

34713

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

34713

**CAPP VE TORNALANACAK PARÇALAR
İÇİN BİR BİLGİSAYAR DESTEKLİ
İŞLEM PLANLAMA YAZILIMI**

Mak.Müh. Levent ALEMDAR


**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Erhan ALTAN

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL, 1994



ÖNSÖZ

Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte CAPP'in önemi gittikçe artmaktadır. CAPP, CAD ve CAM arasında önemli bir bağlantıdır.

Bu sebeple birleştirilmiş imalat sistemi (CIM) ve esnek imalat sistemlerinin (FMS) gelişmesinde anahtar rolü oynar. Beni bu çalışmada yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Erhan ALTAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Levent ALEMDAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ	1
2. PLANLAMA VE ÜRETİM PLANLAMASI	3
2.1. Planlama	3
2.2. Üretim Planlama	5
2.2.1. Ürün Planlama	6
2.2.2. İşlem Planlama	6
2.2.3. Operasyon Planlama	8
3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ İŞLEM PLANLAMA (CAPP)	9
3.1. CAPP'in Esasları	10
3.2. CAPP Yaklaşımlarının Gelişimi	19
3.2.1. Değişken Yaklaşım	19
3.2.2. Yarı Jeneratif Yaklaşım	20
3.2.3. Jeneratif Yaklaşım	20
3.2.4. Günümüzdeki Önem	21
3.3. Bugünkü Araştırmalar için Bazı Eleştiriler	24
3.3.1. Planlama Alanında Esaslı Yapı Eksiklikleri ..	24
3.3.2. Açık Çevrim Planlama Mimarisi	25
3.3.3. Değişik Planlama Sistemleri Arasındaki İzolasyon	25
3.3.4. Dar Odaklı Planlama Sistemleri	27
3.3.5. Kendi Aralarında Disiplinli Planlama Sorunlarına Tek Yaklaşım	27
3.4. CAPP'in Geleceği için Öneriler.	28
3.4.1. Entegre Proses Planlama için İskelet Yapı ...	28

3.4.2. CAPP ve CAD Entegrasyonu: Ürün ve Proses Modellemesi	34
3.4.3. İşyeri Kontrol ve CAPP'in Entegrasyonu: Proses ve Üretimin Modellemesi	37
3.5. Entegre Planlamada Yapay Zeka Tekniklerinin Potansiyel Rolü	43
3.5.1. Bugünkü Sınırlamalar	45
3.5.1.1. Bilgi Edinme Metodu	45
3.5.1.2. İhtisas Bilgisinin Tipi	46
3.5.1.3. Muhakeme Yaklaşımı	47
3.5.1.4. Problem Büyüklükleri ve Bunların Görünüşleri	49
3.5.1.5. Danışma Çerçevesi	49
3.5.2. Potansiyel Roller	50
3.5.2.1. Planlama Zekasının Oluşturulması	51
3.5.2.2. Planlama Bilgisinin Tanımlanması	52
3.5.2.3. Planlama Zorluklarının Entegrasyonu	53
3.5.2.4. Planlama Ekspertisliğinden Yararlanma ...	54
4. DÖNER VE PRİZMATİK PARÇALAR İÇİN CAPP	55
4.1. Döner Parçalar İçin CAPP Yaklaşımları	55
4.2. Prizmatik Parçalar İçin CAPP Yaklaşımları	57
5. DÖNER PARÇALAR İÇİN ÖNEMLİ CAPP YAKLAŞIMLARI	68
5.1. AUTOCAP Programı	68
5.2. TOJICAP Programı	75
5.3. KAPLAN Programı	80
5.4. TAU-TT Sistemi	93
5.5. GARI Sistemi	96

6. DÖNER VR DELİKSİZ PARÇALAR İÇİN CAPP YAZILIMI	100
6.1. Programın Tanıtılması	100
6.2. Programa Ait Değişkenlerin Tanıtılması	108
6.2.1. Genel Değişkenler	108
6.2.2. Operasyonlara Ait Değişkenler	109
6.3. Program Listesi	111
6.4. Programa Ait Çıktı Örnekleri	140
7. SONUÇ	148
8. KAYNAKLAR	150



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Konvansiyonel bir işleme operasyonu için işlem planlamanın basamakları	7
Şekil 2. Yeni imalata göre planlama zorluklarının artışı	16
Şekil 3. Montaj için CAPP sisteminin kullanımı	23
Şekil 4. Entegre üretim planlama için kavramsal yapı ...	33
Şekil 5. Programlama sisteminin yapısı	58
Şekil 6. Çarpışma kontrolü prosedürü	60
Şekil 7. Alan kesme için takım yollarının oluşturulmasına bir örnek	61
Şekil 8. Pocket boşaltma işlemine ait simülasyon örneği	61
Şekil 9. İş parçası modeli ve takım yollarının perspektif görünüşü	61
Şekil 10. ICAPP sisteminin yapısı	65
Şekil 11. Proses planının otomatikleşmiş üretimi için planlama basamakları	67
Şekil 12. Autocap programı akış şeması	69
Şekil 13. Döner parçalara ait bazı örnekler	70
Şekil 14. Autocap programının yapısı ve çalışması	72
Şekil 15. Autocap programı master parçası	73
Şekil 16. Tojicap programı akış şeması	77
Şekil 17. Tojicap master parçası	79
Şekil 18. Deneysel esnek imalat hücresinin yapısı	81
Şekil 19. Kaplan CAD modülü	84

Şekil 20. Kaplan CAD modülü tarafından yaratılan bir katı iş parçası modeli	86
Şekil 21. Sıkma yüzeyi ile ilgili bir örnek konfigürasyon	87
Şekil 22. Potansiyel sıkma yüzeyleri	88
Şekil 23. İşleme planı jenerasyonu modülü için akış şeması	90
Şekil 24. Tasarımın kotları	99
Şekil 25. Kesme hızı - talaş kesidi bağıntısı	101
Şekil 26. Kesme hızı - güç bağıntısı	101
Şekil 27. Optimum kesme hızı	102

ÖZET

Proses planlama, metodların sistematik sınırlamasıdır. Üretimdeki manası, ekonomik imalat yapılmasıdır. Üretimde imalat ve dizayn arasında önemli bir bölümdür. Bizim endüstrimizde, klasik olarak proses planlama pratik tecrübeye sahip planlayıcı tarafından başatılır. Bu sebepten dolayı, farklı planlayıcılar aynı parça için planlama yaparsa, belki de farklı planlar ortaya atarlar. Bütün bu planlar ekonomik imalat metodlarında düşünülemez ve gerçekten parçanın imalatında bunlardan herhangi biri optimum metodu oluşturamayabilir. Bu açıdan, proses planlama sadece şahsi tecrübe kararı, tercih yahut özel planlayıcı ön yargısını aksettirir. Belki de rahatça kullanılabilir alternatif metodları dar fikirli olarak gösterir.

CAPP optimum imalat prosesini seçmeye çalışır ve planlayıcının tecrübelerine itiraz etmeksizin adımların bütün detaylarını karıştırmayı emreder. Bilgisayar bütün proses planlama görevleriyle birlikte yardımcı ideal bir takımdır. Çünkü o özellikle hızlı doğru hesaplama ve bilgi prosesidir. Otomatik proses planlamanın aktivitelerinin tümü birbiriyle alakalıdır ve optimum planlama interaktif fonksiyondur. Bilgisayar ideal trafik düzenleyicisidir ve büyük ölçüde planlayıcıların çalışma verimlerini geliştiricidir.

Diğer bir deyişle, CAPP, CAD - CAM arasında önemli bir bir çizgidir. Bu yüzden birleştirilmiş imalat sistemi (CIM) ve esnek imalat sisteminin (FMS) gelişmesinde anahtar rol oynar.

Bu çalışmada torna tezgahlarında işlenecek dönel ve delisiz parçaların teknolojik planının bilgisayar yardımı ile çıkarılması için bir program yazılmıştır. Bu program Quick Basic ile PC'ler için hazırlanmıştır.



SUMMARY

Process planning is the systematic determination of the methods and means by which a product is to be manufactured economically and competitively. It is an important intermediate stage between designing and manufacturing the product. In our industry, the process planning conventionally is carried out by a planner who has accumulated practical experience. By this reason, if different planners were asked to develop a process plan for same part, they would probably come up with different plans. Obviously, all these plans cannot reflect the most economic manufacturing method, and in fact, there is no guarantee that any one of them will constitute the optimum method for manufacturing this part. In this way, process plans frequently reflect only commitment to personal experience, preference, or even prejudice of the particular planner or perhaps, a parochial view screened from alternative methods that may actually be readily available.

Computer aided process planning (CAPP) attempts to select an optimum manufacturing process and prescribe full details of steps involved, without relying on a planner's individual experience or preferences. The computer is an ideal tool to help with all process planning tasks because it is particularly suited to rapid accurate calculation and to data processing. All the activities of automated process planning are interrelated -one decision affects another -and optimum planning is interactive function. The computer is an ideal traffic manager and has the capability for increasing

the working efficiency of planners greatly.

On the other hand, CAPP is an imported link between CAD and CAM. It is located at the crossroad of information between engineering design and shop floor. Therefore it is also a key factor in developing the integrating manufacturing system (CIM) and flexible manufacturing system (FMS).

In this work ; a program that was written by Quick Basic for PC, is prepared for turning components to create the process planning.



1. GİRİŞ

Proses planlama, metodların sistematik sınırlamasıdır. Üretimdeki manası, ekonomik imalat yapılmasıdır. Üretimde imalat ve dizayn arasında önemli bir bölümdür. Bizim endüstrimizde, klasik olarak proses planlama pratik tecrübeye sahip planlayıcı tarafından başarılır. Bu sebepten dolayı, farklı planlayıcılar aynı parça için planlama yaparsa, belki de farklı planlar ortaya atarlar. Bütün bu planlar ekonomik imalat metodlarında düşünülemez ve gerçekten parçanın imalatında bunlardan herhangi biri optimum metodu oluşturamayabilir. Bu açıdan, proses planlama sadece şahsi tecrübe kararı, tercih yahut özel planlayıcı ön yargısını aksettirir. Belki de rahatça kullanılabilir alternatif metodları dar fikirli olarak gösterir.

Genellikle proses planlama seçimi, hesaplamayı ve dökümanı karıştırdığı söylenir. Yükleme büyüklüğü ve parçaların hassasiyetine göre uygun işlemleri, makinaları, takımları, operasyonları ve sıralamaları seçmek zorundadır. Hesaplama malzemedен, takım ömrü, hızları, ilerlemelri, talaş miktarı, işleme zamanı ve fiyatları ile bağlantılıdır.

Proses planlamada, planlayıcı dökümanları ve standartları genişletmeyi tekrar elden geçirmek ve kullanmak zorundadır. Bunlar eski proses planları, standartları tayin etmek, takım envanteri ve stok kullanılabilirliği gibi üretim mühendisleri bu rutin işleri yaparken zamanının çoğunu tekrara harcamak zorundadır ve onlar üretimin kalitesini geliştirme problemlerini çözme üzerine gayretlerini yoğunlaş-

tıramazlar, mühendislik değişimlerine cevap veremezler ve ihtiyaçlarını derhal bulamazlar.

CAPP optimum imalat prosesini seçmeye çalışır ve planlayıcının tecrübelerine itiraz etmeksizin adımların bütün detaylarını karıştırmayı emreder. Bilgisayar bütün proses planlama görevleriyle birlikte yardımcı ideal bir takımdır. Çünkü o özellikle hızlı doğru hesaplama ve bilgi prosesidir. Otomatik proses planlamanın aktivitelerinin tümü birbiriyle alakalıdır ve optimum planlama interaktif fonksiyondur. Bilgisayar ideal trafik düzenleyicisidir ve büyük ölçüde planlayıcıların çalışma verimlerini geliştiricidir.

2. PLANLAMA VE ÜRETİM PLANLAMASI

2.1. PLANLAMA

Planlama, günlük hayatımızda bilinçsiz olarak yaptığımız tabiatımızda var olan mantıklı davranışlardır. Geniş kapsamdaki anlamı, planlama tasarlamanın aktivitesi olarak görülebilir ki bu da, arzu edilen hedeflere bazı zorunluluklar ve sınırlı kaynaklar ile ulaşmak anlamına gelir. Herhangi bir planlama aktivitesinin üç bileşeni ;

-- Hedefler

-- Kısıtlamalar

-- Kaynaklardır.

Zeki bir planlamacı; insan veya bilgisayar programı, bu üç bileşeni anlamaya, sunmaya ve yönetmeye kabiliyetli olmalıdır. Bazen planlama terimi, plan gösterimi ile ilgili aktiviteleri kapsayacak kadar uzatılabilir ki, bu oluşturulan planın başarıyla uygulamaya konulabilmesini emniyet altına alır. Bu anlamda akıllı bir planlamacı, uygulama fazında planı ileride karşılaşılabilecek gelişmeler ve farklı ihtiyaçlar için geri besleme yapacak şekilde, değişken çevrelere uygulayabilecek kabiliyete sahip olmalıdır. Özetle planlama, gösterme ve tekrar planlamanın kapalı çevrim aktivitesidir ki bu, planlamacıya sürprizler ile dolu pratikte uyum sağlama imkanı verir.

Planlama çok perspektifli bir problemdir. Bunun içerdiği aktiviteler ; problem çözme, hedef elde etme, kaynak kullanımı ve karışıklıkların çözümüdür. Bu aktiviteler aynı zamanda, mantıklı insan davranışlarının bir kısmıdır.

Bu nedenle planlama, farklı teorik ve pratik disiplinlerin içinde pek çok çalışmanın odak noktasıdır. Bazıları planlamanın davranış modellerini anlamaya çalışırken, diğerleri bu davranışları bilgisayar üzerinde modelize etmeyi denediler. Genelde bu çalışmalar iki kategoride sınıflandırılabilir :

A) PLANLAMA TEORİSİ

Planlama teorisinin çalışması, bizim planlama aktivitelerini anlamamızı amaçlar. Böylelikle daha iyi ve daha etkili planlama yapmamızı sağlar.

B) PLANLAMA MEKANİZMASI

Planlama mekanizmasının çalışması, gelişen algoritmaları odaklarken bu, zeka dışı elemanların (örneğin dijital bilgisayarlar) akıllı davranışlar içinde planlama fonksiyonunu geliştirmemize olanak sağlar.

Bilgisayarlarda planlama fonksiyonlarının gösterimi dijital bilgisayarların bulunuşundan bu yana büyük gelişme kaydetmiştir. İnsan zekasının bilgisayar üzerinde modelize edilmesinin amaçlandığı yapay zeka araştırmalarında bu yana planlama yapay zeka topluluğunun aktif bir konusu olmuştur. Pek çok yapay zekaya dayalı genel planlama problemlerine yaklaşım gelişmektedir ki bu belirli pratik alanlara uygulamaya büyük potansiyel göstermektedir. Planlamadaki bu çalışmalar geleneksel ve yapay zekaya dayalı bilgisayar destekli imalat planlama araştırmalarıyla alakalı önemli konular öğretmiştir. Diğerlerinin arasından konumuzla ilgili bazı dersler şunlardır ;

- Planlamanın teorisi her zaman ortaya çıkan bir konudur.
- Planlamanın teorisi ve mekanizması iç içedir ve birbirlerine gelişimleri süresince destek olmuşlardır.
- Planlamanın mekanizması, yalnızca planlamanın teorisi yeterince olgunlaştıktan sonra anlaşılır.
- Kusursuz teori ve sağlam mekanizmaların her ikisi de gerçekten başarılı ve pratik olarak kullanışlı bir planlama için gereklidir.

2.2. ÜRETİM PLANMASI

Günlük insan aktivitesinde planlama dahili istekler ile harici hareketler arasında koordinasyonu sağlar. Benzer olarak üretim planlaması, üretim ortamının içinde dizayn mühendislerinin anlatmak istediği şey ile üretim mühendislerinin arasında koordinasyonu sağlayan bağlantıdır. Tasarımcılar amaçlarını, görev bakımından istenilen özelliklerde ve mühendislik bölümün güvenine layık olarak ifade eder. İmalat mühendisleri bu amaçları, ilave edilen sınırlamaların düzenlediği imalat hattına dayalı olarak gerçekleştirmek için uygun harekette bulunmalıdırlar. Üretim planlamasının amacı dizayn istekleri ve üretim hareketleri arasında koordineyi sağlayacak etkili üretimi sağlamaktır.

Herhangi bir üretim ortamında özel planlama fonksiyonları farklı aşamalarda yer alır ve bu aktivitelerinin toplamı üretim planlamasının sistemini tamamlar. Pek çok teknik veya olmayan (örneğin ekonomik ve sosyal) faktörler vardır ve bunlar etkili bir üretim planlaması yapılırken dikkate

alınmalıdır. Teknik açıdan üretim planlama fonksiyonları şu şekilde karakterize edilebilir ;

2.2.1. ÜRÜN PLANLAMA

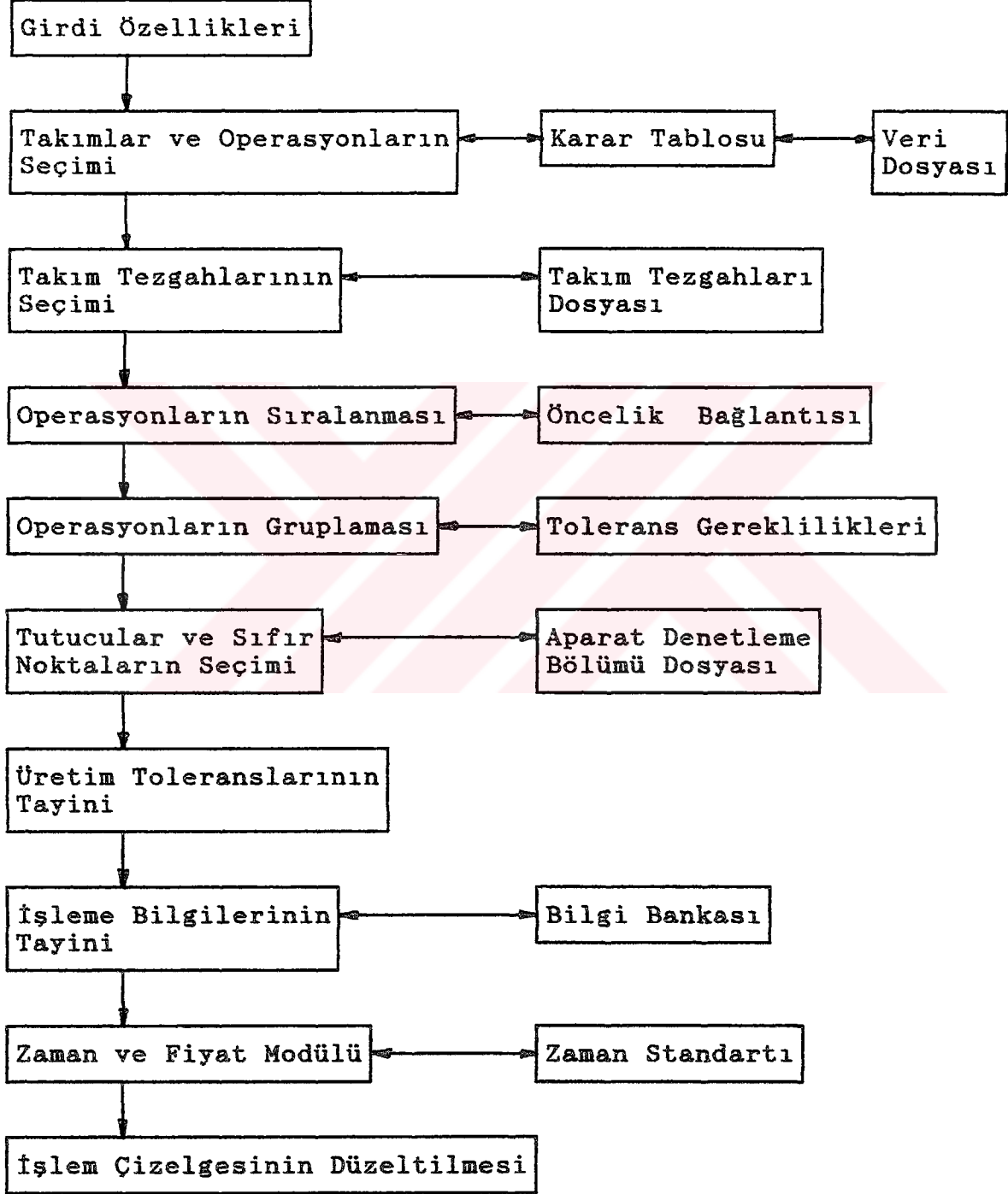
Özellikle ürün planlamanın amacı, ne, ne zaman, kim ve nerede sorularını üretim ortamında verilen zaman ve uygun kaynaklar temelinde karar vermektir. Bu üretim planlaması hiyerarşisinin teknik açıdan en üst seviyesidir ve bu temelde üretilecek olan her parçanın detayına ineksizin üretimin toplam perspektifini oluşturur. Ürün planlaması teknik alan dışında işbiriliği politikaları ile güçlü bağları vardır. Bu aynı zamanda bazı araştırma faaliyetlerinin programlanmasına dayanmaktadır.

2.2.2. İŞLEM PLANLAMA

İşlem planlamanın amacı detaylı olarak, hammaddeyi verilen şekle dönüştürmek için gerekli işlemleri seçmek ve tanımlamaktır. Birinci konu uygun işlemleri belirlemektir. Fiyat ikinci konudur ve uygun kaynaklar (takım tezgahları, kesme takımları ve iş gücü) sınırlayıcı olarak yer alır. İşlem planlamanın kapsamı ;

- * Takım tezgahlarının seçimi
- * Takımların seçimi
- * Konum seçimi
- * Operasyonlar ve bunların sırasının seçimi
- * Kesici takım seçimi
- * Aparatların dizaynı

- * Kesme şartlarının hesaplanması
- * Takım yollarının hesaplanması
- * NC parça programının oluşturulması



Şekil 1: Konvansiyonel Bir İşleme Operasyonu İçin İşlem Planlamanın Basamakları

Üretim ortamının herşeyi ile ilişkili olan üretim planlamanın aksine, işlem planlamadaki tüm kararlar özel bir tek parça içindir. Teknik veya olmayan planlamalar dizayn ve üretim arasında kritik bir bağlantı kurar. Bu bazen makro-planlama olarakta anılır. Şekil 1 de Konvansiyonel Bir İşleme Operasyonu için İşlem Planlamanın Basamakları gösterilmiştir.

2.2.3. OPERASYON PLANLAMA

Operasyon planlama, işlem planlamadan merkeze daha yakındır, pek çok operasyonu sağlayan bir bütünden ziyade daha özel operasyonlar ile ilişkilidir. Bu tip planlamanın amacı planlanmış üretim operasyonlarının pürüzsüzlüğünün tamamlanmasını sağlayan parametrelerin detaylarını belirlemektir. Bir kere operasyon planlama yapıldımı, yeterli olamayan detaylar özel bir üretim tezgahı üzerinde direkt olarak üretilecek parça için yaratılabilir. Planlama hiyerarşisi noktasından bakıldığında, operasyon planlama, planlama kararları ile aktüel operasyonlar arasındaki bağlantıyı oluşturan en düşük seviyedir. Bu da bazen mikro-planlama olarak anılır.

Şurası açıktırki bu üç çeşit planlama aktivitesi, herbirinin kendine özgü hedef ve bakış açısı olmasına karşın pratikte birbirleri ile yakın ilişkilidir. Bu sebeple onlar birbirlerinin üstüne inşa olurlar ve tüm üretim planlama sisteminin ayrı parçaları olmaktan ziyade, iç bileşenleri gibi düşünülebilir.

Her ne kadar yukarıdaki tanımlamalar bu planlama fonksiyonlarının ayırmış gibi tarif etsede ayrı olarak çalışamaz ve

modellenemezler.

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ İŞLEM PLANLAMA

Herhangi bir gerçek işin bilgisayar otomasyonu için, otomasyonu yapılacak işin tüm detaylarının anlaşılması gerekir. Sadece bu işin tek bir bileşeni (mikro veya bileşenler) açıkça sunulması yetmez. Daha da önemlisi, bu işin temel yapısı (makro veya sistem) dikkatlice çalışılmalıdırki, bilgisayar programları onun lokal ve toplam mantıklarının modelize etmeyi geliştirebilmelidir. Bu duyuyla işlem planlamaya doğru bilgisayara dayalı herhangi bir çalışma takip edilmeden önce, bizim bir adım geriye gelerek ve kendimize gerçekten işlem planlama işini bilgisayar otomasyonu için yeterli olacak kadar anlayıp anlamadığımızı sormamız gerekir. Başka bir deyişle temel soru, örneğin işlem planlama nedir ? günümüzde pratikte nasıl yapılıyor gibi veya bunu yapacak daha mantıklı yollar var mı gibi sorular herhangi bir programlama çalışmasından önce cevaplandırılmalıdır. Yapay zekayı da içeren günümüz bilgisayar teknolojisinin durumunun, henüz bilgili olarak işleri taşıyacak bilgisayar programları geliştirmemiz, zeki insan olarak bu görevleri tam anlamıyla anlamadığımız sürece mümkün değildir.

Bilgisayar Destekli planlamayı çalışırken, işlem planlama aktivitelerini otomatize edecek çabaları, bu aktiviteleri programlıyacak çabalardan ayırt etmek çok önemlidir. Her ne kadar bilgisayarlar hem otomasyon hem de programlamada yardım edebilselerde, işin anlaşılmasının derecesi bu iki

çeşit çabanın farklılığının anlaşılması ile orantılıdır. İşin mikrosunun biraz sınırlı anlaşılması ile bu mikroları tekrar ederek bilgisayarı programlamak mümkündür. Bu kısmi anlayışla işi otomatize etmek için yetersiz olsa da ilave olarak, mikronun ve makronun beraberce anlaşılmasına gerek duyar. Bu fark işlem planlamanın otomasyonunda yüzyüze kaldığımız temel zorlukların en büyüğüdür. Çünkü şu anda anladığımız işlem planlama aktiviteleri lokal mikrolar ile sınırlıdır. Bizler işlem planlama aktivitelerinin özel programlama çeşitlerinde bazı başarılar kazanabiliriz.

(örneğin silindirik bir parçayı nasıl işleriz) Ama işin daha geniş anlaşılmadan, tüm işlemin otomasyon yapılması mümkün değildir.

3.1. CAPP 'İN ESASLARI

Çok önceleri bilgisayar destekli otomasyon, fabrikalarda imalat kalitesini yükseltmek ve imalat giderlerinin düşürülmesini sağlamak amacıyla ortaya çıkmıştır. İşlem planlama, yüksek rekabet olan üretim ünitelerinin başarılı olmasına yardımcı olan en önemli aktivitelerden biri olarak tanımlanırdı.

Şu önemlidir ki, konu dışı gibi görünen fakat gerçekte üretim planlamanın hedeflerine oldukça fazla bir şekilde katılan pek çok araştırma işi vardır. Bunun en iyi örnekleri dizayn ile üretim arasında mantık kurmaya çalışanlar, üretilebilirlik kavramının tamamlanmasına yönelik olanlar, otomasyon entegrasyonunu belirlemeye yönelik olanlar ve ürünü

sentezleme ve işlem bilgileri v.b. dir.

Planlama, bu çalışmalara belirgin bir konu olmaya bilir. Fakat hepsi planlama araştırması ile birlikte aynı amacı paylaşır. (üretim ile beraber dizayn entegrasyonu) Genel olarak konuşursak; işlem planlama, fabrika entegrasyonunun acil ihtiyacı ile yakından ilişkili ve üzerine sıkıca entegre edilmiş imalat organizasyonunun inşa edilebilmesi için temel yapıdır. İşlem planlama, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli imalat (CAM) arasında kritik bir bağlantıdır ki her ikisi de bu zorunlu arabirime ihtiyaç duyar. Bu sebepten dolayı işlem planlama, bilgisayar ile bütünleşik imalatın başarılmasında kritik bir basamak olarak sıkça söz edilir.

İşlem planlamanın öneminin test edilmesinde bir kişi, üretim endüstrisinin evrimi ile planlama sistemleri ve bilgisayar otomasyonunun gelişmesi arasında bağıntı kur-

Bizim Şu andaki üretim endüstrimiz bilgi yoğunudur. Bir sonraki mücadele, oldukça fazla sayıda bilginin kullanışlı bilgiye dönüştürülmesi olacaktır ve daha iyi karar vermede bu bilginin etkili şekilde kullanılması için mücadele olacaktır. Diğer bir deyişle, yeni bilgisayara dayalı metodlar bize bugünkü bilgi yoğun endüstriden, gelecekteki bilgi yoğun endüstriye geçmemize yardım edecektir.

Benzer bağıntılar farklı tip planlama sistemlerinde ve endüstri evriminin basamakları arasında da düşünülebilir. Ne zamanki üretim endüstrisi yeni bir amacın doğrultusunda ilerlemek ister, farklı üretim planlama sistemleri bu evrimin başarısını sağlamak için geliştirilmelidir. Daha önceki iş gücü yoğun endüstride planlama önemli bir rol oynamadı. Malzeme yoğun aşamasına kadar üretim planlama, endüstride önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Değişik bilgisayar destekli veri tekrar eden planlama sistemleri tipleri,

Üretim planlamasında karşılaşılan zorluklar şunlardır ;

- 1) Tasarımcıların amacı, bu amaca göre hareket eden üretim mühendisi tarafından her zaman açık değildir. Profesyonel hayatta kullandıkları dil, amaçlarını açıklama yolları, yorum içerikleri ve perspektifleri farklı olabilir.
- 2) İşlem planlamasının otomasyonu, insan etkisi olmaksızın üretim modelinden otomatik olarak bazı özelliklerin çıkartılması gerekir. Fakat CAD sistemlerinin arabirimeleri, işlem planlamanın bu gerekliliğini yeterince dikkate almamaktadır. Gerekli bilgi yetersiz veya uygunsuz şekilde olabilir. Tasarımcıların kullandıkları mühendislik çizimleri, imalat mühendisleri ile haberleşmek için kullanılır. Fakat bu çizimler, bazen yetersiz veri içerir veya bilgi direkt olarak kullanılmayacak bir şekilde gizlenmiş olabilir veya verilmek istenen bilginin dışarıdan eklenen bir bilgi ile izlenmesi söz konusu olabilir.

şartların dinamik tabiatı sebebiyle çok muhtemel olarak bu zaman süresince, imal edilmeye hazırlanmış dizayn sınırlamaların kullanıldığı planda meydana gelen büyük değişikliklerden dolayı, daha az optimal veya tamamen geçersiz hale gelebilir.

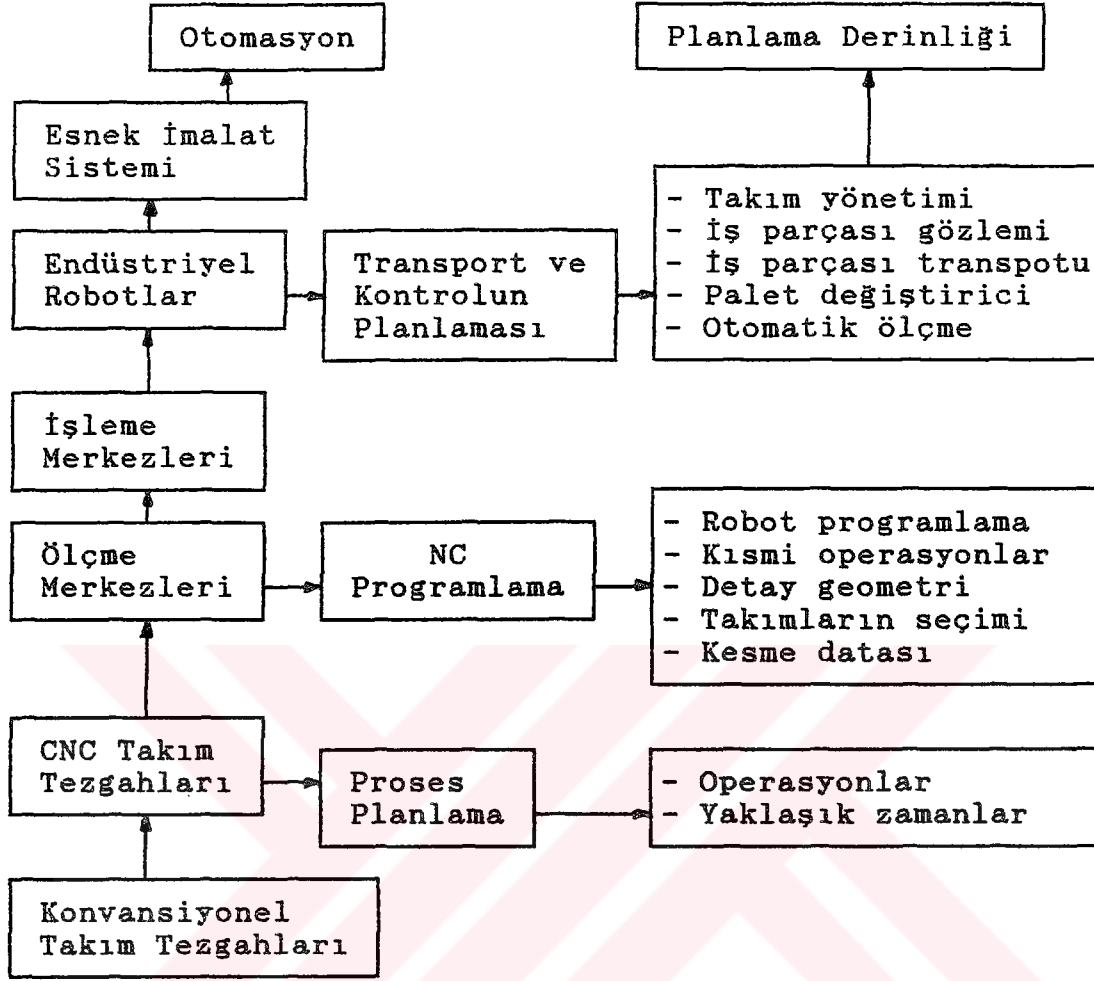
5) Bütün üretim planının yaratılması ve uygulaması, farklı organizasyon birimlerinin katılımı, farklı coğrafik bölgeler ve daha uzun bir zamanın harcanmasını beraberinde getirir. Bu şartlar plan-gösterim işini yapar, bu planın gelişimi için kritiktir. İmkansız olmasa bile çok zordur. Atölyede bu geri besleme olmaksızın, gelecekteki çözüm için planın iyiliği ve kalitesinin ölçümü çok zor hale gelecektir.

6) Otomatize edilmiş çevrede işlem ve operasyon planlama, hassas detaylar ile ilgilenmek zorunda olan bilgiden sonuçlanmalıdır ve tüm bu bilgiler, gerçek üretim başlamadan önce hazır olmalıdır. Bilgilerin yorumu, adaptasyonu ve bütünlüğü daha sonraki bir fazda uygulanabilir değildir.

Yukarıda ki zorluklar, CAPP sistemini geliştirmeyi amaçlayan araştırmacıların yüz yüze kaldıkları gerçek sorunlardır. Bazı araştırma faaliyetleri çoktan beri bu zorlukları belirlemeye kendilerini adanmışlardır. Buna karşın onların bir şekilde sonuç alabilecekleri yoğun ve birbirine girmiş bir şekilde bu zorluklar ile ilgilenmediklerini düşünüyoruz. Dahası bu konunun, birbiri ile alakalı üç temel görüşü vardır ki entegre planın amacına ulaşmak için işlem planlama alanında çalışan araştırmacılar tarafından hep birlikte belirlenmelidir. Bu amaçlar şunlardır ;

1) Mevcut olan planlama aktivitelerini otomatize etmek. Bilgisayar sistemleri, halen insanlar tarafından faydalanılan yola bağlı olarak planlama aktivitelerinin bazı kısımlarını yardım etmek ve/veya otomatize etmek için geliştirilmelidir. şu anki üretim planlama araştırmalarının amacı bu kategoriye girer.

2) Gelecekteki planlama değişikliklerini önceden sezmek. Geleceğin fabrikalarının üretim planlaması için gereksinimleri önceden tahmin edilmelidir ve planlama teknikleri gelecekteki ihtiyaçları karşılayacak şekilde geliştirilmelidir. Bu önemli bir aktivite olarak tanınıyorsa, bu güne kadar bu yönde çok az araştırmalar vardır. Yeni otomatize edilmiş üretim sistemlerinin gelişen tanımında; örneğin esnek imalat hücreleri yada sistemleri, işlem planlamasında görevin artmasına önderlik etmektedir. Otomasyonun derecesi ile planlama için gerekli çabanın derecesi arasında fonksiyonel



- Artan otomasyona göre ek planlama amaçları
- Bitmiş parça imalat planlamasının artması
- Otomasyona yönelmiş dizaynın öneminin artışı

Şekil 2: Yeni İmalata Göre Planlama Zorluklarının artışı

karşılaştırma şüphesiz fiyat uygunluğu terimi içerisinde ne yazık ki işlem planlama, planlama prosedürünün içeriğini değiştirebilecek bir dizi etkiyle karşı karşıya kalır.

İşlem planlama, üretim ortamında çok çeşitlilikte aktiviteleri içeren geniş bir konudur. Bunun ardından araştırmada, aynı anda belirtilmesi gereken çok amaca sahiptir. Bütün bu amaçlar gerek kısa dönemde gerekse uzun

dönemde sistem entegrasyonunun temel ihtiyaçları ve anahtar kavramlarla bağıntılıdır.

Kısa dönemde bilgisayar destekli planlama sistemleri, şahsi olan planlama fonksiyonlarının otomatize etmeye ve birimleştirilmiş çevreye bu fonksiyonlar entegrasyonunu geliştirmelidir. Başka bir deyişle, CAPPs'ler en azından iki adet birbiriyle ilişkili amaca hizmet ederler.

