı hem de masraflı olduğu için mecbur kalmadıkça tercih edilmemelidir. Bu bölümde yer alan kurallardan biri aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** malzemenin yüzey kalitesi “N5”



**İSE** üretim yöntemleri, “İNCE RAYBALAMA”, “ORTA TAŞLAMA”, “ZIMPARALAMA”dır

Bu menünün üç numaralı seçeneğinde ise; çap, yüzey kalitesi ve kalite sayısının girilmesi sonucunda üretim yöntemleri ve alternatif üretim yöntemleri hakkında öneride bulunur. Bu kısım için yer alan kurallardan biri aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** çap 17 mm'den büyük, 50mm'den küçük VE yüzey kalitesi “N9-N13” arasında VE boyut toleransı “IT1-IT4” arasında

**İSE** önerilen üretim yöntemleri “PRES DÖKÜM”, “İNCE TORNALAMA”, “EKSTRÜZYON”, “EĞELEME”, “VARGELLEME”, “İNCE FREZELEME”, “TIĞ ÇEKME”, “KABA TAŞLAMA”dır.

Bu üretim yöntemlerinden elimizdeki malzemeye uygun ve atölyede mevcut üretim yöntemlerinden biri kullanıcı tarafından tercih edilir. Programın bu kısmında, üretim yöntemleri ve seçilen yönteme alternatif olabilecek üretim yöntemleri sonuç olarak verilmektedir.

Üçüncü menü ile ilgili veri tabanı kaynaklarda [45, 53] ve standartlarda yer alan tablolar (DIN 4766T1, DIN 4766T2, DIN ISO 286 T1) kullanılarak elde edilmiştir .

#### **2.4.4 Eleman Çiftinin Geçme Türünü Belirleme**

Dört nolu menüde geçme türü belirlenmektedir. Program çalıştırıldığında, kullanıcıdan birim delik veya birim mil sistemlerinden birinin tercih edilmesini ister. Daha sonra kullanıcı programa eleman çiftinin tolerans sembollerini girdikten sonra program ilgili kural yardımıyla veri tabanından girilen kritere uygun geçme türünü kullanıcıya sunar. Bu bölümle ilgili kural aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** eleman çiftinin toleransı “H6/p5”

**İSE** geçme türü sıkı geçmedir.

Bu bölümle ilgili veri tabanı kaynaklarda yer alan tablolardan düzenlenmiştir ve kullanılan tablolar Ek 4'de verilmiştir [51].



#### 2.4.5. Tek Eleman Toleransını Belirleme

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, yukarı ve aşağı ölçü farkı, parçanın en büyük ve en küçük çapı ve tolerans değerini kullanıcıya sunar. Bu bölümle ilgili kurallardan biri aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** anma çapı 14mm'den büyük, 18mm'den küçük ise **VE** sembolü "H6"

**İSE** üst sapma değeri " $11 \cdot 10^{-3}$  mm" **VE** alt sapma değeri "0 mm" dir.

**EĞER** anma çapı 30 mm'den büyük, 40 mm'den küçük **VE** sembolü "j6"

**İSE** üst sapma değeri " $11 \cdot 10^{-3}$  mm" **VE** alt sapma değeri " $-5 \cdot 10^{-3}$  mm"dir.

Program bu kurallar yardımıyla alt ve üst sapma değerlerini veri tabanından aldıktan sonra işlem satırına geçer ve gerekli işlemlerden sonra çıktı değerlerini ekrana getirir.

Bu menüde yapılabilecek ikinci işlem ise programa nominal çap değeri, aşağı ve yukarı sapma değerleri girilerek tolerans sembolü, parçanın en büyük ve en küçük çap değerlerine ulaşılmaktadır. Burada ikinci işlev ilk işlevin tersi yönünde çalışarak sonuca ulaşır.

#### 2.4.6 Eleman Çiftinin Toleransını Belirleme

Ana menüde yer alan altı numaralı işlem çalıştırıldığında program kullanıcıdan birim mil sitemi veya birim delik sisteminden birini tercih etmesini ister. Bu kısımda program kullanıcıdan eleman çifti için anma çapı ve tolerans sembollerinin programa girilmesini ister. 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 sıklık, en küçük sıklık değerlerinden uygun olan ikisini geçme türüne göre kullanıcıya sunar. Bu alanla ilgili kurallardan biri aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** nominal çap 18 mm'den büyük, 30 mm'den küçük **VE** delik toleransı H6 **VE** mil toleransı h5

**İSE** alt sapma; delik için "0 mm", mil için " $-9 \cdot 10^{-3}$  mm" dir **VE** üst sapma delik için " $13 \cdot 10^{-3}$  mm", mil için "0 mm"dir.

Program bu kural yardımıyla alt ve üst sapma değerlerini belirledikten sonra işlem satırına geçerek mil ve delik için en büyük ve en küçük boyutların hesabıyla alakalı olan kuralı bulur. Hesap yapıldıktan sonra program geçme türünü belirlemek için ilgili bir diğer kurala geçer. Bu kural,

**EĞER** deliğin üst sapma miktarıyla milin alt sapma miktarı arasındaki fark sıfırdan büyük **VE** deliğin alt sapma miktarı ile milin üst sapma miktarı arasındaki fark da sıfırdan büyük

**İSE** geçme türü boşluklu geçmedir **VE** ilk değer En Büyük Boşluk, ikinci değer En Küçük Boşluktur.

şeklindedir.

Hem beşinci hem de altıncı menüde yer alan kurallar ve gerçekler kaynaklarda yer alan formüller [44,45] ve standartlarda mevcut olan tablolardan ( DIN 7154T1, DIN 7155T1) faydalanılarak PROLOG diline çevrilmiştir [54, 55]. Kullanılan tablolar Ek 2’de verilmiştir.

#### **2.4.7 Uzunluk ve Açı ölçüleri için Toleransların Belirlenmesi**

Ana menüden yedinci işlev seçildiğinde, uzunluk ve açı ölçüleri için tolerans hesabı yapılmaktadır. Programın bu kısmı aktif olduğunda kullanıcıya iki seçenek sunulur.

1. Uzunluk ölçüleri için sınır sapmaları
2. Açı ölçüleri için sınır sapmaları

İlk seçenek girildiğinde program montajın kaç parça olduğunu sorar. Burada parça sayısında bir sınırlama yoktur. Programa parça sayısı, tolerans sınıfı (Çok kaba, Kaba, Orta, İnce) ve her bir parça için parça uzunluğu girildiğinde program toplam toleransı ve her bir parçanın ortalama toleransını verir. Bu kısımda kullanılan kurallardan biri aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** anma ölçüsü 3 mm’den büyük 6 mm’den küçük **VE** tolerans sınıfı “Kaba”

**İSE** sınır sapma değeri “ $\pm 0,3$  mm” dir.

Bu menüde ikinci seçenek girildiğinde program kullanıcıdan parça sayısının, tolerans sınıfının ve her bir parça için uzunluk değerlerinin girilmesini ister. Program işlem sonucunda toplam toleransı ve her bir parça için ortalama sapma miktarını verir. Bu kısımda yer alan kurallardan biri aşağıda gösterilmiştir.

**EĞER** Açının kısa koluna ait uzunluk 10mm den küçük VE tolerans sınıfı “İnce”  
**İSE** sınır sapma değeri “ $\pm 1^{\circ}$ ” dir.

Bu bölümde yer alan bilgiler Türk Standartlarında yer alan tablolardan derlenmiştir. Veri tabanında kullanılan değerler Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 10. Uzunluk ölçüleri için sınır sapmalar [56].

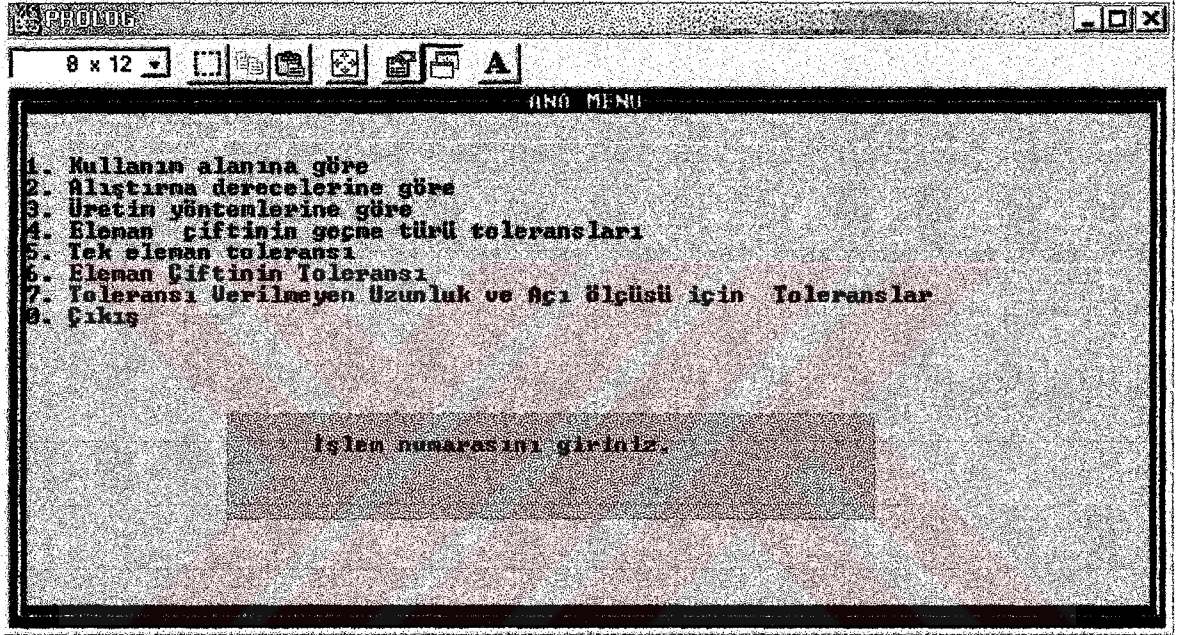
Tolerans Sınıfı		Anma Ölçüsü Alanları İçin Sınır Sapmaları (mm)							
Sembol	Adı	$\geq 0,5$ $\leq 3$	$> 3$ $\leq 6$	$> 6$ $\leq 30$	$> 30$ $\leq 120$	$> 120$ $\leq 400$	$> 400$ $\leq 1000$	$> 1000$ $\leq 2000$	$> 2000$ $\leq 4000$
F	İnce	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	-
M	Orta	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
C	Kaba	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$
V	Çok Kaba	-	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 8$

Tablo 11. Açı ölçüleri için sınır sapmalar [56].

Tolerans Sınıfı		Uzunluk Alanlarına Göre (mm) Sınır Sapmaları				
Sembol	Adı	$\leq 10$	$> 10$ $\leq 50$	$> 50$ $\leq 120$	$> 120$ $\leq 400$	$> 400$
f	İnce	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}10'$	$\pm 0^{\circ}10'$	$\pm 0^{\circ}5'$
m	Orta					
c	Kaba	$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}15'$	$\pm 0^{\circ}10'$
v	Çok Kaba	$\pm 3^{\circ}$	$\pm 2^{\circ}$	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}20'$

### 3. BULGULAR

Bu kısımda programın çalıştırılması ve elde edilen sonuçlar anlatılmaktadır. Program çalıştırıldığında ekrana programın yaptığı işlevleri gösteren bir menü gelir. Bu menü Şekil 22'de gösterildiği gibi 7 seçenekten oluşmaktadır.

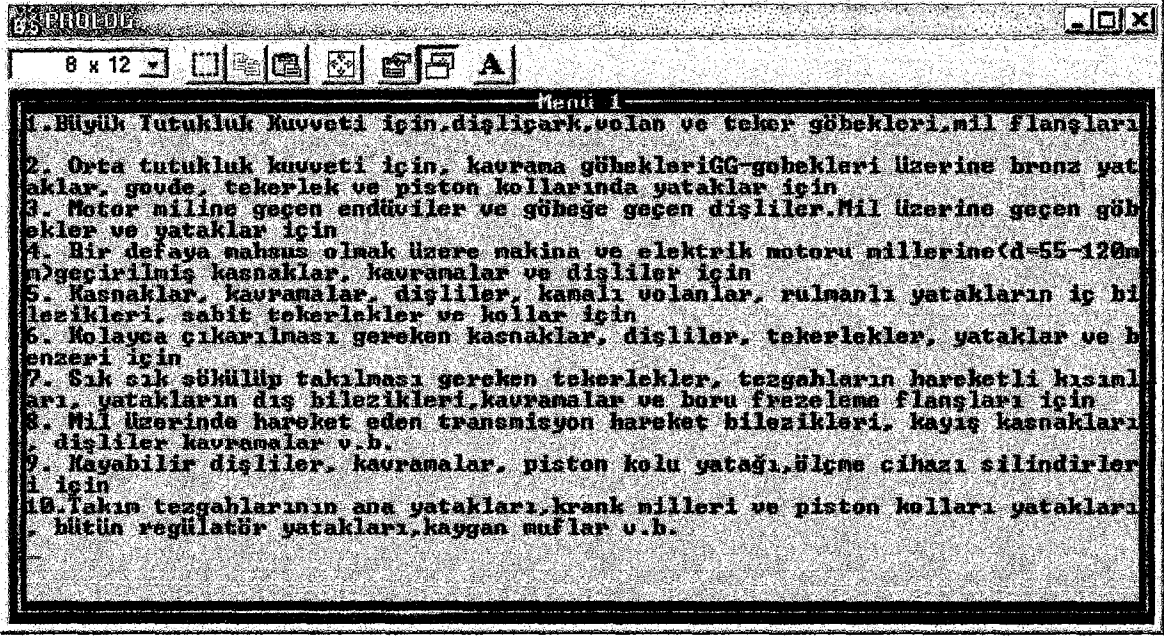


Şekil 22. Programın ana menüsü

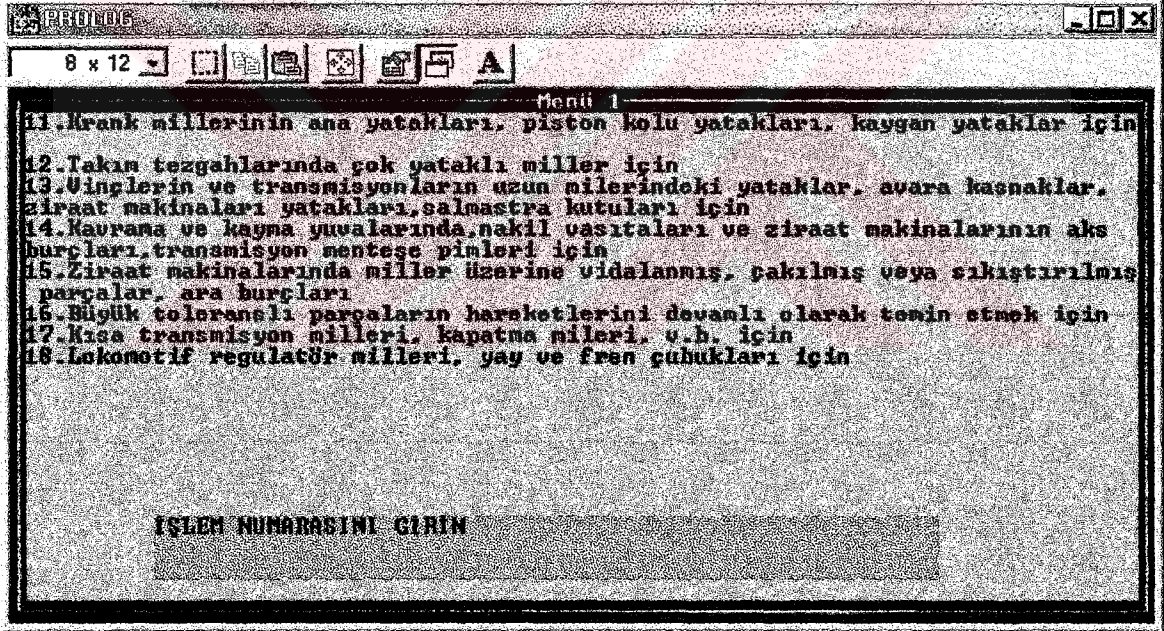
#### 3.1. Kullanım Alanlarına Göre Tolerans Önerileri

Ana menüde bir numaralı işlemde kullanım alanına göre tolerans önerileri yapılmaktadır. İşlem numarası olarak 1 girildiğinde karşımıza Şekil 23 a ve Şekil 23 b'deki görüntü çıkar. İlk olarak Şekil 23a'da görülen menü daha sonra klavyeden her hangi bir tuşa basıldığında Şekil 23b'de görülen menü gelir.





a.



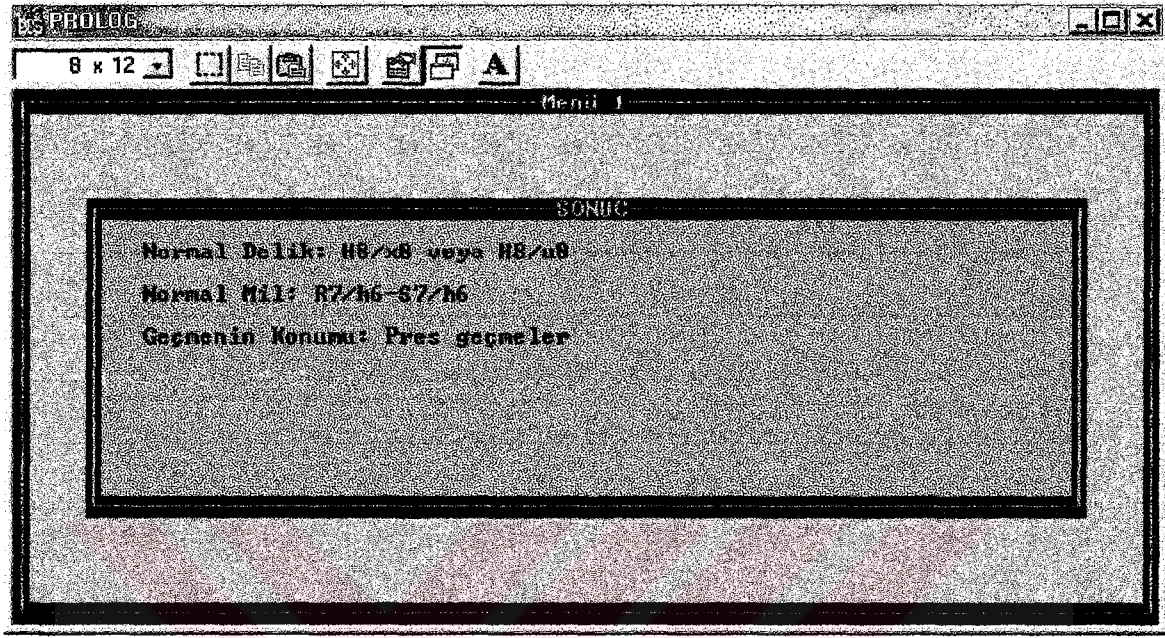
b.

Şekil 23. Kullanım alanları

Karşımıza gelen bu pencerelerden tasarımımıza uygun olanı seçtiğimizde program bize sonuç penceresini sunar. Örneğin 1 numaralı büyük tutukluk kuvveti için, dişli çark, volan ve teker göbekleri, mil flanşları için tolerans önerilerine ihtiyaç duyalım. Bunun için ilgili seçeneğin işlem numarasını (1 tuşu) programa girdiğimizde sonuç olarak program



bize, birim delik sistemi için H8/x8 veya H8/u8, normal mil için R7/h6 önerisinde bulunur. Bunun yanında program Şekil 24’de görüldüğü gibi geçme türünü de vermektedir.

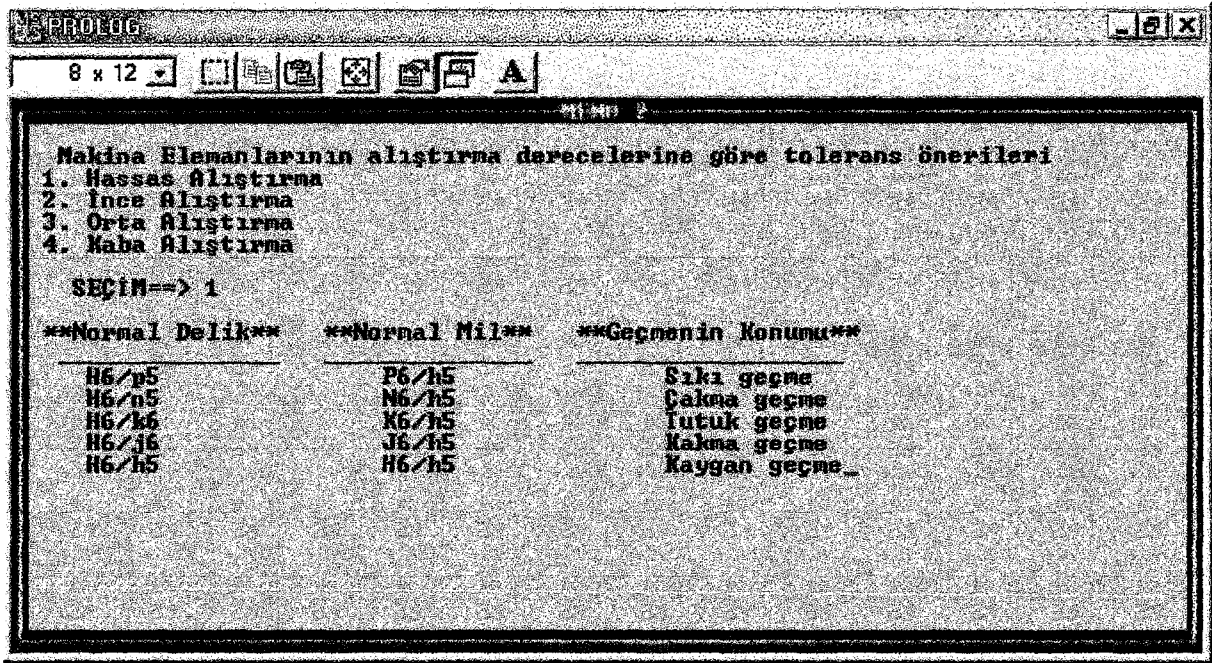


Şekil 24. Kullanım alanlarına göre tolerans önerilerinin yer aldığı sonuç penceresi

### 3.2. Alıştırma Derecelerine Göre Tolerans Önerileri

Ana menüde iki numaralı seçenekte alıştırma derecelerine göre tolerans önerileri mevcuttur. Ana menüden iki numaralı seçenek girildiğinde Şekil 25’de görünen pencere ekrana gelir. Bu pencerede dört tür alıştırma derecesi mevcuttur. Alıştırma derecelerinin bulunduğu işlem numarası programa girildiğinde program ilgili kural yardımıyla veri tabanından girilen seçeneğe uygun tolerans önerilerini kullanıcıya sunar. Örneğin 1 nolu işlem numarası programa girildiğinde Şekil 25’deki gibi program hassas alıştırma derecesine göre tolerans önerisinde bulunur.

