

## TAKIM TEZGAHLARININ SİSTEM BİLEŞENLERİNİN SEÇİMİ İÇİN UZMAN SİSTEM DESTEKLİ BİR KAVRAMSAL TASARIM İŞLEM MODELİ

Mustafa BOZDEMİR<sup>1</sup>, Faruk MENDİ<sup>2</sup>, Hilal CAN<sup>3</sup>

mbozdemir@pamukkale.edu.tr, fmendi@gazi.edu.tr,  
hilalcan@pamukkale.edu.tr

<sup>1,3</sup>Pamukkale Ün., Teknik Eğitim Fak., Makine Eğitimi Bölümü,  
Kınıklı/ Denizli

<sup>2</sup>Gazi Ün., Teknik Eğitim Fak., Makine Eğitimi Bölümü,  
Beşevler/Ankara

### ÖZET

Bu çalışmada, takım tezgahlarının sistem bileşenlerinin seçimi için uzman sistem destekli bir kavramsal tasarım işlem modeli geliştirilmiştir. Bu model; şartname, fonksiyon temsilleri ve uzman sistem karar verme mekanizmasından oluşmaktadır. Geliştirilen model, klasik ve CNC Torna tezgahlarına uygulanmıştır. Bunun için hazırlanan klasik ve CNC torna tezgahlarına ait iki ayrı bilgi tabanına sahip TOSITA adlı programda, tasarım şartnamesi karşılayan bütün fiziksel çözümlerden en uygun olanına karar verilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Takım Tezgahları, Kavramsal Tasarım, Uzman Sistem, Karar Verme Mekanizması

### A CONCEPTUAL DESIGN PROCESS MODEL BASED ON EXPERT SYSTEM FOR THE SELECTION OF MACHINE TOOLS SYSTEM COMPONENTS

### ABSTRACT

In this study, a design process model based on expert system is development to select the proper system components of machine tools. This model consist of specification, function representations and expert system decision making mechanism. This developed model is applied to the design of classic and CNC turning tools. A proper design solution according to design specifications is determined using TOSITA programming. This programming possesses two different knowledge bases for each classical and CNC turning tools.

**Key Words:** Machine Tools, Conceptual Design, Expert System, Decision Making Mechanism

## 1. GİRİŞ

Makine tasarım ve imalatı endüstrisinde, diğer tüm makine ve araçların parçalarının yapılmasında takım tezgahları kullanılmaktadır. Takım tezgahlarının mekanik ve tüm sistem yapıları, diğer birçok makineye kıyasla daha karmaşıktır. Takım tezgahları, makine endüstrisinden başka, taş-mermer ya da ağaç-mobilya endüstri sahalarındaki ağır çalışma ortamlarında kullanılmaktadır. Takım tezgahlarının tasarım ve imalatını doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen birçok faktörün bulunduğu bilinmektedir. Tüm faktörlerin takım tezgahı tasarımı içerisinde etkili bir şekilde değerlendirilmesini sağlayabilmek için uzman sistem karar mekanizması destekli bir sistematik tasarım işlem modeli geliştirilmiştir.

Takım tezgahlarının mekanik sistemlerine ait kavramsal tasarım çalışmalarını geliştirmek, daha fazla alternatif çözümü çok daha hızlı şekilde değerlendirerek, müşterinin ihtiyaçlarına en uygun tasarım alternatifi tipinin seçilmesi, sistematik tasarım uygulamalarındaki çözülmesi gereken önemli bir problemlerden birisidir. Ayrıca, özel ve standart takım tezgahlarının mevcut yapılarının değiştirilmesi, geliştirilmesi, yenilenmesi istekleri durumlarında, tasarımcıya yol gösterecek, yeni çözümler üretmesine yardımcı olabilecek tasarım işlem modellerine de ihtiyaç duyulmaktadır.

Takım tezgahlarının sistematik tasarımının yapılması için hazırlanan tasarım işlem modelinde, problemin çözümü için gerekli ön bilgiler şartname aşamasında elde edilerek, tasarımın çözüm uzayının sınırlarının belirlenmesi sağlanmaktadır. Çözüm uzayı sınırlandırmalarıyla, takım tezgahının tipine uygun hazırlanmış sistem bileşenleri veri tabanı içerisinde, uygun bileşenlerin kısa sürede ve tasarım maliyetini azaltacak şekilde seçilmesi mümkün olmaktadır.