-- Fonksiyon otomasyonu

-- Sistem entegrasyonu (yada koordinasyonu)

Entegrasyon, sadece değişik planlama fonksiyonları arasında değil ama bunun yanında dizayn ve üretim aktiviteleri arasında da olmalıdır. Burada biz kısa dönem planlama araştırmalarına yüzeysel bakarak bir nokta işaretlemeliyizki, aktivitelerin etkili oldukları tüm aralıklarının arasından planlama fonksiyonlarının üniform olarak değilde seçici olsun. Şu anki pratiğe dayalı günümüz bilgisayar teknolojisinde, otomatize edilmesi mümkün olmayan pek çok planlama fonksiyonu vardır. Pek çok kaynaklar ve eforlar, fizibilite teleri çalışmadıkça bu gibi fonksiyonları otomatize etmek için harcanmaktadır. Bu yüzden kritik ilk adım, otomatize edilebilmelerine bakılarak günümüz planlama fonksiyonlarını test etmektedir. Diğer bir ilişkili konu, CAPP sisteminin özerklik otonomisinin derecesidir. Tüm CAPPs'lerin tamamen otomatize olması beklemek hayal perestliktir. Kapsamlı çalışmalar bugünkü planlamanın hangi fonksiyonlarının ne derece otomatize olduğunun test edilmesinde bize yol göstermelidir. CAP çevresinin gerçek şekli tamamen bilgisayar

ile sağlanan planlama fonksiyonları ki, kısmen bilgisayar ile sağlanan planlama fonksiyonları ve manuel olarak insan tarafından yol gösterilen planlama fonksiyonlarını içermelidir. Fakat halen eforun entegrasyon kısmı, bu üç kategorideki planlamayı mantıklı bir şekilde koordine edecek otomatize sistemlerinde belirgince desteklenmektedir.

Planlama araştırmalarında tüm bu kısa dönem eforları, uzun dönem hedefleri desteklemelidir.

Yukarıda bahsedildiği gibi planlamanın ana hedeflerinden biri koordinasyon ve entegrasyondur. Bizler yalnızca dizayn ve imalat arasında planlama fonksiyonlarının koordine etmemeliyiz, ama bununla birlikte bu fonksiyonları daha kolay koordine edebilecek yollar önermeliyiz. İkinci kısımda daha fazla başarı elde ettiğimiz gibi örneğin; doğal olarak koordine edilmiş yeni planlama yapıları önermek koordinasyon için ihtiyaç, bundan sonra planlama için ihtiyaç azar azar azalacaktır. Bu trende örnek olarak araştırma çalışmalarının imal edilebilirlik için dizayn alanında görülebilir. Bu, bugünkü imalat endüstrisini ilgilendiren ana konudur.

Üretim düşüncelerini dizayn fazına getirmeye yardım eden bilgisayarlarla, üretim ile dizayn arasındaki koordinasyon kısmen inşa edilmiştir. Böylece kısmen planlama fonksiyonuna olan ihtiyaç biraz elemine edilmiştir. Bu açıdan bizim karşılaştığımız meydan okumalar özelliklerin (geometrik şekiller) tanımlanmasıdır. Öyleki bunlar hem dizayn hemde üretim fonksiyonlarına hizmet ederler.

Bir problem, bir tanım ile pek çok olguda her iki fonksiyon içerilemez. Dizayn ve üretim fonksiyonları ile ilişkili geometrik şekillerin ayrımı için bir şebeke gibi tüm ilgili bilgilerin yapısının dizaynı çok önemlidir. Bu yönde ilerledikçe entegrasyon ve koordinasyon sonuçta dizaynlandığı şekillerde belirecektir. Üretim planlama denilen ayrı bir aktiviteye olan ihtiyaç azalacaktır. Bu nedenle şunu söyleyebilirizki gerçek mantıklı bir planlama sistemi, planlamayı tamamen yapacaktır, böylece planlama fonksiyonlarının açıkca yerine getirilmesi büyük ölçüde azalacaktır.

3.2. CAPP YAKLAŞIMLARININ GELİŞİMİ

3.2.1. DEĞİŞKEN YAKLAŞIM

Proses planlama işine yardım etmek üzere bilgisayarla ile uygulanan bazı işler değişken proses planlama işlemlerinin alanı içindedir. Bu CAPP sistemi tipinde parçalar, parça aileleri şeklinde gruplanmıştır ve her aile için tek bir kod oluşturulmuştur. Ayrıca her aile için önceden standart bir proses planı geliştirilmiştir. Pek çok sistemler çeşitli parça ailelerine tek bir kod geliştirmek için iyi bilinen bir GT grup teknolojisine dayanan kodlama sistemi kullanırlar. Standart planlar, bilgisayarlarda depolanmış ve her aile için tek bir kod oluşturulmuştur. Bu tipteki proses planlama sistemi önce yeni parça için hangi parça ailesine bağlı olduğunu gösteren bir kod geliştirmek için kullanılmıştır. Daha sonra yeni parçanın karakteristik-

lerini yansıtmak bir standart proses planını yapar ve doldurur. CAM-I CAPP böyle bir bilgisayar destekli proses planlama sistemi için bilinen örneklerden birisidir.

3.2.2. YARI JENERATİF YAKLAŞIM

Yarı jeneratif sistemler, proses planlama sistemlerinin bir sonraki versiyonudur. Bu sistemler gelişmiş değişken sistemlerdir ve yarı jeneratif özellikler ile birleşmiştir. Parça ailesinin tanımlanmasından sonra, ana değişken sisteminde olduğu gibi, bu sistemler kullanıcıya birkaç seçenek verirler. Seçeneklerden biri, her parça ailesi için standart proses planına uygun değişiklikler yapmaktadır. İkinci seçenek, tamamlanmamış bir proses planı ile başlayıp ve özel bir parça için onu tamamlamaktır. Üçüncü bir seçenek baştan başlayarak, bilgisayara depolanmış çeşitli standart proses tanımlarını kullanarak tamamen yeni bir plan oluşturmaktır. GENPLAN ve CORE-CAPP bu sistemler için bazı örneklerdir.

3.2.3. JENERATİF YAKLAŞIM

Jeneratif yaklaşım, bilgisayar destekli proses planlama sistemlerinin evriminde geçerli bir değişikliği gösterir. Bu sistemler parça için proses planını geliştirmek üzere otomatik birleştirilmiş proses bilgisi için dizayn edilmişlerdir. Bu sistemler, üretim bilgilerini kullanmak için bir mantık içerirler ve uygun parça tanımlama şeması bilinen parça için proses planı yaratılır. Jeneratif proses

planlama sistemlerinin son versiyonları, imalat mantığını yakalamak için karar tabloları ve karar ağaçları ve GT kodu veya parçanın doğru tanımlanmasını sağlamak için geliştirilmiş diller kullanmaktadırlar. Bu sistemler benzer işi gören parçalarından daha kompleks olmaktadır ve onların uygulanmasından daha sınırlandırıcıdır. CAD veri tabanlarının ve tel kafes modellemenin gelişi ile, parça tanımlama şeması tipi kullanılarak, jeneratif proses planlama sistemleri geliştirilmiştir.

3.2.4. GÜNÜMÜZDEKİ ÖNEM

Jeneratif proses planlama sistemlerindeki ikinci büyük gelişme yapay zeka tekniklerinin kullanılmasıdır. Bilgi tabanlı ve yapay zeka bazlı planlama tekniklerindeki kavramlar proses planlarını oluşturmaya uygun görülmüştür. Bu tekniklerin uygulanmasında birçok potansiyeller vardır. Bunlar; proses sıralama sınırlamaları, aparat seçimi, kesme takımı seçimi, kesme parametreleri seçimi v.b. dir.

Son zamanlarda CAPP araştırması alanında çalışmak, dizayn entegrasyonunun çıkışına, imalat organizasyonu içinde planlama ve imalat işlerine daha çok odaklanmıştır. Parçanın geometrik ve topolojik özelliklerinin tanımlanması tüm düzeylerdeki işler ile merkezi bir bağ olarak düşünülmüştür. Bu mantıkla tüm düzeylerdeki görevlere destek sağlayacak parça tanımlama şemaları geliştirilmesine konsantre olmuştur.

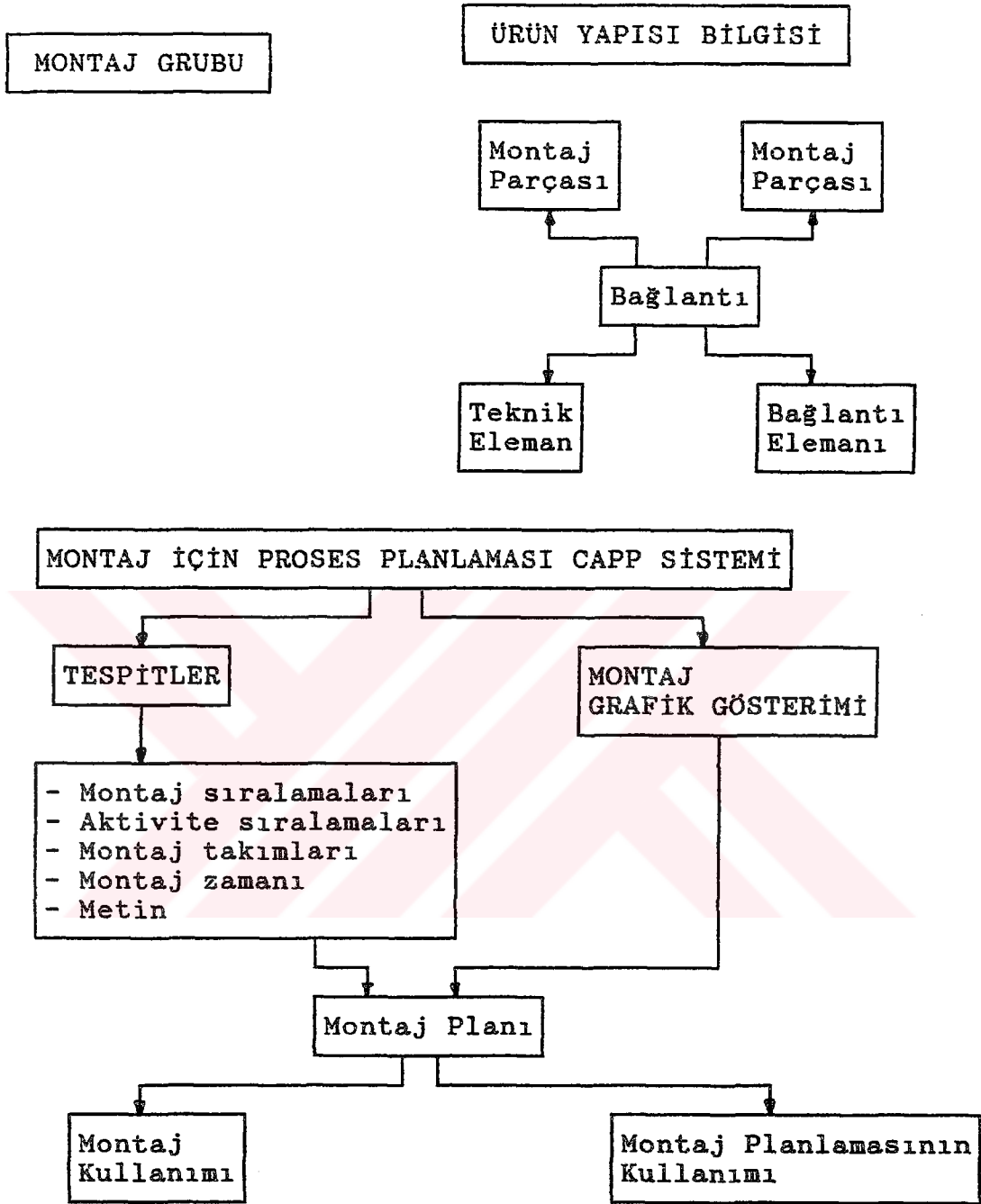
Halen değişken ve yarı jeneratif yaklaşımlar, en pratik olanlar gibi görünmektedir ve bu sistemler gerçek

uygulamaları kesinleştirmede zayıftırlar. Yine de jeneratif planlama sistemleri, proses planlama arenasında uzun dönemli ihtiyaçları karşılarlar ve günümüzdeki araştırma, yapay zeka teknikleri ile değişik parça tanımlama şemalarının gerçek jeneratif proses planlama sistemi geliştirilmesine odaklanmıştır. Böyle jeneratif sistemlerin gelişmesini desteklemek üzere, görevler için değişik kavramsal çerçeveler ileri sürülmüştür.

Proses planlamasındaki önemli bir görevde, montaj için proses planı jenerasyonudur. Bu iş için, uygulamada yalnızca bir kaç sistem vardır. Montaj için CAPP sisteminin bir kavramı şekil 3 'de gösterilmiştir.

Montaj sisteminin planlamasındaki etkili değişkenler; örneğin modeller ve ürün tiplerinin verimliliği, ürünlerin daha kısa geliştirme zamanı, üretim personelinin değişiklik ihtiyacı değişmekte ve ürün planlıları için artan bir baskı yaratmaktadır. Çünkü montaj prosesinin gerektirdikleri teknik açıdan ürün dizaynını etkilemektedir. Montaj problemleri, CAPP'de olduğu kadar bilgisayar destekli dizayn işlemlerine de entegredir. Bununla birlikte gelişim prosedürleri, başlangıç dizaynı yalnızca imalat terimlerindeki optimize etmek için uygulanmaktadır. Ama bunun yanında montaj, aşağıdaki prosedürleri içermelidir;

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| -- Esneklik analizi | -- Ekleme analizi |
| -- Fonksiyonel analiz | -- İmalat analizi |
| -- Besleme analizi | -- Kavrama analizi |



Şekil 3 : Montaj için CAPP Sisteminin Kullanımı.

Montaj planlamasının görevleri, uygun sistem prensiplerinin seçiminden, başlangıç kavramının geliştirilmesi, farklı yerleştirme planlarının geliştirilmesi,

performans veri parametrelerinin fiyat ve sistem davranışlarının gösterimi çıkışı gibi sıralanması ve sistem alternatiflerinin gelişimidir.

3.3. BUGÜNKÜ ARAŞTIRMALAR İÇİN BAZI ELEŞTİRİLER

3.3.1. PLANLAMA ALANINDA ESASLI YAPI EKSİKLİKLERİ

Bir imalat düzenindeki planlama, geçmişte sürekli hiyerarşik yapıli bir faaliyet olarak görülmüştür. Bu hiyerarşik yapı detayda organizasyondan, organizasyona değişebilir. Ama bazı genel planlama stratejilerinin gelişmesinde belirli karakteristikler yardımcı rol oynar. Bu güne kadar üretim kısmının organizasyon yapısına göre planlama için, mantıklı yapıların tanımında odaklanmış, çok az sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar, saf teknik fikrin arkasındaki bir çok düşünce ile ilgilidir. Fakat temiz bir planlama yapısınının mevcut olmaması halinde geliştirilen sistemlerin, uygulamada imalat organizasyonları üzerinde esaslı bir etkisi olamaz. Dahası temiz bir yapı olamadan, yerel sınırlamalarla bağdaşacak yeterli modülerlikteki planlama sistemlerini geliştirmek güçtür. Yerel bilgiyi efektif olarak dahil etme yeteneği, gerçek yaşam uygulamalarındaki planlama sistemlerinin sağlamlığının anahtarıdır ve geliştirilmiş bazı sistemlerin, akademik prototip düzeyinde ileri gidememesinin nedeni budur.

3.3.2. AÇIK ÇEVİRİM PLANLAMA MİMARİSİ

İmalat faaliyetlerinin kompleksliği, bir kerede ideal bir plan yaratılmasını olanaksız kılar. Uygulamada optimal yapıya uygun bir plan oluşturmak için plan uygulama düzeyinden geri beslemeye dayanan pek çok iterasyon alır. Planlamacı, insan veya bilgisayar sistemi, zeki kararlara ulaşabilmek için, bu tip bir kendi adapte olabileceği yeteneğe sahip olmalıdır. Pek çok planlama faaliyetleri esasen plan oluşturma fazıyla ilgilidir. Plan oluşturma ile onun yapılma ve gösterme faaliyetlerinin bağlantısı için büyük bir çaba harcanmamıştır. Bu açık çevrim planlama yaklaşımı, geri beslemeden öğrenilmiş olabilecek değerli dersler ile otomatikman birleşemez. İnsanlar, monitör planı yapmaya ve gelecek planların performanslarını geliştirmeye yardım edebilirler. İmalat planının uygulaması, çoklu bölümlerin gerektirdiği ölçüde zaman alır. Bu kendini geliştiren yeteneğin eksikliğinin bir sebebi, laboratuarda geliştirilen CAPP sistemlerinin, uygulamadaki planlama üzerinde etkili olamamasıdır.

3.3.3. DEĞİŞİK PLANLAMA SİSTEMLERİ ARASINDAKİ İZOLASYON

İmalat planının önemi, geniş çapta dizayn ve imalat faaliyetlerini entegre etmedeki acil ihtiyaçtan doğar. Planlama, bugünkü üretim ortamında, dizayn ve imalat adalarını birleştiren köprünün yaratılmasındaki fabrika entegrasyonunu başaracak mantıksal araçtır. İlk yerlerinde; entegrasyon için motive edilmiş olsalar bile pek çok planlama

sistemi entegre değildir. Bugünkü araştırma faaliyetleri, seçilmiş bir parça için, spesifik bir planlama fonksiyonu cinsinde odaklanmaya çalışırlar. Bu mikro-fikir planlama yaklaşımları, diğer planlama faaliyetlerinden izolasyonda bireysel görevler oluşturan bilgisayar sistemleri üretirler. Entegre sistem görüş açısından, sadece birkaç çaba, tüm planlamayı adresleyen makro görüş açısını hedeflemiştir ve bu üretim planlamasını, proses planlamasını ve işlem planlamasını içerir. Çünkü üretim planlama sistemi bir problemdir. Planlama sistemleri, pratikte etkili olarak uygun sonuç vermeye izole edilmiş mikro yaklaşımlara dayanırlar.

Gelecekteki, entegrasyon hedefini karşılamak için yeni bir planlama yaklaşımı gerekir. Öncelikler, üretim planlaması, proses planlaması ve işlem planlaması entegre bir halde adreslenmelidir. Diğer bir deyişle üretim planlama düzeyindeki kararlar, proses planlama düzeyindekiler ile desteklenmelidir. Proses planlama düzeyindekiler ise işlem planlama düzeyindeki detaylı spesifikasyonlar ile desteklenirler. Dahası daha üst düzeyde, üretim planlaması uzun dönemli stratejik faktörlere bağlanmalıdır. Böylece mühendislik, ekonomi ve sosyal görüş açılarından optimum olan kararlara ulaşılmış olur. En düşük seviyede, işlem planlama düzeyinde yapılan tasarımlar, planlanmış prosesin fiziksel modellerine dayanmalıdır. Tüm bu kritik bağlantılar, planlama sistemleri geliştirildikten sonra adreslenmelidir.

3.3.4. DAR ODAKLI PLANLAMA SİSTEMLERİ

Bu mikro-görüş planlama faaliyetlerini ve tüm planlama yapısının eksikliğinin sonucu olarak, bugüne dek geliştirilen bir çok planlama sistemleri dar bir faaliyet sahasında odaklanmıştır. Örneğin, bugünkü jeneratif CAPP sistemlerindeki pek çok faaliyet, belirli sınırları olan parça şekillerinin işleme sıralamalarını oluşturmayı hedefler. Bunlar, işleme el kitapları ve veri tabanlarına dayandırılmıştır ve işlem planlama düzeyinde yapılan tasarılar bir kara kutu olarak muamele görmüşlerdir. Aktüel her sıralamanın nasıl olacağının detayı belirtilmemiştir. Dar odağa diğer bir örnek şudur; makinalaşmadan başka, imalat işlemleri için birkaç planlama sistemi geliştirilmiştir. Makinalaşma fikrinde bile, geliştirilen pek çok sistemler, sadece tek işlemi planlama işlerini adresler ve çoklu prosesler için uygun değildirler. Dahası gerçek yaşamdaki planlama faaliyetlerinde önemli bir faktör olan ekonomik düşünceler, teknik bilgidен oluşan bugünkü planlama sistemleri ile birleşmemişlerdir.

3.3.5. KENDİ ARALARINDA DİSİPLİNLİ PLANLAMA SORUNLARINA TEK YAKLAŞIM

İmalat planlama problemlerinin ve modern imalat çevresinin dinamik yapısının kompleksliğine ve genişliğine göre, işinin ehli bir plancının görevlerini oluşturabilmesi için yetenek ve bilgilere ihtiyaç vardır. Benzer şekilde sağlam bir planlama sisteminin, etkin bir şekilde planlama

fonksiyonlarını adresleyebilmesi için çeşitli tekniklere sahip olması gerekir. Maalesef birkaç istisna olmakla birlikte, günümüzdeki planlama sistemlerinin çoğunluğu soruna basit bir yaklaşımla bakar.

Entegre planlama sisteminin getirdiği tüm fonksiyonları idare edecek en iyi olan tek bir yaklaşım yoktur. Karışık yaklaşımlar ki mantıken birkaç değişik tekniğin kuvvetini birleştiren yaklaşımlar, pratik planlama sorunları için kullanılmalıdır. Örneğin, optimizasyon ve operasyon araştırmalarındaki değişik teknikler, plan sıralama jenerasyonuna birleşmelidir. Proseslerin matematik modelleri, operasyon planlama sistemlerinin bir parçası olmalıdır ve yapay zekaya dayalı tekniklerde verimliliklerine katkıda bulunacak uygun geleneksel metodlar ile entegre edilmelidir. Benzer şekilde proses planlamadaki araştırmacılar, ilgilendikleri alanların görüşleri kendi aralarında disiplinli olmalıdır ve başka fikirlerden değiştirmeye ve yeni değerli dersler öğrenmeye istekli olmalıdır. Özellikle elde etme, bilgisayar alanında yıllardır bir çalışma konusu olmuştur ve her disiplinden araştırmacılar, genel ve özel hedefleri için birbirlerine danışmalıdırlar.

3.4. CAPP'İN GELECEĞİ İÇİN ÖNERİLER

3.4.1. ENTEGRE PROSES PLANLAMA İÇİN İSKELET YAPI

Dizayn ve imalatı entegre etmeyi hedefleyen imalat planlamasının, kendisininde entegre olmasını beklemek tek mantıktır. Zeki ve entegre planlama, gelecekte bilgisayar

entegre edilmiş imalat için örnek olacaktır ve gelecekte bugünkü bilgi yoğun aşamasından bilgi yoğun aşamasına, endüstri gelişimindeki kritik itici kuvvet olacaktır.

Entegre dizayn ve imalat veya entegre planlamayı tartışırken, entegrasyon teriminin gerçek anlamını ve kapsamını anlamak önemlidir. Bugünkü entegrasyon ve arabirimler de bazı karışıklıklar vardır. İmalat veya değişik planlama fonksiyonları ile dizayn da entegrasyon için pek çok yaklaşımlar ileri sürülmüştür. Ama bu yaklaşımların dikkatli bir incelemesi gösterir ki, bunlar, dizayn, imalat ve planlama fazındaki farklı faaliyetleri birleştirmeye çalışmaktadır. Bu aktiviteler uygulamada ve araştırmadaki ayrı ayrı bugünkü yaklaşımlardır ve bu birleştirme faaliyetleri izole edilmiş sonuçlar ile birlikte bağlanmak ihtiyacındadır.

Birleştirme ve entegrasyon arasındaki bir fark, birleştirmenin sonuç düzeyinde adreslenirken, entegrasyonun görev düzeyinde adreslenmelidir. Diğer bir deyişle, yan sonuçları ayrıca düşünüldüğünde bir görevi entegre etmek çok geç olacaktır. Entegre edilmiş dizayn ve imalatı başarmak için, bunların kendi aralarındaki faaliyetler çok daha önceden adreslenmelidir. Eğer bu faaliyetler görev seviyesinde entegre edilebilirse, sonuç seviyesine yaklaştıkça ve bu sonuçlar doğal şekilde entegre edildikçe, bunların farklılıkları azar azar küçülür. Benzer şekilde imalat planlamada birbirleriyle ilişkili alt görevler ayrı ayrı tamamlandıktan sonra, sonuç seviyesinde birleştiril-

mesinden ziyade görev seviyesinde entegre edilmelidir.

Proses planlama entegrasyonunun nedenleri şunlardır ;

- Bilgi akışında düzeltilmiş verimlilik
- Proses planlamasının düzeltilmiş kalitesi
- İnsan hatalarının azaltılması
- Proses planlamasının ve programın fonksiyonel entegrasyonu, ekipman ve üretim kontrolünün hizmetindeki optimizasyonun alternatif çözümleri için çabuk bir araştırmaya olanak tanımak.
- Değişik fonksiyonların esnek kullanılabilirliği

Ayrıca entegre sistemin inşası şunlara dayanmalıdır ;

- Uygun özelliklere dayanan üniform bir ürün tanıtımı
- Değişik fonksiyonlar için, Değişik modüllerin kullanımı
- Her modül için üniform bir kullanıcı arabirimi kullanımı
- Her modül için üniform bir veri tabanı arabirimi kullanımı
- Operatörün isteğine göre, kullanıcının kendi içindeki faaliyetini kolaylaştırma olanağı

Entegrasyon, otomasyon ve proses planlamanın gelecekte ihtiyacı olan esnekliği sağlamak için proses planlama sistemi aşağıdaki gibi olmalıdır ;

- Jeneratif
- Teknolojiye dayalı
- Dizayn ve proses planlaması arasındaki teknolojik ve iletişim arabirimler şeklinde özellikler kullanan.
- Tüm ürün bilgilerini otomatik olarak özetleyebilecek yapıda olan
- Kullanımda, kullanımı kolay ve esnekliği sağlayarak bir

denetleyici kontrol sistemi kullanan.

- Kapasite planlaması ve programı kapsayan tüm planlama görevlerini destekleyen
- Optimizasyon tekniklerine dayalı karar alabilen
- Kapalı çevrim planlamasına uygun.

Entegre planlama için yapı, çok boyutlu bir perspektife sahip olmalıdır. Diğer bir deyişle aşağıdaki alanlarda entegrasyona ihtiyaç vardır ;

-- Planlama Bilgisi :

Bilim bazlı prensipler, deneyim bazlı bilgiler ile entegre edilmelidir. Fizik anlaşılmayı yarayan şeyler ile entegre edilmelidir.

-- Planlama Faaliyetleri :

Proses planlama ; aşağıya doğru üretim planlaması ve yukarı doğru üretim planlaması ile entegre edilmelidir. İşlem planlaması, planlanmış imalat prosesinin fiziği (veya modeli) ile entegre edilmelidir.

-- Planlama Teknikleri :

Grup teknolojisi, modelleme ve simülasyonlar, optimizasyon ve bilgi tabanlı yaklaşımlar gibi teknikler gerçekten sağlam bir planlama sistemine entegre edilmelidir.

-- Planlama Sınırlamaları :

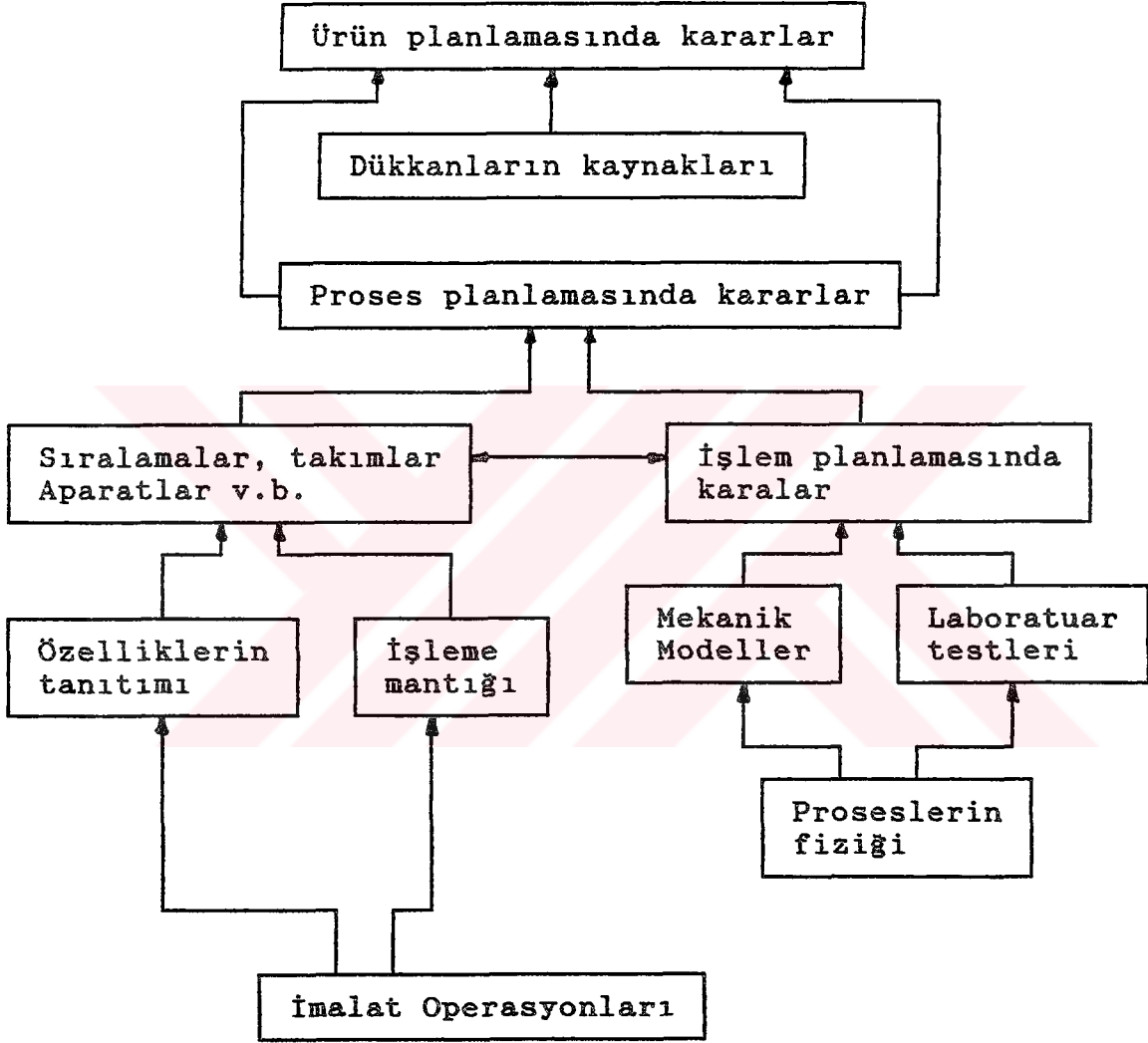
Değişik planlama sınırlamaları, yere veya global, teknik veya teknik olmayan sisteme sonradan ilave edilmesinden ziyade planlama safhası sırasında entegre edilmelidir. Bu, değişik noktalara simültane olarak birleşen, ortak problem çözme faaliyeti olarak imalat planlamasını gerektirir.

-- Planlama Geri Beslemesi :

Mekanizmalar, gelecekteki planlama kararlarını düzelteren, planlama sonuçlarında otomatik olarak birleşen geri besleme ile donatılmalıdır. Bu kapalı çevrim planlaması, bugünkü açık çevrim planlama mimarisinden esas itibariyle farklıdır.

Şekil 4 te böyle bir entegre planlama çevresinde, önerilmiş kavramsal bir yapıyı gösterir. Bu yapı, bugünkü planlama faaliyetleri ile karşılaştırıldığında daha iyi anlaşılabilir. İşlem planlaması, proses planlaması ve üretim planlamasındaki kararlar izolasyona erişmiştir. İşlem planlama safhasında işleme el kitaplarının ve veri tabanlarının yararı, hala işlem parametrelerinin kararlaştırılmasındaki en ortak yoldur. Proses planlama safhasında ise esas nokta, üretim programları ve işlem parametreleri hakkında bilgi olmaksızın, işlem sıraları üzerinde karar vermektir. Benzer şekilde üretim planlaması konusunda kararlar verilirken, proses ve işlem planlamanın detayları kara-kutu gibi işlem görürler. Planlamacılar oluşturulduktan sonra bu ayrılmış planlama kararlarının, birleştirme ve koordinasyonunun sorumluluğunu alırlar. Bu hiyerarşik yapı, üretim için verilen kararların proses planlamasına dayanması gerektiğini önerir ki prosese planlamasında işlem planlamasından kaynaklanır. Herhangi bir imalat işleminin üç ana faktörü ki biri "proseslerin fiziği" olarak adlandırılır ve işlem planlamasında kullanılır. Diğer proses planlaması için "ürünlerin geometrisi" ve üçüncüsü ise üretim planlaması için "fabrika kaynakları" dır. Aşağıdaki

iki bölüm, iki kritik entegrasyon faaliyetini tanımlar; birisi CAD ve CAPP arasında diğeri ise işyeri kontrolü ve CAPP arasındadır.



Şekil 4: Entegre Üretim Planlama için kavramsal bir yapı

3.4.2. CAPP VE CAD ENTEGRASYONU : ÜRÜN VE PROSES

MODELLEMESİ

Günümüzde bir çok yazılım sistemleri, şirket içindeki farklı departmanların fonksiyonlarını desteklemek için kullanılmaktadır. Bazı problemler, bu sistemler gerçekten entegre edildikten sonra çözümlenmelidir. Genelde bilgisayar sistemlerinin bağlantıları, ortak bir fabrika veri tabanının ihtiyacını gösteren dört ana yazılım sorununa liderlik eder. Bunlar ;

- Bireleşimsel problemi (sistemlerin artan sayılarıyla birlikte arabirimlerin sayılarında artar)
- Bolluk ve kararsızlık problemi (verinin çoklu depolanışı, farklı update seviyeleri)
- Kapalı yazılım karakterinin problemi (veri yapılarına giriş yapılamaz, algoritmalar geçersizdir)
- Model problemi (farklı yazılım sistemlerindeki farklı modeller)

Bir CAD ve CAM alt sistemi düşünelim; eğer bilgi diğer sisteme kaçıyor ise, birisi spesifik veri modelinin tek sistemde kurulamayacağını görebilir. Eğer CAD sistemindeki tüm çizim bilgileri geçerli ise, bu sistem, CAM sisteminde gereken iş parçası için tüm gerekli bilgiyi içerir. CAD'den CAM'e yüzey parametrelerini transfer etmek imkansızdır. Çünkü CAM sisteminde bu parametrelerin saklandığı yer, iş parçasının yüzeyleri ile ilişkilidir. İnsan verisi gerekli olmadan, değişik veri modelleri birbirlerine dönüştürülemez. Bu problem, yalnızca model yapılarının doğru planlanması ile

çözömlenebilir.

İmalat perspektif ile bakıldığında, ürün modeli iş parçasının geometrik ve topolojik bilgisini kapsamalıdır. Katı bir modelde, parçanın şekli çizgilerle, yüzeylerle ve hacimlerle tanıtılır. Boyutlar ve pozisyon toleransları geometrik elemanlar arasındaki ilişkilere ve geometrik elemanların şekil ve yüzey toleranslarına atfedilerek modelleştirilir. Teknolojik ürün modellemenin son zamanlardaki yapısı bu konuları kapsar. Tasarımcılar, iş parçasının fonksiyonel bitişik yüzeylerindeki ilişkileri tanımlayabilmelidirler. Eğer bu amaçlar için iç veri yapıları ve veri teknikleri vasıflandırılmışsa bu, CAD sistemlerinde kurulabilir. Fakat bilimsel fikirler ve müdahale kontrolü içindeki dizayn için, farklı iş parçalarının fonksiyonel bitişik yüzeylerindeki ilişkileri tanımlamak gerekir.

İmalat, montaj, kalite kontrol ve diğer amaçlar için bilgisayar yardımcı sistemlerde, organizasyonel ürün topolojisini tanıtmak önemlidir. Bunu, ürünün yapısal parçalarına ayrılması takip eder. Organizasyonel topoloji; parçaların atılmasını, benzer işleme teknolojisi ile kümelerin çekilmesini veya montaj parçalarının birleşmiş imalatını destekler.

Henüz fonksiyonel veya imalat elemanlarını tanıttacak spesifik kabiliyetler geçerli değildir. Birisi; parçadaki bir bölümü sınırlayarak, diğeri; özellik olabilecek parçada bir yüzeyler seti seçerek var olan iki sistemden şekil özellikleri ile ilgilenebilir. Bu spesifik dizayn görevi

tamamlandıktan sonra yapılmalıdır. Spesifik özelliklerle modeli yaratmak imkansızdır. Açık olan şudur ki, ticari olarak mevcut sistemler hala geometri prosedürler ve kullanıcıların ihtiyaçlarını yeterli derecede destekleyemezler.

Özellikle imalat uygulamalarında katı modelleme sistemleri kullanıcıya yeterli kolaylık sağlamazlar. Bazı sistemler 2 ve 1/2 D modunda NC takım yollarını oluşturabilecek yeteneği gösterirler. Eğer ki çevre çizginin geometrik elemanları karışmışsa, çevre çizgileri kapanmamışsa veya ölçeklemede farklılıklar var ise problemler ortaya çıkar. Kompleks yüzeyler için otomatik olarak NC takım yollarını oluşturabilecek bir sistem bilinmemektedir. Bunun yanında şirketler hala uyumlu olmayan yeni son işlemcileri almaktadırlar.

Bir ürünün (imalat için bütün bilgileri içeren) tamamen modellenmesi, CAD ve CAPP'in entegrasyonları için esas ihtiyaçtır. Bunun anlamı, CAD elemana dayanan bir kullanıcı arabirimi sağlamalıdır. Bu kanallar, havuzlar, delikler ve pahlar gibi teknik elemanların verisine izin verir. Teknik elemanlar, tasarımcı tarafından, bir parça tanımlanırken kullanılır yada proses planlamacı tarafından, bir parça imalatı için operasyonların planlamasında kullanılır. Kullanıcı arabirimi hacim, yüzey ve çizgilerin ilişkileri gibi teknik elemanların tanımlayan veri makroları içermelidir.

Örnek olarak; eğer dizaynır bir şaftta kanal açmak istiyorsa, o yiv için spesifik bir makro seçebilmelidir. Silindirik yüzün çapına ve uzunluğuna bağlı olarak, kanalı tüm parametreleri otomatik olarak saptanmalı, grafik ve metin çıktısı şeklinde ekranda gösterilmelidir. Tasarımcı kanalın en küçük parametresini dahi değiştirebilmelidir. Dizayn ve proses planlamasının yukarıda söz edilen görevleri, gelecekte bilgisayar yardımlarının yönünü göstermektedir. Bunlar ;

- Açık, genişletilebilir katı modelleme sistemleri
- Tüm uygulamalar için ortak bir ürün modeli
- Şirketteki tüm bilgisayar sistemleri için ortak bir fabrika veri tabanı

Yaklaşık olarak tüm şirket parametreleri, imalat prosesinin ortaya çıkışı ve planlaması için önemli hale gelmiştir. Her iş parçası parametresi bilgisayara uygun olmalıdır. Madde-oryantasyonuna göre, ürün modelinin bir parçası olmalıdır. Bu modelin keyfi genişleyebilirliği için bir talep oluşturur. Ürün modelleri, ticari programlarla da çalıştırılabilir olmalıdır. Katı model çalıştırma algoritmaları, iyi dökümante edilmiş alt programları şeklinde olmalıdır.