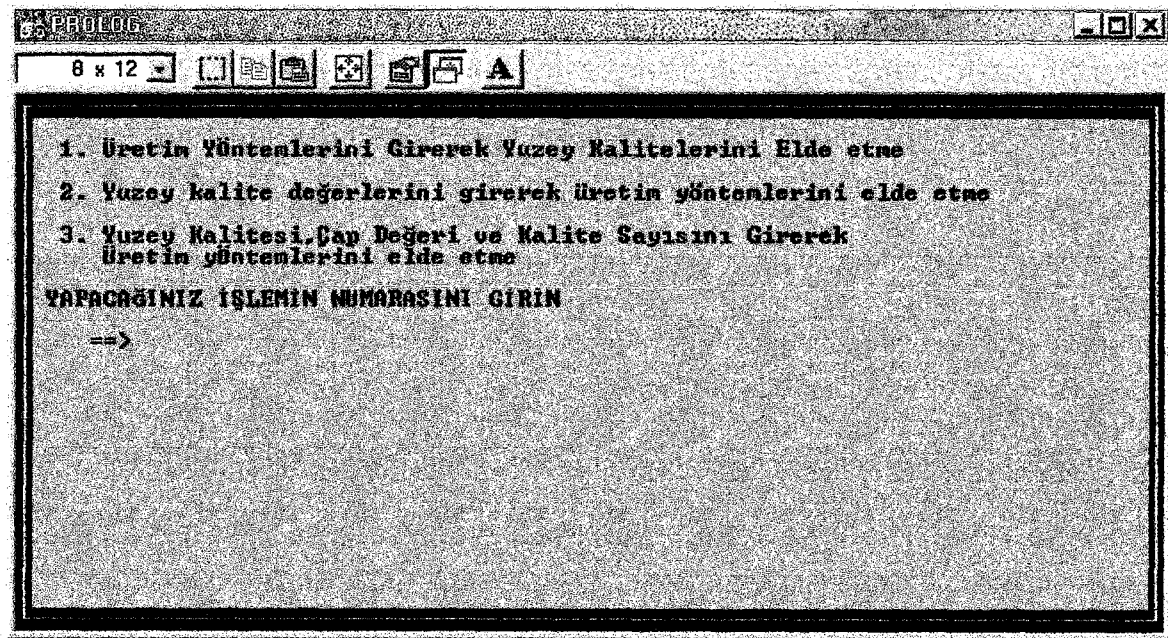




Şekil 25. Alistirma derecelerine göre tolerans önerileri

### 3.3. Üretim Yöntemlerine Göre Yüzey ve Tolerans Kaliteleri Önerisi

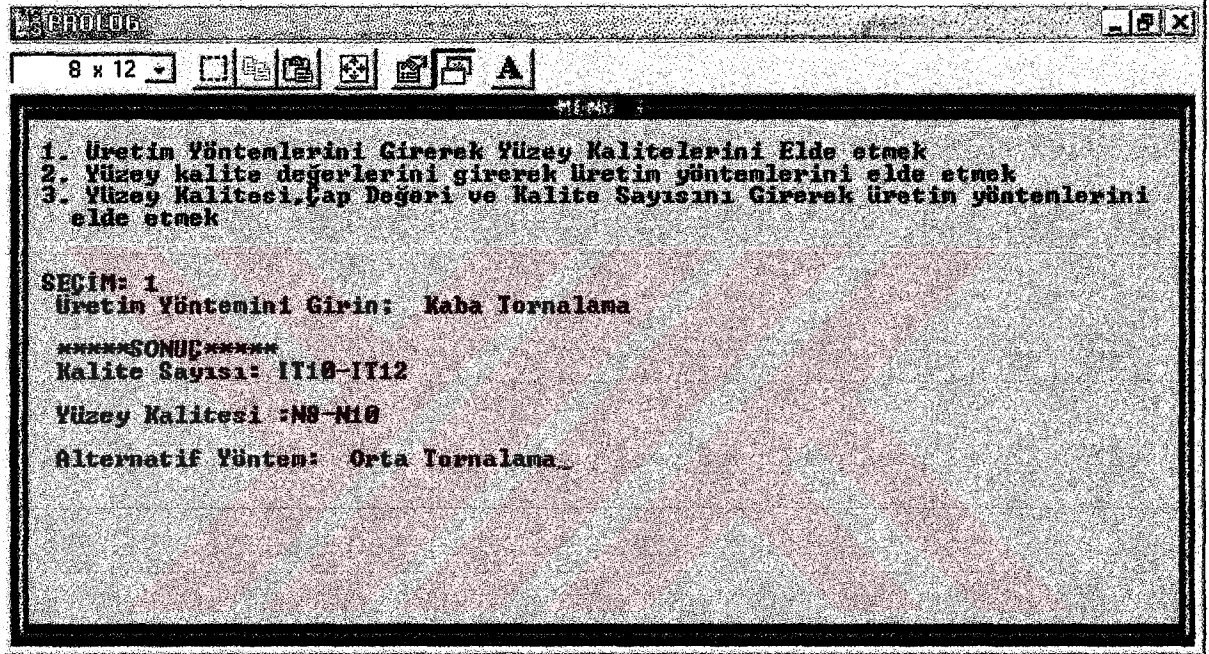
Ana menüye 3 numaralı seçenek girildiğinde ekrana Şekil 26'daki pencere gelir.



Şekil 26. Üretim yöntemleri ve yüzey kaliteleri arasındaki ilişki



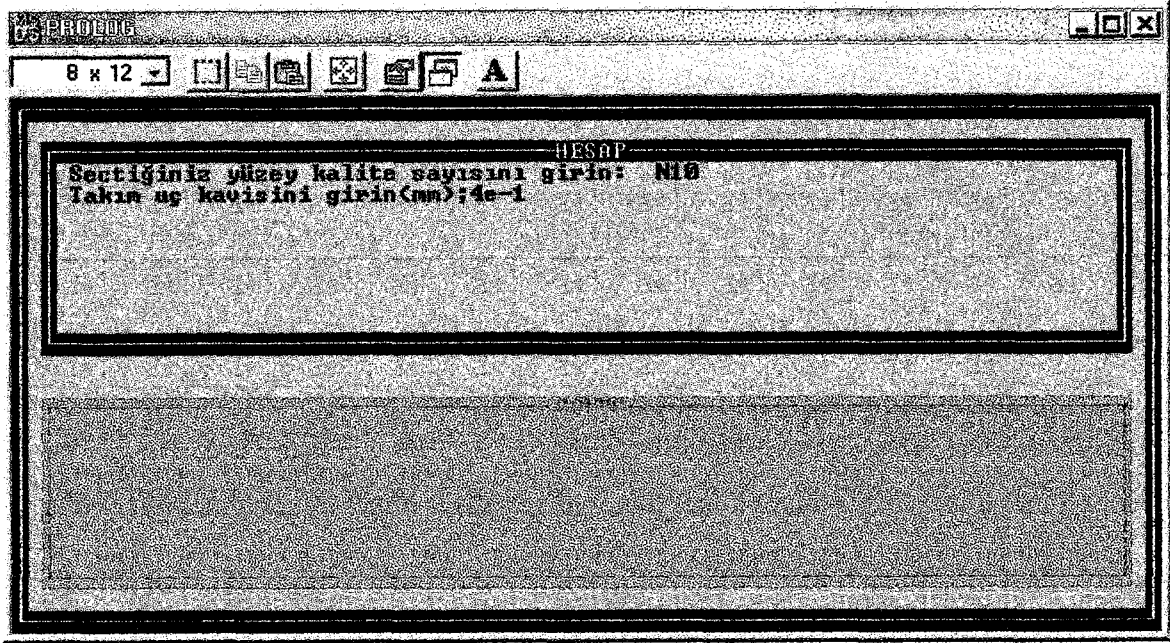
Şekil 26'de gösterilen pencerede işlem numarası olarak 1 girildiğinde, program kullanıcıdan üretim yöntemini girmesini ister. Bu seçenekte üretim yöntemi girildiğinde bu üretim yöntemiyle elde edilebilecek yüzey kaliteleri ve kalite sayıları programdan sonuç değerleri olarak alınır (Şekil 27). Ayrıca girilen işlem için alternatif bir işlem varsa program alternatif işlemi de ekrana yazar. Programa üretim yöntemi olarak "Kaba Tornalama" işlemi girildiğinde elde edilebilecek yüzey kalitesi ve kalite sayıları aynı pencerede kullanıcıya sunulur .



Şekil 27. Kaba tornalama işlemi için yüzey kalitesi önerileri

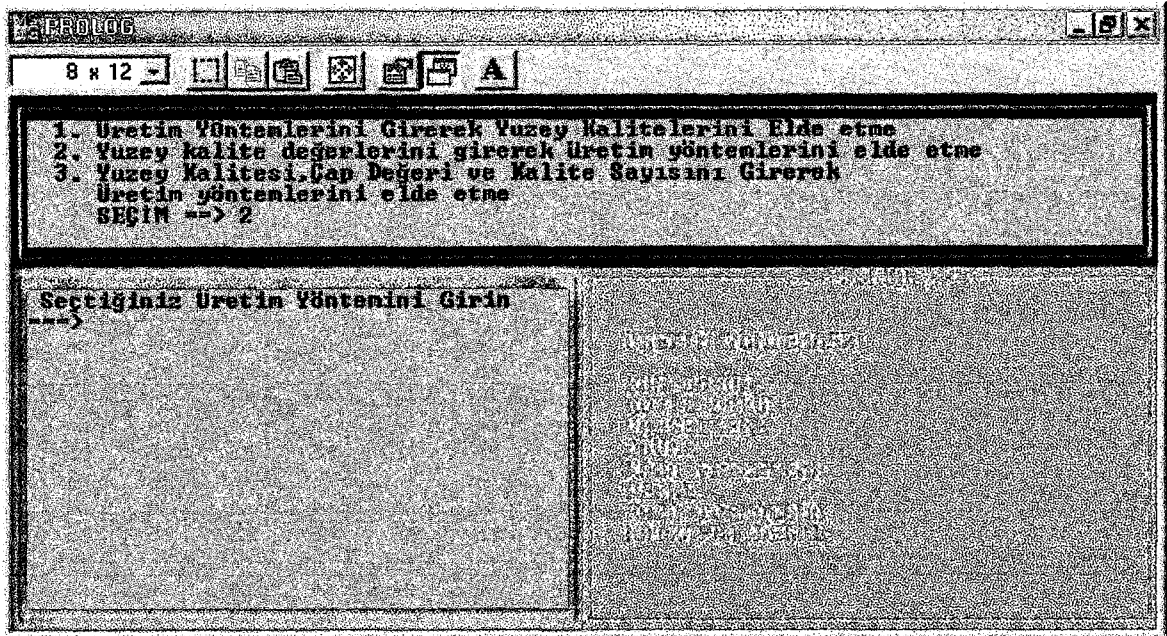
Program tornalama işlemi için ilerleme miktarının hesaplamak isteyip istemediğimizi sorar. Eğer ilerleme miktarını da hesaplamak istiyorsak programa seçilen yüzey kalitesi ve takım kavis ucu yarıçapı girilir. (Şekil 28).





Şekil 28. İlerleme miktarının hesabı

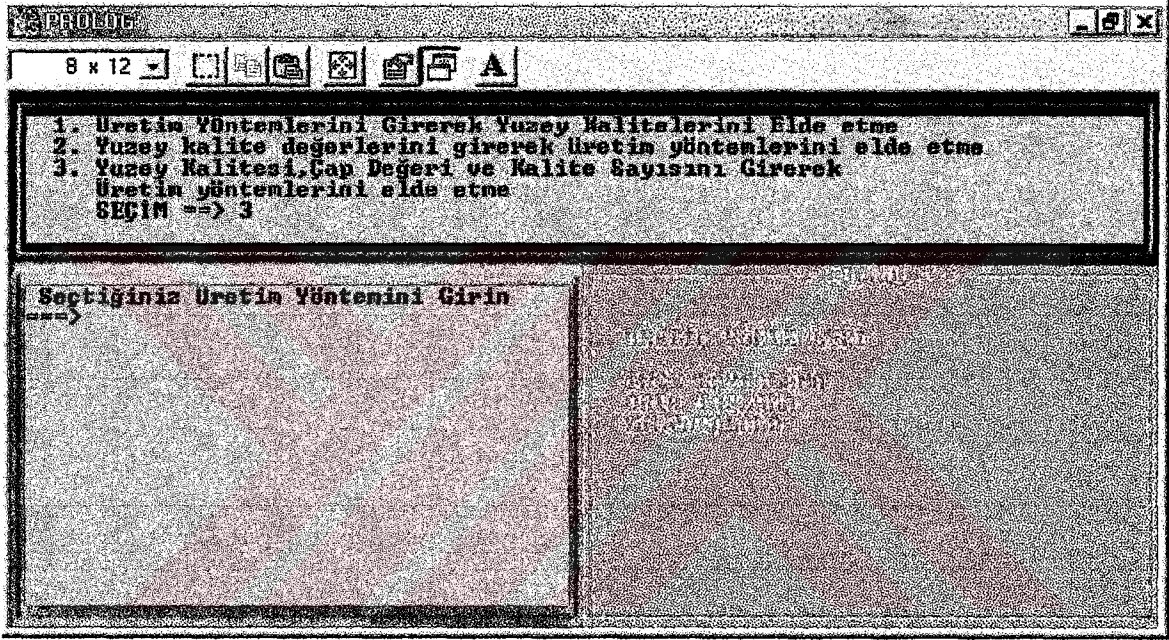
Şekil 26'daki pencereden iki numaralı işlev seçildiğinde program, yüzey kalitesini giriş değeri olarak ister. Giriş değerini N10 olarak girdiğimizde N10 yüzey kalitesini elde edebileceğimiz bütün üretim yöntemlerini verir. Seçtiğimiz üretim yöntemini girdiğimizde alternatif üretim yöntemini de vermektedir (Şekil29).



Şekil 29. Yüzey kalitesine bağlı olarak elde edilen üretim yöntemleri sonuç penceresi.



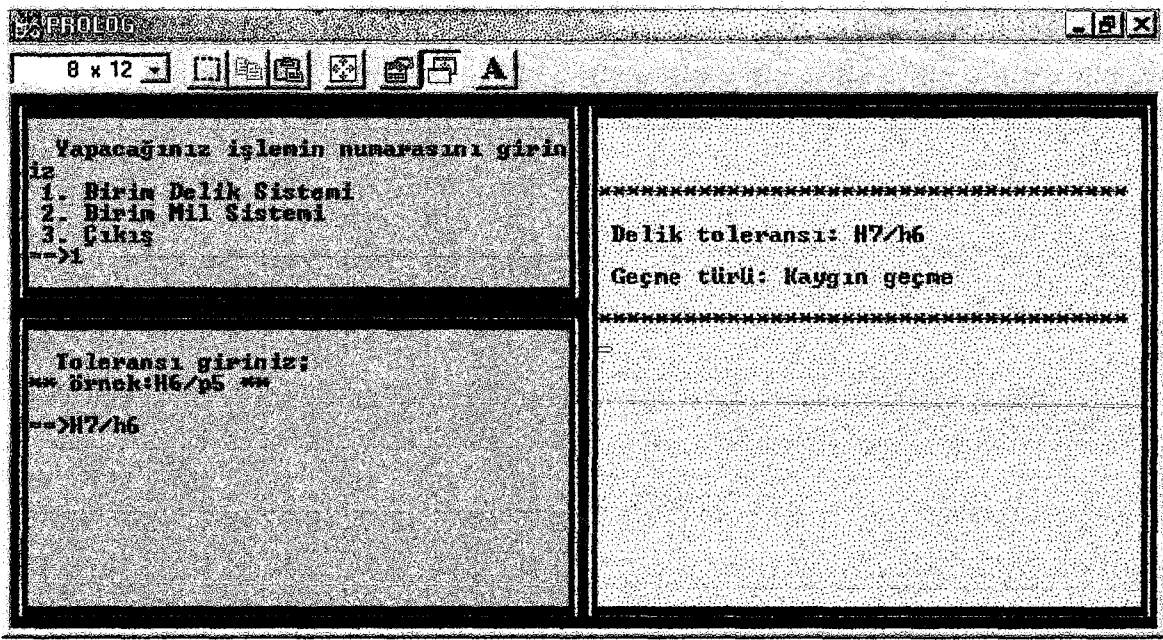
Şekil 26'deki pencereden üç numaralı işlev seçildiğinde program yüzey kalitesi, kalite sayısı ve malzeme çapına bağlı olarak üretim yöntemlerini belirler. Örneğin programa 25 mm çap için yüzey kalitesini N6 ve kalite sayısı IT7 girdiğimizde bu değerlere uygun üretim yöntemlerini ilgili veri tabanından alarak kullanıcıya Şekil 30'daki gibi sunar. Burada verilen sonuçlar sadece girilen kriterlerle elde edebileceğimiz üretim yöntemleridir. Üretim yöntemlerinden birini seçtiğimiz takdirde alternatif olabilecek üretim yöntemi program tarafından önerilir.



Şekil 30. Çap, yüzey kalitesi ve kalite sayısına bağlı olarak elde edilen üretim yöntemleri sonuç penceresi

### 3.4. Eleman Çiftinin Geçme Türü Tolerans Önerisi

Ana menüde dört numaralı işlev seçildiğinde, eleman çiftinin tolerans sembolü girilerek geçme türü hakkında bilgi alınır. Örneğin Şekil 31'deki gibi sisteme H7/h6 girdiğimizde programdan sonuç olarak " Geçme Türü; Kaygın geçme" yanıtı alınır.

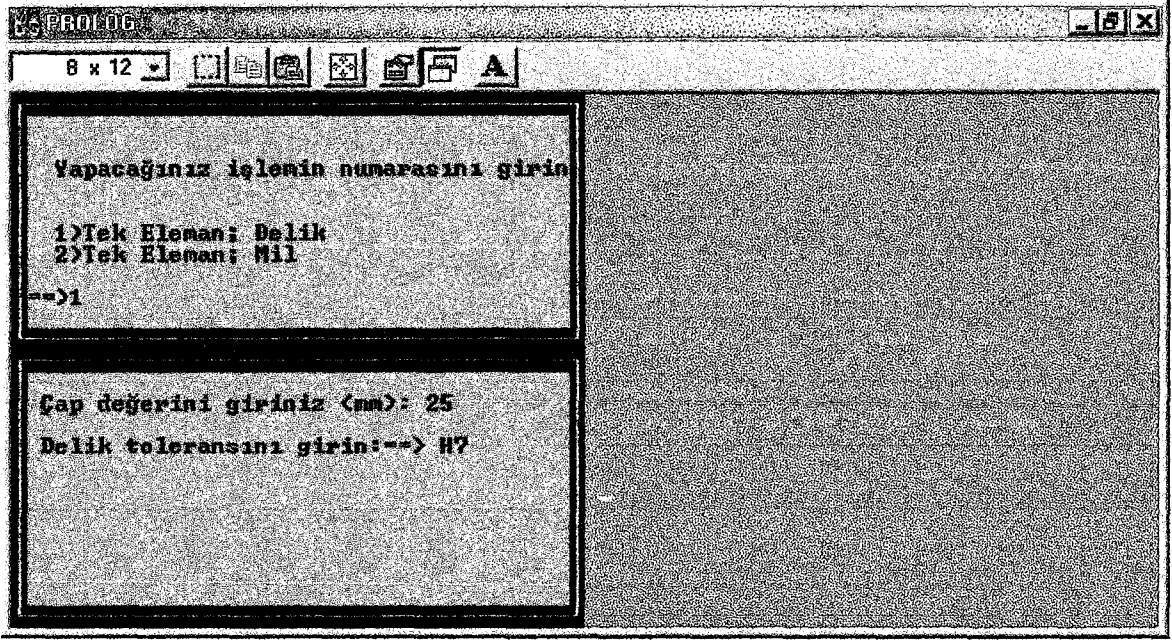


Şekil 31. Eleman çiftinin geçme türünü veren pencere

### 3.5. Tek Eleman Toleransı

Ana menüden beş numaralı işlev seçildiğinde tek eleman için alt sapma, üst sapma ve elemanın en büyük ve en küçük çap değerleri elde edilmektedir. Şekil 32 de gösterilen pencerede ilk olarak birim delik sistemini seçelim ve 25 mm nominal çap için H7 tolerans değerini programa girildiğinde program üst sapma değerinin  $21 \cdot 10^{-3}$  mm ve alt sapma değerinin  $0 \cdot 10^{-3}$  mm olduğunu sonuç penceresine yazar. Ayrıca matematiksel işlemlerin ardından elemanın en büyük çap ve en küçük çap değerlerini de sonuç penceresine yazarak kullanıcıya sunar (Şekil 32).

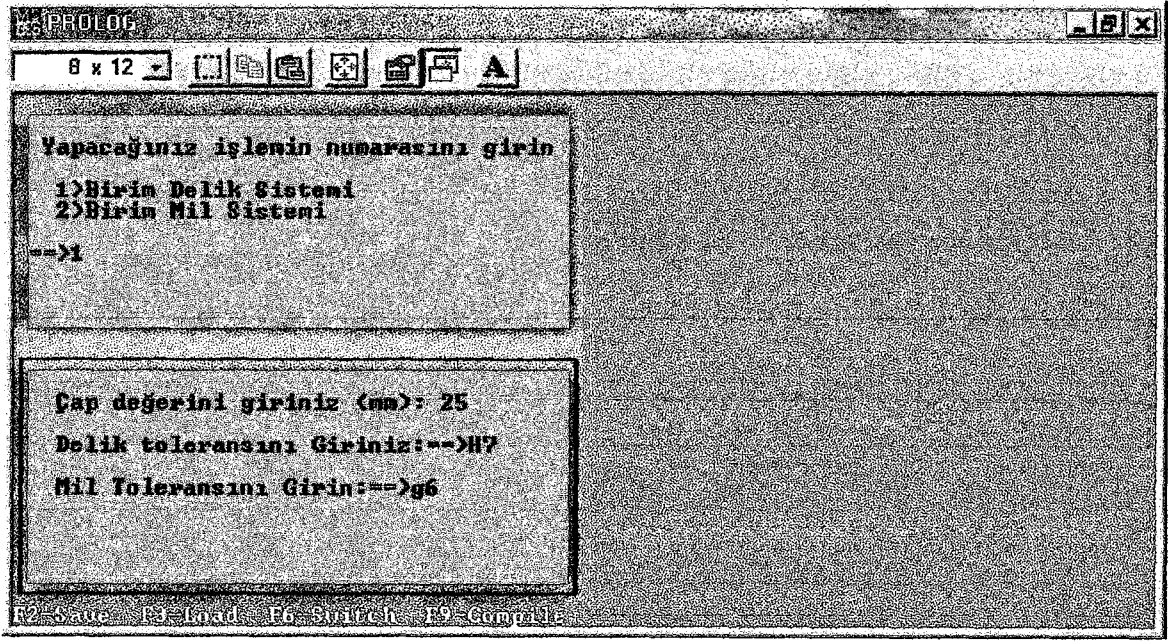




Şekil 32. Tek eleman toleransı

### 3.6. Eleman Çiftinin Toleransı

Ana menüden altı numaralı işlev seçildiğinde eleman çiftinin geçme türü ve alıştırma toleransları elde edilir. Programda açılan pencereye nominal çapı , delik toleransını ve mil toleransı girilir. Programa birim delik sisteminde 25 H7/g6 değerini girdiğimizde program en büyük boşluk değeri  $41.10^{-3}$  mm, en küçük boşluk  $7.10^{-3}$  mm, alıştırma toleransı  $33.10^{-3}$  mm ve geçme türünün boşluklu geçme olduğunu verir (Şekil 33). Bu sonuçların yanında program hem mil hem de delik için en büyük ve en küçük çap değerlerini de verir.