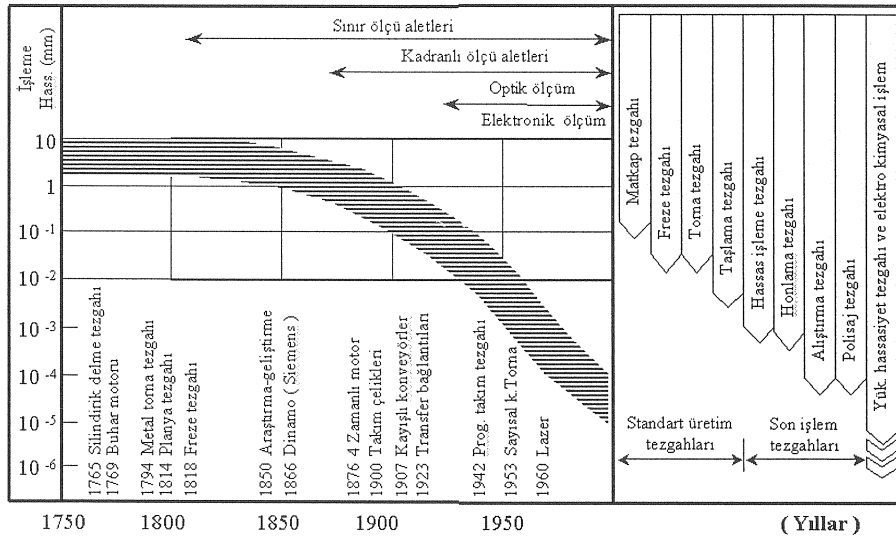
## 2. TAKIM TEZGAHLARI

Takım tezgahları, çoğunlukla elektrik gücü sayesinde tahrik olunan, kesme, darbe, basınç ve elektrik teknikleri ya da bunların birleşimleri sayesinde metallerin işlenmesi ve şekil verilmesi için kullanılan makinelerdir. Takım tezgahlarının tiplerindeki gelişmelerle, günlük yaşam standartlarımızın artması arasında yakın ilişkiler bulunmaktadır. Tarihte ilk olarak kullanılan makinelerin sistem yapıları oldukça basit olmasına rağmen, ilerleyen yıllarda gelişmiş takım tezgahlarının tasarım ve imalatına temel oluşturmuşlardır. Basit bir delme makinesiyle başlayan icatlar, buhar makinesiyle birlikte

hızlanmıştır. Torna, freze, planya gibi tezgahlarının 1800' lü yıllarda kullanılmaya başlanmalarından sonra, sürekli olarak gelişen teknolojiyle birlikte günümüzde kullanılan modern takım tezgahlarına ulaşılmıştır [1].

Modern takım tezgahlarının doğuşu, 18. yüzyılın sonlarına doğru icat edilen basit bir cıvata tornası ile başlamıştır. Bu tezgah şu andaki kullanılanlara göre çok hantal ve yavaş bir makine olmasına rağmen, günümüzde kullanılan modern iş tezgahların hepsi bu tornanın temel prensipleri doğrultusunda çalışmaktadır. 1970' lerin ortalarından sonra mühendislik sanayilerinin imalat süreçlerinde önemli değişiklikler olmuştur. Endüstriyel ürünlerdeki talep miktarlarının artmasıyla birlikte, tezgahlara nümerik işlemciler eklenmesine başlanmıştır. Takım tezgahı teknolojisinde bu ilerlemeler yaşanırken kesici takımlarında da bronz yerine takım çelikleri, elmas ve seramik kesici uçların kullanılmaya başlanmasıyla, işleme kalitesinde büyük ilerlemeler yaşanmıştır [2-5].

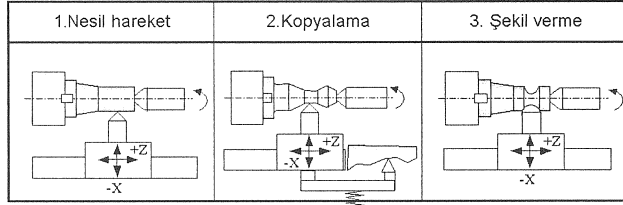
Şekil 1'de Takım tezgahlarının tarihi gelişim süreci ve bu tezgahlarda elde edilen işleme hassasiyetleri gösterilmektedir.



Şekil 1. Takım tezgahların tarihi gelişimi

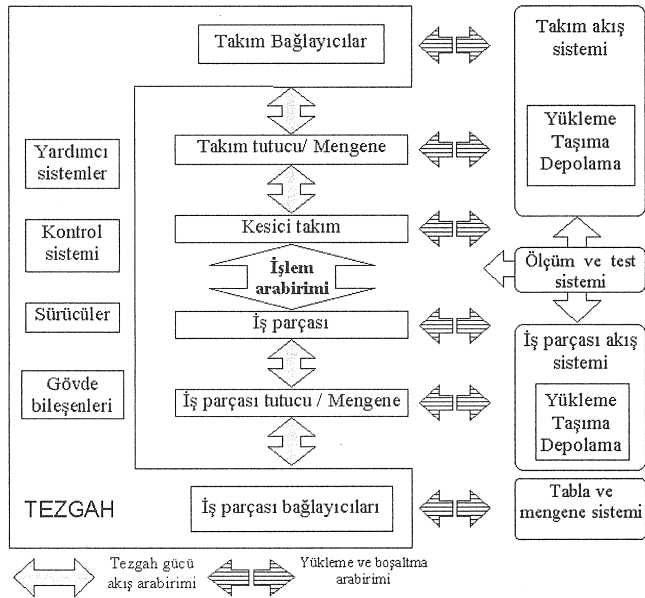
Şekil 2' de ise mekanik, kısmi veya tam otomatik torna tezgahlarında iş parçasına istenilen biçimin kazandırılabilmesi için kullanılan hareket tipleri görülmektedir. Klasik torna tezgahlarında parçalara istenilen şekli vermek için temel üç tip kinematik hareket prensibinden faydalanılmaktadır. Bunlar torna tezgahları için iş parçasının dönme hareketi ve kesicinin doğrusal

hareketinin birleşiminden oluşmaktadır. Bilgisayar destekli kontrol edilen takım tezgahlarında eksen sayısına bağlı olarak özel hareket biçimleri de oluşturulabilmektedir [5].