3.4.3. İŞYERİ KONTROLÜ VE CAPP'İN ENTEGRASYONU : PROSES VE ÜRETİMİN MODELLENMESİ

Kompleksliğinden dolayı proses planlaması, kaynak uygunluğu gibi, işyeri statüsü bilgisi düşünülmeden yürütülür. Bunun yanında, işyerindeki emirlerin akışı,

skolastik darboğazların, uygun olmayan takımların veya ekipman bozulmalarının neden olduğu kesintilerden yakınmaktadır. Yeniden planlama, düzenlemelerle yapılmalı ve uzun akış zamanları ile sonuçlanabilir. Çok sayıda proses planı belkide çalıştırılmayıp, değiştirilecektir. Lineer sıralamalı operasyonlar içeren proses planı yeterince esnek değildir. Verilen iş parçasının imalatı için çeşitli yollar sağlayan bir proses planı çok yararlı olacaktır. Bu, statik, ve lineer operasyon sıralaması gibi, proses planından kopma ihtiyacı gösterir. Plan rijitliği, plan tanıtımının zenginleştirilmesi ile yenilebilir.

Mekanik parçalar için proses planlarının otomatik olarak dizayn veri tabanlarında türeyebileceği varsayılırsa, geleneksel proses planlamanın çok zor anlaşılabilir olduğu görülür. İş parçasına ve işyerine ait pek çok sayıda sınırlama görmezlikten gelinmiş olur. İmalat prosesinin yapısını içeren yeni bir proses planı tanıtımı geliştirilmelidir. Planlama sırasında, optimal olan hariç, imalat operasyonlarının tüm alternatif sıralamalarının budanması yerine, budanma prosesinin daha üst düzeye çıkarılması önerilmiştir. Plan tanıtımı, paralellik ve alternatif operasyonları ifade edebilmelidir. O, işyeri statüsüne göre bağımlılık bilgisi sağlayarak, karar vermeye destek olmalıdır. Ön şartlar gibi Lineer olamayan grafikler, iş parçası durumlarını ve olaylar gibi spesifik imalat işlemlerini olarak tutmaya uygundur.

Bir proses planı, imalat operasyonları arasında mantıklı ve geçici ilişkilerin modelini yapmak üzere, örnek olarak bir Petri Net ile gösterilebilir. Petri Net'ler kolaylıkla eş zamanlılığı ve çevrimler içerirler. Böylece Karşılıklı etkileşim modeli mümkün olur.

Petri Net ile tanıtılan planlama bilgisinin bir parçası gibi işyerinin gerçek durumunu gösterebiliriz. Ancak işyeri durumu ile ilgili nesnelere sayısı çok fazla olduğundan, yeterli modelleme gücünü yaratacak bir Petri Net'ler hiyerarşisi oluşturulmalıdır. İşyerindeki değişik nesnelere (örneğin makina ve takımlar gibi) ayrı ayrı Petri Net'lerde modellenenabilirler. Hiyerarşisi oluşturulan Petri Net'ler için bazı iletişim kolaylıkları olmalıdır.

Petri Net'ler ile işyeri durumunu ve proses planlarını göstermek mümkün olduğundan, işyeri kontrolü amacıyla her iki durumda kullanılabilir. Geçerli bir işyeri programının var olduğu varsayıldığında, programa göre işyerindeki işlemlerin kontrolü, görev birleştirme prensibinden yararlanılarak mümkün olur. Ana fikir şudur ki, işleme operasyonunun olması için gerekli makina ve takımlar, uygun ve yerde olmalıdır. Bu prensibe dayanan basit görev dağıtıcıları; iş emirlerinin, takım hazırlama emirlerinin, nakliye emirlerinin v.b. gönderilmesi için yapılabilir.

İşyeri kontrol algoritmaları ve stratejileri, lineer olmayan yönlendirilmiş grafikler, proses planlamalarından iş kontrolünün yararlandığını ispatlamak için geliştirilmelidir. Kontrol amacı için yeni algoritmaların gerekliliği

tanımlanmalıdır. Böyle algoritmalar geliştirilmeli ve test edilmeli böylece lineer olamayan proses planları, optimum şekilde kullanılmalıdır. Stratejiler veya iş programları ve emir göndermeler değerlendirilmelidir.

Planlama ve kontrol (örneğin programlama) arasındaki sınır bulanıktır. Planlama ve kontrol birbirine dayanır ve aynı veriyi kullanır. Fakat bugünkü üretim planlama, programlama ve işyeri kontrolü sistemleri, bu bağılılıkları göz önüne almazlar. Fabrika çevresinde bir CCP sistemi, proses plancısı ile ağır bir etkileşime dayanır ve proses planının yaratılmasında kullanılır. Emir-bağımsız proses planı, aktif proses planlarının veri tabanında depolanmıştır. Proses planın kendisi, lineer bir işlemler sırasını içermektedir. Bir kere bir emir üretim planlama ve programlama sistemi (PPS) ile başlatıldığında, karşı proses planında veri tabanından elde edilir, emir verisi ile birleştirilir ve bir iş emri oluşturulmuş olur. Programlanmış salıverme zamanında iş emri, tüm salıverilmiş iş emirlerini içeren bir veri tabanında depolanır. İş yeri kontrol sistemi, iş yeri operasyonlarını yönetir. İş yeri kontrol sisteminden, PPS sistemine sürekli bir geri besleme vardır. Sistemler genelde prosedürel programlama dillerinde inşaa edilirler. Bu mimarinin bazı ciddi çatlakları vardır, fakat ;

-- İş yeri statüsü, proses planı yaratılması sırasında düşünülmemiştir. Bu verilen iş yerinin aktüel pozisyonunu proses edemeyen programlar yaratmıştır.

- Bir proses planı, aktif planların veri tabanından elde edildiğinde, eski ve bir ihtimalle güncelliğini yitirmiştir.
- Yeniden planlama için destek olmadığı sürece iş yeri kontrol sistemi parçalanmadan reaksiyon gösteremez.
- Üretim planında önemli rol oynayan bilginin, prosedürel programlama dilleri kullanıldığı zaman tanıtımı çok zordur.

Operasyon sıralarının ve programların yaratılması gibi daha kompleks işlerin otomasyonunu engelleyen zorlu bir engel vardır.

Proses planlamayı, programlamayı ve iş yeri kontrol sistemini entegre eden daha ileri bir sistem, tüm fonksiyonları izole etmelidir. Böyle bir sistem, bilgiye dayanan ve bir olasılıkla yapay zeka yazılım teknolojisi kullanılarak tamamlanmıştır. Bu bilginin entegrasyonunu ve bundan dolayı da proses planı jenerasyonu gibi fonksiyonların yüksek otomasyonunu daha kolay yapar. Entegre sistem, sadece mantıklı bir görüş açısından tek parçalıdır ve oluşturulması dağılmış bir yapıya sahiptir. Şu şekilde çalışabilir; bir kere emir alındığında, karşı proses planı, aktüel iş yeri statüsü göz önüne alınarak otomatik olarak üretilir. Bunun için bir "just-in-time proses planlama" terimi öneriyoruz çünkü plan "gerektiğinde" bazında oluşturulmuştur. İş yeri kontrolü, bahsedilen entegre sistem ile ortaya konur. Yeniden planlama bozulmalar olduğunda kolaylaşır. Çünkü proses planları, değiştirilen iş yeri statüsüne göre düzeltiler. Böyle bir mimari, eğer bir kaç ön şart yerine getirilirse gerçekleşebilir.

-- Entegre bilgi-tabanlı sistemi, proses planlarının otomatikleştirilmiş jenerasyonuna izin verecek kadar güçlüdür.

-- Arttırılmış hesaplama gücü geçerlidir.

Hala, tüm aktif proses planlarını içeren bir veri tabanı olacaktır. Bu pratik nedenlerden ötürüdür. Proses planları yalnızca programlama ve işyeri kontrolü görevleri için değil bunun yanında, ama diğer görevlerin çeşitliliği içinde gereklidir. Örneğin yatırım planlaması alanında, makina temini görevi, üretim zamanlarına, başlama zamanlarına ve proseslerin tanımına her işlem için ihtiyaç duyar. Tipik şekilde bu görevler veri tabanından, yüzlerce veya binlerce aktif proses planını isterler. Tabiki eğer burada varsayıldığı gibi otomatik proses planı jenerasyonu geçerli ise tüm gerekli proses planlarını "gerektiğinde" bazında oluşturmak olanaklı olacaktır. Ancak bu aşırı bir hesaplama gücü tüketecektir. Veri tabanındaki tüm proses planlarının kesin doğruluğu, bilgisayar kaynaklarının akıllı kullanımı içindir.

Burada aktüel proses planlarının veri tabanı"just-in-time" felsefesi ile oluşturulan, geçici bir veri tabanı için kullanılmıştır. Bu aktüel iş yeri statüsü için tüm proses planlarının kesin doğruluğunu sağlar. Programlama ve yeniden planlama birleştirilmiş bir fabrika modeline, iş yeri statüsü veri tabanının ve iş emri veri tabanının entegrasyonu ile kolaylaştırılır.

İnanıyoruzki gelecekteki proses planlama, programlama ve iş yeri kontrolü, eğer grup büyüklüğü "just-in-time" kavramları imalatta gerçekleştirilecek ise, yukarıda taslağı belirlenen yollarda gelişecektir. Eğer bu kavramlar kullanılırsa, malzeme tamponları ile zamanında proses planlama, programlama ve iş yeri kontrolü yapılması şansı uzun olmayacaktır. Bu yaklaşım gerçekleşmesi için tüm fabrika yan sistemlerinin kuvvetli bir bağlılığı gerekli olarak düşünülmüştür.

3.5. ENTEGRE PLANLAMADA YAPAY ZEKA TEKNİKLERİNİN POTANSİYEL ROLÜ

Entegre planlama, bilgi yoğun bir doğaya sahiptir. Geleneksel bilgisayar bazlı metodlar, entegre planlamanın meydan okuması ile uğraşamayacak durumdadır. Çünkü bunlar bilgi yoğun sahalar için veri işlemede iyidir. Ancak bilgi yoğun görevler için otomatik sonuç çıkarma konusunda iyi değildir. Yapay zeka bazlı teknikler basitçe bilgi ve veri uygulamadan ziyade bilgisayarlarda, yakalama, temsil etme, organize etme ve bilgiden yararlanma için dizayn edilmişler ve gelecekteki zeki ve entegre planlama için anahtar teknoloji olacaklardır. Yapay zeka, aynı zamanda gelecekteki tüm jeneratif sistemleri için bugünkü yarı jeneratif planlama yaklaşımlarının gelişiminde merkezi bir rol oynayacaktır. Bu grup teknolojisinin tanıtımına göre, manuel planlamadan, değişik planlamaya CAD tanıtımının

etkisine görede değişik planlamadan, yarı jeneratif planlamaya geçişle benzerdir. Bilgisayar yardımcı planlama yaklaşımlarının bu anahtar teknolojileri ve birleştirilmiş gelişimleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Yapay zeka bazlı teknikleri, henüz aktüel pratikteki değerlerini gösterebilecek düzeye ulaşamamıştır. Yapay zeka bazlı planlama yaklaşımlarındaki pek çok bugünkü faaliyetler imalat mantığını kapmak üzere bilgi bazı yapmaya odaklanmıştır. Yapay zekanın bu branşı, bilgi bazlı eksper sistemler, dikkatleri üzerine toplamış ve mühendislik camiasında tartışmaları başlatmıştır. Pek çok prototip eksper sistemler, dikkatleri üzerine toplamış ve mühendislik camiasında tartışmaları başlatmıştır. Pek çok prototip eksper sistemler, planlama fonksiyonları için geliştirilmiştir. Ancak hiçbirisi söz verildiği gibi etkili olamamıştır. Bundan dolayı yapay zekanın CAPP teki gerçek potansiyelini tartışırken, bugünkü sınırlamaları test etmek önemlidir. Aşağıdaki iki bölümde öncelikle bugünkü yapay zeka bazlı

<u>Gelişim</u>	<u>Endüstri Karakteri</u>	<u>Planlama Tipi</u>	<u>Anahtar Teknoloji</u>
Geçmişte	İş gücü yoğun	Manuel Planlama	Grup Teknoloji
Geçmişte	Ekipman yoğun	Bilgisayar Yardımlı Düzeltilebilir Planlama	CAD Tasarımı
Günümüzde	İnformasyon yoğun	Yarı Jeneratif Otomatik Planlama	Yapay Zeka
Gelecekte	Bilgi yoğun	Tam Jeneratif Zeki Planlama	

yaklaşımların planlama sahasında neden sadece sınırlandırılmış başarı sağladıklarını açıklayacağız, sonradan entegre ve zeki planlama içindeki potansiyel yapay zeka tekniklerini öğreneceğiz.

3.5.1. BUGÜNKÜ SINIRLAMALAR

Bugüne kadar CAPP ta kullanılan pek çok yapay zeka bazlı yaklaşımlar, bilgi bazlı eksper sistemlerin bazı verisyonlarıdır. Planlama sahasındaki bu eksper sistemleri, tıbbi sahadan öğrenilen derslerle geliştirilmiştir. Gerçi imalat planlaması, ilaçtan çok farklıdır. Bu, bu yeni teknolojiyi benimsemek için hevesli olan mühendisler için ciddi bir problemdir. Doğal olarak mühendislik sahasını en iyi anlayan mühendisler, bilgisayar bilginleri ile araştırma çabası içine girmelidir.

Aşağıda mühendislik sahasında eksper sistem uygulamalarının yol açtığı zorlukların ve bu alanda araştırma ihtiyaçlarının listesi vardır.

3.5.1.1. BİLGİ EDİNME METODU

İnsan eksperlerden ihtisas bilgisi alıp, bunları bilgisayarlara programlama prosesine bilgi mühendisliği denir. Bu bilgi edinme metodu erken eksper sistemi projelerinden geliştirilmiş olup, zaman tüketicidir ve idaresi zordur. Yine bu projeler için kullanışlı olduğu ispatlanmıştır ve hala değişik alanları kapsayan mühendislik için geliştirilen eksper sistemlerinde en popüler methodur.

Bu mülakat tekniklerinin tıbbi sahada neden çok iyi çalıştığıнын nedenlerinden birisi, o alandaki insan eksperlerin (doktorlar, fizikçiler, iyi eğitilmiş bilim adamları vb.) normal olarak kolay anlaşılır olmasıdır.

Tıbbi alandaki fizikçilerden farklı, mühendislik alanına uygun insan eksperler çok farklı olabilir. Örneğin; makina prosesleri için bir eksper sistemi geliştirmek için gerekli eksperlerin için en iyi adaylar fabrikada makina ile çalışanlardır. Ama bunlar maalesef normalde konularında bilimsel eğitim almamışlardır. Bunların çoğu bilgileri, yılların deneyimi ile birikmiştir. Onlar belki doktorlardan daha az kolay anlaşılabilir olabilirler ve bir tasarımı nasıl ve niçin yaptıklarını açıklamakta zorluk çekebilirler.

Mühendisin proses planlama gibi problem çözümü için bilgi ve mantığı ampirik olmaktan uzaktır. Teknolojik özelliklerin model tanıtmaya ve imalat mantıklarının örnek gerçekleştirmede olanaklı olduğu zannedilmektedir.

3.5.1.2. İHTİSAS BİLGİSİNİN TİPİ

Bilgi edinme prosesinde kullanılan mülakat tekniklerine göre, toplanmış ihtisas bilgisi büyük çapta anlaşılır tiptedir. Yardımcı değerler, zeki problem çözme için önemlidir ve eğer iyi şekilde kullanılırsa, yüksek performanslı bilgi bazlı sistemde sonuç alabilirler. Ama şunuda not etmek önemlidir ki, yardımcı bilgi değişik alanlarda değişik roller oynar. Tıp sahasında yardımcı değerler önemlidir ve sıkça ihtiyaç duyulan tek bilgi

tipidir. Tıp mesleğinin doğası ve kompleksliği, doktorların saf deterministik yaklaşımlar kullanmaktan korur. Yardımcı bilgi, tıbbi eksper sistemlerin oluşturulmasındaki bilgi edinmenin esas odağı olmuştur.

Keşfe yarayan mühendislik için de önemlidir. Fakat tıpta olduğundan daha az rol oynar. Mühendislik bilgisi, özellikle imalat alanında bilim bazlı prensipleri ve deney bazlı izafi değerlerin kombinasyonudur. Mühendislerce kullanılan nümerik simülasyonlar gibi geleneksel bilgisayar bazlı metodlar, aslında bilim bazlı deterministik bilgi içindir. Bunlar yararlıdır ancak sınırlıdır. Mühendislik alanında yapılan sistemler çok yararlı deterministik bilgiyi kabul etmezler ve geleneksel yazılım paketleriyle entegrasyon için güçtür. Mühendisler için yardımcı değerlere dayanan akıllı sistemler yapmak zekice değildir.

3.5.1.3. MUHAKEME YAKLAŞIMI

Zor problemler ile karşılaşıldığında insanlar, tümden gelimli ve tüme varımlı düşünceler ararlar. Tümden gelimli düşüncelerde pek çok spesifik durumların ve iş örnekleri verilmiştir ve alanın genelleştirilmiş prensipleri veya kuralları elde edilmiştir. Tezat olarak, tümden gelimli düşünceler spesifik durumları ve tavsiyeleri üretmek için

zorunluluktur. Bunlar ileri ve geri düşünce yaklaşımları ile karıştırılmamalıdır. Bugünkü bilgi bazlı eksper sistemi örneği, esasen tümünden gelimli düşünce yaklaşımına dayanmaktadır. Bu sistemler saha bilgisine ve kurallarına sahip olmalıdır. Esas ihtiyaç şudur ki, saha bilgisi ve kuralları önceden bilinmeli ve tümünden gelimli düşüncenin yer alabileceği bir şekilde yapılandırılmalıdır. Diğer bir deyişle bu sistemler, sadece bilgi kullanımını adreslerler ve bilgi edinme işini, bilgi mühendislerine bırakırlar. Bu örnek esasen bilginin uygun ve görevlerinin iyi bilindiği sahalarda işler.

Mühendislik aslında bu kategoriye uygun değildir. Sadece pek çok mühendislik görevlerinin kısmi bilinirliğinden değil, görev bilinse dahi bilginin uygun olmamasından da kaynaklanır. Nümerik analiz ve bilgisayar simülasyonu gibi popüler mühendislik metodları, mühendislere karar almak için direkt bilgi değil, sadece veri ve informasyon sağlarlar. Bugünkü tümünden gelimli örneğe dayanıldığında bu veri ve informasyon, bilgi bazlı eksper sistemlerinin inşasında kullanışlı değildir. Zira girdi olarak saha bilgisi kullanırlar. İşte bu mühendislerin eksper sistemi çabaları ile geleneksel yazılımı birleştirmelerindeki büyük zorluğun nedenlerinden birisidir. Eğer bu örneğe tüme varımlı düşünce eklenirse bu sorun ortadan kalkacaktır. Böylece tümevarımın, deterministik bilgi ile izafi bilgiyi birleştirmede güçlü bir araç olduğu açıkça meydana çıkar.

3.5.1.4. PROBLEM BÜYÜKLÜKLERİ VE BUNLARIN GÖRÜNÜŞLERİ

Bugünkü eksper sistem teknolojisi sadece sınırlı tanımlanmış problemlere uygulanabilir. Sorunun büyüklüğü ile sistem performansının kalitesi arasında bir ilişki mevcuttur. Yüksek performans sağlamak için, problemin büyüklüğü sınırlanmalıdır. Eğer seçilen problem çok karışık ise, o sorunu kısmi adreslenmesi gerekir. Böylelikle bilgi bazlı idare edilebilir bir büyüklükte tutulmuş olur. Aynı nedenle, problemin görünüşüde sınırlandırılmıştır.

Malesef imalat planlaması gibi gerçek hayattaki mühendislik problemleri, bu dar görüşlü tanımlanmış modele uymamaktadır. Sonuç olarak mühendislik alanında pek çok eksper sistemi, pratik değerleri açısından çok sınırlıdır.

3.5.1.5. DANIŞMA ÇERÇEVESİ

Bugüne kadar geliştirilmiş pek çok eksper sistem esasen, tıbbi danışmadaki orjinlere göre, danışma için kullanılmıştır. Bu danışma çerçevesinde, problem sahası iyi tanımlanmalıdır ve çözüm alanı önceden biliniyor olmalıdır. Ayrıca bilgi sahasındaki yapılar iyi belirlenmelidir. Bu seçme veya sınıflandırma prosesi günümüzde, eksper sistemleri için düşünce mekanizmalarının inşasındaki en iyi bilinen yoldur. Sonuç olarak, dizayn ve planlama sistemi için geliştirilmiş pek çok sistem diagnostik tiptedir. Sistem kullanıcılarına göre çok aha üstün bir saha bilgisine sahip olduğu varsayılmıştır. Danışman, öğrencileri ile sohbetler eder, onların sistemden sorular beklemesini sağlar ve sorun

çözme prosesinde aktif olarak yer almalarına izin vermez. Dahası danışman, diğer eksperlere danışamaz. Bugünkü sistemler, dünyadan izole edilmiş çevrelerde kullanıcıları ile sadece tek bir iletişim kanalı ile çalışırlar.

Bu örnek, mühendislik alanı için iyi çalışmaz. Birincisi; danışma, mühendislerin isteyebileceği yardımların sadece birisidir. Yukarıda tanımlanan seçme ve sınıflandırma modeli dizayn, planlama, online kontrol gibi birçok önemli mühendislik görevi için yetersizdir. Bu görevler, problem çözmede, daha ziyade bazı jeneratif faaliyetlere gereksinim duyarlar. Dahası öğrenci danışman modeli, mühendislik uygulamaları için uygun değildir. Onlar bu örnektekinden de çok, problem çözmeye aktif olarak katılmalıdırlar. Daha ciddi bir sınırlama, mühendislik uygulaması açısından, bugünkü eksper sistemleriyle sadece tek taraflı iletişim için verilmiştir. Planlama, dizayn ve programlama gibi diğer uygulamalar, zeki sistemler için güçlü bir veri tabanı desteğine ihtiyaç duyarlar. Bugünkü eksper sistemleri, karar verme yardımcısı olarak varolan veri tabanı teknolojisinden güçlü destekler alamazlar. İş bu problem belki daha da ciddidir.

3.5.2. POTANSİYEL ROLLER

Hala ihtiyaç duyulan pek çok araştırma yapay zeka bazlı tekniklerden önce, gelecekteki imalat görevlerinde entegre ve zeki planlamalar için kullanılmıştır. Bu bölüm, tamamıyla olgunlaşmış yapay zeka tekniklerinin yararlı olacağı bazı

spesifik görevler önermektedir. Teknikleri tamamen olgunlaşmış ve mühendislikteki kullanımları tamamen keşfedilmiş ise yapay zeka, imalat planlamasında daha geniş bir etkiye sahip olacaktır. Gelecekte yapay zeka; yaratma, tanıtma, entegrasyon ve planlama zekasından yararlanmada anahtar teknoloji olacaktır.

3.5.2.1. PLANLAMA ZEKASININ OLUŞTURULMASI

Zeki planlamanın başarı için anahtarı, planlama bilgisinin geçerliliğidir. Gelecekte yapay zeka metodları sadece insan eksperli bilgiyi organize etmek için değil, bir önceki geçmiş planlardaki hem imalat hemde geri beslemeden otomatik olarak planlama bilgisi oluşturmak için kullanılmalıdır.

-- İmalat verisinden ve iş yeri bilgisinden planlama bilgisinin elde edilmesi :

İmalat, informasyon zengin fakat bilgi fakir bir sahadır. Pek çok yaralı imalat bilgisi insanlarca direkt olarak alınamamaktadır. Bilgi genelde iş yerinden toplanmış büyük çaplı verilerin içine gizlenmiştir. Bundan dolayı bu sahada en çok ihtiyaç duyulan şey, otomatik informasyon bilgi dönüşümü için bilgisayar metodlarının geliştirilmesidir. Tüme varımlı sonuç ve kavramsal kümeleme gibi bazı yapay zeka teknikleri, veri sıkıştırma ve ayırma için kullanışlıdır. Bu sıkıştırılmış veri, diğer yapay zeka bazlı sistemlerde, planlama zekamıza katkıda bulunmak için saha bilgisi olarak görülebilir.

-- Önceki planların geri beslemesi ile planlama bilgisini öğrenmek :

Önceden bahsedildiği gibi, tamamen zeki bir planlama sistemi, kendini uydurabilir ve kapalı çevrim tarzında kendini düzeltebilir olmalıdır. İnsanlar genelde icraat safhası sırasında, imalat faaliyetlerinin dağılması sebebiyle bu geri besleme çevrimini kapatacak kapasitede değildirler. Yapay zeka makina öğrenimindeki araştırma, background bilgi ve verilen örnekten saha kavramlarının otomatik olarak öğrenebileceği metodlar üretmiştir.

3.5.2.2. PLANLAMA BİLGİSİNİN TANIMLANMASI

Yapay zekanın diğer disiplinlere sağladığı temel yardımlardan birisi, saha özelliklerinin, kavramlarının ve mantıklarının sistematik tanımlarındaki önemidir. Yapay zeka bazlı tanımların esnekliği, dinamik olarak değişen imalat çevresiyle ayak uydurmamızı sağlar.

-- İmalat özelliklerinin zekice tanımlanması :

Gelecekte yapay zeka bazlı metodlar, imalat amacına iyi uyan şemaların yapılması için özellik bazlı tanımlardaki bugünkü CAPP araştırma çabalarına yardım edeceklerdir. Bu imalat bazlı tanımlamalar, bugünkü CAD tanımları ile en detaylı kısımlarına kadar tanımsal süreklilik içinde olmalıdır. Buradaki imalat planlama tanımlarının kesin yerleri sadece deneyle saptanabilir. Pek çok yapay zeka bazlı teknikler gereksinilen deneylerde çok yararlı olabilecek hiyerarşik ve sembolik tanımlar içerirler.

-- Planlama bilgisinin esnek şekilde yakalanması :

Değişen yapıdaki imalat endüstrisi, değişik yapı ve imalat planlarına yeterli esneklik gösterecek, bilgisayar bazlı metodolojilere ihtiyaç duyar. Geleneksel bilgisayar yaklaşımları ile karşılaştırıldığında, yapay zeka bazlı metodların çok daha esnek ve modifikasyonlara ve güncelleştirmelere uygun olduğu görülür.

3.5.2.3. PLANLAMA ZORLUKLARININ ENTEGRASYONU

Gerçek yaşamdaki imalat zorlukları daima değişik kaynaklardan gelir. Gelecekteki yapay zeka bazlı metodlar sadece bu zorlukları yakalamayı değil, halende olduğu gibi daha detaylı planlama kararları yaratmak için onları işlemeye ve entegre etmeye yardım etmelidirler. Bazı ilerleyen araştırmalar, planlama bilgi sentezcisi ve zorluk tamamlayıcı gibi yapay zeka tekniklerinin yardımı ile deneyseldir. Bu çabalar gelecekte entegre planlamanın gelişimi için kritiktir.

-- Fizik, geometri ve zamanın sentez planlaması :

Genelde operasyon planlama kararları, imalat işlemlerinin fiziğinden kaynaklanır, proses planlama kararları ürün ve takımların geometrilerine dayanır. Üretim planlama kararları ise zamana ve iş yerinin kaynakların bağlıdır. Gelecekte indükleme, kavram genelleştirme ve spesializasyon gibi yapay zeka bazlı metodlar, fizik, geometri ve zamanı entegre etmek için bilgi sentezi gibi kullanılmalıdır.

-- Çoklu planlama kısıtlamaları ve görüşlerini bütünleştirmek
Eksperlerin değişik önerileri, planın kalite ve bütünlüğüne katkıda bulunurlar. Bu değişik fikirler, kendi mantıksal doğrulukları içinde muhakeme edilemezler. Yapay zekadaki bugünkü merkezileşmiş, problem çözme metodları, dağıtılmış ve kooperatif problem çözme örneklerine gelişirler. Bu yeni örnekler, takım ekspertisliğinin modellenmesini sağlarken bu gelecekte entegre imalat planları için çok daha uygundur. Bu yetenek dizayn ve imalatın, entegre imalata paralel gitmesi beklendiği için çok önemlidir. O çevrede planlama, dizayn ve imalat mühendisleri arasında eş zamanlı bir iş birliği haline gelir. Yapay zeka bazlı bir problem çözme örneği, entegre planlamada merkezi rol oynayacaktır.

3.5.2.4. PLANLAMA EKSPERTİSLİĞİNDEN YARARLANMA

Bilgi bazlı eksper sistemlerinin inşası ile saha ekspertisinden yararlanma, bugüne dek yapay zekanın en başarılı uygulamalarındandır. Gelecekte de bu böyle olacaktır. Yukarıda tartışıldığı gibi, araştırma çabaları, sınırlamalarının hakkında gelmedikler sürece, tüm potansiyel gerçekleştirilemez. Eğer bu sınırlamalara çare bulunsaydı; yapay zeka bazlı yaklaşımlar, planlama ekspertisini yakalama tanımlama, organize etme ve uygulamada geniş çapta kullanılabilirdi. Bunlar bir imalat çevresinde, produktiviteyi geliştirmek için değerli planlama ekspertisinin biçimlendirilmesi, korunması, yayılması ve iletişimasyonuna yardım edecektir. /9/

4. DÖNER VE PRİZMATİK PARÇALAR İÇİN CAPP YAKLAŞIMLARI

4.1. DÖNER PARÇALAR İÇİN CAPP YAKLAŞIMLARI

Bir CAPP sistemi, genel olarak CADD ve CAM (bilgisayar destekli dizayn ve üretim) ile bir bütün oluşturmasına olanak sağlayan bir sistem olmalıdır. Böyle bir sistem otomatik olarak dizayndan başlayarak üretim proseslerinin düzenlenmesini otomatik olarak meydana getirebilir. Yukarıda belirtilen bağımsız sistemi oluşturmak için üç ana problem üzerinde karara varmak gerekmektedir. Geometrik ve teknolojik verilerin kaydı, dizayndan başlayarak bir parçanın tanınması, uzman için tatmin edici temel bilginin mantığının ya da kuralının çıkarılması

1- Geometrik ve teknolojik verilerin kaydı, CAD sisteminin ve CAPP sisteminin bütünleştirilmesi için herşeyden önce dizayn üzerindeki tüm veriler CAPP sistemi içine alınmalı ve boyutlar, toleranslar, yüzeyin durumu ve teknolojik özellikler gibi bilgiler sistem tarafından içerilmelidir. Şimdi CAD sisteminden çıkan bilgilerin CAPP'a nasıl aktarılacağı meselesi kalmaktadır.

2- 2 Boyutlu dizayndan başlayarak bir parçanın tanınması geometrik ve teknolojik elemanların dış görünüşlerinin anlaşılması önde gelen bir zorunluluktur.

Uzmanların bilgi temelini tatmin eden mantığın yada kuralların çıkarılmasında ilk sorun genel olarak uygulanması mümkün olan kuralların bulunup bulunmadığını ve bunları girişimin deneyimine ve takım tezgahlarının performanslarına nasıl bağlı olduklarını saptamaktır. Bu üç sorun henüz

çözömlenmiş değildir. Son yıllar içersinde, seri halinde otomatik fabrika imalatı alanında birkaç düzine yazılım geliştirildi. (CAPP) Mevcut CAPP sistemleri üç kademe halinde sınıflandırılabilir.

Birinci kademe; çoğunluğu takımların, makinaların, kesme şartlarının zaman hesaplama ve maliyet hesabı, NC kumandalı takım tezgahı için delikli şeritlerin hazırlanması konularında seçimlerin yapılması gibi çalışmalarla ilgilidir.

İkinci kademe; GT gruplarının (GT Teknoloji grubu) teknolojisine dayanır. Genel bir prensip olarak verileri bir araya getirince, bir analiz çeşitli seri (dizi) ailelerin tanımlanmasına müsaade edebilir, bir kod; bu ailelerin oluşturulmasına ve karakterize edilmesine izin veren bilgileri verebilir ve her aile ; küçük düzeltmelerle tüm aile serilerinin bilinmesi ile bir tip seri tarafından tanımlanabilir. Böylelikle birinci kademe ile ilgili tüm bilgiler dahil ederek, seriler sorununu ele alabilme gereği vardır.

Üçüncü kademe; CAPP sistemleri; yeni bir ürün serisi yaratmak amacı ile seriler üzerinde bilgileri sentezleştiren sistemler olarak tanımlanabilir. Bu tanımlanmamış olan özel bir süreçten yararlanılarak otomatik olarak yapılır. Üçüncü kademenin bu güncel sistemlerinde seri yalnızca parça ile ilgili geometri ve verileri hesaba katarak fabrikada imalat ile ilgili temel verilerden gidilerek elde edilir. Burada görev, yapay zeka tekniklerine dayalı klasik bir yöntem söz konusudur. Bu metod her parça için bir imalat serisine yol

açar. Bu sisteme doğurgan sistem denilir. TIPPS, AUTOPLAN, XPLANE vb. gibi bir çok sistemler gerçekleştirilmiştir. Yapay zekaya gerçekten dayalı olan GARI ve TOM gibi sistemler performanslar ve uygulamalara karşı sınırlı bir ilgi gösterir. Bununla birlikte mevcut sistemler CAD ve CAM'in bütünleştirilmesi sorunu tam anlamıyla çözmüş değillerdir./4/

Döner parçalar için CAPP yaklaşımları ileride tekrar ele alınacaktır.

4.2. PRİZMATİK PARÇALAR İÇİN CAPP YAKLAŞIMLARI

Döner parçaların yanısıra prizmatik parçalar içinde bazı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Temelde bu yaklaşımlarda dönel parça yaklaşımlarına benzemektedirler.

Aşağıda bu konu ile ilgili olarak yapılan bazı yaklaşımlara kısaca değinilmiştir.

-- APT ve EXAPT YAKLAŞIMI

İş yerlerine NC takım tezgahlarının yerleştirilmesi, geçmişte oldukça verimsiz olan küme tipi üretimde gözle görülür derecede produktivite artışı getirmiştir. Daha sonra şu sorunla karşılaşırız; daha kolay ve kısa bir şekilde NC verileri nasıl oluşturulacaktır.

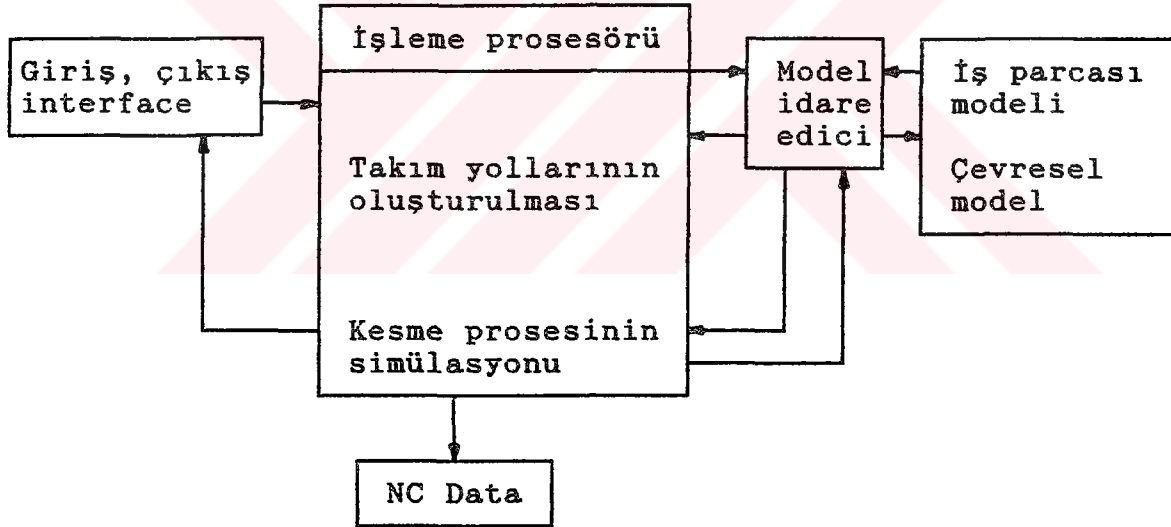
Bu nedenle şu anda elimizde APT veya EXAPT gibi konvansiyonel otomatik NC programlama sistemleri vardır ve bunların takım hareketleri programcı tarafından yapılmıştır. Bu iki sistemden APT sistemi geometrik olarak karışık iş parçalarının kesme hareketlerinin jenerasyonunda daha iyidir.

Diğer taraftan EXAPT sisteminin de kesme sekanslarını ve şartlarını saptamada avantajlı olduğu fonksiyonlar vardır.

Bu çalışmada, bilgisayarla bir iş parçasının katı modelinden kesici takım hareketleri elde edebilen bir programlama metodu önerilmiştir. Sistem ayrıca, katı modelleme fonksiyonlarının tam kullanımı ile yaratılan herhangi bir çarpışmayı önleme yeteneğine sahiptir.

Programlama sisteminin yapısı;

Programlama sistemini geliştirirken EXAPT-1 prosesörü ile çalıştırılabilecek olan makina yeteneğini sınırlandırıyoruz.



Şekil 5: Programlama sisteminin yapısı

Sistemde, iş parçası için amaç model, katı model olarak tanımlanmıştır. Bu modele, işleme için gerekli çeşitli datalar bağlanmıştır. (malzemeler, yüzey finish, boyutlar, toleranslar ve bazı deliklerin özellikleri gibi)

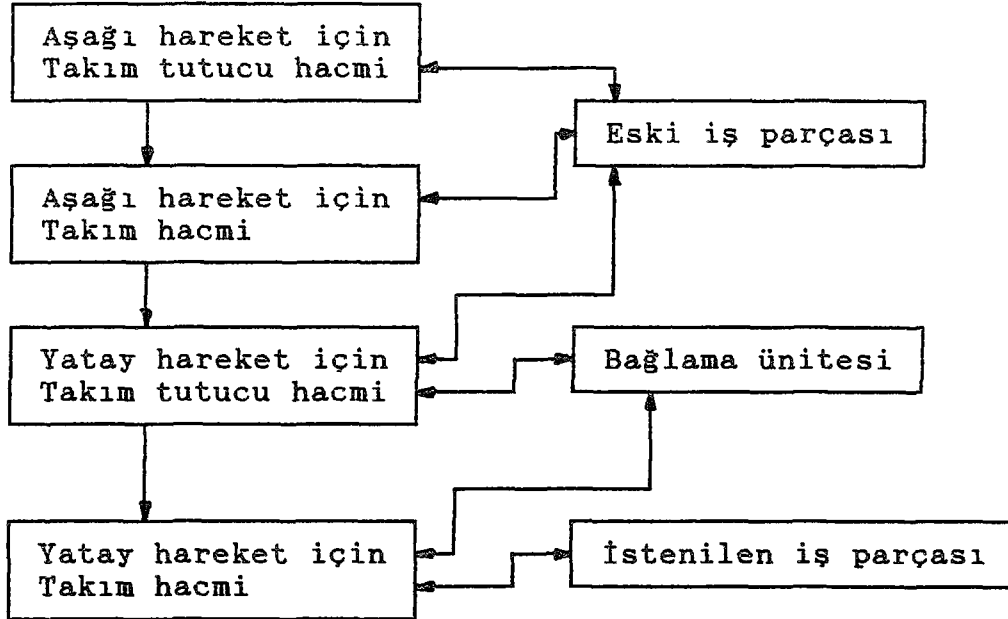
Boş parça ve çevre içinde modeller tanımlanmıştır. Çevresel bir model, gerçek işlemin yapıldığı yer ile bağıntılı bilginin tanımıdır ve takımların, takım tutucuların, bağlama aparatlarının modellerini içerir.

