T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CH ROBOFİL 290 CNC TEL EROZYON TEZGAHLARINDAKİ ARIZALARIN TESBİTİ AMACIYLA BİR UZMAN SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ

FİGAN DALMIŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YRD. DOÇ. DR. ERDEM UÇAR
DANIŞMAN

2006
EDİRNE

ÖZET

Bu çalışmanın amacı uzman sistemler hakkında bilgi vermek ve disiplin alanı tel erozyon tezgahları olan bir uzman sistem geliştirmektir. Bu tezgahların hem kendisi hem de bu tezgahlar ile operasyon son derece karmaşık ve uzmanlık isteyen bir iş olduğu için, bu çalışmada CH 290 CNC tel erozyon tezgahlarında meydana gelen arızaların hızlı ve verimli bir şekilde teşhis edilmesi için CNCEXP uzman sistemi geliştirilmiştir.

CNC' lerin üretim teknikleri otomasyonunda yaygınlaşmasıyla insan faktörünün fazla etkili olmadığı, çalışma temposu her zaman yüksek ve aynı olan seri ve hassas imalat sağlanır. CNC' lerde meydana gelen bir arıza bu seri ve hassas imalatı aksatır. Bu işletmeleri büyük ekonomik zararlara sokabilir.

Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı bu çalışmada, Charmilles Robofil 290 tel erozyon tezgahındaki teknik arızaların teşhis edilerek çözülmesinde yardımcı olacak, bir uzman sistem tasarlanmıştır.

Birinci bölümde teze giriş yapılmaktadır.

Tezin ikinci bölümü uzman sistemleri içermektedir. İlk kısımda uzman sistemlerin tanımı, tarihçesi, faydaları ve uygulama alanları açıklanarak, geliştirilen ilk uzman sistemlere ve değişik alanlarda hata teşhisi yapan uzman sistemlere örnekler verilmiştir. Daha sonra uzman sistem mimarisine ve tasarım aşamalarına değinilmiştir. Son kısımda ise uzman sistem geliştirme araçları verilmiştir.

Üçüncü bölümde tezde kullanılan materyal ve metod anlatılmıştır. CNC tezgahlar, Charmilles Technologies Robofil 290 CNC tel erozyon tezgahı, Delphi ve geliştirilen yazılım hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde tezden elde edilen sonuçlara değinilmiştir. Geliştirilen yazılımın görüntüleri verilmiştir. Ayrıca geliştirilebilecek daha sonraki bir uzman sistem üzerine yorumlar da bulunulmuştur.

Tezin sonunda hatalar ve program kodlarını veren Ekler kısmı bulunmaktadır.

SUMMARY

The aim of this work is to give an information about Expert Systems and to develop an Expert System in the domain of knowledge about wirecut electric discharge machining(WEDM). Both this machine itself and operation with them are quite complex and requires expertise, so CNCEXP developed in this study provides very fast and cost-efficient fault diagnosis at CH Robofil 290 WEDM machine. As a result, many experts and companies use their time efficiently.

By machining CNC's, complex parts are manufactured using a program written in a notation with less affect human operator. With the increased automation of manufacturing processes with CNC machining, considerable improvements in accuracy and quality have been achieved. A fault at CNC machine causes to delay on these manufacturing processes. And then companies lose time and money.

Because of causes above mentioned, at this work CNCEXP has been developed to assist operators by diagnosing faults at the Charmilles Robofil 290 WEDM machine and advising them how to solve problems.

First chapter is the introduction into the study.

Second chapter includes the expert systems. At the beginning, the definition, history, advantages and application fields of expert systems are explained and the early expert system and the fault diagnosis expert system examples for different fields are given. The architecture of the expert systems and how to design an expert system are also given in this section. Finally, expert system development tools are explained.

Third chapter explains materials and methods used in the study. CNC machines and Charmilles Technologies Robofil 290 WEDM machine and Delphi are mentioned . Then information about the developed software is given.

Final chapter, conclusion chapter gives summary and discussion about the study. Comments on further studies are presented in the final chapter.

At the end of the study, attachments included error lists and programme codes are given.

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlamamı öneren ve çalışmalarım sırasında bana yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Erdem UÇAR'a, hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN'a, bilgisayar mühendisliği bölümündeki tüm öğretim elemanlarına ve çalışanlarına, program kodlarının yazılması sırasındaki yardımlarından dolayı Sayın Serkan ÜSTÜN'e ve çalışmam boyunca bana sürekli destek olan eşim ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
SUMMARY ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİL DİZİNİ vii
ÇİZELGE DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAKLAR ARAŞTIRMASI 3
2.1. Uzman Sistemler 3
2.1.1. Uzman Sistemlerin Tarihçesi 4
2.1.2. Geliştirilen İlk Uzman Sistemler 9
2.1.2.1. DENDRAL: Kimyasal Analiz Uzmanı Sistemi 9
2.1.2.2. HEARSAY I-II: Konuşma Tanıma 10
2.1.2.3. MYCIN: Kan Enfeksiyonları Uzmanı 10
2.1.2.4. MACSYMA: Sembolik Hesaplama Sistemi 11
2.1.2.5. PROSPECTOR: Mineraller İçin Jeolojik Veri Yorumlayıcısı 11
2.1.2.6. XCON(R1): Bilgisayar Konfigürasyon Uzman Sistemi 12
2.1.3. Uzman Sistemlerin Faydaları 12
2.1.4. Uzman Sistemlerin En Yaygın Uygulama Alanları 14
2.2. Uzman Sistemlerin Yapısı 16
2.2.1. Bilgi Kazanma Ünitesi 18
2.2.2. Bilgi Tabanı ve Bilginin Gösterimi 18
2.2.3. Çıkarım Mekanizması 21
2.2.4. Çalışma Alanı 23
2.2.5. Kullanıcı Ara Yüzü 23
2.2.6. Açıklama 24
2.2.7. Düşünme Kapasitesini İyileştirme 24
2.3. Uzman Sistem Tasarımı 24
2.3.1. Tanımlama Safhası 26
2.3.2. Kavramsallaştırma Safhası 26

2.3.3. Biçimlendirme Safhası 27
2.3.4. Prototip Oluşturma Safhası 27
2.3.5. Test, Yeniden Tanımlama ve Hata Ayıklama Safhası 27
2.3.6. Güncelleştirme safhası 28
2.4. Uzman Sistem Geliştirme Araçları 28
2.4.1.Yapay Zeka Dilleri 29
2.4.2. Araçlar 30
2.4.3. Kabuklar 31
2.5. Arıza Teşhisi İçin Geliştirilen Uzman Sistemler 33
2.5.1. EXPATEC-Nakliye Araçlarındaki Kontrolörlerin Arıza Teşhisi İçin Geliştirilen Uzman Sistem 33
2.5.2. ATREX-Otomobil Arızalarını Teşhis Eden Uzman Sistem 34
2.5.3. ENGEXP-Makina Arızası Teşhis Eden Uzman Sistem 34
2.5.4. Arızaların Bulunmasında Teknisyenlere Otomatik Görev Veren Kural-Tabanlı Sistem 35
2.5.5. DMESI-Uzman Sistemi Modelinin Geliştirilmesi 35
2.5.6. FAUST 3 36
2.5.7. LBMD İçin Makine İnputlarını Meydana Getiren Bir Uzman Sistem 36
2.5.8. ICAPP Prizmatik Parçaların Özelliklerini Çıkaran Uzman Sistem 37
2.5.9. Uzman Sistem Ve Otomotiv Sektöründeki Bir Uygulaması 37
3. MATERYAL VE YÖNTEM 38
3.1. MATERYAL 38
3.1.1. CNC Tezgah 38
3.1.1.1. CH Robofil 290 CNC Tel Erozyon Tezgahı (WEDM) 39
3.1.1.2. Cnc Tezgahlarının Avantajları 41
3.1.1.2. Cnc Tezgahlarının Dezavantajları 42
3.1.1.3. Cnc Tezgahlarındaki Başlıca Arıza Bölgeleri 42
3.1.1.4. Cnc Tezgahları İçin İdeal Çalışma Ortamı Ve Koşulları 43
3.1.2. Delphi 43
3.2. YÖNTEM 48

3.2.1. Geliştirilen Uzman Sistemin Tanıtılması 54
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 61
ÖZGEÇMİŞ 63
KAYNAKLAR 64
EKLER 66
EK-A Charmilles Technologies Robofil 290 CNC tel erozyon Tezgah Arızaları
EK-B CNCEXP uzman sisteminin program kodları

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Modern kural-tabanlı uzman sistemlerin üç önemli bileşeni 8
Şekil 2.2. Uzman sistemin yapısı 17
Şekil 2.3. Semantik şebeke yardımı ile çıkarım 20
Şekil 2.4. İleriye doğru zincirleme 22
Şekil 2.5. Geriye doğru zincirleme 23
Şekil 2.6. Doğal dilin çalışması 24
Şekil 3.1. Tel erozyon tezgahının(WEDM) işleme mantığı 40
Şekil 3.2. Charmilles Technologies Robofil 290 Tel Erozyon Tezgahı 41
Şekil 3.3. Delphi ilk açıldığında alınan görüntü 44
Şekil 3.4. Object Inspector ve Form1 penceresi kapatıldığında alınan görüntü 44
Şekil 3.5. Object Inspector penceresinin Properties ve Events özellikleri 45
Şekil 3.6. UNIT1.PAS penceresi 46
Şekil 3.7. CNCEXP' de Hata/Arıza Türü Listesi 54
Şekil 3.8. CNCEXP' de kullanılan Türler adlı Excel çalışma sayfası 55
Şekil 3.9. CNCEXP' de Detay Bilgiler listeleri 56
Şekil 3.10. CNCEXP' de kullanılan Arızalar adlı Excel çalışma sayfası 57
Şekil 3.11. CNCEXP' de kullanılan Sebepler adlı Excel çalışma sayfası 58
Şekil 3.12. CNCEXP' de kullanılan Tavsiyeler adlı Excel çalışma sayfası 59
Şekil 3.13. Program bilgilerinin görüntülenmesi 60

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Uzman sistemlerle geleneksel bilgisayar programlarının karşılaştırılması 4
Çizelge 2.2. Uzman sistemlerle ilgili olayların özeti 5
Çizelge 2.3. Mühendislik Alanında Kullanılan Uzman Sistemler 15
Çizelge 2.4. Kimya Alanında Kullanılan Uzman Sistemler 15
Çizelge 2.5. Elektronik Alanında Kullanılan Uzman Sistemler 15
Çizelge 2.6. Tıp Alanında Kullanılan Uzman Sistemler 16
Çizelge 2.7. Bilgisayar Alanında Kullanılan Uzman Sistemler 16
Çizelge 2.8. Jeoloji Alanında Kullanılan Uzman Sistemler 16
Çizelge 2.9. YÖNETİCİ kavramı çatı yapısı 19
Çizelge 3.1. CNCXEP uzman sisteminin algoritması 49

1. GİRİŞ

Son yıllarda bilgisayar ve elektronik bilimlerinde yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler, günlük yaşantımızı olduğu kadar işletmeleri de büyük ölçüde etkilemiştir. İşletmeler ve organizasyonlar, bu teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığı ürünleri kimya, eğitim-öğretim, tarım, sağlık ve endüstriyel gibi birçok alanda üretim (işlemlerinin kontrolü ve listelenmesi), dağıtım, yönetim, tasarım, planlama, projelendirme, araç-gereç seçme, kontrol, bakım, teşhis, analiz gibi değişik amaçlar için kullanarak verimlilik artışı sağlamaya çalışmaktadırlar.

Özellikle bilgisayar bilimlerinde, yazılım ve donanım alanındaki hızlı gelişmeler, insan gibi düşünen ve davranan sistemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. 1950' li yıllardan beri bu alanda çalışmalar sürdürülmektedir. Yapay zeka olarak isimlendirilen bu alan, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar programlarını geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanır. Yani programlanmış bir bilgisayarın insan gibi düşünme ve davranma girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise, yapay zeka, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır. "Yapay zeka konusundaki ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacıların önerdiği yapay sinir hücrelerini kullanan hesaplama modeli, önermeler mantığı, fizyoloji ve Turing'in hesaplama kuramına dayanıyordu."[1]

"Üretim ve hizmet sektörlerindeki kalitenin artması bilgi ve tecrübeye bağlı olarak artmaktadır. Bununla birlikte insanın içinde bulunduğu psikolojik ve sosyolojik ortamlar verimli çalışmayı doğrudan etkilemektedir. İnsan faktöründen kaynaklanan olumsuzlukları en aza indirmek ve olabildiğince verimli çalışmayı sağlamak için yapılan araştırmalar neticesinde yapay zeka teknikleri geliştirilmiştir." [Zeyveli ve Güldaş, 2004]

"Yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda yapay zeka tekniklerinden biri olan uzman sistemlerin kullanılmasıyla, üretimin arttığı, kalitenin yükseldiği ve en önemlisi

---

[1] http://www.orkunpc.com/modules.php?name=bilgi&op=preview&id=51

de maliyetin azaldığı görülmüştür."[Adalı, 1996] Ayrıca uzman sistemlerin, birçok farklı alandaki zor seviyede sayılabilecek problemleri başarılı bir şekilde çözüme kavuşturması dikkat çekmelerindeki en önemli unsur oluşturmuştur.

Teknolojideki hızlı gelişmeler, imalat sektörünü de etkileyerek işletmelerin yeni teknolojik ürünleri kullanmalarını sağlamıştır. "Günümüzde ve özellikle gelecekte imalat, tamamen bilgisayarlarla yönlendirilerek CNC tezgah ve sistemlerle gerçekleştirilecektir." [Dalmış, 2000]. "Makina ve imalat sektöründe uzman sistemler, özellikle tecrübeye ve bilgiye dayalı kararların alınmasında çok fazla kullanım alanına sahiptir." [Zeyveli ve Güldaş, 2004]

Bu tezgahlar, son derece karmaşık girintili çıkıntılı ve sert iş parçalarının mükemmel bir yüzey kalitesiyle, yüksek hızla ve hassas bir şekilde işlenmesine olanak tanır. Diğer önemli özelliklerinden birisi olan tel koptuğunda otomatik olarak telin takılarak operasyona kalınan yerden devam edilmesi seri bir imalat yapılmasını sağlar. Bu seri ve hassas imalatı yapan CNC' li sistemlerde bir arıza meydana geldiğinde ilgili uzman kişiye ulaşamamak işletmeleri zor duruma sokacaktır. Bu gibi durumlarda uzman sistemlerin devreye girmesiyle kısa sürede arıza teşhisi yapılabilecek ve problem çözülebilecektir. Ayrıca uzman sistem, bir işletme içinde çalışan kişiler tarafından geliştirilirse, işletmenin o andaki bilgi ve deneyim seviyesine ulaşır. Elemanlar bir süre sonra işletmeden ayrılsalar bile bilgi işletmede kalmış olur.

Uzman sistemler işletmelerde, bakım ve arıza teşhisinin yanı sıra proses planlama, takım ve tertibat seçimi, kalite kontrol, tasarım, iş takibi, sipariş gibi daha bir çok amaç için kullanılabilir.

Bir uzman sisteme sahip olmak kişiyi uzman yapmaz, fakat bir uzmanın yapacağı işin bir kısmını veya tamamını yüksek verimle yapmasını sağlar. Sistemin bu özelliği, organizasyonlar ve yönetim üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu için bu çalışmada uzman sistemler hakkında temel bilgiler verilecektir. Çalışma sonucunda Charmilles Technologies Robofil 290 CNC tel erozyon tezgahında arıza teşhisi yapan bir uzman sistem geliştirilecek ve geliştirilen sistem tanıtılarak program kodları sunulacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAKLAR ARAŞTIRMASI

2.1. Uzman Sistemler

Uzman sistemlerin tanımı yıllardır değişmekte ve gelişmektedir. Aşağıda literatürde yer alan bazı uzman sistem tanımları verilmiştir.

"Karar verme aşamasında danışman olarak kullanılan bilgisayar programlarıdır." [Rauch, 1984]

"Uzman sistemler bir bilgi tabanından, bir veri bankasından, bir sonuç çıkarım mekanizmasından ve desteklenmiş programlardan meydana gelir." [Sell, 1985]

"Uzman sistem özel bir takım problemlerin çözümünde, uzmanların bilgisini ve çıkartım sürecini taklit etmeyi amaçlayan danışman programlardır." [Turban, 1995]

Uzman sistemler yapay zeka programlama tekniklerinden birisi olup, belirli bir alanda uzman kişiler (doktor, mühendis, ekonomist, ..) tarafından tanımlanmış bilgilere ve analitik kurallara dayanarak sadece o alanla ilgili problemlere bir uzman kişinin getirdiği şekilde çözümler getirebilen ve kararlar verebilen bilgisayar programlarıdır.

"Uzman, eğitim ve deneyim sonucu pek çok kişinin yapamayacağı işleri yapabilecek duruma gelmiş olan kişidir. Yaptığı işte becerikli olma dışında verimli ve düzenlidir. Uzman karşılaştığı sorunlarda ve yaptığı işlerde uygulayabileceği büyük bir bilgi ve ustalık birikimine sahiptir ve pek çok ilgisiz bilgi ve veri arasından sorun çözümüne yarayacak olanları seçebilir. Yeni ortaya çıkan sorunları eski karşılaştığı ve çözdüğü sorunlarla eşleştirip çözebilir." [Jonhson, 1983] İyi tasarlanmış uzman sistemler, belirli problemlerin çözümünde uzman insanların düşünme işlemlerini taklit ederler. Burada uzman sistem tabiri kullanılmasının sebebi, sistemin bir veya daha fazla uzmanın bilgilerine sahip olarak onun veya onların yerini almaya yönelmesinden dolayıdır. Amaç bir insan uzman gibi veya ondan daha iyi bir uzman sistem geliştirebilmektir.[1]

---

[1] http://members.tripod.com/~Bagem/bagem/yz1.html

Çizelge 2.1. Uzman sistemlerle geleneksel bilgisayar programlarının karşılaştırılması[1]

Uzman Sistem	Geleneksel Program
Kararlar alır	Sonuçlar hesaplar
Sezgisel yöntemlere dayanır	Algoritmalara dayanır
Çıkarım mekanizması + Bilgi tabanı	Algoritma + Veri tabanı
Daha esnek	Daha az esnek
Belirsizliği ele alabilir	Belirsizliği ele alamaz
Kısmi bilgi, tutarsızlıklar ve kısmi kanaatlerle çalışabilir	Komple bilgiye ihtiyaç duyar
Sonuçların açıklamalarını sağlayabilir	Sonuçları açıklamasız verir
Sembolik muhakeme	Sayısal hesaplamalar
Her kullanıcı işlem yapabilir	Sadece programcılar işlem yapabilir
Öncelikle açıklayıcı	Öncelikle işleme ait
Gücü bilgi tabanlarındaki bilgilere	Gücü programlama tekniklerine dayanır
Kontrol ve bilgi ayrılmış	Kontrol ve bilgi iç içe

2.1.1. Uzman Sistemlerin Tarihçesi

Yapay zeka alanındaki çalışmaların kökeni 1950'lere dayanmaktadır. Bilginin planlı bir şekle sokularak saklanması ise ilk olarak Eski Mısır İmparatorluğu döneminde yapıldığı sanılmaktadır. M.Ö. 1700 (yazılan bilgilerin çoğu M.Ö. 2640 yıllarına-Imhotep'ler zamanına dayanmaktadır) yıllarına ait olan, Edwin Smith papirüsü üzerine yazılmış metin parçasında 48 adet cerrahi inceleme yer almakta, kafa yaralanmaları, jinekoloji, göz şikayetleri ve kemik ameliyatları hakkında da bilgiler bulunmaktadır. [Breasted, 1930]

[1] http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/yapayzeka.doc

Aşağıdaki çizelgede modern uzman sistemler ile ilgili geçmişteki bazı önemli gelişmelerin özeti verilmiştir. Mümkün olduğunca, projelerin başlangıç tarihleri verilmeye çalışılmıştır. Birçok proje birkaç yıl boyunca devam etmiştir.

Çizelge 2.2. Uzman sistemlerle ilgili olayların özeti [1]

YIL	**OLAY**
1943	Üretici Kurallar (Post Production Rules)
	McCulloch ve Pitts'in Yapay Sinir Hücreleri Modeli
1954	Kuralların icrasının kontrolünü yapan Markov Algoritması
1956	Darmouth Konferansı
	Mantık Kuramcısı (Logic Theorist)
	Tecrübeye Dayalı Araştırma
	Rosenblatt tarafından Perseptron'un bulunması
	"Yapay Zeka" adının konulması
	Newell, Shaw ve Simon tarafından GPS'in (Genel Problem Çözücünün) çalışmalarına başlanması
1958	LISP Yapay Zeka Dili (McCarthy)
1962	Rosenblatt'ın perseptronlar üzerindeki Nörodinamik Prensipleri
	Otomatik teorem ispatlayıcısı Ayrıştırma Metotu (Resolution Method)
	Bulanık Nesnelerin Çıkarımını Yapacak Bulanık Mantık (Zadeh)
	İlk Uzman sistem DENDRAL üzerindeki çalışmaların başlaması (Feigenbaum, Buchanan ve meslektaşları)
1968	Semantik ağlar, Birleşmeli Hafıza Modeli (Quillian)
1969	MACSYMA matematik US (Martin ve Moses)

[1] http://blue.cs.ksi.edu/dl/video/cis509/ch01aa.html

YIL	OLAY
1970	PROLOG üzerindeki çalışmalara başlanması (Colmerauer, Roussell ve meslektaşları)
	HEARSAY 1 (Konuşma tanıma Uzman sistemi)
	Genel Problem Çözücünün (GPS'in) kuralları yaygınlaştırması (Newell ve Simon)
	Tıbbi teşhis için MYCIN Uzman sisteminin geliştirilmesi, MYCIN'in, GUIDON Uzman sistemine, zeki öğretim yöntemleri TEIRESIAS'e(Clancey), açıklama yeteneği görüşüne (Davis) ve ilk US kabuğu EMYCIN'e (Van Melle, Shortliffe ve Buchanan)öncülük yapması
1975	Birden fazla uzmanın işbirliği yapabildiği Kara Tahta problem çözme modelinin HEARSAY II' ye uygulanması
	Çerçeveler (bilginin gösterimyöntemi) (Minsky)
	Yapay Matematikçinin matematikte yaratıcı keşifleri (Belirsizlik durumlarında çıkarım yapan Lenat Dempster-Shafer Teorisi)
	Maden keşiflerinde kullanılacak PROSPECTOR (Duda, Hart ve meslektaşları) Uzman sisteminin çalışmalarına başlanılması
1977	N/R1 de kullanılacak OPS uzman sistem kabuğu (Forgy)
1978	DEC bilgisayar sistemlerinde kullanılacak XCON/R1 (McDermott, DEC) Uzman sistemini geliştirme çalışmalarının başlaması
	Meta-DENDRAL, meta kurallar ve kural çıkarımı (Buchanan)
	Hızlı örnek karşılaştırıcı Rete Algoritması (Forgy)
	Yapay zekanın ticarileştirilmesi(Inference şirketi ART adlı Uzman sistem aracını geliştirme çalışmalarına başlamıştır ve 1985'te satışa sunmuştur.)
1980	LISP makinalarını üretmek için Semboliklerin ve LMI'nın bulunması
	SMP Matematik Uzman sistemi
	Hopfield Sinir Ağı
	Zeki bilgisayarlar geliştirmek için Japonların 5. Jenerasyon Projesi
1983	KEE uzman sistem aracı (IntelliCorp.)
1985	CLIPS uzman sistem aracı (NASA)

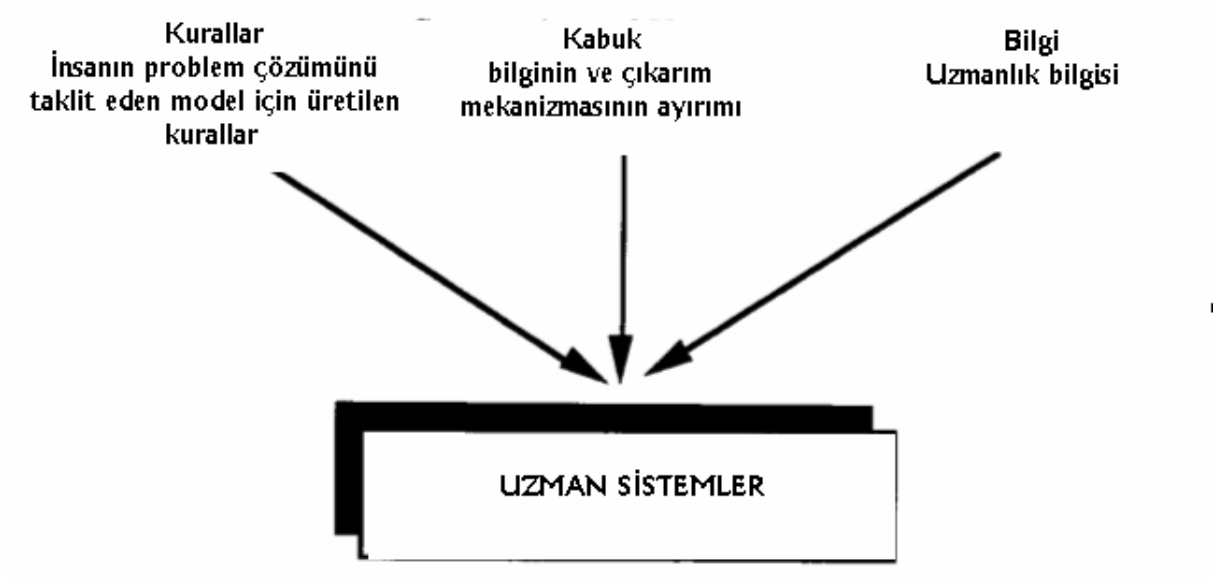
Yapay zekanın bir kolu olan uzman sistemlerin, 1950'li yıllarda insan bilgisinin işlenmesi şeklinde başlayan çalışmaları gerçek dünyada karşılaşılan problemlerin çözümünde kullanılmasıyla büyük bir ticari başarı sağlamıştır.

1950'lerin sonunda ve 1960'ların başında genel problemlerin çözülmesi için bir çok yazılım geliştirilmiştir. Bunların en ünlüsü Newell ve Simon tarafından geliştirilen Genel Problem Çözücüdür(GPS).

Newell ve Simon tarafından elde edilen sonuçların en önemlilerinden birisi, insanların karşılaştığı problemlerin bir çoğunun çözümünde veya idrak edilmesinde, bilgilerin IF-THEN kuralları şeklinde gösterilebilmesidir. Örneğin IF hava yağmur yağacak gibi görünüyorsa THEN şemsiyeni yanına al, IF arabanın benzini yoksa THEN araba gitmez vb.

1970'lerin başında uzman kişiler seviyesinde performans gösteren, makine arızalarını çözen programları oluşturmak için, alan bilgisinin kilit nokta olduğu açıkça görülmüştür. Çıkarım metodunun da önemli olmasına rağmen yapılan çalışmalar uzmanların, problem çözümünde öncelikli olarak çıkarım mekanizmasına güvenmemesi gerektiğini ortaya koymuştur. Aslında, problemlerin çözümünde uzmanlar, çıkarım metoduna ikinci sırada önem verirler. Çıkarıma güvenmek yerine uzun yıllar boyunca, öğrenimleri ve deneyimleri sonucunda elde ettikleri bilgiye güvenirler. Bir uzmanın çıkarım yapabilme yeteneği, kendisine yabancı bir durumla ilgilenen herhangi bir kişininkinden daha iyi değildir.