Şekil 2. Torna tezgahında iş parçasına şekil verme teknikleri

Takım tezgahlarının yapılarına ait temel bileşenler incelendiğinde; Sürücüler, gövde bileşenleri, enerji iletim sistemleri, tezgah devir sistemleri, iş parçası bağlayıcıları, kesici takım bağlayıcıları vb. temel yapı elemanlarının bulunduğu görülmektedir.



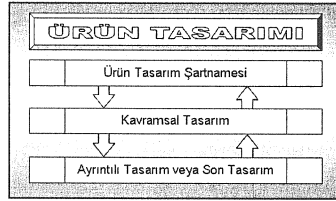
Şekil 3. Takım Tezgahlarının sistem yapısı [6].

Şekil 3 'de takım tezgahlarını oluşturan temel sistemler ve bu sistemlerin fiziksel ilişkileri görülmektedir. Takım tezgahlarında kullanılan sürücüler çoğu zaman elektrik motorlarından seçilir. Hidrolik motorlar ya da elektrik motorunun modelleri, çalışma şartlarına bağlı olarak tasarım aşamasında belirlenir. Motordan elde edilen güç, hareket iletim sistemleri sayesinde,

uygun devir sayısına getirildikten sonra, tezgahın kesicisi ya da iş parçasına iletilir.

### 3. SİSTEMATİK TASARIM YÖNTEMİ

Sistematik tasarım teknikleriyle oluşturulacak takım tezgahı tasarımındaki ilk safha şartname aşamasıdır. Bu aşamada tezgah hakkında bilgiler toplanır ve istenilen şartlar kesin olarak belirlenir. Tipik bir ürün tasarımı şartnamesi içerisinde performans, kalite, güvenilirlik, emniyet, ürün kullanım ömrü, estetik ve ergonomi belirtilebilir. İkinci safhada, ürün için kavramsal tasarım aşaması uygulanmaktadır. Kavramsal tasarımın temel görevi, tasarım şartnamesini karşılayan bütün fiziksel çözümlerden en uygun olanının seçilmesidir. Ürün tasarımının üçüncü ve son safhası ayrıntılı tasarım aşamasıdır. Ayrıntılı tasarım aşamasında ürün için gerekli düzenlemeler yapılır ve son kararlar verilir. İlgili veriler değerlendirilerek ürününe ait boyut ölçüleri belirlenir. Şekil 4' de sistematik ürün tasarımına ait aşamalar görülmektedir [7].



Şekil 4. Sistematik ürün tasarımı aşamaları [7].

Karar verme sırasında birçok duruma karar verilebileceği gibi, aksine yapılması kolay fakat hiç arzu edilmeyen durumlar da ortaya çıkabilir. Karar vermedeki bu tip güçlükler, tasarımının fiziksel olarak gerçekleştirilmesindeki belirsizliklerle ilgilidir. Fiziksel gerçekleştirilebilme, tasarlama eyleminin, dolayısıyla karar vermenin temeli olmaktadır. Tasarımda alternatif sayısının fazlalığı ve bu alternatiflerin değerlendirilmesi karar vericinin karşılaştığı en zor durumdur [7-9].

Sistematik tasarım uygulamaları sırasında karşılaşılan karmaşık işlemlerden birisi de, kavramsal tasarım işlemi sonrasında bulunan alternatif çözümler arasından en uygun olanının seçilmesidir. Uygun çözüm ya da çözümlerin bulunmasına yönelik olarak değişik çalışmalar yapılmaktadır. Karar verme teknikleri olarak bilinen yöntemler kullanılarak tasarım alternatifleri değerlendirilerek, uygun seçim alternatifine ulaşılmaya çalışılır. Hazırlanacak bir tasarım metodu içerisinde bilgisayara yüklenmiş ürün modelleri kullanmak, tasarım işleminde bilgisayar desteği ve tasarım esnekliği

kazandırmak için önemlidir. Tasarım metodu kullanmadan, bilgiye dayalı sistem geliştirmek, unsurlar kullanmak, tasarım veri tabanı kullanmak, veri akışının sürekliliğini sağlamak vb., mümkün değildir. Tasarım metodları, bilgisayar ve tasarımcılar arasındaki çalışma alanlarını ayırarak, tasarım veri tabanlarının rasyonel kullanımını sağlar [10].

Karar vermedeki en önemli bileşen, çözüme ait alternatiflerin oluşturulmasıdır. Problemin farklı çözümleri bir çözüm uzayı içerisinde yer alır. Farklı çözümler arasından en uygun olanını seçme işlemi karar vermenin esasını oluşturur. Kriterler, karar verme aşamasında kullanılan diğer önemli bir karar bileşenidir. Kriterler üzerindeki kısıtlamalar alternatif çözümlerin yer alacağı uzayla ürün performansının sınırlarını, kriterlerin değişme alanını belirler. Kriterlerin ve kısıtlamaların aldıkları değerler ise, başka bir boyutta karar bileşeni olurlar. Her kriterin alacağı değerler ve değerlerin ölçü birimleri farklı olabilir.

Tasarım işlemlerin problemin tanımlanması sonrasında, tasarım çözümlerini oluşturan sonuçlardan uygun olanlarına ulaşılmaya çalışılır. Tasarlanan bu çözümler kümesi içerisinde istenilen özelliklerde çözüme ulaşılabilmesi için karar verme tekniklerinden yararlanır. Problemin tanımlanması sırasında ileride karar verme işlemi içerisinde de kullanılacak, amaçların listelenmesi, tasarım kriterlerinin belirlenmesine “tasarım şartnamesi” denilir [10,11].