Sisteme inputu vermek için operatör kesilecek alanı basit komutlar ile belirler. Komutlar "bu alanı kes", "bu konturu kes" veya "bu deliği kes" şeklindedir. Bundan sonra programlama sistemi, işleme prosesi için gerekli detayı iş parçası modelinden alır.

Her kesme bölümü için kesici takım yolları oluşturulduktan sonra, kesme simülasyonu yapılır. Sistemde kesme simülasyonunun esas gayesi, takımın; iş parçası ve bağlama aparatları ile çarpışmasını kontrol ve çarpışmayı önleyecek yeni takım yolu oluşturmaktır. Çarpışma kontrolü, katı modelleme sistemlerinin güçlü bir fonksiyonu olan iki katı model arasındaki arakesit kontrolü kullanılarak yapılır. Böylece sistem, istenilen iş parçasını elde etmek için aktüel kesme işlemlerine başarıyla bağlı olan NC datasını üretebilir.

Örnek olarak alan kesme işlemini yapmak üzere sistem aşağıdaki bilgilere ihtiyaç duyar;

- 1- Kesilecek alan (parça yüzeyi ve çevreleyen yüzeyler)
- 2- Takım
- 3- Kesmenin başlama pozisyonu
- 4- Kesme yönü
- 5- Hızlı ilerleme



Şekil 6: Çarpışma kontrolü prosedürü

6- Kesme hızı

7- İlerleme

Kontur kesme işleminin yapılması için aşağıdaki bilgiler verilmelidir;

1- Kesilecek kontur (parça yüzeyi ve kontur yüzeyleri)

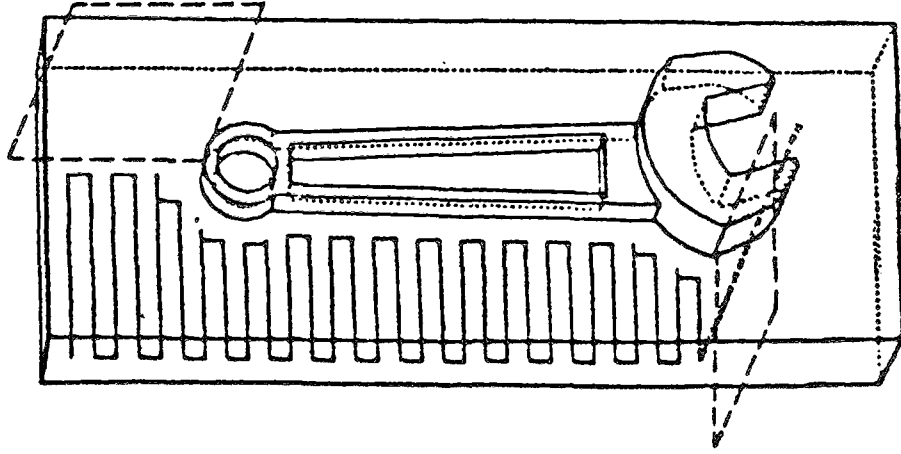
2- Takım

3- Kesmenin başlama pozisyonu

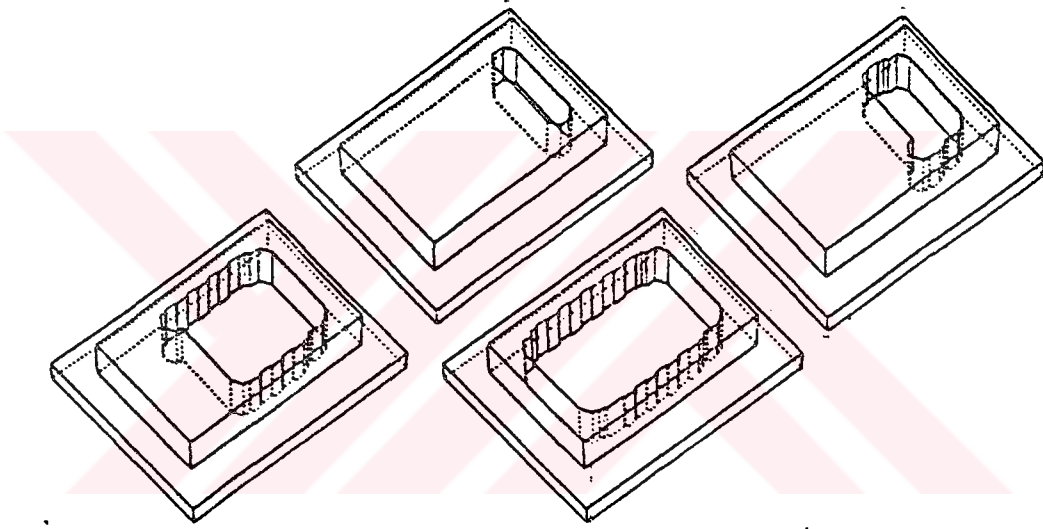
4- Kesme hızı

5- İlerleme

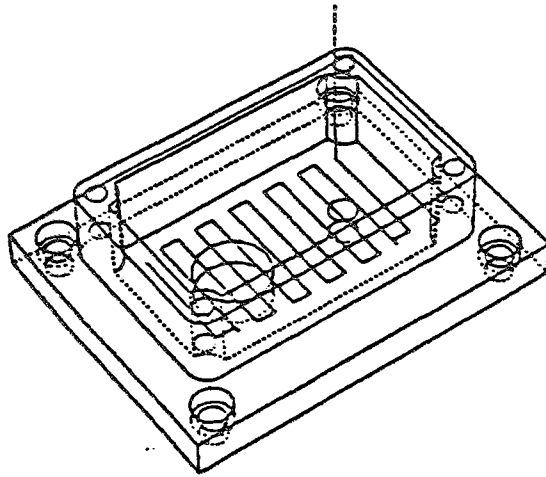
Delik delme işlemide benzer şekilde yapılmaktadır. Yukarıda sözü edilen input data yolu ile sistem alan kesme, kontur frezeleme ve delik delme için NC dataları meydana getirir. /13/



Şekil 7: Alan kesme için takım yollarının oluşturulmasına bir örnek



Şekil 8: Pocket boşaltma işlemine ait simülasyon örneği



Şekil 9: İş parçası modeli ve takım yollarının perspektif görünüşü

-- FEXCAPP YAKLAŞIMI

Eksper sistemi denilen knowledge-base sisteminin yapısı, bir insan eksperin zekasına benzemektedir. Bu da; insan eksperin bilgisinin, kurallardan ve olaylardan oluştuğunu gösterir. Kurallar, öğrenmekle ve deneyimle elde edilir. Olaylar ise problem sahasının oluşumları ile tanınır ve çözümler, kurallar ve olaylar kullanılarak çıkarsama yeteneği ile yapılır.

Prizmatik iş parçasının çalışma prosesi iki grupta sınıflanmıştır : Yüzey frezelemesi ve profil kesimi.

Üretimin sonunda hammadde yüzey frezesiyle kübik bir boyutta çalışılmış ve şekil kesme yoluyla herbir özellik çıkartılarak meydana getirilmiştir.

Prosesin bu iki grubu birbirinden ayrılmıştır. Bu da profil kesmenin 6 yüzeyin tümünün frezelenmesinden sonra başlayıp, bitirildiğini anlatır. Bu sırada bir özel komponent profil kesmenin bir birim prosesinde olduğu gibi göz önünde tutulmuştur. Bir kısım profil kesme prosesinin takımlarının doğrultusunun yaklaşımına göre düzen değiştirmiştir.

Çünkü büyük bir bölüm için tüm çalışma zamanının bir bölümünde ileri sürülen zamanda hammadde hesaplanır.

Herbir takımın yaklaşım doğrultusu için profil kesme prosesinin çalışma üstünlüğü sayesinde algoritması oluşturularak tayin edilmiştir.

Çalışabilme data sisteminin kompüterize edilebilmesi için klasikleşmiş 2 çeşit yol vardır : Dizayn parametreleri; yüzey pürüzlülüğü, tolerans miktarı v.s. içerirleri.

Bu araştırma sayesinde CAD/CAPP/CAM sisteminin çok etkili entegrasyonu, knowledge - base yaklaşımı ile çalıştırılmıştır. Önerilmiş sistem içinde bazı gelişmeler aşağıdaki gibidir:

Geometrik bir modelden üretilmiş özellik hakkında bilgi çıkartmak için yeni bir DEDS yapısı geliştirilmiştir ki bu da katı (solid) model ve AAG çıkış kavramın genişletmiştir. Yöntem yaklaşımı kurulması sayesinde bu problemler çözülmüştür.

Çalışma üstünlüğünün saptanması için çok iyi bilinen sistem içinde yardımcı araştırma performansının uzman kişilerce modellenmesine karar verilmiştir.

Çalıştırılan freze tezgahının amaçları için NC-kod jenerasyon modülü düzenlenmiştir.

Sistem içinde tolerans hesaplarını içeren aksiyonel yaklaşımdan isteğe bağlı olarak yararlanılmıştır.

Ayrıca dönen kısımları tanınan özelliklerinin genişlemesinin yapılması için araştırmalara ihtiyaç duyulur. 3-D bağımsız yüzeyi ve yardımcı bilgi içinde nasıl ilerleneceğinin modeli yapılmıştır./10/

-- ICAPP YAKLAŞIMI

Üretimsel yaklaşım, planlayıcının biraz müdahalesi veya hiç müdahale etmemesiyle bir proses planının müdahale etmemesiyle bir proses planının imalat bilgi bazındaki açıklamalardan mantıksal bir şekilde yapılır.

Bu yaklaşımların tümünün kullanışı proses plan sistemlerini geliştirmiştir.

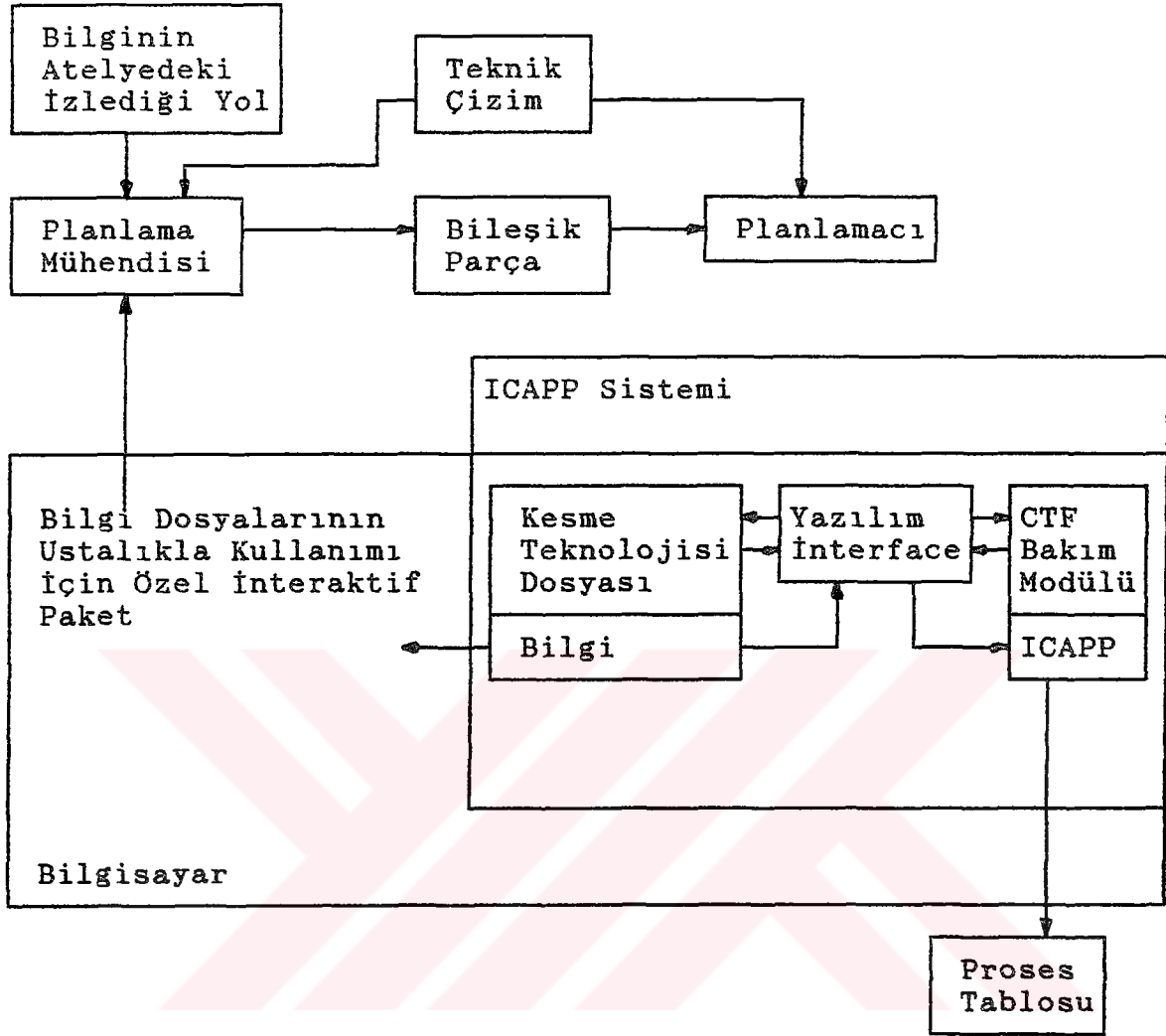
Bunlardan en önemlisi CAPP ve XPS-1 sistemi (XPS-1 aşağı ilerlemedir) APPAS sistemi, NEC sistemidir.

ICAPP sistemi dönmez prizmatik parçaların interaktif proses planları için geliştirilmiştir. Şekil 10'da ICAPP Sisteminin yapısı gösterilmiştir.

ICAPP sistem parçalar üstünde kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve çalışma merkezleri, karşılıklı frezeleme, delme ve delik açma işlemleri yapılmıştır.

Sistemin amaçları aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

1. Tecrübesiz planlayıcıların operasyonların sayfalarını kolay ve çabuk şekilde hazırlamasına imkan verir.
2. Planlama zamanı ve masrafını azaltılması.
3. Üretim planı yardımı, tablolama ve masraf analizi.
4. İnteraktif sistem gelişmesi için bilgisayar sayesinde görevler paylaşılabilmiştir ve böylelikle planlamacılar optimum bir yolla bütün performansı arttıırırlar.
5. Bir proses planlama sisteminin mini-bilgisayar da çalışmasına orta ve küçük büyüklüğe kadar olan şirketlerin bu alanda ileri bilgisayar teknolojisinden yararlanmasını sağlayacak biçimde fırsat verir.
6. Otomatik üretim ve bilgisayar yardımıyla yapılmış dizayn arasındaki boşluk doldurulur.



Şekil 10: ICAPP Sisteminin Yapısı

ICAPP aşağıdaki avantajları sunar:

1. Azalan işçilik.
2. İlerleme zamanı azalması.
3. Çok kalın ve ince proses sayfalarının hazırlanışı.
4. Tam üretim açıklaması.
5. Planlanmış parçalar ve parça ailelerinin özel takımla işleme ihtiyaçlarının azalması.
6. Planlama kabiliyeti içinde azalma.

ICAPP içindeki asıl noksan genel durum içinde (delik açmaktan başka) üretim kabiliyeti tabloları için otomatik operasyonların sırasını limitlemektedir. Bu noksan yalnızca daha çok günlük hayatta alıştığımız mantıklı sıralamalar ile çare bulabilir./6/

-- E.D.P. SİSTEMİ

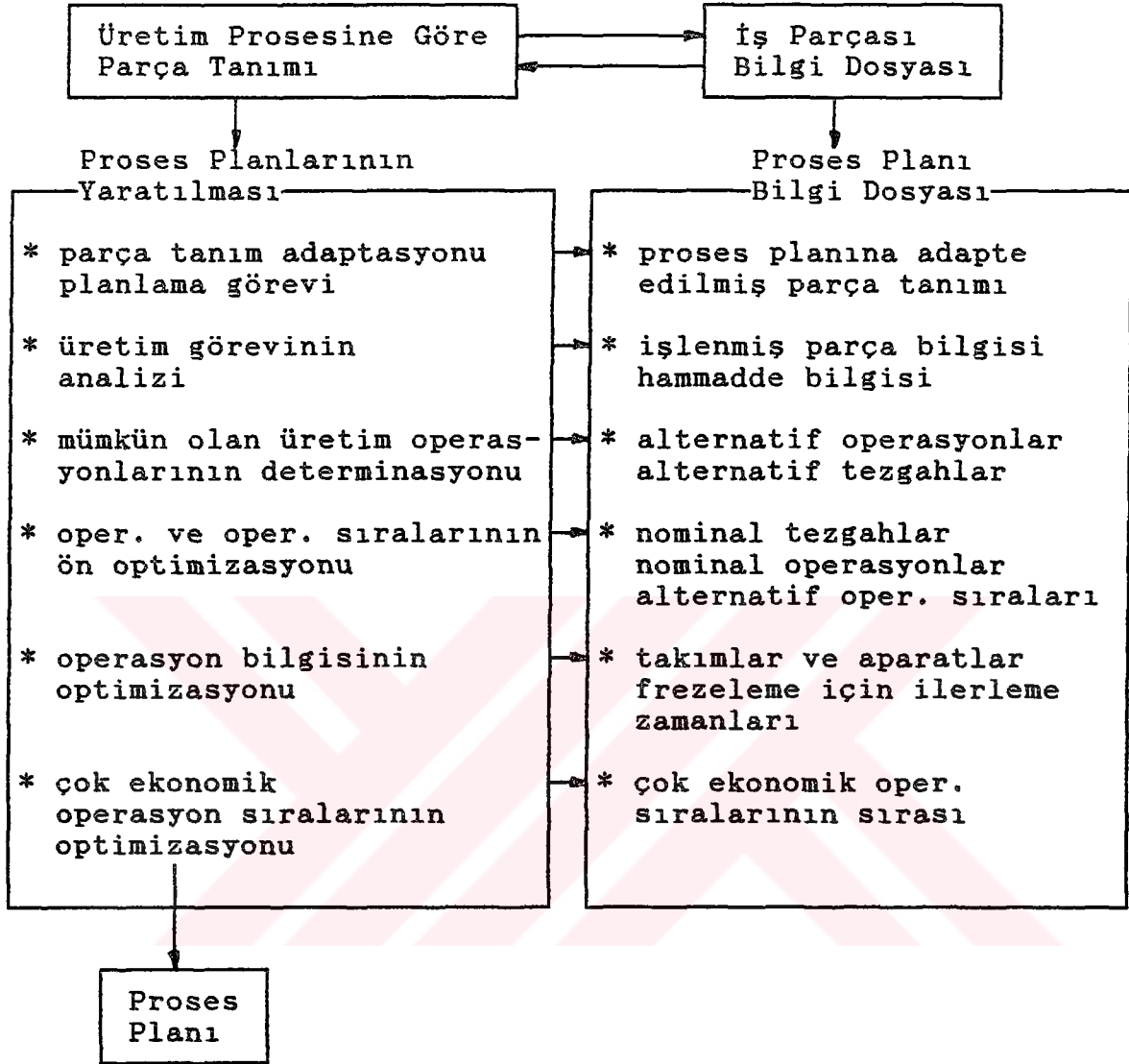
Üretim mühendisliği sahasında yeni teknolojilerin frekansı, pekçok otomatikleşmiş üretim prosesi, sıhhatli planlama sahalarına artmış olan talebin organizasyonu ve özellikle tek parça ve küçük üretim yığınlarından dolayı geliştirilmiştir. EDP; planlamacıya tekrarlı iş ve keşifi bilgilerden makul bir teklif getirir. Böylece, geçen yıllar içinde birçok soruşturmalar ve ilerlemeler yapılabilmektedir.

CAP-sistem, tamalanmış proses planları otomatikleştirilmiş üretim için geliştirilmiş bir sistemdir.

CAP-sistem, otomatik determinasyon, operasyon sıra optimizasyonu ve operasyon bilgisi içerir.

Sistem, parçaların bütün geometrik ve teknolojik bilgisinin bilgisayar dahilinde depolanması için merkezi bilgi bazının kullanımını kapsar.

Bir sistem kavramı oluşturulmuşturki teknik elemanlarla iş parçası tanımı üsrüne kurularak optimize edilmiş proses planı üretilir. Şekil 11'de Proses planının otomatikleşmiş üretimi için planlama basamakları gösterilmiştir.



Şekil 11: Proses planının otomatikleşmiş üretimi için planlama basamakları

Prizmatik parçaların tüm çeşitleri için DISAP/9/ gibi uygulamanın özel sırası proses planların interaktif bir sistem içindeki sistemle entegre edilerek yapılmasıdır.

Böylece önemli fonksiyonların kullanılması şöyle olacaktır.

- Parça mastır bilgisinin tekrar edilmesi
- Proses plan modifikasyonu veya,
- Proses planı çizimi

CAPP sistem parçasında olduğu gibi ki endüstride entegre edilmiş CAP/CAD/CAM sisteminin bir kısmının bir elde, diğer bir elde yalnız solüsyon durumunda kullanılması çok avantajlı olacaktır./15/

5. DÖNER PARÇALAR İÇİN ÖNEMLİ CAPP YAKLAŞIMLARI

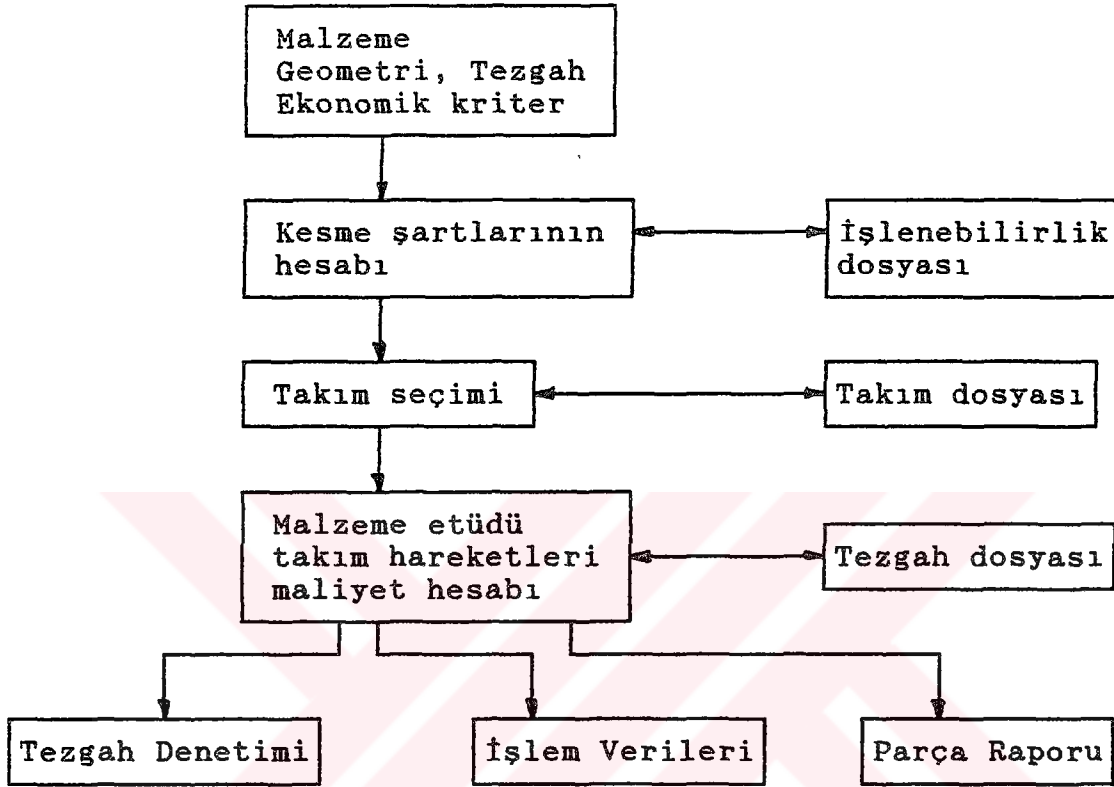
5.1. AUTOCAP PROGRAMI

Bu konuda yapılan ikinci önemli çalışma AUTOCAP programıdır. Bu çalışmanın amacı tornada işlenecek parçaların teknolojik planının bilgisayar yardımı ile çıkarılmasıdır. Bu çalışmada, torna işlemleri için işlem planlaması yapan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Programın girdisi, işlenmiş parçanın geometrisi, çıktısı ise; kaba ve ince işleme sırasında takımın hareketlerini belirleyen koordinat değerleridir. Program sayısal denetim tezgahları için parça programını da çıktı olarak verebilmektedir. Programın akış şeması Şekil 12 'de gösterildiği gibidir.

Program şu amaçlar için kullanılır ;

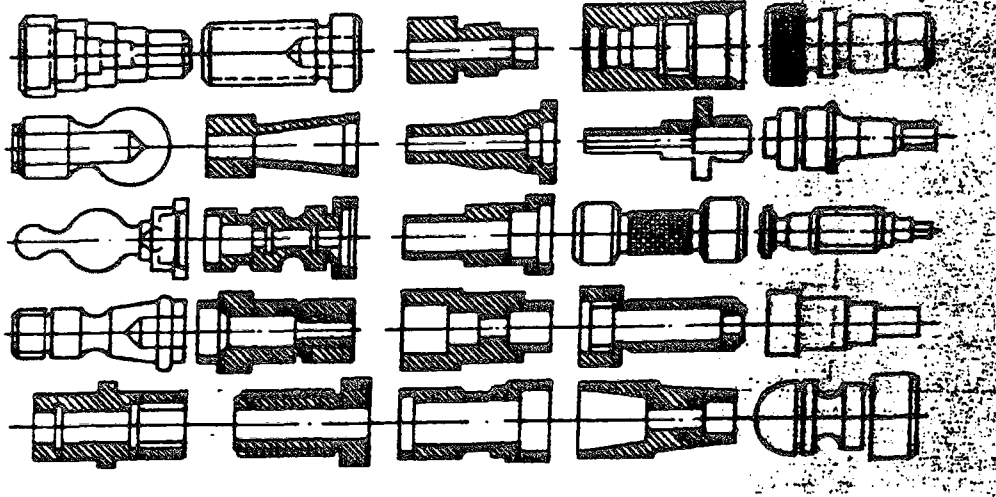
- Tornada işlenecek, yuvarlak parçaların işlem planlamasının yapılması
- Kesme şartlarının hesabı
- NC, CNC Sayısal denetimli tezgahlar için parça programı yaratılması.
- Parça programı kontrolü

-- Tezgah denetimi



Şekil 12: AUTOCAP programı akış şeması

Bu çalışmada göz önünde bulundurulmuş en önemli hususlardan biri, programın kolay kullanılabilir olması ve kullanıcı için özel bir eğitim gerektirmemesidir. Programın girdisi olan parçaya ait geometrik veriler, parça resminde belirtilen ölçüler cinsinden ve resim de belirtildiği şekle en yakın biçimde programa yüklenebilmektedir. Kullanıcı işlenecek parçanın çeşitli kısımlarındaki çapları ve onlara karşılık gelen uzunlukları yazmakta ve takımın kesme sırasında takip edeceği yolun doğrusal veya dairesel olduğunu belirtmektedir.



Şekil 13: Döner parçalara ait bazı örnekler

AUTOCAP SİSTEMİNİN AMAÇLARI

Bu çalışmanın amacı tornada işlenecek parçaların teknolojik planının bilgisayar yardımı ile çıkarılmasıdır. Bu çalışma ayrıca ustalık gereksinimini, planlama zamanını ve maliyeti azaltır. Elle yapılan planlamaya nazaran kaliteyi yükseltir.

Döner parçaların teknolojik planının çıkarılması konvansiyonel anlamda beceri gerektirir. Planlama, sıkıcı kesme zamanı hesaplaması, takım dosyası, resim bilgisi, standart zamanlar, malzeme ve tezgah dosyası gerektirir. İnsan tarafından yapılan planlamada sık sık tutarsız olmaktadır ve tamamlanamamaktadır. Sistemin amaçlarını iki temel başlık altında toplarsak bunlar ;

-- Nispeten becerisi az olan planlamacılar için teknolojik planın hızlı çıkartılmasına, yeterli kalite, yüksek doğruluk

ve minimum rutin işleme olarak vermesi.

-- Orta büyüklükteki işletmeler ile dönel parçalar için operasyon planlama yardımı, doğru sermaye bedeli ve düşük işletme maliyeti sağlar.

AUTOCAP SİSTEMİNİN İNSAN TARAFINDAN YAPILAN PLANLAMAYA GÖRE AVANTAJLARI

- Planlama zamanını yaklaşık 10 kez azaltır.
- Planlama maliyetini yaklaşık 10 kez azaltır.
- Yüksek tutarlılık ve doğruluk sağlar.
- Önemli derecede bilgi gereksinimini azaltır.
- İnsan ve bilgisayar arasındaki değişik kapasiteler ve ihtiyaçlara uyum göstermesine olanak sağlayan bir sistemdir.
- Sistemin kapsadığı takımlar operasyonlar veya bölümler değiştirilerek genişletilebilir.
- Tüm planlama programı; takım seçimi , kesme numaraları, hızları, operasyonlar, toplam işleme zamanını, işleme tarzını kapsar.

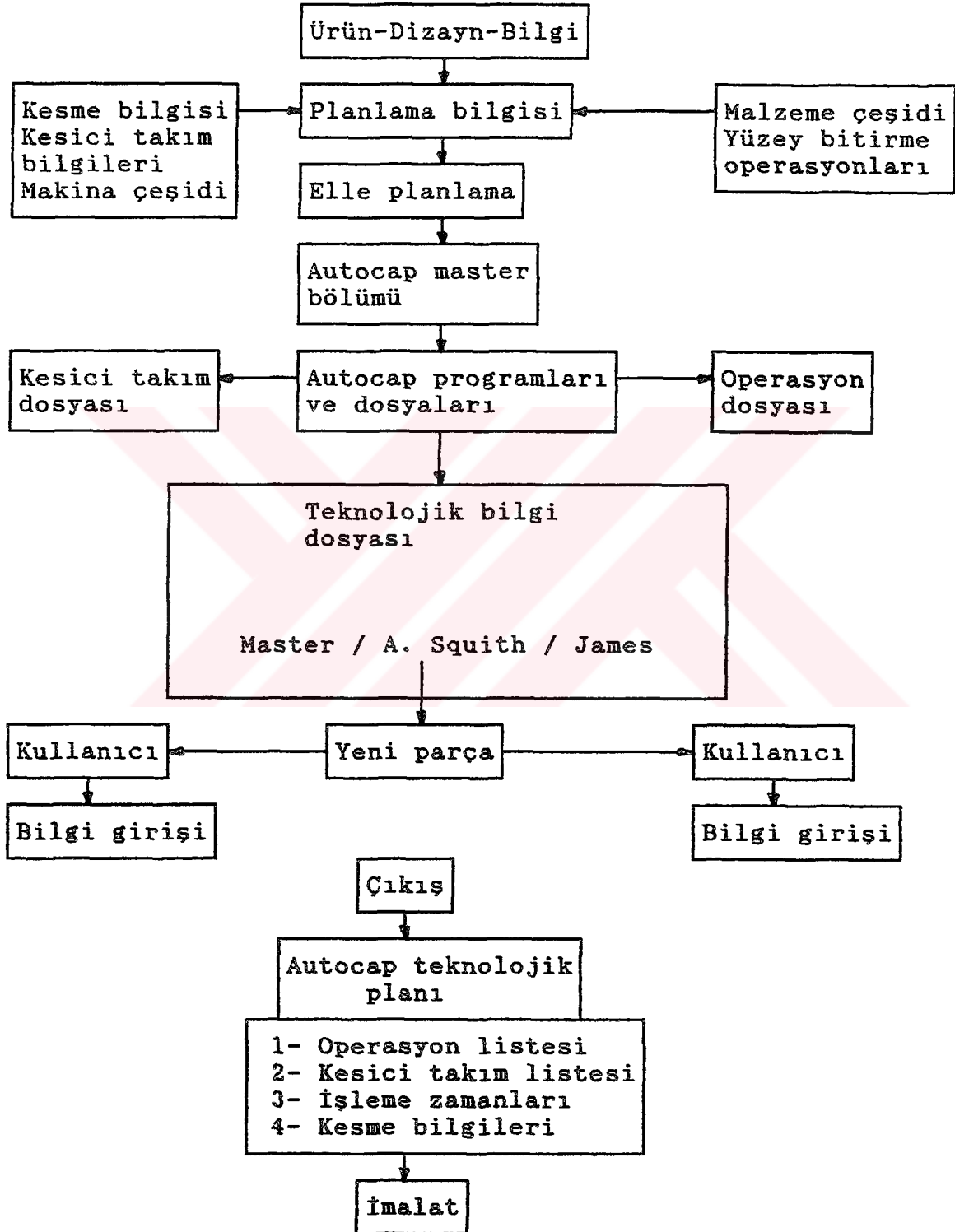
Şekil 14'deki akış tablosunda AUTOCAP programının yapısı ve çalışması gösterilmiştir.

Autocap programı 13 alt programı içerir. Alt programlar teknolojik plan için gerekli olan bilgileri hesaplarlar. Autocap' taki operasyon kodlama sistemi programa otomatik olarak teknolojik bilgi dosyasına başvurmasına olanak verir. Bu teknolojik bilgi dosyası her operasyon için kesme operasyonlarını, takımları, ilerlemeyi ve zamanı meydana getirir.

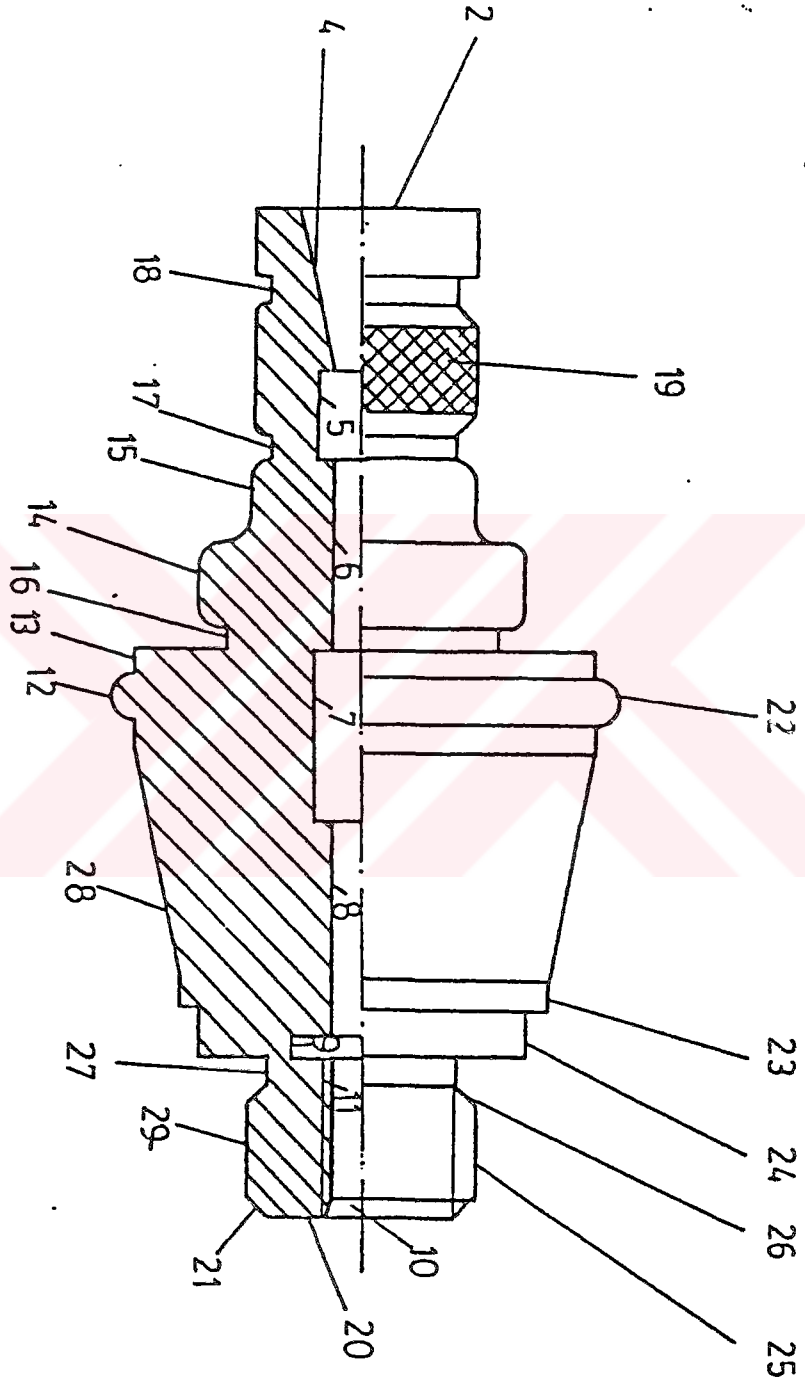
Şekil 15 'de AUTOCAP programı Master parçası gösterilmiştir.

AUTOCAP PROGRAMININ YAPISI VE ÇALIŞMASI

Programın akış şeması aşağıdaki gibidir.