1970'lerin sonunda üç genel kavram olan kurallar, kabuk ve bilgi günümüzde uzman sistem başlığı altında birleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Modern kural-tabanlı uzman sistemlerin üç önemli bileşeni

1980'lerde bazı kuruluşlar, uzman sistemleri üniversite laboratuarlarından çıkararak ticari amaçlı ürünler geliştirmişlerdir. Bu yıllarda uzman sistem geliştirilmesinde kullanılabilecek güçlü yeni yazılımlarla tanışılmıştır. Bu yazılımlar aşağıdaki araçlara sahiptir.

- Otomatik Çıkarım Aracı(ART) Inference Corp.
- Bilgi Mühendisliği Aracı (KEE) Intelli Corp.
- Kural Oluşturucu (Rulemaster) Radian Corp.

Ayrıca yazılımları daha hızlı çalıştırmak için yeni donanımlar geliştirilmiştir. Sembolikler ve LMI gibi bilgisayarlarla tanışmış kuruluşlar, LISP dili için dizayn edilen LISP makinalarına ilgi göstermişlerdir. LISP makinalarında doğal assembly dili, işletim sistemi ve diğer bütün kodlar LISP dilinde yazılmıştır. Maalesef bu ileri teknolojinin fiyatları çok yüksekti. Tek kullanıcılı LISP makinesi LISP altında çalışan genel amaçlı makineden daha güçlü ve üretken olmasına rağmen, tek kullanıcılı makine ve lisansı 100.000$ gibi yüksek bir fiyata sahipti. Birkaç program ile yapay zeka laboratuarı kurmanın bedeli ise 500.000$'a çıkıyordu.

1980'lerin ortasında bu olumsuzlukların üstesinden gelinmiştir. NASA, CLIPS adında güçlü bir uzman sistem geliştirme yazılımı oluşturmuştur. CLIPS hız ve taşınabilirlik özelliğinden dolayı C dilinde yazılmıştır. CLIPS, Rete Algoritması denilen güçlü bir örnek karşılaştırıcı da kullanmaktadır.[1]

2.1.2. Geliştirilen İlk Uzman Sistemler

2.1.2.1. DENDRAL : Kimyasal Analiz Uzmanı Sistemi

Uzman sistem alanındaki öncü proje DENDRAL'dir. Bu proje 1965 yılında Edward Feigenbaum ve meslektaşları tarafından Birleşik Devletler Standford Üniversitesi'nde bir kimyagere, organik bir bileşiğin yapısını, kitle spektrogramını ve ham kimyasal formülünü verileriyle bulması için, yardımcı olmak üzere başlatılmıştır. Fakat 1970'lerin başına kadar DENDRAL istenilen şekilde çalıştırılamamıştır. DENDRAL'in, bazı işleri yapmada herhangi bir uzmandan daha başarılı olduğu kabul edilmiştir. Bu sebeple halen dünyanın pek çok yerinde kimyagerler tarafından kullanılmaktadır.

DENDRAL Uzman sistemi, önce geleneksel programlama yaklaşımıyla hazırlanmıştır. Daha sonra sonuç almak için geçen zamanı düşürmek için buluşsal metotlar denenmiştir. Buluşsal algoritma, teşhis edilmesi istenen bileşikten alınan spektrostopik verileri kullanmıştır. Bu verilerden, teşhis edilmek istenen bileşiğin yapısına benzemeyen yapılar, tecrübeye dayalı algoritma ile milyonlardan minimuma indirilmiştir. Burada kullanılan tecrübe, kimyagerlerin aynı işi yaparken kullandıkları bilgiye dayandırılmıştır. Daha sonra geriye kalan yapılar, bilinmeyen bileşiğinkiyle karşılaştırılarak sonuca varılmıştır.[Tatlı, 2001] DENDRAL, varılan sonucun nedenini açıklamadan sadece vardığı sonucu kullanıcıya sunmuştur ve bilgi tabanını karar motoru ile karıştırıp kullanmıştır.

---

[1] http://blue.cs.ksi.edu/dl/video/cis509/ch01aa.html

2.1.2.2. HEARSAY I-II: Konuşma Tanıma

Carnegie-Mellon Üniversitesi'nde geliştirilen HEARSAY I (1969) ve HEARSAY II (1971) uzman sistemleri, bilgisayara ses dalgası olarak verilen insan konuşmasını yazılı bir çıktı halinde ekranda görüntülemek amacıyla hazırlanmıştır. Bu ses dalgasından, konuşmanın ne olabileceği hakkında hipotezler türetilerek en iyi tahmin sonuç olarak sunulmuştur. Bu sistemlerde birden fazla bilgi tabanı kullanılmıştır. Bu bilgi tabanları, bütün bilgi tabanlarınca işleyen hafıza olarak kullanılan bir kara tahta (blackboard method) vasıtasıyla birbirleriyle iletişim kuruyorlardı. Kullanılan bilgi tabanlarının her biri sırasıyla, çözümlenmesi istenen konuşmanın bir yönü üzerinde yoğunlaşıyordu. Günümüzde kullanılan Uzman sistem kabuklarının bazıları, bu kara tahta kavramını kullanmaktadır. 1975 yılında tamamlanan bu projenin kelime kapasitesi 1000 civarında idi. Sistem, verilen konuşmanın yaklaşık %75'ini başarılı bir şekilde anlayabiliyordu. Bu işlemi başarması için gereken süre, bir insanın aynı konuşmayı anlaması için gereken zamandan sadece birkaç kat daha uzundu.

2.1.2.3. MYCIN: Kan Enfeksiyonları Uzmanı

MYCIN, 1976'da Standford Üniversitesi'nde Edward Feingbaum başkanlığında bir grup uzman hekim tarafından geliştirildi. MYCIN, uzman sistemlerin büyük ve karmaşık gerçek problemleri çözmek üzere nasıl tasarlanması gerektiğini göstermek amacıyla yapılan bir araştırma sonucu ortaya çıkmıştır. Çalışma, menenjit ve bakteriyel enfeksiyonların teşhis ve tedavisinde doktorlara yardımcı olmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MYCIN'in kullandığı bilgi veritabanında doktorların bazı enfeksiyonları teşhis ederken kullandıkları buluşsal kurallar vardı. MYCIN'in kullandığı bu veritabanı silinip yerine başka grup hastalıkların teşhisi için kullanılan kurallar konulduğunda ortaya başka bir grup hastalıkların tanınmasında kullanılabilecek yeni bir uzman sistem ortaya çıkmış oluyordu.

MYCIN isimli uzman sistemin geliştirilmesi üç bakımdan çok önemli bir dönüm noktası olmuştur. Birincisi, yapay zeka konusunun dünya problemleri için kullanılabilirliğini göstermiştir. İkincisi, günümüzdeki bazı uzman sistemlerde bulunan açıklama yeteneği, bilgiyi otomatik olarak elde etme, akıllı belletmen gibi kavramların test edilmesine uygun bir zemin oluşturmuştur. Üçüncüsü, uzman sistem kabukları (shell) hazırlamanın makul olduğunu göstermiştir. Çünkü bilgi tabanını, belirgin bir şekilde karar motorundan ve açıklama biriminden ayırmıştır. Böylece bilgi tabanındaki eski bilgiler boşaltılıp yerine yenisi konulunca yeni bir uzman sistem oluşturmak mümkün olabilecekti. MYCIN' deki medikal bilginin çıkarılarak oluşturulan kabuğa EMYCIN (Essential or Empty MYCIN) denilmiştir. [1]

2.1.2.4. MACSYMA Sembolik Hesaplama Sistemi

MACSYMA (MAC's SYmbolic MAnipulator), 1967-1982 yılları arasında Massachusettes Institute of Technology(MIT) tarafından, başlangıçta MAC projesinin bir parçası olarak karmaşık matematiksel analizler yapması için geliştirilmiştir. Daha sonra bu uzman sistem ticari olarak kullanıcılara sunulmuştur. Değişik zamanlarda ARPA, NASA, DOE ve bir çok endüstriyel kuruluş sistemin geliştirilmesi için ekonomik katkılarda bulunmuşlardır. MAXIMA, MACSYMA'nın GNU altında Lisp ile yazılmış klonudur.

2.1.2.5. PROSPECTOR : Mineraller İçin Jeolojik Veri Yorumlayıcısı

1980'lerde PROSPECTOR jeolojik verileri analiz ederek 100 milyon dolarlık molibden yataklarının bulunmasında yardımcı olmuştur.

---

[1] http://th.informatik.uni-mannheim.de/people/tatli/resources/pdf/expertsystems.pdf

2.1.2.6. XCON(R1): Bilgisayar Konfigürasyon Uzman Sistemi

XCON isimli uzman sistem, DEC(Digital Equipment Corporation)'in bilgisayar sistemlerinin konfigürasyonunda kullanılmak üzere John P. McDermott tarafından OPS5 ile 1978'te hazırlanmıştır. Bir bilgisayar sisteminin konfigürasyonu yapılırken, müşterinin istediği özellikleri taşıyan parçalar bir araya getirilir ve üretim yapılan yerde testi yapılır. Bilgisayarı oluşturan parçaların çok fazla alternatifi olduğu için, sadece istenilen sayıda parçayı paketleyip yollamak mümkün değildir. Kullanılmakta olan uzman sistemlerin en başarılılarından biri olan XCON, üreticisi olan firmaya milyonlarca dolar kazandırmıştır. Aynı zamanda alınan siparişleri hazırlamak için gerekli zamanı oldukça azalmakta ve siparişin hatasız olarak yerine getirilmesini sağlamaktadır. XCON, bir konfigürasyonu bir insandan yaklaşık olarak 15 kat daha hızlı yapabilmektedir. Yapılan testlerde insanların yaptığı konfigürasyonlarda yaklaşık %70'lik bir doğruluk saptanırken, XCON ile bu oran %95-98 olarak tespit edilmiştir. [1]

2.1.3. Uzman Sistemlerin Faydaları

Uzman sistemlerin bizlere sağladığı başlıca faydalar şunlardır: [Tatlı, 2001]

a- Maliyet azalması: Uzman sistem kullanımı ile karşılaştırıldığında insanların incelemeleri daha pahalı görülmektedir. Böylece kullanıcı başına düşen uzmanlık maliyeti azalmış olur.

b- Hazır Bilgi: Hazırlanan uzman sistem programı sayesinde uzman bilgisi herhangi bir bilgisayara yüklenebilir. Bilgi almak için uzman kişiyi beklemeye gerek kalmaz.

c- Verimlilik artışı: Uzman sistemler insanlardan daha hızlı çalışır. Artan çıktının anlamı, daha az sayıda insan ve daha düşük maliyettir.

d- Kalıcı Bilgi: Zamanla emekli olabilen veya hayata veda eden insan uzmanların aksine, uzman sistem bilgisi kalıcıdır.

e- Açıklama: Uzman sistem, varılan sonucun nedenlerini ayrıntılı olarak açıklar. Oysa bir insan bunu her zaman yapmayabilir.

---

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/R1_(expert_system)

f- Kalite iyileştirmesi: Uzman sistemler tutarlı ve uygun tavsiyeler vererek ve hata oranını düşürerek kalitenin iyileştirilmesini temin ederler.

g- İşleyiş hatalarını azaltma: Bir çok uzman sistem hatalı işlemleri tespit etmek ve onarım için tavsiyelerde bulunması için kullanılır. Uzman sistem ile bozulma sürelerinde önemli bir azalmanın sağlanması mümkündür.

h- Esneklik: Uzman sistemlerin kullanımı üretim aşaması ve servis sunulması sırasında esneklik sağlar. Bir uzman sistemde kullanmak üzere büyük miktarda bilgi yüklemek gerekir. Bu yüzden bilgi ilave etmek, değiştirmek ve silmek için etkin bir mekanizmanın uzman sisteme eklenmesi gerekir. Kural-Tabanlı Sistemlerin (Rule-Based Systems) popüler olmasının önemli nedenlerinden biri, kuralların etkin ve modüler bir biçimde saklanabilme özelliğidir.

i- Daha ucuz cihaz kullanımı: İzleme ve kontrol için insanların pahalı cihazlara bağlı kaldığı durumlar vardır. Fakat Uzman sistemler ile aynı görevler daha ucuz cihazlarla yerine getirilebilir.

j- Tehlikeli çevrelerde işlem: Bazı insanlar tehlikeli çevrelerde çalışırlar. Uzman sistemler ise insanların tehlikeli çevrelerin dışında kalmasına imkan sağlar. Uzman sistemler, insanlar için zararlı veya tehlikeli olan bütün ortamlarda rahatlıkla kullanılabilir.

k- Güvenilirlik: Uzman sistem güvenilirdir. Uzman sistem bilgilere ve potansiyel çözümlere üstün körü bakmaz, tüm detayları yorulmadan ve sıkılmadan dikkatlice gözden geçirir.

l- Cevap verme süresi: Bazı durumlarda hızlı veya gerçek zamanlı cevap vermek gerekebilir. Kullanılan yazılım ve donanıma bağlı olmak şartıyla, bir uzman sistem, özellikle verilerin büyük bir kısmının gözden geçirilmesi gerektiğinde bir insandan çok daha hızlı cevap verecektir.

m- Tam ve kesin olmayan bilgi ile çalışma: Uzman sistemlerin insanlar gibi tam olmayan bilgi ile çalışabildiği görülmektedir. Bir görüşme sırasında sistemin bir sorusuna kullanıcı “bilmiyorum” veya “emin değilim” şeklinde bir cevap verdiğinde, uzman sistem kesin olmasa bile bir cevap üretebilecektir.

n- Eğitim: Uzman sistemin açıklayabilme özelliği bir öğretim cihazı gibi kullanılarak eğitim sağlanabilir.

o- Sınırlı bir sahada karışık problemlerin çözümü: Uzman sistemler insan

yeteneklerini aşan karışık problemlerin çözümünde kullanılabilir.

p- Duygusallıktan uzak cevaplar: Stres veya kırgınlıktan dolayı verimli olarak çalışamayan bir insanın aksine, bir uzman sistem gerçek zamanlı sorunlara duygusallıktan uzak gerçekçi cevaplar verebilir.

r- Akıllı veritabanı: Uzman sistemler, bir veritabanı dosyasına akıllıca erişebilir.

2.1.4. Uzman Sistemlerin En Yaygın Uygulama Alanları

Günümüze kadar yüzlerce uzman sistem oluşturulmuştur ve oluşturulmaya devam edilmektedir. Yayınlarda, kitaplarda ve konferanslarda birçoğu sunulmuştur. Bunlar buzdağının görünen kısmı olabilir. Çünkü birçok kuruluş ve askeri organizasyon gizli bilgilerinin açığa çıkmasını önlemek için kullandıkları sistemler hakkında bilgi vermemektedirler. Açık literatürde bildirilen sistemlere dayanarak uzman sistem uygulamalarını aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz.[1]

1. Yorumlama: Algılayıcılardan gelen değerlerden çıkarım yapılarak bir sonuca varılması

2. Arıza Teşhisleri ve Tamir Önerileri: Gözlemler yaparak çeşitli makine ve sistem arızalarının nedenlerini ortaya çıkarma ve bunların giderilmesi için önerilerde bulunma

3. Tasarım: Kısıtlı şartları dikkate alarak çizimler üretme

4. Planlama: İstenilen sonuçlara ulaşmak için plan yapma. Özellikle proje ve işlem planlama konularında çok verimli uygulamalar

5. İzleme: Performansı değerlendirmek için elde edilen veri ile olması istenen verinin karşılaştırılması

6. Konfigürasyon: Bir sistemi oluşturan parçaların doğru bir şekilde birleştirilmesi

7. Bilgilendirme: Bir öğrencinin Ne, Neden ve Nasıl gibi sorularına sanki bir uzman kişi cevap veriyormuş gibi Zeki Öğretim

8. Tahmin: Verilen bir olayın sonucunu tahmin etme

9. İspat: Teoremlerin otomatik olarak ispatı

---

[1] http://blue.cs.ksi.edu/dl/video/cis509/ch01aa.html

10. Kontrol: Çeşitli üretim işlemlerinde operasyon parametrelerinin öngörülen sınırlar içinde tutulması amacıyla bu parametrelere etki yapan faktörlerin değişimlerinin kontrol altına alınması ve bu değerlerin istatistiklerinin derlenmesi. Kontrol uygulamasında yukarıdaki maddelerin hepsinin yapılması gerekebilir.

11.Oyunlar

Aşağıdaki çizelgelerde değişik alanlarda kullanılan uzman sistemlere örnekler verilmiştir.[1]

Çizelge 2.3. Mühendislik Alanında Kullanılan Uzman Sistemler

ADI	GÖREVİ
REACTOR	Reaktör kazalarında teşhis ve tedavi önerir
STEAMER	GE lokomotiflerinin çalışması ve buhar motoru bakım işlemlerini önerir
DELTA	GE lokomotiflerinin bakım sorunlarını teşhis eder ve uygun bakımı önerir

Çizelge 2.4. Kimya Alanında Kullanılan Uzman Sistemler

ADI	**GÖREVİ**
CRYSALIS	Bir proteini 3 boyutlu yapısını analiz eder
DENDRAL	Molekülün yapısını açıklar
TQMSTUNE	Üçlü ve dörtlü kütle Spektrometresi için öneride bulunur
CLONER	Yeni biyolojik moleküller dizayn eder
MOLGEN	Gen klonlama deneyleri dizayn eder
SECS	Karmaşık organik molekülleri dizayn eder
SPEX	Moleküler biyoloji deneyleri planlar

Çizelge 2.5. Elektronik Alanında Kullanılan Uzman Sistemler

ADI	**GÖREVİ**
ACE	Telefon ağlarındaki arızaları teşhis eder
IN-ATE	Osiloskop arızalarını teşhis eder
NDS	Ulusal haberleşme ağını tanımlar
PALLADIO	Yeni VLSI devrelerin dizaynını ve testini yapar
REDESIGN	Dijital devrelerin dizaynını yeniden yapar
SOPHIE	Devrelerdeki arızaları teşhis eder
CADHELP	Bilgisayar Destekli Tasarım(CAM) için talimatlar verir

[1] http://blue.cs.ksi.edu/dl/video/cis509/ch01aa.html

Çizelge 2.6. Tıp Alanında Kullanılan Uzman Sistemler

ADI	GÖREVİ
PUFF	Akciğer hastalıklarını teşhis eder
VM	Yoğun-bakım hastalarının izlenmesinde
AI/COAG	Kan hastalıklarını teşhis eder
AI/RHEUM	Romatizma hastalığını teşhis eder
ANNA	Yüksükotu terapisini takip eder
BLUE BOX	Depresyonu teşhis eder ve tedavi için önerilerde bulunur
GUIDON	Bakteriyel enfeksiyonlarda talimatlar verir
MYCIN	Bakteriyel enfeksiyonları teşhis eder ve tedavi için önerilerde bulunur

Çizelge 2.7. Bilgisayar Alanında Kullanılan Uzman Sistemler

ADI	GÖREVİ
PTRANS	DEC bilgisayarlarının yönetilmesinde tahminlerde bulunur
BDS	Anahtarlama ağındaki kötü durumdaki elemanları teşhis eder
XCON	DEC bilgisayarlarının konfigürasyonunu yapar
XSEL	DEC bilgisayarlarının siparişleri ve satışları biçimlendirir
XSITE	DEC bilgisayarı kullanan müşterilerin sitelerini biçimlendirir
YES/MVS	IBM MVS işletim sistemini kontrol eder
TIMM	IBM bilgisayarlarını düzenler

Çizelge 2.8. Jeoloji Alanında Kullanılan Uzman Sistemler

ADI	GÖREVİ
LITHO	Petrol kuyularının verilerini yorumlar
MUD	Sondaj problemlerini teşhis eder ve öneride bulunur
PROSPECTOR	Madenler aramalarında jeolojik verileri yorumlar

2.2. Uzman Sistemlerin Yapısı

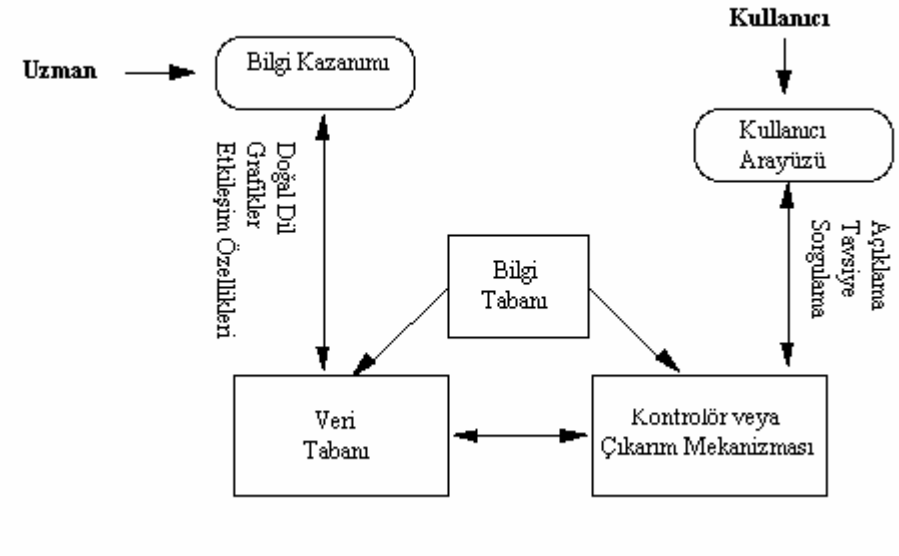
Uzman sistemlerin yapıları farklı olabilir. Bazı durumlarda bir yapı diğerinden daha kullanışlı olabilir. Bir uzman sistemde bulunması gereken en az üç modül vardır.[Bozdemir ve Mendi, 2005]

1. Bilgi tabanı

2. Sonuç çıkarma mekanizması

3. Kullanıcı ara yüzü

Şekil 2.2'de genel olarak uzman sistem yapısı gösterilmektedir. Alt bileşenler daha sonra açıklanacaktır. [1]



Şekil 2.2. Uzman sistemin yapısı

Bir uzman sistemde aşağıdaki bileşenler mevcut olabilir.[Tatlı, 2001]

a) Bilgi kazanma
b) Bilgi tabanı
c) Çıkarım mekanizması
d) Çalışma alanı
e) Kullanıcı ara yüzü
f) Açıklama Ünitesi
g) Düşünme kapasitesini iyileştirme

Bir uzman sistemin en önemli çekirdek üniteleri bilgi tabanı ve çıkarım mekanizmasıdır. Bilgi tabanı ile çıkarım mekanizmasının ayrı ayrı olmasının nedeni, bir uzman sistemde, çözülmesi düşünülen bir problem ile bilgileri problem çözme

[1] http://best.me.berkeley.edu/~aagogino/me290m/s99

stratejisinden genellikle ayrılmasıdır. Bu ayrı yapının iki büyük faydasından birisi, bir uzman sistemden bir başka uzman sistem elde etmek istendiğinde sadece bilgi tabanındaki eski bilgilerin, yeni probleme ait bilgilerle yer değiştirmesinin büyük ölçüde yeterli olması; diğer bir deyişle ilk çıkarım mekanizmasının aynen kullanılabilmesidir. Diğer bir fayda ise, bilgi tabanındaki bilgilerin çözüm arama, açıklama yapma bilgi edinme gibi değişik operasyonlar sırasında bir defadan daha fazla kullanılabilmesidir. Dolayısıyla, uzman sistemin bilgi tabanına bilginin nasıl icra edilip nasıl sonuç alınacağı ile ilgili bilgiler verilmeden, sadece çözülecek problem ile ilgili bilgileri vermek yeterlidir.

2.2.1. Bilgi Kazanma Ünitesi

Uzmandan bilgi , bilgi mühendisleri tarafından zeki programlarla veya çıkarım programları ile elde edilir. Potansiyel bilgi kaynakları, uzman insanlar, kitaplar, veri tabanları, özel araştırma raporları ve kullanıcının kendi deneyimleri olabilir. Uzman sistemlerde otomatik bilgi kazanma ünitesinin her zaman bulunması gerekmemektedir.

2.2.2. Bilgi Tabanı ve Bilginin Gösterimi

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

Bir uzman sistemin gücünün önemli bir bölümünü bilgi tabanına yerleştirilen bilgi oluşturmaktadır. Ancak bu bilgi klasik veri tabanlarındaki gibi, bilgilerin toplanıp depolanması şeklinde olmayıp, temsil ettiği problemin yapısını yansıtarak, problemi anlamaya da yönelik olarak ifade edilmelidir. Bu problemin yapısı ve problemi anlama özellikleri, geniş ölçüde bilginin ifade edilme şekline bağlıdır. Bilgiyi ifade etmenin yazı tahtası, bulanık mantık, graflar, üretici sistemler, çerçeveler (frames) ve semantik ağlar (semantic nets) ve birinci derece yüklem mantığı gibi birçok yolu vardır. En çok kullanılanlar şunlardır:

- **Üretici Sistemler (Production Rules):** Eylem ve eylemin yerine getirilmesi sonucunda oluşan durum modelinin uygulanması koşulunu içeren bilgi modelidir. Buna bazen "Eğer-O Halde" veya "Eğer-İse (IF-THEN)" kuralları yöntemi veya kurala dayalı yöntem de denilmektedir.

Örnek:

Eğer

Dielektrik sıcaklığı 20°C' de değilse

O Halde

Yardımcı pompa M3 arızalı

- **Çatılar veya Çerçeve (Frame):** Bir elemana belirli değerler verilmesinin, somut bir gerçeğin, olayın, sürecin vb. tasvirine dönüşen bilgi sunma yöntemidir. Bir başka deyimle, aynı özelliğe sahip bilgilerin bir yerde sınıflandırılarak genelleştirilmesi yöntemidir. Özellikle hiyerarşik yapıya sahip olan bilgilerin sunulması için yararlıdır[Allahverdi, 2002].

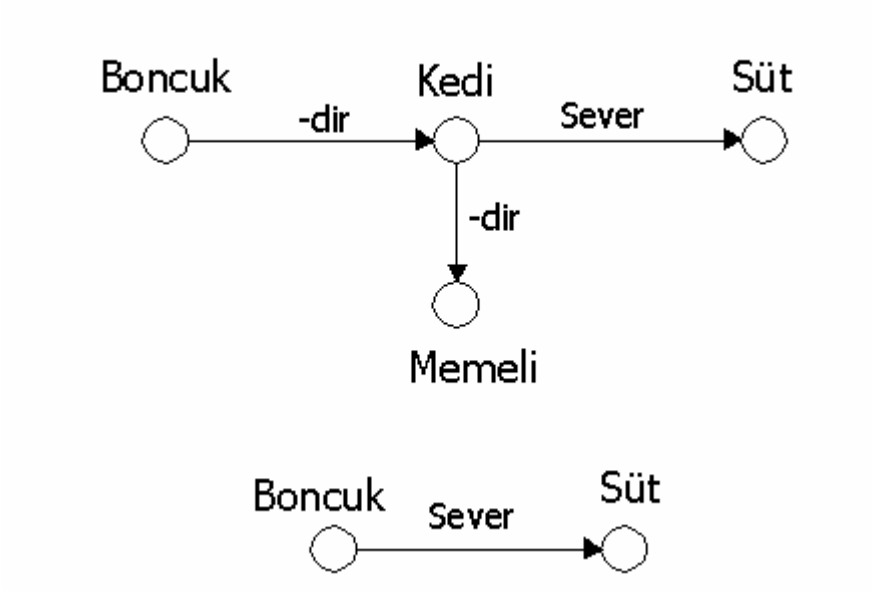
Çizelge 2.9. YÖNETİCİ kavramı çatı yapısı

Ad:	YÖNETİCİ
Görev:	MEMUR
İsim:	Ahmet:
Yaş:	45
Adres:	adr-1
Bölüm:	Elektronik
Maaş:	ma-1
Göreve başl. tarihi:	1996

Çatıya dayalı bilgi sunma sistemlerine , nesneye yönelik programlama yöntemi uygulanabilir. Çünkü bu sistemlerde her bir çatı, disiplin alanında bir nesneye karşılık gelebilir. Çatıya dayalı sistemlerin dezavantajı, karışık yapısı nedeniyle çıkarım mekanizmasının hızının azalması ve akrabalık ilişkisinde değişiklik yapılmasının zorluğudur.