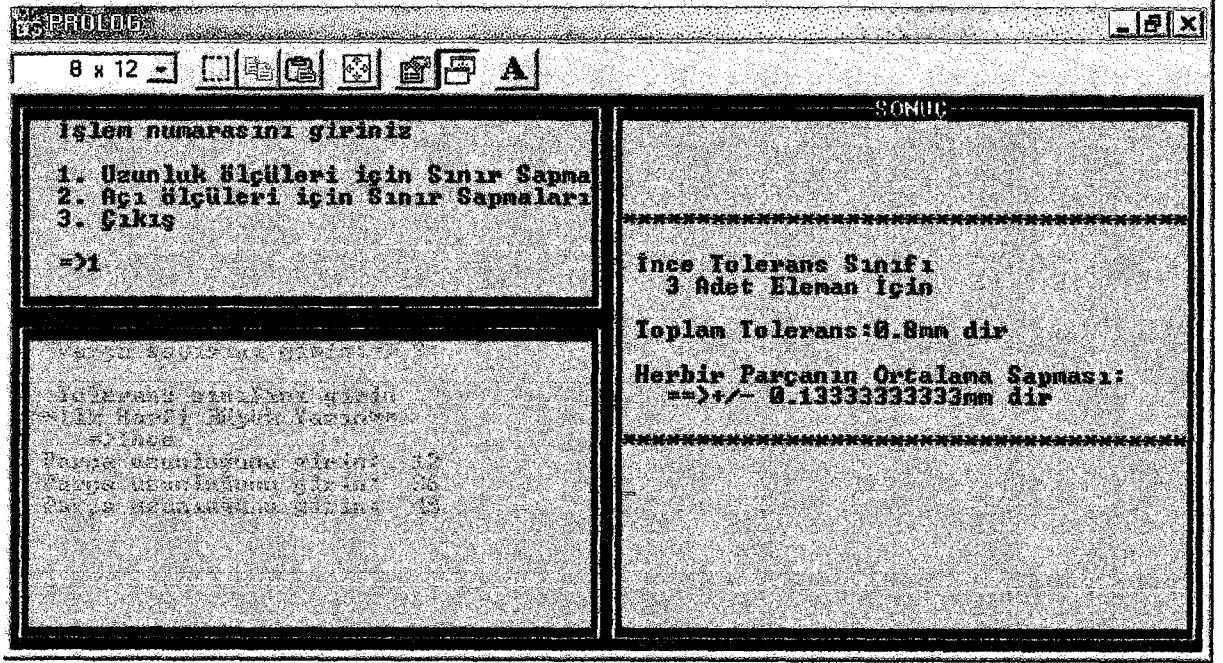


Şekil 33. Eleman çifti toleransları

### 3.7. Uzunluk ve Açı Ölçüleri İçin Tolerans Önerisi

Ana menüden yedi numaralı işlev seçildiğinde program kullanıcıya uzunluk ve açı ölçüleri için tolerans değerlerini ve her bir parça için ortalama sapma miktarını verir. Örneğin, üç parçadan oluşan ve uç uca ekli bir montajı göz önüne alalım. Parça uzunlukları 12 mm, 36 mm ve 48 mm olsun. Bu değerler Şekil 34’de gösterilen pencereye girildiğinde program montajın toplam tolerans değerini ve her bir parça için ortalama sapma miktarını verir.





Şekil 34. Uzunluk ve açı ölçüleri için sınır sapmaları

#### 4. İRDELEME

Bu bölümde uzman sistem tarafından çözülen örnekler tablo ve formüller yardımıyla çözülmüş ve elde edilen sonuçlarla uzman sistemden alınan sonuçlar arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Mil flanşları için tolerans önerilerine ihtiyaç duyduğumuzda Ek 3’de verilen makina yapımında tercih edilen ISO alıştırma tablosundan normal delik için H8/x8 veya H8/u8, normal mil için R7/h6 seçilir. Bu sonuç bulgular bölümünde elde edilen sonuçla aynı bulunmuştur.

Hassas alıştırma dereceleri için tolerans önerilerine ihtiyaç duyulduğunda Ek 4’de verilen ISO alıştırma dereceleri ve karşılıkları adlı tablodan Tablo 12’deki sonuçlar elde edilmiştir;

Tablo 12. Hassas alıştırma derecesi ve karşılıkları

Alıştırma Derecesi	Normal Delik		Geçmeler	Normal Mil	
Hassas Alıştırma	H6	p5	Sıkı geçme	P6	h5
		n5	Çakma geçme	N6	
		k6	Tutuk geçme	K6	
		j6	Kakma geçme	J6	
		h5	Kaygın geçme	H6	

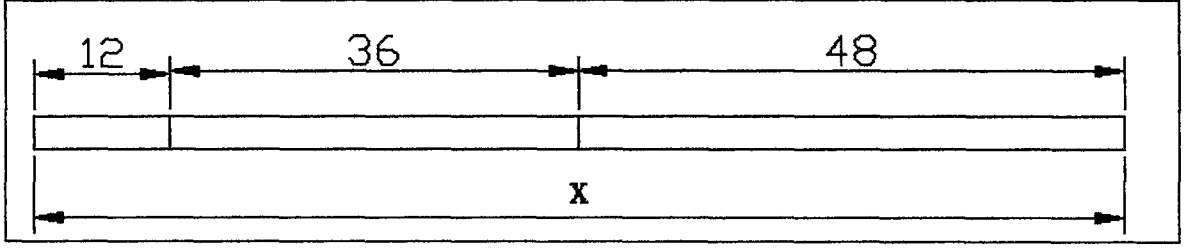
Elde edilen değerler, uzman sistemin sunduğu sonuçlarla aynı bulunmuştur.

Uzman sistemde üretim yöntemini girerek yüzey kalitelerini elde edilmeye çalışılırsa Tablo 4, Tablo 6, Tablo 7 ve Tablo 9’daki DIN 4766 T1’de verilen değerlerden faydalanarak, tasarımcı istediği üretim yöntemi için gerekli yüzey kalite değerlerine ulaşabilir. Örneğin taşlama işlemi için kalite sayısı IT5-IT8 ve yüzey kalitesi N4-N7 arasında bir değer olduğunu görecektir. Programa Taşlama işlemi girildiğinde aynı sonuç program tarafından da verilmektedir.

Nominal çapı 25 mm, yüzey kalitesi N6 ve kalite sayısı IT7 olan bir mamul için üretim yöntemi belirleneceği zaman, tasarımcı Tablo 9’u kullanarak üretim

yöntemine karar verir. Tablo 9’u kullanmayı bilmeyen biri için bu durum oldukça karışık bir iştir. Bu nedenle tasarımcının hata yapma olasılığı vardır. Tabloyu 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. Oysa bir atölye göz önüne alınıp program hazırlanmış olsaydı daha kesin sonuçlar elde edilebilir. Bu nedenle uzman sistem veri tabanları, kullanıcının atölyesinde yer alan makinalar ve bu makinaların işleme özellikleri girilerek hazırlanması kullanıcının atölyesine daha uygun olur. Programa malzeme özelliklerini ve yüzey kalitesi girilmesi sonucu üretim yöntemi ve bu üretim yöntemine alternatif olabilecek bir başka yöntem varsa program tarafından önerilebilirdi. Böylece program daha özel ve daha kesin sonuç vererek kullanıcıya hiçbir tercih bırakmadan çalışabilecektir. 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.

Elimizde 25 mm nominal çapa ait H7 toleransına sahip bir delik için tolerans hesabı yapılmak istenirse, bunun için tasarımcı Ek 2’de verilen birim delik sistemi için tolerans tablosuna ihtiyaç duyacaktır. Bu tablodan 25 H7 için sırasıyla alt ve üst sapmalar  $0.10^{-3}$  mm ve  $21.10^{-3}$  mm’dir. Bu değerler nominal çapa ayrı ayrı eklendiğinde en büyük ölçü değeri 25,021 mm ve en küçük ölçü değeri 25,0 mm olacaktır. Her iki ölçünün farkı alındığında tolerans değeri 0,021 mm olarak hesaplanır. Aynı değerler uzman sistem tarafından da hatasız bir şekilde elde edilebilmektedir. Yine benzer olarak 25 H7/g6 sembolüyle gösterilen eleman için geçme toleransını ve montajda oluşacak büyüklükler elde edilmek istenirse, bunun için tasarımcı (9), (10) ve (11) nolu eşitliklerden ve ekler bölümünde verilen ISO tolerans tablolarından faydalanması gerekir. 25 mm H7 için alt ve üst sapma değerleri sırasıyla “0 mm” ve “0,021 mm” ve 25 mm g6 için alt ve üst sapma değerleri sırasıyla “-0,020 mm” ve “-0,007 mm” değerleri tablodan alınır ve (9), (10) ve (11) nolu eşitliklerde yerlerine yazıldığında; En büyük boşluk = 0,041 mm, En küçük boşluk = 0,007 mm, Geçme toleransı = 0,034 mm ve geçme türü boşluklu geçme sonuçları elde edilir. Bu değerler programdan elde edilen değerlerle aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 35. Üç parçalı montajdaki parça uzunlukları

Boyutları Şekil 35’de verilen montajın montaj toleransı ve parça başına düşen ortalama sapma miktarlarını hesaplayalım. Montaj toleransının belirlenmesi için standartlarda tablo değerleri mevcuttur. Yapılacak hesaplamada Türk Standartlarında verilen anma ölçüsü alanları için sınır sapma değerleri kullanılmaktadır. Tablo 10’dan ince tolerans sınıfında her bir parça için sınır sapma değerlerini alalım. Tablo 13’de verilen sapma değerleri Tablo 10’dan alınmıştır.

Tablo 13. Sapma değerleri

Boyut	$Y_1 < x \leq Y_2$	Sapma
12	$6 < 12 \leq 30$	$\pm 0,1$
36	$30 < 12 \leq 120$	$\pm 0,15$
48	$30 < 12 \leq 120$	$\pm 0,15$

Montaj toleransını her bir parçanın toleransı birbirine ilave edilmek suretiyle hesaplanabilir.

$$\text{Toplam Tolerans} = 2.(Sp_1 + Sp_2 + Sp_3) \quad (23)$$

$$\Sigma T = 2.(0,1 + 0,15 + 0,15)$$

$$\Sigma T = 0,8 \text{ mm}$$

Her bir parça için ortalama sapma

$$Os = \frac{\Sigma T}{2.Ps} = \frac{0,8}{2.3} = \pm 0,133 \quad (24)$$

Hesaplanan değerler programın verdiği sonuçlarla örtüşmektedir (Şekil 35).

Geliştirilen uzman sistemden alınan sonuçlarla elle yapılan işlem sonuçları bir biriyle örtüşmektedir. Yani her iki yöntemde de elde edilen sonuçlar aynıdır. Bunun nedeni programın veri tabanında yer alan gerçekler tasarımcı tarafından kullanılan tablo değerleri ve programda yer alan kurallar ise tasarımcı tarafından kullanılan seçim kriterleridir. Geliştirilen program sayesinde tasarımcının herhangi bir tablo veya katalog kullanmasına gerek kalmamaktadır.

Bu konuda daha önce Ateş ve Çoğun [11] tarafından dBASE IV ile yapılan çalışmada kullanım alanının, alıştırma derecesine, eleman çiftinin geçme durumuna 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 22' de görülen üçüncü seçenekte, girilen üretim yönteminin olası tolerans kalitesi, yüzey kalitesi ve girilen üretim yönteminin alternatif yöntemi verilmektedir (Şekil 27). Bunun yanında Şekil 22' de uzunluk ve açı ölçüleri için genel tolerans tayini seçeneği eklenmiştir. Bu seçenekte montajı oluşturacak parçaların toleransları ve montaj parçasıyla ilgili varsa açı ölçülerinin toleransları da Şekil 34' de görüldüğü gibi tayin edilebilmektedir. Ayrıca geriye doğru zincirleme yöntemi kullanılarak çap ve sapma değerlerinden tolerans kaliteleri, en büyük-en küçük çapları ve tolerans gibi ara bilgileri verebilmektedir.



## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada üretim yöntemleri, yüzey kaliteleri ve toleransları 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 tablolştırılmış 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 yer alan bu tabloların kompleks bir yapıya sahip olmasından dolayı tecrübesiz tasarımcıların bu tabloları kullanırken hata yapma olasılıkları yüksektir. Ayrıca deneyimli tasarımcılar için bu tabloları kullanmak zaman alıcıdır. Oysa günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi yardımıyla kullanıcı hatası ve zaman kaybı 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 kurallara” 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 arttırıcı etkiye sahiptir. Geliştirilen uzman sistem programının kullanılması, tasarım aşamasının toleranslandırma safhasında meydana gelebilecek hatalardan ve zaman kaybindan dolayı artan üretim maliyetlerini azaltacaktır.

Geliştirilen program tasarımcılara;

1. Kullanım alanlarına ve tolerans derecelerine göre tolerans önerileri sunar.
2. Tolerans üretiminde üretim yöntemlerine göre yüzey kalitelerini veya yüzey kalitelerine göre üretim yöntemlerini seçmede fikir verir.



3. Tolerans üretiminde alternatif üretim yöntemlerini de önerir.
4. Tek eleman ve eleman çifti için birim delik sistemi veya birim mil sistemiyle ilgili tolerans hesabında ve geçme türünü belirlemede işlem kolaylığı sağlar.
5. Uzunluk ve açı ölçüleri için tolerans hesabında işlem kolaylığı sağlar.



## 6. ÖNERİLER

Program üretim yöntemleri ve tolerans tablolarını içeren geniş kapsamlı ilk programdır. Bu çalışmanın daha ileriye götürülebilmesi için yapılabilecek çalışmalar şunlar olabilir;

1. Programın üçüncü bölümünde yer alan üretim yöntemlerini seçme işlemi daha özel bir konuma indirgenebilir. Bunun için programın veri tabanı bir atölye veya fabrikadaki mevcut üretim yöntemleri ve üretim yöntemlerinin özellikleri girilerek veri tabanı oluşturulabilir. Böylece programa malzeme boyutları ve malzeme geometrisi girildiğinde, atölyedeki mevcut imkanlara uygun en iyi üretim yöntemi program tarafından önerilebilir ve üretim planlamada kolaylık sağlar.
2. Geliştirilen program “Geometrik Toleranslandırma” ile birleştirilerek daha kapsamlı hale getirilebilir.
3. Geliştirilen program oldukça geniş kapsamlıdır. İmalathanelerde kullanılan standart tolerans tablolarını kapsamaktadır. Bu nedenle program daha görsel bir hale getirilerek paket program oluşturulabilir. Böylece endüstriyel kullanıma uygun hale getirilebilir.
4. Program bir CAD programıyla ortak kullanılarak çalışma geliştirilebilir. Bir CAD programında çizilen parçaların imalat resimlerini kullanarak, üretim yöntemini belirleyebilecek ve network aracılığıyla ilgili tezgaha parça geometrisini yükleyebilecek yazılım eklenerek program geliştirilebilir.
5. Montaj toleranslama konusu daha ayrıntılı incelenerek istatistiksel toleranslamaya girilebilir ve böylece üretim ve montaj konusu birleştirilebilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Kumara, S.R.T., Joshi, S., Kashyap, R.L., Moodie, C.L., ve Chang, T.C., Expert Systems in Industrial Engineering, Int. J. Prod. Res., 24,5(1986) 1107-1125.
2. Araz, T., Atölye Tipi Üretim İçin Benzetim Amaçlı Uzman Sistem, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1992.
3. Vural, İ., Kalite Kontrolünde Uzman Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, İ. T. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1998.
4. Çavdar, K., Bilgisayar Destekli Tolerans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 1993.
5. Hung, C. ve Sumichrast, R.T., A Multi-Expert System for Material Cutting Plan Generation, Expert Systems with Applications, 19, (2000), 19-29.
6. Myung, S. ve Han, S., Knowledge-Based Parametric Design of Mechanical Products Based on Configuration Design Method, Expert Systems with Applications, 21, (2001), 99-107.
7. Paladini, E.P., An Expert System Approach to Quality Control, Expert Systems with Applications, 18,( 2000), 133-151.
8. Tucho, R., Sierra, J.M., Vijvee, R. ve Moris, G., "Expert tutoring system for teaching mechanical engineering", Expert Systems with Applications, 24, (2003), 415-424.
9. Suh, M. S., Jhee, W. C., Ko, Y. K. ve Lee, A., A Case-Based Expert System Approach for Quality Design, Expert Systems with Applications, 15, (1998), 181-190.
10. Özkan, M.T. ve Gülesin, M., Uzman Sistem Yaklaşımı ile Cıvata ve Dişli Çark Seçimi, Türk J Engin Environ Sci, 25, (2001), 169-177.
11. Ateş, B. ve Coğun, C., Bilgisayar Yardımıyla Tolerans Seçimi Kavramı ve Eğitim Amaçlı Bir Tolerans Seçimi Yazılımı, Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 2, 5 (1995), 187-199.
12. Jeang, A., Robust Tolerance Design by Response Surface Methodology, Int J Manuf Technol, 15, (1999), 399-4003.
13. Jefferson, T.R. ve Scott, C.H., Quality Tolerancing and Conjugate Duality, Annals of Operations Research, 105, (2001), 185-200.
14. Jeang, A., Optimal Parameter and tolerance design with a complete inspection plan, Int J Manuf Technol, 20, (2002), 121-127.

15. Jeang, A. ve Chang, C.L., Combined Robust Parameter and Tolerance Design Using Orthogonal Arrays, Int J Adv Manuf Technol, 19, (2002), 442-447.
16. Jeang, A. ve Chang, C.L., Concurrent Optimisation of Parameter and Tolerance Design Via Computer Simulation and Statistical Method, , Int J Adv Manuf Technol, 19,(2002), 432-441.
17. Gerth, R.J. ve Hancock, W. M., Computer Aided Tolerance Analysis For Improved Process Control, Computers and Industrial Engineering, 38, (2000),1-19.
18. Wu, C.C., Chen, Z. ve Tang, G.R., Component Tolerance Design for Minimum Quality Loss and Manufacturing Cost, Computers in Industry, 35, (1998), 223-232.
19. Hug, M.E. ve Hong-Zhang, H.C., Computerized tolerance techniques, Computers ve Industrial Engineering, 21, (1-4) (1991), 165-172.
20. Chase K. W. ve Greenwood, W.H., A New Tolerance Analysis Method for Designers and Manufactures, Journal of Engineering for Industry, 109, (1987), 112-116.
21. Irani,S.A. Mittal, R.O. ve Lehtihet, E.A., Toleranced Charts Optimization, International Journal of Production, 27, 9 (1989), 1531-1552.
22. Lee, W. ve Woo,T.C., Tolerances: Their Analysis and Synthesis, Journal of Engineering for Industry,112, (1990), 113-119.
23. Weil, R., Integrating Dimensionin ve Tolerancing in Computer- Aided Proses Planing, Robotics ve Computer-Integrated Manufacturing 4, 1-2 (1988), 41-48.
24. Liao, Y. G. ve Hu, S. J., An Integrated Model of a Fixture-Workpiece System for Surface Quality Prediction, Int. J. Adv. Manuf. Technol.,17, (2001), 810-818.
25. Ji, P., Ke M. Ve Ahluwalia, R.S., Computer- Aided Operational Dimensioning For Process Planning, Int. J. Mach. Tools Manufact., 35, 10 (1995), 1353-1362.
26. Zhao, J. ve Masood, S., An Intelligent Computer-Aided Assembly Process Planing System, Int. J. Adv. Manuf. Technol, 15, (1999), 332-337.
27. Britton G.A. ve Thimm G., A Matrix Method for Calculating Working Dimension ve Offsets for Tolerance Charting, Int. J. Adv. Manuf. Technol, 20, (2002) , 448-453.
28. Pan, Y.R. ve Tang, R, Computer-Aided Tolerance Charting for Products with Angular Features, Int. J. Adv. Manuf. Technol 17, (2001), 361-370.
29. Xue J. Ve Ji P., Identifying Tolerance Chains with a Surface-Chain Model in Tolerance Charting, Journal of Meterials Processing Technology ,123, (2002), 93-99.
30. Huang S.H. ve Liu Q., Rigorous Application of Tolerance Analysis in Setup Planing, Int. J. Adv. Manuf. Technol, 3, (2003), 196-207.

31. Levesque, B., A Continuous Tolerance System, Precision Engineering, 19, (1996), 19-27.
32. Lin, A.C., Lin, M.Y., Ho, H.B., CAPP ve Its Integration With Tolerance Charts For Machining of Aircraft Components, Computers in Industry, 38, (1999), 263-283.
33. Allahverdi, N., Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması, Birinci Baskı, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002.
34. Turban, E., Expert Systems and Applied Artificial Intelligence, First Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1992.
35. Nilsson, J., Artificial Intelligence; A New Synthesis, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1998.
36. Firebaugh, M.W., Artificial Intelligence; A Knowledge-Based Approach, First Edition, PWS-Kent Publishing Company, Boston, 1998.
37. Mish, K.D., Mechanical Engineering Handbook; Computer Aided Engineering, Kreith, F., CRC Pres LLC, Boca Raton, 1999.
38. Waterman, D.A., A Guide to Expert System, First Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
39. Krishnamoorthy, C. S. ve Rajeev, S., Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers, CRC Press, Boca Raton, New York, 1996.
40. Merritt, D., Building Expert Systems in Prolog, First Edition, Springer-Verlag, New York, 1989.
41. Castillo, E., Gutierrez, J.M. ve Hadi, A. S., Expert Systems and Probabilistic Network Models, First Edition, Springer-Verlag, New York, 1997.
42. Fischer, U., Metal Meslek Bilgisi, Çev: Kulaksız, Ö., Çakır, Ö. ve Ulusoy, O., Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara, 1995.
43. Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Talaşlı İmalat, Dördüncü Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1998.
44. Akkurt, M., Makina Elemanları, Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1990.
45. Akkurt, M., Kalite Kontrol Excel Destekli, Birinci Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.
46. Şen, İ. Z. ve Özçilingir, N., Temel Teknik Resim, Ders Kitapları Anonim Şirketi, İstanbul, 1999.
47. TS 6956 Yüzey Pürüzlülüğü- Terimler- Yüzey ve Yüzey Parametreleri için, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Nisan 1989.

48. Taral, S., Bir Mantık Programlama Dili PROLOG, Bilim ve Teknik, Temmuz (1992), 44-46.
49. Nabiyev, V. V., Yapay Zeka; Problemler, Yöntemler, Algoritmalar, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003.
50. Aydın, Y. S., Visual Prolog ile Programlama; Yapay Zeka ve Uzman Sistemler, Sistem Yayıncılık, İstanbul, 2000.
51. Bağcı, M. ve Bağcı, C., Temel Teknik Resim, Cilt I, Bağcı Yayınevi, Ankara, 1977.
52. TS 5414, Tolerans Sistemleri – Makina İmalatında Kullanılan Alıştırmalar, Tolerans Bölgeleri ve Anma Boyutları, T.S.E., Ankara, Aralık 1987.
53. Klein, M., Einführung in Die Din-Normen, B. G. Teubner, Stuttgart, 1970.
54. TS 1845-1 EN 20286-1, Toleranslar-Sınır Ölçüleri ve Alıştırmalar için ISO Sistemi-Bölüm 1; Genel Kurallar – Toleranslar, Sapmalar ve Alıştırmalar için, T.S.E, Ankara, I. Baskı, Ocak 1996.
55. TS 1845-2 EN 20286-2, Toleranslar-Sınır Ölçüleri ve Alıştırmalar için ISO Sistemi-Bölüm 2: Delikler ve miller için Esas Tolerans Nitelikleri ve Sınır Sapmalarına Ait Çizelgeler, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Ocak 1996.
56. TS 1980-1 EN 22768-1, Genel Toleranslar-Bölüm; Toleransı Verilmemiş Uzunluk ve Açılı ölçüleri için Toleranslar, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Temmuz 1995.