Tasarım şartnamesi, üzerinde işlem yapılan tasarım probleminin özel çözümü olmamalı, aksine tasarımcıya kriter değerleri ve niteliklerini yargılayarak sonuç çıkarmasında yardımcı olmalıdır. Tasarım şartnamesi kısaca, tasarım önerisinin değerlendirilmesinde temel fonksiyon olarak görev yapmalıdır. İyi hazırlanan bir ürün şartnamesinden, çözüm önerileri içerisinde uygun olanı bulmak için yol göstermek, tasarım işlemlerinin yönetiminde yardımcı olmak, tasarım işleminin doğru şekilde ilerlemesini sağlamak için yol göstermek ya da geri besleme sağlamak gibi özellikler beklenmektedir. Ürün tasarım problemine ait çözüm alternatifleri içerisinde en uygun olanının aranması sırasında, şartnamede tanımlanan ihtiyaçlar ve istekler gibi amaç bilgilerinin önemli rolü bulunmaktadır. Tasarlanan ürünün kalitesiyle tasarım şartnamesinin amaçları arasında bir uyum bulunmaktadır. İyi hazırlanmış bir şartnamede doğruluk, bütünlük, kullanılabilirlik, yeterlilik, özlülük, kullanılabilirlik gibi özelliklerin bulunması gerekir.

Şartname bilgileri kavramsal tasarım aşamasında ilk olarak fonksiyon-ayrıştırma hiyerarşisinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Kavramsal tasarım

işleminin uygulamasında kullanılan yeni tasarım modellerinin ortaya çıkmasıyla elektromekanik ve hidrolik devreler gibi uygulama alanlarında da değişik temsil şekilleri kullanılarak çalışılmaktadır [12,13].

Şartname hazırlama aşaması, diğer sistematik tasarım yaklaşımlarında da tasarımın görevinin belirlenmesi amacıyla uygulanır. Görevin belirlenmesini aşaması içerisinde, çözüme ulaşmada gerekli olan şartname ihtiyaçlarının belirlenmesi sağlanır. Burada sağlanan tanım bilgileri değerlendirilerek, detaylı bilgiler haline getirilir ve çözüm içerisinde kullanılmak üzere geliştirilir [14].

Takım tezgahlarının sistematik tasarımı sırasında kullanılan elemanların sembolik tasarımları için, sistem elemanlarının belirlenmesi ve katalog haline getirilmesi konusunda Hatamura' nın [15] çalışmaları bulunmaktadır.

#### **4. HAZIRLANAN TASARIM İŞLEM MODELİ**

Takım tezgahlarının yapay zeka tekniklerine dayalı sistematik tasarımının yapılması amacıyla hazırlanan tasarım işlem modelin yapısı oluşturulurken, mevcut üç farklı sistematik tasarım tekniğinin, fonksiyonlarla temsil, uzman sistem kullanımı ve geri besleme sağlaması gibi istenilen özellikleri bulunduran yönleri dahil edilmiştir. Geliştirilen tasarım işlem modelinin temel yapıları oluşturulurken ihtiyaç duyulan, temel üç aşama şu şekilde sıralanmıştır.

- Problemin tanımı
- Karar verme
- Düzenleme ve onay

Takım tezgahlarının yapay zeka tekniklerine dayalı seçimlerinin yapılabilmesi amacıyla hazırlanan ve genel bir sistematik tasarım işlem modelinde bulunması gereken bu önemli aşamalar, mevcut sistematik tasarım tekniklerinin üstün yönleri alınarak hazırlanmıştır. Bu tasarım işlem modelinin hangi aşamasında, hangi sistematik tasarım tekniğinin kullanıldığının açıklanması için Şekil 5' den faydalanılabilir.

Problem tanımı	Karar verme	Düzenleme ve onay
1. Pahl-Beitz	2. Kusiak	3. Ehrlenspiel-John
Fonksiyon temsilleri	Graflar ve uzman sistem	Geri besleme
(Takım tezgahı için alternatif çözüm uzayı)		
<pre> graph LR     A[Problem tanımı] --&gt; B[Karar verme]     B --&gt; C[Düzenleme ve onay]     C --&gt; B     B --&gt; A </pre>		