- **Semantik Şebeke :** Bir disiplin alanındaki nesneler topluluğunu ve onlar arasındaki ilişkileri anlamlı bir şekilde gösterir.Bu durum için nesnelere düğümler, ilişkilere ise bu değerleri birleştiren hatlar karşılık gelir.

Örnek: "Boncuk kedidir ve kedi süt sever gibi iki ilişkiden üçüncü bir ilişki söz konusu olabilir : Boncuk süt sever. "



Şekil 2.3. Semantik şebeke yardımı ile çıkarım[1]

- **Bilginin Birinci Dereceden Yüklem Mantığı İle Sunulması:** Yüklem mantığının esasında, bir disiplin alanındaki anlamlar ve bu anlamlar arasındaki ilişkileri mantıksal veya matematiksel sunabilmek bulunur. Yüklem, argümanlara bağlı olarak değeri doğru veya yanlış olan bir boolean fonksiyonudur.
  - ✓ Yüklemler önerme değişkenlerinin genelleştirilmiş şekilleridir.
  - ✓ Önerme değişkeni argümanı olmayan bir yüklemdir.

Örnek: A (Ahmet uzun)
B (Banu uzun)
:
Z (Zehra uzun)

---

[1] http://www.cse.unsw.edu.au/~billw/aidict.html

Burada her bir kişi için farklı bir önerme(A, B, C, …., Z) gerekir. Bu önermelerin her birisi doğru veya yanlıştır. Bütün bu önermelerin yerine tek bir yüklem(veya boolean fonksiyonu) kullanılabilir, **uzun(x)**.

Kişi x uzun olduğu sürece uzun(x) doğrudur, aksi halde yanlıştır. Eğer yukarıdaki A önermesi doğru ise uzun(Ahmet) ifadesi de doğrudur.

Yüklem mantığındaki mantıksal ifadelerde yüklemler atomik işlenenlerdir. Verilen bir A(Ahmet uzun) önermesi hakkında bilmemiz gereken, A'nın doğru mu yada yanlış mı olduğudur. uzun(x) ifadesinde x'in farklı değerleri için uzun(x)'in doğru olup olmadığını bilmemiz gerekir. Ayrıca x'in bütün değerleri için mi yoksa bazı değerleri için mi uzun(x) ifadesinin doğru olup olmadığını bilmek de isteriz.

Yüklem mantığı önermeler mantığında bulunmayan iki ilave operatöre sahiptir. Bunlara niceleyici denir ve yüklemlerin doğruluğunu ifade etmek için kullanılır.

Değişkenleri olan bir yüklem önerme değildir. Fakat aşağıdaki iki koşul sağlanırsa önermeye dönüştürülebilir.

- Değişkene bir değer atamak
- Değişkenleri nicelemek

Yüklem mantığında iki çeşit niceleyici vardır. Bunlar mevcutluk(varoluşçu) ve evrensel(tümlük) niceleyicidir.

- **Mevcutluk niceleyicisi** ∃: (∃x)uzun(x) doğrudur, eğer uzun(x)'i doğru yapacak bazı x değerleri (en az bir tane) varsa.
- **Evrensel niceleyici ∀:** (∀x)uzun(x) doğrudur, eğer x'in bütün değerleri için uzun(x) doğru ise[1].

2.2.3. Çıkarım Mekanizması

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

[1] http://www.cs.rochester.edu/~nelson/courses/csc_173/predlogic/predicates.html

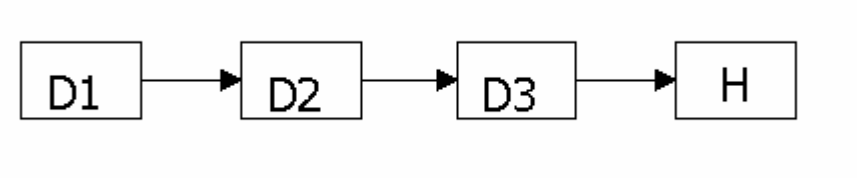
bilgilerin ifade ediliş şekline göre, değişik çıkarım mekanizmaları mevcuttur. En çok kullanılan bilgi ifade tarzı olan kural yorumlayıcısı olarak adlandırılıp, bu yorumlayıcıların yapılarında genellikle IF-THEN tipi kurallardan faydalanılır.

"Bir çıkarım sisteminin muhakeme becerisi ileri zincir ya da geri zincir çıkarım süresinin birlikte ya da tek başına kullanılması esasına dayanır."[1]

- **İleriye Doğru Zincirleme**

İleriye zincirlemede temel prensip, bilgi tabanında bulunan hüküm ve bilgilerden başlayıp kuralları icra etmek, böylece kuralların ikinci kısmında (veya THEN bölümlerinde) bulunan ifadeden yeni hükümler elde etmektir. Diğer bir deyişle muhakeme ünitesinin kuralın IF (şart) kısmından başlayarak şartları işletip THEN (sonuç) kısmına doğru ulaşmasıdır .

Örnek: D1 şartının doğrulanması ile D2'ye, D2'nin doğrulanması ile D3'e geçilir. D3 koşulu da doğrulanırsa H hipotezinin doğru olduğu sonucuna ulaşılır.



Şekil 2.4. İleriye doğru zincirleme [Allahverdi, 2002]

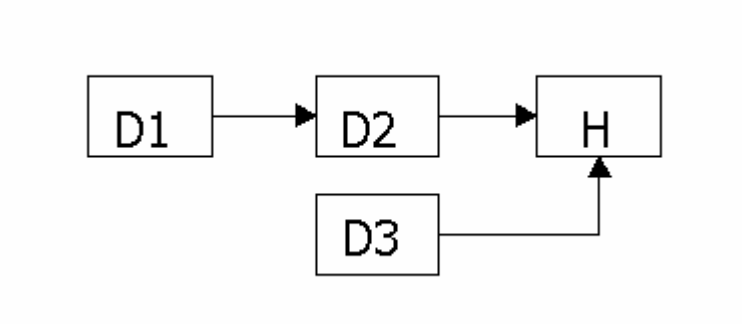
- **Geriye Doğru Zincirleme**

Geriye zincirlemede, taramaya hedeften (goal) başlanır ve bu hedefi gerçekleştirmek için gerekli olan hükümler, bilgi tabanındaki hedefle ilgili kurallara ait ikinci tarafların (veya THEN kısımlarının) sağlanması suretiyle elde edilmeye çalışılır. Hedefi sağlamak üzere, kuraldan elde edilen hüküm, bilgi tabanında bulunmuyorsa, bu hüküm bir alt hedef olarak kabul edilip sağlanmaya çalışılır. Böylece bilgi tabanında var olan bir ifade elde edilinceye kadar birçok alt hedef (subgoal) zincirleme oluşturulur. Sonra tek tek bütün alt hedefler ve sonunda ana hedef gerçeklenir. Bu zincirleme

---

[1] http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/yapayzeka.doc

tümdengelim ilkesini temel alarak kuralları inceleyip işlem görür. Aşağıdaki örnekte önce H hipotezinin gerçek olduğu varsayılır ve bu hipotezi kanıtlayacak deliller (D1, D2 ve D3 kuralları) aranır. H hipotezini kanıtlamak için D2 ve D3 kurallarının sorgulanması gerekir. Fakat D2'de D1'in sorgulanmasını ister. D3'ü sorgulamakla, D1 ve D2 sorgulanmadan H hipotezi kanıtlanabilir.



Şekil 2.5. Geriye doğru zincirleme [Allahverdi, 2002]

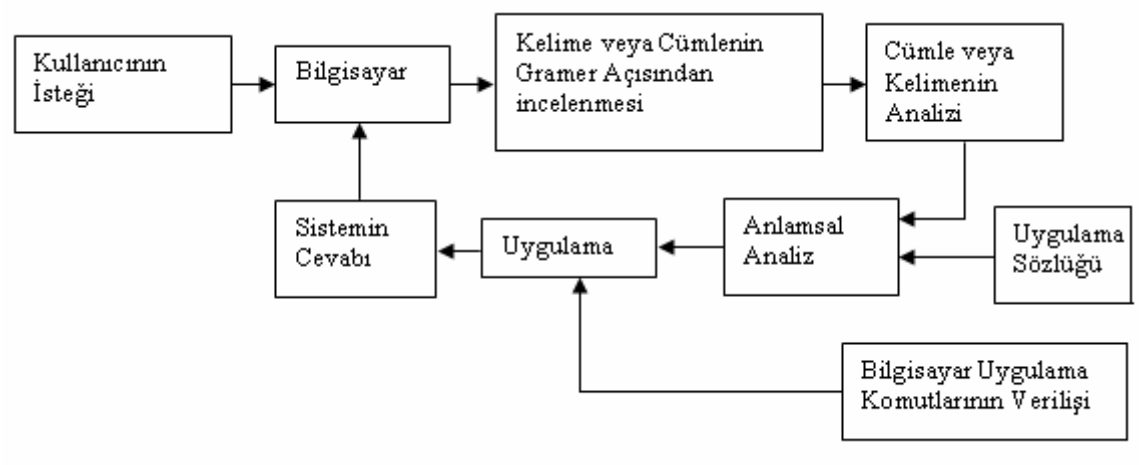
2.2.4. Çalışma Alanı

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

2.2.5. Kullanıcı Ara Yüzü

Uzman sistemler, kullanıcı ile bilgisayar arasında probleme yönelik iletişimin sağlanması için bir dil işleyici içerir. Bu iletişim, en sağlıklı doğal dil ile yapılır. "Doğal diller nihai kullanıcının doğal dili ile bilgisayarla iletişim kurmasını sağlayan yazılımlar için kullanılan isimdir. Doğal dil yazılımlarındaki nihai amaç, geleneksel program dillerinde kullanılan komutlara olan gereksinimi ortadan kaldırmaktır. Fakat halen uygulamada gelinen nokta tatmin edici düzeyde değildir. Şu anda piyasada kullanılan doğal dillerin çoğu kullanıcının bir uzman sistem ya da veri tabanı ile iletişimini sağlamaktan öte bir fonksiyonu yoktur. Doğal dilin nasıl çalıştığı Şekil 2.6'da gösterilmektedir." [1]

[1] http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/yapayzeka.doc



Şekil 2.6. Doğal dilin çalışması

2.2.6. Açıklama

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

2.2.7. Düşünme Kapasitesini İyileştirme

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

2.3. Uzman Sistem Tasarımı

Uzman sistem geliştirme sürecindeki ana kural bilgi kazanımının ve uzman sistem tasarımının etkileşimli olduğunun unutulmamasıdır. Yani tasarım boyunca bilgi

mühendisleri ile uzman kişiler birlikte çalışırlar. Uzman sistem geliştirme sürecinin her safhasına müdahale edilebildiği için zaman kaybı önlenir ve sonuçlar değerlendirilerek beklentilere göre değişiklik yapılabilir.

Uzman sistem geliştirme sürecinde dikkat edilmesi gereken diğer kurallar aşağıda verilmiştir ;

1. Disiplin alanını iyi tanımak, kitaplardan, el kitaplarından ve alan uzmanı ile doğrudan görüşerek bilgiyi elde etmek,
2. Mümkün olduğunca en kısa süre içinde sistemi tasarlamaya başlamaktır.

Uzman sistem tasarımında aşağıdaki işlemler sırayla takip edilmelidir.[Vlaanderen, 1990]

1. Problemin Ana Hatlarının Belirlenmesi: Uzman sistemin asıl gerçekleştireceği görevi ve ikincil görevleri belirlenmelidir.

2. Disiplin Alanı: Disiplin alanının özel nitelikleri, içeriği belirlenmeli ve anlamsal bir şekilde düzenlenmelidir.

3. Strateji: Bilginin diğer bir çeşidi olan ve disiplin alanı uzmanının kullandığı kurallardır. Uzmanın problem çözümünde kullandığı yöntemler belirlenmeli ve ayrıntılı olarak tasvir edilmelidir. Sistemin oluşturulmasında kullanılacak program araçları seçilmelidir.

4. Biçimlendirme: Uzmandan elde edilen bilgi, bilgiyi sunma yöntemlerinden biri kullanılarak düzenlenmelidir. Seçilecek yöntemin ne olacağının daha önceden kestirilmesi çok önemlidir.

5. Prototip: Sistemin bir prototipi oluşturulmalıdır.

6. Test ve değerlendirme: Bilgi mühendisi, disiplin alanı ile ilgili bilgi kazanımını derinleştirmeye ve saflaştırmaya devam eder ve prototipi test eder. Bilgilerde çelişki olup olmadığını kontrol eder. Tespit ettiği çelişkileri giderir. Bu kavramsallaştırma, biçimlendirme, uygulama ve test adımlarının periyodik süreci olarak görülebilir.

7.Güncelleştirme: Sisteme yeni bilgiler ilave edilir.

8. Belgelendirme: Sistemin belgeleri hazırlanmalıdır.

2.3.1. Tanımlama Safhası

Bu safhada bilgi mühendisi ile uzman kişi problemin ana kısımları belirler. Disiplin alanı uzmanı ve bilgi verecek kişiler seçilir. Bilgi mühendisi bilgi kazanımı sürecini yönetir. Problem ve destekleyici bilgiler tanımlanır. Bunun için aşağıdaki sorular sorulur.

- Uzman sistemden çözmesi beklenilen problemler ne tip problemlerdir?
- Bu problemler nasıl tanımlanabilir?
- Önemli alt problemler nelerdir?
- Veriler nelerdir?
- Önemli terimler ve bu terimlerin birbirleri ile ilişkileri nelerdir?
- Problemin çözümü neye benzeyecek ve çözümde hangi fikirler kullanılacak?
- Problemin çözümünde önemli olan uzman kişi görüşleri nelerdir?
- Uzman kişinin problem çözümlerinin altında yatan konuyla ilgili bilginin çeşidi ve miktarı nedir?
- Çözümü engelleyecek olası durumlar nelerdir?
- Bu olası durumlar uzman sistemi nasıl etkileyecek?

Bu safhada bilgi mühendisinin kullanacağı kaynaklar netleştirilmelidir. Kaynaklar bilgi kaynakları, finansal kaynaklar, zaman, yazılım ve donanım araçlarıdır. Son olarak uzman sistemin amacı ve kullanımı belirginleştirilir.

2.3.2. Kavramsallaştırma Safhası

Buchanan ve meslektaşları(1983) bu safha ile ilgili aşağıdaki soruları hazırlamışlardır:

- Eldeki veri ne tip bir veridir?
- Ne verilmiştir ve ne anlaşılmaktadır?
- Alt görevlerin isimleri var mı?
- Stratejilerin isimleri var mı?
- Yaygın olarak kullanılan tanınan kısmi hipotezler var mı?
- Alanla ilgili konular nelerdir?

- Nedensel ilişkilerin hiyerarşik diyagramı çizebilir ve sınıflandırması yapılabilir mi? Yapılabilirse neye benzer?
- Problem çözümü ile ilgili süreçler nelerdir?
- Bu süreçlerde karşılaşılan sıkıntılar nelerdir?
- Bilgi akışı nasıldır?
- Problemi çözmek için gerekli bilgi tanımlanabilir mi ve bu bilgi, çözümü doğrulamak için kullanılan bilgiden ayırt edilebilir mi?

Bu safhada nihai sistemin ana iskeleti oluşturulmalıdır. Bir sonraki safhaya geçmeden önce problem ve alt problemler yeterince analiz edilmelidir.

2.3.3. Biçimlendirme Safhası

Kavramlar, kurallar, gerçekler, vb. biçimsel bir forma sokulmalıdır. Burada üç görüş önemlidir.

1. Hipotez uzayı. Kavramlar biçimlendirildikten sonra, bir kişi tarafından formlar ile hipotezlerin nasıl bağlanılacağının kararının verilmesidir.

2. Alandaki problemlere çözümler üretmek için kullanılan, sürecin altındaki modelin ortaya çıkarılmasıdır.

3. Problem uzayı yapısının anlaşılmasına yardım eden veri karakteristiklerinin anlaşılmasıdır.

2.3.4. Prototip Oluşturma Safhası

Bu aşamada uzman sistemin bir modeli oluşturulur. Bilgi edinme birimi ve değerlendirme birimi tasarım safhasında verilen kararlara göre düzenlenir. Kullanıcı ara yüzü, bilgi tabanı, çıkarım mekanizması oluşturulur.

2.3.5. Test, Yeniden Tanımlama ve Hata Ayıklama Safhası

Prototip sistem değerlendirilir. Uygun olmadığı ispatlanırsa, yeni araçlar seçilir. Eksikler ve tutarsızlıklar bu aşamada görünür. Bu bilgi tabanının tekrar düzenlenmesini

gerektirir. Yanlış sonuçlara ulaşılması çıkarım kurallarında hataların olduğunu gösterir. Bilgi tabanı ve çıkarım mekanizmasındaki zayıf noktaları bulmak için çeşitli testler gerçekleştirilir. Bu testler fonksiyonel test ve yapısal test olarak iki şekilde yapılır.

- **Fonksiyonel test:** Uzman sistemin problem ile ilgili cevaplarının doğruluğuna bakılır. Cevaplar uzman kişilerinki ile aynı olmalıdır.
- **Yapısal test:** Uzman sistemi oluşturan bileşenlerin birbirleri ile uygunluğuna bakılır.

Test işlemi sonucunda uzman sistem doğrulanmamış ise eldeki test sonuçlarına göre biçimlendirme veya prototip oluşturma aşamalarına dönülebilir.

İyileştirmeler sonucundaki test aşamalarından sonra da tatmin edici bir sonuç alınamamış ise projenin başına dönülür.

Bütün safhalar süresince uzmandan bilginin toplanması çok önemlidir. Bilgi kazanımı uzman sistem tasarlanana kadar devam eder.

2.3.6. Güncelleştirme safhası

Uzman sistemlerin devamlılığının sağlanması için gelişmelere bağlı olarak güncelleştirilmesi gerekmektedir. Kullanıcıların yeni taleplerini karşılayabilmesi, sistemin değerini ve geçerliliğini koruyabilmesi güncelleme zorunluluğunu getirmiştir.

Bu safhada bilgi tabanına yeni bilgiler ilave edilir. Uzman sistem programında değişiklik yapılırsa yeni kurallar ilave edilebilir veya mevcut kurallarda değişiklikler yapılabilir.

2.4. Uzman Sistem Geliştirme Araçları

Uzman sistem geliştirme araçları olarak prosedürel programlama dilleri, yapay zeka dilleri ve paket programlar (kabuklar-içi boş uzman sistemler) kullanılmaktadır.

Eğer bir problem geleneksel programlama ile etkin bir şekilde çözülemiyorsa o zaman geleneksel olmayan bir dil olan yapay zeka diline yönelmek gerekir.

Son zamanlarda uzman sistemlerin geliştirilmesinde prosedürel ve yapay zeka dillerinden ziyade uzman sistem kabukları tercih edilmektedir.

Uzman sistem geliştirmek için aşağıdaki araçlar kullanılmaktadır.

2.4.1.Yapay Zeka Dilleri

Özel yazım kurallarına sahip komutların çeviricisidir. Bir uzman sistem dili ayrıca dilin ifadelerini ya da komut zincirini çalıştıracak çıkarım mekanizmasını da sağlar. Uygulamaya bağlı olarak çıkarım mekanizması ileriye doğru, geriye doğru yada karışık olabilir. Uzman sistem diline en iyi örnek Prolog dilidir. Prolog mantık programlama dilidir. "Fransızca "**Pro**grammation en **Log**ique" kelimesinden gelmektir. 1972 yılında Marsilya üniversitesinde Alain Colmerauer tarafından geliştirilmiştir."[1]

Prolog' da bir işlemin nasıl uygulanacağını açıklamak yerine veriler arasındaki ilişkiler tanımlanır. "Deklaratif bir dildir. Deklaratif dillerde programcı sadece problemi tanımlar, gerisini dile bırakır. Programcı gerçekleştirilecek hedefi belirler. Prolog bu hedefi gerçekleştirmeye çalışır. Prolog cümleleri gerçekler(fact), kurallar(rule) ve sorgu(query) olmak üzere üç çeşittir. Prolog cümlelerine örnekler aşağıda verilmiştir.

evli(ali,ayşe). Cümlesi bir gerçektir. Cümlenin sol tarafı(LHS) yoktur.

kardeş(B,P) :- anne(X,B), anne(X,P). Cümlenin sol tarafı(LHS) ve sağ tarafı(RHS) vardır.

?-hoşlanır(ali,X). Cümlenin sağ kısmı(RHS) yoktur." [2]

Matematik esas alınarak geliştirilmiştir. Bilgiler ve problemler bilgisayara mantık kullanılarak aktarılır. Program mantık cümlelerinden oluşur. Problemleri çözmek için mantığa dayanması, Prolog' u geleneksel programlama dillerinden ayıran en önemli özelliğidir.

Diğer bir YZ çalışmaları için geliştirilen dil LISP(List Processing Language) olup John McCarthy tarafından 1958' de icad edilmiştir. LISP, liste fonksiyonları güçlü bir dildir ve bir yorumlayıcıya ihtiyaç duyar.

"1980'li yıllara girilirken LISP dili ABD'de akademisyenlerin gözdesi iken, Avrupalı akademisyenler Prolog'u tercih ediyorlardı. 1981 yılında Japonlar, çok iddialı oldukları beşinci kuşak projesinde Prolog dilini temel alacaklarını açıkladılar. Bu açıklama bütün dünyada Prolog' a bir avantaj sağlamıştır." [3]

---

[1] http://www.baskent.edu.tr/~tkaracay/agora/dusunce/akilli.html
[2] http://www.cs.wisc.edu/~dyer/cs540/notes/systems-logic.html
[3] http://www.baskent.edu.tr/~tkaracay/agora/dusunce/akilli.html

2.4.2. Araçlar

Uygulama programlarının geliştirilmesinde ve bakımının sağlanmasında kullanılan programlama dili ve faydalı programların hepsine birden araçlar denir. Faydalı programlar metin ve grafik editörleri, hata ayıklayıcıları, kod üreticilerini içerebilir. Çapraz birleştiriciler, geliştirilen kodu farklı donanımlara göre uyarlayabilir. Örneğin DEC VAX için geliştirilen uzman sistem, çapraz birleştirici program sayesinde Motorola 68000 işlemcisi için de kullanılabilir. Uzman sistem geliştirme araçlarına örnekler aşağıda verilmiştir.

Icazus: PC'ler için geliştirilmiş olan bir uzman sistem geliştirme aracıdır. Lotus ve dBASE dosyalarına bağlantı içerir. Nesne tabanlı programlamaya sahiptir, kalıtım mekanizmasını kullanır. C++ kütüphanesi olarak sağlanır. Unix ve Windows üzerinde çalışabilir.

CPR(Case-Based Problem Resolution): "Durum bilgisi almaya ve teşhis yapmaya dayalı gömülü problemleri çözen bir C++ sınıf kütüphanesi olup zeki bir sistem metodudur. Yöneticilere tasarım, planlama ve teşhis gibi konularda bilgi sağlayarak verimliliği arttırır ve maliyeti azaltır. CBR, yeni problemleri tarihsel veritabanında bulunan durumlarla karşılaştırır ve geçmişteki başarılı çözümleri yeni durumlara uyarlarlar. IBM, Volkswagen ve NASA gibi kurumlar, müşteriye destek verme, kaliteyi iyileştirme, uçak bakımı, süreç planlama, karar verme ve daha bir çok uygulamada CBR'yi kullanmaktadırlar. CBR'nin bileşenlerini var olan bir bilgi sistemine eklemek çok kolaydır."[1]

KDS: " Temel olarak işletme içinde alınacak üst düzey kararların sağlıklı ve gerekçeli alınmasını sağlayan yazılımlara denir." [Holsapple ve Whinston, 1992]

"KDS değişik kaynaklardan topladığı bilgileri düzenleyerek, kararı modelleyerek, bilgileri analiz ederek ve değerlendirme sonuçlarını sunarak belirli modeller kullanımı ile karar vericiye seçim sırasında destek veren bilgisayar temelli bir

[1] http://www.ai-cbr.org/tools/haley.html

sistemdir.”[Sauter, 1997]

“KDS, kullanıcının bilme ve kavrama ile ilgili bilişsel yeteneklerini geliştirerek karar vermesine yardımcı olmak amacı ile özel olarak tasarlanmış bir sistemdir” [Zachary, 1988].

KDS’ nin özellikleri :[Topçu, 2006]

-Hem bireyi hem de grubu destekler

-Karar verme sorununu modeller; ilgili verileri elde eder ve hazırlar; modelleri çalıştırır; sonuçları yorumlar

-Öznel ve/veya nesnel veri kullanabilir

-Nicel ve nitel modeller kullanabilir

-Web tabanlı olabilir

-Ne-Eğer (What-If) analizleri yapar

-Amaç arama (Goal seek) işlevi vardır

-Risk analizleri yapar

-Finansal fonksiyonlar içerir

-Yönetim bilimi araçları içerir

-Grafik üreteç içerir

Bu araçlardan başka Arity Expert, ADS, Crystal, The Easy Reasoner, Flex, RAL, VP Expert, Sophas, Data Smarts gibi daha bir çok araç kullanılmaktadır.

2.4.3. Kabuklar

Özel amaçlarla geliştirilmiş araçlar olup kullanıcının yalnızca bilgi tabanını sağlaması gerektiği türden uygulamalar için geliştirilmiştir. Bunlar hazır hale getirilmiş çıkarım mekanizması ve bilgi saklama özellikleri ile donatılmış sistemler olup sadece alan bilgisi olmayan içi boş uzman sistemlerdir. Bu kabuklar özel bir formata göre bilgi girişini sağlarlar. Diğer bazı özellikleri, hypertext yazma araçları, kullanıcı için kullanımı kolay arabirim tasarımı, listeleri, dizileri ve objeleri işleyebilme, harici programlarla ve veritabanları ile anlaşabilme şeklinde sıralanabilir. Kabuklar, programlama dillerine benzerler, fakat programlama dilleri gibi birçok uygulama ile ilişkili olamazlar. İlişkili oldukları uygulama açısından sınırlıdırlar. Ayrıca kullanıcının

kendisinin özel çıkarım mekanizması geliştirmesini sağlayan daha gelişmiş sistemler de vardır. Buna örnek EMYCIN verilebilir.

Aşağıda uzman sistem geliştirme kabuklarına örnekler verilmiştir.[1]

Babylon: Uzman sistem geliştirme ortamıdır. Çerçeveler, kısıtlamalar, Prolog benzeri mantık biçimi, ve teşhis uygulamaları için tanımlayıcı dil içerir. Yaygın Lisp ile gerçekleştirilmiştir. Geniş bir donanım platformlarında çalıştırılabilir.