## 8. EKLER

### Ek 1. Endüstride Kullanılan Uzman Sistemler

Adı	Hazırlayan	Uygulama Alanı
IMS	CMU	İşlem Planlama
XCON	DEC(Digital Equipment Corp.)	Bilgisayarlarda Konfigürasyon Belirleme
XSEL	DEC	Bilgisayarlarda Konfigürasyon Belirleme
XCALIBUR	DEC	
ALADIN	Cornegie Melon Uni.(CMU)	Metaller
EURISKO	D.Lenat	Keşif
TALIP		Projelendirme
EL	MIT	Elektronik Şemaların Analizi ve Yorumu
HI-RISE	CMU	Mimari
VT	CMU&Westing House	Asansör Tasarımı
CALLISTO	CMU&DEC	Yönetim
CONSTANTS		Kartlar
CORA		Elektrik Kartlarının Korunması
ROME		Planlama
VICICALS		Veri Analizi
ESP		Planlama
GARI	Descotte ve Latombe	İşlem Planlama
XPSE		İşlem Planlama
XPSE		İşlem Planlama
Adı	Hazırlayan	Uygulama Alanı
FADES	Purdue Üniv.	Planlama, Araç Gereç Seçme, vs.
RACE	Honeywell	Bakım ve Bakım Planlaması
XPLAN	Denmark Teknik Üniv.	Planlama
XPLANE	Twente Teknoloji Ün.	Süreç ve İşlem Planlama
SIPS	Nau ve Gray	Planlama
KAPPS	Kobe Üniv.	Planlama
ROTES	Vanderbilt Üniv.	Robotların Tamiri
IDT	DEC	Bilgisayar Analizi ve Teşhisi
IMACS	CMU ve DEC	Üretim İşlemlerinin Kontrolü
ISIS	CMU ve Westing House	Pazarlama Planlaması

## Ek 1'in devamı

Adı	Hazırlayan	Uygulama Alanı
XSITE	CMU ve DEC	
HACKER	MIT	Beceri Kazanma
ABSTRIPS	SRI	Robotik
NOAH	SRI	Robotik
MOLDEN(I;II)		Planlama
ESTA	Sovyetler Birliđi	Gaz Tür. Mot.'da Kazaların Önlenmesi
AZEREKS	Azerb. Bilimler Akad.	Kararların Desteklenmesi
ESLS	Azerb. Teknik Üniv.	İtfaiyede Planlama, Eğitim
ESDARR	Azerbaycan	Endüstri Kuruluşlarının Yönetimi
DETECTR	Tektronix	Elektronik Birimde Arıza Arama
PDS	Westing Hause	
INET	CMU ve DEC	Üretim İşlemlerinin Kontrolü
ASE	Colombia Üniv.	Telefon Kablolarının Teşhisi
CATS	General Elektrik	Lokomotiflerde Teşhis
DART	Stanford Üniv. ve IBM	Bilgisayar Sistemlerinde Teşhis

Ek 2. ISO Toleransları ( Birim Delik Sistemi [ $\mu\text{m}$ ])

Nominal Boyutun Tolerans Aralığı (mm)	Büyük tolerans yüzeyi						Orta tolerans yüzeyi						Küçük tolerans yüzeyi							
	H6	H5	H4	H3	H2	H1	f7	f6	f5	f4	f3	f2	f1	g6	g5	g4	g3	g2	g1	
1-3	+8	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
3-6	+8	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
6-10	+8	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
10-18	+11	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
18-30	+12	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
30-50	+16	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
50-80	+18	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
80-120	+22	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
120-180	+25	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
180-250	+29	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
250-315	+32	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
315-500	+38	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
500-630	+40	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50
630-800	+40	0	-0.5	-1	-1.5	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50





## Ek 3. Makine yapımında tercih edilen ISO alıştırmaları

Normal Delik	Normal Mil	Geçmenin Konumu	Kullanıldığı Yerler
H8/x8 H8/u8 H7/s6 H7/r6	R7/h6 S7/h6	Pres geçmeler	1) Büyük tutukluk kuvveti için, dişli çark, volan ve teker göbekleri, mil flenşleri 2) Orta tutukluk kuvveti için, kavrama göbekleri, GG-göbekleri üzerinde bronz yataklar; gövde, tekerlek ve piston kollarında yataklar için
H7/n6	N7/h6	Sıkı geçme, presle yapılır	3) Motor miline geçen endüviler ve göbeğe geçen dişliler. Mil üzerine geçen göbekler ve yataklar için
H7/m6	M7/h6	Çakma geçme, çekiçle oldukça zor yapılır	4) Bir defaya mahsus olmak üzere makine ve elektrik motoru millerine geçirilmiş kasnaklar, kavramalar ve dişliler için
H7/k6	K7/h6	Tutuk geçme. Çekiçle rahatça yapılabilir	5) Kasnaklar, kavramalar, dişliler, kamalı volanlar, rulmanlı yatakların iç bilezikleri, sabit tekerlekler ve kollar için
H7/j6	J7/h6	Kaygan geçme. Yağlanırsa elle geçirilebilir.	6) Kolayca çıkarılması gereken kasnaklar, dişliler, tekerlekler, yataklar, v.b için
H7/h6	H7/h6	Kaygan geçme, yağlanırsa elle geçirilebilir	7) Sık sık sökülüp takılması gereken tekerlekler, tezgahların hareketli kısımları, yatakların dış bilezikleri, kavramalar ve boru malzeme flenşleri
H8/h9	H8/h9	Tutuk döner geçme. Kuvvet sarf etmeden kayabilen geçme parçaları	8) Mil üzerinde hareket eden transmisyon hareket bilezikleri, kayış kasnakları, dişliler, kavramalar
H7/g6	G7/h6	Tutuk döner geçme. Fark edilmeyecek kadar bir boşlukla kayabilir	9) Kayabilir dişliler, piston kolu yatağı, ölçme cihazları silindirleri için
H7/f7	F8/h6	Döner geçme. Fark edilecek kadar boşluk vardır.	10) Takım tezgahlarının ana yatakları, krank milleri ve piston kolları yatakları, bütün regülatör yatakları, kaygan muflar v.b için.
H8/f7	F8/h9	Döner geçme. Fark edilir derecede boşluk vardır.	11) Krank millerinin ana yatakları, piston kolu yatakları, kaygın yataklar için.
H8/e8	E8/h8	Hafif döner geçme. Oldukça büyük boşluk vardır.	12) Takım tezgahlarında çok yataklı miller için
H8/d9	D9/h8	Serbest döner geçme. Çok fazla boşluk vardır.	13) Vinçlerin ve transmisyonların uzun millerindeki yataklar, avara kasnaklar, ziraat makineleri yatakları, salmastra kutuları için
H9/d10	D10/h9	Serbest döner geçme. Çok fazla boşluk vardır.	14) Kamalar ve kama yuvalarında, Nakil vasıtaları ve ziraat makinelerinin aks burçları, transmisyon yatakları avara kasnaklar için
H11/h11	H11/h11	Kaba geçme	15) Ziraat makinelerinde miller üzerine vidalanmış, çakılmış veya sıkıştırılmış parçalar, ara burçları, menteşe pimleri
H11/d11	D11/h11	Kaba geçme	16) Büyük toleranslı parçaların hareketlerini devamlı olarak temin etmek için
H11/c11	C11/h11	Kaba geçme	17) Kısa transmisyon milleri, kapatma pimleri, v.b
H11/a11	A11/h11	Kaba geçme	18) Lokomotif regülatör milleri, yay ve fren papuçları için

Ek 4. ISO alıştırma dereceleri ve karşılıkları

Alıştırma derecesi	Normal Delik		Geçmeler	Normal Mil	
	İşaretler			İşaretler	
Hassas Alıştırma	H6	p5 n5 k6 j6 h5	<b>Hareketsiz Geçmeler</b> Sıkı geçme Çakma geçme Tutuk geçme Kakma geçme <b>Hareketli Geçmeler</b> Kaygan geçme	P6 N6 K6 J6 H6	h5
İnce Alıştırma	H7	s6/r6(*) n6 m6 k6 j6 h6 g6 f7 e8 d9	<b>Hareketsiz Geçmeler</b> Preste geçme Sıkı geçme Çakma geçme Tutuk geçme Kakma geçme <b>Hareketli Geçmeler</b> Kaygan geçme Yarım döner geçme Döner geçme Serbest döner geçme Serbest geçme	S7 N7 M7 K7 J7 H7 G7 F7 E8 D9	h6
Orta Alıştırma	H8	h9 f8 d10	<b>Hareketli geçmeler</b> Kaygan geçme Döner geçme Serbest geçme	H8 F8 D10	h8 h9
Kaba Alıştırma	H11	h11 d11 c11 a11	<b>Hareketli Geçmeler</b> Kaba geçme Kaba geçme Kab geçme Kaba geçme	H11 D11 C11 A11	h11

\* s6 160 mm'ye kadar, r6 160 mm'den yukarı çaplar için kullanılır.



## Ek 5. Program kodlarının bir kısmı

```

domains
    tolerans=symbol
    liste=real*

database
    kutu11(liste)

    tol(real,real,tolerans,symbol,real,real,real,real)
    tol1(real,real,tolerans,symbol,real,real,real,real)
    uyon(real,real,real,real,real,real,integer)

predicates
    /*basla*/
    menü7
    pencere7
    sectik(integer)
    yeni(integer,symbol)
    lis(integer,symbol)
    bak5(integer,symbol,real)
    vtab(symbol,real,real,real,real,real,real,real)
    yeniden(integer,symbol)
    lis2(integer,symbol)
    bak6(integer,symbol,real)
    vtab2(symbol,real,real,real,real)
    liste_uzun(liste,integer)
    toplist(liste,real)
    basla6
    manual(real)
    nondeterm yeni_isslem
    pencere2
    nondeterm al(real)
    secs(integer)
    isslem(real,real,real,real)
    isslem2(real,real,real,real)
    nondeterm yazdir(real,real)
    nondeterm bak4(real,symbol,symbol)
    cik(symbol)
    nondeterm bak3(real,symbol,symbol)
    bsl
    sec2(integer)
    bak1(real,symbol)
    bak(real,symbol)
    islem(real,real,real)
    nondeterm menu3
    nondeterm start(real)
    nondeterm vatani3(symbol,symbol,symbol)
    bak2(real,integer,integer)
    nondeterm git(integer)
    nondeterm yeni_islem
    nondeterm sec(integer)
    nondeterm extra(symbol)
    nondeterm talas(symbol)
    nondeterm hesap
    nondeterm cev(symbol)
    nondeterm yuzey(integer,real)
    nondeterm vt(symbol)

```

## Ek 5'in devamı

```
nondeterm alter(symbol)
nondeterm alternatif(symbol,symbol)
pencere3
basla3
bsla(integer)
look(real,real,real)
```

## clauses

```
başla:-write("ANA MENÜ\n",
    "1. Kullanım alanına göre\n",
    "2. Alıştırma derecelerine göre\n",
    "3. Üretim yöntemlerine göre\n",
    "4. Eleman çiftinin geçme türü toleransları\n",
    "5. Tek eleman toleransı\n",
    "6. Eleman Çiftinin Toleransı\n",
    "7. Toleransı Verilmeyen Uzunluk ve Açık Ölçüsü için Toleransları\n",
    "0. Çıkış",
    "\nYukarıdaki işlem numaralarından birini giriniz.\n\n"),
    readreal(X),menü(X).

menü(1):-write("1.Büyük Tutukluk Kuvveti için,dişli çark,volan ve teker göbekleri,mil flanşları\n",
    "2. Orta tutukluk kuvveti için, kavrama göbekleri, GG-göbekleri üzerine bronz yataklar,
    gövde, tekerlek ve piston kollarında yataklar için\n",
    "3. Motor miline geçen endüviler ve göbeğe geçen dişliler. Mil üzerine geçen göbekler ve
    yataklar için\n",
    "4. Bir defaya mahsus olmak üzere makina ve elektrik motoru millerine (d=55-
    120mm)geçirilmiş kasnaklar, kavramalar ve dişliler için\n",
    "5. Kasnaklar, kavramalar, dişliler, kamalı volanlar, rulmanlı yatakların iç bilezikleri, sabit
    tekerlekler ve kollar için\n",
    "6. Kolayca çıkarılması gereken kasnaklar, dişliler, tekerlekler, yataklar ve benzeri için\n",
    "7. Sık sık sökülüp takılması gereken tekerlekler, tezgahların hareketli kısımları, yatakların
    dış bilezikleri,kavramalar ve boru frezeleme flanşları için\n",
    "8. Mil üzerinde hareket eden transmisyon hareket bilezikleri, kayış kasnakları, dişliler
    kavramalar v.b.\n",
    "9. Kayabilir dişliler, kavramalar, piston kolu yatağı,ölçme cihazı silindirleri için\n",
    "10.Takım tezgahlarının ana yatakları,krank milleri ve piston kolları yatakları, bütün
    regülatör yatakları,kaygan muflar v.b.\n",
    "11.Krank millerinin ana yatakları, piston kolu yatakları, kaygan yataklar için\n",
    "12.Takım tezgahlarında çok yataklı miller için\n",
    "13.Vinçlerin ve transmisyonların uzun milerindeki yataklar, avara kasnaklar, ziraat
    makinaları yatakları,salmastra kutuları için\n",
    "14.Kavrama ve kayma yuvalarında,nakil vasıtaları ve ziraat makinalarının aks
    burçları,transmisyon menteşe pimleri için\n",
    "15.Ziraat makinalarında miller üzerine vidalanmış, çakılmış veya sıkıştırılmış parçalar, ara
    burçları\n",
    "16.Büyük toleranslı parçaların hareketlerini devamlı olarak temin etmek için\n",
    "17.Kısa transmisyon milleri, kapatma mileri, v.b. için\n",
    "18.Lokomotif regülatör milleri, yay ve fren çubukları için\n",
    "YUKARIDAKİ İŞLEM NUMARALARINDAN BİRİNİ
    GİRİN\n\n"),readreal(Y),vtabanı1(Y,D,M,K),
    write("Normal Delik: ",D,"\nNormal Mil: ",M,"\nGeçmenin Konumu:
    ",K,"\n\n"),yeni_ışlem.
```

```
menü(2):-write("Makina Elemanlarının alıştırma derecelerine göre tolerans önerileri\n",
```

Ek 5'in devamı

```

"1. Hassas Alıştırma\n",
"2. İnce Alıştırma\n",
"3. Orta Alıştırma\n",
"4. Kaba Alıştırma\n",
"Yukarıdaki işlemlerden birini seçiniz\n"),readreal(Z),
write("Normal Delik: ", " Normal Mil: ", " Geçmenin Konumu: "),yaz(Z).

menü(3):-write(" 1. Üretim Yöntemlerini Girerek Yüzey Kalitelerini Elde etmek\n",
" 2. Yüzey kalite değerlerini girerek üretim yöntemlerini elde etmek\n",
" 3. Yüzey Kalitesi,Çap Değeri ve Kalite Sayısını Girerek üretim yöntemlerini elde
etmek\n",
" YAPACAĞINIZ İŞLEMİN NUMARASINI GİRİN\n"),readreal(K),start(K).

menü(4):-write("İşlem numaralarından birini seçiniz\n", "1. Birim Delik Sistemi",
"\n2. Birim Mil Sistemi\n"),readint(K),seçim(K).
seçim(1):-write("Delik toleransını giriniz;\n", "örnek:H6/p5\n"),readln(D),
vtabanı2(,D,_,K),
write("Delik toleransı: ",D,"\nGeçme türü: ",K,"\n\n"),yeni_ışlem.

seçim(2):-write("Mil toleransını giriniz;\n", "örnek:P6/h5\n"),readln(M),
vtabanı2(,_,M,K),
write("Mil toleransı: ",M,"\nGeçme türü: ",K,"\n\n"),yeni_ışlem.

pencere2:-makewindow(1,112,17,"",0,0,12,40),
makewindow(2,112,16,"",12,0,12,40),
makewindow(3,49,49,"SONUÇ",0,40,24,40).

manual(1):-bsl.
manual(2):-pencere2,shiftwindow(1),write(" \n Yapacağınız işlemin numarasını girin\n",
"\n 1)Birim Delik Sistemi", "\n 2)Birim Mil Sistemi\n\n==>"),readint(K),al(K).
manual(3):-secs(2).
al(1):-shiftwindow(2),clearwindow,write("\n Çap değerini giriniz (mm): "),readreal(C),write("\n
Delik toleransını Giriniz:==>"),readln(H),
write("\n Mil Toleransını Girin:==>"),readln(D),bak3(C,H,D).
al(2):-shiftwindow(2),clearwindow,write("\n Çap değerini giriniz (mm): "),readreal(C),write("\n
Mil toleransını Giriniz:==>"),readln(H),
write("\n Delik Toleransını Girin:==>"),readln(D),bak4(C,H,D).

yeni_isslem:-shiftwindow(1),clearwindow,write(" NE YAPMAK İSTERSİNİZ?\n", " 1) Ana
Menüye Çıkış ", "\n 2) Sistemden Çıkış\n", "\n LÜTFEN İŞLEMİN NUMARASINI
GİRİN : "),readint(K),secs(K).
secs(1):-
shiftwindow(3),removewindow,shiftwindow(2),removewindow,shiftwindow(1),removewindow,basla.
secs(2):-shiftwindow(1),clearwindow,write("PROGRAMI SONLANDIRMAK", "\nİSTEDİĞİNİZE
EMİN MİSİNİZ? E/H\n\n"),
readln(E),cik(E).

cik(E):-E="e",exit or
E="E",exit or
E="H",yeni_isslem or
E="h",yeni_isslem or
beep,write("Yanlış Tuşa Bastınız").

bak3(C,H,D):-tol(C1,C2,H,D,Y,Z,K,L),C1<C,C<=C2,
isslem(C,Y,Z,K,L).

```

Ek 5'in devamı

```
bak4(C,H,D):-tol1(C1,C2,H,D,Y,Z,K,L),C1<C,C<=C2,
    isslem2(C,Y,Z,K,L).
```

```
    isslem(C,Y,Z,K,L):-
shiftwindow(3),clearwindow,write("*****\n\n",C,"mm
için\n"),E=C+K,F=C+L,write("\nDELİĞİN EN BÜYÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","E,"mm",
    "DELİĞİN EN KÜÇÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","F,"mm"),E2=C+Y,F2=C+Z,
    write("\nMİLİN EN BÜYÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","E2,"mm", "\nMİLİN EN
KÜÇÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","F2,"mm"),
    B=K-Z,S=L-Y,Q=B-S,Q2=abs(Q),write("\nAlıştırma toleransı:
",Q2,"mm\n"),yazdir(B,S).
    isslem2(C,Y,Z,K,L):-
shiftwindow(3),clearwindow,write("*****",C,"mm
için\n\n"),E=C+K,F=C+L,write("\nMİLİN EN BÜYÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","E,"mm",
    "MİLİN EN KÜÇÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","F,"mm"),E2=C+Y,F2=C+Z,
    write("\nDELİĞİN EN BÜYÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","E2,"mm", "\nDELİĞİN EN
KÜÇÜK ÖLÇÜ DEĞERİ :","F2,"mm\n"),
    /*B=Z-K,S=Y-L,*/B=E2-F,S=F2-E,Q=B-S,Q2=abs(Q),write("\nAlıştırma
toleransı : ",Q2,"mm"),
    yazdir(B,S).
```

```
    yazdir(B,S):-B>0,S>0/*,shiftwindow(3),clearwindow*/,write("\nEn Büyük Boşluk :
",B,"mm", "\nEn Küçük Boşluk : ",S,"mm\n\n",
    "Geçme Türü : Boşluklu
Geçme\n\n\n", "*****"),readchar(_),yeni_isslem.
    yazdir(B,S):-B>0,S<=0/*,shiftwindow(3),clearwindow,*/write("\nEn Büyük Boşluk :
",B,"mm", "\nEn Büyük Sıklık : ",S,"mm\n\n",
    "Geçme Türü : Ara
Geçme\n\n\n", "*****"),readchar(_),readchar(_),yeni_isslem.
    yazdir(B,S):-B<=0,S<0/*,shiftwindow(3),clearwindow,*/write("\nEn Küçük Sıklık :
",B,"mm", "\nEn Büyük Sıklık : ",S,"mm\n\n",
    "Geçme Türü : Sıkı
Geçme\n\n\n", "*****"),readchar(_),yeni_isslem.
```

```
bsl:-pencere2,shiftwindow(1),write("\n Programa giriş kriterlerinizi seçin", "\n 1. Çap ve Tolerans
Sembölü",
```

```
    "\n 2. Çap ve Sapma değerleri", "\n SEÇİM==> "),readint(K),bsla(K).
```

```
bsla(1):-
```

```
/*consult("ss3.dba"),consult("ss3.dba"),consult("ss5.dba"),consult("ss6.dba"),removewindow,pencere2,*/shif
twindow(1),clearwindow,write("\n Yapacağınız işlemin numarasını girin\n",
```

```
    "\n 1)Tek Eleman; Delik ", "\n 2)Tek Eleman; Mil \n\n==>"),readint(K),sec2(K).
```

```
bsla(2):-shiftwindow(2),write("\n Çap değerini giriniz (mm): "),readreal(C),write("\n Üst sapma
değerini girin:==> "),
```

```
    readreal(Y),write("\n Alt sapma değerini girin:==> "),
```

```
    readreal(Z),look(C,Y,Z).
```

```
sec2(1):-shiftwindow(2),write("\n Çap değerini giriniz (mm): "),readreal(C),write("\n Delik
toleransını girin:==> "),
```

```
    readln(H),bak1(C,H).
```

```
sec2(2):-shiftwindow(2),write("\n Çap değerini giriniz (mm): "),readreal(C),write("\n Mil toleransını
girin:==>"),
```

```
    readln(H),bak(C,H).
```

```
bak(C,H):-tol(C1,C2,_,H,Y,Z,_,_),C1<C,C<=C2,islam(C,Y,Z).
```

Ek 5'in devamı

```

bak1(C,H):-tol1(C1,C2,_H,Y,Z,_),C1<=C,C<=C2,islem(C,Y,Z).

look(C,Y,Z):-tol1(C1,C2,_H,Y,Z,_),C1<=C,C<=C2,shiftwindow(3),
write("\n Delik Tolerans Sembolü: ",H),islem(C,Y,Z).

look(C,H1,H2):-tol(C1,C2,_H,H1,H2,_),C1<=C,C<=C2,shiftwindow(3),
write("\n Mil Tolerans Sembolü: ",H),islem(C,H1,H2).

islem(C,Y,Z):-E=C+Y,F=C+Z,T=E-
F,shiftwindow(3),write("\n\n*****"),
"\n Üst Sapma: ",Y,"mm","\n\n Alt Sapma: ",Z,"mm"),
write("\n\n EN BÜYÜK ÖLÇÜ DEĞERİ : ",E,"mm",
"\n\n EN KÜÇÜK ÖLÇÜ DEĞERİ : ",F,"mm","\n\n Tolerans
: ",T,"\n\n*****","\n\n"),readchar(_),yeni_isslem.

basla6:-menü7.
pencere7:-makewindow(1,112,4,"",0,0,12,40),makewindow(2,117,4,"",12,0,13,40),
makewindow(3,30,4,"SONUÇ",0,40,25,40).
menü7:-pencere7,shiftwindow(1),write(" İşlem numarasını giriniz\n\n", " 1. Uzunluk ölçüleri için
Sınır Sapma",
" 2. Açılış ölçüleri için Sınır Sapmaları","\n\n SEÇİM =>"),readint(K),sectik(K).
sectik(1):-shiftwindow(2),write(" Parça sayısını girin:=> "),readint(Z),write("\n Tolerans sınıfım
girin\n", "**İlk Harfi Büyük Yazın**\n =>"),readln(A),
assert(kutu11(I)),yeni(Z,A).
sectik(2):-shiftwindow(2),write(" Parça sayısını girin:=> "),readint(Z),write("\n Tolerans sınıfım
girin\n", "** İlk Harfi Büyük Yazın**\n =>"),readln(A),
assert(kutu11(I)),yeniden(Z,A).

yeni(Z,A):-shiftwindow(2),write(" Parça uzunluğunu girin: "),readreal(U),bak5(Z,A,U).
yeniden(Z,A):-shiftwindow(2),write(" Parça uzunluğunu girin: "),readreal(U),bak6(Z,A,U).

bak5(Z,A,U):-
U>=0.5,U<=3,retract(kutu11(K1)),vtab(A,D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).
bak5(Z,A,U):-
U>3,U<=6,retract(kutu11(K1)),vtab(A,_D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).
bak5(Z,A,U):-
U>6,U<=30,retract(kutu11(K1)),vtab(A,_D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).
bak5(Z,A,U):-
U>30,U<=120,retract(kutu11(K1)),vtab(A,_D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).
bak5(Z,A,U):-
U>120,U<=400,retract(kutu11(K1)),vtab(A,_D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).
bak5(Z,A,U):-
U>400,U<=1000,retract(kutu11(K1)),vtab(A,_D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).
bak5(Z,A,U):-
U>1000,U<=2000,retract(kutu11(K1)),vtab(A,_D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).
bak5(Z,A,U):-
U>2000,U<=4000,retract(kutu11(K1)),vtab(A,_D,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis(Z,A).

bak6(Z,A,U):-U<=10,retract(kutu11(K1)),vtab2(A,D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis2(Z,A).
bak6(Z,A,U):-
U>10,U<=50,retract(kutu11(K1)),vtab2(A,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis2(Z,A).
bak6(Z,A,U):-
U>50,U<=120,retract(kutu11(K1)),vtab2(A,_D,_D,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis2(Z,A).