Şekil 5. Sistematik tasarım modelinin aşamaları

Hazırlanan sistematik tasarım modelinin birinci aşaması “Problem tanımı” aşamasıdır. Bu aşamada tasarımı yapılacak takım tezgahına ait, tanımlama, sınırlandırma ve ihtiyaçlar belirlenerek şartname bilgileri hazırlanır. Tasarım şartnamesinde belirlenen problemin tarifinin yapılmasından sonra, Pahl-Beitz’in sistematik tasarım tekniğine ait olan fonksiyon yapıları kullanılarak, problemin çözümüne başlanır. Problemin genel amacı, kullanıcı istekleri, tasarım sınırlandırmaları bilgilerine bakılarak, takım tezgahının türüne ait tüm fonksiyon yapısı belirlenir. Tüm fonksiyon yapısı oluşturulurken, istenilen tezgah yapısının iş parçası ve kesicisine ait özellikleri belirtilir. Sisteme giren enerjinin biçimi, malzeme, sinyal gibi bilgiler ile bu sistemden çıkan bilgiler tüm fonksiyon üzerinde belirtilmelidir. Tüm fonksiyon yapıları problemin çözümüne dair ayrıntılı açıklamalar bulundurmaz. Bu nedenle tüm fonksiyon yapısının içeriği bozulmamak şartıyla, alt fonksiyon yapılarına ayrıştırılır. Alt fonksiyonların düzenlenmesi sırasında, güç akışı, malzeme, sinyal gibi özelliklere ait yön bilgileri ve ilişkilerine yer verilir. Oluşturulacak alt fonksiyonların her birinin, tasarım katalogundaki fiziksel temsillerden yada fonksiyonlardan birine gelecek şekilde bölünmeleri, tercih edilen gösterim biçimidir. Takım tezgahlarının fonksiyon yapıları kullanılarak yapıların oluşturulması ve temsil edilmesi diğer metodlardaki uygulamalara göre, daha kolay, anlaşılır, veri tabanı yada katalog çözümleri için uyumlu ve sistem ilişkilerini belirlenmesinde daha açık tanımlama ifadesi sağlamaktadır[11,14].

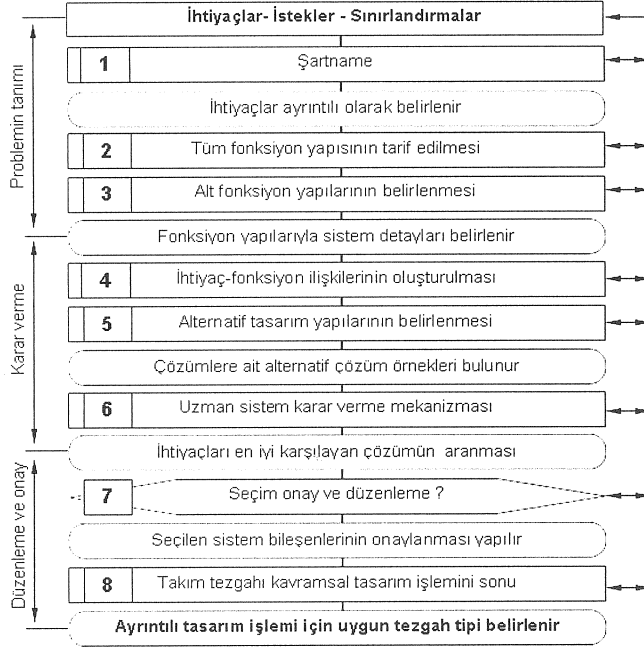
Şartnamede belirlenen istekler, ihtiyaçlar ve sınırlandırmalar sonrasında fonksiyon yapıları kullanılarak en uygun çözüm için karar verme aşamasında bir değerlendirme yapılır. Verilen karar sonrasında, takım tezgahı tasarımı için uygun alt sistem elamanlarının seçimi bu aşamada gerçekleşir. Oluşturulan tasarım modelinin karar verme aşamasında, Kusiak’ın sistematik



tasarım tekniğinde kullanılan uzman sistem esaslı karar verme yapısı kullanılmaktadır. Kusiak'ın sistematik tasarım tekniğinin de bilgilerin temsilinde kullanılan en önemli temsil biçimi graflardır. Takım tezgahı tasarımında kullanılacak fonksiyon ve ihtiyaç ilişkileri, oluşturulan graf temsilleriyle tanımlanır. Graflar kullanılarak yapılacak tanımlamalardaki ağaç yapılarını, "Eğer - O Halde" kalıbı içerisinde kural cümleleri haline getirmek oldukça kolaydır. "Eğer O Halde" kural cümleleri kullanılarak hazırlanan bilgi tabanının, yapay zeka uygulaması olarak geniş bir kullanım alanı bulunan uzman sistemlerin tasarımında ihtiyaç duyulan, tasarım bilgi tabanının kurallarının oluşturulmasında kullanılır [11,16].

Kusiak'ın geliştirdiği bu sistematik tasarım tekniğinin, alternatif tasarımlar arasında değerlendirme ve karar verme aşamasında kullanılmasıyla, diğer sistematik tasarım tekniklerinde karşılaşılan önemli bir sorun çözülmüş olmaktadır. İnsan merkezli karar verme yapısına sahip olarak düzenlenmiş sistematik tasarım modellerinde karşılaşılan en büyük problem, sayısı yüzleri bulabilen çok sayıda kriterin eşit şartlarda doğru olarak değerlendirilmesidir. Bütün bu çözüm alternatiflerinin değerlendirilmesi için, uzun süreli ve karmaşık işlemler yığına gerek duyulmaktadır. Geliştirilen sistematik tasarım işlem modelinde, alternatiflerin değerlendirilmesi için ihtiyaç-fonksiyon ilişkilerine dayalı graf temsilleri kullanılarak hazırlanmış uzman sistem yapısı kullanılmaktadır.

Uzman sistem karar mekanizması tarafından seçilen alternatif tasarım çözümüne, ayrıntılı tasarım aşamasına geçilmeden tasarımcının kontrol ve düzenlemesini sağlamak amacıyla, son düzenleme ve onay aşaması eklenmiştir. Bu safhanın oluşturulmasında Ehrlenspiel-John sistematik tasarım tekniğinin gelişmiş özelliği olan, "Genel sistem özelliklerinin değiştirilerek tasarımın yeniden düzenlenmesi" özelliğinden yararlanılmıştır. Hazırlanan tasarım modeline ait bu aşama sayesinde, tasarım modelinin şartname ve karar verme aşamaları sonrasında bulunan çözüm alternatifinin geri beslemesi sağlanabilmektedir [11,17,18].