Mobal: Birinci dereceden mantık sunumlarında, uygulama sahalarının işlemsel modellerinin geliştirilmesinde kullanılan bir sistemdir. Manual bilgi kazanımı ve denetim ortamı ile çıkarım mekanizmasını, otomatik bilgi kazanımı için makine öğrenim metotlarını, ve bilgileri gözden geçirme araçlarını bütünleştirmiştir. Mobal bilgi kazanımını kullanarak mantıksal gerçekler ve kurallar terimleri şeklinde alanımızın bir modelini
geliştirebiliriz. Herhangi bir anda text veya grafik olarak girilen bilgileri denetleyebiliriz, çoğaltabiliriz, veya değiştirebiliriz. Kendi içindeki çıkarım mekanizması ile girilen kuralları, girişlerin sonuçlarını gösterebilmek için hemen çalıştırır veya o andaki geçerli bilgi hakkında sorgulamalara cevap verir. Mobal giriş bilgilerini dinamik bir şekilde sınıflandırır.

WindExS(Windows Expert System): Windows tabanlı ileriye doğru zincirleme çıkarımı yapan uzman sistemdir. Modüler yapısı kullanıcılara sistemi genişletmek için gerekli yeni modüllerin ilavesine olanak sağlar. WindExS, doğal dil kural işlemcisini, çıkarım
mekanizmasını, dosya yönetimini, kullanıcı ara yüzünü, mesaj yöneticisini ve bilgi tabanı modüllerini destekler. Grafiksel bilgi tabanı gösterimini destekler.

SMR(Simulating medical reasoning): Alan uzmanından doğrudan bilgi elde etmek için geliştirilmiş bir kabuktur. Bilgi tabanı, çıkarım yapabilmek için verileri gruplandıran ve durum kaydetmelerini kolaylaştıran protokoller gibi kurallar içerir.[Wiener, 1988]

---

[1] http://www.cs.cmu.edu/Groups/AI/html/faqs/ai/expert/part1/faq-doc-5.html

JESS: Sun Microsystem Java dilinde yazılmış bir uzman sistem kabuğudur. Güçlü ve portatif Java dilinde yazılmış kodlara sıkıca bağlanabilen kural-tabanlı uzman sistemlerin geliştirilmesini sağlar.

Jess, bir kural motorudur ve güçlü bir Java yazım ortamıdır. Jess ile Java nesneleri yaratılabilir, Java metotları çağrılabilir, ve herhangi bir Java kodu derlenmeksizin Java ara yüzleri gerçekleştirilebilir.

Jess dilinin söz dizimi tartışılmakta olup desteklenen fonksiyonların ayrıntılı listesi sunulmaktadır. Jess'ten Java fonksiyonlarını çağırma, Java kodları yazarak Jess'i genişletme, ve Jess'i Java uygulamalarına gömmek için yapılması gerekenlerde verilmektedir.

Jess bir programcı kütüphanesidir. Kütüphanenin kendisi Java ile yazılmıştır. Kütüphane Jess dili için yorumlayıcı gibi çalışır. Jess dili CLIPS uzman sistem kabuğu için tanımlanan dile çok benzer. Jess, kuralları işlerken Rete algoritmasının geliştirilmiş versiyonunu kullanır. Rete algoritması, zor karşılaştırma problemlerinin çözümünde etkili bir mekanizmadır.[Friedman-Hill, 1997]

Bunların dışında RT-Expert, MIKE, Series-PC gibi daha birçok kabuk bulunur.

2.5. Arıza Teşhisi İçin Geliştirilen Uzman Sistemler

Son zamanlarda her alanda yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler teknik personele yardımcı olduğu kadar onları sıkıntıya da sokmuştur. Cihazlardaki elektronik donanımın karmaşıklığının artması ile arıza teşhisinde ve bakımda karşılaşılan sıkıntılar da artmıştır. Uzman sistemlerin kullanılmasıyla bu zorluğun azaldığı görülmüştür.

Bu kısımda arıza teşhisinde kullanılan uzman sistemlere örnekler verilmiştir. [1]

2.5.1. EXPATEC - Nakliye Araçlarındaki Kontrolörlerin (Denetleyicilerin) Arıza Teşhisi İçin Geliştirilen Uzman Sistem

Ağır yük madenciliğinde ve toprakta hareket eden cihazlarda arıza yerinin bulunması, sorunun giderilmesi ve arızaların teşhisini kolaylaştırmak için kullanılan otomatik transmisyon kontrolöründe meydana gelen sorunların giderilmesi için geliştirilmiştir. Nakliye aracı olarak üzerinde arıza teşhis özelliği (arıza yerini bildiren

bir numarayı ekranda gösterir) bulunan ve ATEC olarak adlandırılan CLBT 6062 damperli(50 tonluk) kamyon modeli seçilmiştir. Kural-tabanlı uzman sistem bu aracın kontrolörü için geliştirilmiştir. M/s Bharat Earth Movers Limited Şirketi'nde geliştirilen EXPATEC uzman sistemi, şirketin cihaz montajı ve servis departmanlarında uygulanmıştır. EXPATEC' in geliştirilmesi esnasında elde edilen tecrübeler bu endüstrinin içinde veya dışında birçok uygulamalar için daha gelişmiş uzman sistemlerin oluşturulmasına vesile olmuştur.

2.5.2. ATREX -Otomobil Arızalarını Teşhis Eden Uzman Sistem

ATREX(Automobile TRoubleshooting EXpert system) uzman sistemi araç arızalarının teşhis edilmesinde mekanik servis vermektedir. Son zamanlarda araçların karmaşıklıklarının artması ile, teknisyenler gelişen bu teknolojik otomobillerde özellikle de otomobillerin elektronik donanımındaki arızaların teşhisinde zorluklar yaşamaktadırlar.Yapay Zeka alanında geliştirilen uzman sistem tekniklerinin bu zorluğu bilgisayar eşliğinde azaltacağı düşünülmektedir. ATREX' de uzman sistem geliştirme aracı olarak kural tabanlı bilgi mühendislik dili olan BRAINS seçilmiştir. Kurallar IF-THEN şeklinde sembolize edilmiş ve bilgi tabanında saklanmıştır. Olası hatalar ve görülen belirtiler arasındaki ilişkileri gösteren hata-belirti matriksi uzmanlık bilgisinin IF-THEN kurallarına dönüştürülmesinde yardımcı olarak kullanılmıştır.

2.5.3. ENGEXP- Makina Arızası Teşhis Eden Uzman Sistem

ENGEXP uzman sistemi, cihaz ve motor arızalarının teşhis ve tamir edilmesi için PC Turbo Pascal'da geliştirilmiştir. ENGEXP' in ana bileşenleri kullanıcı ara yüzü, uzman sistem çekirdeği, geri besleme ve bilgi edinme aracı ve kullanıcı için yardım olanağıdır. Bilindiği gibi uzman sistem çekirdeği, çıkarım mekanizmasından, bilgi tabanından ve açıklayıcı alt sistemden oluşur. Çıkarım mekanizmasının belirleyici özelliği birden fazla sebepli durumlarda da çözüm yeteneği getirebilmesidir. Bilgi,

---

[1] http://www.sciencedirect.com/

uzman insanların yaptığı gibi üç seviyeli düzenlenmiştir. Birçok uygulama örneklerinden elde edilen sonuçların üzerinde yapılan nicel(kantitatif) analizler %95'in üzerinde başarı oranı gösterirken nitel(kalitatif) analizler olağan üstü bir performans göstermiştir. Cevaplama zamanı aşırı yüklenmeler olmasına rağmen çok iyidir. Bu süre genelde 2sn olmasına rağmen birçok durumda da 0,5sn olmuştur.

2.5.4. Arızaların Bulunmasında Teknisyenlere Otomatik Görev Veren Kural-Tabanlı Sistem

Bu Kural-Tabanlı sistem, teknisyenlerin bilgisayarlardaki sistem arızalarına (yazılım, donanım ve iletişim arızalarını içeren) müdahale edebilmeleri için yardımcı olmaktadır. Sistem arızaları, organizasyondaki bilgisayar ağındaki kullanıcılar tarafından bildirilen arızalardan oluşturulmuştur. Model yardım masası yöneticiliği şeklinde icra ediliyor.Yani teknisyenleri yardım masası ile yönlendiriyor. Model detaylı bir şekilde çalışılmış hatalar ve değişik organizasyonlardaki teknisyenlerin görevleri üzerine kurulmuştur. Modelin geçerli olabilmesi için yüzlerce durumda modelin görev proseslerinin sonuçlarının karşılaştırılmasında simulasyon testleri gerçekleştirilmiş. Simulasyon deneylerine uzman kişiler de katılmıştır. Örnek olayların %48'inden elde edilen sonuçlar göstermiştir ki geliştirilen sistemin teknisyenlere sağladığı görev yardımı uzman kişilerinkinden daha iyidir. Örnek olayların %92'sinde sistem, uzman kişi kadar hatta uzman kişiden daha fazla başarılı olmuştur.

2.5.5. DMESI Uzman Sistemi Modelinin Geliştirilmesi

Bilişsel uyumluluk insan-bilgisayar ara yüzlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. İyi bir kullanıcı ara yüzü iyi bir kullanıcı-uzman sistem etkileşimi sağlar ve uzman sistemin performansını arttırır. Bilgi kazanımı (KA), ICAM DEFinition0 (IDEF0) ve Veri Akış Diyagramı (DFD) kullanılarak türetilen bakım protokolünün geliştirilmesi ile gösterilmiştir. Bakım prosedürü modellemesinden sonra kullanıcın ara yüz ile ne yapacağının biçimsel gösterimi tanımlanmıştır. Sistemin bilgi tabanı, hata karar ağaç diyagramı ile gösterilmiştir ve bakımcılarla bilgisayar arasındaki iletişimi sağlamayı da kapsamaktadır. Uzman sistem ara yüzünün geçerliliği geleneksel bakım el

kitapçıkları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Bütün bunlardan sonra Tayvan'ın başkentindeki dizel motorlu otobüslerin bakım servisinde kullanılmak üzere bir uzman sistem geliştirilmiştir. Bu çalışma ile uzman sistemlerin ara yüzü dizaynında çok önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

2.5.6. FAUST 3

FAUST 3 elektrik şebekelerindeki arızaların tespit edilmesi için geliştirilmiştir. FAUST 3'ün görevi değişik tipteki birbiri ile bağlantılı cihazlardan oluşan geniş bir ağdaki gerçek zamanlı hataları teşhis etmektir. Sistemin hataları teşhis edebilmesi için hatalar suni olarak üretilmiş ve test edilmiştir. Önce hipotezler oluşturulmuştur. Sonra mevcut belirtiler hesaba katılarak en çok karşılaşılan durumları saptamak için hipotezler incelenmiştir. Bu sistem sebep-sonuç ilişkisini, deneysel bilgi ve tekniklerini kullanır.

2.5.7. LBMD İçin Makine İnputlarını Meydana Getiren Bir Uzman Sistem

Lazer tabanlı çok eksenli metal işleme(LBMD) yöntemi bir parçanın doğrudan dijital modeli kullanılarak üretim yapmanın etkili yollarından birisidir. Ancak bu yöntemde proses planlama esnasında birçok defa insan müdahalesine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde bilgisayar destekli tasarım(CAD) ve üretim(CAM) işlemlerinde proses planlamayı yapan uzman sistemler mevcuttur. Bu uzman sistem, yapay zeka tekniklerini kullanan LBMD yöntemi için otomatik olarak proses planlama işini yapmaktadır. Proses farklı adımlara parçalanabilir. Otomasyonlaştırma işlemi için gerçekler ve kurallar tabanının oluşturulmasında geometrik sonuçlandırma kullanılmaktadır. Birinci dereceden lojik mantığı kullanılarak bilgi gösterimi yapılmaktadır. Daha sonra bu kurallar IF-THEN şekline dönüştürülmüştür. Yapılan çalışmada proses planlama için kullanılacak sistem, gerçekler ve kurallar tabanını açıklamaktadır. Metodun uygulanması ve geometrik sorgulamalar ACIS tarafından sağlanan API Kernel kullanılarak yapılmıştır. Makine girdilerinin otomatik üretilmesini sağlayacak uzman sistemin geliştirilmesi işlemi iki kısma ayrılabilir:

1. Geometrinin farklı bileşenlerinin tanımlanması

2. ‘IF-THEN’ için geometrik çıkarımın uygulanması

2.5.8. ICAPP Prizmatik Parçaların Özelliklerini Çıkaran Uzman Sistem

Prizmatik parçalar için tasarlanmış bilgisayar kontrollü işlem planlama(CAPP-Computer Aided Process Planning) uzman sistemidir. Autocad programında oluşturulan bir parçadan, şekil özelliklerini otomatik olarak çıkaran bir sistemdir. BOYUT-YER-ŞEKİL-ALGORİTMA(SLSA)’yı tanımlamak için bir özelliğin boyut, yer ve şekil elemanları kullanılmıştır. Temel delik özelliği ile değişik profil geometrilerinin yuvaları, basamakları, delikleri ve cepleri eşleştirilmiştir. Yüzey frezeleme, çevresel frezeleme, delik delme, delik genişletme, kılavuz çekme ve havşa açma gibi temel işleme operasyonları için tasarlanmıştır.

2.5.9. Uzman Sistem Ve Otomotiv Sektöründeki Bir Uygulaması

Bir araçta kullanılan parçalara ait dağınık halde bulunan Satın alma, Kalite Kontrol, Yedek Parça, Mühendislik ve Üretim Planlama ve Stok Kontrol Bilgileri için, her bölüme ayrı ayrı gitmeksizin bilgilere hızlı bir şekilde ulaşılmasını sağlayarak karar verme pozisyonundaki kişilere yardımcı olmaktadır.

Her parça için ayrı dosyalarda, Satın alma, Kalite Kontrol, Yedek Parça, Mühendislik ve Üretim Planlama ve Stok Kontrol bölümlerine ait bilgiler bulunmaktadır. Uzman sistemde istenilen parçanın numarası seçilerek istenilen bölüme ait bilgilere ulaşılmaktadır. Bu sayede istenen bilgiye kısa sürede ulaşılmaktadır. Konu ile ilgisi olmayan bir kişi bile bu uzman sistem ile karar verebilmektedir. Uzman sistem, Excel programı altında çalışan Visual Basic prosedürlerinden oluşturulmuştur.[Burgut, 1999]

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. CNC Tezgah

CNC nedir? En basit ifadeyle, mekanik işlemeyi gerektiren bir çalışmayı (delme, kesme, kazıma, vs), bilgisayardan gelen komutlara göre otomatik olarak yapan makinelere CNC denir.[Dinçel, 1999]

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol(Computer Numerical Control), takım tezgahlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi ve tezgah kontrol ünitesinin(MCU) parça programını kontrol edebilmesidir. Bilgisayarlı Nümerik Kontrol'de tezgah kontrol ünitesinin komputurize edilmesi sonucu programların muhafaza edilebilmelerinin yanında parça üretiminin her aşamasında program durdurma, programda gerekli olabilecek değişiklikleri yapabilme, programa kalınan yerden tekrar devam edebilme ve programın son şekliyle hafızada saklamak mümkündür. Bu nedenle programın kontrol ünitesine bir kez yüklenmesi yeterlidir.

Yüksek verim ve hassasiyetinden dolayı CNC günümüzde her türlü imalat sisteminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu tezgahlar tamamen bilgisayar programlarına bağlı olarak çalışan ve bu sayede kullanıcı tecrübesini ikinci plana iten çok gelişmiş talaşlı imalat tezgahlarıdır.

CNC tezgahlar ayrıca 0.001 mm hassasiyetinde işlem yapabilen üzerlerinde servo ya da step motorların kullanıldığı, bilyalı yataklarla hassas nerede ise boşluksuz yataklama ve hareket kayıplarının oluştuğu tezgahlardır.

Bu tezgahların üretilmesi ve geliştirilmesi ile artık operatörlerin görevi iyice kolaylaşmış ve adeta referans almak ve parçayı tezgaha bağlayıp takım değiştirmekle sınırlanıp tecrübe gereksinimleri minimuma indirilmiştir. Bu tezgahlar normal bir tezgahın(freze, torna, elektro erozyon) yapabildiği bütün işleri yapabildikleri gibi klasik konvansiyonel tezgahların beceriye dayanan yöntemleriyle yapılması çok güç, hatta imkansız olan işlemleri de hatasız olarak yapabilmektedirler.

CNC tezgahlarında ancak dikkat edilmesi gereken noktalar; programların doğru yazılması, takım boylarını tezgaha doğru aktarılması ve referans noktalarının yani sıfırlamaların doğru yapılmasıdır. Bu tezgahlardaki en büyük hatalar bu üç noktadan ileri gelmektedir. Binde bir oranlarında toleransla çalışan bu tezgahların bir yanlışlık sonucu parçaya çarptırılmasında yataklarda oluşacak bozulmalar bu binde hassasiyeti mutlaka etkileyecektir.

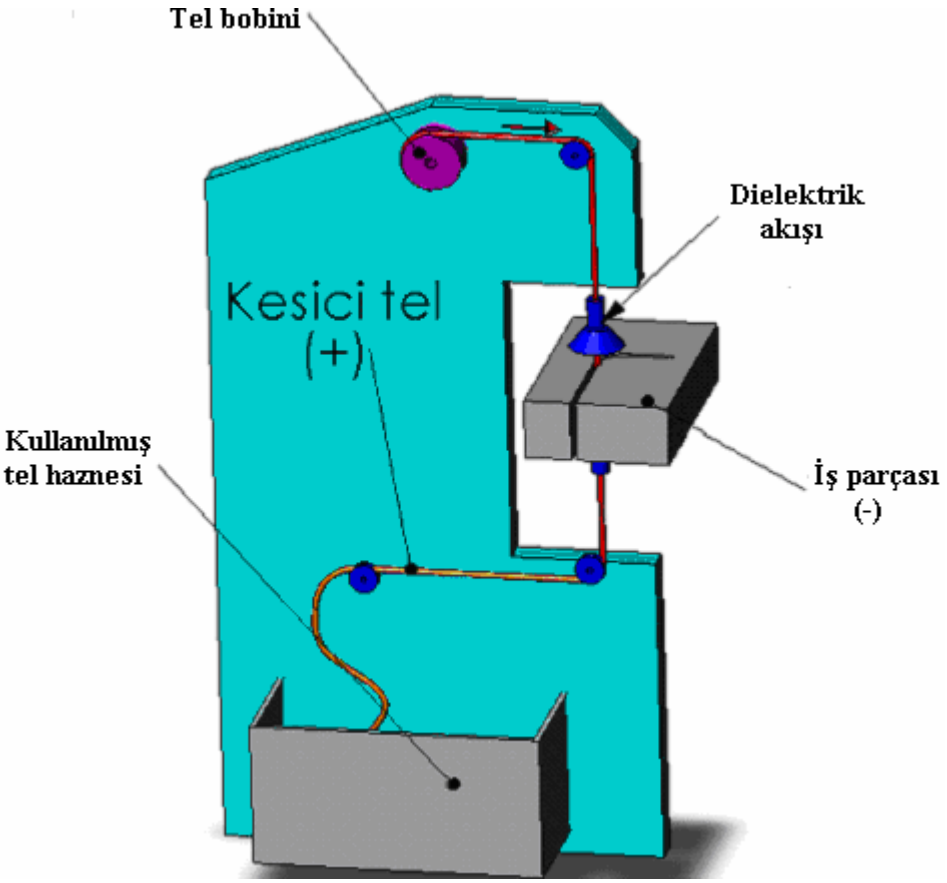
Ayrıca dikkat edilirse bu üç hata sebebi de kullanıcıdan kaynaklanmaktadır. Dolayısı ile bu tezgahların kendilerinden kaynaklanacak hatalar yok denecek kadar azdır.

3.1.1.1. Charmilles Technologies Robofil 290 CNC Tel Erozyon Tezgahı (WEDM)

Tel erozyon(WEDM) ile işlemede, sürekli olarak ilerletilen iletken bir tel elektrod kullanılır. Ark tel ile iş parçası arasında oluşur. Burada boydan boya delik şeklindeki parçalar imal edilmektedir. Tel erozyonda talaş, doğru akım vurumlu bir güç kaynağı vasıtasıyla oluşan elektrik kıvılcımlarının erozyonu ile kaldırılır. Kıvılcımlar dielektrik sıvı içerisinde birbirine yakın yerleştirilen tel elektrod ve iş parçası arasında oluşur.

Tel erozyon ile işleme tekniğinin üstünlüğü, elektrik iletkenliği özelliğe sahip her türlü malzeme sertlik değeri ne olursa olsun işlenebilmekte, ayrıca kalın malzemelerin(~600mm) ve karmaşık profillerin işlenebilmesine imkan sağlamaktadır. Özellikle kalıp imalatında kullanımı yaygındır. Tezgah ve kesime bağlı olarak tolerans 0.01 mm'ye kadar inebilmektedir. Kesme boşluğu ise, tel çapı ve aşındırma bölgesi (akıma bağlı ~1/2 tel çapı) kadardır. Bu nedenle dişi ve erkek kalıp yapımında büyük kolaylık sağlar.

Tel erozyon ile kesmede en önemli performans çıktıları kesme genişliği, ilerleme hızı(veya kesme hızı) ve iş parçası yüzey pürüzlülüğüdür. Boşalım akımı, boşalım kapasitansı, puls süresi, puls frekansı, tel ilerleme hızı, tel gerilmesi, aralık voltajı ve dielektrik sıvı püskürtme basıncı performans çıktıları üzerinde etkili olan kontrol parametreleridir.



Şekil 3.1. Tel erozyon tezgahının(WEDM) işleme mantığı



Şekil 3.2. Charmilles Technologies Robofil 290 Tel Erozyon Tezgahı

3.1.1.2. Cnc Tezgahlarının Avantajları

- Konvansiyonel tezgahlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, mastar vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgahın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü, kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Tezgah operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
- Tezgahın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
- Her türlü sarfiyat(elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.
- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
- Kalıp, mastar, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.

- Depolamada daha az yere gerek vardır.
- Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgahlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir
- Birbirinin aynı parçalar kolayca üretilir
- Karmaşık geometrik(Küre, heykel vs) yüzeyler kolay yapılır. [Dinçel, 1999]

3.1.1.2. Cnc Tezgahlarının Dezavantajları

Her sistemde olduğu gibi CNC tezgah ve sistemlerinin avantajları yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Bunlar şunlardır:

- Detaylı bir imalat planı gereklidir
- Pahalı bir yatırımı gerektirir
- Tezgahın saat ücreti yüksektir
- Konvansiyonel tezgahlara kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler
- Kesme hızları yüksek ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir
- Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır[Dinçel, 1999]

3.1.1.3. Cnc Tezgahlarındaki Başlıca Arıza Bölgeleri

CNC takım tezgahlarında en sık karşılaşılan arızalar ve bulundukları bölgeler şunlardır:

- Takım tezgahı eksen sürücüleri
- Hidrolik ve pnömatik elemanlar
- Kontrol devreleri
- Ölçme ve transfer sistemleri
- Dijital veri işleyiciler
- Logic bağlantılar
- Giriş / Çıkış (Input / Output) üniteleri

3.1.1.4. Cnc Tezgahları İçin İdeal Çalışma Ortamı Ve Koşulları

CNC tezgahlarının sağlıklı çalışabilmeleri için yüksek derecede temizliğe sahip çevre koşullarına ihtiyaç vardır. Tezgah imalatçısı firmalar tarafından önerilen ideal çalışma ortamı koşulları;

- Tezgah kontrol üniteleri ısı, ışık, rutubet, vibrasyon ve voltaj değişmelerinden etkilendiği için bu hususlara dikkat edilmeli
- Çalışma ortamı sıcaklığı ve rutubet oranı tezgah imalatçısı firmanın tavsiye ettiği değerler arasında olmalı
- Vibrasyon 0,5 gram altında olmalı
- Kabul edilebilir voltaj değişmeleri + %10, - %10 olmalı
- Voltaj düşmeleri maksimum 2,5 dalga (20 MS) olmalı

3.1.2. Delphi

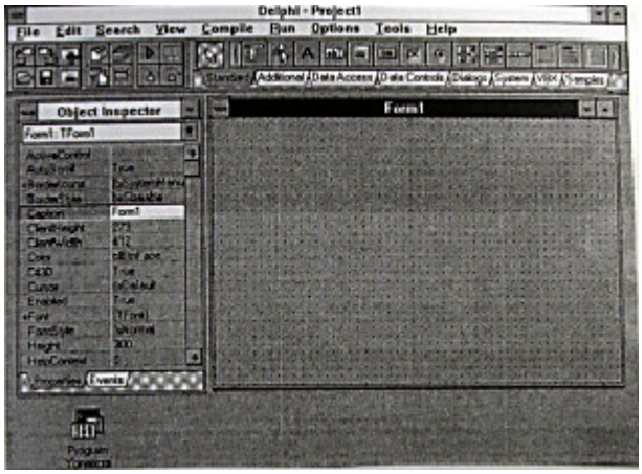
Delphi bir programlama ortamıdır. Programlama dili olarak Pascalın nesne yönelimli(object oriented) uzantısı olan Object pascal dilini kullanmaktadır. Object pascal kolay anlaşılır bir dile, hızlı derleme gücüne ve modüler programlama için gerekli tüm komutlara sahiptir.

Delphi bir Raddır. Rad (Rapid Application Development) hızlı uygulama geliştirme demektir. Rad sistemli programlama ortamlarında text tabanlı programlama ortamlarına göre program yazmak çok daha kolaydır. Rad ortamında hazır formlar, bileşenler bulunmaktadır. Formun tasarımı görsel bir ortamda resim çizer gibi yapılmaktadır.[1]

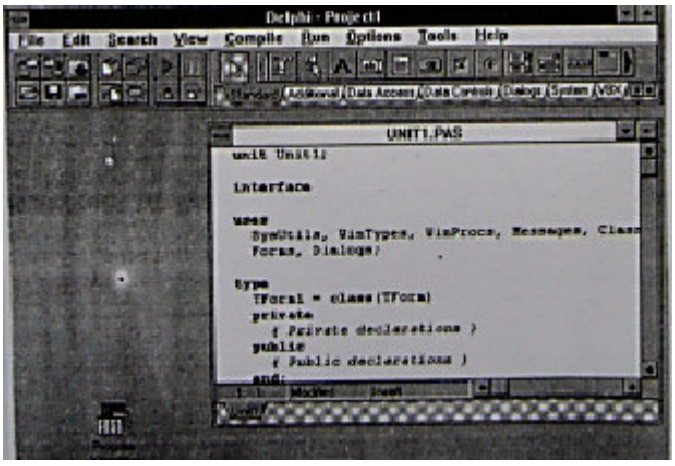
Delphi başlatıldığında, varsayılan adı Project1 olan bir Delphi uygulaması veya projesi otomatik olarak hazırlanmaktadır. Ekrana Delphi-Project1, Object Inspector ve Form1 adında üç pencere gelir. Aslında bir pencere daha vardır. Bu pencere Form1 kapatıldığında görülen UNIT1.PAS' tır.