```

## Ek 5'in devamı

```

bak6(Z,A,U):-U>120,U<=400,retract(kutu11(K1)),vtab2(A,_,_D,_),assert(kutu11([D|K1])),lis2(Z,A).
bak6(Z,A,U):-U>400,retract(kutu11(K1)),vtab2(A,_,_D),assert(kutu11([D|K1])),lis2(Z,A).

lis(Z,A):-kutu11(L),liste_uzun(L,E),E<Z,yeni(Z,A).
lis(Z,A):-

kutu11(L),toplist(L,Top),T1=Top*2,shiftwindow(3),write("\n\n\n*****
****\n","A," Tolerans Sınıfı \n "Z," Adet Eleman İçin\n",
"\n Toplam Tolerans:",T1,"mm dir\n\n"),retract(kutu11(_)),Q=Top/Z,
shiftwindow(3),write(" Herbir Parçanın Ortalama Sapması:\n ==>+/- "Q,"mm
dir\n\n","*****\n"),readchar(_),shiftwindow(1),clearwindow,yeni_isslem.

lis2(Z,A):-kutu11(L),liste_uzun(L,E),E<Z,yeniden(Z,A).
lis2(Z,A):-

kutu11(L),toplist(L,Top),T2=Top*2,shiftwindow(3),write("\n\n*****
**\n","A," Tolerans Sınıfı \n "Z," Adet Eleman İçin\n",
"Toplam Tolerans:",T2,"derece dir\n\n"),retract(kutu11(_)),Q=Top/Z,
shiftwindow(3),write(" Herbir Parçanın Ortalama Sapması:\n ==>
",Q,"derecedir\n\n","*****\n"),readchar(_),shiftwindow(1),clearwin
dow,yeni_isslem.

liste_uzun([],0).
liste_uzun([_K],E):-liste_uzun(K,K1),E=K1+1.

toplist([],0.0).
toplist([X|L],Top):-toplist(L,T),Top=X+T.

basla3:-menu3.
pencere3:-makewindow(6,176,14,"Üretim Yöntemleri",2,2,21,42),makewindow(7,10,14,"Alternatif
Üretim Yöntemleri",2,43,21,35).
menu3:-removewindow,makewindow(1,112,4,"",0,0,25,80),write("\n 1. Üretim Yöntemlerini
Girerek Yuzey Kalitelerini Elde etme\n",
"\n 2. Yuzey kalite değerlerini girerek üretim yöntemlerini elde etme\n",
"\n 3. Yuzey Kalitesi,Çap Değeri ve Kalite Sayısını Girerek", "\n Üretim yöntemlerini
elde etme\n",
" \n YAPACAĞINIZ İŞLEMİN NUMARASINI GİRİN\n\n ==> "),readreal(K),start(K).

start(1):-clearwindow,write("\n\n Üretim Yöntemini Girin;\n\n " " ** Üretim Yönteminin İlk
Harfini Büyük Yazınız **\n\n ==>"),readln(T),vt(T).
start(2):-clearwindow,write(" Kalite Sayısını
girin\n\n==>N"),readint(Y),clearwindow,pencere3,git(Y).
start(3):-clearwindow,write(" Çap değerini girin\n\n ==>"),readreal(C),
write(" Yüzey Kalitesi Değerini girin\n\n ==>N"),readint(Y),
write(" ISO değerini girin\n\n ==>IT"),readint(I),clearwindow,pencere3,bak2(C,Y,I).

vt(T):-vatani3(T,B,Y),clearwindow,makewindow(4,22,14,"SONUÇ",5,5,15,70),shiftwindow(4),
write("\n İşlemin Adı: ",T,"\n\n Kalite Sayısı: ",B,"\n\n Yüzey Kalitesi
:",Y,"\n\n"),alter(T).
vt(T):-not(vatani3(T,_)),clearwindow,write("\n\nBu işlem veri tabanı kayıtlarında yer
almamaktadır.\n"),
write("Ne yapmak istiyorsun\n","n1. Tekrar denemek için; 1 tuşuna bas","n2. Ana
Menüye Dönmek için 4 tuşuna bas"),
readreal(P),start(P).
alter(T):-alternatif(T,T1),write("\n",T," işlemi için ",T1," işlemi alternatif olabilir\n\n"),extra(T).
alter(T):-not(alternatif(T,_)),extra(T).

```



Ek 5'in devamı

```
extra(T):-talas(T),write("Bir devirdeki ilerleme miktarını hesaplamak ister misin?
E/H\n\n"),readln(E),removewindow,cev(E).
extra(T):-not(talas(T)),yeni_islem.
cev(E):-E="e",hesap or
E="E", hesap or
yeni_islem.
```

```
hesap:-removewindow,makewindow(2,112,14,"HESAP",2,2,10,76),write(" Sectiğiniz yüzey kalite
sayısını girin: N"),readln(N),yuzey(N,Rz),
write(" Takım uç kavisini girin(mm);"),readreal(R),
F2=8e-3*Rz*R,F=sqrt(F2),makewindow(3,49,49,"SONUÇ",14,2,9,76),write("\n ilerleme
miktarı : ",F,"mm\n\n"),yeni_islem.
```

```
bak2(C,Y,I):-consult("unyon.dba"), uyon(C1,C2,Y1,Y2,I1,I2,U),
C1<=C,C<C2,Y>Y1,Y<Y2,I>I1,I<I2,git(U).
```

```
bak2(C,Y,I):-write("\n\n YANLIŞ DEĞER GİRDİNİZ. ", "\n\n\n DEVAM ETMEK İÇİN BİR TUŞA
BASIN"),readchar(_),start(3).
```

Ek 5'in devamı

```
yeni_islem:-readchar(_),shiftwindow(1),clearwindow,write("NE YAPMAK
İSTERSİNİZ?\n\n", " 1)YENİ İŞLEM", "\n 2)ANA MENÜYE ÇIKIŞ\n",
"\n LÜTFEN İŞLEMİN NUMARASINI GİRİN : "),readln(K),sec(K).
sec(K):-K=1,menu3.
sec(K):-K=2,basla.
sec(K):-K>2,write("YANLIŞ RAKAM GİRDİNİZ,LÜTFEN İŞLEMİNİZİ KONTROL
EDİN\n\n"),yeni_islem.
sec(K):-K>1,write("YANLIŞ RAKAM GİRDİNİZ,LÜTFEN İŞLEMİNİZİ KONTROL
EDİN\n\n"),yeni_islem.
```

## Ek 6. Programın veri tabanı

vtabanı1(1,"H8/x8 veya H8/u8", "R7/h6-S7/h6", "Pres geçmeler").  
vtabanı1(2,"H7/s6-H7/r6", "R7/h6-S7/h6", "Pres geçmeler").  
vtabanı1(3,"H7/n6", "N7/h6", "Sıki geçme, Presle yapılır").  
vtabanı1(4,"H7/m6", "M7/h6", "Çakma geçme, Çekiçle oldukça zor yapılabilir").  
vtabanı1(5,"H7/k6", "K7/h6", "Tutuk geçme. Çekiçle rahatça yapılabilir").  
vtabanı1(6,"H7/j6", "J7/h6", "Kakma geçme. Tokmak veya elle yapılır").  
vtabanı1(7,"H7/h6", "H7/h6", "Kaygın geçme. Yağlanırsa elle geçirilebilir").  
vtabanı1(8,"H8/h9", "H8/h9", "Kaygın geçme. Kuvvet sarfetmeden kayabilen geçme parçaları").  
vtabanı1(9,"H7/g6", "G7/h6", "Tutuk döner geçme. Fark edilmeyecek kadar bir boşlukla kaydırılabilir").  
vtabanı1(10,"H7/f7", "F8/h6", "Döner geçme. Fark edilecek kadar boşluk vardır").  
vtabanı1(11,"H8/f7", "F8/h9", "Döner geçme. Fark edilir derecede boşluk vardır").  
vtabanı1(12,"H8/e8", "E8/h8", "Hafif döner geçme. Oldukça büyük boşluk vardır").  
vtabanı1(13,"H8/d9", "D9/h8", "Serbest döner geçme. Çok fazla boşluk vardır").  
vtabanı1(14,"H9/d10", "D10/h9", "Serbest döner geçme. Çok fazla boşluk vardır").  
vtabanı1(15,"H11/h11", "H11/h11", "Kaba geçme. Parçalar az boşlukla ve büyük toleransla iç içe geçebilir").  
vtabanı1(16,"H11/d11", "D11/h11", "Kaba geçme. Büyük toleranslı").  
vtabanı1(17,"H11/c11", "C11/h11", "Kaba geçme. Büyük boşluk ve büyük toleranslı").  
vtabanı1(18,"H11/a11", "A11/h11", "Kaba geçme. Büyük tolerans ve büyük boşluk").  
vtabanı2(1,"H6/p5", "P6/h5", "Sıki geçme").  
vtabanı2(1,"H6/n5", "N6/h5", "Çakma geçme").  
vtabanı2(1,"H6/k6", "K6/h5", "Tutuk geçme").  
vtabanı2(1,"H6/j6", "J6/h5", "Kakma geçme").  
vtabanı2(1,"H6/h5", "H6/h5", "Kaygın geçme").  
vtabanı2(2,"H7/s6", "S7/h5", "Preste geçme").  
vtabanı2(2,"H7/r6", "S7/h5", "Preste geçme").  
vtabanı2(2,"H7/n6", "N7/h6", "Sıki geçme").  
vtabanı2(2,"H7/m6", "M7/h6", "Çakma geçme").  
vtabanı2(2,"H7/k6", "K7/h6", "Tutuk geçme").  
vtabanı2(2,"H7/j6", "J7/h6", "Kakma geçme").  
vtabanı2(2,"H7/h6", "H7/h6", "Kaygın geçme").  
vtabanı2(2,"H7/f7", "F7/h6", "Döner geçme").  
vtabanı2(2,"H7/g6", "G7/h6", "Yarım Döner geçme").  
vtabanı2(2,"H7/e8", "E8/h6", "Serbest Döner geçme").  
vtabanı2(2,"H7/d9", "D9/h6", "Serbest geçme").  
vtabanı2(3,"H8/h9", "H8/h9", "Kaygın geçme").  
vtabanı2(3,"H8/f8", "F8/h9", "Döner geçme").  
vtabanı2(3,"H8/d10", "D10/h9", "serbest geçme").  
vtabanı2(4,"H11/h11", "H11/h11", "Kaba geçme").  
vtabanı2(4,"H11/d11", "D11/h11", "Kaba geçme").  
vtabanı2(4,"H11/c11", "C11/h11", "Kaba geçme").  
vtabanı2(4,"H11/a11", "A11/h11", "Kaba geçme").  
vtab("Orta", 1e-1, 1e-1, 2e-1, 3e-1, 5e-1, 8e-1, 12e-1, 2.0).  
vtab("Kaba", 2e-1, 3e-1, 5e-1, 8e-1, 12e-1, 2.0, 3.0, 4.0).  
vtab("Çok Kaba", 0.0, 5e-1, 1.0, 15e-1, 25e-1, 4.0, 6.0, 8.0).  
vtab2("İnce", 1.0, 0.5, 0.333, 0.166, 0.083).  
vtab2("Orta", 1.0, 0.5, 0.333, 0.166, 0.083).  
vtab2("Kaba", 1.5, 1.0, 0.5, 0.25, 0.166).  
vtab2("Çok Kaba", 3.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.333).  
vatani3("Tornalama", "IT6-IT10", "N6-N10").  
vatani3("Delme", "IT10-IT12", "N9-N10").  
vatani3("Vargelleme", "IT8-IT10", "N7-N11").  
vatani3("Rasbalama", "IT5-IT8", "N7-N9").  
vatani3("Raybalama", "IT6", "N6-N7").

## Ek 6'nın devamı

vatani3("Frezeleme", "IT6-IT10", "N7-N10").  
 vatani3("Taşlama", "IT5-IT8", "N4-N7").  
 vatani3("Kesme", "IT7-IT10", "N8-N12").  
 vatani3("Döküm", "IT13-IT16", "N6-N12").  
 vatani3("Kum Döküm", "IT15-IT16", "N10-N12").  
 vatani3("Kokil Döküm", "IT14-IT15", "N8-N11").  
 vatani3("Pres Döküm", "IT13-IT14", "N6-N8").  
 vatani3("Dövme", "IT6-IT10", "N8-N10").  
 vatani3("Haddeme", "IT12-IT18", "N8-N9").  
 vatani3("Ekstrüzyon", "IT9-IT11", "N7-N9").  
 vatani3("Eğeleme", "IT8-IT10", "N7-N9").  
 vatani3("Kaba Tornalama", "IT10", "N8-N10").  
 vatani3("Orta Tornalama", "IT8-IT9", "N8-N9").  
 vatani3("İnce Tornalama", "IT6-IT7", "N6-N8").  
 vatani3("Kaba Frezeleme", "IT10", "N10").  
 vatani3("Orta Frezeleme", "IT8-IT9", "N8-N9").  
 vatani3("İnce Frezeleme", "IT6-IT7", "N7").  
 vatani3("Tığ Çekme", "IT5-IT9", "N7-N9").  
 vatani3("Kaba Raybalama", "IT7", "N7-N8").  
 vatani3("Orta Raybalama", "IT6", "N6").  
 vatani3("İnce Raybalama", "IT5", "N5").  
 vatani3("Kaba Taşlama", "IT8", "N7").  
 vatani3("Orta Taşlama", "IT7", "N5-N6").  
 vatani3("İnce Taşlama", "IT5-IT6", "N4").  
 vatani3("Honlama", "IT2-IT3", "N2-N4").  
 vatani3("Lepleme", "IT2-IT3", "N1-N4").  
 vatani3("Zımparalama", "IT4-IT5", "N2-N5").  
 vatani3("Parlatma", "IT1-IT2", "N1-N4").

alternatif("Kaba Taşlama", "Orta Taşlama").  
 alternatif("Orta Taşlama", "İnce Taşlama").  
 alternatif("İnce Taşlama", "Honlama").  
 alternatif("Kaba Raybalama", "Orta Raybalama").  
 alternatif("Orta Raybalama", "İnce Raybalama").  
 alternatif("İnce Raybalama", "Orta Taşlama").  
 alternatif("Kaba Frezeleme", "Orta Frezeleme").  
 alternatif("Orta Frezeleme", "İnce Frezeleme").  
 alternatif("İnce Frezeleme", "Kaba Taşlama").  
 alternatif("Kaba Tornalama", "Orta Tornalama").  
 alternatif("Orta Tornalama", "İnce Tornalama").  
 alternatif("İnce Tornalama", "Kaba Silindirik Taşlama").  
 alternatif("Eğeleme", "Vargelleme").  
 alternatif("Vargelleme", "Eğeleme").  
 alternatif("Honlama", "Lepleme veya Parlatma").  
 alternatif("Lepleme", "Parlatma veya Honlama").  
 alternatif("Parlatma", "Lepleme veya Honlama").  
 alternatif("Tığ Çekme", "Kaba Raybalama").

talas("Tornalama").  
 talas("Orta Tornalama").  
 talas("İnce Tornalama").  
 talas("Kaba Tornalama").

yuzey(11,100).  
 yuzey(10,63).  
 yuzey(9,25).  
 yuzey(8,16).

## Ek 6'nın devamı

yuzey(6,4).  
 yuzey(7,6,3).  
 uyon(0,3,9,13,0,3,5).  
 uyon(0,3,9,13,2,5,6).  
 uyon(0,3,9,13,4,7,7).  
 uyon(0,3,9,13,6,9,8).  
 uyon(0,3,9,13,8,11,9).  
 uyon(0,3,9,13,10,13,10).  
 uyon(0,3,9,13,12,15,11).  
 uyon(0,3,9,13,14,19,12).  
 uyon(0,3,6,10,0,3,3).  
 uyon(0,3,6,10,2,5,4).  
 uyon(0,3,6,10,4,7,5).  
 uyon(0,3,6,10,6,9,6).  
 uyon(0,3,6,10,8,11,7).  
 uyon(0,3,6,10,10,13,8).  
 uyon(0,3,6,10,12,15,9).  
 uyon(0,3,6,10,14,17,10).  
 uyon(0,3,6,10,16,19,11).  
 uyon(0,3,3,7,0,3,1).  
 uyon(0,3,3,7,2,5,2).  
 uyon(0,3,3,7,4,8,3).  
 uyon(0,3,3,7,7,9,4).  
 uyon(0,3,3,7,8,11,5).  
 uyon(0,3,3,7,10,13,6).  
 uyon(0,3,3,7,12,16,7).  
 uyon(0,3,3,7,15,17,8).  
 uyon(0,3,3,7,16,19,9).  
 uyon(0,3,0,4,0,7,1).  
 uyon(0,3,0,4,6,9,2).  
 uyon(0,3,0,4,8,11,3).  
 uyon(0,3,0,4,10,13,4).  
 uyon(0,3,0,4,12,16,5).  
 uyon(0,3,0,4,15,18,6).  
 uyon(0,3,0,4,17,19,7).  
 uyon(2,6,9,13,0,2,5).  
 uyon(2,6,9,13,1,4,6).  
 uyon(2,6,9,13,3,6,7).  
 uyon(2,6,9,13,5,8,8).  
 uyon(2,6,9,13,7,10,9).  
 uyon(2,6,9,13,9,12,10).  
 uyon(2,6,9,13,11,14,11).  
 uyon(2,6,9,13,13,19,12).  
 uyon(2,6,6,10,0,4,3).  
 uyon(2,6,6,10,3,7,4).  
 uyon(2,6,6,10,6,8,5).  
 uyon(2,6,6,10,7,10,6).  
 uyon(2,6,6,10,9,12,7).  
 uyon(2,6,6,10,11,14,8).  
 uyon(2,6,6,10,13,16,9).  
 uyon(2,6,6,10,15,18,10).  
 uyon(2,6,6,10,17,19,11).  
 uyon(2,6,3,7,0,2,1).  
 uyon(2,6,3,7,1,4,2).  
 uyon(2,6,3,7,3,6,3).  
 uyon(2,6,3,7,5,8,4).  
 uyon(2,6,3,7,7,10,5).  
 uyon(5,18,6,10,14,17,11).  
 uyon(5,18,6,10,16,19,12).  
 uyon(5,18,3,7,0,3,2).  
 uyon(5,18,3,7,2,5,3).  
 uyon(5,18,3,7,4,7,4).  
 uyon(5,18,3,7,6,9,5).  
 uyon(5,18,3,7,8,11,6).  
 uyon(5,18,3,7,10,13,7).  
 uyon(5,18,3,7,12,15,8).  
 uyon(5,18,3,7,14,17,9).  
 uyon(5,18,3,7,16,19,10).  
 uyon(5,18,0,4,0,5,1).  
 uyon(5,18,0,4,4,7,2).  
 uyon(5,18,0,4,6,9,3).  
 uyon(5,18,0,4,8,11,4).  
 uyon(5,18,0,4,10,13,5).  
 uyon(5,18,0,4,12,15,6).  
 uyon(5,18,0,4,14,17,7).  
 uyon(5,18,0,4,16,19,8).  
 uyon(17,50,9,13,0,2,6).  
 uyon(17,50,9,13,1,4,7).  
 uyon(17,50,9,13,3,6,8).  
 uyon(17,50,9,13,5,8,9).  
 uyon(17,50,9,13,7,10,10).  
 uyon(17,50,9,13,9,12,11).  
 uyon(17,50,9,13,11,19,12).  
 uyon(17,50,6,10,0,2,4).  
 uyon(17,50,6,10,1,4,5).  
 uyon(17,50,6,10,3,6,6).  
 uyon(17,50,6,10,5,8,7).  
 uyon(17,50,6,10,7,10,8).  
 uyon(17,50,6,10,9,12,9).  
 uyon(17,50,6,10,11,14,10).  
 uyon(17,50,6,10,13,16,11).  
 uyon(17,50,6,10,15,19,12).  
 uyon(17,50,3,7,0,2,2).  
 uyon(17,50,3,7,1,4,3).  
 uyon(17,50,3,7,3,6,4).  
 uyon(17,50,3,7,5,8,5).  
 uyon(17,50,3,7,7,10,6).  
 uyon(17,50,3,7,9,12,7).  
 uyon(17,50,3,7,11,14,8).  
 uyon(2,6,0,4,7,10,3).  
 uyon(2,6,0,4,9,12,4).  
 uyon(2,6,0,4,11,14,5).  
 uyon(2,6,0,4,13,16,6).  
 uyon(2,6,0,4,15,18,7).  
 uyon(2,6,0,4,17,19,8).  
 uyon(5,18,9,13,0,3,6).  
 uyon(5,18,9,13,2,5,7).  
 uyon(5,18,9,13,4,7,8).  
 uyon(5,18,9,13,6,9,9).  
 uyon(5,18,9,13,8,11,10).  
 uyon(5,18,9,13,10,13,11).  
 uyon(5,18,9,13,12,19,12).