Şekil 14: AUTOCAP programının yapısı ve çalışması



Şekil 15: AUTOCAP programı Master parçası

Master Parça Teknolojik Planı;

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1) Kesme işlemi | 16) Dış silindirik (kanal açma) |
| 2) Alın tornalama | 17) Dış silindirik (kanal açma) |
| 3) Delik delme | 18) Dış silindirik (kanal açma) |
| 4) İç konik | 19) Tıtlı açma |
| 5) İç silindirik(kanal açma) | 20) Alın tornalama |
| 6) İç silindirik | 21) Pah kırma |
| 7) İç silindirik(kanal açma) | 22) Form tornalama |
| 8) İç silindirik | 23) Dış silindirik |
| 9) İç silindirik(kanal açma) | 24) Dış silindirik |
| 10) İç pah kırma | 25) Dış silindirik |
| 11) İç vida | 26) Pah kırma |
| 12) Dış silindirik | 27) Kanal işleme |
| 13) Dış silindirik | 28) Konik tornalama |
| 14) Dış silindirik | 29) Diş çekme |
| 15) Dış silindirik | |

Sistemdeki Dosyalar ;

- Kesici takım dosyası
- Operasyon dosyası
- Teknolojik bilgi dosyası
- Malzeme dosyası
- Kullanma dosyası

Sistemdeki hesaplamalar ;

- Kesme hızı ve devri
- Kesme derinliği ve paso sayısı
- Her kesme operasyonu ve her bölüm için işleme zamanı

- Toplam işleme zamanı
- Takım ucu radyusu ve her yüzey bitirme operasyonu için ilerleme değeri
- Sistemin seçtikleri ;
- İlerleme ve işleme zamanlarını seçer
- Planlayan tarafından yaratılmış dosyadan, her kesme için uygun makina operasyonunu seçer
- Her makina operasyonu için uygun takımı seçer

Autocap programının yarattığı teknolojik plan aşağıdaki bilgileri verir ;

- Operasyon listesi
- Kesici takım listesi
- İşleme zamanları
- Kesme bilgileri /5/

5.2. TOJICAP PROGRAMI

Tojicap sistemi değişken yaklaşımlar üzerine kurulmuştur. Kullanımda kolaylık ve genişlik ilkesini kabul etmiştir. Parça çizim bilgileri kullanıcı / planlayıcı tarafından girilir. Planlama tabakaları, Tojicap tarafından çok dikkatli ve birbirine uygun olarak üretilebilir. Tojicap'ın amacı; imalat bilgisini, planlayıcının verimli olmasına yardımcı olan bilgisayar desteği ile sağlamaktır. Aşağıdaki kriterler Tojicap sisteminin meydana getirilmesinde yardımcı olarak kullanılmıştır.

- Atölyede tahsis edilen mikro bilgisayar bazlı sistem, sistemi dizayn eder.

- Planlayıcı birçok kararın tekrar verilmemesini sağlar. Sistem, insan bilgisayar ilişkisiyle en iyi çıktıların oluşmasına yardımcı olur.
- Planlayıcı, bilgisayar programcılığı yeteneğine sahip olmaksızın Tojicap'ta birleştirilmiş operasyonların geliştirilmesine veya imalat proseslerini değiştirme imkanına sahip olur.
- Atölyede kabul edilebilir tamamlanmış planlama tabakaları üretilebilir.

TOJICAP'IN YAPISI

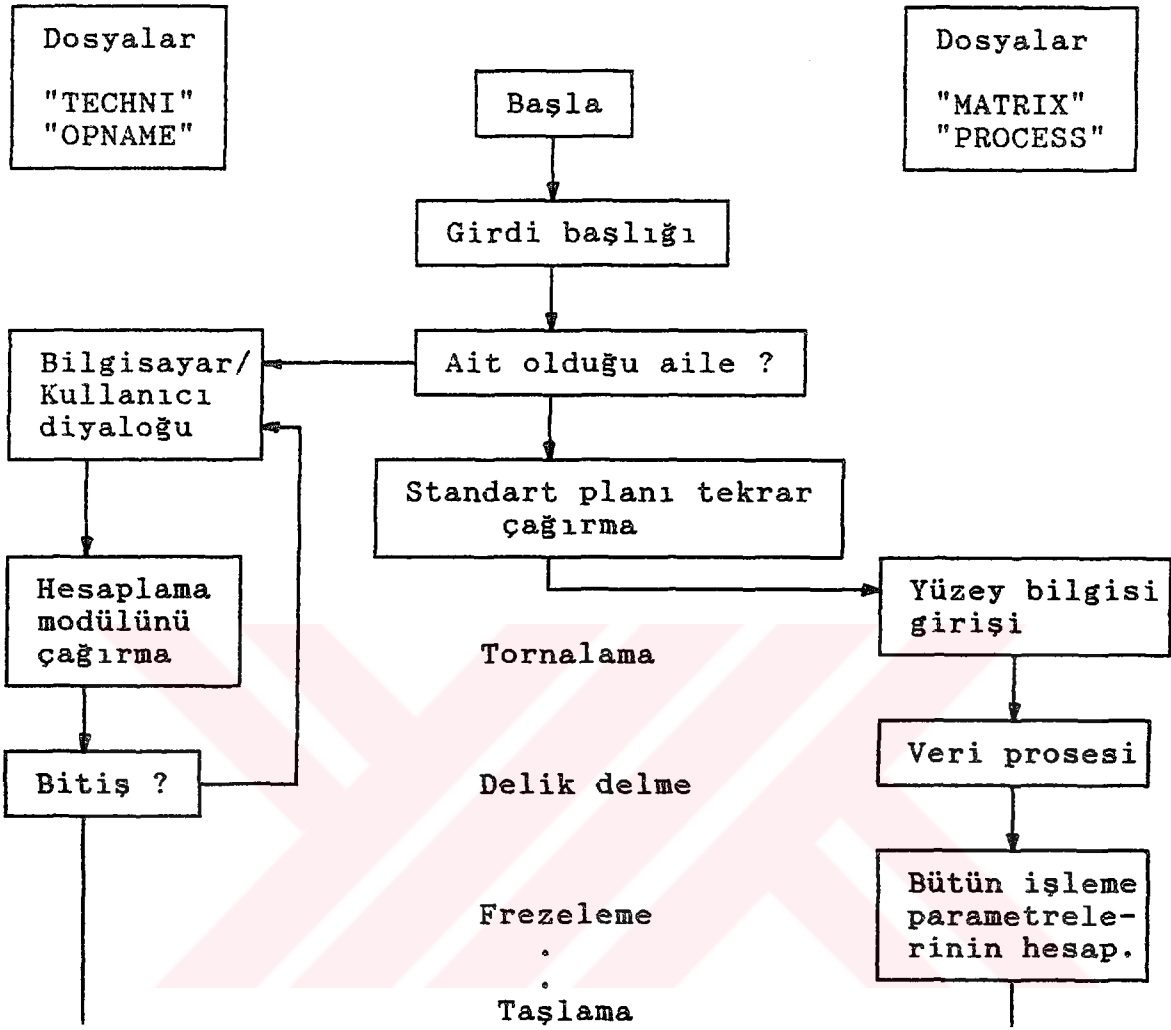
Tojicap 5 modüler program içerir. Bunlar ;

- Başlangıç modülü
- Değişken modülü
- İlerleme modülü
- Kesme bilgisi hesaplama modülü
- Değişim / yazılım çıktısı modülü

Modüler programlar vasıtasıyla bu sistem iki yaklaşımda planlama tabakasını oluşturur. Programın akış şeması Şekil 16 'daki gibidir ;

Standart planlar bilgisayar hafızasında dosyalanır ve yeni parça için uygunsa tekrar edilir.

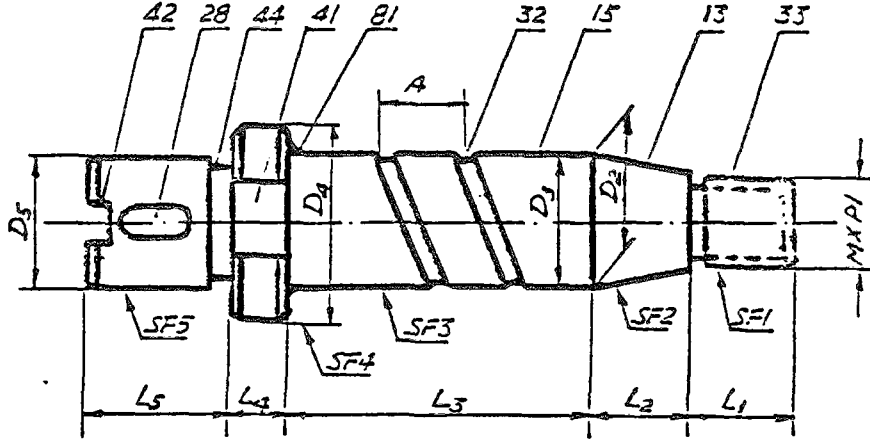
Başlangıç modülüyle başlamada, planlayıcı; parça adı, çizim numarası, sınıflama kodu ve parça malzemesi, ısıl işlemi, ölçüleri vb. gibi planlama tabakalarının bütün başlıklarını girer. Sınıflama kodu yeni parça için, ailesini belirlemeye yardımcı olur.



Şayet bu parça kesin parça ailesine ait ise, Tojicap sistemi değişken yaklaşımı çalıştıracak ve master parçanın standart planını geri çevirecektir. Bu düzenlenebilir ve bu özel parçanın ihtiyaçlarını uygun olarak değiştirebilir. Planlayıcı; parça kodları, boyutları, her yüzeyin yüzey hassasiyetini girer ve daha sonra, değişken modül vasıtasıyla bu parçanın planlama tabakaları otomatik olarak oluşturulur.

Başka bir deyişle, yeni parça herhangi bir parça ailesine dahil edilemiyorsa, Tojicap etkileşimli yaklaşıma gidecektir. Planlayıcı etkileşimli modülde proses planı ve her operasyonu adım adım girmek zorundadır. Planlama boyunca, farklı alt program ve ana program paketleri, birçok hesaplama ve seçimler ile planlamacıya yardım edebilir. Bu yaklaşım değişken yaklaşımdan daha uzun sürecektir.

Değiştirme modülü vasıtasıyla planlama tabakalarında değiştirme ve düzeltme kolaydır. Planlamacı, oluşturulan



Sekil 17: TOJICAP Master parça

TOJICAP SİSTEMİNİN AVANTAJLARI

Tojicap programı ile birlikte planlama tabakalarında bir çok avantajlar sağlanabilir. Bunlar ;

- Planlama tabakasının tekrarında kırtasiye ihtiyacını azaltır.
- Elle yapılan planlamadan daha az hesaplama hatası
- Bilgilerde ve mantıkta daha az hata
- Tam bilgi, her planlamacı aynı veri tabanına ve güncelleştirilmiş bilgilere girebilir.
- Üretim planında daha hızlı değişim.
- Takım listesinin daha verimli kullanımı
- Daha iyi detay ve üniform planlama tabakasının üretimi

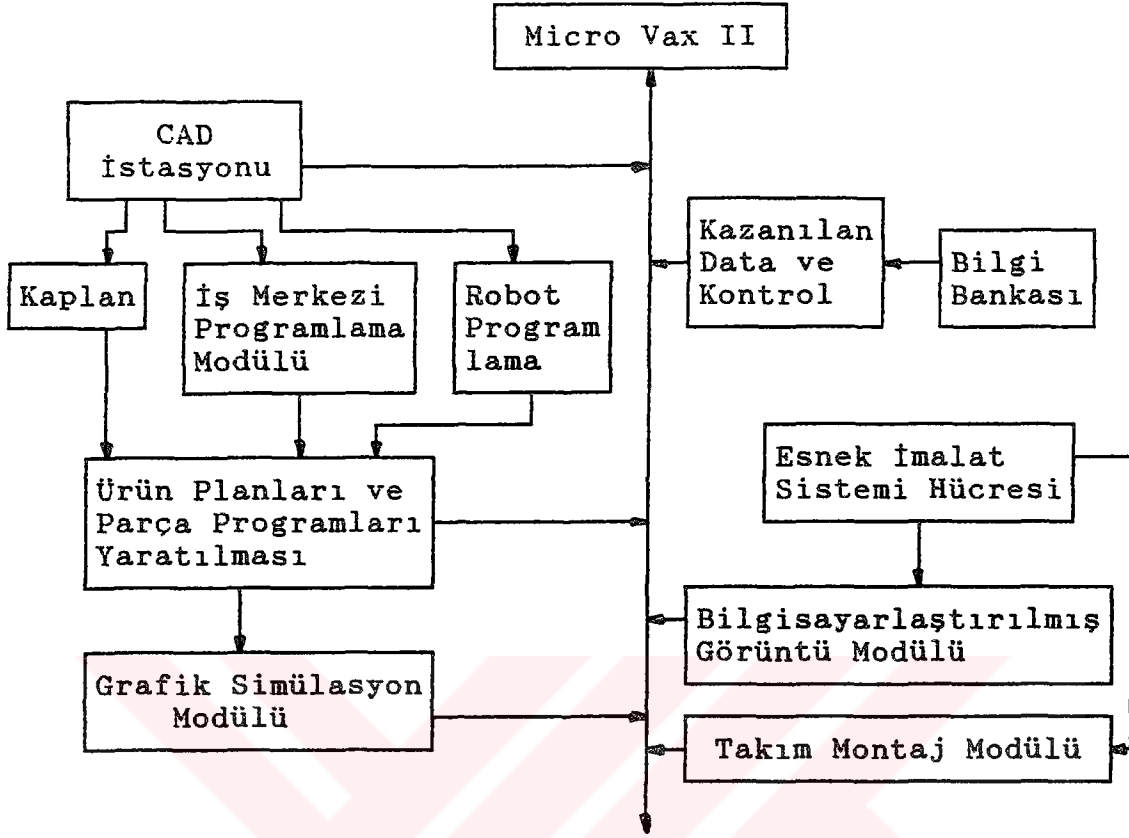
Son olarakta üretim yönetimi açısından Tojicap sistemi listelemeye, malzeme gereksinim planı, fiyat analizi ve kesici takım ömrü analizine yardım eder /16/

5.3. KAPLAN PROGRAMI

Bu jeneratif CAPP sistemi döner parçaların proses planlamasına bilgi bazlı bir yaklaşımdır. Endüstride yapay zeka teknikleri giderek önem kazanmaktadır. Şu anda sorun, bu tekniklerin hangi elemanlar ve stratejiler ile nerede ve nasıl kullanılacağıdır. Yapay zeka bir problemin çözümünde her zaman en iyi yol değildir ve bu sadece, bilinen teknikler iyi bir sonuç vermediğinde kullanılmalıdır. Birkaç uygulama geliştirilmiş ancak bunlardan sınırlı miktarda bir kısmı endüstriyel kullanım için başarılı olmuştur.

Çok ilgi çekici bir uygulama alanı da üretim (imalat) mühendisliğidir. Bu da tüm otomasyon prosesi için, ürünün kompleksliği ve değişkenliği karşısında büyük zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Aynı zorluk; yerleştirme, kontrol, montaj vb. zeki işlemlerin varlığında da geçerlidir. Örneğin işleme sırasının planlaması, planlamacının bilgisine dayanmaktadır ve bu bilgi belli bir üretim çevresinde geçerlidir.

Bu soruna etkin çözüm bilgi tabanlı sistemler ile geliştirilmiştir. Bu sistemlerde tanıtım metodu ve bir yararlanma stratejisi geçerlidir ve ayrıdır. Böylelikle planlamacının deneyimi, üretim bilgisinin modifikasyonu ve verisiyle değişik ihtiyaçlara uyarlanabilir. Bu tekniğin uygulanması çok değişik ürün grupları için esnek tesisler ve takım tezgahlarının kullanıldığı durumlarda etkindir. Bu esnek imalat sistemleri durumudur.



Şekil 18: Deneysel Esnek İmalat Hücresinin Yapısı

KAPLAN PROGRAMININ YAPISI

Tornalama sıralarının otomatik jenerasyonu için olan modüle KAPLAN denirki (PISA Üniversitesi Makina Teknolojisi Enstitüsünde kurulmuş olan) esnek hücrenin kontrolü ve programlanması için hazırlanmış, daha kompleks bir proses planlama sisteminin bir parçasıdır. Bu tesisin ana elemanları şunlardır ;

- 5 eksenli bir nümerik kontrollu işleme merkezi
- Bir NC torna
- Bir silindirik robot
- Hücrede işlenecek parçalar için bir teyp besleyicisi

Üç makinanın nümerik kontrol üniteleri, robotun hareketlerini ve işlemlerini yerine getirilmesini koordine etmek için birbirlerine bağlıdırlar. Bunlar bir ana bilgisayar ile bağlanmıştır. "Optimize insansız fabrika" araştırma programı içinde bu FMS (esnek imalat sistemi) hücresi, bu türde bir laboratuvarı örnek olarak sunar. Bu laboratuvarında CIM'in gelişmesine paralel olarak endüstriyel otomasyon için donanım ve yazılımların test edilmesine olanak verir. Hücreyi oluşturan modüller şunlardır ;

- Tornalamadaki otomatik takım seçiminin eksper modülü;
- IF-THEN kuralları şeklinde depolanmış bilgi tabanı optimal takım geometrisinin etkin ve esnek seçimine izin verir.
- Üretim planlarının jenerasyonu ve işleme merkezinin programlanması modülü;

Bu sistem, gelişim ve test etmenin en üst düzeyinde olup, prizmatik bir parçanın CAD dizaynına, işleme planlarının

otomatik jenerasyonuna ve NC parça programlarına olanak tanır.

-- OFF-LINE programlama ve robot hareketlerinin simülasyonu modülü ;

Hücresinin bulunduğu çevre ve robot kolunun hareketi CAD teknikleri ile simüle edilir.

-- İşleme operasyonlarının grafiksel simülasyon modülü ;

Bu modül, bir parça programındaki hataların varlığını ve makina takımlarının sabit ve hareketli kısımları arasındaki çarpışmaları tesbit etmeye olanak sağlar.

-- Veri edinme, kontrol ve monitörleme modülü ;

Üç NC kontrol ünitesinden elde edilen veri, hem hücredeki işleme düzeylerini kontrolde ve hemde kesme prosesleri için adaptif kontroller oluşturmak için kullanılabilir.

-- Takımların montajı ve makinanın yüklenmesinin, planlanması ve uygulanması modülü ;

Takım tutucuların içindeki takımların montaj proseslerinin sıralamaları, ana bilgisayar tarafından otomatik olarak planlanır ve robot tarafından gerçekleştirilir.

KAPLAN programı, hem dönel parçaların dizaynı hemde NC tornaları üzerinde optimize edilmiş işleme planlarının oluşturulması için bir entegre yazılım paketidir. Bu program aşağıdaki modüllerden oluşur ;

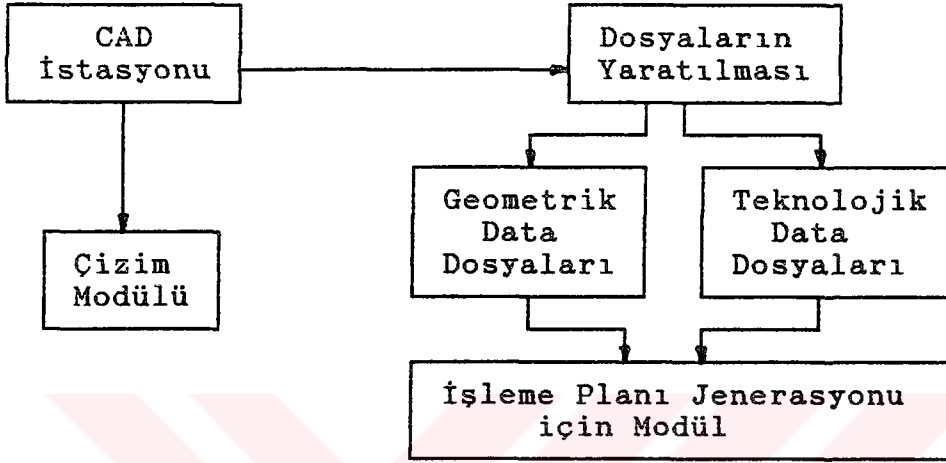
-- CAD modülü ;

Yazıda tanımlanan CAPP sistemleri, parçanın geometrik-teknolojik tanımlarındaki problemi şu yollarla çözülmüştür ;

1- Etkileşimli bir durum sırasında, geometrik ve teknolojik

özelliklerin verisi.

2- CAD veri tabanının iç yapısı ile bağlantı kurmak ki bu CAPP sisteminin verisi olarak kullanılır



Şekil 19: Kaplan CAD Modülü

İlk grupta yer alan bazı user-friendly sistemleri, kolay ve çabuk kullanılabilir olarak gösterilmiştir. Fakat, katı modelleme, görünüşler, bölümler vb. tipik CAD fonksiyonlarının yokluğunda performansı kötü etkilenir.

Bu nedenlerden ötürü, parça tanımlaması için CAD terminalleri kullanan sistemlerin sayısında artış olmuştur. Bilinen CAD sistemleri, parçanın katı modeli için 3D modülüne ve üretim problemleri için gerekli diğer bilgiler için 2D modülüne sahiptir. Bu gözlemlere göre, üretim kaynaklı dizayn modülleri geliştirilmiştir. Katı model ve çizim yanında sistem, bir sonraki CAPP modülü tarafından istenen tüm bilgileri anlamlı bir format içinde üretir ve depolar ve böylece ağır ve her zaman güvenilmeyen veri elde edilmesini

önler.

Parça; silindirler, koniler, yivler gibi elementer yüzeylerin serileri olarak kodlanmıştır. Dizayncının bitmiş parçanın dizayn edilmesindeki tanımlanmış metodları izlemesi istenir. Bir geometrik menüden seçilen elementer şekil serileri halinde, parça soldan sağa doğru yaratılır. Her şekil için sistem; çap, uzunluk vb. bazı parametreleri sorar ve sonrada şekli görüntüler.

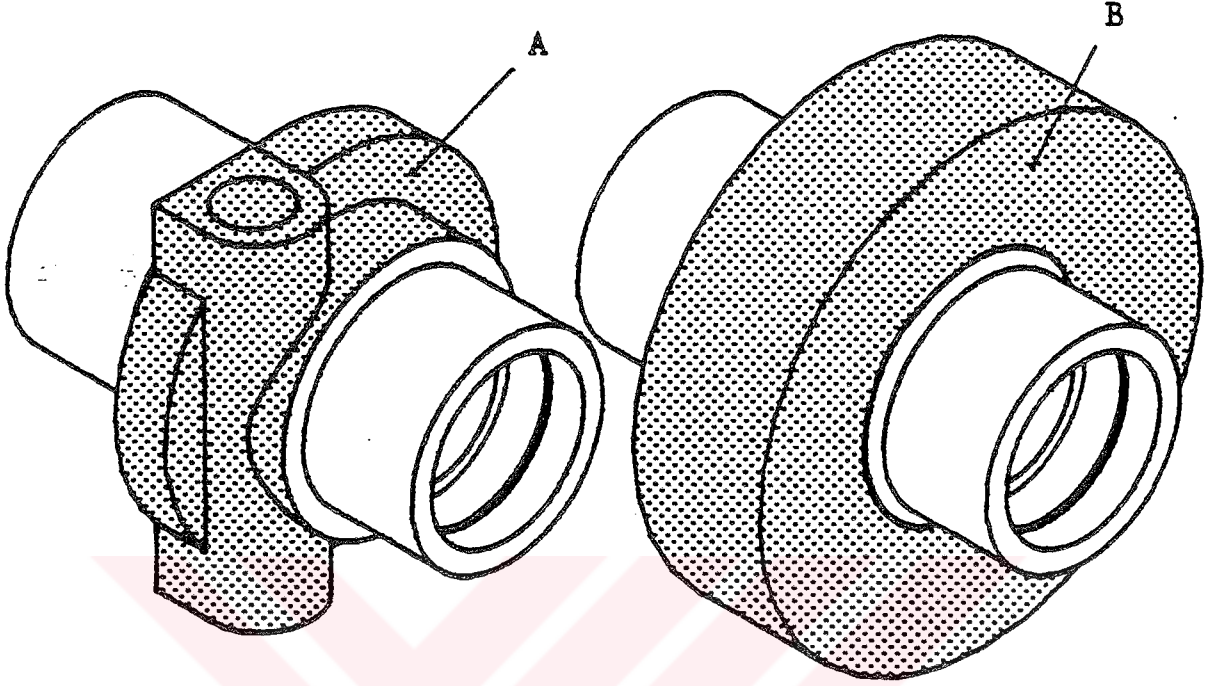
Geometrik tanımlamadan sonra bir teknolojik menü, boyutlar ve toleranslar, vida dişi vb bazı yüzey özelliklerinin kolay girişine izin verir. Çizim, işleme planının daha kolay anlaşılabilmesi için yüzeylerin numaralanması ile otomatik olarak biter. Bu plan, yazılımın ürettiği bir dökümandır. Şekil 20 'de KAPLAN CAD modülü tarafından yaratılan bir katı iş parçası modeli gösterilmiştir.

-- İşlem planlama jenerasyon modülü ;

İşlem planlama jenerasyon modülü bir knowledge-based (KBS) sistemidir.

KBS sisteminin oluşturulmasında çok önemli ve özellikle hassas olan safha bilgisayarda kullanılabilecek bir yapıya eksperin bilgisini aktarma prosesidir. Eksperin teknolojik kültürünün aktarılması çok grift bir görevdir. Çünkü onun yapısı, genelde kompleks ve her zaman biliçli olmayan, detaylı ilişkiler üzerine kurulmuştur. Kesme işlemi üzerine deneyimi, birçok sorunu çözebilecek yeterli bilginin depolanmasına, tam ve kullanışlı bir sistrtem oluşturulmasına

olanak tanımıştır.



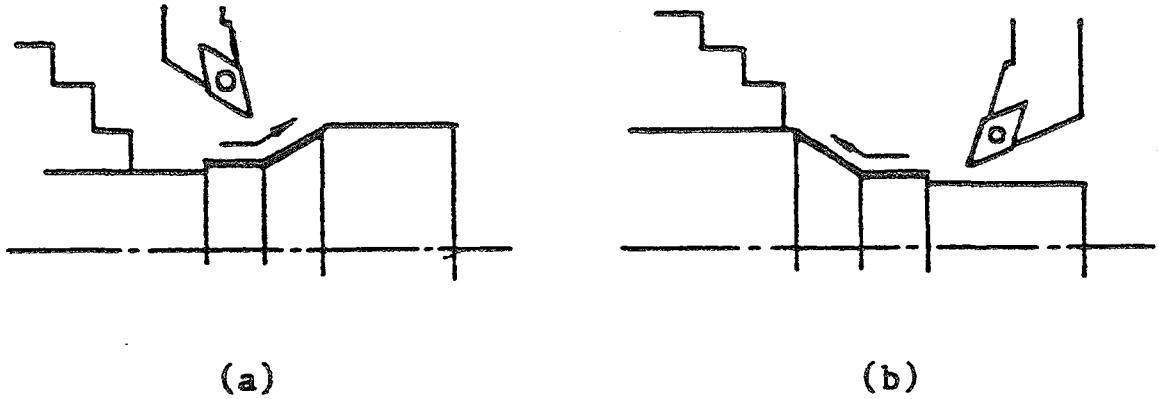
Şekil 20: KAPLAN CAD modülü tarafından yaratılan bir katı iş parçası modeli

Bilgi IF-THEN kurallarının beş grubu ile organize edilmiştir ve her biri döner planlar için bir karar prosesi ile ilgilidir.

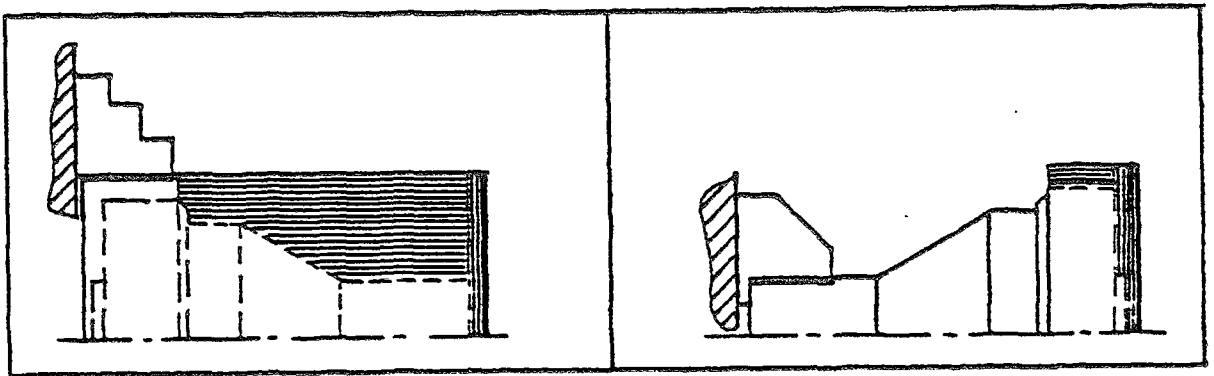
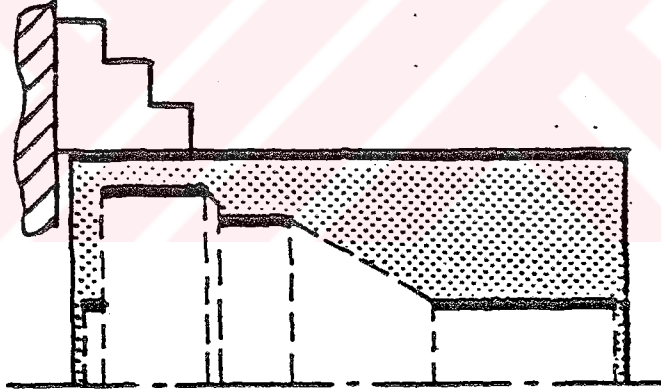
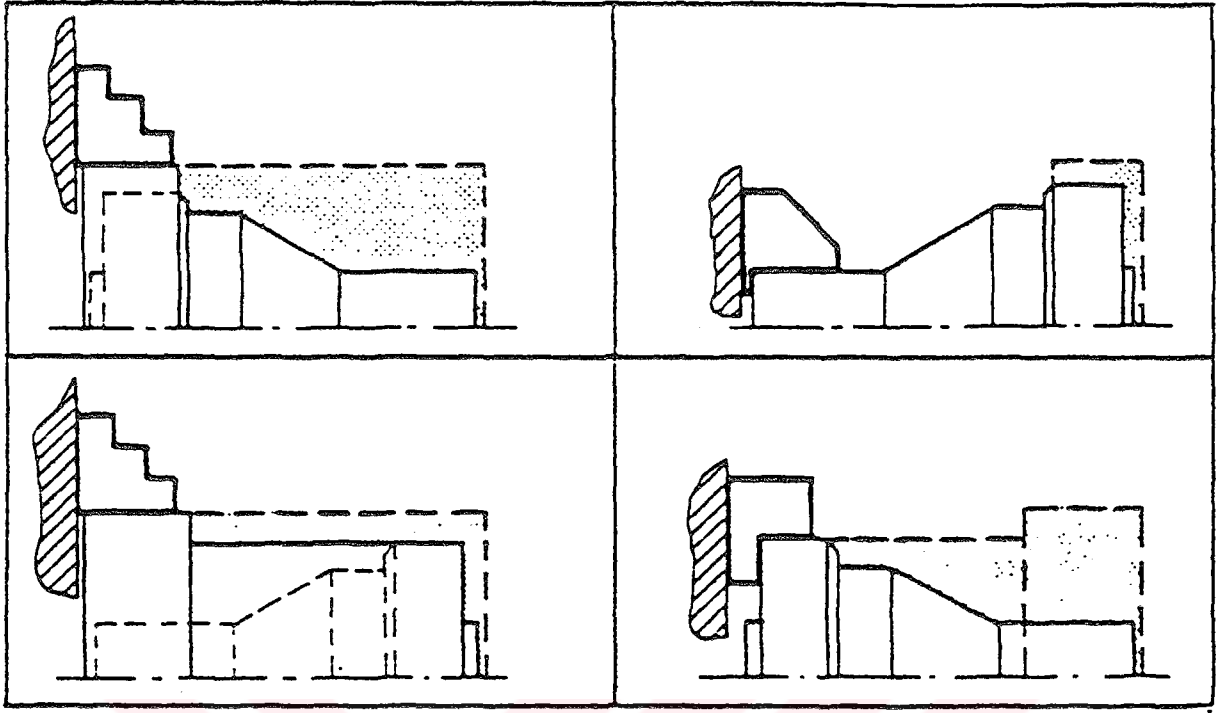
- a) Genel Kurallar : Genel bir anlamları vardır ve geçerli iş parçasının seçilmiş takımla olabilecek üretilme planlarını ele alırlar
- b) Sınırlama Kuralları : Sistemin, bütün olası çözümleri denemesini engellerler. Örneğin bazı durumlarda sistemi uygun sıkma cihazını kullanmaya mecbur edilir. (ayna, puntalar vb.)
- c) Sıkma Kuralları : Tüm iş parçası yüzeylerini analiz ederek çeşitli sıkma olanaklarını seçmeyi sağlarlar.

- d) Ayna Seçme Kuralları : Ayna modelini ve geometrik boyutlarını, hazırlanmış dosyalardan seçerler ve kullanılan tezgahla uyumunu tasdiklerler.
- e) Fizibilite Kuralları : İşlenecek her yüzeyin olasılığını; geometrisine, seçilmiş sıkmaya göre denerler.

KAPLAN belli sayıda olası planlar ortaya koyar. En iyisini, başarılı kuralların ağırlık toplamından hareket ederek seçer. Böylece, nihai sonuç depolanmış kurallara kuvvetle bağlıdır. Kuralların ağırlıkları, plandaki parametrelerin önemi ile değerlendirilebilir (yüzeylerin referansının olması, seçilmiş sıkma için belli bir özelliğin bulunması, sıkma yüzeyi ile yüzeyin yakınlıkları vb.) Bilgi tasarımının (düzeltme, silme, ekleme, kuralların okunuşu) kullanımı son derece etkili bir modüle dayanan menüler ve her operasyonda bilgili kişilerce yapılması mümkündür. Şekil 21 de sıkma yüzeyi ile ilgili bir örnek konfigürasyon görülmektedir.



Şekil 21: Sıkma yüzeyi ile ilgili bir örnek konfigürasyon



Şekil 22: Potansiyel Sıkma Yüzeyleri

Bir planın oluşturulmasında şu özel ana basamaklar ile varılır ;

-- Takım tezgahlarının seçimi ;

KAPLAN takım tezgahlarının seçimini otomatik olarak yapmaz. Çünkü bu gibi işlemler bu sistem içinde (atölyede hazır olma, kazalar, paralel üretimler vs.) geçerli bir açıklama getirmezler.

KAPLAN yalnız, teknik tanımlamanın tamamının bulunabildiği bir tornanın depolanmış olanlar arasından seçilmesine izin verir.

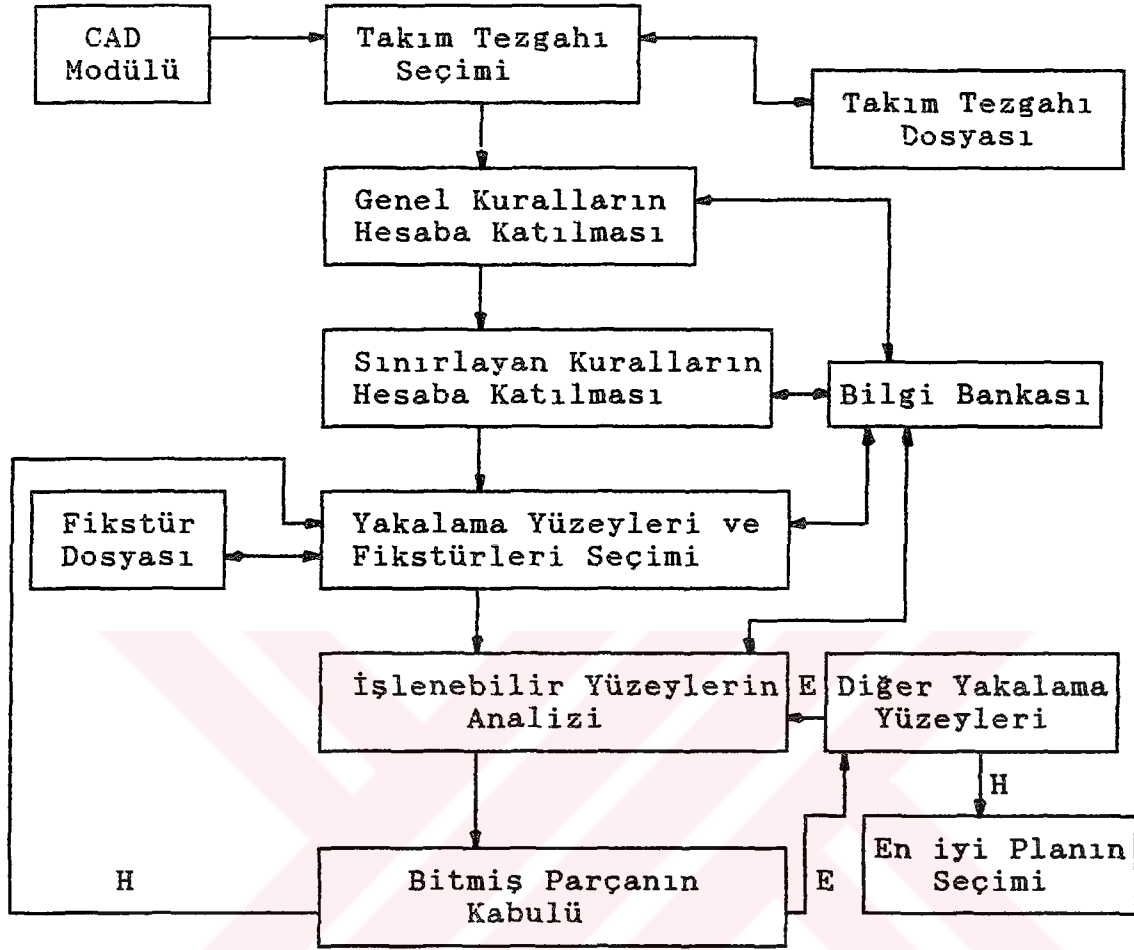
-- Genel kurallara danışma ;

Uyumu kontrolü ve giriş bilgisinin (input-data) tutarlılığı (bitmiş-işlenmiş ve işlenmemiş-ham kısımların boyutları, seçilmiş tornanın özellikleri) bu kurallara dayanılarak oluşturulmuştur.

-- Sınırlı kurallara danışma ;

Birkaç plan kullanılmış yol üretir. Çünkü bu yol çeşitli aparatlar ile mümkün olan bütün sıkmayı dener.