---

[1] http://bilgisayardershanesi.net/news.php?newsid=548

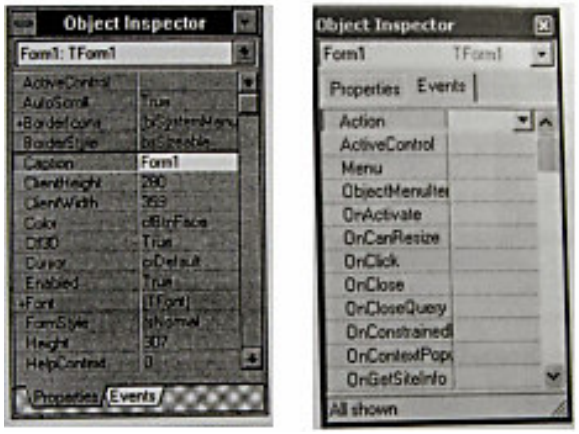


Şekil 3.3. Delphi ilk açıldığında alınan görüntü



Şekil 3.4. Object Inspector ve Form1 penceresi kapatıldığında alınan görüntü

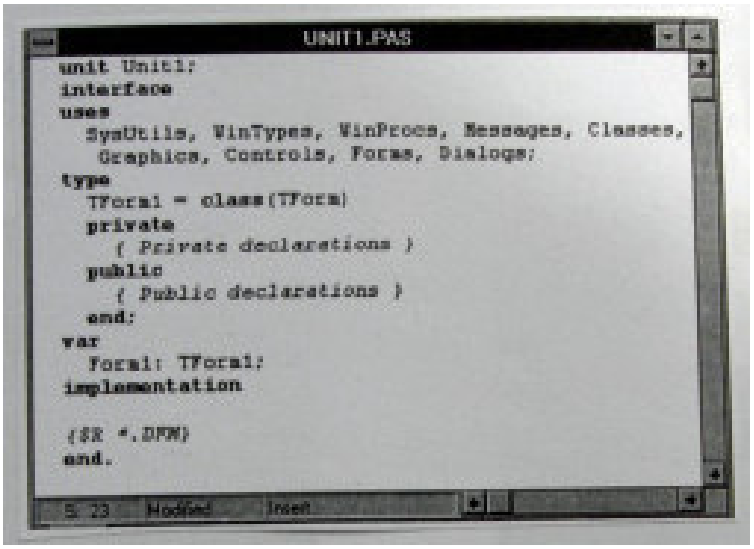
Object Inspector seçilen nesnelerin özelliklerini ve olaylarını programcıya gösterir ve kullanmasını sağlar. Properties(Özellikler) Events(olaylar). Propertiesler programda tasarım aşamasında değiştirilebilir. Örneğin aşağıdaki Object Inspectorde Form1 seçili iken Caption özelliğine Form1 yazılmıştır. Program çalıştırıldığında Formun başlığı Form1 olacaktır.



Şekil 3.5. Object Inspector penceresinin Properties ve Events özellikleri

Events bu bileşenlerin olaylarıdır. Yani bir durum gerçekleştiğinde buradaki komutlar çalışır. Örneğin bir butona tek tıklanması bir olaydır. Çift tıklanması farklı bir olaydır. Program bu olaylarla yönetilir.

Delphide programlar Formlar ile başladığı ve Formlar Delphi programlarının temel bileşenleri olduğu için, Delphi başlatıldığı zaman, henüz içeriği boş olan Form1 adında bir Form otomatik olarak hazırlanır ve ekrana getirilir. Delphide Form Pencere yerine kullanılmaktadır. Yani Delphi başlatıldığında geçici adı project1 olan bir proje otomatik olarak hazırlanmakta ve yine bu proje için Form1 adında bir Form otomatik olarak hazırlanmaktadır. Bunun dışında otomatik olarak hazırlanan proje için, otomatik olarak UNIT1.PAS adında hazır Pascal program kodu içeren bir Unit hazırlanmakta ve Projeye dahil edilmektedir. Şekil 3.6.'da hazır program kodu verilmiştir.[YANIK, 1996]



Şekil 3.6. UNIT1.PAS penceresi

Object treeview programdaki bileşenleri göstermektedir. Hangi bileşenin hangi bileşenin üzerinde olduğunu da gösterir.

Delphi kod editöründeki kısayollar şunlardır:

F9: Programı derle ve çalıştır

F8: Programı adım adım çalıştırır

F7: Programı adım adım çalıştırırken, ilgili rutine dallanır.

Ctrl + S: Unit'te yapılan değişiklikleri kaydeder.

Shift + Ctrl + S: Açık olan tüm unitlerdeki değişiklikleri kaydeder.

Ctrl + F: Arama ekranını açar

Ctrl + E: Artan arama yapar. Bu tuşlara baştıktan sonra kelimeyi yazın. İlgili kelime varsa bulunur.

F3: Arana kelimenin bir sonraki geçtiği yeri bulur

F10: Menülerin ve bileşenlerin olduğu ana pencereyi gösterir.

F11: Object Inspectoru gösterir.

F12: Formla, kod arasında geçiş sağlar.

Shift + F12: Formları açmak için form listesini görüntüler.

Ctrl + F12: Unitleri açmak için unitleri listeler

F1: Üzerinde bulunduğunuz bileşen veya kelime ile ilgili yardımı açar.

Ctrl + Shift + I: Seçili kodu blok halinde sağa kaydırır.
Ctrl + Shift + U: Seçili kodu blok halinde sola kaydırır
Ctrl + Shift + C: Bir rutini tanımladıktan sonra gövdesini oluşturmak için
Ctrl + F4: Dosyayı kapatır.[1]

Aşağıda Delphi dosya uzantılarına değinilmiştir.

PAS: Pascal dosyası her bir unitin kaynak kodlarını içeren dosya. Delphide oluşturulan formlara ait kodlar pas uzantılı dosyalarda saklanır.
DFM: Delphi Form File Form dosyalarıdır. Form ve formdaki bileşenlerin özellikleri bu dosyaya kayıtlıdır.
(Formu oluşturan dosyalar: .PAS ve .DFM)
DPR: Delphi Proje Dosyası Programı delphide açmak için gerekli olan dosyadır.
DCU: Delphi Compiled Unit Derlenmiş unit dosyaları bu uzantı ile kaydedilir.
DOF: Delphi Options File Proje seçeneklerinin mevcut ayarlarını içeren bir metin dosyası. Geliştirme sırasında oluşturulur.
DSK: Masaüstü dosyası. Bu dosya pencerelerin konumları, editördeki açık dosyalar ve diğer masaüstü ayarları hakkında bilgiler içerir. Projei yeni bir dizine kopyalanırken silinmesi gerekir.
RES: Resource (Kaynak) dosyası. Proje ile ilgili kaynakları (genellikle simgesini) içeren binary dosyadır.
BPG: Borland Project Group Birden fazla projeyi aynı anda derlemek için kullanılır. Project manager tarafından kullanılır
CFG: Proje seçeneklerini içeren ayar dosyası. Sadece özel derleyici seçenekleri ayarlandığı zaman oluşur.
DPK: Delphi Package. Bir paketin kaynak kodunu içerir.[2]

---

[1] http://bilgisayardershanesi.net/news.php?newsid=548
[2] http://www.bilgisayarogren.com/delphi1.doc

3.2. YÖNTEM

İlk olarak disiplin alanı belirlenmiştir. Disiplin alanı olarak Charmilles Robofil 290 tel erozyon tezgah arızaları seçilmiştir. Daha sonra tezgaha ait teknik ve arıza bilgileri, tezgahın kullanım ve bakım kitaplarından, tezgahı kullanan operatörler ve ilgili teknik servis uzmanları ile doğrudan görüşerek elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler Excel çalışma sayfalarına aktarılmıştır. Hatalar altı ana başlık altında sınıflandırılmıştır.

- Dielektrik
- Eksen
- İşleme
- Kontrol Ünitesi
- Ölçüm
- Tel ile ilgili arızalar

Daha sonra programın taslağı hazırlanmıştır. Delphi dili kullanılarak program geliştirilmeye başlanmıştır.

Programın algoritması çizelge 3.1'de verilmiştir.

Adım	İşlem	Program Dosyası	Nesne / Metod / Fonksiyon	Açıklama
1	Başla	CNCEXP.exe	-	CNCEXP.exe'nin çalıştırılması ve programın Windows tarafından yüklenip çalıştırılması.
2	Uygulamanın Windows tarafından yüklenmesi	CNCEXP.dpr	Application.Initialize	Programın Windows'ta başlatılması için gerekli standart metod.
3	Uygulama pencerelerinin hafızada oluşturulması	CNCEXP.dpr	Application.CreateForm	MainForm, ErrorForm ve AboutForm'un hafızada oluşturulması.
3.1	Ana formun hafızada oluşturulması	Main.pas	TMainForm.FormCreate	3. adımda, ilk olarak MainForm oluşturulur ve bu sırada uygulama tarafından tanımlanan değişkenlere öndeğerler atanır. İşlem tamamlandıktan sonra, ErrorForm'un oluşturulması ile devam edilir.
4	Uygulamanın Windows tarafından çalıştırılması	CNCEXP.dpr	Application.Run	Uygulamanın ana formu MainForm olduğu için, MainForm nesnesine ait metodlar çalıştırılır ve form ekrana görüntülenir.
5	Uygulamanın ana formunun görüntülenmesi	Main.pas	TMainForm.FormActivate	Bu metod içerisinde yer alan kodlar (bkz. Adım 5.1) çalıştırıldıktan sonra, MainForm penceresi Windows tarafından ekranda görüntülenir.
5.1	MS Excel'in halihazırda çalışıp çalışmadığını kontrol et	Main.pas	TMainForm.FormActivate	MS Excel çalışır durumda ise işleme devam edilir, aksi taktirde, MS Excel'in Windows tarafından yüklenmesi sağlanır. (MS Excel yüklenemezse, hata mesajı görüntülenir ve ana form üzerindeki kontroller pasif (disabled) olarak görüntülenir.)
5.2	CNCEXP.xls dosyasını yükle	Main.pas	TMainForm.FormActivate	Uygulama ile aynı klasörde CNCEXP.xls dosyası aranır ve MS Excel tarafından yüklenmesi sağlanır .

5.3	CNCEXP.xls dosyasını oku	Main.pas	TMainForm.FormActivate	CNCEXP.xls dosyasında 1. sayfadan Arıza Türleri, 2. sayfadan Arızalar, 3. sayfadan Arıza Sebepleri, 4. sayfadan ise Tavsiyeler sırayla okunur. Okuma işlemi sırasında, hangi sayfa okunuyorsa, o sayfadaki bilginin türüne göre, öncelikle her satırdan okunan verinin formatı ve daha önce aynı verinin okunup okunmadığı kontrol edilir; daha sonra ise, o veri türü ile ilgili diğer ilişkiler kontrol edilir. Temel ilişkiler şöyledir: 1) Arıza Türleri: Bağımsız. 2) Arızalar: Arıza Türü'ne bağımlı. 3) Arıza Sebepleri: Arızalara bağımlı. 4) Tavsiyeler: Arıza Sebeplerine bağımlı. Okuma işleminin hızlı gerçekleşebilmesi için, okuma sırasında yalnızca ana formun 1. sayfasındaki "Hata / Arıza Türü" listesi (listbox) doldurulur, diğer veriler yalnızca hafızaya yazılır. Bu şekilde, verilere erişim ihtiyacı oluştuğunda Excel dosyasındaki bilgiler tekrar okunmadığından işlemler çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Okuma işlemi başarıyla tamamlanırsa, dosyadan okunan bilgiler, ana form üzerindeki diğer listelere (listbox) yüklenir (Adım 5.3.1).

				Okuma sırasında herhangi bir hata oluşursa, işlem kesilir, hata mesajı görüntülenir ve ana form üzerindeki kontroller pasif (disabled) hale getirilir.
5.3.1	CNCEXP.xls dosyasından okunan verileri görüntüle	Main.pas	TMainForm.UpdateFailures, TMainForm.UpdateCauses, TMainForm.UpdateRecs	Sırasıyla, ana formun 2. sayfasındaki "Hata / Arıza", "Arıza Sebebi" ve "Tavsiyeler" listeleri doldurulur. Doldurma işlemi sırasında, her veri tipinin ilişkili olduğu ana veri tipi listesindeki ilk değer üzerinden işlem yapılır. (Örneğin, "Hata / Arıza" listesi oluşturulurken, yalnızca daha önce doldurulmuş bulunan "Hata Arıza Türü" listesinde 1. sırada bulunan Arıza Türü'ne ait Arızalar dikkate alınır.) Listelerin doldurulması tamamlandıktan sonra, ana formun Windows tarafından görüntülenmesi işlemi sona erer ve kontrol kullanıcıya geçer. Bu adımdan sonra, program yalnızca kullanıcının ekranda yer alan kontroller üzerinde fare veya klavye kullanarak yapacağı işlemlere göre hareket eder. (Olası işlemler aşağıda sırayla anlatılmıştır.) Windows'un yapısı gereği, kullanıcının programı sonlandırması adımına kadar program hafızada yüklü olarak kalır ve yukarıda anlatılan etki-tepki mekanizması ile çalışmaya devam eder. Kullanıcı programı sonlandırmak için ana formun sağ üst köşesindeki "X" butonuna tıkladığında, program aşağıda anlatıldığı şekilde sonlandırılır.

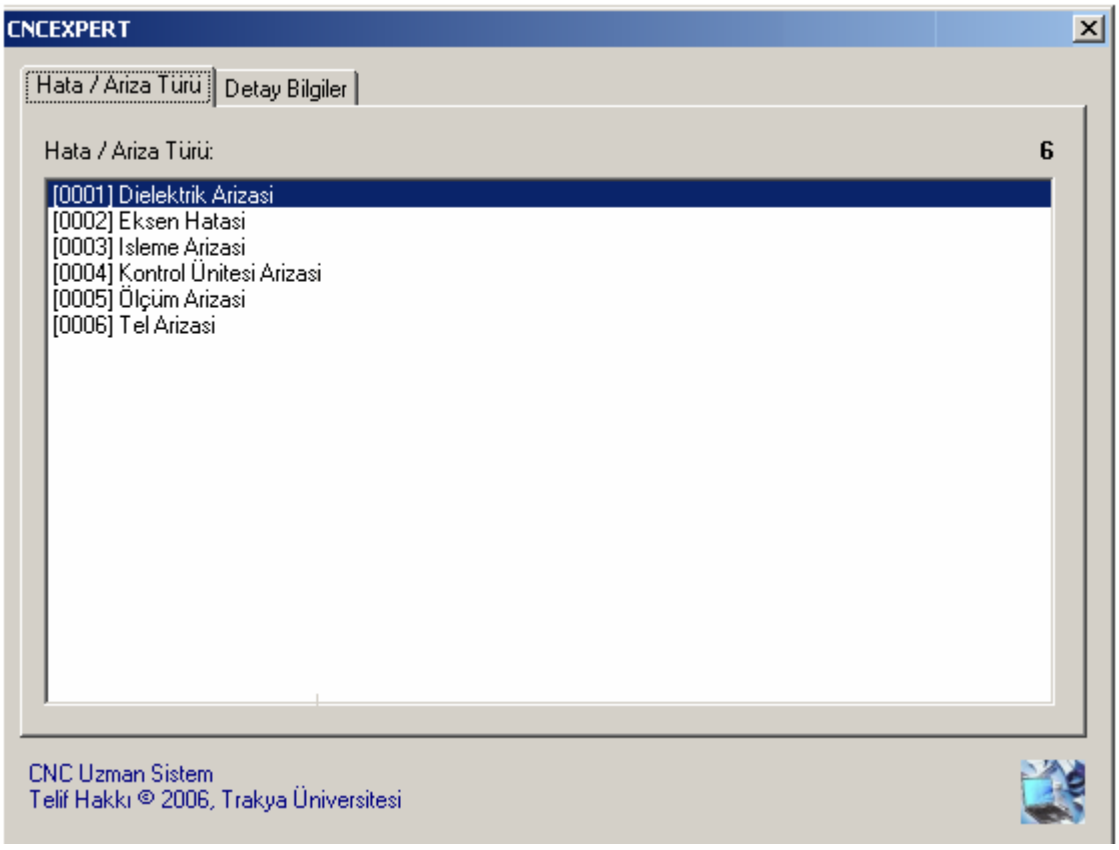
Kullanıcının ana form üzerinde yapabileceği işlemler:

İşlem	İlgili Nesne	Program Dosyası	Nesne / Metod / Fonksiyon	Açıklama
"Hata / Arıza Türü" listesinde aktif (seçili) elemanı değiştirmek (fare ile tıklayarak veya klavye ile seçerek)	lbTypes	Main.pas	TMainForm.lbTypesClick	"Hata / Arıza", "Arıza Sebebi" ve "Tavsiyeler" listeleri, yeni seçilen "Hata / Arıza Türü"ne göre güncellenir. Güncelleme işlemi şu metodlarla yapılır: TMainForm.UpdateFailures, TMainForm.UpdateCauses, TMainForm.UpdateRecs
"Hata / Arıza" listesinde aktif (seçili) elemanı değiştirmek (fare ile tıklayarak veya klavye ile seçerek)	lbFailures	Main.pas	TMainForm.lbFailuresClick	"Arıza Sebebi" ve "Tavsiyeler" listeleri, yeni seçilen "Hata / Arıza"ya göre güncellenir. Güncelleme işlemi şu metodlarla yapılır: TMainForm.UpdateCauses, TMainForm.UpdateRecs
"Arıza Sebebi" listesinde aktif (seçili) elemanı değiştirmek (fare ile tıklayarak veya klavye ile seçerek)	lbCauses	Main.pas	TMainForm.lbCausesClick	"Tavsiyeler" listesi, yeni seçilen "Arıza Sebebi"ne göre güncellenir. Güncelleme işlemi şu metodla yapılır: TMainForm.UpdateRecs
"Hata / Arıza Türü", "Hata / Arıza", "Arıza Sebebi" veya "Tavsiyeler" listesinde bir eleman üzerinde çift tıklamak	lbTypes, lbFailures, lbCauses, lbRecs	Main.pas	TMainForm.lbTypesDblClick, TMainForm.lbFailuresDblClick, TMainForm.lbCausesDblClick, TMainForm.lbRecsDblClick	Üzerinde çift tıklanan eleman ile bilgiler ekrana gelen bir mesaj kutusunda (dialog box) görüntülenir. Bu özellik, normalde listede görüntülenemeyecek kadar uzun ifadeleri tam olarak okunabilir şekilde görüntüleyebilmek için kullanılabilir.
Ana formun sağ alt köşesinde bulunan resim üzerinde çift tıklamak	ProgramImage	Main.pas	TMainForm.ProgramImageDblClick	CNC Uzman Sistem (CNCEXPERT) yazılımı ile ilgili açıklayıcı bilgiler içeren yardım penceresi (About box) görüntülenir.

Ana formun sağ üst köşesinde bulunan “X” butonuna fare ile tıklamak	-	Main.pas	TMainForm.FormDestroy	Hafızada tutulan bilgiler silinir. Hafıza MS Excel’e yüklenmiş olan CNCExp.xls dosyası kapatılır. Son olarak, program ilk çalıştırıldığında MS Excel dosyası çalışır durumda değilse, MS Excel’in CNCEXP tarafından çalıştırılmış olduğu varsayılarak MS Excel programı da sonlandırılır. Bu işlemler hata kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu adım sonunda, Windows CNCEXPERT’e ait pencereleri kapatır ve program tarafından kullanılan tüm hafızayı temizler.

3.2.1. Geliştirilen Uzman Sistemin Tanıtılması

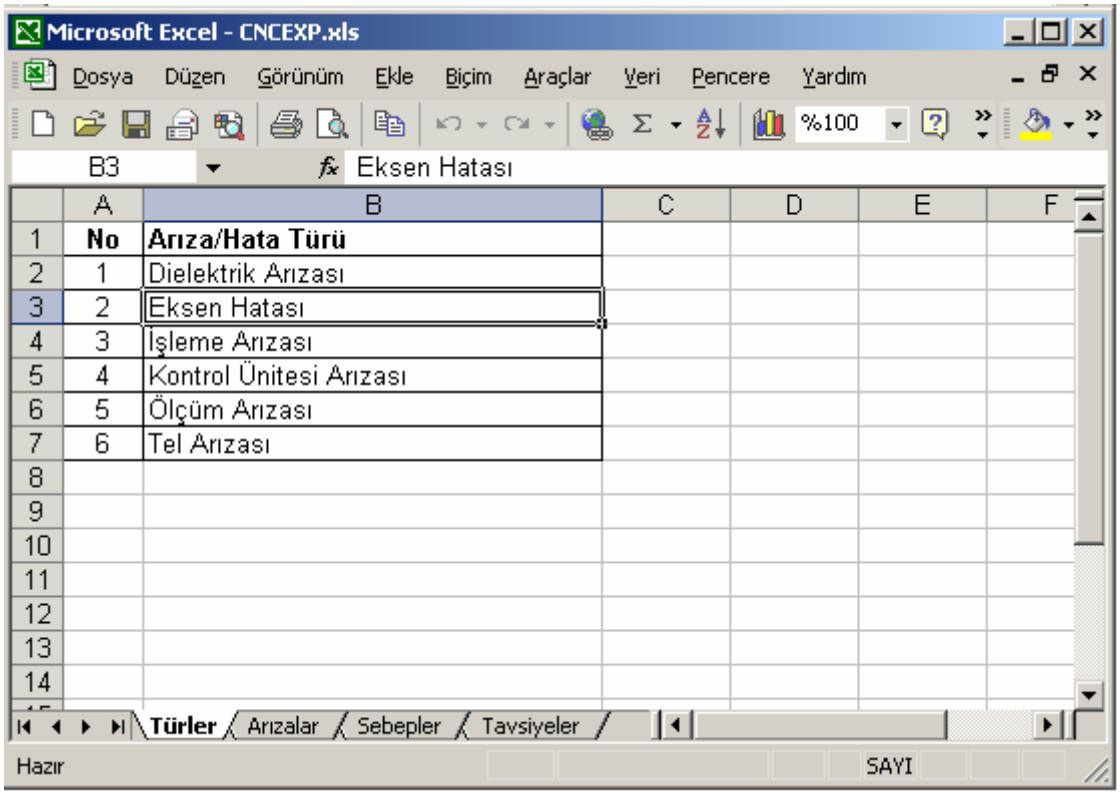
Geliştirilen uzman sistemin Şekil 3.7'deki görüntüsü programın çalıştırılması esnasında Hata/Arıza Türü sekmesi seçiliyken alınmıştır. Charmilles Robofil 290 tezgahında meydana gelebilecek hataları ve arızaları altı ana başlık altında toplayabiliriz. Bunlar Dielektrik, Eksen, İşleme, Kontrol Ünitesi, Ölçüm ve Tel ile ilgili arızalardır.



Şekil 3.7. CNCEXP'de Hata/Arıza Türü Listesi

Hata/Arıza Türü listesindeki köşeli parantez içindeki sayılar, arıza türlerinin şekil 3.4'de gösterilen Excel çalışma sayfasındaki referans numaralarıdır.

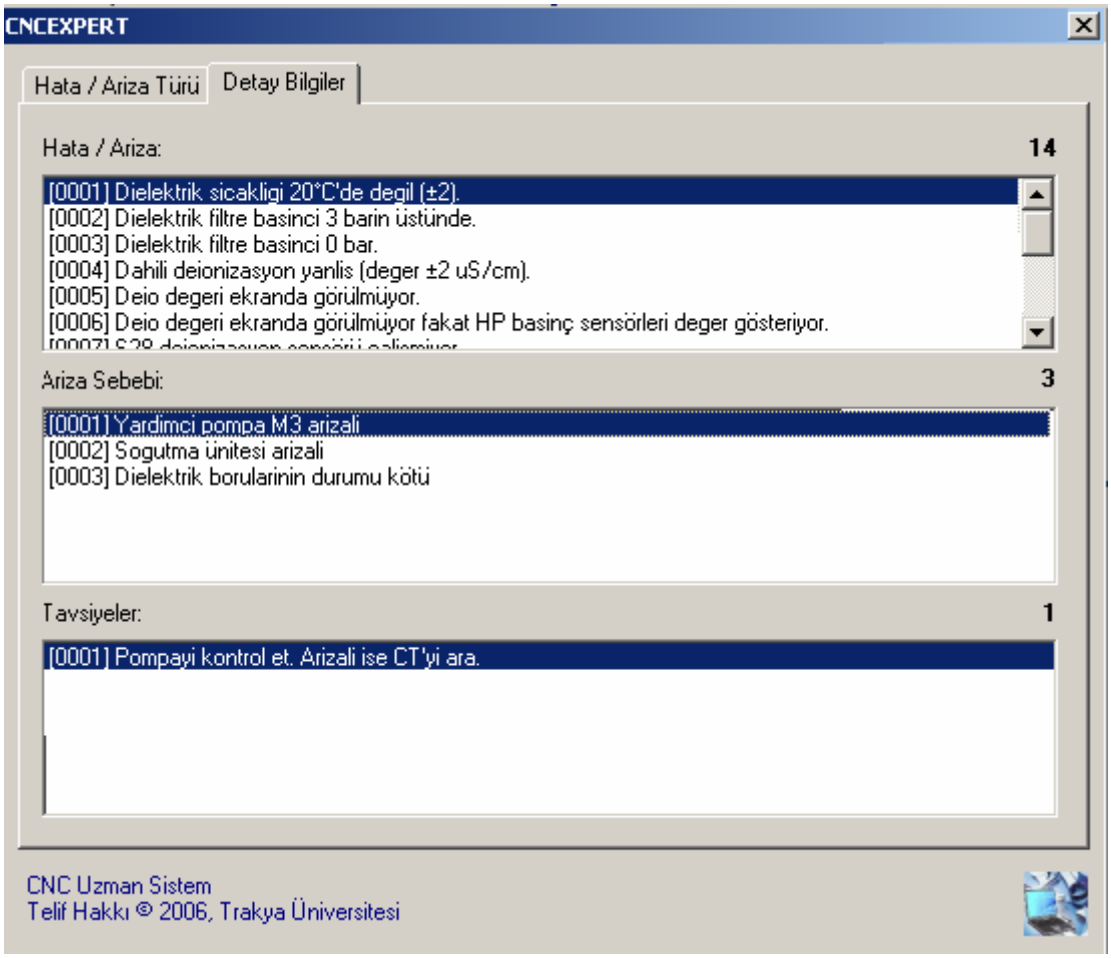
Arıza/Hata Türü, Hata/Arıza, Arıza Sebebi ve Tavsiyeler verileri Excel çalışma sayfalarında tutulmaktadır. Listelere yeni arızaların eklenebilme imkanı vardır. Listeler programı çalıştırma esnasında güncellenmektedir.