## Ek 6'nın devamı

uyon(2,6,3,7,9,11,6).  
 uyon(2,6,3,7,10,14,7).  
 uyon(2,6,3,7,13,16,8).  
 uyon(2,6,3,7,15,18,9).  
 uyon(2,6,3,7,17,19,10).  
 uyon(2,6,0,4,0,6,1).  
 uyon(2,6,0,4,5,8,2).  
 uyon(5,18,6,10,0,3,4).  
 uyon(5,18,6,10,2,5,5).  
 uyon(5,18,6,10,4,7,6).  
 uyon(5,18,6,10,6,9,7).  
 uyon(5,18,6,10,8,11,8).  
 uyon(5,18,6,10,10,13,9).  
 uyon(5,18,6,10,12,15,10).  
 uyon(17,50,3,7,13,16,9).  
 uyon(17,50,3,7,15,18,10).  
 uyon(17,50,3,7,17,19,11).  
 uyon(17,50,0,4,0,4,1).  
 uyon(17,50,0,4,3,6,2).  
 uyon(17,50,0,4,5,8,3).  
 uyon(17,50,0,4,7,10,4).  
 uyon(17,50,0,4,9,12,5).  
 uyon(17,50,0,4,11,14,6).  
 uyon(17,50,0,4,13,16,7).  
 uyon(17,50,0,4,15,18,8).  
 uyon(17,50,0,4,17,19,9).  
 uyon(49,120,9,13,0,3,7).  
 uyon(49,120,9,13,2,5,8).  
 uyon(49,120,9,13,4,7,9).  
 uyon(49,120,9,13,6,9,10).  
 uyon(49,120,9,13,8,11,11).  
 uyon(49,120,9,13,10,19,12).  
 uyon(49,120,6,10,0,3,5).  
 uyon(49,120,6,10,2,5,6).  
 uyon(49,120,6,10,4,7,7).  
 uyon(49,120,6,10,6,9,8).  
 uyon(49,120,6,10,8,11,9).  
 uyon(49,120,6,10,10,13,10).  
 uyon(49,120,6,10,12,15,11).  
 uyon(49,120,6,10,14,19,12).  
 uyon(49,120,3,7,0,3,3).  
 uyon(49,120,3,7,2,5,4).  
 uyon(49,120,3,7,4,7,5).  
 uyon(49,120,3,7,6,9,6).  
 uyon(49,120,3,7,8,11,7).  
 uyon(49,120,3,7,10,13,8).  
 uyon(49,120,3,7,12,15,9).  
 uyon(49,120,3,7,14,17,10).  
 uyon(49,120,3,7,16,19,11).  
 uyon(49,120,0,4,0,3,1).  
 uyon(49,120,0,4,2,5,2).  
 uyon(49,120,0,4,4,7,3).  
 uyon(49,120,0,4,6,9,4).  
 uyon(49,120,0,4,8,11,5).  
 uyon(49,120,0,4,10,13,6).  
 uyon(49,120,0,4,12,15,7).  
 uyon(49,120,0,4,14,17,8).

uyon(49,120,0,4,16,19,9).  
 uyon(119,250,9,13,0,2,7).  
 uyon(119,250,9,13,1,4,8).  
 uyon(119,250,9,13,3,6,9).  
 uyon(119,250,9,13,5,8,10).  
 uyon(119,250,9,13,7,10,11).  
 uyon(119,250,9,13,9,19,12).  
 uyon(119,250,6,10,0,3,5).  
 uyon(119,250,6,10,2,4,6).  
 uyon(119,250,6,10,3,6,7).  
 uyon(119,250,6,10,5,8,8).  
 uyon(119,250,6,10,7,10,9).  
 uyon(119,250,6,10,9,12,10).  
 uyon(119,250,6,10,11,14,11).  
 uyon(119,250,6,10,13,19,12).  
 uyon(119,250,3,7,0,2,3).  
 uyon(119,250,3,7,1,4,4).  
 uyon(119,250,3,7,3,6,5).  
 uyon(119,250,3,7,5,8,6).  
 uyon(119,250,3,7,7,10,7).  
 uyon(119,250,3,7,9,12,8).  
 uyon(119,250,3,7,11,14,9).  
 uyon(119,250,3,7,13,16,10).  
 uyon(119,250,3,7,15,18,11).  
 uyon(119,250,3,7,17,19,12).  
 uyon(119,250,0,4,0,4,2).  
 uyon(119,250,0,4,3,6,3).  
 uyon(119,250,0,4,5,8,4).  
 uyon(119,250,0,4,7,10,5).  
 uyon(119,250,0,4,9,12,6).  
 uyon(119,250,0,4,11,14,7).  
 uyon(119,250,0,4,13,16,8).  
 uyon(119,250,0,4,15,18,9).  
 uyon(119,250,0,4,17,19,10).  
 uyon(249,501,6,10,0,3,6).  
 uyon(249,501,6,10,2,5,7).  
 uyon(249,501,6,10,4,7,8).  
 uyon(249,501,6,10,6,9,9).  
 uyon(249,501,6,10,8,11,10).  
 uyon(249,501,6,10,10,13,11).  
 uyon(249,501,6,10,12,19,12).  
 uyon(249,501,3,7,0,3,4).  
 uyon(249,501,3,7,2,5,5).  
 uyon(249,501,3,7,4,7,6).  
 uyon(249,501,3,7,6,9,7).  
 uyon(249,501,3,7,8,11,8).  
 uyon(249,501,3,7,10,13,9).  
 uyon(249,501,3,7,12,15,10).  
 uyon(249,501,3,7,14,17,11).  
 uyon(249,501,3,7,16,19,12).  
 uyon(249,501,0,4,0,3,2).  
 uyon(249,501,0,4,2,5,3).  
 uyon(249,501,0,4,4,7,4).  
 uyon(249,501,0,4,6,9,5).  
 uyon(249,501,0,4,8,11,6).  
 uyon(249,501,0,4,10,13,7).  
 uyon(249,501,0,4,12,15,8).



## Ek 6'nın devamı

uyon(249,501,0,4,14,17,9).  
 uyon(249,501,0,4,16,19,10).  
 tol(0,3,"H6","h5",0,-4e-3,6e-3,0).  
 tol(0,3,"H6","j6",4e-3,-2e-3,6e-3,0).  
 tol(0,3,"H6","k6",6e-3,0,6e-3,0).  
 tol(0,3,"H6","n5",8e-3,-4e-3,6e-3,0).  
 tol(0,3,"H6","p5",10e-3,6e-3,6e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","f7",-6e-3,-16e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","g6",-2e-3,-8e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","h6",0,6e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","j6",4e-3,-2e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","k6",6e-3,0,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","m6",8e-3,2e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","n6",10e-3,4e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","r6",16e-3,10e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H7","s6",20e-3,14e-3,10e-3,0).  
 tol(0,3,"H8","d9",-20e-3,-45e-3,14e-3,0).  
 tol(0,3,"H8","e8",-14e-3,-28e-3,14e-3,0).  
 tol(0,3,"H8","h9",0e-3,-25e-3,14e-3,0).  
 tol(0,3,"H8","x8",34e-3,20e-3,14e-3,0).  
 tol(0,3,"H11","a11",-270e-3,-330e-3,60e-3,0).  
 tol(0,3,"H11","c11",-60e-3,-120e-3,60e-3,0).  
 tol(0,3,"H11","d9",-20e-3,-60e-3,60e-3,0).  
 tol(0,3,"H11","h11",0,-60e-3,60e-3,0).  
 tol(0,3,"H11","h9",0,-25e-3,60e-3,0).  
 tol(3,6,"H6","h5",0,-5e-3,8e-3,0).  
 tol(3,6,"H6","j6",6e-3,-2e-3,8e-3,0).  
 tol(3,6,"H6","k6",9e-3,1e-3,8e-3,0).  
 tol(3,6,"H6","n5",16e-3,10e-3,8e-3,0).  
 tol(3,6,"H6","p5",21e-3,15e-3,8e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","f7",-10e-3,-22e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","g6",-4e-3,-12e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","h6",0e-3,-8e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","j6",6e-3,-2e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","k6",9e-3,1e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","m6",12e-3,4e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","n6",16e-3,8e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","r6",23e-3,15e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H7","s6",27e-3,19e-3,12e-3,0).  
 tol(3,6,"H8","d9",-30e-3,-60e-3,18e-3,0).  
 tol(3,6,"H8","e8",-20e-3,-38e-3,18e-3,0).  
 tol(3,6,"H8","h9",0,-30e-3,18e-3,0).  
 tol(3,6,"H8","x8",46e-3,28e-3,18e-3,0).  
 tol(3,6,"H11","a11",-270e-3,-345e-3,75e-3,0).  
 tol(3,6,"H11","c11",-70e-3,-145e-3,75e-3,0).  
 tol(3,6,"H11","d9",-30e-3,-60e-3,75e-3,0).  
 tol(3,6,"H11","h11",0,-75e-3,75e-3,0).  
 tol(3,6,"H11","h9",0,30e-3,75e-3,0).  
 tol(6,10,"H6","h5",0,-6e-3,9e-3,0).  
 tol(6,10,"H6","j6",7e-3,-2e-3,9e-3,0).  
 tol(6,10,"H6","k6",10e-3,1e-3,9e-3,0).  
 tol(6,10,"H6","n5",16e-3,10e-3,9e-3,0).  
 tol(6,10,"H6","p5",21e-3,15e-3,9e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","f7",-13e-3,-28e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","g6",-5e-3,-14e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","h6",0,-9e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","j6",7e-3,-2e-3,15e-3,0).

tol(6,10,"H7","k6",10e-3,1e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","m6",15e-3,6e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","n6",19e-3,10e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","r6",28e-3,19e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H7","s6",32e-3,23e-3,15e-3,0).  
 tol(6,10,"H8","d9",-40e-3,-76e-3,22e-3,0).  
 tol(6,10,"H8","e8",-25e-3,-47e-3,22e-3,0).  
 tol(6,10,"H8","h9",0e-3,-36e-3,22e-3,0).  
 tol(6,10,"H8","x8",56e-3,34e-3,22e-3,0).  
 tol(6,10,"H11","a11",-280e-3,-370e-3,90e-3,0).  
 tol(6,10,"H11","c11",-80e-3,-170e-3,90e-3,0).  
 tol(6,10,"H11","d9",-40e-3,-760e-3,90e-3,0).  
 tol(6,10,"H11","h11",0,-90e-3,90e-3,0).  
 tol(6,10,"H11","h9",0,-36e-3,90e-3,0).  
 tol(10,14,"H6","h5",0,-8e-3,11e-3,0).  
 tol(10,14,"H6","j6",8e-3,-3e-3,11e-3,0).  
 tol(10,14,"H6","k6",12e-3,1e-3,11e-3,0).  
 tol(10,14,"H6","n5",20e-3,12e-3,11e-3,0).  
 tol(10,14,"H6","p5",26e-3,18e-3,11e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","f7",-16e-3,-34e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","g6",-6e-3,-17e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","h6",0,-11e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","j6",8e-3,-3e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","k6",12e-3,1e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","m6",18e-3,7e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","n6",23e-3,12e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","r6",34e-3,23e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H7","s6",39e-3,28e-3,18e-3,0).  
 tol(10,14,"H8","d9",-50e-3,-93e-3,27e-3,0).  
 tol(10,14,"H8","e8",-32e-3,-59e-3,27e-3,0).  
 tol(10,14,"H8","h9",0e-3,-43e-3,27e-3,0).  
 tol(10,14,"H8","x8",67e-3,40e-3,27e-3,0).  
 tol(10,14,"H11","a11",-290e-3,-400e-3,110e-3,0).  
 tol(10,14,"H11","c11",-95e-3,-205e-3,110e-3,0).  
 tol(10,14,"H11","d9",-50e-3,-93e-3,110e-3,0).  
 tol(10,14,"H11","h11",0,-110e-3,110e-3,0).  
 tol(10,14,"H11","h9",0,-43e-3,110e-3,0).  
 tol(14,18,"H6","h5",0,-8e-3,11e-3,0).  
 tol(14,18,"H6","j6",8e-3,-3e-3,11e-3,0).  
 tol(14,18,"H6","k6",12e-3,1e-3,11e-3,0).  
 tol(14,18,"H6","n5",20e-3,12e-3,11e-3,0).  
 tol(14,18,"H6","p5",26e-3,18e-3,11e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","f7",-16e-3,-34e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","g6",-6e-3,-17e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","h6",0,-11e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","j6",8e-3,-3e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","k6",12e-3,1e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","m6",18e-3,7e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","n6",23e-3,12e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","r6",34e-3,23e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H7","s6",39e-3,28e-3,18e-3,0).  
 tol(14,18,"H8","d9",-50e-3,-93e-3,27e-3,0).  
 tol(14,18,"H8","e8",-32e-3,-59e-3,27e-3,0).  
 tol(14,18,"H8","h9",0e-3,-43e-3,27e-3,0).  
 tol(14,18,"H8","x8",72e-3,45e-3,27e-3,0).  
 tol(14,18,"H11","a11",-290e-3,-400e-3,110e-3,0).  
 tol(14,18,"H11","c11",-95e-3,-205e-3,110e-3,0).

## Ek 6'nın devamı

- tol(14,18,"H11","d9",-50e-3,-93e-3,110e-3,0).  
 tol(14,18,"H11","h11",0,-110e-3,110e-3,0).  
 tol(14,18,"H11","h9",0,-43e-3,110e-3,0).  
 tol(18,24,"H6","h5",0,-9e-3,13e-3,0).  
 tol(18,24,"H6","j6",9e-3,-4e-3,13e-3,0).  
 tol(18,24,"H6","k6",15e-3,2e-3,13e-3,0).  
 tol(18,24,"H6","n5",24e-3,15e-3,13e-3,0).  
 tol(18,24,"H6","p5",31e-3,22e-3,13e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","f7",-20e-3,-41e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","g6",-7e-3,-20e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","h6",0,-13e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","j6",9e-3,-4e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","k6",15e-3,2e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","m6",21e-3,8e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","n6",28e-3,15e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","r6",41e-3,28e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H7","s6",48e-3,35e-3,21e-3,0).  
 tol(18,24,"H8","d9",-65e-3,-117e-3,33e-3,0).  
 tol(18,24,"H8","e8",-40e-3,-73e-3,33e-3,0).  
 tol(18,24,"H8","h9",0e-3,-52e-3,33e-3,0).  
 tol(18,24,"H8","x8",87e-3,54e-3,33e-3,0).  
 tol(18,24,"H11","a11",-300e-3,-430e-3,130e-3,0).  
 tol(18,24,"H11","c11",-110e-3,-240e-3,130e-3,0).  
 tol(18,24,"H11","d9",-65e-3,-117e-3,130e-3,0).  
 tol(18,24,"H11","h11",0,-130e-3,130e-3,0).  
 tol(18,24,"H11","h9",0,-52e-3,130e-3,0).  
 tol(24,30,"H6","h5",0,-9e-3,13e-3,0).  
 tol(24,30,"H6","j6",9e-3,-4e-3,13e-3,0).  
 tol(24,30,"H6","k6",15e-3,2e-3,13e-3,0).  
 tol(24,30,"H6","n5",24e-3,15e-3,13e-3,0).  
 tol(24,30,"H6","p5",31e-3,22e-3,13e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","f7",-20e-3,-41e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","g6",-7e-3,-20e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","h6",0,-13e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","j6",9e-3,-4e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","k6",15e-3,2e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","m6",21e-3,8e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","n6",28e-3,15e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","r6",41e-3,28e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H7","s6",48e-3,35e-3,21e-3,0).  
 tol(24,30,"H8","d9",-65e-3,-117e-3,33e-3,0).  
 tol(24,30,"H8","e8",-40e-3,-73e-3,33e-3,0).  
 tol(24,30,"H8","h9",0e-3,-52e-3,33e-3,0).  
 tol(24,30,"H8","u8",81e-3,48e-3,33e-3,0).  
 tol(24,30,"H8","x8",97e-3,64e-3,33e-3,0).  
 tol(24,30,"H11","a11",-300e-3,-430e-3,130e-3,0).  
 tol(24,30,"H11","c11",-110e-3,-240e-3,130e-3,0).  
 tol(24,30,"H11","d9",-65e-3,-117e-3,130e-3,0).  
 tol(24,30,"H11","h11",0,-130e-3,130e-3,0).  
 tol(24,30,"H11","h9",0,-52e-3,130e-3,0).  
 tol(30,40,"H6","h5",0,-11e-3,16e-3,0).  
 tol(30,40,"H6","j6",11e-3,-5e-3,16e-3,0).  
 tol(30,40,"H6","k6",18e-3,2e-3,16e-3,0).  
 tol(30,40,"H6","n5",28e-3,17e-3,16e-3,0).  
 tol(30,40,"H6","p5",37e-3,26e-3,16e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","f7",-25e-3,-50e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","g6",-9e-3,-25e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","h6",0,-16e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","j6",11e-3,-5e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","k6",18e-3,2e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","m6",25e-3,9e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","n6",23e-3,17e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","r6",50e-3,34e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H7","s6",59e-3,43e-3,25e-3,0).  
 tol(30,40,"H8","d9",-80e-3,-142e-3,39e-3,0).  
 tol(30,40,"H8","e8",-50e-3,-89e-3,39e-3,0).  
 tol(30,40,"H8","h9",0e-3,-62e-3,39e-3,0).  
 tol(30,40,"H8","u8",99e-3,60e-3,39e-3,0).  
 tol(30,40,"H8","x8",119e-3,80e-3,39e-3,0).  
 tol(30,40,"H11","a11",-310e-3,-470e-3,160e-3,0).  
 tol(30,40,"H11","c11",-120e-3,-280e-3,160e-3,0).  
 tol(30,40,"H11","d9",-80e-3,-142e-3,160e-3,0).  
 tol(30,40,"H11","h11",0,-160e-3,160e-3,0).  
 tol(30,40,"H11","h9",0,-62e-3,160e-3,0).  
 tol(40,50,"H6","h5",0,-11e-3,16e-3,0).  
 tol(40,50,"H6","j6",11e-3,-5e-3,16e-3,0).  
 tol(40,50,"H6","k6",18e-3,2e-3,16e-3,0).  
 tol(40,50,"H6","n5",28e-3,17e-3,16e-3,0).  
 tol(40,50,"H6","p5",37e-3,26e-3,16e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","f7",-25e-3,-50e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","g6",-9e-3,-25e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","h6",0,-16e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","j6",11e-3,-5e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","k6",18e-3,2e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","m6",25e-3,9e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","n6",23e-3,17e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","r6",50e-3,34e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H7","s6",59e-3,43e-3,25e-3,0).  
 tol(40,50,"H8","d9",-80e-3,-142e-3,39e-3,0).  
 tol(40,50,"H8","e8",-50e-3,-89e-3,39e-3,0).  
 tol(40,50,"H8","h9",0e-3,-62e-3,39e-3,0).  
 tol(40,50,"H8","u8",109e-3,70e-3,39e-3,0).  
 tol(40,50,"H8","x8",136e-3,97e-3,39e-3,0).  
 tol(40,50,"H11","a11",-320e-3,-480e-3,160e-3,0).  
 tol(40,50,"H11","c11",-130e-3,-290e-3,160e-3,0).  
 tol(40,50,"H11","d9",-80e-3,-142e-3,160e-3,0).  
 tol(40,50,"H11","h11",0,-160e-3,160e-3,0).  
 tol(40,50,"H11","h9",0,-62e-3,160e-3,0).  
 tol(50,65,"H6","h5",0,-13e-3,19e-3,0).  
 tol(50,65,"H6","j6",12e-3,-7e-3,19e-3,0).  
 tol(50,65,"H6","k6",21e-3,2e-3,19e-3,0).  
 tol(50,65,"H6","n5",33e-3,20e-3,19e-3,0).  
 tol(50,65,"H6","p5",45e-3,32e-3,19e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","f7",-30e-3,-60e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","g6",-10e-3,-29e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","h6",0,-19e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","j6",12e-3,-7e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","k6",21e-3,2e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","m6",30e-3,11e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","n6",39e-3,20e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","r6",60e-3,41e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H7","s6",72e-3,53e-3,30e-3,0).  
 tol(50,65,"H8","d9",-100e-3,-174e-3,46e-3,0).  
 tol(50,65,"H8","e8",-60e-3,-106e-3,46e-3,0).

## Ek 6'nın devamı

tol(50,65,"H8","h9",0e-3,-74e-3,46e-3,0).  
 tol(50,65,"H8","u8",133e-3,87e-3,46e-3,0).  
 tol(50,65,"H8","x8",168e-3,122e-3,46e-3,0).  
 tol(50,65,"H11","a11",-340e-3,-530e-3,190e-3,0).  
 tol(50,65,"H11","c11",-140e-3,-330e-3,190e-3,0).  
 tol(50,65,"H11","d9",-100e-3,-174e-3,190e-3,0).  
 tol(50,65,"H11","h11",0,-190e-3,190e-3,0).  
 tol(50,65,"H11","h9",0,-74e-3,190e-3,0).  
 tol(65,80,"H6","h5",0,-13e-3,19e-3,0).  
 tol(65,80,"H6","j6",12e-3,-7e-3,19e-3,0).  
 tol(65,80,"H6","k6",21e-3,2e-3,19e-3,0).  
 tol(65,80,"H6","n5",33e-3,20e-3,19e-3,0).  
 tol(65,80,"H6","p5",45e-3,32e-3,19e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","f7",-30e-3,-60e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","g6",-10e-3,-29e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","h6",0,-19e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","j6",12e-3,-7e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","k6",21e-3,2e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","m6",30e-3,11e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","n6",39e-3,20e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","r6",62e-3,43e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H7","s6",78e-3,59e-3,30e-3,0).  
 tol(65,80,"H8","d9",-100e-3,-174e-3,46e-3,0).  
 tol(65,80,"H8","e8",-60e-3,-106e-3,46e-3,0).  
 tol(65,80,"H8","h9",0e-3,-74e-3,46e-3,0).  
 tol(65,80,"H8","u8",148e-3,102e-3,46e-3,0).  
 tol(65,80,"H8","x8",192e-3,146e-3,46e-3,0).  
 tol(65,80,"H11","a11",-360e-3,-550e-3,190e-3,0).  
 tol(65,80,"H11","c11",-150e-3,-340e-3,190e-3,0).  
 tol(65,80,"H11","d9",-100e-3,-174e-3,190e-3,0).  
 tol(65,80,"H11","h11",0,-190e-3,190e-3,0).  
 tol(65,80,"H11","h9",0,-74e-3,190e-3,0).  
 tol(80,100,"H6","h5",0,-15e-3,22e-3,0).  
 tol(80,100,"H6","j6",13e-3,-9e-3,22e-3,0).  
 tol(80,100,"H6","k6",25e-3,3e-3,22e-3,0).  
 tol(80,100,"H6","n5",38e-3,23e-3,22e-3,0).  
 tol(80,100,"H6","p5",52e-3,37e-3,22e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","f7",-36e-3,-71e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","g6",-12e-3,-34e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","h6",0,-22e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","j6",13e-3,-9e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","k6",25e-3,3e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","m6",35e-3,13e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","n6",45e-3,23e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","r6",73e-3,51e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H7","s6",93e-3,71e-3,35e-3,0).  
 tol(80,100,"H8","d9",-120e-3,-207e-3,54e-3,0).  
 tol(80,100,"H8","e8",-72e-3,-126e-3,54e-3,0).  
 tol(80,100,"H8","h9",0e-3,-87e-3,54e-3,0).  
 tol(80,100,"H8","u8",178e-3,124e-3,54e-3,0).  
 tol(80,100,"H8","x8",232e-3,178e-3,54e-3,0).  
 tol(80,100,"H11","a11",-380e-3,-600e-3,220e-3,0).  
 tol(80,100,"H11","c11",-170e-3,-390e-3,220e-3,0).  
 tol(80,100,"H11","d9",-120e-3,-207e-3,220e-3,0).  
 tol(80,100,"H11","h11",0,-220e-3,220e-3,0).  
 tol(80,100,"H11","h9",0,-87e-3,220e-3,0).  
 tol(100,120,"H6","h5",0,-15e-3,22e-3,0).  
 tol(100,120,"H6","j6",13e-3,-9e-3,22e-3,0).  
 tol(100,120,"H6","k6",25e-3,3e-3,22e-3,0).  
 tol(100,120,"H6","n5",38e-3,23e-3,22e-3,0).  
 tol(100,120,"H6","p5",52e-3,37e-3,22e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","f7",-36e-3,-71e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","g6",-12e-3,-34e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","h6",0,-22e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","j6",13e-3,-9e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","k6",25e-3,3e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","m6",35e-3,13e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","n6",45e-3,23e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","r6",76e-3,54e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H7","s6",101e-3,79e-3,35e-3,0).  
 tol(100,120,"H8","d9",-120e-3,-207e-3,54e-3,0).  
 tol(100,120,"H8","e8",-72e-3,-126e-3,54e-3,0).  
 tol(100,120,"H8","h9",0e-3,-87e-3,54e-3,0).  
 tol(100,120,"H8","u8",198e-3,144e-3,54e-3,0).  
 tol(100,120,"H8","x8",264e-3,210e-3,54e-3,0).  
 tol(100,120,"H11","a11",-410e-3,-630e-3,220e-3,0).  
 tol(100,120,"H11","c11",-180e-3,-400e-3,220e-3,0).  
 tol(100,120,"H11","d9",-120e-3,-207e-3,220e-3,0).  
 tol(100,120,"H11","h11",0,-220e-3,220e-3,0).  
 tol(100,120,"H11","h9",0,-87e-3,220e-3,0).  
 tol(120,140,"H6","h5",0,-18e-3,25e-3,0).  
 tol(120,140,"H6","j6",14e-3,-11e-3,25e-3,0).  
 tol(120,140,"H6","k6",28e-3,3e-3,25e-3,0).  
 tol(120,140,"H6","n5",45e-3,27e-3,25e-3,0).  
 tol(120,140,"H6","p5",61e-3,43e-3,25e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","f7",-43e-3,-83e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","g6",-14e-3,-39e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","h6",0,-25e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","j6",14e-3,-11e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","k6",28e-3,3e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","m6",40e-3,15e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","n6",52e-3,27e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","r6",88e-3,63e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H7","s6",117e-3,92e-3,40e-3,0).  
 tol(120,140,"H8","d9",-145e-3,-245e-3,63e-3,0).  
 tol(120,140,"H8","e8",-85e-3,-148e-3,63e-3,0).  
 tol(120,140,"H8","h9",0e-3,-100e-3,63e-3,0).  
 tol(120,140,"H8","u8",233e-3,170e-3,63e-3,0).  
 tol(120,140,"H8","x8",311e-3,248e-3,63e-3,0).  
 tol(120,140,"H11","a11",-460e-3,-710e-3,250e-3,0).  
 tol(120,140,"H11","c11",-200e-3,-450e-3,250e-3,0).  
 tol(120,140,"H11","d9",-145e-3,-245e-3,250e-3,0).  
 tol(120,140,"H11","h11",0,-250e-3,250e-3,0).  
 tol(120,140,"H11","h9",0,-100e-3,250e-3,0).  
 tol(140,160,"H6","h5",0,-18e-3,25e-3,0).  
 tol(140,160,"H6","j6",14e-3,-11e-3,25e-3,0).