Bu fonksiyon grubunun kuralları; yalnızca çağdaş atelyelerin gereksinimi olarak kullanılan özel aparatlara göre seçilmiş prosesin sınırlandırılan sistem tarafından üretilmesi için bir limittir. (örneğin ; sabitleşmiş bir değerden daha az bir incelik için yalnızca torna aynası kullanılır)



Şekil 23: İşleme Planı Jenerasyonu Modülü için Akış Şeması

-- Aparatların seçimi ve sıkma yüzeylerinin analizi ;

Eğer, bir yüzeyin sıkıştırılmasına karar verilebilmiş ise, bu sıkıştırma ölçülerine dayanılarak olur. Sıkıştırılabilen her yüzey için diğer grup kuralları, uygun bir dosya içindeki uygun aparat boyutlarının, çıkıntılı yüzeylerin sağlamlığının araştırılmasının ve takım tezgahlarıyla iş parçalarının geometrik uygunluğunun seçilmesine izin verir.

-- Yüzeylerin fizibilite analizi ;

Her sıkma pozisyonu, mutlaka işlenmiş bir yüzeyin oluşturulmasına izin verir.

Bu numara aşağıdaki parametrelerin bir fonksiyonudur.

Sıkılmış yüzeylerin pozisyonu, seçilmiş aparat geometrisi, komşu yüzeylerden ve oluşturulmuş yüzeylerden birinin geometrisi, iki veya daha çok yüzeyler arasındaki tolerans durumu .vs. Bunların kurallarının fonksiyonu oluşturulabilmiş bütün sıkma pozisyonları içinde yüzeylerin sıkılması içindir; sıkılmış yüzeyden uzak olan işlenmiş yüzey daha az aşınma gösterir. İş parçasının sağlamlığı da hesap edilerek ele alınmıştır.

-- Yeni geometrinin prosesi ;

Bir sıkma pozisyonu içinde yapılan her bir operasyon grubunun sonunda, iş parçaları ana geometrisi ham kısmın sahip olduğu işlem operasyonlarının üretiminde açıkça farklıdır.

Sonraki sıkma pozisyonu içinde yapılan işlem operasyonlarını başlatmak için böyle yeni bir geometri bilinmelidir. Bu yüzden uygun bir modül kurulur ve iş parçasının ana konfigürasyonu saklanır.

-- Üretim planının oluşturulması ;

Bir operasyon grubunun sonunda ise çizilmiş olan üretim planını sistem oluşturur. Bu plan operasyonların sırası, kullanılmış torna ve işlenmemiş kısmın özellikleri, gereken aparatlar, gerekli takımlar, referans ve başlangıç yüzeyleri hakkında bazı açıklamaları bildirir.

-- En iyi planın seçimi ;

KAPLAN tarafından saklanmış ve sınıflanmış üretim planları bir sıraya göre listelenerek makul kurallarla elde edilmiştir.

İlk önce liste içindekilerden biri en iyi plan olarak seçilmiştir. Bu da maksimum üretim derecesi veya minimum çalışma zamanının kriter alınmasına göre yapılabilir.

TAKIM SEÇİMİ

Her bir operasyon içinde gerekli olan takımların seçimi KAPLAN ile bağlanmış uzman bir COATS (L) modülüyle yapılabilirki bu aynı takımlarla çalıştırılabilen yüzey grupları ve üretim planlarını okur.

COATS her bir operasyon için yalnız bir takım seçmez, fakat düzenlenmiş listelerden ilk üç takımın böyle üretildiği görülür.

Sonra sistem torna taretinde mevcut olan en küçük sayıda takımları amaç edinerek daha fazla operasyonda kullanılabilen bir takım arar.

KAPLAN'IN GETİRDİKLERİ

KAPLAN dönen parçaların üretim planlarının otomatik jenerasyonunu ilginç bir yaklaşım ile tarif eder.

Sistemin kullanılması sırasında bilgi tasarımının kolay değişebilir olması etkisiz bir program ve özel yapı kullanılmasına izin verir.

Zaman süresinin büyük avantajı ile bu CAD-CAPP

entegrasyonu ve giriş güvenilirliği elde edilmiştir. Vasıflandırılmış CAD modülü; torna tezgahlarında işlenmiş olup, dizayn edilen parçaların, ihtisas sahibi olmayan kişilerce kolayca kullanılmasını izin verir.

Üretim planları yapmak için gerekli yol, çalışma usullerine bağlı işlenmiş yüzey grupları ve sıkıştırılabilen tüm yüzeylerin analizi üstüne kurulmuştur. Bu da bir tek plandan daha fazla jenerasyona izin verir.

Bir jeneratif sistemde olduğu gibi çok veya az ince iş parçalarının üretim planlarının farklı ojinlerdeki işlenmemiş parçalar ve pozisyon toleransları ile iç yüzeylerinin problemlerini çözebilir. /7/

5.4. TAU - TT SİSTEMİ

NC takım tezgahları için birleştirilmiş programlama sistemi ESPS-TAU'nun bir parçasıdır. Aynı zamanda, prosesör - prosesör - post prosesör prensipleri üzerine inşa edilmiş bu yan sistem SPS-TAU prosesörüne dayanan SPS-TT yan sisteminin bir devamlılık, genişleme ve geliştirilmesidir. Prosesörün değişmesi ile TAU-TT yan sisteminin yetenekleri şiddetle genişlemiştir. Üretim şartlarına yan sistemin adaptasyonu daha kolay bir hale gelmiş ve program kalitesi gelişmiştir.

Bugün, birçok otomatik program hazırlama sistemi, program verifikasyonunun yanısıra geometrik ve organizasyonel görevleri de başarıyla yürütürler. Bu sistemler için ikinci gelişim aşaması, bilgisayar yardımı ile proses teknolojisi

problemlerinin çözümlenmesidir. Proses planlamının ve program hazırlanmasının otomasyonu için kişinin, aktüel üretim şartları ile onaylanmış teknolojik çözümlerin sınıflandırılması sonucu elde edilebilecek, güvenilir ve onaylanmış bir proses teknolojisine sahip olması gerekir. TAU-TT yan sisteminde NC programları hazırlamak için kişi, prosesin tüm elemanlarını tiplere göre sınıflandırır; Takım tezgahları, takımlar, iş parçası, tutma metodları, işleme şartları vb. Tip-sınıflandırmalı teknolojik çözümler ; değişik endüstriler, girişimler ve hatta işlemsel şartlarına bağlı olan takım tezgahları için farklılaşabilir. Ancak, bu çözümlerin geliştirildiği metodoloji ve TAU-TT içindeki idrak metodları aynı kalır.

TAU-TT yan sistemi, proses işlemlerini şu safhalarda yapar : Makina segmentlerine boşluğun bölünmesi; işlem sırasının yapılması; kesme takımının seçimi, takım planlarının oluşturulması. Bazı durumlarda, eğer proses mühendisi, programcı ister ise, TAU-TT yan sistemi proses rotası elemanlarını geliştirmede ve makineleştirmede kullanılabilir.

Yan sistem ayna ile tutulmuş parçaları için aşağıdaki işleme operasyonlarına karar verir.

- 1) Merkezleme
- 2) Delme
- 3) Daha küçük çaplı bir matkapla delme (eğer iki matkap kullanılmış ise)
- 4) Harici kaba ve finish yüzeyi

- 5) Ana dış yüzeylerin kaba tornası
- 6) Ana iç yüzeylerin kaba tornası
- 7) Ana iç yüzeylerin hassas tornası
- 8) Ana dış yüzeylerin hassas tornası
- 9) İkinci yüzeylerin deliklerin veya yüzeylerde işlenmesi
- 10) İkinci dış yüzeylerin işlenmesi

Merkezler arasındaki işlemler; tutmaya, işleme tipine ve ikincil yüzeylerin tipine göre çeşitli gruplara ayrılırlar. Merkezler arasındaki işleme parçalarının düzeni şöyledir.

- 1) Ana dış yüzeyleri kaba tornası
- 2) İkinci yüzeylerin kaba ve finish işlenmesi
- 3) Hassas finish alın işleme (eğer stok uzunluğu, parça uzunluğundan büyükse)
- 4) Ana dış yüzeyin hassas (finish) tornası

Yukarıdaki düzene göre bir teknolojik model yapılmıştır. Bu parça işlenmesi kantitatif ve kalitatif bir eşdeğer ve işleme şemaları ile bölgeleri, onların sıralarını, kesme takımı seçimini, takım değişimi noktalarının seçimini ve şartlarını, yardımcı hareket ve emirlerinin oluşmasını yansıtırılar.

Bu model, algoritmik dil olan YALTA ile tanımlanır. YALTA (Rusca'dır), TAU-TT yan sistemi preprosesörüne TAU-T sistem prosesörü ile birleştirilmesi için, ENIMS'de geliştirilmiştir.

TAU-TT yan sistemi yapısındaki esas yenilik; spesifik üretim şartlarına uyabilecek bir teknolojik modelin kodlanması ve direkt olarak algoritmasının anlaşılması olasılığıdır.

YALTA otomatikleşmiş program hazırlama sistemindeki modelde, iş programına teknolojik modeli çeviren bir programdır. Programcı (proses mühendisi), basitleştirilmiş modeller içeren genelleştirilmiş kavramları kullanarak otomatikleşmiş yan sistemin bir lojik modelini oluşturur. Herbir basitleştirilmiş model, spesifik yan sistmen fonksiyonlarını saptar. Bu dil programcınının geçmiş tecrübe ve bilgisine dayanarak, spesifik görevleri formüle etmesini sağlar. Aynı zamanda, YALTA dili genişletilebilir. Yeni bilgi ve program hazırlanmasında kullanılmamış eski bilgi kullanıcı tarafından kolaylıkla dahil edilebilir. /12/

5.5. GARI SİSTEMİ

Bu sistemleşmenin güçlüklerinden biri CAD sisteminin çıktısını meydana getirecek parçanın tanımlam yöntemidir. Diğer bir deyişle CAPP sistemlerindeki girdi için meydana getirilecek parçanın tanımlama yöntemidir. Örneğin GARI işlem göreceğ bir parça modelinden başlamak sureti ile bir seri tasarlamaktadır. Bu model parçayı bir varlığa (kişiliğe) sahip birçok hacimlerden olursa bir ilave baz olarak tasvir etmektedir. GARI yirmi kadar birim tipinin kullanılmasına ve çeşitli parçaların işlem görmesine mücade eder. Sistem çok doyurucu sonuçlar vermiştir. Diğer sistemlerin çoğunluğu parça aileleri, diğer bir tabirle grup teknolojisi yaklaşımından yararlanmaktadır. Önemli bir otomasyon derecesi için CAD sistemden CAPP sistemine bilgi transferi kesinlikle gereklidir.

Genel Tasvir;

Mekanik bir parçanın (donanımın) tasarımı için tasarımcının düşüncesi ve CAD sistemi çıktısının sonucu tanım tasarımı ile gösterilmiştir.

Genellikle sanayi tasarım mühendislerinin kullandığı dil olduğu ve tasarımın değerlendirilmesini, parçanın geometrik biçimini ifade eden dil olduğu söylenir. Bilgisayar üzerindeki tasarımın, geometrik bilgilerinin tanımlamanın anahtarı tasarımın değerlendirilmesindedir. Buna göre elimizdeki parçayı tasvire, tasarımın kotlarını tahlil ederek başlayacağız. Tasarımın kotlarını tahlil etmek için önce kartezyen bir koordinat noktası saptamak gereklidir. Bir koordinat noktasının seçimi, referans düzlemi ya da bu referans düzlemlerine paralel düzlemler ile ilişkili olarak iki kategoriye bölünebilen parçanın biçimine tabidir ;

-- Simetrik parça kategorisi

-- Asimetrik parça kategorisi

Bundan sonra, parçanın tüm geometrik elemanlarını temsil eden her tasarım kotunun koordinatlarına sahip olmuş bulunuyoruz. Tasarım kotlarından başlamak sureti ile elde edilen ordinatlar ile 2D yada 3D parçanın geometrik biçimini temsil eden birkaç belli başlı eksen oluşturduk. Tanım tasarımının belli başlı görünülerinden biriyle başlayarak bir eksen geliştirildi. Koordinat eksenlerinin meydana getirilmesinden sonra tanım parçanın biçiminin tanınması istenilirse, belli başlı görünümleri elde etmek için profiller yeniden oluşturulabilir. Geometrik biçimin en

belirgin karakterini ifade eden genel bir görünümden başlayarak, üçüncü eksene takabül eden koordinatları kombine ederek parçanın 3D olarak tasarımını çıkarabiliriz.

Klasik bir tanımlama tasarımının üzerinde kotlar genellikle iki kategoriye ayrılabilir. Şekil 24 'de bu kotlar gösterilmiştir. İmal edilmiş kısım için boyut kotları ve pozisyon kotları son zamanlarda, sayısal kumandalı makinalardan faydalanıldığı için etüd bürosu mühendisleri ve yöntemler bürosu mühendisleri değerlendirmeleri ellerinde bulunan takımlara göre saptarlar./8/



6. DÖNER VE DELİKSİZ PARÇALAR İÇİN CAPP YAZILIMI

6.1 PROGRAMIN TANITILMASI

Bu program tornada işlenecek parçaların teknolojik planını bilgisayar yardımı ile çıkarmak için yapılmıştır. Program üç operasyon için talaş kaldırma faktörlerini vermektedir. Bu üç operasyon ;

-- Dış silindirik tornalama

-- Dış alın tornalama

-- Dış konik tornalama 'dır

Program çıktısı olarak parçanın izlenecek operasyon sırasını ve bu operasyonlara ait kesme hızı, tezgah devri, kesme derinliği, paso sayısı ve ilerleme değerlerini vermektedir. Program Quick Basic ile yazılmıştır.

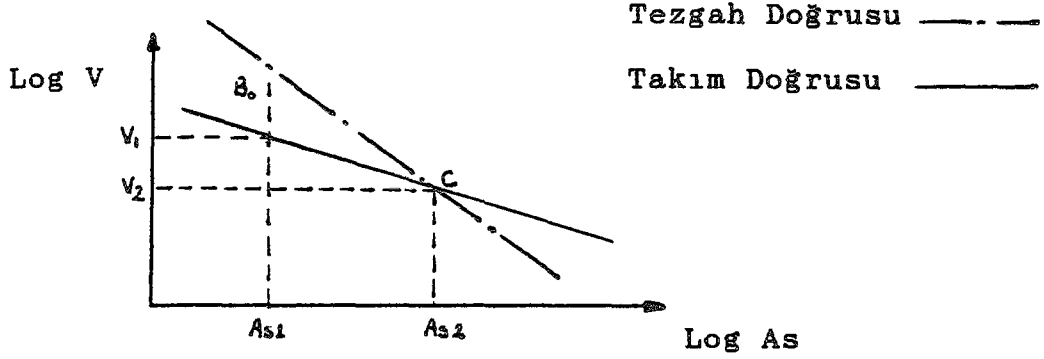
Program iki ana bölümden oluşmaktadır.

1) Birinci bölümde program çıktısı olarak, yüzey kalitesine bağlı takım ve tezgah doğru denklemleri ile bu doğruların optimum nokta koordinatları bir veri dosyası olarak açılmaktadır. Bu açılan dosyalar daha sonra programın ikinci bölümünde kullanılacaktır.

Kesme hızı, takım ömrü, talaş kalınlığı ve ilerleme arasındaki ilişkiye dayanarak, T sabit olmak üzere V ile As arasında bir bağıntı elde etmek mümkündür.

Bu V - As 'ye takım doğrusu denir

Takım ve Tezgah doğrusu bir diyagram üzerinde temsil edilirse;



Şekil 27: Optimum kesme hızı

Doğruların çakıştığı C noktası teknik açıdan optimum çalışma konumunu belirler. Bu noktada ömür koşulu ile güç koşulu aynı sonucu verir. V ile As nin bu noktaya göre seçilmesi bilhassa kaba talaş kaldırma işleminde çok iyi sonuçlar verir. Bo ile gösterilen çalışma konumu C den farklı olduğu zaman aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkar ;

- Bo takım doğrusu üzerinde olduğu zaman takım aşırı yüklenir.
- B takım doğrusu altında olduğu zaman takım ömrü tam olarak kullanılamaz.
- B tezgah doğrusu üstünde ise, tezgah aşırı şekilde yüklenir.
- B tezgah doğrusu altında olduğu zaman, tezgah gücü tam olarak kullanılamaz.

Birinci bölümde kullanılan tüm tablolar Krupp Widia firmasının takımları için hazırladığı talaş kaldırma

faktörlerine ait tablolardan hazırlanarak düzenlenmiştir. Bu tablolar sırasıyla şunlardır;

-- Birinci tablo malzeme numaralarını (A), malzeme sertliğini (AS), ve tablo no'sunu içerir.

-- İkinci tablo kesme şartlarına bağlı olarak takım malzemesinin, formülde kullanılan değişkenlerin değerlerinin, maksimum ve minimum kesme şartlarının seçileceği tablodur.

-- Üçüncü tablo ortalama kesme hızına ve ilerlemeye bağlı özgül kesme kuvvetinin (KC) seçileceği tablodur.

-- Dördüncü tablo parça işleme şartlarına bağlı olarak serbest yüzey aşınma faktörünü (WB) seçeceğimiz tablodur.

Programın girdileri; klavyeden serbest yüzey aşınma faktörü (WB), tezgah gücü (P), tezgah verimi (E), tezgah devir (N) ve ilerleme (S) kademeleri girilir. Bu bilgiler ikinci bölümde kullanılmak üzere dosyalanır. Daha sonra klavyeden malzeme numarası ve sertliği girilir. Bunun ardından program tezgahın kaldırabileceği maksimum kesme derinliğini hesap edip yazar. Bu işlem için önce tezgahın maksimum ilerleme devri bulunur ve bu değer için tablodan KC değeri seçilir. (V : 50 olmak koşuluyla) Ardından tezgahın kaldırabileceği max. talaş kesidi hesaplanır.

$$AS = (P * 60 * 1000 * EE) / (KC * V)$$

Bu değer yine tezgahın minimum ilerleme değerine bölünerek max. kesme derinliği bulunur. Daha sonra klavyeden kesme şartları girilir. Bunlar kesme derinliği (AP), ilerleme (FF) ve takım ömrüdür (T). Ardından da yüzey kalitesi girilir. Kaba yüzeyler için kesme derinliği girilir. Hassas yüzeyler için ise max. kesme derinliği 1 mm. olarak yazılmalıdır.

Program yukarıda girilen veriler doğrultusunda önce takım doğrusunu bulur. Bunun içinde önce malzeme numarası ve sertliğine göre gerekli tablolardan takıma ait kesme şartları ve formüllerde kullanılan değişkenler seçilir. Ardından max. ve min talaş kesidi (ASMAX, ASMIN) ile max. , min. kesme hızları (VCMAX, VCMIN) hesaplar. Hızlar şu formüllerle hesaplanır ;

$$VCMAX = C * AMIN ^ F * FMIN ^ E * T ^ G$$

$$VCMIX = C * AMAX ^ F * FMAX ^ E * T ^ G$$

daha sonra bulunan bu değerlerin logaritması alınır. Takım doğrusunun birinci noktası log(ASMIN) ile log(VCMAX) diğer noktası ise log(ASMAX) ile log(VCMIN) olur.

Takım doğrusu bulunduktan sonra tezgah doğrusu bulunur. Tezgah doğrusunda talaş kesitleri değişmez. Takım doğrusunda kullanılan max. ve min. talaş kesitleri değişmez. Bu sebeple takım doğrusunda kullanılan max. ve min. talaş kesitleri aynen alınır ve bu değerlere bağlı olarak KC faktörü tablolardan seçilir. Ara değer ise enterpolasyon yapılır. Ardından tezgaha ait max. ve min. kesme hızları hesap edilir.

Hızlar şu formüllerle bulunur ;

$$VMAX = (P * 60 * 1000 * EE) / (AMIN * FMIN * KC * WB)$$

$$VMIN = (P * 60 * 1000 * EE) / (AMAX * FMAX * KC * WB)$$

AMIN, AMAX takıma ait max. ve min. kesme derinlikleridir.

FMIN, FMAX takıma ait max. ve min. ilerleme değerleridir.

Daha sonra bulunan bu değerlerin logaritması alınır. Tezgah doğrusunun bir noktası $\log(ASMIN)$ ile $\log(VMAX)$ diğer noktası ise $\log(ASMAX)$ ile $\log(VMIN)$ olur.

Her iki doğru bulunduktan sonra bu doğruların kesim noktası doğru denklemleri yardımıyla analitik olarak hesaplanır. Bulunan nokta bize optimum kesme hızını ve kesme derinliğini verir. Bulunan bu değerler ile takım tezgah doğrusuna ait katsayılar, yüzey kalitesi ile birlikte ikinci bölümde kullanılmak üzere dosyalanır.

2) İkinci bölümde program çıktısı olarak operasyon sıraları ve bu operasyonlara ait kesme hızı, tezgah devri, kesme derinliği, paso sayısı ve ilerleme değerleri verilmektedir. Bu bölümde bir tablo kullanılmıştır. Bu da takım ucu yuvarlatma yarıçapına ve yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak ilerleme değerlerinin verildiği tablodur. Bu tablo M. Akkurt Takım Tezgahları kitabı Sayfa 132 den alınmıştır.

Program girdisi olarak önce parçanın kodu, yarı mamül çapı, yarı mamül boyu ve mamül boyu girilmektedir. Daha sonra program operasyonları içeren bir menü vermektedir.

Operasyonlarını belirlediğimiz işlenecek parçanın boyut ve yüzey kalite değerleri saat yönünün tersi istikametinde,

menüden seçilen operasyona ait dosyadan sorulan sorular cevaplandırılarak girilmelidir. Bütün operasyonlar girildikten sonra menüden hesaplama geç komutu verilmektedir. Hesaplama üç kısımdan oluşmaktadır. Hesaplamalar sırası ile

-- Dış silindirik tornalama

-- Dış konik tornalama

-- Dış alın tornalama için ayrı ayrı yapılmaktadır.

bu her operasyonda kendi içinde max. çaptan başlayıp min. çapa kadar operasyonlara ait talaş kaldırma faktörleri hesap edilmektedir.

Hesaplama ilk önce aynı operasyonlara ait çaplar içinden max. bulunur. Bu çapa ait operasyon numarası ve diğer girdiler saptanır. Operasyona ait yüzey kalitesine bakılır. Tüm yüzeyler için ilk önce kaba talaş kaldırma durumunda kullanılacak ilerleme değeri saptanır. Bunun için daha önceden birinci bölümde açılan tezgah ilerleme, devir kademelerini kapsayan dosya açılarak okunur. Daha sonra operasyona ait takım yuvarlatma ucu yarıçapına göre ve kaba talaş için tablodan ilerleme değeri seçilir. Bu değer tezgahın ilerleme kademeleri ile karşılaştırılır. Aynı değer ile karşılaşırsa ilerleme değeri aynen alınır. Aynı değer yoksa arasında en küçük olanı alınır. Bulunan değer kaba talaş içindir. Yüzey kalitesi finish ve hassas ise yapılan işlemler aynen tekrarlanarak finish talaş için ilerleme değeri hesaplanır.

Hesaplama aynı operasyona sahip yüzeylerden ilk önce kaba talaş kaldırılır. Daha sonra hassas yüzeylerden finish

talaş kaldırılır. Yukarıda ilerleme değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamadan sonra 1. bölümde hazırlanan kaba talaş dosyası açılarak optimum nokta koordinatları ve takım, tezgah doğrularına ait katsayılar okunur. Tezgah devri şu formülle hesaplanır ;

$$NDK = (1000 * Y) / (PI * DY)$$

Y : Optimum kesme hızı

DY : Bir önceki operasyonda indirilen çap (başlangıçta yarı mamül çapı)

Bulunan devir tezgah devir kademeleri ile kontrol edilir. Aynı devire rastlanırsa değer aynen alınır, yoksa hangi devir kademeleri arasına düştüğü saptanarak bu iki değer arasında en küçük olanı hesaplanır.

$$Vkes = (PI * DY * NDK) / 1000$$

Bu kesme hızı için takım tezgah doğrusundan bu değere karşılık gelen talaş kesiti bulunur. Yanlız buradan iki değer elde edilir. (AS1, AS2) bunlardan küçük olanı alınır. Bulunan talaş kesiti ilerleme değerine bölünerek operasyona ait kesme derinliği hesaplanır.

$$ASA = ASK / FF$$

Operasyona ait toplam kesme derinliği

ATOP : (DY - DS(Z)) / 2 Formülü ile hesaplanır. Paso ise bu değer kesme derinliğine bölünmesiyle bulunur.

$$PS = ATOP / AKA$$

Böylelikle operasyona ait tüm talaş kaldırma faktörleri bulunmuş olur. Bundan sonra bir ufak çapa gidilerek o operasyona ait tüm faktörler yine aynı yoldan hesaplanır. Ana

operasyona ait tüm operasyonlardan kaba talaş kaldırıldıktan sonra hassas yüzeyler varsa aynı işlemler tekrar edilir. Bu hesaplamada ilerleme değeri değişir. Hassas yüzeyler için tablodan ilerleme değeri seçilip daha sonra tezgah ilerleme kademeleri ile karşılaştırılır. Diğer bir farklılık 1. bölümde hazırlanan ince talaş dosyası açılarak okunur. Hassas yüzeyler için toplam kesme derinliği 1 mm alınmıştır. $ATOP = 1$ Paso sayısı yine $PS = ATOP / AIN$ formülüyle bulunur. Burada AIN, minimum kesme derinliği bizim tarafımızdan girdi olarak verilmektedir. Bir ana oprasyona ait tüm hesaplamalar yapıldıktan sonra diğer ana operasyona gidilir ve aynı işlemler tekrarlanır. Böylelikle tüm operasyonlara ait talaş kaldırma faktörleri hesaplanmış olur.

6.2 PROGRAMA AİT DEĞİŞKENLERİN TANITILMASI

6.2.1 GENEL DEĞİŞKENLER

- P : Tezgah gücü
EE : Tezga verimi
NN : Tezgah devir kademe sayısı
SS : Tezgah ilerleme kademe sayısı
N : Tezgah devir kademesi
S : Tezgah ilerleme kademesi
AP : Kesme derinliği
FF : ilerleme değeri
T : Takım ömrü
KC : Özgül kesme kuvveti
WB : Yüzey aşınma faktörü

PS : Paso sayısı
DY : Bir önceki operasyonda indirilen çap
ATOP : Toplam kesme derinliği
NDK : Kaba talaş kaldırma devri
NDI : İnce talaş kaldırma devri
AKA : Kaba tornalama için kesme derinliği
AIN : İnce tornalama için kesme derinliği

6.2.2 OPERASYONLARA AİT DEĞİŞKENLER

-- Silindirik tornalama için ;

ZS : Operasyon numarası
DS : Tornalanan çapı
LS : Tornalama boyu
YK : Yüzey kalitesi
R : Takım ucu yuvarlatma yarıçapı

-- Konik tornalama için ;

ZK : Operasyon numarası
DK1 : Tornalanan max. çap
DK2 : Tornalanan min. çap
LS : Tornalama boyu
YKK : Yüzey kalitesi
RK : Takım ucu yuvarlatma yarıçapı

-- Alın tornalama için ;

ZA : Operasyon numarası

DA1 : Tornalanan max. çap

DA2 : Tornalanan min. çap

YKA : Yüzey kalitesi

RA : Takım ucu yuvarlatma yarıçapı



6.3. Program Listesi

REN TORNALAMA

CONST Siyah = 0, Mavi = 1, YBSIL = 2, Turkuaz = 3, KIRMIZI = 4, KOTUMOR = 5
 CONST Kahverengi = 6, Beyaz = 7, Gri = 8, PARLAKMAVI = 9, ParlakYesil = 10
 CONST GokHavisi = 11, parlakkirmizi = 12, Mor = 13, SARI = 14, ParlakBeyaz = 15

PP = 0

DIM A(185), A1(185), A4(185)

DIM B(98), B4(98), B1(98), B2(98), B3(98), B4(98), B5(98), B6(98), B7(98), B8(98), B9(98), B10(98)

DIM S4(7), S(7), K(6), K1(6), K2(6), X(6), X1(6), X2(6), X3(6), X4(6), X5(6), X6(6), X7(6), X8(6), X9(6), X10(6), X11(6) CLS

COLOR parlakkirmizi

LOCATE 12, 30: PRINT "LUTFEN BEKLEYINIZ"

COLOR SARI

LOCATE 13, 29: PRINT "=====

FOR I = 1 TO 185

READ A(I), A4(I), A1(I)

NEXT I

DATA 1.0036,U.N,2,1.0038,U.N,2,1.0040,U.N,3,1.0042,U.N,3,1.0050,U.N,4
 DATA 1.0052,U.N,4,1.0060,U.N,5,1.0062,U.N,5,1.0065,U.N,2,1.0067,U.N,2
 DATA 1.0070,U.N,6,1.0075,U.N,3,1.0077,U.N,3,1.0116,U.N,2,1.0136,U.N,3
 DATA 1.0140,U.N,3,1.0161,U.N,2,1.0301,U.N105,1,1.0401,U.N120,1
 DATA 1.0402,U.N150,2,1.0416,U.N,3,1.0443,U.N,4,1.0501,U.N160,3,1.0501,U.V190,4
 DATA 1.0501,V220,5,1.0503,U.N190,5,1.0503,V250,6,1.0535,U.N220,6
 DATA 1.0535,U.V250,7,1.0535,V280,8,1.0551,N,5,1.0553,N,6,1.0554,N,7
 DATA 1.0555,N,6,1.0601,U.N220,7,1.0601,U.N260,8,1.0601,V300,9
 DATA 1.0603,U.N240,8,1.0603,U.N270,9,1.0603,V300,10,1.0605,U.N240,8
 DATA 1.0605,U.N270,9,1.0605,V300,10,1.0619,N160,3,1.1121,U.N105,1
 DATA 1.1140,U.N120,1,1.1141,U.N150,1,1.1142,N120,2,1.1151,U.N150,2
 DATA 1.1156,N150,3,1.1157,B.V200,7,1.1157,V250,8,1.1170,B.V200,7
 DATA 1.1170,V230,8,1.1180,U.N160,3,1.1180,U.V190,4,1.1180,V220,5
 DATA 1.1181,U.N160,3,1.1181,U.V190,4,1.1181,V220,5,1.1183,U.N160,3
 DATA 1.1183,U.V190,4,1.1183,V220,5,1.1191,U.N190,5,1.1191,V250,6
 DATA 1.1193,U.N190,5,1.1193,V250,6,1.1201,U.N190,5,1.1201,V250,8
 DATA 1.1203,U.N220,6,1.1203,U.V250,7,1.1203,V280,8,1.1209,U.N220,6
 DATA 1.1209,U.V250,7,1.1209,V280,8,1.1210,U.N220,6,1.1210,U.V250,7
 DATA 1.1210,V280,8,1.1213,U.N220,6,1.1213,U.V250,7,1.1213,V280,8
 DATA 1.1221,U.N220,7,1.1221,U.N260,8,1.1221,V300,9,1.1223,U.N220,7
 DATA 1.1223,U.N260,8,1.1223,V300,9,1.1231,U.N240,8,1.1231,U.N270,9
 DATA 1.1231,V300,10,1.1248,U.N240,8,1.1248,U.N270,9,1.1248,V300,10
 DATA 1.1249,U.N240,8,1.1249,U.N270,9,1.1249,V300,10,1.1525,G180,6
 DATA 1.1545,G190,6,1.2067,G200,8,1.2080,G230,8,1.2108,G220,7
 DATA 1.2210,G200,8,1.2312,V300,9,1.2344,G210,7,1.2365,G210,7
 DATA 1.2379,G240,9,1.2419,G210,8,1.2542,G210,7,1.2550,G210,8
 DATA 1.2713,G220,8,1.2713,V320,10,1.2721,G210,7,1.2721,V320,10
 DATA 1.2842,G210,8,1.3343,G240,8,1.3505,G200,8,1.5419,130,4,1.5419,170,5
 DATA 1.5419,160,5,1.5732,B.F180,5,1.5752,B.F180,7,1.5755,B.V230,6

```

DATA 1.5755,V320,8,1.5918,B.F190,6,1.5919,B.G180,4,1.5919,B.F200,5
DATA 1.5920,B.G180,5,1.6511,B.V240,7,1.6511,V300,9,1.6580,V300,9
DATA 1.6580,U.V380,10,1.6582,B.V240,7,1.6582,V380,10,1.6587,B.G180,6
DATA 1.6587,B.F200,7,1.7006,B.V200,5,1.7006,V250,6,1.7033,B.V200,5
DATA 1.7033,V250,6,1.7034,B.V220,5,1.7034,V260,6,1.7035,B.V220,6
DATA 1.7035,U.V280,8,1.7037,B.V200,4,1.7037,V250,5,1.7038,B.V220,4
DATA 1.7038,V260,5,1.7039,B.V220,4,1.7039,V280,5,1.7131,B.G160,4
DATA 1.7139,B.G160,3,1.7147,B.G170,4,1.7147,B.F210,6,1.7149,B.G170,3
DATA 1.7149,B.F210,5,1.7218,B.V180,4,1.7218,V280,6,1.7220,B.V200,5
DATA 1.7220,V300,7,1.7225,B.V200,6,1.7225,V280,8,1.7226,B.V200,4
DATA 1.7226,V300,6,1.7227,B.V220,5,1.7227,V280,7,1.7228,B.G220,6
DATA 1.7228,V320,9,1.7321,B.G150,6,1.7321,B.F200,8,1.7323,B.G150,5
DATA 1.7323,B.F200,7,1.7335,G160,5,1.7361,V280,7,1.7361,V360,9
DATA 1.7380,G160,5,1.7380,180,6,1.7707,B.G240,7,1.7707,V350,10
DATA 1.8159,B.G220,7,1.8159,V300,9,1.8161,B.G240,8,1.8161,V320,10
DATA 1.8509,V250,6,1.8509,V320,9,1.8550,V320,9

```

```

FOR I = 1 TO 98
READ B(I), B1(I), B2(I), B3(I), B4(I), B5(I), B6(I), B7(I), B8(I), B9(I), B10(I)
NEXT I

```

```

DATA 1,1150,-0.10,-0.06,-0.38,1,4,0.10,0.30,6,60
DATA 1,950,-0.10,-0.12,-0.38,1,10,0.10,0.80,6,100
DATA 1,780,-0.11,-0.17,-0.38,1,12,0.15,1,6,100
DATA 1,588,-0.12,-0.28,-0.38,1,16,0.2,1,20,6,100
DATA 1,1214,-0.10,-0.12,-0.38,1,10,0.15,1,6,30
DATA 1,937,-0.10,-0.13,-0.34,1,10,0.15,1,20,6,30
DATA 1,745,-0.11,-0.23,-0.34,2,16,0.15,1,20,6,30
DATA 2,955,-0.10,-0.09,-0.35,1,4,0.10,0.30,6,60
DATA 2,754,-0.10,-0.15,-0.35,1,10,0.10,0.80,6,100
DATA 2,613,-0.11,-0.20,-0.35,1,12,0.15,1,00,6,100
DATA 2,461,-0.12,-0.31,-0.35,1,16,0.20,1,20,6,100
DATA 2,1007,-0.10,-0.15,-0.35,1,10,0.15,1,00,6,30
DATA 2,774,-0.10,-0.16,-0.31,1,10,0.15,1,20,6,30
DATA 2,569,-0.11,-0.30,-0.31,2,16,0.15,1,00,6,30
DATA 3,725,-0.10,-0.12,-0.32,1,4,0.10,0.30,6,60
DATA 3,600,-0.10,-0.18,-0.32,1,10,0.10,0.80,6,100
DATA 3,478,-0.11,-0.24,-0.32,1,12,0.15,1,00,6,100
DATA 3,362,-0.12,-0.34,-0.32,1,16,0.20,1,20,6,100
DATA 3,763,-0.10,-0.18,-0.32,1,10,0.15,1,00,6,30
DATA 3,588,-0.10,-0.19,-0.28,1,10,0.15,1,20,6,30
DATA 3,440,-0.11,-0.33,-0.28,2,16,0.15,1,20,6,30
DATA 4,578,-0.11,-0.15,-0.29,1,4,0.10,0.30,6,60
DATA 4,479,-0.11,-0.21,-0.29,1,10,0.10,0.80,6,100
DATA 4,377,-0.12,-0.27,-0.29,1,12,0.15,1,00,6,100
DATA 4,286,-0.13,-0.37,-0.29,1,16,0.20,1,20,6,100
DATA 4,591,-0.11,-0.21,-0.29,1,10,0.15,1,00,6,30
DATA 4,458,-0.11,-0.22,-0.25,1,10,0.15,1,20,6,30
DATA 4,344,-0.12,-0.36,-0.25,2,16,0.15,1,20,6,30
DATA 5,464,-0.11,-0.18,-0.26,1,4,0.10,0.30,6,60
DATA 5,384,-0.11,-0.24,-0.26,1,10,0.10,0.80,6,100
DATA 5,299,-0.12,-0.30,-0.26,1,12,0.15,1,00,6,100
DATA 5,225,-0.13,-0.40,-0.26,1,16,0.20,1,20,6,100
DATA 5,497,-0.11,-0.25,-0.26,1,10,0.15,1,00,6,30