Şekil 3.8. CNCEXP'de kullanılan Türler adlı Excel çalışma sayfası

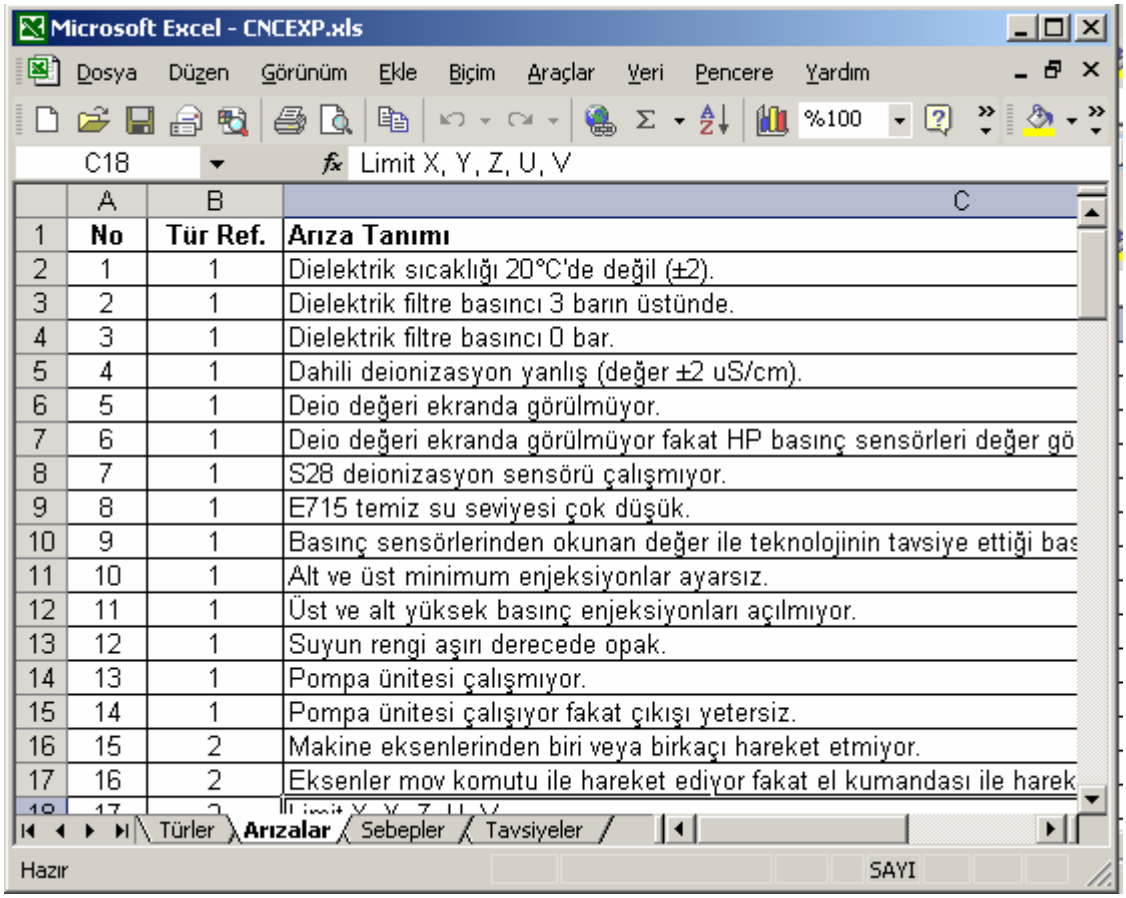
Şekil 3.8'deki görüntü arıza türlerinin yazıldığı Excel çalışma sayfasını göstermektedir.

Şekil 3.9'daki görüntü Hata/Arıza Türü sekmesinde Dielektrik hata türü seçiliyken Detay Bilgiler sekmesine geçilmesiyle alınmıştır. Detay Bilgiler sekmesindeki Hata/Arıza kısmında Dielektrik ile ilgili tüm Hata/arızalar (toplam 14) listelenmektedir. Kullanıcı listeden ilgili arızayı bulup seçer. Aşağıda, 1 numaralı "Dielektrik sıcaklığı 20°C'de değil (±2)" arızası seçilmiştir. Bu arızanın üç sebebi olabilir. Kullanıcı sırayla birinci sebepten başlayarak adım adım programın tavsiyelerine uyarak kontrollerini yapmalıdır. Örneğin Arıza Sebebi listesindeki ilk sebebin tavsiyesine uyarak yardımcı pompa kontrol edilmişse ve arızalı değilse soğutma ünitesinde arıza olabilir. Kullanıcı bu durumda soğutma ünitesini kontrol etmelidir. Arıza hala devam ediyorsa dielektrik borularında pislik birikmiş veya çatlama olmuş olabilir.



Şekil 3.9. CNCEXP'de Detay Bilgiler listeleri

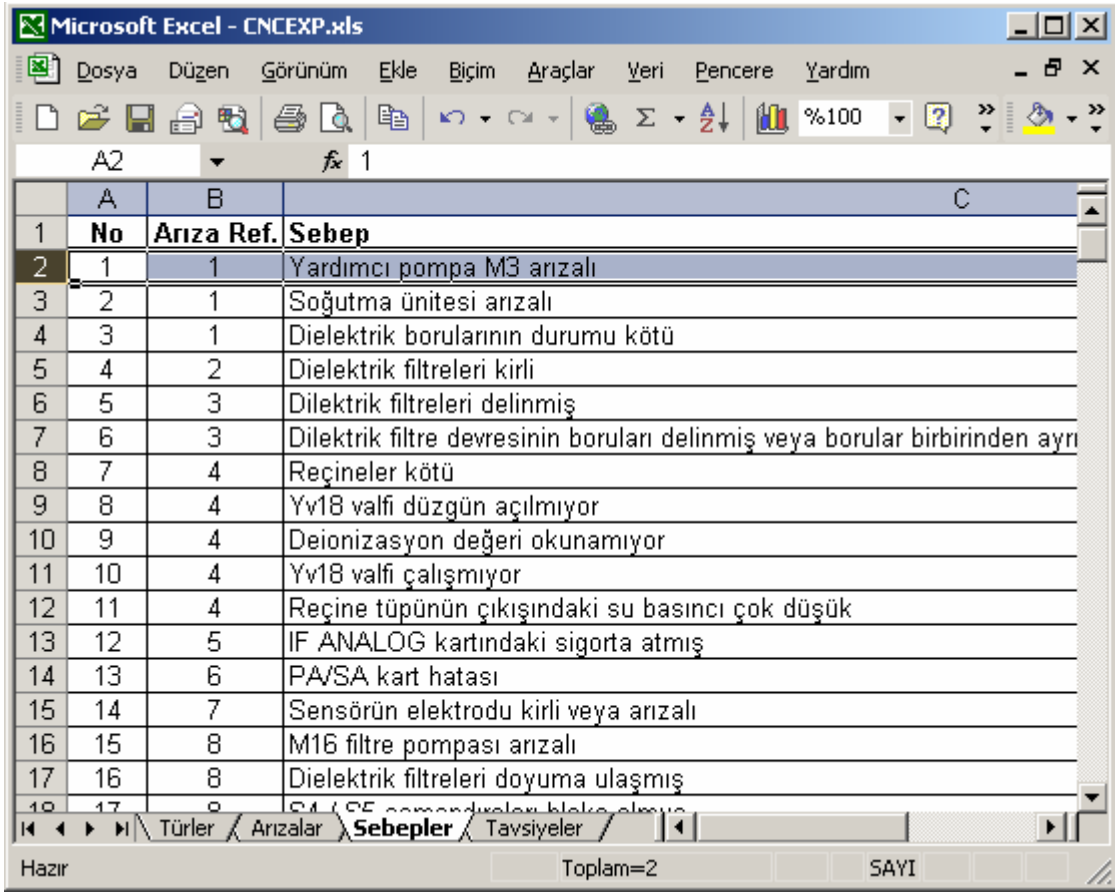
Altı ana Hata/Arıza Türü için Excel Arızalar çalışma sayfasında toplam olarak 102 sebep vardır. Şekil 3.10'da görüldüğü üzere "Dielektrik sıcaklığı 20°C'de değil (±2)" arızasının numarası 1 ve Hata/Arıza Türlerinden 1. gruba yani Dielektrik grubuna girer.1 ile 14 numaralar arasındaki arızalar Dielektrik grubuna girer. 15-24 arasındakiler Eksen arızaları grubuna, 25-41 arasındakiler İşleme arızaları grubuna, 42-75 arasındakiler Kontrol Ünitesi arızaları grubuna, 76-78 arasındakiler Ölçüm arızaları grubuna, 79-102 arasındakiler Tel ile ilgili arızalar grubuna girer. Bunlar Arızalar çalışma sayfasındaki **Tür Ref.** kolonundaki sayılarda gösterilmiştir.



	A	B	C
1	**No**	**Tür Ref.**	**Arıza Tanımı**
2	1	1	Dielektrik sıcaklığı 20°C'de değil (±2).
3	2	1	Dielektrik filtre basıncı 3 barın üstünde.
4	3	1	Dielektrik filtre basıncı 0 bar.
5	4	1	Dahili deionizasyon yanlış (değer ±2 uS/cm).
6	5	1	Deio değeri ekranda görülmüyor.
7	6	1	Deio değeri ekranda görülmüyor fakat HP basınç sensörleri değer gö
8	7	1	S28 deionizasyon sensörü çalışmıyor.
9	8	1	E715 temiz su seviyesi çok düşük.
10	9	1	Basınç sensörlerinden okunan değer ile teknolojinin tavsiye ettiği bas
11	10	1	Alt ve üst minimum enjeksiyonlar ayarsız.
12	11	1	Üst ve alt yüksek basınç enjeksiyonları açılmıyor.
13	12	1	Suyun rengi aşırı derecede opak.
14	13	1	Pompa ünitesi çalışmıyor.
15	14	1	Pompa ünitesi çalışıyor fakat çıkışı yetersiz.
16	15	2	Makine eksenlerinden biri veya birkaçı hareket etmiyor.
17	16	2	Eksenler mov komutu ile hareket ediyor fakat el kumandası ile harek

Şekil 3.10. CNCEXP'de kullanılan Arızalar adlı Excel çalışma sayfası

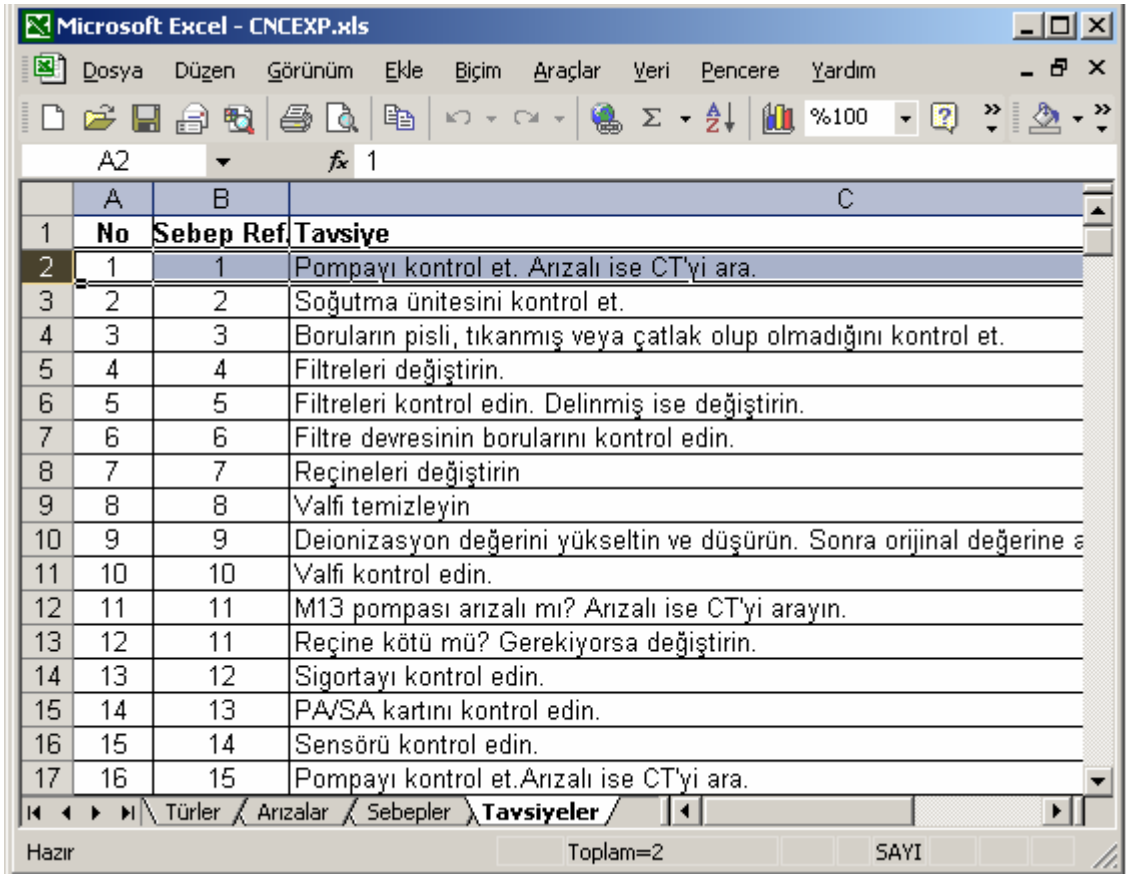
Şekil 3.11'de sebeplerin bulunduğu Excel çalışma sayfası görüntülenmiştir. Sebepler arıza referans numaralarını kullanmaktadırlar. Örneğin "yardımcı pompa M3 arızalı" 1 numaralı arızanın 1 numaralı sebebidir. "Soğutma ünitesi arızalı" ve "dielektrik borularının durumu kötü" sebepleri de 1 numaralı arızanın sebepleridir.



	A	B	C
1	**No**	**Arıza Ref.**	**Sebep**
2	1	1	Yardımcı pompa M3 arızalı
3	2	1	Soğutma ünitesi arızalı
4	3	1	Dielektrik borularının durumu kötü
5	4	2	Dielektrik filtreleri kirli
6	5	3	Dilektrik filtreleri delinmiş
7	6	3	Dilektrik filtre devresinin boruları delinmiş veya borular birbirinden ayrı
8	7	4	Reçineler kötü
9	8	4	Yv18 valfi düzgün açılmıyor
10	9	4	Deionizasyon değeri okunamıyor
11	10	4	Yv18 valfi çalışmıyor
12	11	4	Reçine tüpünün çıkışındaki su basıncı çok düşük
13	12	5	IF ANALOG kartındaki sigorta atmış
14	13	6	PA/SA kart hatası
15	14	7	Sensörün elektrodu kirli veya arızalı
16	15	8	M16 filtre pompası arızalı
17	16	8	Dielektrik filtreleri doyuma ulaşmış

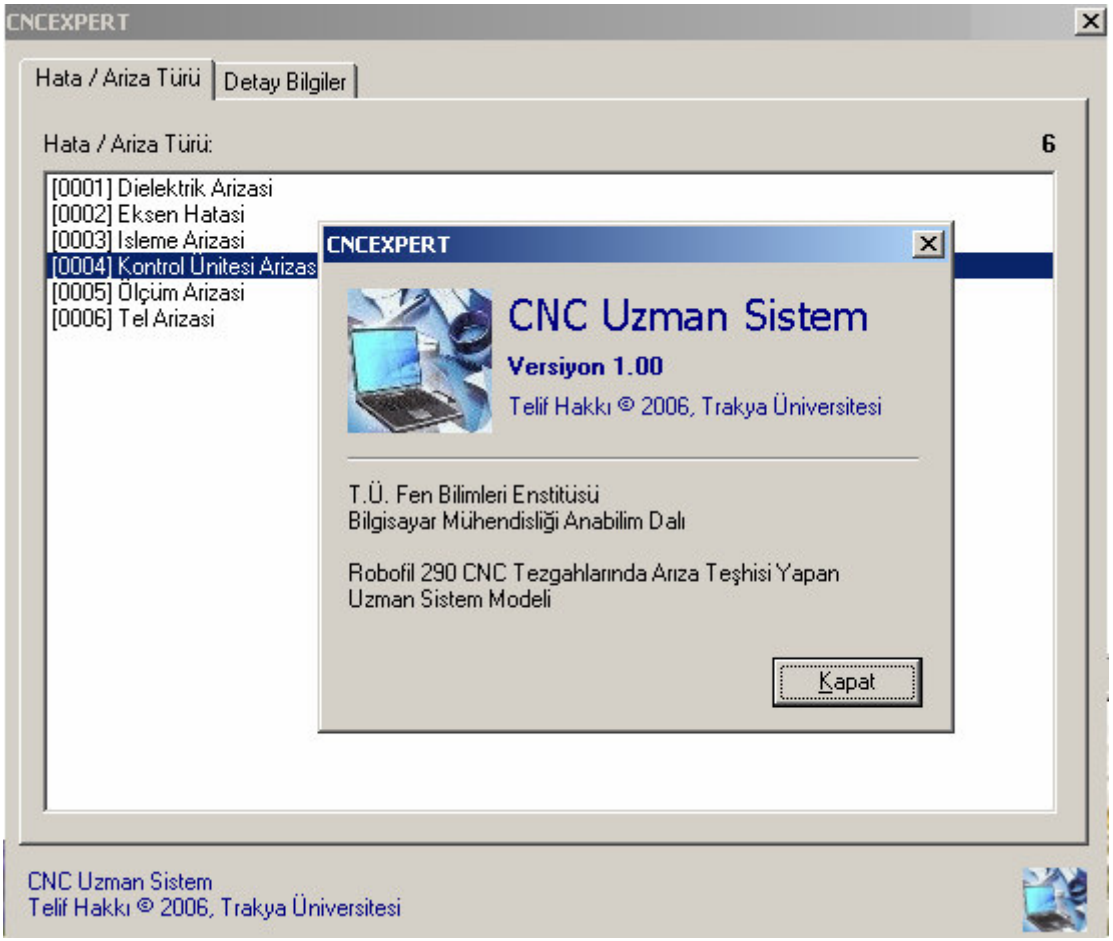
Şekil 3.11. CNCEXP'de kullanılan Sebepler adlı Excel çalışma sayfası

Şekil 3.12'de ise tavsiyelerin bulunduğu çalışma sayfası görüntülenmektedir. Bu kısımda ise sebepler sayfasındaki referans numaraları kullanılmıştır. "Pompayı kontrol et. Arızalı ise CT'yi ara" tavsiyesi, "Yardımcı pompa M3 arızalı" sebebinin tavsiyesidir.



	A	B	C
1	**No**	**Sebep Ref**	**Tavsiye**
2	1	1	Pompayı kontrol et. Arızalı ise CT'yi ara.
3	2	2	Soğutma ünitesini kontrol et.
4	3	3	Boruların pisli, tıkanmış veya çatlak olup olmadığını kontrol et.
5	4	4	Filtreleri değiştirin.
6	5	5	Filtreleri kontrol edin. Delinmiş ise değiştirin.
7	6	6	Filtre devresinin borularını kontrol edin.
8	7	7	Reçineleri değiştirin
9	8	8	Valfi temizleyin
10	9	9	Deionizasyon değerini yükseltin ve düşürün. Sonra orijinal değerine a
11	10	10	Valfi kontrol edin.
12	11	11	M13 pompası arızalı mı? Arızalı ise CT'yi arayın.
13	12	11	Reçine kötü mü? Gerekiyorsa değiştirin.
14	13	12	Sigortayı kontrol edin.
15	14	13	PA/SA kartını kontrol edin.
16	15	14	Sensörü kontrol edin.
17	16	15	Pompayı kontrol et.Arızalı ise CT'yi ara.

Şekil 3.12. CNCEXP'de kullanılan Tavsiyeler adlı Excel çalışma sayfası



Şekil 3.13. Program bilgilerinin görüntülenmesi

Şekil 3.13'daki görüntü programın sağ alt köşesindeki resme çift tıklanınca elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Uzman sistemlerin elektronik ve mekanik cihazların bakım ve onarımında kullanılabilirliği geliştirilmiş olan birçok uygulama ile kanıtlanmıştır. CNC tezgahlar gibi elektro-mekanik bir yapıya sahip karmaşık makinaların bakımında ve onarımında ortalama bir uzman kişinin yeteneklerinin yetersiz kaldığı durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Uzman sistem tasarımında aşamaların belirli bir sırası yoktur. Kabaca izlenebilecek aşamalar bilinse bile bir aşamadaki iş bitmeden diğerine geçiş yapmak gerekebilir ve de yapılabilir.

Çalışma esnasında, ortalama bir bakım uzmanının bilgi ve yeteneğine sahip bir uzman sistemin kolay bir şekilde hazırlanabileceği ortaya çıkmıştır. Özellikle hazır kabuklar kullanılırsa tasarım işi daha da kolaylaşmış olur. Üstün uzmanlık bilgisine sahip bir sistem geliştirmenin bilgi toplama açısından çok zaman alacağı ve emeğin fazla olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Uzman sistem bir defa satın alınıp defalarca kullanılacağı için işletmelere oldukça ekonomik bir uzmanlık bilgisi sağlar. Ayrıca işletmeler uzman kişileri beklerken zaman da kaybetmemiş olacaklar. Çünkü bu tezgahların işleme fiyatlandırmaları mm^2 üzerinden olduğu için tezgahın arızadan dolayı durduğu her saniye işletmeleri büyük ekonomik zararlara sokabilir.

Bu çalışma sonucunda Charmilles Technologies Robofil 290 CNC tel erozyon tezgahında oluşan arızaların çözümünde tezgah operatörlerine veya bakım personeline hızlı ve güvenilir bir şekilde uzmanlık bilgisi vererek en kısa zamanda tezgahın devreye girmesini sağlayacak bir uzman sistem geliştirilmiştir. Amaç sorun çıktığında hızlı bir şekilde bilgiye ulaşmak ve çözüm üretmektir.

Geliştirilen CNCEXP uzman sistemi Excel programını kullanan Delphi prosedürlerinden oluşmaktadır. CNCEXP'in hazırlanması esnasında bilgiler, alan uzmanlarının deneyimlerinden, tezgahın kullanım ve bakım kılavuzlarından, el kitaplarından ve teknik dokümanlardan elde edilmiştir. Bilgiler Excel çalışma sayfalarına aktarılmıştır. Excel tablolarına yeni eklenen arızalar program çalıştırılırken güncellenmektedir.

CNCEXP uzman sisteminin bilgi tabanının genişletilmesi ile tezgahın kullanım ve programlama hataları da tespit edilebilir.

Çalışma esnasında literatüre geçmiş ve uzman sistemlerin ticari olarak yayılmasını engelleyen aşağıdaki problemlerden bazılarıyla karşılaşılmıştır. [1]

a- Bilgi her zaman okunabilir uygunlukta değildir.

b- İnsanlardan bilgi almak zordur.

c- Uzman sistemler ancak sınırlı sahalarda, bazı durumlarda ise çok sınırlı sahalarda iyi çalışabilirler.

d- Yardım için bilgi mühendisine ihtiyaç gösterir. Bilgi mühendisi az bulunur ve pahalı olduğu için sistemin maliyetini yükseltir.

e- Üstün bir sistemin maliyeti ve geliştirme süresi engelleyici bir faktördür.

f- Her hangi bir uzmanın durum değerlendirmesi için yaklaşımı farklı bile olsa doğru olmalıdır.

g- Çok tecrübeli bir uzman bile olsa, zaman baskısı altında olduğu zaman iyi bir durumsal değerlendirme yapması zordur.

Bu sınırlamaların üstesinden gelebilmek için yaygın araştırmalar yapılmakta, böylelikle uzman sistem kullanımı hızla artmaktadır.

[1] http://bagem.tripod.com/bagem/yz1.html

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Çanakkale'ye bağlı Çan ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Çan'da tamamladı. 1998 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği(İng) Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Borokav Mühendislik Mümessillik firmasında çalışmaya başladı. 2001 yılında Borokav Mühendislik Mümessillik firmasından ayrılarak Trakya Üniversitesi Çorlu Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Elektronik Programında öğretim görevlisi kadrosunda göreve başladı. 2002 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans yapmaya hak kazandı. 2004 yılında Tekirdağ Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Elektronik Programı öğretim görevlisi kadrosuna ataması yapıldı.

Halen Tekirdağ Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Elektronik Programında Öğretim Görevlisi Olarak çalışmakta ve Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuğu bulunmaktadır.

Figan DALMIŞ

KAYNAKLAR

1. Zeyveli, M., Güldaş, A., 2004, "Taşlama Operasyonları İçin Uzman Sistem Destekli Zımpara Taşı Seçimi", Teknoloji Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, s.241-249.
2. Adalı, E., 1996, "Üretimde Uzman Sistem Çözümü", Proceedings of the First Turkish Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, 525-535, s.30-31.
3. Jonhson, P.E., 1983, "What Kind Of Expert Should A System Be?", The Journal of Medicine and Philosophy, Vol. 8, p77-79.
4. Jain P. K., Kumar S., 1998, International Journal of Computer Integrated Manufacturing Vol. 11, p500-512.
5. Allahverdi, N., 2002, Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması, Atlas Yayın .
6. Tatlı, E. I., "Expert Systems", 2001, (Seminer Work), Yıldız Teknik Üniversitesi, p15-22, 55, 97, 239.
7. Kumara, S. T. R., Joshi, S., Kashyap, R. L., Modie, C. L., Chang T. C., 1988, "Expert System in Industrial Engineering", CAPP, SME, Vol. 76, p.157-173.
8. Vlaanderen, M. J., 1990, "Automated Knowledge Acquisition For Expert Systems An Overview",(For Doctoral Exam), Erasmus University Rotterdam, p 3-11.
9. Dalmış, S., 2000, Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri Ve Bir Ekici Çark Tasarımı, (Yüksek Lisans Tezi) ,Trakya Üniversitesi, p1-4.
10. Dinçel, M., 1999, CNC Takım Tezgahları, (Diploma Çalışması), Trakya Üniversitesi, p3-15.
11. Charmilles Technologies Robofil 290 User's and Maintenance Manuals, p 2.5-2.43.
12. Sell, P. S., 1985, Expert Systems: A Practical Introduction, Macmillan Publishers Ltd, p1-7.
13. Bozdemir, M., Mendi, F., 2005, "Yapay Zeka Destekli Sistematik Tasarım İçin Bilgi Yönetim Sistem Mimarisi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 20, No 2, s.267-274.
14. Saraç, T., 2004, "Yapay Sinir Ağları", (Seminer Projesi), Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, s.5-7.