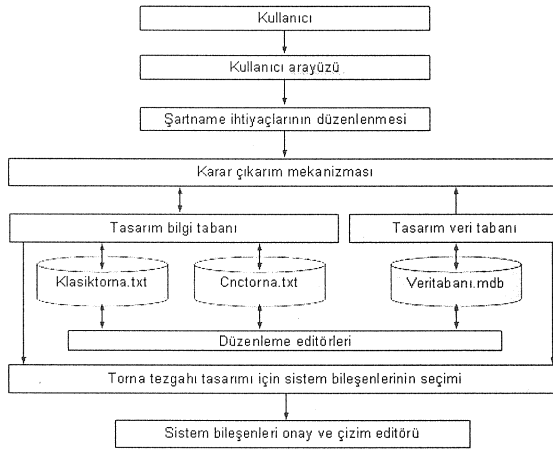


Şekil 6. Geliştirilen tasarım işlem modelinin genel yapısı

Özellikle yapay zeka teknikleri kullanılarak yapılan karar verme süreci sonrasında tasarımcının düzenleme ve değişiklik isteği olması durumunda, geliştirilen düzenleme ve onay aşaması gerekli tüm ihtiyaçları karşılayabilmektedir. Takım tezgahlarının yapay zeka tekniklerine dayalı sistematik tasarımının yapılması amacıyla hazırlanan bilgisayar destekli olarak kullanılabilen tasarım modelinin, işlem basamakları Şekil 6' de görülmektedir. Modelin oluşturulmasında, tezgah tasarımı ihtiyaç duyulan safhaları içeren diğer sistematik tasarım tekniklerine ait bazı aşamaların, yeni modelin sistemine adapte edilmesi şeklinde işlem sırası takip edilmiştir. Oluşturulan bu model sayesinde, problemin fonksiyonlarla ifadesi, ihtiyaç-fonksiyon yapılarının belirlenmesi, tasarım veri kütüphanesi kullanımı, alternatif ürün tiplerinin oluşturulması, uzman sistem tabanlı karar verme tekniklerinin kullanımı sağlanmaktadır. Ayrıca oluşturulan takım tezgahı tasarımı çözümü sonrasında, geri besleme yapılabilecek ve seçimi yapılan alt sistemler üzerinde veri tabanından değişiklikler yapılabilmesine izin verilecektir.

## 5. UZMAN SİSTEM UYGULAMASI

Takım tezgahlarının sistematik tasarımı için geliştirilen işlem modeli kullanılarak, torna tezgahı uygulamasına yönelik bir tasarım programı hazırlanmış ve ismine torna tezgahı sistematik tasarımının kısaltılmış hali olan TOSİTA denilmiştir. TOSİTA programı içerisindeki şartname hazırlama aşamasında kullanılacak müşteri istekleri, tasarım amaçları, ihtiyaçlar gibi bilgiler uzman sistem çıkarım mekanizması tarafından değerlendirilmektedir. Bu işlem sonrasında sağlanan bilgiler kavramsal tasarım fonksiyon yapılarına uygun olarak veri tabanından seçimi yapılarak alternatif tasarım tipleri oluşturulur.



Şekil 7. Uzman sistem destekli karar verme mekanizmasının yapısı

Bu tasarım alternatifleri içerisinde en iyi çözüme ulaşılmasında, uzman sisteme ağırlık oran matris değerleri yardımcı olmaktadır. Şekil 7’ de takım tezgahı sistematik tasarımında kullanılan uzman sistem karar verme mekanizmasının yapısı görülmektedir. Geliştirilen bu karar mekanizmasının arayüzü sayesinde şartname bilgileri elde edilmektedir. Bu tasarım bilgileri uzman sistem yapısı içerisindeki çıkarım mekanizması tarafından tasarım bilgi tabanı ve veri tabanı kayıtları eşliğinde değerlendirilmektedir.

Şekil 8. TOSİTA programı şartname hazırlama arayüzü

Şekil 8’ deki TOSİTA programına ait arayüz sayesinde kullanıcı istek, ihtiyaç, dilekleri gibi bilgiler belirlenmektedir. Elde edilen tasarım bilgileri uzman sistem çıkarım mekanizması aracılığıyla, bilgi tabanı ve veri tabanı kayıtlarını değerlendirir. Tasarım bilgi tabanında ağırlık oranlı olarak değerlendirilmesi yapılan bir kural örneği şu şeklide yazılmaktadır:

#### Kural\_1(Örnek)

**Eğer** Gövde tipi Yatay\_govde\_paralel\_kızak ise  
**ve** Sürücü tipi Elektrik\_motoru ise  
**ve** Devir sitemi Kademeli\_devir\_sistemi ise  
**ve** Hareket iletim sistemi Disli\_cark\_sistemi ise  
**ve** İş bağlama sistemi Mekanik\_bağlama\_pensi ise  
**ve** Kesici hareket sistemi Vida\_somun\_mekanizması ise  
**ve** Kesici bağlama sistemi Torna\_kesici\_takim\_kateri ise  
**ve** İş destek sistemi Sabit\_punta\_sistemi ise  
**ve** Soğutma sistemi Su\_kullanarak\_sogutma ise

**O halde** Model\_1\_Ype’ dir

Şekil 9’da torna sistematik tasarım programı için hazırlanan, karar değerlendirme rapor sayfası görülmektedir. Hazırlanan rapor sayfası üzerinde verilen şartname bilgilerini karşılayan tüm bilgi tabanı kural sonuçları listelenir. Çözümü sağlayan kurallara ait ağırlık oran matrisi sonuçlarına göre en iyi çözüm sıralaması yapılır. Çözüm için oluşturulan listedeki en küçük benzerlik oranı 0,50 ve en iyi benzerlik oranı 1 olarak kabul edilmektedir.