```

DATA 5,385,-0.11,-0.25,-0.22,1,10,0.15,1.20,6,30
DATA 5,270,-0.12,-0.39,-0.22,2,16,0.15,1.20,6,30
DATA 6,350,-0.11,-0.21,-0.22,1,4,0.10,0.30,6,60
DATA 6,298,-0.11,-0.26,-0.22,1,10,0.10,0.80,6,100
DATA 6,226,-0.12,-0.34,-0.22,1,12,0.15,1.00,6,100
DATA 6,171,-0.13,-0.43,-0.22,1,16,0.20,1.20,6,100
DATA 6,392,-0.11,-0.27,-0.22,1,10,0.15,1.00,6,30
DATA 6,306,-0.11,-0.28,-0.19,1,10,0.15,1.20,6,30
DATA 6,211,-0.12,-0.42,-0.19,2,16,0.15,1.20,6,30
DATA 7,280,-0.11,-0.24,-0.19,1,4,0.10,0.30,6,60
DATA 7,237,-0.11,-0.29,-0.19,1,10,0.10,0.80,6,100
DATA 7,177,-0.12,-0.37,-0.19,1,12,0.15,1.00,6,100
DATA 7,137,-0.14,-0.46,-0.19,1,16,0.20,1.20,6,100
DATA 7,302,-0.11,-0.29,-0.19,1,10,0.15,1.00,6,30
DATA 7,234,-0.11,-0.31,-0.16,1,10,0.15,1.20,6,30
DATA 7,168,-0.12,-0.45,-0.16,2,16,0.15,1.20,6,30
DATA 8,224,-0.12,-0.27,-0.16,1,4,0.10,0.25,6,60
DATA 8,190,-0.12,-0.32,-0.16,1,10,0.10,0.63,6,60
DATA 8,142,-0.13,-0.40,-0.16,1,12,0.15,0.80,6,60
DATA 8,108,-0.14,-0.49,-0.16,1,16,0.20,1.00,6,60
DATA 8,247,-0.12,-0.32,-0.16,1,10,0.15,0.80,6,30
DATA 8,198,-0.12,-0.34,-0.14,1,10,0.15,1.00,6,30
DATA 8,133,-0.13,-0.48,-0.14,2,16,0.15,1.00,6,30
DATA 9,178,-0.12,-0.30,-0.13,1,4,0.10,0.25,6,45
DATA 9,151,-0.12,-0.35,-0.13,1,10,0.10,0.63,6,45
DATA 9,110,-0.13,-0.44,-0.13,1,10,0.15,0.80,6,45
DATA 9,202,-0.12,-0.34,-0.13,1,10,0.15,0.80,6,20
DATA 9,163,-0.12,-0.37,-0.12,1,10,0.15,1.00,6,20
DATA 10,145,-0.12,-0.33,-0.10,1,4,0.10,0.25,6,30
DATA 10,120,-0.12,-0.38,-0.10,1,8,0.10,0.63,6,30
DATA 10,87,-0.13,-0.47,-0.10,1,8,0.15,0.80,6,30
DATA 10,159,-0.12,-0.39,-0.10,1,8,0.15,0.80,6,20
DATA 10,136,-0.12,-0.40,-0.10,1,8,0.15,1.00,6,20
DATA 11,634,-0.10,-0.13,-0.32,2,5,0.10,0.50,6,100
DATA 11,605,-0.11,-0.15,-0.32,1,12,0.10,1.00,6,100
DATA 11,502,-0.12,-0.21,-0.32,2,16,0.10,1.60,6,80
DATA 11,830,-0.12,-0.13,-0.32,2,16,0.10,1.20,6,60
DATA 12,454,-0.10,-0.14,-0.29,2,5,0.10,0.50,6,80
DATA 12,408,-0.11,-0.19,-0.29,2,12,0.10,1.00,6,80
DATA 12,355,-0.12,-0.23,-0.29,2,16,0.10,1.60,6,60
DATA 12,591,-0.12,-0.16,-0.29,2,16,0.10,1.20,6,45
DATA 13,348,-0.11,-0.15,-0.26,2,5,0.10,0.50,6,80
DATA 13,305,-0.12,-0.21,-0.26,2,12,0.10,1.00,6,80
DATA 13,263,-0.13,-0.25,-0.26,2,16,0.10,1.60,6,60
DATA 13,441,-0.12,-0.17,-0.26,2,16,0.10,1.20,6,45
DATA 14,255,-0.11,-0.17,-0.22,2,5,0.10,0.50,6,80
DATA 14,222,-0.12,-0.23,-0.22,2,12,0.10,1.00,6,80
DATA 14,186,-0.13,-0.27,-0.22,2,16,0.10,1.60,6,60
DATA 14,327,-0.12,-0.18,-0.22,2,16,0.10,1.20,6,45
DATA 15,191,-0.12,-0.19,-0.19,2,5,0.10,0.50,6,60
DATA 15,167,-0.13,-0.25,-0.19,2,12,0.10,1.00,6,60
DATA 15,136,-0.14,-0.29,-0.19,2,16,0.10,1.60,6,45
DATA 15,247,-0.13,-0.19,-0.19,2,16,0.10,1.20,6,30
DATA 16,139,-0.12,-0.21,-0.16,2,5,0.10,0.50,6,60

```

DATA 16,122,-0.13,-0.26,-0.16,2,12,0.10,1.00,6,60
DATA 16,97,-0.14,-0.31,-0.16,2,16,0.10,1.60,6,45
DATA 16,184,-0.13,-0.21,-0.16,1,16,0.10,1.20,6,30
DATA 17,103,-0.13,-0.23,-0.13,2,5,0.10,0.40,6,45
DATA 17,92,-0.14,-0.27,-0.13,2,10,0.10,0.80,6,45
DATA 17,70,-0.15,-0.33,-0.13,2,12,0.10,1.20,6,30
DATA 17,131,-0.13,-0.24,-0.13,2,12,0.10,1.00,6,20
DATA 18,79,-0.13,-0.25,-0.10,2,4,0.10,0.40,6,45
DATA 18,68,-0.14,-0.28,-0.10,2,8,0.10,0.80,6,45
DATA 18,53,-0.15,-0.35,-0.10,2,10,0.10,1.20,6,30
DATA 18,102,-0.13,-0.27,-0.10,2,12,0.10,1.00,6,20

```

```

FOR I = 1 TO 98
READ B$(I)
NEXT I

```

```

DATA TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35, TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35
DATA TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35, TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35
DATA TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35, TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35
DATA TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35, TTI, TTX, TTM/TTS, TTR, TK15, TN25, TN35
DATA TTI, TTX, TTM/TTS, TK15, TN25, TTI, TTX, TTM/TTS, TK15, TN25
DATA THH-F, AT10, AT15/THH, HK15, THH-F, AT10, AT15/THH, HK15
DATA THH-F, AT10, AT15/THH, HK15, THH-F, AT10, AT15/THH, HK15
DATA THH-F, AT10, AT15/THH, HK15, THH-F, AT10, AT15/THH, HK15
DATA THH-F, AT10, AT15/THH, HK15, THH-F, AT10, AT15/THH, HK15

```

```

REM***** WM TABLOSU *****

```

```

CLS

```

```

RESTORE datablock4
FOR I = 1 TO 7
READ S$(I), S(I)
COLOR YESIL
LOCATE 5 + 2 * I, 1: PRINT S$(I)
LOCATE 5 + 2 * I, 50: PRINT S(I)
NEXT I

```

```

COLOR SARI
LOCATE 3, 16: PRINT "===== "
COLOR KIRMIZI
LOCATE 2, 18: INPUT "BU SARTLARA GORE WB'YI SECINIZ = "; WB

```

```

datablock4:

```

DATA DUVNE HADDELEME VE DOKUM PARCALAR,	0.78
DATA TALAS KALDIRILMASI ZOR OLAN IS PARCALARI,	0.875
DATA TALAS KALDIRILMASI KOLAY OLAN IS PARCALARI,	1.125
DATA IC YUZEYLERDEN TALAS KALDIRMA ISLEMI,	0.8
DATA ARALIKLI SUREYLE TALAS KALDIRMA ISLEMI,	0.85
DATA AZ KULLANILMIS TEZGAH,	1.125
DATA COK KULLANILMIS TEZGAH,	0.875

```
CLS
FOR I = 1 TO 6
READ K(I), K1(I), K2(I)
REM PRINT K(i), K1(i), K2(i)
FOR K = 1 TO 100: NEXT K
NEXT I
```

```
DATA 10,1.4,1.6
DATA 20,1.8,2.5
DATA 30,4.1,5.9
DATA 35,5.7,8.3
DATA 40,7.7,11
DATA 45,10.2,14.9
```

```
FOR I = 1 TO 6
READ X(I), X1(I), X2(I), X3(I), X4(I), X5(I), X6(I), X7(I), X8(I), X9(I)
REM PRINT X(i), X1(i), X2(i), X3(i), X4(i), X5(i), X6(i), X7(i), X8(i), X9(i)
FOR K = 1 TO 100: NEXT K
NEXT I
```

```
DATA 0,0,0.1,0.16,0.25,0.4,0.63,1,1.6,0
DATA 50,74,1,1,2399,2113,1869,1650,1650,0.73
DATA 75,99,1,2577,2294,2030,1804,1600,1600,0.74
DATA 100,149,2274,2467,2206,1962,1751,1560,1560,0.75
DATA 150,199,2598,2332,2105,1889,1702,1530,1530,0.77
DATA 200,200,2433,2204,2007,1818,1653,1500,1500,0.79
```

```
REM***** TAKIM DOGRUSU CIZILIYOR *****
```

```
CLS
COLOR YESIL
LOCATE 1, 15: INPUT "TEZGAH GUCUNU GIRINIZ"; P
LOCATE 3, 15: INPUT "TEZGAH VERIMINI GIRINIZ"; EE
LOCATE 5, 15: INPUT "TEZGAHTA KAC DEVIR VE ILEMLEME KADEMESI VARDIR"; NN, SS
```

```
COLOR SARI
FOR I = 1 TO NN
LOCATE 7 + I, 3: INPUT "DEVIR KADEMLERI"; N(I)
NEXT I
```

```
COLOR SARI
FOR I = 1 TO SS
LOCATE 7 + I, 45: INPUT "ILEMLEME KADEMLERI"; S(I)
NEXT I
```

```
OPEN "0", #9, "F:\QB45\DATA3.DAT"
WRITE #9, P, EE, NN, SS
CLOSE #9
```

```
OPEN "0", #8, "F:\QB45\DATA4.DAT"
FOR I = 1 TO NN
WRITE #8, N(I)
NEXT I
CLOSE #8
```

```

OPEN "0", #7, "F:\QB45\DATA5.DAT"
FOR I = 1 TO SS
WRITE #7, S(I)
NEXT I
CLOSE #7

```

```

COLOR YESIL
LOCATE 15, 15: INPUT "MALZEME NUMARASI VE SBRTLIGINI GIRINIZ"; MNO, SERT$
GOSUB 3470

```

```

2260 LOCATE 19, 15: INPUT "KESME SARTLARINI GIRINIZ"; AP, FF, T
LOCATE 21, 15: INPUT "YUZY KALITESINI GIRINIZ"; YK

```

```

FOR I = 1 TO 185
IF MNO = A(I) AND SERT$ = A$(I) THEN 2300 ELSE 2320

```

```

2300 TBNO = A1(I)

```

```

GOTO 2330

```

```

2320 NEXT I

```

```

2330 FOR J = 1 TO 98

```

```

IF TBNO = B(J) THEN 2350 ELSE 2460

```

```

2350 IF AP >= B5(J) AND AP <= B6(J) THEN 2360 ELSE 2460

```

```

2360 IF FF >= B7(J) AND FF <= B8(J) THEN 2370 ELSE 2460

```

```

2370 IF T >= B9(J) AND T <= B10(J) THEN 2380 ELSE 2460

```

```

2380 C = B1(J): F = B2(J): E = B3(J): G = B4(J)

```

```

ASHIN = B5(J) * B7(J)

```

```

ASHAX = B6(J) * B8(J)

```

```

AMIN = B5(J): AMAX = B6(J): FMIN = B7(J): FMAX = B8(J)

```

```

VCHAX = C * AMIN ^ F * FMIN ^ E * T ^ G

```

```

VCHIN = C * AMAX ^ F * FMAX ^ E * T ^ G

```

```

TAKIN$ = B$(J)

```

```

X1 = LOG(ASHAX) / LOG(10)

```

```

X2 = LOG(ASHIN) / LOG(10)

```

```

Y1 = LOG(VCHAX) / LOG(10)

```

```

Y2 = LOG(VCHIN) / LOG(10)

```

```

GOTO 2470

```

```

2460 NEXT J

```

```

2470 CLS

```

```

COLOR KIRMIZI

```

```

LOCATE 1, 15: PRINT "KULLANACAGINIZ TAKIM .....>"; TAKIN$

```

```

COLOR SARI

```

```

LOCATE 2, 14: PRINT "===== "

```

```

COLOR YESIL

```

```

LOCATE 4, 1: PRINT "X1 = "; X1

```

```

LOCATE 5, 1: PRINT "X2 = "; X2

```

```

LOCATE 6, 1: PRINT "Y1 = "; Y1

```

```

LOCATE 7, 1: PRINT "Y2 = "; Y2

```

```

LOCATE 8, 1: PRINT "MNO = "; MNO
LOCATE 9, 1: PRINT "SERT$ = "; SERT$
LOCATE 10, 1: PRINT "AP = "; AP
LOCATE 11, 1: PRINT "FF = "; FF
LOCATE 12, 1: PRINT "T = "; T
GOTO 2640

```

```
2640 REM ***** TEZGAH DOGRUSU CIZILIYOR *****
```

```
VOR = (VCMAX + VCMIN) / 2
```

```
FOR I = 1 TO 6
```

```
  K = I
```

```
  IF VOR >= X(I) AND VOR <= X1(I) THEN 2700 ELSE 2690
```

```
2690 NEXT I
```

```
2700 IF FMIN = X2(1) THEN KC = X2(K): GOTO 2780
```

```
  IF FMIN = X3(1) THEN KC = X3(K): GOTO 2780
```

```
  IF FMIN = X4(1) THEN KC = X4(K): GOTO 2780
```

```
  IF FMIN = X5(1) THEN KC = X5(K): GOTO 2780
```

```
  IF FMIN = X6(1) THEN KC = X6(K): GOTO 2780
```

```
  IF FMIN = X7(1) THEN KC = X7(K): GOTO 2780
```

```
  FA = FMIN
```

```
GOSUB 3410
```

```
2780 VMAX = (P * 60 * 1000 * EB) / (AMIN * FMIN * KC * WB)
```

```
  IF VMAX <= X1(K) THEN 2830
```

```
  IF K = 6 THEN GOTO 2830 ELSE 2810
```

```
2810 K = K + 1
```

```
  GOTO 2700
```

```
2830 Z1 = LOG(VMAX) / LOG(10)
```

```
2840 IF FMAX = X2(1) THEN KC = X2(K): GOTO 2920
```

```
  IF FMAX = X3(1) THEN KC = X3(K): GOTO 2920
```

```
  IF FMAX = X4(1) THEN KC = X4(K): GOTO 2920
```

```
  IF FMAX = X5(1) THEN KC = X5(K): GOTO 2920
```

```
  IF FMAX = X6(1) THEN KC = X6(K): GOTO 2920
```

```
  IF FMAX = X7(1) THEN KC = X7(K): GOTO 2920
```

```
  FA = FMAX
```

```
GOSUB 3410
```

```
2920 VMIN = (P * 60 * 1000 * EB) / (AMAX * FMAX * KC * WB)
```

```
  IF VMIN >= X(K) THEN 2960 ELSE 2940
```

```
2940 IF K = 6 THEN GOTO 2960 ELSE 2950
```

```
2950 K = K + 1: GOTO 2840
```

```
2960 Z2 = LOG(VMIN) / LOG(10)
```

```
LOCATE 4, 30: PRINT "X1 = "; X1
```

```
REM LOCATE 6, 15: PRINT "X1 = "; X1
```

```
LOCATE 5, 30: PRINT "Y1 = "; Y1
```

```

LOCATE 6, 30: PRINT "Z1 = "; Z1
LOCATE 7, 30: PRINT "X2 = "; X2
REM LOCATE 10, 15: PRINT "X2 = "; X2
LOCATE 8, 30: PRINT "Y2 = "; Y2
LOCATE 9, 30: PRINT "Z2 = "; Z2

LOCATE 4, 60: PRINT "AMAX = "; AMAX
LOCATE 5, 60: PRINT "AMIN = "; AMIN
LOCATE 6, 60: PRINT "FMIN = "; FMIN
LOCATE 7, 60: PRINT "FMAX = "; FMAX
LOCATE 8, 60: PRINT "ASHAX = "; ASHAX
LOCATE 9, 60: PRINT "ASHIN = "; ASHIN

LOCATE 13, 28: PRINT "OZGUL KESME KUVVETI ="; KC
LOCATE 14, 28: PRINT "VCHAX ="; VCHAX
LOCATE 15, 28: PRINT "VCHIN ="; VCHIN
LOCATE 16, 28: PRINT "VMAX ="; VMAX
LOCATE 17, 28: PRINT "VMIN ="; VMIN

LOCATE 19, 15: PRINT "OPTIMUM NOKTANIN BULUNMASI ICIN BIR TUSA BASINIZ"

```

```
3090 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" GOTO 3090
```

```

A = Y2 - Y1
B = -(X1 - X2)
E = X2 * Y2 - X1 * Y1
Y3 = Z2
Y4 = Z1
X3 = X1
X4 = X2
C = Y3 - Y4
D = -(X3 - X4)
F = X4 * Y3 - X3 * Y4
M = (A * D) - (B * C)
X = 10 ^ (((E * D) - (B * F)) / M)
Y = 10 ^ (((A * F) - (E * C)) / M)

```

```

LOCATE 21, 28: PRINT "X = "; X
LOCATE 22, 28: PRINT "Y = "; Y

```

```
3095 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" GOTO 3095
```

```
IF YK = 1 THEN 3170 ELSE 3200
```

```

3170 OPEN "O", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
WRITE #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
CLOSE #6

```

```

3200 OPEN "O", #5, "F:\QB45\DATA2.DAT"
WRITE #5, X, Y, A, B, C, D, E, F
CLOSE #5

```

```
3230 PP = PP + 1
```

```

      IF PP > 2 THEN PP = 0 ELSE 3235
3235 IF PP = 2 THEN 3260 ELSE 3250

3250 CLS : GOTO 2260

3260 GOTO 3270

3270 INPUT "AS'YI GIRINIZ"; AS1

      IF AS1 <= X1 AND AS1 >= X2 THEN 3290 ELSE 3390

3290 YY = (E - A * AS1) / B
      YF = (F - C * AS1) / D

      IF YY < YF AND AS1 < X THEN PRINT "INCE TALAS"
      PRINT "VC="; YY, 10 ^ YY
      GOTO 3340

      IF YY < YF AND AS1 > X THEN PRINT "KABA TALAS"
      PRINT "VC="; YY, 10 ^ YY
      GOTO 3340

      IF YY > YF AND AS1 < X THEN PRINT "INCE TALAS"
      PRINT "VC="; YF, 10 ^ YF
      GOTO 3340

      IF YY > YF AND AS1 > X THEN PRINT "KABA TALAS"
      PRINT "VC="; YF, 10 ^ YF
      GOTO 3340

3340 PRINT "YENI BIR AS DEGERI GIRMEK ISTIYORMUSUNUZ (B/H) ?"
3350 A$ = INKEY$
      IF A$ = "" THEN 3350
      IF A$ = "B" OR A$ = "b" THEN 3230
      IF A$ = "H" OR A$ = "h" THEN 3400

3390 PRINT "VERILEN AS CALISMA SARTLARINA UYGUN DEGILDIR"

3395 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" GOTO 3395

      GOTO 3230

3400 END

3410 IF FA <= X3(1) THEN 3415 ELSE 3420

3415 E = X3(1) - X2(1)
      TA = FA - X2(1)
      BA = X2(K) - X3(K)
      KM = TA * BA / E
      KC = X2(K) - KM

```

```
GOTO 3460

3420 IF FA <= X4(1) THEN 3425 ELSE 3430

3425 R = X4(1) - X3(1)
    TA = FA - X3(1)
    BA = X3(K) - X4(K)
    KM = TA * BA / R
    KC = X3(K) - KM
    GOTO 3460

3430 IF FA <= X5(1) THEN 3435 ELSE 3440

3435 R = X5(1) - X4(1)
    TA = FA - X4(1)
    BA = X4(K) - X5(K)
    KM = TA * BA / R
    KC = X4(K) - KM
    GOTO 3460

3440 IF FA <= X6(1) THEN 3445 ELSE 3450

3445 R = X6(1) - X5(1)
    TA = FA - X5(1)
    BA = X5(K) - X6(K)
    KM = TA * BA / R
    KC = X5(K) - KM
    GOTO 3460

3450 IF FA <= X7(1) THEN

3455 R = X7(1) - X6(1)
    TA = FA - X6(1)
    BA = X6(K) - X7(K)
    KM = TA * BA / R
    KC = X6(K) - KM
    GOTO 3460

    END IF

3460 RETURN

3470 K = 0
    FOR I = 1 TO SS
        K = K + 1
        FOR J = 2 TO SS
            IF S(I) > S(J) THEN 3520 ELSE 3540

3520 IF J = SS GOTO 3550

        NEXT J
3540 NEXT I

3550 FMAX = S(K)
```

```
IF FMAX = X2(1) THEN KC = X2(2): GOTO 3640
IF FMAX = X3(1) THEN KC = X3(2): GOTO 3640
IF FMAX = X4(1) THEN KC = X4(2): GOTO 3640
IF FMAX = X5(1) THEN KC = X5(2): GOTO 3640
IF FMAX = X6(1) THEN KC = X6(2): GOTO 3640
IF FMAX = X7(1) THEN KC = X7(2): GOTO 3640
```

```
FA = FMAX
V = 50
K = 2
```

```
3630 GOSUB 3410
```

```
3640 V = 50
AS1 = (P * 60 * 1000 * EE) / (KC * V)
K = 0
FOR I = 1 TO SS
K = K + 1
FOR J = 2 TO SS
IF S(I) <= S(J) THEN 3700 ELSE 3720
```

```
3700 IF J = SS GOTO 3730
```

```
NEXT J
```

```
3720 NEXT I
```

```
3730 SWIN = S(K)
AP = AS1 / SWIN
```

```
LOCATE 17, 15: PRINT "TEZGANIN MAXIMUM KESME DERINLIGI": AP
```

```
3750 RETURN
```



```

COLOR KIRMIZI: Center 1, "MENUDED OPERASYON ANA KODUNU GIRINIZ":
COLOR SARI:   Center 2, "                    "
COLOR PARLAKMAVI: LOCATE satir + 10, sutun: INPUT "Operasyon Kodu : ", #S

```

```

SELECT CASE #S
CASE 1
  GOSUB 450
CASE 2
  GOSUB 3360
CASE 3
  GOSUB 6220
CASE 4
  GOTO 580
END SRLECT

```

```
GOTO AnaMenu
```

```
450 REM ***** DIS SILINDIRIK TORNALAMA *****
```

```
ST = ST + 1: CLS
```

```

COLOR PARLAKKIRMIZI: Center 1, "OPERSAYON : DIS SILINDIRIK TORNALAMA "
COLOR SARI:         Center 2, "                    "
satir = 5: sutun = 2
COLOR YESIL
LOCATE satir, sutun: INPUT "OPERASYON NUMARASINI GIRINIZ ..... : ", Z(ST)
LOCATE satir + 1, sutun: INPUT "TORNALANACAK CAPI GIRINIZ (mm) ..... : ", DS(ST)
LOCATE satir + 2, sutun: INPUT "TORNALAMA BOYUNU GIRINIZ (mm) ..... : ", MamulBoyu(ST)
COLOR KIRMIZI
Center 23, "KABA TORNALAMA ICIN : 1 - FINISH TORNALAMA ICIN : 2"
Center 24, "HASSAS TORNALAMA ICIN : 3"
COLOR YESIL
LOCATE satir + 3, sutun: INPUT "YUZBY KALITESINI GIRINIZ ..... : ", YK(ST)

```

```
Bos$ = STRING$(75, " ")
```

```
Center 23, Bos$
```

```
Center 24, Bos$
```

```
IF YK(ST) = 2 OR YK(ST) = 3 THEN
```

```
  LOCATE satir + 4, sutun: INPUT "MINIMUM KESME DERINLIGINI GIRINIZ (mm) ..... : ", AIN(ST)
  satir = satir + 1
```

```
END IF
```

```
  LOCATE satir + 4, sutun: INPUT "TAKIM UCU YUVARLATMA YARICAPINI GIRINIZ (mm) . : ", R(ST)
  satir = satir - 1
```

```
OPEN "A", #1, "F:\QB45\DATA.DAT"
```

```
WRITE #1, Z(ST), DS(ST), MamulBoyu(ST), YK(ST), AIN(ST), R(ST)
```

```
CLOSE #1
```

```
RETURN
```

```
REM ***** ALIN TORNALAMA *****
```

```
3360 AT = AT + 1: CLS
```

```

COLOR PIRLAKKIRMIZI: Center 1, "OPERSAYON : DIS ALIN TORNALAMA "
COLOR SARI:           Center 2, "===== "
safir = 5: sutun = 2
COLOR YESIL
LOCATE satir, sutun:   INPUT "OPERASYON NUMARASINI GIRINIZ ..... : ", ZA(AT)
LOCATE satir + 1, sutun: INPUT "MAKSIMUM CAPI GIRINIZ (mm) ..... : ", DA1(AT)
LOCATE satir + 2, sutun: INPUT "MINIMUM CAPI GIRINIZ (mm) ..... : ", DA2(AT)
COLOR KIRMIZI
Center 23, "KABA TORNALAMA ICIN : 1 - FINISH TORNALAMA ICIN : 2"
Center 24, "HASSAS TORNALAMA ICIN : 3"
COLOR YESIL
LOCATE satir + 3, sutun: INPUT "YUZBY KALITESINI GIRINIZ ..... : ", YKA(AT)

Bos$ = STRING$(75, " ")
Center 23, Bos$
Center 24, Bos$

IF YKA(AT) = 2 OR YKA(AT) = 3 THEN
    LOCATE satir + 4, sutun: INPUT "MINIMUM KESME DERINLIGINI GIRINIZ (mm) ..... : ", AINA(AT)
    satir = satir + 1
END IF

LOCATE satir + 4, sutun: INPUT "TAKIM UCU YUVARLATMA YARICAPINI GIRINIZ (mm) . : ", RA(AT)
safir = satir - 1

OPEN "A". #1, "F:\QB45\DATA.DAT"
WRITE #1, ZA(AT), DA1(AT), DA2(AT), YKA(AT), AINA(AT), RA(AT)
CLOSE #1
RETURN

REM ***** KONIK TORNALAMA *****

G220 KT = KT + 1: CLS

```

```

COLOR PIRLAKKIRMIZI: Center 1, "OPERSAYON : DIS KONIK TORNALAMA "
COLOR SARI:           Center 2, "===== "
safir = 5: sutun = 2
COLOR YESIL
LOCATE satir, sutun:   INPUT "OPERASYON NUMARASINI GIRINIZ ..... : ", ZK(KT)
LOCATE satir + 1, sutun: INPUT "MAKSIMUM CAPI GIRINIZ (mm) ..... : ", DK1(KT)
LOCATE satir + 2, sutun: INPUT "MINIMUM CAPI GIRINIZ (mm) ..... : ", DK2(KT)
COLOR KIRMIZI
Center 23, "KABA TORNALAMA ICIN : 1 - FINISH TORNALAMA ICIN : 2"
Center 24, "HASSAS TORNALAMA ICIN : 3"
COLOR YESIL
LOCATE satir + 3, sutun: INPUT "YUZBY KALITESINI GIRINIZ ..... : ", YKK(KT)

Bos$ = STRING$(75, " ")
Center 23, Bos$
Center 24, Bos$

IF YKK(KT) = 2 OR YKK(KT) = 3 THEN

```

```

                LOCATE satir + 4, sutun: INPUT "MINIMUM KESME DERINLIGINI GIRINIZ (mm) ..... : ", AIN(KT)
                satir = satir + 1
    END IF

                LOCATE satir + 4, sutun: INPUT "TORNALAMA BOYUNU GIRINIZ (mm) ..... : ", LK(KT)
                satir = satir + 1

                LOCATE satir + 4, sutun: INPUT "TAKIM UCU YUVARLATMA YARICAPINI GIRINIZ (mm) . : ", RK(KT)
                satir = satir + 1

OPEN "A", #1, "F:\QB45\DATA.DAT"
WRITE #1, ZK(KT), DK1(KT), DR2(KT), LK(KT), YKK(KT), AIN(KT), RK(KT)
CLOSE #1
RETURN

```

```

REM ***** HESAPLAMA *****

```

```

580 CLS
    FOR ES = 1 TO ST
        K = 0
        FOR i = 1 TO ST
            K = K + 1
            FOR J = 2 TO ST

                IF DS(i) >= DS(J) THEN 640 ELSE 660

640 IF J = ST GOTO 670
            NEXT J
660 NEXT i
670 Z = K: H = K
            IF YK(Z) = 1 THEN 780 ELSE 690
690 FOR i = 1 TO 15
                KB(Z) = 1
                IF R(Z) = YT1(i) AND KB(Z) = YT2(i) THEN 730 ELSE 720
720 NEXT i
730 FSK = YT3(i)
                FOR i = 1 TO 15
                    IF R(Z) = YT1(i) AND YK(Z) = YT2(i) THEN 770 ELSE 760
760 NEXT i
770 FSI = YT3(i): GOTO 820
780 FOR i = 1 TO 15
                IF R(Z) = YT1(i) AND YK(Z) = YT2(i) THEN 810 ELSE 800
800 NEXT i
810 FSK = YT3(i)
820 FS = FSK
                IF YK(Z) = 1 THEN 840 ELSE 860
840 GOSUB 900
850 FF = FS + FPHIN: GOTO 1190
860 GOSUB 900
870 FF = FS + FPHIN: FS = FSI
880 GOSUB 900
890 FFI = FS + FPHIN: GOTO 1190

```

```

REM ***** SUB1 *****

```

```

900 SP = 0: SN = 0
    FOR i = 1 TO SS
        IF FS = s(i) GOTO 1180
        IF s(i) > FS THEN 940 ELSE 960
940 SP = SP + 1
950 FP(SP) = s(i) - FS: GOTO 980
960 SN = SN + 1
    FK(SN) = FS - s(i): GOTO 980
980 NEXT i
    K = 0
    FOR i = 1 TO SP
        K = K + 1
        FOR J = 2 TO SP
            IF FP(i) <= FP(J) THEN 1040 ELSE 1060
1040 IF J = SP GOTO 1070
1050 NEXT J
1060 NEXT i
1070 FPMIN = FP(K)
1080 Y = 0
1090 FOR i = 1 TO SN
1100 Y = Y + 1
1110 FOR J = 2 TO SN
1120 IF FK(i) <= FK(J) THEN 1130 ELSE 1150
1130 IF J = SN GOTO 1160
1140 NEXT J
1150 NEXT i
1160 FKMIN = FK(Y)
1170 RETURN

REM ***** SUB1END *****

1180 FF = FS
1190 IF YK(Z) = 1 THEN 1200 ELSE 1230

1200 OPEN "I", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
1210 INPUT #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
1220 CLOSE #6

1230 OPEN "I", #5, "F:\QB45\DATA2.DAT"
1240 INPUT #5, X, Y, A, B, C, D, E, F
1250 CLOSE #5

1260 IF YK(Z) = 1 THEN 1270 ELSE 1750
1270 VOP = VKES: ASOP = ASK
1280 NDK = (1000 * Y) / (3.14 * YariHamulCapi)
1290 FOR i = 1 TO NN
1300 IF NDK = N(i) THEN 1660 ELSE 1310
1310 NEXT i
1315 GOSUB 1320
    GOTO 1670

REM ***** SUB2 *****

1320 SP = 0: SN = 0

```

```

1330 FOR i = 1 TO NN
1340 IF N(i) > NDK THEN 1350 ELSE 1370
1350 SP = SP + 1
1360 NDP(SP) = N(i) - NDK: GOTO 1390
1370 SN = SN + 1
1380 NDN(SN) = NDK - N(i): GOTO 1390
1390 NEXT i
1400 K = 0
1410 FOR i = 1 TO SP
1420 K = K + 1
1430 FOR J = 2 TO SP
1440 IF NDP(i) <= NDP(J) THEN 1450 ELSE 1470
1450 IF J = SP GOTO 1480
1460 NEXT J
1470 NEXT i
1480 NDPMIN = NDP(K)
1490 Y = 0
1500 FOR i = 1 TO SN
1510 Y = Y + 1
1520 FOR J = 2 TO SN
1530 IF NDN(i) <= NDN(J) THEN 1540 ELSE 1560
1540 IF J = SN GOTO 1570
1550 NEXT J
1560 NEXT i
1570 NDNMIN = NDN(Y)
1580 NDK = NDK - NDNMIN
1590 VKES = (3.14 * YariManulCapi * NDK) / 1000: V1 = LOG10(VKES)
1600 AS1 = (E - B * V1) / A: AS2 = (F - D * V1) / C
1610 AS1 = 10 ^ AS1: AS2 = 10 ^ AS2
1620 IF AS1 < AS2 THEN 1630 ELSE 1640
1630 ASK = AS1: GOTO 1650
1640 ASK = AS2
1650 AKA = ASK / FF: RETURN

REM ***** SUB2END *****

1660 AKA = X / FF
1670 COLOR KIRMIZI
      PRINT : PRINT "DIS SILINDIRIK (KABA)": PRINT "TOR. CAP="; DS(Z)
1680 ATOP = (YariManulCapi - DS(Z)) / 2
1690 IF ATOP > AKA THEN 1700 ELSE 1710
1700 PS = ATOP / AKA: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 1720
1710 PS = 1
1720 TY = Z(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = AKA: TY5 = PS
1730 GOSUB 10000
1735 GOTO 1870

1740 REM *****
1750 VOP = VKES: ASOP = ASK
1760 NDK = (1000 * Y) / (3.14 * YariManulCapi)
1770 FOR i = 1 TO NN
1780 IF NDK = N(i) THEN 1790 ELSE 1800
1790 AKA = X / FF: GOTO 1820
1800 NEXT i

```

```

1810 GOSUB 3020
1820 COLOR KIRMIZI
      DO = DS(Z) + 2: PRINT "DIS SILINDIRIK (KABA)": PRINT "TOR.CAP="; DO
1830 ATOP = (YariHamulCapi - DO) / 2
1840 IF ATOP > AKA THEN 1845 ELSE 1850
1845 PS = ATOP / AKA: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 1855
1850 PS = 1
1855 TY = Z(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = AKA: TY5 = PS
1860 GOSUB 10000
1870 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" THEN 1870
1880 YariHamulCapi = DS(Z)
1890 DS(Z) = DS(Z) * (-1)
1900 NEXT ES

1910 REM *****
1920 FOR i = 1 TO ST
1930 IF YK(i) = 1 THEN 1940 ELSE 1960
1940 NEXT i
1950 GOTO 3350
1960 FOR i = 1 TO ST
1970 DS(i) = DS(i) * (-1)
1980 NEXT i
1990 FOR ES = 1 TO ST
2000 K = 0
2010 FOR i = 1 TO ST
2020 K = K + 1
2030 FOR J = 2 TO ST
2040 IF DS(i) >= DS(J) THEN 2050 ELSE 2070
2050 IF J = ST GOTO 2080
2060 NEXT J
2070 NEXT i
2080 Z = K: H = K
2090 IF YK(Z) = 1 THEN 2980 ELSE 2100
2100 FOR i = 1 TO 15
2110 IF R(Z) = YT1(i) AND YK(Z) = YT2(i) THEN 2130 ELSE 2120
2120 NEXT i
2130 FSI = YT3(i): FS = FSI: SP = 0
2140 FOR i = 1 TO SS
2150 IF FS = s(i) GOTO 2300
2160 IF s(i) > FS THEN 2170 ELSE 2190
2170 SP = SP + 1
2180 FP(SP) = s(i) - FS
2190 NEXT i
2200 K = 0
2210 FOR i = 1 TO SP
2220 K = K + 1
2230 FOR J = 2 TO SP
2240 IF FP(i) <= FP(J) THEN 2250 ELSE 2270
2250 IF J = SP GOTO 2280
2260 NEXT J
2270 NEXT i
2280 FPMIN = FP(K)
2290 FF = FS + FPMIN: FFI = FF: AP = AIN(H): GOTO 2340
2300 FF = FS: FFI = FF: AP = AIN(H)

```

```

2310 OPEN "I", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
2320 INPUT #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
2330 CLOSE #6
2340 IF YK(Z) = 1 THEN 2350 ELSE 2380
2350 OPEN "I", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
2360 INPUT #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
2370 CLOSE #6
2380 OPEN "I", #5, "F:\QB45\DATA2.DAT"
2390 INPUT #5, X, Y, A, B, C, D, E, F
2400 CLOSE #5
2410 ASI = AIN(H) * FFI: ASS = LOG10(ASI)
2420 V1 = (E - A * ASS) / B: V2 = (F - C * ASS) / D
2430 V1 = 10 ^ V1: V2 = 10 ^ V2
2440 IF V1 < V2 THEN 2450 ELSE 2460
2450 VKES = V1: GOTO 2470
2460 VKES = V2
2470 DO = DS(Z) + 2: NDI = (1000 * VKES) / (3.14 * DO)
2480 FOR i = 1 TO NN
2490 IF NDI = N(i) THEN 2870 ELSE 2500
2500 NEXT i

```

```
GOSUB 2510
```

```
GOTO 2810
```

```
REM *****
```

```

2510 SP = 0: SN = 0
2520 FOR i = 1 TO NN
2530 IF N(i) > NDI THEN 2540 ELSE 2560
2540 SP = SP + 1
2550 NDIP(SP) = N(i) - NDI: GOTO 2580
2560 SN = SN + 1
2570 NDIN(SN) = NDI - N(i): GOTO 2580
2580 NEXT i
2590 K = 0
2600 FOR i = 1 TO SP
2610 K = K + 1
2620 FOR J = 2 TO SP
2630 IF NDIP(i) <= NDIP(J) THEN 2640 ELSE 2660
2640 IF J = SP GOTO 2670
2650 NEXT J
2660 NEXT i
2670 NDIP = NDIP(K)
2680 Y = 0
2690 FOR i = 1 TO SN
2700 Y = Y + 1
2710 FOR J = 2 TO SN
2720 IF NDIN(i) <= NDIN(J) THEN 2730 ELSE 2750
2730 IF J = SN GOTO 2760
2740 NEXT J
2750 NEXT i
2760 NDIN = NDIN(Y)
2770 NDI = NDI - NDIN: VKES = (3.14 * DO * NDI) / 1000

```

```

2780 V1 = LOG10(VKES)
2790 AS1 = (E - B * V1) / A: AS2 = (F - D * V1) / C
2800 AS1 = 10 ^ AS1: AS2 = 10 ^ AS2

```

```

RETURN

```

```

REM *****

```

```

2810 IF AS1 < AS2 THEN 2820 ELSE 2830
2820 AS3 = AS1: GOTO 2840
2830 AS3 = AS2
2840 IF AS1 < AS3 THEN 2860 ELSE 2850
2850 PRINT "HATA"
2860 AIN = AIN(H): GOTO 2880
2870 AIN = AIN(H)
2880 COLOR KIRMIZI
      PRINT : PRINT "DIS SILINDIRIK (FINISH)": PRINT "TOR. CAP="; DS(Z)
2890 IF AIN = 1 THEN 2900 ELSE 2910
2900 PS = 1: GOTO 2940
2910 ATOP = (DO - DS(Z)) / 2: PS = ATOP / AIN
2920 IF PS > FIX(PS) THEN 2925 ELSE 2930
2925 PS = ATOP / AIN: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 2940
2930 PS = ATOP / AIN
2940 TY = Z(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDI: TY3 = FFI: TY4 = AIN: TY5 = PS
2950 GOSUB 10000
2960 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" THEN 2960
2970 YariManulCapi = DS(Z)
2980 DS(Z) = 0
2990 NEXT BS
3000 GOTO 3350