15. Wiener F., 1988, “SMR (simulating medical reasoning): An Expert Shell for Non-AI Experts”, Comput Methods Programs Biomed.,Medline, Jan-Feb 19-31.
16. Topçu, İ. Y., 2006, “Karar Destek Sistemleri”, (Ders Notu), İstanbul Teknik Üniversitesi, s.4-7,13.
17. Oktay, O., 1993, Küçükboy Telefon Santrallarının Bakım ve Onarımı İçin Bir Uzman Sistem Tasarımı, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, p 2-4, 86.
18. Burgut, H., 1999, Uzman Sistem ve Otomotiv Sektöründeki Bir Uygulama,(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, p 2, 9-11, 32-33.
19. Koruvatan, A., 1999, Uzman Sistem Yardımı İle Araç Arızalarının Belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi.
20. http://www.jessrules.com/
21. Çetin, S., 2000, Development Of An Expert System For Wire Electrical Discharge Machining, (Master Thesis), Middle East Technical University.
22. http://www.cs.rochester.edu/~nelson/courses/csc_173/predlogic/predicates.html
23. http://www.baskent.edu.tr/~tkaracay/agora/dusunce/akilli.html
24. http://best.me.berkeley.edu/~aagogino/me290m/s99/Week2/week2.html
25. http://www.cs.wisc.edu/~dyer/cs540/notes/systems-logic.html
26. http://www.cs.cmu.edu/Groups/AI/html/faqs/ai/expert/part1/faq-doc-5.html
27. http://www.cse.unsw.edu.au/~billw/aidict.html
28. http://www.geocities.com/nurayhaliloglu/yapayzeka/ya-pay2. html
29. http://members.tripod.com/~Bagem/bagem/yz1.html
30. http://www.crystalinks.com/egyptmedicine.html
31. http://www.ai-cbr.org/tools/haley.html
32. http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/yapayzeka.doc
33. http://th.informatik.uni-mannheim.de/people/tatli/resources/pdf/expertsystems.pdf
34. http://en.wikipedia.org/wiki/R1_(expert_system)
35. YANIK, M., 1996, Borland Delphi İle Görsel Programcılık, Sistem Yayıncılık, s. 37-49
36. http://bilgisayardersanesi.net/news.php?newsid=548
37. http://www.bilgisayarogren.com/delphi1.doc

EKLER

EK-A Charmilles Technologies Robofil 290 CNC tel erozyon Tezgah Arızaları

EK-B CNCEXP uzman sisteminin program kodları

EK-A Charmilles Technologies Robofil 290 CNC tel erozyon Tezgah Arızaları

DİELEKTRİK ARIZALARI

No	Arıza	No	Sebeb	No	Tavsiye
1	Dielektrik sıcaklığı 20°C' de değil(+2/-2)	1	Yardımcı pompa M3 arızalı	1	Pompayı kontrol et.Arızalı ise CT'yi ara
		2	Soğutma ünitesi arızalı	1	Soğutma ünitesini kontrol et
		3	Dielektrik borularının durumu kötü	1	Boruların pisli, tıkanmış veya çatlak olup olmadığını kontrol ediniz.
2	Dielektrik filtre basıncı 3barın üstünde	1	Dielektrik filtreleri kirli	1	Filtreleri değiştirin
3	Dielektrik filtre basıncı 0 bar	1	Dilektrik filtreleri delinmiş	1	Filtreleri kontrol edin.Delinmiş ise değiştirin
		2	Dilektrik filtre devresinin boruları delinmiş veya borular birbirinden ayrılmış	1	Filtre devresinin borularını kontrol edin
4	Dahili deionizasyon yanlış (değer -'/+2 uS/cm)	1	Reçineler kötü	1	Reçineleri değiştirin
		2	Yv18 valfi düzgün açılmıyor	1	Valfi temizleyin
		3	Yv18 valfi düzgün açılmıyor	1	Deionizasyon değerini yükseltin ve düşürün Sonra orjinal değerine ayarlayın
		4	Yv18 valfi çalışmıyor	1	Valfi kontrol edin
		5	Reçine tüpünün çıkışındaki su basıncı çok düşük	1	M13 pompası arızalı mı? Arızalı ise CT yi arayın
				2	Reçine kötü mü? Gerekiyorsa değiştirin
5	Deio değeri ekranda görülmüyor	1	IF ANALOG kartındaki sigorta atmış	1	Sigortayı kontrol edin
6	Deio değeri ekranda görülmüyor fakat HP basınç sensörleri değer gösteriyor	1	PA/SA kart hatası	1	PA/SA kartını kontrol edin
7	S28 deionizasyon sensörü çalışmıyor	1	Sensörün elektrodu kirli veya arızalı	1	Sensörü kontrol edin
8	"E715 Temiz su seviyesi çok düşük"	1	M16 filtre pompası arızalı	1	Pompayı kontrol et.Arızalı ise CT'yi ara
		2	Dielektrik filtreleri doyuma ulaşmış	1	Filtreleri kontrol edin.Dolmuşsalar değiştirin
		3	S4 / S5 şamandıraları bloke olmuş	1	Şamandıraları elle kontrol edin
9	Basınç sensörlerinden okunan değer ile teknolojinin tavsiye ettiği basınç değeri arasında dikkate değer fark var	1	Yv 14,Yv15,Yv20 ve/veya Yv21 valfleri düzgün çalışmıyor	1	Valfleri temizleyin
		2	Enjeksiyon nozzle'ları pisli veya aşınmış	1	Nozzle'ları kontrol edin
		3	Alt tel kılavuzunun yüksekliği ayarsız	1	Alt kılavuz yüksekliğini ayarlayın

10	Alt ve üst minimum enjeksiyonlar ayarsız	1	Yüksek basınç enjeksiyon pompası M15 arızası	1	Pompayı kontrol et.Arızalı ise CT'yi ara
		2	Yüksek basınç devresinde sızıntı var	1	Sızıntı var mı kontrol edin
11	Üst ve alt yüksek basınç enjeksiyonları açılmıyor	1	Yv14 ve Yv15 valfleri düzgün çalışmıyor	1	Valfleri kontrol edin
		2	M15 ve M3 pompaları çalışmıyor	1	Su seviyesini kontrol edin
				2	S4 ve S5 şamandıralarını kontrol edin
12	Suyun rengi aşırı derecede opak	1	Filtre patlak veya kirli olduğu için su kirlenmiş	1	Filtreleri kontrol edin
		2	Filtre yerine düzgün oturmadığı için su kirlenmiş	1	Filtreleri yerine düzgün oturtun
13	Pompa ünitesi çalışmıyor	1	Devre şalterleri takılıyor	1	Şalterleri kontrol edin
		2	Güç kaynağı arızalı	1	Güç kaynağını kontrol ediniz
14	Pompa ünitesi çalışıyor fakat çıkışı yetersiz	1	Pompanın girişi tıkalı	1	Pompanın girişini kontrol edin
		2	Pompa motorunda paslanma var	1	Motorun paslarını temizleyin
		3	Pompa motorunun kablo bağlantıları sorunlu	1	Motorun kablo bağlantılarını kontrol edin
		4	Pompa motoru çok fazla ısınmış	1	Aşırı ısınan parçaya değiştirin
		5	Pompadaki elemanlar arızalı	1	Pompayı açıp şaftı elle döndürün.Arızalı elemanları değiştirin

İŞLEME ARIZALARI

No	Arıza	No	Sebeb	No	Tavsiye
1	Kaba işlemde yavaş işleme hızı	1	Yanlış işleme modu seçilmiş	1	İşleme modunu kontrol edin
		2	Düşük kaliteli tel	1	Telin kalitesini kontrol edin
		3	Üst/alt enjeksiyonlar yanlış	1	Enjeksiyon değerlerini kontrol edin
				2	GOH ve nozzle ayarını tekrar girin
				3	Nozzle'ları kontrol edin(kirlenmiş/aşınmış)
		4	Kontaklardan kaynaklanan yanlış akım girişi	1	Üst/alt kontakları kontrol edin (aşınmış/temassızlık)
				2	Üst kontağı kontrol edin(EXE-MANUAL: contact on/off)
		5	Kontak tutucusunun hareket edememesinden kaynaklanan yanlış akım girişi	1	Hava geliyor mu kontrol edin. (Y5,Y6 selenoid valflerini)
		6	Üst kontağın düzgün çalışmamasından kaynaklanan yanlış akım girişi	1	Üst kontağı tekrar ayarlayın ve temizleyin
		7	Üst akım kablosu düzgün bağlanmamış	1	Akım kablosunun bağlantısını kontrol edin
		8	Topraklama kabloları düzgün bağlanmamış	1	Topraklama kablolarının bağlantısını kontrol edin
		9	Kontak yeterince ıslanmıyor	1	Kontak ıslaklığını ayarlayın
2	Sonkat(finishing) işlemeden sonra iş parçasında ölçü hatası	1	İşleme değerleri yanlış ayarlanmış	1	İşleme değerlerini kontrol edin
		2	Tel gerginliği teknoloji değerine uygun değil	1	Gerginliği kontrol edin gerekiyorsa ayarlayın
		3	Çevre ve dielektrik sıcaklığı çok yüksek	1	Çevre ve dielektrik sıcaklıklarını kontrol edin
		4	Deionizasyon düzgün değil	1	Deionizasyonu kontrol edin
		5	Tel besleme hızı(WS) kullanılan teknoloji ile aynı değil	1	Teknoloji tablosundan WS yi kontrol edin
		6	Tel kılavuzları aşınmış veya doğru oturtulmamış	1	Kılavuzları kontrol edin
		7	İş parçası tezgaha iyi bağlanmamış	1	İş parçasının tezgaha bağlantısını kontrol edin
		8	Kontaklar aşınmış olabilir	1	Kontakları kontrol edin ve gerekiyorsa değiştirin
		9	Topraklama kabloları gevşemiş olabilir	1	Topraklama kablolarını kontrol edin

3	Sonkat(finishing) işlemeden sonra işparçasında koniklik	1	Tel besleme hızı(WS) hatalı	1	Teknoloji tablosundan WS yi kontrol edin
		2	Açılı kesimdeki sonkat işlemede minimum enjeksiyon çok fazla	1	Manuel olarak enjeksiyonu düşürün
		3	Tel kılavuzunun ayarı bozuk	1	Merkezleme aparatını kullanarak kılavuz ayarını yapın
		4	Aj işleme parametresi iyi ayarlanmamış	1	Aj yi ayarlayınız ve test kesimi yapınız
		5	İş parçası tezgaha iyi bağlanmamış	1	İş parçasının tezgaha bağlantısını kontrol edin
4	Sonkat(finishing) işlemeden sonra İş parçasındaki tel izleri	1	Tel devresinin pisli olmasından kaynaklanan tel gerginliğinin değişmesi	1	Tel devresini temizleyin
		2	Tel tahliye makaralarının aşınmasından kaynaklanan tahliye problemi yüzünden tel gerginliğinin değişmesi	1	Tahliye makaralarını kontrol edin
		3	Tel tahliye makaralarının tele baskısının yanlış olmasından kaynaklanan tel gerginliğinin değişmesi	1	Tahliye makaralarının basınç ayarını yapın
		4	Tel kıvırma dişlisinin teli çekmesinden kaynaklanan tel gerginliğinin değişmesi	1	Pinyon dişlisini kontrol edin ve temizleyin
		5	Tel bobininin bozuk olmasından kaynaklanan tel gerginliğinin değişmesi	1	Tel bobinini kontrol ediniz
		6	Tel sürme motorunun ayarının bozuk olmasından kaynaklanan tel gerginliğinin değişmesi	1	Prosedüre göre tel sürme motorunu ayarlayın
		7	Telin kayıştan veya fren makarasından kaymasından kaynaklanan tel gerginliğinin değişmesi	1	Fren makarasını ve kayışın durumunu kontrol edin
		8	Enjeksiyon ayarsız	1	Enjeksiyonu kontrol edin ve manual ayarlayın
		9	Telin kalitesi kötü	1	Telin kalitesini kontrol edin
5	Açık kesimin sonkat işlemesinde düzensiz dielektrik akışı	1	Nozzle yayı görevini düzgün yapmadığı için dielektrik sıvısı işleme sahasının tamamına püskürtülemiyor	1	Yayın konumunu ve durumunu kontrol edin
6	Kapalı kesimin sonkat işlemesinde düzensiz dielektrik akışı	1	Nozzle yayı görevini düzgün yapmadığı için dielektrik sıvısı işleme aralığının içine püskürtülemiyor	1	Yayın konumunu ve durumunu kontrol edin

7	Sonkat işlemeden sonra konkav yüzey	1	Aj parametresi çok yüksek olduğu için kopartılan materyel çok fazla	1	Aj parametresinin değerini küçültünüz
8	Sonkat işlemeden sonra konveks yüzey	1	Aj parametresi çok düşük olduğu için kopartılan materyel çok az	1	Aj parametresinin değerini büyültünüz
9	İşlenmiş boyutlar hatalı	1	Ofset hatalı	1	Ofseti düzeltin
10	Değişken yükseklikli iş parçaları düzgün işlenmiyor	1	İşleme parametreleri iş parçasının en yüksek kısıma göre ayarlanmamış	1	İşleme parametrelerini işparçasının en yüksek kısmına göre ayarlayın
11	Değişken yükseklikli iş parçalarının sonkat kesiminde tel sık sık kopuyor	1	İşleme parametresi S çok büyük	1	S parametresini ayarlayınız
12	Geniş açılı kesimler düzgün yapılamıyor	1	Nozzle lar yerine iyi oturmamış	1	Nozzle'ların konumunu ve durumunu kontrol edin
		2	Açı değeri iş parçasındaki maksimum açıya göre seçilmemiş	1	Açı değeri olarak iş parçasındaki en büyük açıyı seçin
		3	Seçilen tel açılı kesim için uygun değil	1	Açılı kesim için uygun olan teli seçin
		4	Seçilen teknoloji açılı kesim için uygun değil	1	Açılı kesim için uygun olan teknolojiyi seçin
		5	Tel gerginliği hatalı seçilmiş	1	Teknolojiye göre tel gerginliğini kontrol edin
		6	Kılavuz ayarları bozuk	1	Prosedüre göre kılavuz ayarlarını yapınız
13	Kaba kesimde işleme hızı yavaş	1	B parametresi çok büyük	1	B parametresini düşürün
14	Kaba kesimde tel kopuyor	1	B parametresi çok küçük	1	B parametresini %10 kadar arttırın
15	Geometrik şekil doğru değil	1	Tel gerginliği WB değeri yeterli değil	1	İstenilen doğruluğu sağlayacak şekilde WB yi arttırın
16	İş parçasız işleme hızı düşük	1	Servo S değeri çok düşük	1	S parametresini arttırın
17	A843 geçersiz polarite	1	Polaritenin geçersiz değiştirilmesi	1	Kullanılan polarite işaretine izin verilmiyor. Polaritenin işaretini değiştirin

EKSEN ARIZALARI

No	Arıza	No	Sebeb	No	Tavsiye
1	Makine eksenlerinden biri ve ya bir kaçı hareket etmiyor	1	DC eksen motorlarında arıza olabilir.	1	DC motoru kontrol et arızalı ise CT'yi ara
		2	Eksen hareketlerini engelleyen bir cisim olabilir.	2	Eksenlerin hareketini engelleyen bir cisim olup olmadığını kontrol edin
		3	DC eksen motorlarının takometrelerinde arıza	3	Takometreleri kontrol edin
		4	Eksen cetvellerinde okuma hatası	4	Cetvelleri kontrol edin
		5	APM 5/12/-12/24 V kartında hata	5	APM kartı üzerindeki sigortaları kontrol edin
		6	APM 40V kartında hata	6	APM kartı üzerindeki sigortaları kontrol edin
		7	APMT eksen amplifier kartlarında hata	7	APMT kartlarının yerlerine iyi takılıp takılmadığını kontrol edin
		8	APMT eksen amplifier kartlarında hata	8	APMT kartı üzerindeki sigortaları kontrol edin
		9	APMT eksen amplifier kartlarının konnektör bağlantıları hatalı	9	APMT çıkış konnektörlerini kontrol edin
		10	TV4 Eksen kartlarında hata	10	Eksen kartlarının yerlerine iyi takılıp takılmadığını kontrol edin
		11	TV4 Eksen kartlarında hata	11	Eksen kartlarının çıkış kablo bağlantılarını kontrol edin
		12	APMT ve TV4 Eksen kartlarındaki led kırmızı ise motor arızası	12	CT yi arayın
2	Eksenler mov komutu ile hareket ediyor fakat el kumandası ile hareket etmiyor	1	IF MAC 24 kartında arıza	1	IF MAC 24 kartındaki sigortayı kontrol edin
		2	24 V güç kaynağında arıza	2	Güç kaynağındaki sigortayı kontrol edin
		3	El kumanda kablosunda arıza	3	Kabloyu ve bağlantılarını kontrol edin
		4	El kumantasının butonları arızalı	4	Kumanda butonlarını kontrol edin
		5	El kumandasının kartı arızalı	5	CT'yi ara
3	Limit X,Y,Z,U,V	1	X,Y,U,V,Z yönünde pozitif veya negatif hareketin sonuna gelindi	1	Tablayı ters yönde hareket ettirin
4	X,Y,Z,U,V 'den birinde limit dışı gidiş hatası	1	Eksen boyunca sert bir darbe olmuş	1	Referanslar kaybolmuş ise tekrar alın
				2	Darbe mekanik zarar vermiş mi kontrol edin
				3	Makineyi inisiyalize edin

Eksen Arızaları1

5	X,Y,Z,U,V Motor hatası	1	İlgili eksenin motoru arızalı	1 2	Eksenlerin altına yabancı cisim sıkışmış mı? İlgili eksenin APM devresindeki sigortayı kontrol edin
6	X,Y,Z,U,V 'den birinde aşırı sapma	1	İlgili eksende bir darbe veya oksitlenme olmuş	1 2 3	Eksenlere yabancı bir cisim sıkışmış mı kontrol edin Oksitlenme var mı kontrol edin Referanslar kaybolmuş ise tekrar alın
7	Cetvel(Skala) X,Y,Z,U,V	1	İlgili cetvelin sinyali çok zayıf	1	Makineyi inisiyalize edin ve CT'yi arayın
8	X,Y,Z,U,V 'den birinde hareket hatası	1	Eksenlere yabancı bir cisim takılmış olabilir	1 2 3	Yabancı cisim olmadığından emin olun Manual'de eksen boyunca gidin ve -return contour- yaparak işleminizi tamamlayın Makineyi inisiyalize edin ve işleme başlayın
9	Eksen referansı yok	1	İşe başlanıldığında en az bir eksende referans belirsiz	1	Eksik olan referansı girin EXE modu-reference
10	Ölçme hareket hatası	1	Cetvel enkoderi arızası	1	Cetvel enkoderini kontrol edin

Eksen Arızaları2

KONTROL ÜNİTESİ ARIZALARI

No	Arıza	No	Sebeb	No	Tavsiye
1	Ekran açılmıyor;ön paneldeki beyaz lamba H4 yanmıyor	1	Kabindeki ana şalter QS1 düzgün bir şekilde açılmamış	1	Ana şalter QS1'i açın
		2	Akımı kesen Q1 ve/veya Q11 şalterleri atmış	1	Q1/Q11 şalterlerini kaldırın
		3	24V/2A TF12 sigortası atmış	1	24V/2A TF12 sigortayı kontrol edin
		4	H4 lambası patlamış	1	H4 lambasını kontrol edin
		5	Kabindeki soğutma fanları çalışmıyor	1	Fanları kontrol edin
2	Ekran açılmıyor;ön paneldeki beyaz H4 lambası yanıyor,Yeşil H3 lambası yanmıyor	1	Akımı kesen Q5 ve/veya Q13 şalterleri atmış	1	Q5/Q13 şalterlerini kaldırın
		2	Acil stop düğmesi basılı kalmış	1	Acil stop düğmesini kontrol edin.Basılı ise kaldırın
		3	H3 ve H4 lamba butonları tutukluk yapıyor	1	H3 ve H4 lamba butonlarını kontrol edin
		4	H3 lambası patlamış	1	H3 lambasını kontrol edin
3	Ekran açılmıyor;ön paneldeki beyaz H3 ve H4 lambaları yanıyor	1	UA+SAL+RESTART kartındaki güç besleme hatası	1	UA+SAL+RESTART kartındaki beslemeyi kontrol et
		2	Ekran ayarı bozuk	1	Ekran ayarını yapınız
		3	Ekran kartındaki düz kablo hatası	1	Ekran kartındaki düzkablo soketini kontrol edin
		4	Çevresel birim(peripheral) ve CTRC kart hatası	1	Çevresel birim ve CTRC kartlarının yuvaya düzgün oturmasını sağlayın
4	Ekrandaki görüntü bozuk	1	Ekran ayarı bozuk	1	Ekran ayarını yapınız
		2	Software problemi	1	Software'i tekrar yükleyin
		3	Ekran kablosu CRTC'nin soketi iyi takılmamış	1	CRTC kablosunun soketini kontrol edin
		4	CRTC kartı yuvaya iyi oturmamış	1	CRTC kartını yuvaya iyi takın
5	Makine kesime başlamıyor ve Güç kartı üzerindeki bütün ledler yanıyor ve ekranda hata mesajı yok	1	IFMAC 21 kartındaki 24V/6.3A sigorta arızası	1	IFMAC 21 deki 6.3A'lik sigortayı kontrol edin
		2	PİLOT I/O kartı yerine iyi oturmamış	1	PILOT I/O kartını yuvaya iyi oturtun
		3	Güç kabinindeki 24V/16A sigorta arızası	1	Kabindeki 24V/16A sigortasını kontrol edin
6	Ön panel tuşları çalışmıyor	1	Ön panel haberleşme hattı düzgün bağlanmam	1	Haberleşme hattını söküp tekrar takın
		2	Peripheral kartı iyi takılmamış	1	Kartın yuvaya düzgün oturmasını sağlayın
		3	Ön panelin sağındaki bağlantı kablosu iyi takılmamış	1	Bağlantı kablosunu kontrol edin
		4	Software problemi	1	Software'i tekrar yükleyin
7	Klavye çalışmıyor, klavyedeki	1	Klavye kablosu arızalı	1	Kabloyu çıkarıp takın

	kırmızı lamba sönük	2	Peripheral kartı iyi takılmamış	1	Kartın yuvaya düzgün oturmasını sağlayın
		3	CCU COM kartı iyi takılmamış	1	Kartın yuvaya düzgün oturmasını sağlayın
		4	Software problemi	1	Software'i tekrar yükleyin
8	Disket sürücü çalışmıyor	1	Sürücünün kablo bağlantısı iyi değil	1	Sürücü kablosunu çıkarıp takın
		2	Güç bağlantısı kesilmiş olabilir	1	Besleme enerjisini kontrol edin
		3	IF 3 1/2" kartı iyi takılmamış	1	IF 3 1/2" kartını yerine düzgün oturtun
9	Disket yok E562	1	Disket yok veya kullanılan disket hatalı	1	Disketi kontrol edin.
				2	Disketi değiştirin
10	Dahili hata E650,E651,E652,E653	1	Software problemi	1	Makineyi inisiyalize edin
				2	Komünikasyon software'ini tekrar yükleyin
11	Dahili hata E654	1	CCU EXE kartında kesintiler var	1	Makineyi inisiyalize edin
				2	Komünikasyon software'ini tekrar yükleyin
12	Dahili hata E655,656	1	Hafızada bozukluk var	1	Makineyi inisiyalize edin
				2	Oto diyagnostiği çalıştırın
13	Dahili hata E657,E662	1	Software hatalı	1	Makineyi inisiyalize edin
				2	Oto diyagnostiği çalıştırın
14	Makina hatası E658	1	CCU-PIL kartı cevap vermiyor	1	CCU-PIL kartını ve bağlantılarını kontrol edin.
				2	Oto diyagnostiği çalıştırın.
15	Dahili hata E659	1	Makine aynı anda iki operasyonu çok kısa sürede kesmeye çalışıyor	1	İşlemi tekrar başlatın
				2	Makineyi inisiyalize edin
16	Dahili hata E780,E781,E782,E783, E784,E785	1	Eksen kartında hata var	1	Makineyi inisiyalize edin
				2	Oto diyagnostiği çalıştırın
17	Dahili transfer hatası E699	1	CCU'lar arasında iletişim problemi	1	Komünikasyon software'ini tekrar yükleyin
				2	Peripheral kartını kontrol edin
				3	Oto diyagnostiği çalıştırın
18	Makine hatası E664	1	Eksenden kaynaklanan tel gevşekliği	1	Eksenin hareketini engelleyen bir cisim olmadığından emin olun
				2	Makineyi inisiyalize edin.İşleminizi yapın
				3	Hata simulasyonda hala varsa simulasyon hızını(VSIM) düşürün
19	Makina hatası E689	1	Makine kumanda modunu çok çabuk değiştirmeye çalışıyor	1	Operasyonu tekrar başlatın
				2	Makineyi inisiyalize edin
20	El kumanda aleti arızalı E700	1	Kumanda aletinde bir tuş basılı kalmıştır	1	Tuşları kontrol edin
				2	Kumanda aletine dokunmadan "Manual"

		2	IFMAC kartındaki sigorta arızası	1	menüsüne dönün IFMAC taki sigortayı kontrol edin
21	EPROM hatası E714, E918	1	CCU EXE kartındaki EPROM arızalı	1 2	Makineyi inisiyalize edin INFO modunda -service-deki EXE software versiyonunu not edin ve CT'yi arayın
22	Ana voltaj çok yüksek E908	1	Üç fazlı şebekede %+10 yükselme var	1	Ana voltajı kontrol et.Operasyona devam etmek için elektrik kabinindeki devre kesicileri çalıştır
23	Ana voltaj çok düşük E909	1	Üç fazlı şebekede % -15 düşüş var	1	ana voltajı kontrol et.Q2 ve Q4 ü resetleyin
24	UPA'da limit hatası E911	1	UPA da limit hatası hata var	1 2 3	Kartın yerine düzgün oturmasını sağlayın Makineyi inisiyalize edin Oto diyagnostiği çalıştırın
25	Regülatör arızaları E907,E913,E915	1	UPR 4,UPR 1 ve UPR 2 kartlarının regülasyonunda hata var	1 2 3	UPR 1,2,4 'ün yerlerine iyi oturmasını sağlayınız Makineyi inisiyalize edin Oto diyagnostiği çalıştırın.
26	Komünikasyon hataları E910,E912, E914	1	UPA,UPR1,UPR2 kartlarında arıza var	1 2 3	Kartların yerine düzgün oturmasını sağlayın Makineyi inisiyalize edin Oto diyagnostiği çalıştırın
27	Güç ünitesinin sıcaklık hatası E916	1 2 3	Kabindeki filtreler kirli olduğu için güç kartlarındaki sıcaklık 55°C nin üzerine çıkmış Q7 şalteri arızalı Kabindeki fanlar arızalı veya durumları kötü	1 1 1	Kabindeki filtreleri kontrol edin.Sıcaklık 30 derecenin altında olmalı Q7 şalterini kontrol edin Fanların çalışıp çalışmadığını kontrol edin
28	Motor amplifikatörünün sıcaklık arızası E917	1	Amplifikatörde sıcaklık 45 derecenin üzerinde	1	Kabindeki filtreleri kontrol edin.Sıcaklık 30 derecenin altında olmalı
29	Dahili hata E922-E926 ve E930-936	1	Dahili hata	1 2	Makineyi inisiyalize edin Oto diyagnostiği çalıştırın
30	PA/SA kart hatası E927	1	PA/SA kartı arızalı	1 2 3	Kartın yerine düzgün oturmasını sağlayın Makineyi inisiyalize edin Oto diyagnostiği çalıştırın

31	Kontrol E998	1	Kontrol hatası	1	Komünikasyon software'ini tekrar yükleyin "Check" mesajından sonra beliren harfi ve operasyonunuzun değerlerini not edin ve CT yi arayın
32	UPA limit hatası E911	1	UPA kartında limit hatası	1 2 3	Kartın yerine düzgün oturmasını sağlayın Makineyi inisiyalize edin Oto diyagnostiği çalıştırın
33	Motor durdu E565	1	Disket sürücüsünde problem	1	Disket sürme işlemini prosedüre göre kontrol et
34	Hava basıncı yetersiz	1	Ana hava basıncı 5 barın altında	1	Makinaya gelen hava basıncını kontrol edin