Kullanıcı çözüm listesi üzerinde kendisine sunulan çözümler arasından istediğini seçebilir veya benzerlik oranı en yüksek kuralı çözüm için seçebilmektedir. Seçimi yapılan tasarım bilgi tabanı kuralına ait içerik “Açıklama” penceresinde kullanıcıya sunulmaktadır.

**ŞARTNAME İHTİYAÇ VE SINIRLANDIRMA DEĞERLERİ TABLOSU**

İş parçası boyutu : Büyük (150 -300 mm çap) İşleme tipi : Ünsersal işleme

Endüstri sahası : Metal işleme sanayi İstenilen güç tipi : Özel bir istek yok

İstenilen tezgah gücü : Normal (1.1-7,5 Kw) İşleme tipleri : Sürekli aynı iş tipi

İstenilen kontrol tipi : Özel istek yok Ekonomiklik : Önemli

Ergonomiklik : Önemrsiz Üretim sayısı : Tek tezgah (Prototip) üretim

**KARAR DEĞERLENDİRME RAPORU**

Kullanıcı belirtilen çözümler içerisinde Kural\_97 kullanarak Model\_97 tezgahın seçimini yaptı..

**Açıklama =**

if Yatay\_govde\_paralel\_kizak and Elektrik\_motoru and Varyator\_devir\_sistemi and Disli\_cark\_sistemi and Otomatik\_baglama\_pensi and Bagimsiz\_motor\_hareketli and Otomatik\_kesici\_degistirme and Hidrolik\_doner\_punta and Su\_kullanarak\_sogutma then Model\_97

Alternatif çözüm önerileri (% ...)

Sıra	Kural No	A.O.D	Model Adı
1	Kural_96	0.93	Model_96
2	Kural_97	0.93	Model_97
3	Kural_95	0.91	Model_95
4	Kural_27	0.88	model_sup
5	Kural_92	0.88	Model_92
6	Kural_100	0.88	Model_100

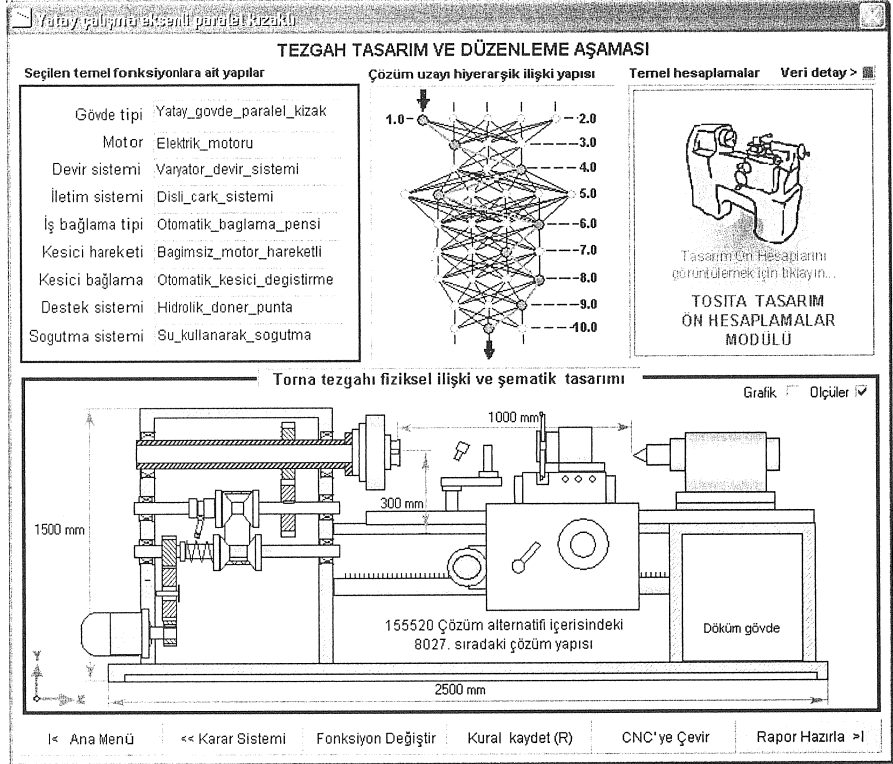
Ağırlık oran değerlerine göre surla

0	25	50	75	100
---	----	----	----	-----

ANA MENÜ   
 AYRINTILAR   
 < ŞARTNAME   
 DEĞİŞİKLİK ONAY   
 DETAY TASARIMI >

Şekil 9. TOSİTA Karar rapor menüsü

Seçimi yapılan çözüm kuralına ait “Detay tasarımı” butonu kullanılarak, kuralı oluşturan fonksiyon yapıları fonksiyon-şekil ilişkisine dönüştürülmektedir. Ayrıca oluşacak herhangi hata ya da değişiklik isteği durumunda Şekil 9’daki Menü üzerinden “Şartname” butonu kullanılarak, tasarım bilgilerinin yeniden girilmesi ya da değiştirilmesi de sağlanabilmektedir.