## Ek 6'nın devamı

tol(225,250,"H7","j6",16e-3,-13e-3,46e-3,0).  
 tol(225,250,"H7","k6",33e-3,4e-3,46e-3,0).  
 tol(225,250,"H7","m6",46e-3,17e-3,46e-3,0).  
 tol(225,250,"H7","n6",60e-3,31e-3,46e-3,0).  
 tol(225,250,"H7","r6",113e-3,84e-3,46e-3,0).  
 tol(225,250,"H7","s6",169e-3,140e-3,46e-3,0).  
 tol(225,250,"H8","d9",-170e-3,-285e-3,72e-3,0).  
 tol(225,250,"H8","e8",-100e-3,-172e-3,72e-3,0).  
 tol(225,250,"H8","h9",0e-3,-115e-3,72e-3,0).  
 tol(225,250,"H8","u8",356e-3,284e-3,72e-3,0).  
 tol(225,250,"H8","x8",497e-3,425e-3,72e-3,0).  
 tol(225,250,"H11","a11",-820e-3,-1110e-3,290e-3,0).  
 tol(225,250,"H11","c11",-280e-3,-570e-3,290e-3,0).  
 tol(225,250,"H11","d9",-170e-3,-285e-3,290e-3,0).  
 tol(225,250,"H11","h11",0,-290e-3,290e-3,0).  
 tol(225,250,"H11","h9",0,-110e-3,290e-3,0).  
 tol(250,280,"H6","h5",0,-23e-3,32e-3,0).  
 tol(250,280,"H6","j6",16e-3,-16e-3,32e-3,0).  
 tol(250,280,"H6","k6",36e-3,4e-3,32e-3,0).  
 tol(250,280,"H6","n5",57e-3,34e-3,32e-3,0).  
 tol(250,280,"H6","p5",79e-3,56e-3,32e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","f7",-56e-3,-108e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","g6",-17e-3,-49e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","h6",0,-32e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","j6",16e-3,-16e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","k6",36e-3,4e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","m6",52e-3,20e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","n6",66e-3,34e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","r6",126e-3,94e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H7","s6",190e-3,158e-3,52e-3,0).  
 tol(250,280,"H8","d9",-190e-3,-320e-3,81e-3,0).  
 tol(250,280,"H8","e8",-110e-3,-191e-3,81e-3,0).  
 tol(250,280,"H8","h9",0e-3,-130e-3,81e-3,0).  
 tol(250,280,"H8","u8",396e-3,315e-3,81e-3,0).  
 tol(250,280,"H8","x8",556e-3,475e-3,81e-3,0).  
 tol(250,280,"H11","a11",-920e-3,-1240e-3,320e-3,0).  
 tol(250,280,"H11","c11",-300e-3,-620e-3,320e-3,0).  
 tol(250,280,"H11","d9",-190e-3,-320e-3,320e-3,0).  
 tol(250,280,"H11","h11",0,-320e-3,320e-3,0).  
 tol(250,280,"H11","h9",0,-130e-3,320e-3,0).  
 tol(280,315,"H6","h5",0,-23e-3,32e-3,0).  
 tol(280,315,"H6","j6",16e-3,-16e-3,32e-3,0).  
 tol(280,315,"H6","k6",36e-3,4e-3,32e-3,0).  
 tol(280,315,"H6","n5",57e-3,34e-3,32e-3,0).  
 tol(280,315,"H6","p5",79e-3,56e-3,32e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","f7",-56e-3,-108e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","g6",-17e-3,-49e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","h6",0,-32e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","j6",16e-3,-16e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","k6",36e-3,4e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","m6",52e-3,20e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","n6",66e-3,34e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","r6",126e-3,94e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H7","s6",190e-3,158e-3,52e-3,0).  
 tol(280,315,"H8","d9",-190e-3,-320e-3,81e-3,0).  
 tol(280,315,"H8","e8",-110e-3,-191e-3,81e-3,0).  
 tol(280,315,"H8","h9",0e-3,-130e-3,81e-3,0).  
 tol(280,315,"H8","u8",396e-3,315e-3,81e-3,0).  
 tol(280,315,"H8","x8",556e-3,475e-3,81e-3,0).  
 tol(280,315,"H11","a11",-920e-3,-1240e-3,320e-3,0).  
 tol(280,315,"H11","c11",-300e-3,-620e-3,320e-3,0).  
 tol(280,315,"H11","d9",-190e-3,-320e-3,320e-3,0).  
 tol(280,315,"H11","h11",0,-320e-3,320e-3,0).  
 tol(280,315,"H11","h9",0,-130e-3,320e-3,0).  
 tol(315,355,"H6","h5",0,-25e-3,36e-3,0).  
 tol(315,355,"H6","j6",18e-3,-18e-3,36e-3,0).  
 tol(315,355,"H6","k6",40e-3,4e-3,36e-3,0).  
 tol(315,355,"H6","n5",62e-3,37e-3,36e-3,0).  
 tol(315,355,"H6","p5",87e-3,62e-3,36e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","f7",-62e-3,-119e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","g6",-18e-3,-54e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","h6",0,-36e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","j6",18e-3,-18e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","k6",40e-3,4e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","m6",57e-3,21e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","n6",73e-3,37e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","r6",144e-3,108e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H7","s6",226e-3,190e-3,57e-3,0).  
 tol(315,355,"H8","d9",-210e-3,-350e-3,89e-3,0).  
 tol(315,355,"H8","e8",-125e-3,-214e-3,89e-3,0).  
 tol(315,355,"H8","h9",0e-3,-140e-3,89e-3,0).  
 tol(315,355,"H8","u8",479e-3,390e-3,89e-3,0).  
 tol(315,355,"H8","x8",679e-3,590e-3,89e-3,0).  
 tol(315,355,"H11","a11",-1200e-3,-1560e-3,360e-3,0).  
 tol(315,355,"H11","c11",-360e-3,-720e-3,360e-3,0).  
 tol(315,355,"H11","d9",-210e-3,-350e-3,360e-3,0).  
 tol(315,355,"H11","h11",0,-360e-3,360e-3,0).  
 tol(315,355,"H11","h9",0,-140e-3,360e-3,0).  
 tol(355,400,"H6","h5",0,-25e-3,36e-3,0).  
 tol(355,400,"H6","j6",18e-3,-18e-3,36e-3,0).  
 tol(355,400,"H6","k6",40e-3,4e-3,36e-3,0).  
 tol(355,400,"H6","n5",62e-3,37e-3,36e-3,0).  
 tol(355,400,"H6","p5",87e-3,62e-3,36e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","f7",-62e-3,-119e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","g6",-18e-3,-54e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","h6",0,-36e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","j6",18e-3,-18e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","k6",40e-3,4e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","m6",57e-3,21e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","n6",73e-3,37e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","r6",150e-3,114e-3,57e-3,0).  
 tol(355,400,"H7","s6",244e-3,208e-3,57e-3,0).



## Ek 6'nın devamı

tol(355,400,"H8","d9",-210e-3,-350e-3,89e-3,0).  
 tol(355,400,"H8","e8",-125e-3,-214e-3,89e-3,0).  
 tol(355,400,"H8","h9",0e-3,-140e-3,89e-3,0).  
 tol(355,400,"H8","u8",524e-3,435e-3,89e-3,0).  
 tol(355,400,"H11","a11",-1350e-3,-1710e-3,360e-3,0).  
 tol(355,400,"H11","c11",-400e-3,-760e-3,360e-3,0).  
 tol(355,400,"H11","d9",-210e-3,-350e-3,360e-3,0).  
 tol(355,400,"H11","h11",0,-360e-3,360e-3,0).  
 tol(355,400,"H11","h9",0,-140e-3,360e-3,0).  
 tol(400,450,"H6","h5",0,-27e-3,40e-3,0).  
 tol(400,450,"H6","j6",20e-3,-20e-3,40e-3,0).  
 tol(400,450,"H6","k6",45e-3,5e-3,40e-3,0).  
 tol(400,450,"H6","n5",67e-3,40e-3,40e-3,0).  
 tol(400,450,"H6","p5",95e-3,67e-3,40e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","f7",-68e-3,-131e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","g6",-20e-3,-60e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","h6",0,-40e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","j6",20e-3,-20e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","k6",45e-3,5e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","m6",63e-3,23e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","n6",80e-3,40e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","r6",166e-3,126e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H7","s6",272e-3,232e-3,63e-3,0).  
 tol(400,450,"H8","d9",-230e-3,-385e-3,97e-3,0).  
 tol(400,450,"H8","e8",-135e-3,-232e-3,97e-3,0).  
 tol(400,450,"H8","h9",0e-3,-155e-3,97e-3,0).  
 tol(400,450,"H8","u8",587e-3,490e-3,97e-3,0).  
 tol(400,450,"H11","a11",-1500e-3,-1900e-3,400e-3,0).  
 tol(400,450,"H11","c11",-440e-3,-840e-3,400e-3,0).  
 tol(400,450,"H11","d9",-230e-3,-385e-3,400e-3,0).  
 tol(400,450,"H11","h11",0,-400e-3,400e-3,0).  
 tol(400,450,"H11","h9",0,-155e-3,400e-3,0).  
 tol(450,500,"H6","h5",0,-25e-3,40e-3,0).  
 tol(450,500,"H6","j6",18e-3,-18e-3,40e-3,0).  
 tol(450,500,"H6","k6",40e-3,4e-3,40e-3,0).  
 tol(450,500,"H6","n5",62e-3,37e-3,40e-3,0).  
 tol(450,500,"H6","p5",87e-3,62e-3,40e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","f7",-62e-3,-119e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","g6",-18e-3,-54e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","h6",0,-36e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","j6",18e-3,-18e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","k6",40e-3,4e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","m6",57e-3,21e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","n6",73e-3,37e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","r6",171e-3,132e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H7","s6",292e-3,252e-3,63e-3,0).  
 tol(450,500,"H8","d9",-230e-3,-385e-3,97e-3,0).  
 tol(450,500,"H8","e8",-135e-3,-232e-3,97e-3,0).  
 tol(450,500,"H8","h9",0e-3,-155e-3,97e-3,0).  
 tol(450,500,"H8","u8",587e-3,490e-3,97e-3,0).

tol(450,500,"H11","a11",-1500e-3,-1900e-3,400e-3,0).  
 tol(450,500,"H11","c11",-440e-3,-840e-3,400e-3,0).  
 tol(450,500,"H11","d9",-230e-3,-385e-3,400e-3,0).  
 tol(450,500,"H11","h11",0,-400e-3,400e-3,0).  
 tol(450,500,"H11","h9",0,-155e-3,400e-3,0).  
 toll(3,6,"h6","R7",-11e-3,-23e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h6","S7",-15e-3,-27e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h9","C11",145e-3,70e-3,0,-30e-3).  
 toll(3,6,"h9","D10",78e-3,30e-3,0,-30e-3).  
 toll(3,6,"h9","E9",50e-3,20e-3,0,-30e-3).  
 toll(3,6,"h9","F8",28e-3,10e-3,0,-30e-3).  
 toll(3,6,"h9","H11",75e-3,0,0,-30e-3).  
 toll(3,6,"h9","H8",18e-3,0,0,-30e-3).  
 toll(3,6,"h9","P9",-12e-3,-42e-3,0,-30e-3).  
 toll(3,6,"h11","A11",345e-3,270e-3,0,-75e-3).  
 toll(3,6,"h11","C11",145e-3,70e-3,0,-75e-3).  
 toll(3,6,"h11","D11",105e-3,30e-3,0,-75e-3).  
 toll(3,6,"h11","H11",75e-3,0,0,-75e-3).  
 toll(6,10,"h5","H6",9e-3,0,0,-6e-3).  
 toll(6,10,"h5","J6",5e-3,-4e-3,0,-6e-3).  
 toll(6,10,"h5","M6",-3e-3,-12e-3,0,-6e-3).  
 toll(6,10,"h5","N6",-7e-3,-16e-3,0,-6e-3).  
 toll(6,10,"h5","P6",-12e-3,-21e-3,0,-6e-3).  
 toll(6,10,"h6","F7",28e-3,13e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","G7",20e-3,5e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","H7",15e-3,0e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","J7",8e-3,-7e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","K7",5e-3,-10e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","M7",0,-15e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","N7",-4e-3,-19e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","R7",-13e-3,-28e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h6","S7",-17e-3,-32e-3,0,-9e-3).  
 toll(6,10,"h9","C11",170e-3,80e-3,0,-36e-3).  
 toll(6,10,"h9","D10",98e-3,40e-3,0,-36e-3).  
 toll(6,10,"h9","E9",61e-3,25e-3,0,-36e-3).  
 toll(6,10,"h9","F8",35e-3,13e-3,0,-36e-3).  
 toll(6,10,"h9","H11",90e-3,0,0,-36e-3).  
 toll(6,10,"h9","H8",22e-3,0,0,-36e-3).  
 toll(6,10,"h9","P9",-15e-3,-51e-3,0,-36e-3).  
 toll(6,10,"h11","A11",370e-3,280e-3,0,-90e-3).  
 toll(6,10,"h11","C11",170e-3,80e-3,0,-90e-3).  
 toll(6,10,"h11","D11",130e-3,40e-3,0,-90e-3).  
 toll(6,10,"h11","H11",90e-3,0,0,-90e-3).  
 toll(10,18,"h5","H6",11e-3,0,0,-8e-3).  
 toll(10,18,"h5","J6",6e-3,-5e-3,0,-8e-3).  
 toll(10,18,"h5","M6",-4e-3,-15e-3,0,-8e-3).  
 toll(10,18,"h5","N6",-9e-3,-20e-3,0,-8e-3).  
 toll(10,18,"h5","P6",-15e-3,-26e-3,0,-8e-3).  
 toll(10,18,"h6","F7",34e-3,16e-3,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h6","G7",24e-3,6e-3,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h6","H7",18e-3,0,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h6","J7",10e-3,-8e-3,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h6","K7",6e-3,-12e-3,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h6","M7",0,-18e-3,0,-11e-3).

## Ek 6'nın devamı

toll(10,18,"h6","N7",-5e-3,-23e-3,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h6","R7",-16e-3,-34e-3,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h6","S7",-21e-3,-39e-3,0,-11e-3).  
 toll(10,18,"h9","C11",205e-3,95e-3,0,-43e-3).  
 toll(10,18,"h9","D10",120e-3,50e-3,0,-43e-3).  
 toll(10,18,"h9","E9",75e-3,32e-3,0,-43e-3).  
 toll(10,18,"h9","F8",43e-3,16e-3,0,-43e-3).  
 toll(10,18,"h9","H11",110e-3,0,0,-43e-3).  
 toll(10,18,"h9","H8",27e-3,0,0,-43e-3).  
 toll(10,18,"h9","P9",-18e-3,-61e-3,0,-43e-3).

toll(1,3,"h5","H6",6e-3,0,0,-4e-3).  
 toll(1,3,"h5","J6",2e-3,-4e-3,0,-4e-3).

toll(1,3,"h9","D10",60e-3,20e-3,0,-25e-3).  
 toll(1,3,"h9","E9",39e-3,14e-3,0,-25e-3).  
 toll(1,3,"h9","F8",20e-3,6e-3,0,-25e-3).  
 toll(1,3,"h9","H11",60e-3,0,0,-25e-3).  
 toll(1,3,"h9","H8",14e-3,0,0,-25e-3).  
 toll(1,3,"h9","P9",-6e-3,-31e-3,0,-25e-3).  
 toll(1,3,"h11","A11",330e-3,270e-3,0,-60e-3).  
 toll(1,3,"h11","C11",120e-3,60e-3,0,-60e-3).  
 toll(1,3,"h11","D11",80e-3,20e-3,0,-60e-3).  
 toll(1,3,"h11","H11",60e-3,0,0,-60e-3).  
 toll(3,6,"h5","H6",8e-3,0,0,-5e-3).  
 toll(3,6,"h5","J6",5e-3,-3e-3,0,-5e-3).  
 toll(3,6,"h5","M6",-1e-3,-9e-3,0,-5e-3).  
 toll(3,6,"h5","N6",-5e-3,-13e-3,0,-5e-3).  
 toll(3,6,"h5","P6",-9e-3,-17e-3,0,-5e-3).  
 toll(3,6,"h6","F7",22e-3,10e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h6","G7",16e-3,4e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h6","H7",12e-3,0e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h6","J7",6e-3,-8e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h6","K7",3e-3,-9e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h6","M7",0,-12e-3,0,-8e-3).  
 toll(3,6,"h6","N7",-4e-3,-16e-3,0,-8e-3).  
 toll(10,18,"h11","A11",400e-3,290e-3,0,-110e-3).  
 toll(10,18,"h11","C11",205e-3,95e-3,0,-110e-3).  
 toll(10,18,"h11","D11",160e-3,50e-3,0,-110e-3).  
 toll(10,18,"h11","H11",110e-3,0,0,-110e-3).  
 toll(18,30,"h5","H6",13e-3,0,0,-9e-3).  
 toll(18,30,"h5","J6",8e-3,-5e-3,0,-9e-3).  
 toll(18,30,"h5","M6",-4e-3,-17e-3,0,-9e-3).  
 toll(18,30,"h5","N6",-11e-3,-24e-3,0,-9e-3).  
 toll(18,30,"h5","P6",-18e-3,-31e-3,0,-9e-3).  
 toll(18,30,"h6","F7",41e-3,20e-3,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","G7",28e-3,7e-3,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","H7",21e-3,0,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","J7",12e-3,-9e-3,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","K7",6e-3,-15e-3,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","M7",0,-21e-3,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","N7",-7e-3,-28e-3,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","R7",-20e-3,-41e-3,0,-13e-3).  
 toll(18,30,"h6","S7",-27e-3,-48e-3,0,-13e-3).

toll(1,3,"h6","H7",10e-3,0e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h6","J7",4e-3,-6e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h6","K7",0,-10e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h6","M7",-2e-3,-12e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h6","N7",-4e-3,-14e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h6","R7",-10e-3,-20e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h6","S7",-14e-3,-24e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h9","C11",120e-3,60e-3,0,-25e-3).

toll(1,3,"h5","M6",-2e-3,-8e-3,0,-4e-3).  
 toll(1,3,"h5","N6",-4e-3,-10e-3,0,-4e-3).  
 toll(1,3,"h5","P6",-6e-3,-12e-3,0,-4e-3).  
 toll(1,3,"h6","F7",16e-3,6e-3,0,-6e-3).  
 toll(1,3,"h6","G7",12e-3,2e-3,0,-6e-3).

toll(18,30,"h9","C11",240e-3,110e-3,0,-52e-3).  
 toll(18,30,"h9","D10",149e-3,65e-3,0,-52e-3).  
 toll(18,30,"h9","E9",92e-3,40e-3,0,-52e-3).  
 toll(18,30,"h9","F8",53e-3,20e-3,0,-52e-3).  
 toll(18,30,"h9","H11",130e-3,0,0,-52e-3).  
 toll(18,30,"h9","H8",33e-3,0,0,-52e-3).  
 toll(18,30,"h9","P9",-12e-3,-74e-3,0,-52e-3).  
 toll(18,30,"h11","A11",430e-3,300e-3,0,-130e-3).  
 toll(18,30,"h11","C11",240e-3,110e-3,0,-130e-3).  
 toll(18,30,"h11","D11",195e-3,65e-3,0,-130e-3).  
 toll(18,30,"h11","H11",130e-3,0,0,-130e-3).  
 toll(30,40,"h5","H6",16e-3,0,0,-11e-3).  
 toll(30,40,"h5","J6",10e-3,-6e-3,0,-11e-3).  
 toll(30,40,"h5","M6",-4e-3,-20e-3,0,-11e-3).  
 toll(30,40,"h5","N6",-12e-3,-28e-3,0,-11e-3).  
 toll(30,40,"h5","P6",-21e-3,-37e-3,0,-11e-3).  
 toll(30,40,"h6","F7",50e-3,25e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","G7",34e-3,9e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","H7",25e-3,0,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","J7",14e-3,-11e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","K7",7e-3,-18e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","M7",0,-25e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","N7",-8e-3,-33e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","R7",-25e-3,-50e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h6","S7",-34e-3,-59e-3,0,-16e-3).  
 toll(30,40,"h9","C11",280e-3,120e-3,0,-62e-3).  
 toll(30,40,"h9","D10",180e-3,80e-3,0,-62e-3).  
 toll(30,40,"h9","E9",112e-3,50e-3,0,-62e-3).  
 toll(30,40,"h9","F8",64e-3,25e-3,0,-62e-3).  
 toll(30,40,"h9","H11",160e-3,0,0,-62e-3).  
 toll(30,40,"h9","H8",39e-3,0,0,-62e-3).  
 toll(30,40,"h9","P9",-26e-3,-88e-3,0,-62e-3).  
 toll(30,40,"h11","A11",470e-3,310e-3,0,-160e-3).  
 toll(30,40,"h11","C11",280e-3,120e-3,0,-160e-3).  
 toll(30,40,"h11","D11",240e-3,80e-3,0,-160e-3).  
 toll(30,40,"h11","H11",160e-3,0,0,-160e-3).  
 toll(40,50,"h5","H6",16e-3,0,0,-11e-3).  
 toll(40,50,"h5","J6",10e-3,-6e-3,0,-11e-3).  
 toll(40,50,"h5","M6",-4e-3,-20e-3,0,-11e-3).  
 toll(40,50,"h5","N6",-12e-3,-28e-3,0,-11e-3).  
 toll(40,50,"h5","P6",-21e-3,-37e-3,0,-11e-3).  
 toll(40,50,"h6","F7",50e-3,25e-3,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h6","G7",34e-3,9e-3,0,-16e-3).