```

```

3010 REM *****

```

```

3020 GOTO 1320

```

```

3350 GOTO 6360

```

```

3490 FOR ES = 1 TO AT
3500 K = 0
3510 FOR i = 1 TO AT
3520 K = K + 1
3530 FOR J = 2 TO AT
3540 IF DAI(i) >= DAI(J) THEN 3550 ELSE 3570
3550 IF J = AT GOTO 3580
3560 NEXT J
3570 NEXT i
3580 Z = K: H = K
3590 IF YKA(Z) = 1 THEN 3690 ELSE 3600
3600 FOR i = 1 TO 15
3610 KB(Z) = 1

3620 IF RA(Z) = YT1(i) AND KB(Z) = YT2(i) THEN 3640 ELSE 3630
3630 NEXT i

```

```

3640 FSK = YT3(i)

3650 FOR i = 1 TO 15
3660 IF RA(Z) = YT1(i) AND YKA(Z) = YT2(i) THEN 3680 ELSE 3670
3670 NEXT i
3680 FSI = YT3(i): GOTO 3730

3690 FOR i = 1 TO 15
3700 IF RA(Z) = YT1(i) AND YKA(Z) = YT2(i) THEN 3720 ELSE 3710
3710 NEXT i
3720 FSK = YT3(i)

3730 FS = FSK
3740 IF YKA(Z) = 1 THEN 3750 ELSE 3770
3750 GOSUB 3810
3760 FF = FS + FPMIN: GOTO 4100
3770 GOSUB 3810
3780 FF = FS + FPMIN: FS = FSI
3790 GOSUB 3810
3800 PFI = FS + FPMIN: GOTO 4100

REM *****

3810 GOTO 900

4090 FF = FS
4100 IF YKA(Z) = 1 THEN 4110 ELSE 4140

4110 OPEN "I", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
4120 INPUT #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
4130 CLOSE #6

4140 OPEN "I", #5, "F:\QB45\DATA2.DAT"
4150 INPUT #5, X, Y, A, B, C, D, E, F
4160 CLOSE #5
4170 IF YKA(Z) = 1 THEN 4180 ELSE 4650
4180 VOP = VKES: ASOP = ASK
4190 NDK = (1000 * Y) / (3.14 * DA1(Z))
4200 FOR i = 1 TO NN
4210 IF NDK = N(i) THEN 4570 ELSE 4220
4220 NEXT i

REM *****

YariManulCapi = DA1(Z): GOSUB 1320

GOTO 4580

4570 AKA = X / FF

4580 COLOR KIRMIZI
PRINT : PRINT "DIS ALIN (KABA)": PRINT "TOR. CAP="; DA1(Z), DA2(Z)
4590 ATOP = 1

```

```

4600 IF ATOP > AKA THEN 4610 ELSE 4620
4610 PS = ATOP / AKA: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 4630
4620 PS = 1: GOTO 4632
4630 TY = ZA(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = AKA: TY5 = PS: GOTO 4635
4632 TY = ZA(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = ATOP: TY5 = PS
4635 GOSUB 10000
4637 GOTO 4780

```

```

4640 REM *****
4650 VOP = VKES: ASOP = ASK
4660 NDK = (1000 * Y) / (3.14 * DA1(Z))
4670 FOR i = 1 TO NN
4680 IF NDK = N(i) THEN 4690 ELSE 4700
4690 AKA = X / FF: GOTO 4720
4700 NEXT i
4710 GOSUB 5880
4720 COLOR KIRMIZI
      PRINT : PRINT "DIS ALIN (KABA)": PRINT "TOR. CAP="; DA1(Z), DA2(Z)
4730 ATOP = 1
4740 IF ATOP > AKA THEN 4750 ELSE 4760
4750 PS = ATOP / AKA: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 4770
4760 PS = 1: GOTO 4772
4770 TY = ZA(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = AKA: TY5 = PS: GOTO 4775
4772 TY = ZA(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = ATOP: TY5 = PS
4775 GOSUB 10000
4780 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" THEN 4780
4790 DA1(H) = DA1(H) * (-1)
4800 NEXT BS

```

```

4810 REM *****

4820 FOR i = 1 TO AT
4830 IF YKA(i) = 1 THEN 4840 ELSE 4860
4840 NEXT i
4850 GOTO 6210
4860 FOR i = 1 TO AT
4870 DA1(i) = DA1(i) * (-1)
4880 NEXT i
4890 FOR ES = 1 TO AT
4900 K = 0
4910 FOR i = 1 TO AT
4920 K = K + 1
4930 FOR J = 2 TO AT
4940 IF DA1(i) >= DA1(J) THEN 4950 ELSE 4970
4950 IF J = AT GOTO 4980
4960 NEXT J
4970 NEXT i
4980 Z = K: H = K
4990 IF YKA(Z) = 1 THEN 5840 ELSE 5000
5000 FOR i = 1 TO 15
5010 IF RA(Z) = YF1(i) AND YKA(Z) = YT2(i) THEN 5030 ELSE 5020
5020 NEXT i
5030 PSI = YT3(i): PS = PSI: SP = 0
5040 FOR i = 1 TO SS

```

```

5050 IF FS = s(i) GOTO 5200
5060 IF s(i) > FS THEN 5070 ELSE 5090
5070 SP = SP + 1
5080 FP(SP) = s(i) - FS
5090 NEXT i
5100 K = 0
5110 FOR i = 1 TO SP
5120 K = K + 1
5130 FOR J = 2 TO SP
5140 IF FP(i) <= FP(J) THEN 5150 ELSE 5170
5150 IF J = SP GOTO 5180
5160 NEXT J
5170 NEXT i
5180 FPMIN = FP(K)
5190 FF = FS + FPMIN: FFI = FF: AP = AINA(H): GOTO 5210
5200 FF = FS: FFI = FF: AP = AINA(H)
5210 IF YKA(Z) = 1 THEN 5220 ELSE 5250
5220 OPEN "I", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
5230 INPUT #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
5240 CLOSE #6
5250 OPEN "I", #5, "F:\QB45\DATA2.DAT"
5260 INPUT #5, X, Y, A, B, C, D, E, F
5270 CLOSE #5
5280 ASI = AINA(H) * FFI: ASS = LOG10(ASI)
5290 V1 = (E - A * ASS) / B: V2 = (F - C * ASS) / D
5300 V1 = 10 ^ V1: V2 = 10 ^ V2
5310 IF V1 < V2 THEN 5320 ELSE 5330
5320 VKES = V1: GOTO 5340
5330 VKES = V2
5340 LO = LA(Z) + 1: NDI = (1000 * VKES) / (3.14 * DA1(Z))
5350 FOR i = 1 TO NH
5360 IF NDI = N(i) THEN 5740 ELSE 5370
5370 NEXT i

REM *****

DO = DA1(Z): GOSUB 2510

5680 IF ASI < AS2 THEN 5690 ELSE 5700
5690 AS3 = AS1: GOTO 5710
5700 AS3 = AS2

5710 IF ASI < AS3 THEN 5730 ELSE 5720
5720 PRINT "HATA"
5730 AIN = AINA(H): GOTO 5750
5740 AIN = AINA(H)
5750 COLOR KIRMIZI
      PRINT : PRINT "DIS ALIN (FINISH)": PRINT "TOR. CAP="; DA1(Z), DA2(Z)
5760 L = ((DA1(Z) - DA2(Z)) / 2): IF AIN = 1 THEN 5770 ELSE 5780
5770 PS = 1: GOTO 5810
5780 ATOP = 1: PS = ATOP / AIN
5790 IF PS > FIX(PS) THEN 5795 ELSE 5797
5795 PS = ATOP / AIN: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 5810

```

```

5797 PS = ATOP / AIN
5810 TY = ZA(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDI: TY3 = PFI: TY4 = AIN: TY5 = PS
5820 GOSUB 10000
5830 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" THEN 5830
5840 DA1(H) = 0
5850 NEXT ES
5860 GOTO 6210

```

```
REM *****
```

```
5880 YariHamulCapi = DA1(Z): GOTO 1320
```

```
6210 END
```

```

6360 FOR ES = 1 TO KT
6370 K = 0
6380 FOR i = 1 TO KT
6390 K = K + 1
6400 FOR J = 2 TO KT
6410 IF DK1(i) >= DK1(J) THEN 6420 ELSE 6440
6420 IF J = KT GOTO 6450
6430 NEXT J
6440 NEXT i
6450 Z = K: H = K
6460 IF YKK(Z) = 1 THEN 6560 ELSE 6470
6470 FOR i = 1 TO 15
6480 KB(Z) = 1

6490 IF RK(Z) = YT1(i) AND KB(Z) = YT2(i) THEN 6510 ELSE 6500
6500 NEXT i
6510 PSK = YT3(i)

6520 FOR i = 1 TO 15
6530 IF RK(Z) = YT1(i) AND YKK(Z) = YT2(i) THEN 6550 ELSE 6540
6540 NEXT i
6550 PSI = YT3(i): GOTO 6600

6560 FOR i = 1 TO 15
6570 IF RK(Z) = YT1(i) AND YKK(Z) = YT2(i) THEN 6590 ELSE 6580
6580 NEXT i
6590 PSK = YT3(i)

6600 PS = PSK
6610 IF YKK(Z) = 1 THEN 6620 ELSE 6640
6620 GOSUB 6680
6630 PF = PS + PPMIN: GOTO 6970
6640 GOSUB 6680
6650 PF = PS + PPMIN: PS = PSI
6660 GOSUB 6680
6670 PFI = PS + PPMIN: GOTO 6970

```

```
REM *****
```

6680 GOTO 900

6960 FF = FS
6970 IF YKK(Z) = 1 THEN 6980 ELSE 7010

6980 OPEN "I", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
6990 INPUT #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
7000 CLOSE #6

7010 OPEN "I", #5, "F:\QB45\DATA2.DAT"
7020 INPUT #5, X, Y, A, B, C, D, E, F
7030 CLOSE #5
7040 IF YKK(Z) = 1 THEN 7050 ELSE 7470
7050 VOP = VKES: ASOP = ASK
7060 NDK = (1000 * Y) / (3.14 * DK1(Z))
7070 FOR i = 1 TO NN
7080 IF NDK = N(i) THEN 7440 ELSE 7090
7090 NEXT i

REM *****

7100 YariManulCapi = DK1(Z): GOSUB 1320
GOTO 7448

7440 AKA = X / FF
7448

7449 COLOR KIRMIZI

PRINT : PRINT "DIS KONIK (KABA)": PRINT "TOR. CAP="; DK1(Z), DK2(Z)
7450 ALF = ((DK1(Z) - DK2(Z)) / 2) / LK(Z): ALF = ATN(ALF): ATOP = SIN(ALF) * LK(Z)
7451 IF ATOP > AKA THEN 7452 ELSE 7453
7452 PS = ATOP / AKA: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 7456
7453 PS = 1: GOTO 7457
7456 TY = ZK(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = AKA: TY5 = PS: GOTO 7458
7457 TY = ZK(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = ATOP: TY5 = PS
7458 GOSUB 10000
7459 GOTO 7560

7460 REM *****

7470 VOP = VKES: ASOP = ASK
7480 NDK = (1000 * Y) / (3.14 * DK1(Z))
7490 FOR i = 1 TO NN
7500 IF NDK = N(i) THEN 7510 ELSE 7520
7510 AKA = X / FF: GOTO 7540
7520 NEXT i

7530 YariManulCapi = DK1(Z): GOSUB 8590

7539 COLOR KIRMIZI

PRINT : PRINT "DIS KONIK (KABA)": PRINT "TOR. CAP="; DK1(Z), DK2(Z)
7540 DEG: ALF = ((DK1(Z) - DK2(Z)) / 2) / LK(Z): ALF = ATN(ALF):
ATOP = SIN(ALF) * LK(Z)
7545 IF ATOP > AKA THEN 7547 ELSE 7550
7547 PS = ATOP / AKA: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 7555
7550 PS = 1: GOTO 7558
7555 TY = ZK(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = AKA: TY5 = PS: GOTO 7559

```

7558 TY = ZK(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDK: TY3 = FF: TY4 = ATOP: TY5 = PS
7559 GOSUB 10000
7560 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" THEN 7560
7570 DK1(H) = DK1(H) * (-1)
7580 NEXT ES

7590 REM *****

7600 FOR i = 1 TO KT
7610 IF YKK(i) = 1 THEN 7620 ELSE 7640
7620 NEXT i
7630 GOTO 8920
7640 FOR i = 1 TO KT
7650 DK1(i) = DK1(i) * (-1)
7660 NEXT i
7670 FOR ES = 1 TO KT
7680 K = 0
7690 FOR i = 1 TO KT
7700 K = K + 1
7710 FOR J = 2 TO KT
7720 IF DK1(i) >= DK1(J) THEN 7730 ELSE 7750
7730 IF J = KT GOTO 7760
7740 NEXT J
7750 NEXT i
7760 Z = K: H = K
7770 IF YKK(Z) = 1 THEN 8550 ELSE 7780
7780 FOR i = 1 TO 15
7790 IF RK(Z) = YT1(i) AND YKK(Z) = YT2(i) THEN 7810 ELSE 7800
7800 NEXT i
7810 FSI = YT3(i): FS = FSI: SP = 0
7820 FOR i = 1 TO SS
7830 IF FS = s(i) GOTO 7980
7840 IF s(i) > FS THEN 7850 ELSE 7870
7850 SP = SP + 1
7860 FP(SP) = s(i) - FS
7870 NEXT i
7880 K = 0
7890 FOR i = 1 TO SP
7900 K = K + 1
7910 FOR J = 2 TO SP
7920 IF FP(i) <= FP(J) THEN 7930 ELSE 7950
7930 IF J = SP GOTO 7960
7940 NEXT J
7950 NEXT i
7960 FPMIN = FP(K)
7970 FF = FS + FPMIN: FFI = FF: AP = AINK(H): GOTO 7990
7980 FF = FS: FFI = FF: AP = AINK(H)
7990 IF YKK(Z) = 1 THEN 8000 ELSE 8030
8000 OPEN "I", #6, "F:\QB45\DATA1.DAT"
8010 INPUT #6, X, Y, A, B, C, D, E, F
8020 CLOSE #6
8030 OPEN "I", #5, "F:\QB45\DATA2.DAT"
8040 INPUT #5, X, Y, A, B, C, D, E, F
8050 CLOSE #5

```

```

8060 ASI = AINK(H) * FPI: ASS = LOG10(ASI)
8070 V1 = (B - A * ASS) / B: V2 = (F - C * ASS) / D
8080 V1 = 10 ^ V1: V2 = 10 ^ V2
8090 IF V1 < V2 THEN 8100 ELSE 8110
8100 VKES = V1: GOTO 8120
8110 VKES = V2
8120 LO = LK(Z) + 1: NDI = (1000 * VKES) / (3.14 * DK1(Z))
8130 FOR i = 1 TO NN
8140 IF NDI = N(i) THEN 8520 ELSE 8150
8150 NEXT i

REM *****

8160 DO = DK1(Z): GOSUB 2510

8460 IF AS1 < AS2 THEN 8470 ELSE 8480
8470 AS3 = AS1: GOTO 8490
8480 AS3 = AS2

8490 IF AS1 < AS3 THEN 8510 ELSE 8500
8500 PRINT "HATA"
8510 AIN = AINK(H): GOTO 8529
8520 AIN = AINK(H)
8529 COLOR KIRMIZI
      PRINT : PRINT "DIS KONIK (FINISH)": PRINT "TOR. CAP="; DK1(Z), DK2(Z)
8530 ALF = ((DK1(Z) - DK2(Z)) / 2) / LK(Z): ALF = ATN(ALF): L = LK(Z) / COS(ALF)
8531 IF AIN = 1 THEN 8532 ELSE 8533
8532 PS = 1: GOTO 8537
8533 ATOP = 1: PS = ATOP / PS
8534 IF PS > FIX(PS) THEN 8535 ELSE 8536
8535 PS = ATOP / AIN: PS = FIX(PS): PS = PS + 1: GOTO 8537
8536 PS = ATOP / AIN
8537 TY = ZK(Z): TY1 = VKES: TY2 = NDI: TY3 = FPI: TY4 = AIN: TY5 = PS
8538 GOSUB 10000
8540 A$ = INKEY$: IF INKEY$ = "" THEN 8540
8550 DK1(H) = 0
8560 NEXT ES
8570 GOTO 8920

```

```
8580 REM *****
```

```
8590 GOTO 1320
```

```
8920 GOTO 3490
```

```
REM ***** EKRAN DOKUMU *****
```

```

10000 COLOR SARI
      PRINT "_____":
      PRINT :
      COLOR KIRMIZI
      PRINT "OP.NO      KESME HIZI      DEVIR      ILERLEME      KES.DER.      PASO  "

```

```

PRINT "          (m/sn)      (d/d)      (mm/d)      (mm)  "
COLOR SARI
10002 PRINT "-----"  "-----"  "-----"  "-----"  "-----"  "-----"
COLOR YESIL

IF TY4 = 1 THEN 10010 ELSE 10005

10005 PRINT : TY; "          "; TY1; "          "; TY2; "          "; TY3; "          "; TY4; "          "; TY5

GOTO 10015

10010 PRINT : TY; "          "; TY1; "          "; TY2; "          "; TY3; "          "; TY4; "          "; TY5

10015 COLOR PARLAKKIRMIZI
PRINT "===== "

10020 RETURN

```

ProgramSabitleri:

```

OPEN "I", #9, "F:\QB45\DATA3.DAT"
INPUT #9, P, EE, NH, SS
CLOSE #9

```

```

OPEN "I", #8, "F:\QB45\DATA4.DAT"
FOR i = 1 TO NH
INPUT #8, N(i)
NEXT i
CLOSE #8

```

```

OPEN "I", #7, "F:\QB45\DATA5.DAT"
FOR i = 1 TO SS
INPUT #7, s(i)
NEXT i
CLOSE #7

```

RESTORE TAKINUCURAD

```

FOR i = 1 TO 15
READ YT1(i), YT2(i), YT3(i)
NEXT i

```

TAKINUCURAD:

```

DATA 0.5,3,.13,0.5,2,0.26,0.5,1,.5
DATA 1,3,.18,1,2,.36,1,1,.71
DATA 1.5,3,.22,1.5,2,.44,1.5,1,.87
DATA 2,3,.25,2,2,.5,2,1,1
DATA 3,3,.31,3,2,.62,3,1,.22

```

RETURN

SUB Center (row, text\$)

```
LOCATE row, 41 - LEN(text$) / 2  
PRINT text$;  
END SUB
```

```
FUNCTION LOG10 (X) STATIC
```

```
LOG10 = LOG(X) / LOG(10)
```

```
END FUNCTION
```



6.4. Programa Ait Çıktı Örnekleri

-- Programda girdi olarak verilen değerler ;

- * WB = 0.78
- * Tezgah gücü = 8
- * Tezgah verimi = 0.85
- * Devir kademeleri = 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000
- * İlerleme kademeleri = 0.15, 0.25, 0.32, 0.36, 0.44, 0.56,
0.78
- * Malzeme numarası ve sertliği = 1.0036,U.N
- * Hesap edilen tezgahın maksimum kesme derinliği = 30.55809
- * Kesme şartları = 15,0.44,65
- * Yüzey kalitesi = 1

-- Programın çıktıları ;

Kullanacağınız Takım ::::::::::> TTR

X1	= 1.283301	X1	= 1.283301	AMAX	= 16
X2	= -0.69897	Y1	= 2.245862	AMIN	= 1
Y1	= 2.245862	Z1	= 3.091929	FMIN	= .2
Y2	= 1.860141	X2	= -0.69897	FMAX	= 1.2
MNO	= 1.0036	Y2	= 1.860141	ASMAX	= 19.2
SERT\$	= U.N	Z2	= 1.109658	ASMIN	= .2
AP	= 15				
FF	= .44				
T	= 65				

ÖZGÜL KESME KUVVETİ = 2116.444
 VCMAX = 176.1416
 VCMIN = 72.46706
 VMAX = 1235.745
 VMIN = 12.87234

OPTİMUM NOKTA KOORDINATLARI

X = 2.246485
 Y = 110.0158

* Kesme şartları = 1,0.25,65

* Yüzey kalitesi = 2

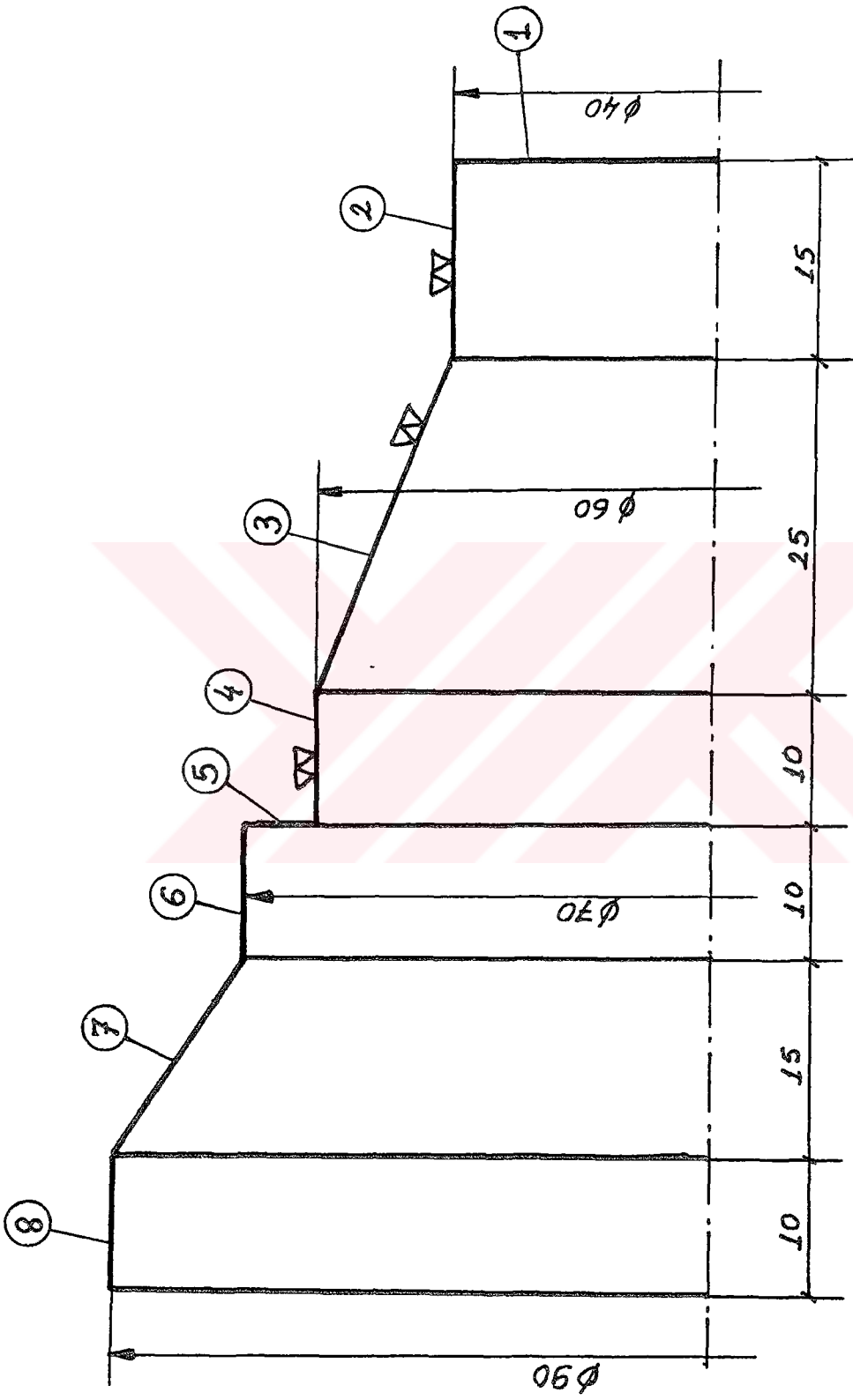
Kullanacağınız Takım ::::::::::> TTX

X1	= 0.903091	X1	= 0.903091	AMAX	= 10
X2	= -1	Y1	= 2.392852	AMIN	= 1
Y1	= 2.392852	Z1	= 3.332423	FMIN	= .1
Y2	= 2.157388	X2	= -1	FMAX	= .8
MNO	= 1.0036	Y2	= 2.157388	ASMAX	= 8
SERT\$	= U.N	Z2	= 1.616076	ASMIN	= .1
AP	= 1				
FF	= .25				
T	= 65				

ÖZGÜL KESME KUVVETİ = 1582.703
 VCMAX = 247.0880
 VCMIN = 143.6773
 VMAX = 2149.926
 VMIN = 41.31200

OPTİMUM NOKTA KOORDINATLARI

X = 1.612307
 Y = 175.1692



-- Programa Girdi olarak verilen değerler ;

- * Parçanın kodu = 1
- * Yarı mamül çapı = 100 mm.
- * Yarı mamül boyu = 95 mm.
- * Mamül boyu = 85 mm.
- * Parçanın operasyonları saat yönünün tersi olarak girilir.

Hesaplama sonuçları aşağıdaki gibidir.

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 90

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
8	157	500	.56	3.2508	2

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 70

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
6	141.3	500	.56	3.6536	3

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 62

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
4	164.85	750	.56	3.0796	2

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 42

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
2	141.3	750	.56	3.6536	3

DIŞ SİLİNDİRİK (FINISH)

TOR. ÇAP. = 60

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
4	194.68	1000	.32	1	1

DIŞ SİLİNDİRİK (FINISH)

TOR. ÇAP. = 40

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
2	194.82	1500	.32	1	1

DIŞ KONİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 90 70

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
7	141.3	500	.56	3.6536	3

DIŞ KONİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 60 40

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
3	141.3	750	.56	3.6536	3

DIŞ KONİK (FINISH)

TOR. ÇAP. = 60 40

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
3	188.4	1000	.32	1	1

DIŞ ALIN (KABA)

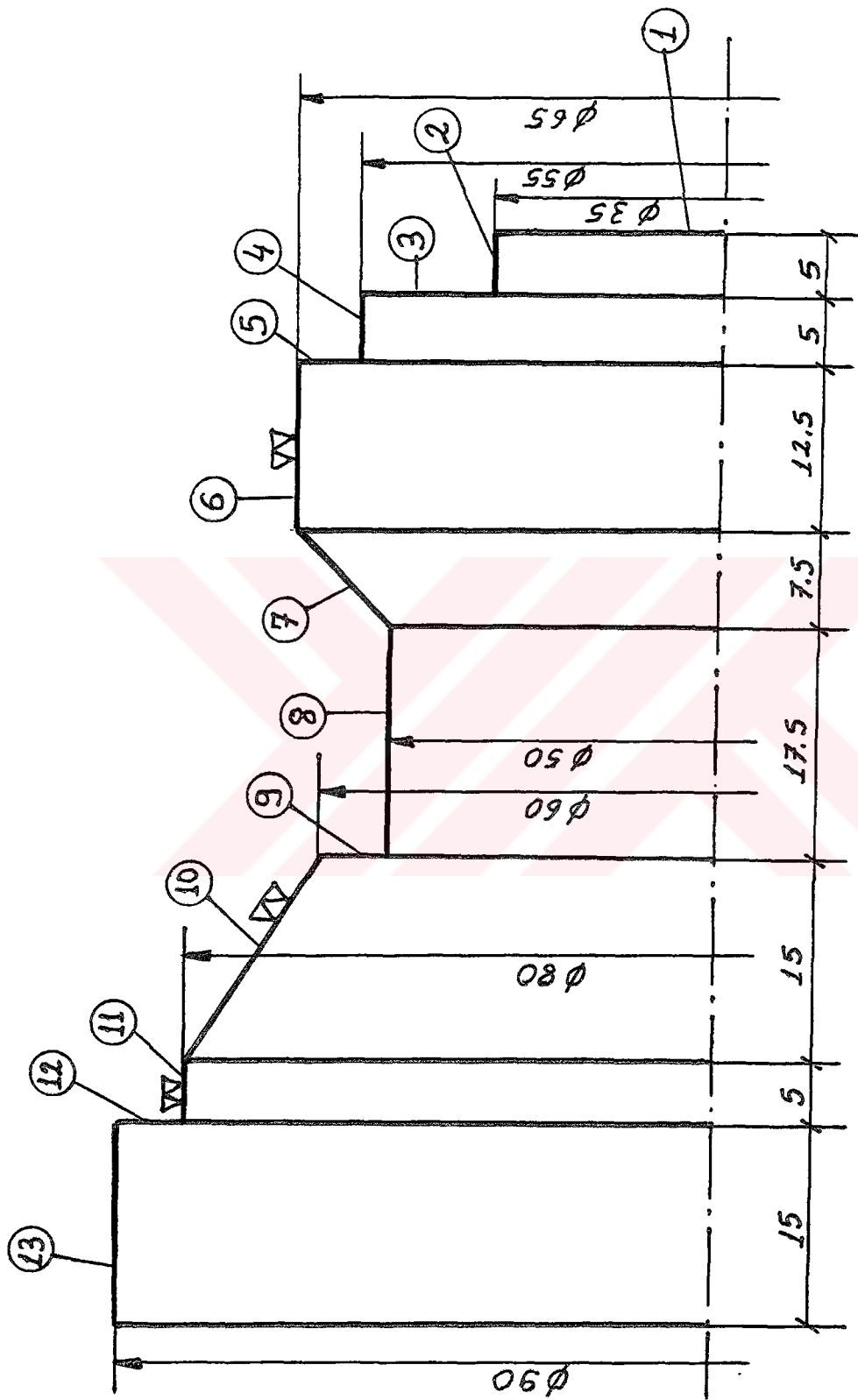
TOR. ÇAP. = 70 60

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
5	164.85	750	.56	1	1

DIŞ ALIN (KABA)

TOR. ÇAP. = 40 0

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
1	157	1250	.56	1	1



-- Programa Girdi olarak verilen değerler ;

* Parçanın kodu = 2

* Yarı mamül çapı = 100 mm.

* Yarı mamül boyu = 90 mm.

* Mamül boyu = 82.5 mm.

* Parçanın operasyonları saat yönünün tersi olarak girilir.

Hesaplama sonuçları aşağıdaki gibidir.

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 90

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
13	157	500	.56	3.2508	2

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 82

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
11	141.3	500	.56	3.6536	2

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 67

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
6	125.6	500	.56	4.1633	2

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 55

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
4	153.075	750	.56	3.3433	2

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 50

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
8	172.7	1000	.56	2.9248	1

DIŞ SİLİNDİRİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 35

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
2	157	1000	.56	3.2508	3

DIŞ SİLİNDİRİK (FINISH)

TOR. ÇAP. = 80

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
11	193.11	750	.32	1	1

DIŞ SİLİNDİRİK (FINISH)

TOR. ÇAP. = 65

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
6	210.38	1000	.32	1	1

DIŞ KONİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 80 60

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
10	125.6	500	.56	4.1633	3

DIŞ KONİK (KABA)

TOR. ÇAP. = 65 50

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
7	153.075	750	.56	3.3433	3

DIŞ KONİK (FINISH)

TOR. ÇAP. = 80 60

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
10	188.4	750	.32	1	1

DIŞ ALIN (KABA)

TOR. ÇAP. = 90 80

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
12	141.3	500	.56	1	1

DIŞ ALIN (KABA)

TOR. ÇAP. = 65 55

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
5	153.075	750	.56	1	1

DIŞ ALIN (KABA)

TOR. ÇAP. = 60 50

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
9	141.3	750	.56	1	1

DIŞ ALIN (KABA)

TOR. ÇAP. = 55 35

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
3	172.7	1000	.56	1	1

DIŞ ALIN (KABA)

TOR. ÇAP. = 35 0

OP.NO	Kesme hızı (m/sn)	Devir (d/d)	İlerleme (mm/d)	Kesme der. (mm)	Paso
1	164.85	1500	.56	1	1

7. SONUÇ

CAPP'in bugünkü statüsü sınanmış ve gelecek için bilgisayar yardımcı proses planlaması alanındaki araştırma geliştirme için öneriler sunulmuştur. İmalat endüstrisinin gelişimi açısından değişik planlama yaklaşımlarının gelişimi gözden geçirilmiştir. Bu gelişimde kritik olan anahtar teknolojiler, geçmişteki grup teknolojisi gibi tanımlanmıştır. Bilgisayar yardımcı proses planlamanın bazı esasları irdelenmiş ve kritikleri yapılmıştır. Proses planlama araştırmasının ikinci bir basamağı olarak entegre bir planlama çerçevesi tanımlanmış ve yapay zeka teknikleri önerilmiştir. Bu entegre planlama çerçevesinin detayları anlatılmıştır. Yapay zeka bazlı metodların imalat planlamasındaki bugünkü sınırlamaları ve gelecekteki rolleri açıklanmıştır. Bilgisayar destekli proses planlama başarılı bir bilgisayarlı imalat için anahtardır ve sadece akademi ve endüstrinin değil uluslararası araştırmacıların da ortak çalışmasını gerektirir.

Ayrıca bu çalışmada konvansiyonel torna tezgahı için deliksiz parçaların teknolojik planlarını çıkaran bir program yazılmıştır. Program da talaş kaldırma faktörlerinin seçiminde takım ve tezgah doğrularından yararlanılmaktadır. Operasyon sıralarının seçimi program tarafından saptanmaktadır. Bu operasyonlar yalnızca deliksiz döner parça operasyonlarını kapsamaktadır. Bu seçim sırasında işlenmemiş parçanın tezgah aynasına ne şekilde bağlanacağına, kaç bağlamada parçanın bitirilebileceğine dair herhangi bir işlem göz önüne alınmamıştır.

Program pek çok yönden geliştirilebilme özelliğine sahiptir. Programın çıktıları ve operasyonların seçenekleri arttırılabilir. Bu operasyonlara delik içi operasyonları da dahil edilebilir. Ayrıca takım dataları değiştirilerek bir başka firmaya veya birkaç firmaya ait takım dosyası kullanılarak takım kütüphanesi genişletilebilir. Parçanın bağlama şekli göz önüne alınarak kaç bağlamada işlemin bitirilebileceğine karar vererek operasyonların sıralanması bu seçime göre tekrar yaratılabilir. Programa simülasyon eklenerek takım ve parça hareketleri gözlenebilir. Bir ileri kademede takım ile parçanın çapışma kontrolü de yapılabilir. Son olarakta programın algoritması geliştirilerek NC ve CNC tezgahlar için NC program çıktısı alınabilir. Bu işlem için ayrıca bir post prosesör programında ihtiyaç duyulacaktır. Bu gerçekleştiği takdirde bilgisayar ve tezgah arasında kurulabilecek bir kablo bağlantısı sayesinde oluşturulan NC kodların tezgah veya tezgahlara gönderilmesi mümkün olabilecektir.

Programın geliştirilmesi sonucunda, planlama bilgisi ve tecrübesi olmayan kullanıcılar tarafından kullanılarak, planlama sırasında yapılan insan hatalarından ve sıkıcı hesaplamalardan uzaklaşmış olunacaktır. İmalatta bu sayede prodüktivitede büyük artış sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

1. AKKURT M, SEVİNÇ A, Bilgisayar Yardımlı Proses Planlama
4. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, 19-21 Eylül
1990 O.D.T.Ü. Ankara.
2. AKKURT M. Takım Tezgahları Talaş Kaldırma Yöntemleri ve
Teknolojisi, Birsen yayınevi 1985, İstanbul
3. AKKURT M. Nümerik Kontrollü Tezgahlar ve Sistemler,
ASK Teknik Yayınlar 1986, İstanbul
4. BOURDET P., Tool Automatic Choice: A Step to Eleborete
Automatically Prosess Planning; L.U.R.P.A. Cachan
/France, 1987
5. EL MIDANY T.T, DAVIES B.J, AUTOCAP-A Dialogue System For
Planning The Sequence Of Operations For Turning Components
4 Nov 1980
6. ESKİCİOĞLU H., DAVIS B.J., An Interactive Process Planning
System For Prismatic Parts (ICAPP), Department Of
Mechanical Engineering UMITS, 1983
7. GIUSTI F, SANTOCHI M, DINI G, KAPLAN-A Knowledge-Base
Approach To Process Planning Of Rotational Parts,
Universty Of Pisa-Italy, VOL.38,1989
8. GUAN G, LE MAITRE F, A New Method Of Part Description For
Automated Process Planning System, E.N.S.M. Nantes -
France 18-Jan-1988
9. HAM I, Computer Aided Process Planning; The Present and
Future, The Pensilvanya State Universty-USA, VOI37,1988

10. LEE KYO, LEE JIN WHAN, LEE JONG MOO, Pattern Reegination and Process Planning Prismatic Workpieces By Knowledge Based Approach, Seul National Univeristy, 1989
11. 1991 Microsoft, QUICK-BASIC Version 4.5 For IBM Personel Computers and Compatibles U.S Patent No. 4955066
12. SHUMEEV A.G, Automatic Process Planning For NC Lathes, Stanki Instrument, VOL.51,1980
13. S. KAWABE, S. SHIMURA, K. MIYASHITA, F. KIMURA, T. SATA Programming for Machining Based on Workpiece Models in Computer, Faculty of Engineering, University Tokyo Vol. 32/1/1983.
14. WIDIA Recommendit Data for Tumiry Femous Meteraly KRUPP WIDIA GmbH
15. Prof. Dr. Ing. Dipl. WIRT, Ing. W. EVERSHEIM, Dipl. Ing. H. ESCH, Autonated Generation Of Process Plans For Prismatic Parts, VOL,32/1 1983
16. ZHANG S, GAO W.D, TOJICAP-A System Of Computer Aided Process Planning System For Rotational Parts, Tongji Universty, Shanghai - China, VOL.1/33,1984

LIBRARY

ÖZGEÇMİŞ

Levent ALEMDAR 1968 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini İstanbul'da tamamladı. 1985 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1990 yılında bu bölümü bitirip, aynı yıl Makina Yüksek Lisans programı imtihanlarında başarılı olarak bu programda okumaya hak kazandı. Halen İstanbul - Reis Makina CNC Takım Tezgahları ve Programlama Sistemleri Sanayi ve Tic. Ltd. Şti 'de Makina Mühendisi olarak çalışmaktadır.

Tarih: 1990/05/01
Yer: İstanbul