Şekil 10. Fonksiyon-şekil ilişkilerinin sağlanması

Şekil 10' da görülen fonksiyon-şekil ilişki sayfası üzerinde, tasarlanacak torna tezgahına ait temel hesaplamalar otomatik olarak yapılmaktadır. Tasarımı yapılan torna tezgahına ait şartname, uzman sistem karar değerlendirme, tasarım ön hesap sonuçları, çözüm uzayı sıra numarası bilgileri hazırlanacak sonuç raporu içerisine kaydedilerek, sonuçların AutoCAD 2004 gibi bir tasarım programı aracılığıyla, VisualLisp programlama dili kullanılarak tezgah bileşenlerine ait detaylarının çizilmesi yada değerlendirilmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca fonksiyon - şekil aşamasında geri besleme kullanılarak, kullanıcının uzman sistem karar değerlendirme aşamasına gerektiğinde dönebilmesi sağlanmıştır.

## 6. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, takım tezgahlarının sistematik tasarım işleminin yapılması sırasında kullanılacak yapay zeka tekniklerine dayalı bir işlem modelinin tanıtımı yapılmıştır. Bu model kullanılarak hazırlanan ve klasik

yada CNC torna tezgahlarının sistem bileşenlerinin seçimini uzman sistem destekli olarak yapabilen TOSİTA isimli programın çalışması anlatılmıştır.

TOSİTA programının kullanılmasıyla tasarım süreci içerisinde sağlayacağı faydalar şu şekilde özetlenebilir:

- Sistematik tasarımın şartname ve kavramsal tasarım aşamaları arasında, ihtiyaç-fonksiyon ilişkileri kurularak elde edilen verilerle, hızlı bir bilgi akışı sağlanmaktadır. Böylece tasarım işlem sürenin kısılması sağlanacak ve tezgahın tasarım maliyetlerinde bir düşüş sağlanmaktadır.
- TOSİTA programında; Bilgisayar destekli şartname hazırlama, alternatif tasarım değerlendirme ve karar verme, fonksiyon-şekil ilişkilerinin sağlanması, tasarım ön hesaplamalarının otomatik yapılması, tasarım rapor hazırlaması gibi işlemler geliştirilen menü ve editörler kullanılarak kolaylıkla yapılabilmektedir.
- TOSİTA programı, takım tezgahı tasarım ve imalatı yapan işletmelerde tasarım amaçlı olarak kullanılacağı gibi, takım tezgahı eğitimi verilen okullarda yardımcı eğitim programı olarak da kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Weck, M., Handbook of Machine Tools, Volume 1: Types of machine, forms of construction and applications, VDI Düsseldorf, 20-80, (1984)
2. Burghardt, H.D., Axelrod A. and Anderson J., Machine tool operation, Part I and Part II, McGraw-Hill Book Company, New York, 10-100, (1980)
3. Uludoğan, A., İşleme merkezleri ve kontrol yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5-30, (1995)
4. Chang, C.H., and Melkanof, M.A., NC makine programcılığı ve program tasarımı, MEB., Ankara, 1-25,(1994)
5. Thyer, G.E., Computer numerical control of machine tools, 2.Edition, Newness, 1-40, (1991)
6. Beitz, W., and Küttner K.H., Handbook of mechanical engineering, Springer-Verlag, New York, 20-150, (1980)
7. Hsu, W. and Woon, M., Current research in the conceptual design of mechanical products, CAD, 30: ( 5), 377-389, (1998)
8. Bozdemir, M., Mendi, F. ve Eldem, C., "Decision making of conceptual design", 3. International Advanced Technology Symposium, Gazi Üniv., 2, 392-403, (2003)

9. Roozenburg, N.F.M, on the pattern of reasoning in innovative design, *Design studies*, 14 :( 1), 6-18, (1993)
10. Roozenburg, N.F.M., and Eekels, j., *Product Design: Fundamental and methods*, John Willey & Sonns, 293-327, (1995)
11. Bozdemir, M., *Takım tezgahlarının yapay zeka tekniklerine dayalı sistematik tasarımı*, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, 80-164, (2003).
12. Kota, S., *Qualitative motion synthesis: Toward automating mechanical systems configuration*. In *Proceedings of the NFS Design and Manufacturing systems conference*, 77-91, (1990)
13. Rinderle, J.R., and Finger, S., *A transformational approach to mechanical design synthesis*. In *proceedings of the NFS Design and manufacturing systems conference*, 67-75, (1990)
14. Pahl, G., and Beitz, W., *Engineering design, A systematic approach*, Springer-Verlag, New York, 1-100, (1996)
15. Hatamura, Y., *The practice of machine design*, Clarendon press, 10-110, (1999)
16. Kusiak, and Szczerbicki, E., *Formal Approach to Specifications in Conceptual Design*", *Mechanical Design*, 114(4), 659-666, (1992)
17. Ehrlenspiel, K., and John, T., *Inventing by design methodology*, *Proceedings of the International Conference on Engineering Design*, 29-37, (1987)
18. Bozdemir, M., ve Eldem, C., *Modern tasarım teknikleri*, ODTU 10. Uluslararası Makine Tasarım ve imalat Konferansı, UMTİK' 02, Kapadokya, 55-63, (2002)