## Ek 6'nın devamı

- toll(40,50,"h6","H7",25e-3,0,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h6","J7",14e-3,-11e-3,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h6","K7",7e-3,-18e-3,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h6","M7",0,-25e-3,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h6","N7",-8e-3,-33e-3,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h6","R7",-25e-3,-50e-3,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h6","S7",-34e-3,-59e-3,0,-16e-3).  
 toll(40,50,"h9","C11",290e-3,120e-3,0,-62e-3).  
 toll(40,50,"h9","D10",180e-3,80e-3,0,-62e-3).  
 toll(40,50,"h9","E9",112e-3,50e-3,0,-62e-3).  
 toll(40,50,"h9","F8",64e-3,25e-3,0,-62e-3).  
 toll(40,50,"h9","H11",160e-3,0,0,-62e-3).  
 toll(40,50,"h9","H8",39e-3,0,0,-62e-3).  
 toll(40,50,"h9","P9",-26e-3,-88e-3,0,-62e-3).  
 toll(40,50,"h11","A11",480e-3,320e-3,0,-160e-3).  
 toll(40,50,"h11","C11",290e-3,130e-3,0,-160e-3).  
 toll(40,50,"h11","D11",240e-3,80e-3,0,-160e-3).  
 toll(40,50,"h11","H11",160e-3,0,0,-160e-3).  
 toll(50,65,"h5","H6",19e-3,0,0,-13e-3).  
 toll(50,65,"h5","J6",13e-3,-6e-3,0,-13e-3).  
 toll(50,65,"h5","M6",-5e-3,-24e-3,0,-13e-3).  
 toll(50,65,"h5","N6",-14e-3,-33e-3,0,-13e-3).  
 toll(50,65,"h5","P6",-26e-3,-45e-3,0,-13e-3).  
 toll(50,65,"h6","F7",60e-3,30e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","G7",40e-3,10e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","H7",30e-3,0,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","J7",18e-3,-12e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","K7",9e-3,-21e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","M7",0,-30e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","N7",-9e-3,-39e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","R7",-30e-3,-60e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h6","S7",-42e-3,-72e-3,0,-19e-3).  
 toll(50,65,"h9","C11",330e-3,140e-3,0,-74e-3).  
 toll(50,65,"h9","D10",220e-3,100e-3,0,-74e-3).  
 toll(50,65,"h9","E9",134e-3,60e-3,0,-74e-3).  
 toll(50,65,"h9","F8",76e-3,30e-3,0,-74e-3).  
 toll(50,65,"h9","H11",190e-3,0,0,-74e-3).  
 toll(50,65,"h9","H8",46e-3,0,0,-74e-3).  
 toll(50,65,"h9","P9",-32e-3,-106e-3,0,-74e-3).  
 toll(50,65,"h11","A11",530e-3,340e-3,0,-190e-3).  
 toll(50,65,"h11","C11",330e-3,140e-3,0,-190e-3).  
 toll(50,65,"h11","D11",290e-3,100e-3,0,-190e-3).  
 toll(50,65,"h11","H11",190e-3,0,0,-190e-3).  
 toll(65,80,"h5","H6",19e-3,0,0,-13e-3).  
 toll(65,80,"h5","J6",13e-3,-6e-3,0,-13e-3).  
 toll(65,80,"h5","M6",-5e-3,-24e-3,0,-13e-3).  
 toll(65,80,"h5","N6",-14e-3,-33e-3,0,-13e-3).  
 toll(65,80,"h5","P6",-26e-3,-45e-3,0,-13e-3).  
 toll(65,80,"h6","F7",60e-3,30e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","G7",40e-3,10e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","H7",30e-3,0,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","J7",18e-3,-12e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","K7",9e-3,-21e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","M7",0,-30e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","N7",-9e-3,-39e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","R7",-32e-3,-62e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h6","S7",-48e-3,-78e-3,0,-19e-3).  
 toll(65,80,"h9","C11",340e-3,150e-3,0,-74e-3).  
 toll(65,80,"h9","D10",220e-3,100e-3,0,-74e-3).  
 toll(65,80,"h9","E9",134e-3,60e-3,0,-74e-3).  
 toll(65,80,"h9","F8",76e-3,30e-3,0,-74e-3).  
 toll(65,80,"h9","H11",190e-3,0,0,-74e-3).  
 toll(65,80,"h9","H8",46e-3,0,0,-74e-3).  
 toll(65,80,"h9","P9",-32e-3,-106e-3,0,-74e-3).  
 toll(65,80,"h11","A11",550e-3,360e-3,0,-190e-3).  
 toll(65,80,"h11","C11",340e-3,150e-3,0,-190e-3).  
 toll(65,80,"h11","D11",290e-3,100e-3,0,-190e-3).  
 toll(65,80,"h11","H11",190e-3,0,0,-190e-3).  
 toll(80,100,"h5","H6",22e-3,0,0,-15e-3).  
 toll(80,100,"h5","J6",16e-3,-6e-3,0,-15e-3).  
 toll(80,100,"h5","M6",-6e-3,-28e-3,0,-15e-3).  
 toll(80,100,"h5","N6",-16e-3,-38e-3,0,-15e-3).  
 toll(80,100,"h5","P6",-30e-3,-52e-3,0,-15e-3).  
 toll(80,100,"h6","F7",71e-3,36e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","G7",47e-3,12e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","H7",35e-3,0,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","J7",22e-3,-13e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","K7",10e-3,-25e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","M7",0,-35e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","N7",-10e-3,-45e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","R7",-38e-3,-73e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h6","S7",-58e-3,-93e-3,0,-22e-3).  
 toll(80,100,"h9","C11",390e-3,170e-3,0,-87e-3).  
 toll(80,100,"h9","D10",260e-3,120e-3,0,-87e-3).  
 toll(80,100,"h9","E9",159e-3,72e-3,0,-87e-3).  
 toll(80,100,"h9","F8",90e-3,36e-3,0,-87e-3).  
 toll(80,100,"h9","H11",220e-3,0,0,-87e-3).  
 toll(80,100,"h9","H8",54e-3,0,0,-87e-3).  
 toll(80,100,"h9","P9",-37e-3,-124e-3,0,-87e-3).  
 toll(80,100,"h11","A11",600e-3,380e-3,0,-220e-3).  
 toll(80,100,"h11","C11",390e-3,170e-3,0,-220e-3).  
 toll(80,100,"h11","D11",340e-3,120e-3,0,-220e-3).  
 toll(80,100,"h11","H11",220e-3,0,0,-220e-3).  
 toll(100,120,"h5","H6",22e-3,0,0,-15e-3).  
 toll(100,120,"h5","J6",16e-3,-6e-3,0,-15e-3).  
 toll(100,120,"h5","M6",-6e-3,-28e-3,0,-15e-3).  
 toll(100,120,"h5","N6",-16e-3,-38e-3,0,-15e-3).  
 toll(100,120,"h5","P6",-30e-3,-52e-3,0,-15e-3).  
 toll(100,120,"h6","F7",71e-3,36e-3,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h6","G7",47e-3,12e-3,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h6","H7",35e-3,0,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h6","J7",22e-3,-13e-3,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h6","K7",10e-3,-25e-3,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h6","M7",0,-35e-3,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h6","N7",-10e-3,-45e-3,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h6","R7",-41e-3,-76e-3,0,-22e-3).



## Ek 6'nın devamı

toll(100,120,"h6","S7",-66e-3,-101e-3,0,-22e-3).  
 toll(100,120,"h9","C11",400e-3,180e-3,0,-87e-3).  
 toll(100,120,"h9","D10",260e-3,120e-3,0,-87e-3).  
 toll(100,120,"h9","E9",159e-3,72e-3,0,-87e-3).  
 toll(100,120,"h9","F8",90e-3,36e-3,0,-87e-3).  
 toll(100,120,"h9","H11",220e-3,0,0,-87e-3).  
 toll(100,120,"h9","H8",54e-3,0,0,-87e-3).  
 toll(100,120,"h9","P9",-37e-3,-124e-3,0,-87e-3).  
 toll(100,120,"h11","A11",630e-3,410e-3,0,-220e-3).  
 toll(100,120,"h11","C11",400e-3,180e-3,0,-220e-3).  
 toll(100,120,"h11","D11",340e-3,120e-3,0,-220e-3).  
 toll(100,120,"h11","H11",220e-3,0,0,-220e-3).  
 toll(120,140,"h5","H6",25e-3,0,0,-18e-3).  
 toll(120,140,"h5","J6",18e-3,-7e-3,0,-18e-3).  
 toll(120,140,"h5","M6",-8e-3,-33e-3,0,-18e-3).  
 toll(120,140,"h5","N6",-20e-3,-45e-3,0,-18e-3).  
 toll(120,140,"h5","P6",-36e-3,-61e-3,0,-18e-3).  
 toll(120,140,"h6","F7",83e-3,43e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","G7",54e-3,14e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","H7",40e-3,0,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","J7",26e-3,-14e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","K7",12e-3,-28e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","M7",0,-40e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","N7",-12e-3,-52e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","R7",-48e-3,-88e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h6","S7",-77e-3,-117e-3,0,-25e-3).  
 toll(120,140,"h9","C11",450e-3,200e-3,0,-100e-3).  
 toll(120,140,"h9","D10",305e-3,145e-3,0,-100e-3).  
 toll(120,140,"h9","E9",185e-3,85e-3,0,-100e-3).  
 toll(120,140,"h9","F8",106e-3,43e-3,0,-100e-3).  
 toll(120,140,"h9","H11",250e-3,0,0,-100e-3).  
 toll(120,140,"h9","H8",63e-3,0,0,-100e-3).  
 toll(120,140,"h9","P9",-43e-3,-143e-3,0,-100e-3).  
 toll(120,140,"h11","A11",710e-3,460e-3,0,-250e-3).  
 toll(120,140,"h11","C11",450e-3,200e-3,0,-250e-3).  
 toll(120,140,"h11","D11",395e-3,145e-3,0,-250e-3).  
 toll(120,140,"h11","H11",250e-3,0,0,-250e-3).  
 toll(140,160,"h5","H6",25e-3,0,0,-18e-3).  
 toll(140,160,"h5","J6",18e-3,-7e-3,0,-18e-3).  
 toll(140,160,"h5","M6",-8e-3,-33e-3,0,-18e-3).  
 toll(140,160,"h5","N6",-20e-3,-45e-3,0,-18e-3).  
 toll(140,160,"h5","P6",-36e-3,-61e-3,0,-18e-3).  
 toll(140,160,"h6","F7",83e-3,43e-3,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h6","G7",54e-3,14e-3,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h6","H7",40e-3,0,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h6","J7",26e-3,-14e-3,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h6","K7",12e-3,-28e-3,0,-25e-3).

toll(140,160,"h6","M7",0,-40e-3,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h6","N7",-12e-3,-52e-3,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h6","R7",-50e-3,-90e-3,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h6","S7",-85e-3,-125e-3,0,-25e-3).  
 toll(140,160,"h9","C11",460e-3,210e-3,0,-100e-3).  
 toll(140,160,"h9","D10",305e-3,145e-3,0,-100e-3).  
 toll(140,160,"h9","E9",185e-3,85e-3,0,-100e-3).  
 toll(140,160,"h9","F8",106e-3,43e-3,0,-100e-3).  
 toll(140,160,"h9","H11",250e-3,0,0,-100e-3).  
 toll(140,160,"h9","H8",63e-3,0,0,-100e-3).  
 toll(140,160,"h9","P9",-43e-3,-143e-3,0,-100e-3).  
 toll(140,160,"h11","A11",770e-3,520e-3,0,-250e-3).  
 toll(140,160,"h11","C11",460e-3,210e-3,0,-250e-3).  
 toll(140,160,"h11","D11",395e-3,145e-3,0,-250e-3).  
 toll(140,160,"h11","H11",250e-3,0,0,-250e-3).  
 toll(160,180,"h5","H6",25e-3,0,0,-18e-3).  
 toll(160,180,"h5","J6",18e-3,-7e-3,0,-18e-3).  
 toll(160,180,"h5","M6",-8e-3,-33e-3,0,-18e-3).  
 toll(160,180,"h5","N6",-20e-3,-45e-3,0,-18e-3).  
 toll(160,180,"h5","P6",-36e-3,-61e-3,0,-18e-3).  
 toll(160,180,"h6","F7",83e-3,43e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","G7",54e-3,14e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","H7",40e-3,0,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","J7",26e-3,-14e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","K7",12e-3,-28e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","M7",0,-40e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","N7",-12e-3,-52e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","R7",-53e-3,-93e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h6","S7",-93e-3,-133e-3,0,-25e-3).  
 toll(160,180,"h9","C11",480e-3,230e-3,0,-100e-3).  
 toll(160,180,"h9","D10",305e-3,145e-3,0,-100e-3).  
 toll(160,180,"h9","E9",185e-3,85e-3,0,-100e-3).  
 toll(160,180,"h9","F8",106e-3,43e-3,0,-100e-3).  
 toll(160,180,"h9","H11",250e-3,0,0,-100e-3).  
 toll(160,180,"h9","H8",63e-3,0,0,-100e-3).  
 toll(160,180,"h9","P9",-43e-3,-143e-3,0,-100e-3).  
 toll(160,180,"h11","A11",820e-3,580e-3,0,-250e-3).  
 toll(160,180,"h11","C11",480e-3,230e-3,0,-250e-3).  
 toll(160,180,"h11","D11",395e-3,145e-3,0,-250e-3).  
 toll(160,180,"h11","H11",250e-3,0,0,-250e-3).  
 toll(180,200,"h5","H6",29e-3,0,0,-20e-3).  
 toll(180,200,"h5","J6",22e-3,-7e-3,0,-20e-3).  
 toll(180,200,"h5","M6",-8e-3,-37e-3,0,-20e-3).  
 toll(180,200,"h5","N6",-22e-3,-51e-3,0,-20e-3).  
 toll(180,200,"h5","P6",-41e-3,-70e-3,0,-20e-3).

## Ek 6'nın devamı

toll(180,200,"h6","F7",96e-3,50e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","G7",61e-3,15e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","H7",46e-3,0,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","J7",30e-3,-16e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","K7",13e-3,-33e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","M7",0,-46e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","N7",-14e-3,-60e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","R7",-60e-3,-106e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h6","S7",-105e-3,-151e-3,0,-29e-3).  
 toll(180,200,"h9","C11",530e-3,240e-3,0,-115e-3).  
 toll(180,200,"h9","D10",355e-3,170e-3,0,-115e-3).  
 toll(180,200,"h9","E9",215e-3,100e-3,0,-115e-3).  
 toll(180,200,"h9","F8",122e-3,50e-3,0,-115e-3).  
 toll(180,200,"h9","H11",290e-3,0,0,-115e-3).  
 toll(180,200,"h9","H8",72e-3,0,0,-115e-3).  
 toll(180,200,"h9","P9",-50e-3,-165e-3,0,-115e-3).  
 toll(180,200,"h11","A11",950e-3,660e-3,0,-290e-3).  
 toll(180,200,"h11","C11",530e-3,240e-3,0,-290e-3).  
 toll(180,200,"h11","D11",460e-3,170e-3,0,-290e-3).  
 toll(180,200,"h11","H11",290e-3,0,0,-290e-3).  
 toll(200,225,"h5","H6",29e-3,0,0,-20e-3).  
 toll(200,225,"h5","J6",22e-3,-7e-3,0,-20e-3).  
 toll(200,225,"h5","M6",-8e-3,-37e-3,0,-20e-3).  
 toll(200,225,"h5","N6",-22e-3,-51e-3,0,-20e-3).  
 toll(200,225,"h5","P6",-41e-3,-70e-3,0,-20e-3).  
 toll(200,225,"h6","F7",96e-3,50e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","G7",61e-3,15e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","H7",46e-3,0,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","J7",30e-3,-16e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","K7",13e-3,-33e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","M7",0,-46e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","N7",-14e-3,-60e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","R7",-63e-3,-109e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h6","S7",-113e-3,-159e-3,0,-29e-3).  
 toll(200,225,"h9","C11",550e-3,260e-3,0,-115e-3).  
 toll(200,225,"h9","D10",355e-3,170e-3,0,-115e-3).  
 toll(200,225,"h9","E9",215e-3,100e-3,0,-115e-3).  
 toll(200,225,"h9","F8",122e-3,50e-3,0,-115e-3).  
 toll(200,225,"h9","H11",290e-3,0,0,-115e-3).  
 toll(200,225,"h9","H8",72e-3,0,0,-115e-3).  
 toll(200,225,"h9","P9",-50e-3,-165e-3,0,-115e-3).  
 toll(200,225,"h11","A11",1030e-3,740e-3,0,-290e-3).  
 toll(200,225,"h11","C11",550e-3,260e-3,0,-290e-3).  
 toll(200,225,"h11","D11",460e-3,170e-3,0,-290e-3).  
 toll(200,225,"h11","H11",290e-3,0,0,-290e-3).  
 toll(225,250,"h5","H6",29e-3,0,0,-20e-3).  
 toll(225,250,"h5","J6",22e-3,-7e-3,0,-20e-3).  
 toll(225,250,"h5","M6",-8e-3,-37e-3,0,-20e-3).  
 toll(225,250,"h5","N6",-22e-3,-51e-3,0,-20e-3).  
 toll(225,250,"h5","P6",-41e-3,-70e-3,0,-20e-3).  
 toll(225,250,"h6","F7",96e-3,50e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","G7",61e-3,15e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","H7",46e-3,0,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","J7",30e-3,-16e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","K7",13e-3,-33e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","M7",0,-46e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","N7",-14e-3,-60e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","R7",-67e-3,-113e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h6","S7",-123e-3,-169e-3,0,-29e-3).  
 toll(225,250,"h9","C11",570e-3,280e-3,0,-115e-3).  
 toll(225,250,"h9","D10",355e-3,170e-3,0,-115e-3).  
 toll(225,250,"h9","E9",215e-3,100e-3,0,-115e-3).  
 toll(225,250,"h9","F8",122e-3,50e-3,0,-115e-3).  
 toll(225,250,"h9","H11",290e-3,0,0,-115e-3).  
 toll(225,250,"h9","H8",72e-3,0,0,-115e-3).  
 toll(225,250,"h9","P9",-50e-3,-165e-3,0,-115e-3).  
 toll(225,250,"h11","A11",1110e-3,820e-3,0,-290e-3).  
 toll(225,250,"h11","C11",570e-3,280e-3,0,-290e-3).  
 toll(225,250,"h11","D11",460e-3,170e-3,0,-290e-3).  
 toll(225,250,"h11","H11",290e-3,0,0,-290e-3).  
 toll(250,280,"h5","H6",32e-3,0,0,-23e-3).  
 toll(250,280,"h5","J6",25e-3,-7e-3,0,-23e-3).  
 toll(250,280,"h5","M6",-9e-3,-41e-3,0,-23e-3).  
 toll(250,280,"h5","N6",-25e-3,-57e-3,0,-23e-3).  
 toll(250,280,"h5","P6",-47e-3,-79e-3,0,-23e-3).  
 toll(250,280,"h6","F7",108e-3,56e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","G7",69e-3,17e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","H7",52e-3,0,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","J7",36e-3,-16e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","K7",16e-3,-16e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","M7",0,-52e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","N7",-14e-3,-66e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","R7",-74e-3,-126e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h6","S7",-138e-3,-190e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h9","C11",620e-3,300e-3,0,-130e-3).  
 toll(250,280,"h9","D10",400e-3,190e-3,0,-130e-3).  
 toll(250,280,"h9","E9",240e-3,110e-3,0,-130e-3).  
 toll(250,280,"h9","F8",137e-3,56e-3,0,-130e-3).  
 toll(250,280,"h9","H11",320e-3,0,0,-130e-3).  
 toll(250,280,"h9","H8",81e-3,0,0,-130e-3).  
 toll(250,280,"h9","P9",-56e-3,-186e-3,0,-13e-3).



## Ek 6'nın devamı

- toll(250,280,"h11","A11",1240e-3,920e-3,0,-320e-3).  
 toll(250,280,"h11","C11",620e-3,30e-3,0,-32e-3).  
 toll(250,280,"h11","D11",510e-3,190e-3,0,-320e-3).  
 toll(250,280,"h11","H11",320e-3,0,0,-320e-3).  
 toll(280,315,"h5","H6",32e-3,0,0,-23e-3).  
 toll(280,315,"h5","J6",25e-3,-7e-3,0,-23e-3).  
 toll(280,315,"h5","M6",-9e-3,-41e-3,0,-23e-3).  
 toll(280,315,"h5","N6",-25e-3,-57e-3,0,-23e-3).  
 toll(280,315,"h5","P6",-47e-3,-79e-3,0,-23e-3).  
 toll(280,315,"h6","F7",108e-3,56e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","G7",69e-3,17e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","H7",52e-3,0,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","J7",36e-3,-16e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","K7",16e-3,-16e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","M7",0,-52e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","N7",-14e-3,-66e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","R7",-78e-3,-130e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h6","S7",-150e-3,-202e-3,0,-32e-3).  
 toll(280,315,"h9","C11",650e-3,330e-3,0,-130e-3).  
 toll(280,315,"h9","D10",400e-3,190e-3,0,-130e-3).  
 toll(280,315,"h9","E9",240e-3,110e-3,0,-130e-3).  
 toll(280,315,"h9","F8",137e-3,56e-3,0,-130e-3).  
 toll(280,315,"h9","H11",320e-3,0,0,-130e-3).  
 toll(280,315,"h9","H8",81e-3,0,0,-130e-3).  
 toll(280,315,"h9","P9",-56e-3,-186e-3,0,-130e-3).  
 toll(280,315,"h11","A11",1370e-3,1050e-3,0,-320e-3).  
 toll(280,315,"h11","C11",650e-3,330e-3,0,-320e-3).  
 toll(280,315,"h11","D11",510e-3,190e-3,0,-320e-3).  
 toll(280,315,"h11","H11",320e-3,0,0,-320e-3).  
 toll(315,355,"h5","H6",36e-3,0,0,-25e-3).  
 toll(315,355,"h5","J6",29e-3,-7e-3,0,-25e-3).  
 toll(315,355,"h5","M6",-10e-3,-46e-3,0,-25e-3).  
 toll(315,355,"h5","N6",-26e-3,-62e-3,0,-25e-3).  
 toll(315,355,"h5","P6",-51e-3,-87e-3,0,-25e-3).  
 toll(315,355,"h6","F7",119e-3,62e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","G7",75e-3,18e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","H7",57e-3,0,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","J7",39e-3,-18e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","K7",17e-3,-40e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","M7",0,-57e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","N7",-16e-3,-73e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","R7",-87e-3,-144e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h6","S7",-169e-3,-226e-3,0,-36e-3).  
 toll(315,355,"h9","C11",720e-3,360e-3,0,-14e-3).  
 toll(315,355,"h9","D10",440e-3,210e-3,0,-140e-3).  
 toll(315,355,"h9","E9",265e-3,125e-3,0,-140e-3).  
 toll(315,355,"h9","F8",151e-3,62e-3,0,-140e-3).  
 toll(315,355,"h9","H11",360e-3,0,0,-140e-3).  
 toll(315,355,"h9","H8",89e-3,0,0,-140e-3).  
 toll(315,355,"h9","P9",-62e-3,-202e-3,0,-140e-3).  
 toll(315,355,"h11","A11",1560e-3,1200e-3,0,-360e-3).  
 toll(315,355,"h11","C11",720e-3,360e-3,0,-360e-3).  
 toll(315,355,"h11","D11",570e-3,210e-3,0,-360e-3).  
 toll(315,355,"h11","H11",360e-3,0,0,-360e-3).  
 toll(355,400,"h5","H6",36e-3,0,0,-25e-3).  
 toll(355,400,"h5","J6",29e-3,-7e-3,0,-25e-3).  
 toll(355,400,"h5","M6",-10e-3,-46e-3,0,-25e-3).  
 toll(355,400,"h5","N6",-26e-3,-62e-3,0,-25e-3).  
 toll(355,400,"h5","P6",-51e-3,-87e-3,0,-25e-3).  
 toll(355,400,"h6","F7",119e-3,62e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","G7",75e-3,18e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","H7",57e-3,0,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","J7",39e-3,-18e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","K7",17e-3,-40e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","M7",0,-57e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","N7",-16e-3,-73e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","R7",-93e-3,-150e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h6","S7",-187e-3,-244e-3,0,-36e-3).  
 toll(355,400,"h9","C11",760e-3,400e-3,0,-140e-3).  
 toll(355,400,"h9","D10",440e-3,210e-3,0,-140e-3).  
 toll(355,400,"h9","E9",265e-3,125e-3,0,-140e-3).  
 toll(355,400,"h9","F8",151e-3,62e-3,0,-140e-3).  
 toll(355,400,"h9","H11",360e-3,0,0,-140e-3).  
 toll(355,400,"h9","H8",89e-3,0,0,-140e-3).  
 toll(355,400,"h9","P9",-62e-3,-202e-3,0,-140e-3).  
 toll(355,400,"h11","A11",1710e-3,1350e-3,0,-360e-3).  
 toll(355,400,"h11","C11",760e-3,400e-3,0,-360e-3).  
 toll(355,400,"h11","D11",570e-3,210e-3,0,-360e-3).  
 toll(355,400,"h11","H11",360e-3,0,0,-360e-3).

## ÖZGEÇMİŞ

Selçuk ÇEBİ; 1978 yılında Trabzon'un Araklı ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Araklı'da ve lise öğrenimini Trabzon Fatih (Yabancı Dil Ağırlıklı) Lisesi'nde tamamladı. 1996 yılında Makina Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2000'de Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden 3,19 / 4 not ortalamasıyla bölüm üçüncüsü (Onur Öğrencisi) olarak mezun oldu. 2000 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 8 Ekim 2002 tarihinden beri Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. İngilizce bilmektedir.