TEL İLE İLGİLİ ARIZALAR

No	Arıza	No	Sebeb	No	Tavsiye
1	İşleme esnasında tel kopuyor	1	Seçilen işleme parametreleri yanlış	1	İşleme parametrelerini teknoloji tablosundakilerle karşılaştır
		2	Kullanılan enjeksiyon nozzle'ı yanlış	1	Uygun nozzle kullan
		3	Tel teknolojisi yanlış	1	İş parçası ve tel için doğru teknolojiyi seç
2	Tel iş parçasının üst tarafında veya üst kafada kopuyor	1	Üst kafa ayarsız	1	Üst kafanın ayarını kontrol edin.Ve GOH ile nozzle ayarını tekrar girin
		2	Üst kontağın ıslatması çok zayıf	1	Islatmayı ayarlayın
		3	Kontaklarda problem var	1	Kontakların kalitesini, aşınma durumunu ve temasını kontrol edin
		4	İş parçasının üst yüzeyi oksitli	1	İş parçasının üst yüzeyini temizleyin
		5	Enjeksiyon değerleri yanlış olduğu için	1	Enjeksiyon değerlerini teknolojiye göre kontrol edin veya elle ayarlayın
		6	Nozzle'lar aşındığı ve/veya kirli olduğu için üst enjeksiyon ayarsız	1	Nozzle'ları kontrol edin
3	Tel iş parçasının merkezinde kopuyor	1	Enjeksiyon ayarları yanlış olduğu için üst/alt enjeksiyonlar çok zayıf veya yok	1	Enjeksiyon ayarlarını kontrol edin
		2	Tanktaki dielektrik yetersiz olduğu için veya pompa arızalı olduğu için dielektrik akışı düzensiz	1	Tankta yeterli dielektrik var mı kontrol et
				2	Pompa çalışıyor mu?Çalışmıyorsa CT'yi ara
		3	Kontaklarda problem var	1	Kontakların kalitesini, aşınma durumunu ve temasını kontrol edin
		4	Tel gerginliği çok yüksek veya değişken	1	Tensiometre ile kontrol et
		5	İşleme parametresi TAC çok yüksek	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa ayarla
		6	İşleme parametresi FF çok düşük	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa ayarla
		7	İşleme parametresi B çok düşük	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa ayarla
		8	İşleme parametresi Aj çok düşük	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa ayarla
		9	İşleme parametresi A çok yüksek	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa ayarla
		10	Telin kalitesi kötü	1	Tel kalitesini kontrol et
		11	Telin akış hızı çok yavaş	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa ayarla
4	Tel iş parçasının altında veya alttaki teli çeken makaraların içinde kopuyor	1	Alt kontak ıslatması çok zayıf	1	Islatmayı ayarlayın
		2	Kontaklar ve fırçalar aşınmış	1	Kontakları ve fırçaları kontrol edin

		3	Tel gerginliği çok yüksek	1	Tensiometre ile kontrol et
		4	Enjeksiyon değerleri yanlış olduğu için alt enjeksiyonlar ayarsız	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa manuel ayarla
		5	Nozzle'lar aşındığı ve/veya kirli olduğu için alt enjeksiyon ayarsız	1	Nozzle'ları kontrol edin
		6	Telin çekilme hızı çok yavaş	1	Teknolojiye göre kontrol et gerekiyorsa ayarla
		7	Alt kafa kirli	1	Nozzle ve kılavuzu temizleyin
		8	Üst kontak bağlantıları kirli veya gevşek olduğu için akım yetersiz	1	Bağlantıları temizleyin ve sıkın
		9	Alt kontak bağlantıları kirli veya gevşek olduğu için akım yetersiz	1	Bağlantıları temizleyin ve sıkın
		10	Üst ve alt akım kabloları gevşek	1	akım kablolarını sıkın
5	Tel kopuk değil, tel çekme motoru çalışıyor fakat "tel kopuk"mesajı var	1	Tel sıkışmış	1	Üst kafa kılavuzunu temizleyin
		2	Tel çekme makaraları serbestçe dönmüyor	1	Makaraların serbestçe dönmesini sağlayın
		3	Fren ayarları hatalı	1	Fren ayarlarını kontrol edin
		4	Fren motoru arızalı	1	Kontrol kabininin enerjisini kesin.Fren makarası RH'yi elle döndür.Dönmüyorsa CT'yi arayın
		5	Fren kayışı aşınmış veya kopmuş	1	Fren kayışını değiştir
		6	Tahliye makaraları aşınmış	1	Makaraların yönünü değiştir veya yenisi ile değiştir
		7	Tahliye makaralarının ayarı bozuk	1	Prosedüre göre makaraları ayarla
		8	Telin kalibrasyonu bozuk	1	Telin kalibrasyonunu tekrar yap (WIRE-SETUP)
		9	Teli algılayan encoder arızalı	1	Sigortaları kontrol edin
				2	Enkoderi kontrol edin
				3	Tel makarasından sonra tel sürmede ani değişimler oluyorsa CT'yi ara
6	Tel kopuk ve tel çekme motoru çalışıyor	1	Kılavuzları, safirleri ve enjeksiyon nozzle'larını kirli	1	Üst kafayı temizleyin
		2	Tel çekme makaraları serbestçe	1	Makaraların serbestçe dönmesini sağlayın

7	Tel çekme motoru M11 çalışmıyor	1	40 volt gerilim gelmiyor	1	40V/16A'lik ana sigortayı kontrol edin
		2	Tel çekme motorunun kontrolünde sorun var	1	APMT kartındaki 5A'lik sigortayı kontrol edin
				2	E,F,ALF eksen kartındaki ledleri kontrol edin.Kırmızı iseler CTyi arayın
8	Tel yetersiz çekiliyor	1	Tel tablosu hatalı	1	Kullanılan tel ile karşılaştırarak tabloyu kontrol edin
		2	Tel gerginliği hatalı	2	Tel gerginliğini kontrol edin
		3	Fren makarası arızalı	1	Fren makarasını kontrol edin
		4	Fren çalışmıyor	1	Tel çekme esnasında fren blokaj yapıyor mu kontrol edin
		5	Telin kalitesi kötü	1	Tel kalitesini kontrol edin
		6	Enkoder parametreleri hatalı	1	Enkoder parametrelerini kontrol edin
		7	Makara yüksekliği yanlış	1	Makara yüksekliğini kontrol edin EXE-CYCLE-Service:Pulley height must be :720
9	Tel çekme hatası, tel alt kılavuzdan geçemiyor	1	Alt kılavuz kirli	1	Alt kılavuzu temizleyin
		2	Tel çekme(geçirme) parametreleri hatalı	1	Parametreleri düzeltin EXE-SERVİCE-WIRE PARAMETERS
		3	Tel çekme parametresi "pulley height" hatalı	1	Parametreyi düzeltin.EXE-CYCLE-Service: Pulley heigth must be:720
10	Tel çekme hatası, tel üst kılavuzdan geçemiyor	1	Üslt kılavuz kirli	1	Üst kılavuzu temizleyin
		2	Tel çekme devresinde tutukluk var	1	Tutukluk yapan parçaları bulun
		3	Kirlilik yüzünden kontak geri itilemiyor	1	Elle kontağı hareket ettirin ve geri çekin, parçaları temizleyin
		4	Pnömatik valf Y4 arızalı olduğu için kontak geri itilemiyor	1	Y4 valfini kontrol edin.Çalışmıyorsa CTyi arayın
11	Tel çekme hatası	1	Tel sıkışmış veya kopmuş	1	Kılavuzları temizleyin
		2	Software sorunu	1	Makinayı kapatın ve açın
12	Tel bobini hiç dönmüyör veya düzenli dönmüyor	1	Makara kayışının dişleri aşınmış veya makara kayışı yırtılmış	1	Makara kayışını değiştirin
		2	Tel kopmuş	1	Elle yeni teli çekin
		3	Tel sürme motoru M12 dönmüyor	1	Kontrol kabinindeki 40V/16A'lik sigortayı

					ve APM ALF kartındaki 5A'lik sigortayı kontrol edin
13	Tel bobini hatası E717	1	Makarayı süren dengeleme kolu ayarsız	1	Dengeleme kolunun ayarını yapın
14	Durmuş olması gerekirken tel bobini sürülüyor	1	Tel sürme motorunun ofset ayarı hatalı	1	Ofset ayarını yapın
15	Tel çekme bloğu düzenli çalışmıyor	1	Tel çekme motorunun kayışı aşınmış veya yırtılmış	1	Tel çekme motorunun kayışını değiştirin
16	Tel sürekli kısa devre ve makine çalışmıyor	1	Tel iş parçasına değiyor	1	Telin iş parçasına değmemesini sağlayın Pislikleri temizleyin
		2	Tel üst/alt kılavuzların metal kısmına değiyor	1	Kılavuzları temizleyin.Kırık iseler değiştirin
		3	Ölçme kablosu UUS kabindeki kablo kafasına düzgün bağlı değil	1	Ölçme kablosunun bağlantısını kontrol edin
17	Telde kısa devre hatası E669	1	Tel iş parçasına değiyor	1	Teli iş parçasından ayırın
18	Tel çarpıyor hatası E661	1	Tel iş parçasına değiyor	1	Teli iş parçasından ayırın
19	Tel tahliye hatası E748	1	Kullanılmış tel makinanın gövdesine değiyor	1	Teli tahliye makaralarına yerleştirin
20	Elektrik sensör hatası E666	1	Tel iş parçasına değmediği halde değiyor görünüyor	1	Teli tekrar iş parçasına dokundur
				2	Telin kısa devre olup olmadığını kontrol edin
				3	İş parçasının temizliğini,telin kalitesini, deionizasyonu kontrol edin
				4	Makinaya bakım yapın
		2	Alt kafa körüğüne dielektrik birikmiş	1	Tahliye deliği tıkalı ise açın
21	Tel tablosu aktif değil hatası E749	1	Tel tablosu okunmuyor	1	Tel tablosunu yeniden yükleyin
				2	Sadece tel tablosunu yazın EXE<edit tables>
				3	Software'i tekrar yükleyin
				4	CT'yi arayın
22	EXE-MEASURING sayfasında tel diklik durumu kapalı(OFF)	1	Tel diklik ayarı yok veya hatalı	1	Kılavuz ayarını prosedüre göre yapın
23	Fren ayarı geçersiz E680	1	Fren kalibrasyonu yapılamıyor	1	Fren kalibrasyon değerlerini ölçün ve prosedüre göre kaydedin
				2	CT'yi arayın
24	Telin pozisyonu parçaya göre düzgün değil	1	DC eksen motorları arızalı	1	Dc motoru kontrol et arızalı ise CT'yi ara
		2	Motor kayışının dişleri aşınmış veya	1	Motor kayışını değiştirin

	yırtılmış		
3	DC eksen motorlarının takometreleri arızalı	1	Takometreleri kontrol edin
4	Cetvel arızalı	1	Cetveli kontrol edin
5	AXET ve AMPT kartları arızalı	1	AXET ve AMPT kartlarını kontrol edin

ÖLÇÜM ARIZALARI

No	Arıza	No	Sebeb	No	Tavsiye
1	Ölçme esnasında elektrik dokunma hatası	1	MTOL parametresinin değeri küçük (Standart=10um)	1	MTOL parametresini büyültün EXE-USER parameters
		2	İş parçasının yüzeyi oksitlenmiş	1	Oksitli yüzeyleri temizleyin
		3	Reçine kötü olduğu için deionizasyon çok yüksek	1	Reçineyi değiştirin
		4	Deionizasyon değeri yanlış ayarlandığı için deionizasyon çok düşük (Standart=15+2/-2)	1	Deionizasyon değerini 15 yapın
		5	Telin kalitesi kötü	1	Telin kalitesinden emin olun
		6	Fren parametresi(WB) hatalı(normal=1)	1	Fren değerini WB=1 yapın
		7	Tel hızı değeri(WS) hatalı(normal=5)	1	Tel hızı değerini WS=5m/min yapın
		8	Kontaklar kalitesi kötü veya aşınmış	1	Kontakları kontrol edin
		9	Üst/alt kontak ıslatmaları yetersiz	1	Üst/alt kontak ıslatmalarını kontrol edin
		10	ET parametresi yanlış olduğu için dokunma tipi yanlış(varsayılan=1)	1	ET'yi 1 veya 2 yapın.EXE-SERVİCE-Execution parameters:ET to 1 or 2)
2	Tolerans hatası E703	1	MTOL parametresinin değeri küçük (Standart=10um)	1	MTOL parametresini büyültün EXE-USER parameters
		2	İş parçasının yüzeyi oksitlenmiş	1	Oksitli yüzeyleri temizleyin
		3	ET parametresi yanlış olduğu için dokunma tipi yanlış(varsayılan=1)	1	ET'yi 1 veya 2 yapın.EXE-SERVİCE-Execution parameters:ET to 1 or 2)
3	Ölçüm tolerans dışında E073	1	Elektriki dokunmada, gerçek değer ile algılayıcının okuduğu değer arasındaki fark MTOL'dan daha fazla	1	Teli(elektrodu) ve iş parçasını temizleyin
				2	MTOL parametresini değiştirin

EK-B CNCEXP uzman sisteminin program kodları

```
unit Main;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ComObj, ComCtrls, Buttons, ExtCtrls;

const
  _App_Name = 'CNCEXPERT';
  _App_Fullname = 'CNC Uzman Sistem';
  _App_Copyright_Owner = 'Trakya Üniversitesi';
  _App_Copyright_Copyright = 'Telif Hakkı © 2006';
  _App_InputFilename = 'CNCEXP.xls';

type
  TMainForm = class(TForm)
    lCopyright: TLabel;
    ProgramImage: TImage;
    pcMain: TPageControl;
    ts01: TTabSheet;
    Label1: TLabel;
    lTypes: TLabel;
    lbTypes: TListBox;
    ts02: TTabSheet;
    Label2: TLabel;
    lbFailures: TListBox;
    lFailures: TLabel;
    Label3: TLabel;
    lbCauses: TListBox;
    lCauses: TLabel;
    Label4: TLabel;
    lbRecs: TListBox;
    lRecs: TLabel;
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure FormDestroy(Sender: TObject);
    procedure lbTypesClick(Sender: TObject);
    procedure lbFailuresClick(Sender: TObject);
    procedure lbCausesClick(Sender: TObject);
    procedure lbRecsClick(Sender: TObject);
    procedure lbTypesDblClick(Sender: TObject);
    procedure lbFailuresDblClick(Sender: TObject);
    procedure lbCausesDblClick(Sender: TObject);
    procedure lbRecsDblClick(Sender: TObject);
    procedure FormActivate(Sender: TObject);
    procedure ProgramImageDblClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
    procedure DisableAllControls;
    procedure UpdateFailures;
```

```
    procedure UpdateCauses;
    procedure UpdateRecs;
  end;

var
  MainForm: TMainForm;

implementation

{$R *.dfm}

uses Error, About;

type

  PFailureType = ^TFailureType;
  TFailureType = record
                   ID: Integer;
                   Name: String[255];
                   RowRef: Integer;
                 end;
  PFailure = ^TFailure;
  TFailure = record
               ID: Integer;
               TypeRef: Integer;
               Name: String[255];
               RowRef: Integer;
             end;
  PCause = ^TCause;
  TCause = record
             ID: Integer;
             FailureRef: Integer;
             Name: String[255];
             RowRef: Integer;
           end;
  PRec = ^TRec;
  TRec = record
               ID: Integer;
               CauseRef: Integer;
               Name: String[255];
               RowRef: Integer;
             end;


var
  ExcelApp: Variant;
  ExcelWorkbook, ExcelWorksheet: Variant;
  ExcelWasAlreadyActive: Boolean;
  Connected: Boolean;
  DataLoaded: Boolean;

  FailureTypes, Failures, Causes, Recs: TList;
```

```
  ErrorList: TStringList;
  SelFailureType, SelFailure, SelCause, SelRec: Integer;

function Min4Digit(X: Integer): String;
begin
  try
    Result := IntToStr(X);
  except
    Result := '';
  end;
  if Length(Result) = 0 then Result := '0000' else
  if Length(Result) = 1 then Result := '000' + Result else
  if Length(Result) = 2 then Result := '00' + Result else
  if Length(Result) = 3 then Result := '0' + Result;
end;

{  }
procedure TMainForm.DisableAllControls;
begin
  lbTypes.Enabled := FALSE;
  lbFailures.Enabled := FALSE;
  lbCauses.Enabled := FALSE;
  lbRecs.Enabled := FALSE;
end;


procedure CheckFailureType(var ID: Integer);
var
  i: Integer;
begin
  for i := 0 to FailureTypes.Count-1 do
      begin
        if PFailureType(FailureTypes.Items[i])^.ID = ID then
           begin
             ID := 0;
             Break;
           end;
        Application.ProcessMessages;
      end;
end;


procedure CheckFailure(var ID: Integer; T: Integer);
var
  i: Integer;
  Found: Boolean;
begin
  if T = 0 then
     begin
       ID := 0;
       Exit;
     end;
```

```
  for i := 0 to Failures.Count-1 do
     begin
      if PFailure(Failures.Items[i])^.ID = ID then
         begin
           ID := 0;
           Break;
         end;
       Application.ProcessMessages;
     end;
  if ID > 0 then
    begin
      Found := FALSE;
      for i := 0 to FailureTypes.Count-1 do
         begin
           if PFailureType(FailureTypes.Items[i])^.ID = T then
              begin
                Found := TRUE;
                Break;
              end;
           Application.ProcessMessages;
         end;
      if not Found then ID := 0;
    end;
end;


procedure CheckCause(var ID: Integer; F: Integer);
var
  i: Integer;
  Found: Boolean;
begin
  if F = 0 then
    begin
      ID := 0;
      Exit;
    end;
  for i := 0 to Causes.Count-1 do
     begin
      if PCause(Causes.Items[i])^.ID = ID then
         begin
           ID := 0;
           Break;
         end;
       Application.ProcessMessages;
     end;
  if ID > 0 then
    begin
      Found := FALSE;
      for i := 0 to Failures.Count-1 do
         begin
           if PFailure(Failures.Items[i])^.ID = F then
              begin
```

```
              Found := TRUE;
              Break;
            end;
          Application.ProcessMessages;
        end;
      if not Found then ID := 0;
    end;
end;


procedure CheckRec(var ID: Integer; C: Integer);
var
  i: Integer;
  Found: Boolean;
begin
  if C = 0 then
    begin
      ID := 0;
      Exit;
    end;
  for i := 0 to Recs.Count-1 do
     begin
       if PRec(Recs.Items[i])^.ID = ID then
         begin
           ID := 0;
           Break;
         end;
       Application.ProcessMessages;
     end;
  if ID > 0 then
    begin
      Found := FALSE;
      for i := 0 to Causes.Count-1 do
         begin
           if PCause(Causes.Items[i])^.ID = C then
             begin
               Found := TRUE;
               Break;
             end;
           Application.ProcessMessages;
         end;
      if not Found then ID := 0;
    end;
end;


function GetID(S: String): Integer;
var
  P1, P2: Integer;
  SS: String;
begin
  Result := 0;
```

```
  if S = '' then Exit;
  P1 := Pos('[', S);
  P2 := Pos(']', S);
  SS := Copy(S, P1+1, P2-P1-1);
  try
    Result := StrToInt(SS);
  except
  end;
end;


procedure TMainForm.UpdateFailures;
var
  i: Integer;
  PF: PFailure;
  S: String;
begin
  if lbTypes.ItemIndex >= 0 then
     begin

       SelFailureType := GetID(lbTypes.Items[lbTypes.ItemIndex]);

       lbFailures.Items.BeginUpdate;
       lbFailures.Items.Clear;
       for i := 0 to Failures.Count-1 do
          begin
            PF := Failures.Items[i];
            if PF^.TypeRef = SelFailureType then
               begin
                 S := '[' + Min4Digit(PF^.ID) + '] ' + PF^.Name;
                 lbFailures.Items.Add(S);
               end;
            Application.ProcessMessages;
          end;
       lbFailures.Items.EndUpdate;
       lFailures.Caption := IntToStr(lbFailures.Items.Count);
       if lbFailures.Items.Count > 0 then lbFailures.ItemIndex := 0;
     end else
  if lbTypes.Items.Count > 0 then lbTypes.Clear;
end;


procedure TMainForm.UpdateCauses;
var
  i: Integer;
  PC: PCause;
  S: String;
begin
  if lbFailures.ItemIndex >= 0 then
     begin

       SelFailure := GetID(lbFailures.Items[lbFailures.ItemIndex]);
```

```
      lbCauses.Items.BeginUpdate;
      lbCauses.Items.Clear;
      for i := 0 to Causes.Count-1 do
         begin
           PC := Causes.Items[i];
           if PC^.FailureRef = SelFailure then
             begin
               S := '[' + Min4Digit(PC^.ID) + '] ' + PC^.Name;
               lbCauses.Items.Add(S);
             end;
           Application.ProcessMessages;
         end;
      lbCauses.Items.EndUpdate;
      lCauses.Caption := IntToStr(lbCauses.Items.Count);
      if lbCauses.Items.Count > 0 then lbCauses.ItemIndex := 0;
    end else
  if lbFailures.Items.Count > 0 then lbFailures.Clear;
end;


procedure TMainForm.UpdateRecs;
var
  i: Integer;
  PR: PRec;
  S: String;
begin
  if lbCauses.ItemIndex >= 0 then
    begin

      SelCause := GetID(lbCauses.Items[lbCauses.ItemIndex]);

      lbRecs.Items.BeginUpdate;
      lbRecs.Items.Clear;
      for i := 0 to Recs.Count-1 do
         begin
           PR := Recs.Items[i];
           if PR^.CauseRef = SelCause then
             begin
               S := '[' + Min4Digit(PR^.ID) + '] ' + PR^.Name;
               lbRecs.Items.Add(S);
             end;
           Application.ProcessMessages;
         end;
      lbRecs.Items.EndUpdate;
      lRecs.Caption := IntToStr(lbRecs.Items.Count);
      if lbRecs.Items.Count > 0 then lbRecs.ItemIndex := 0;
    end else
  if lbCauses.Items.Count > 0 then lbCauses.Clear;
end;

procedure TMainForm.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin

  Caption := _App_Name;
  lCopyright.Caption := _App_Fullname + #13#10 +
                        _App_Copyright_Copyright + ', ' + _App_Copyright_Owner;
  DataLoaded := FALSE;
  SelFailureType := 0;
  SelFailure := 0;
  SelCause := 0;
  SelRec := 0;
end;

procedure TMainForm.FormDestroy(Sender: TObject);
begin

  ErrorList.Free;
  FailureTypes.Free;
  Failures.Free;
  Causes.Free;
  Recs.Free;

  if Connected then
    try
      if not VarIsNull(ExcelWorksheet) then ExcelWorksheet := UnAssigned;
      if not VarIsNull(ExcelWorkbook) then ExcelWorkbook := UnAssigned;

      if not ExcelWasAlreadyActive then
        try
          ExcelApp.Quit;
        except
        end;
      ExcelApp := UnAssigned;
    except
    end;
end;

procedure TMainForm.lbTypesClick(Sender: TObject);
begin

  Screen.Cursor := crHourglass;
  Application.ProcessMessages;
  UpdateFailures;
  UpdateCauses;
  UpdateRecs;
  Screen.Cursor := crDefault;
end;

procedure TMainForm.lbFailuresClick(Sender: TObject);
begin

  Screen.Cursor := crHourglass;
  Application.ProcessMessages;
```

```
  UpdateCauses;
  UpdateRecs;
  Screen.Cursor := crDefault;
end;

procedure TMainForm.lbCausesClick(Sender: TObject);
begin

  Screen.Cursor := crHourglass;
  Application.ProcessMessages;
  UpdateRecs;
  Screen.Cursor := crDefault;
end;

procedure TMainForm.lbRecsClick(Sender: TObject);
begin

  Screen.Cursor := crHourglass;
  Application.ProcessMessages;
  if lbRecs.ItemIndex >= 0 then SelRec := GetID(lbRecs.Items.Strings[lbRecs.ItemIndex]);
  Screen.Cursor := crDefault;
end;

procedure TMainForm.lbTypesDblClick(Sender: TObject);
begin

  if lbTypes.ItemIndex >= 0 then MessageDlg(lbTypes.Items[lbTypes.ItemIndex], mtInformation,
[mbOk], 0);
end;

procedure TMainForm.lbFailuresDblClick(Sender: TObject);
begin

  if lbFailures.ItemIndex >= 0 then MessageDlg(lbFailures.Items[lbFailures.ItemIndex],
mtInformation, [mbOk], 0);
end;

procedure TMainForm.lbCausesDblClick(Sender: TObject);
begin

  if lbCauses.ItemIndex >= 0 then MessageDlg(lbCauses.Items[lbCauses.ItemIndex],
mtInformation, [mbOk], 0);
end;

procedure TMainForm.lbRecsDblClick(Sender: TObject);
begin

  if lbRecs.ItemIndex >= 0 then MessageDlg(lbRecs.Items[lbRecs.ItemIndex], mtInformation,
[mbOk], 0);
end;

procedure TMainForm.FormActivate(Sender: TObject);
```

```
var
  S: String;
  ID, TRef, FRef, CRef: Integer;
  CheckPoint: Integer;
  Row: Integer;
  PFT: PFailureType;
  PF: PFailure;
  PC: PCause;
  PR: PRec;
begin
  if DataLoaded then Exit;
  MainForm.Update;
  Application.ProcessMessages;
  ExcelWasAlreadyActive := FALSE;
  Connected := FALSE;
  CheckPoint := 0;

  ErrorList := TStringList.Create;

  try
    ExcelApp := GetActiveOleObject('Excel.Application');
    ExcelWasAlreadyActive := TRUE;
    Connected := TRUE;
  except
  end;

  if not Connected then
    try
      ExcelApp := CreateOleObject('Excel.Application');
      Connected := TRUE;
    except
      on E: EOleSysError do
        begin
          ErrorList.Add('Excel.Application nesnesi yaratılamadı.');
          ExcelApp := NULL;
        end;
    end;

  if Connected then
    try
      CheckPoint := 1;
      S := ExtractFilePath(Application.ExeName) + _App_InputFilename;
      ExcelWorkbook := ExcelApp.Workbooks.Open(S, EmptyParam, FALSE, EmptyParam,
                       EmptyParam, EmptyParam, EmptyParam, EmptyParam, EmptyParam,
                       EmptyParam, EmptyParam, EmptyParam, FALSE, EmptyParam, EmptyParam);

      CheckPoint := 2;
      ExcelWorksheet := ExcelWorkbook.Worksheets[1];
      FailureTypes := TList.Create;
      Row := 2;
```

```
    repeat
      New(PFT);
      S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 1].Value);
      if S = '' then ID := -1 else
        try
          ID := StrToInt(S);
          if ID < 0 then ID := 0;
        except
          ID := 0;
        end;
      if ID > 0 then CheckFailureType(ID);
      if ID = 0 then ErrorList.Add(IntToStr(Row) + '. satırdaki Arıza/Hata Türü okunamadı veya
hatalı.') else
      if ID > 0 then
        begin
          PFT^.ID := ID;
          S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 2].Value);
          PFT^.Name := S;
          PFT^.RowRef := Row;
          S := '[' + Min4Digit(ID) + '] ' + S;
          lbTypes.Items.Add(S);
          FailureTypes.Add(PFT);
        end;
      Row := Row + 1;
      Application.ProcessMessages;
    until ID = -1;
    lTypes.Caption := IntToStr(lbTypes.Items.Count);

    CheckPoint := 3;
    ExcelWorksheet := ExcelWorkbook.Worksheets[2];
    Failures := TList.Create;
    Row := 2;
    repeat
      New(PF);
      S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 1].Value);
      if S = '' then ID := -1 else
        try
          ID := StrToInt(S);
          if ID < 0 then ID := 0;
        except
          ID := 0;
        end;
      S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 2].Value);
      try
        TRef := StrToInt(S);
      except
        TRef := 0;
      end;
      if ID > 0 then CheckFailure(ID, TRef);
      if ID = 0 then ErrorList.Add(IntToStr(Row) + '. satırdaki Arıza okunamadı veya hatalı.') else
      if ID > 0 then
```

```
          begin
            PF^.ID := ID;
            PF^.TypeRef := TRef;
            PF^.RowRef := Row;
            S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 3].Value);
            PF^.Name := S;
            Failures.Add(PF);
          end;
        Row := Row + 1;
        Application.ProcessMessages;
      until ID = -1;

      CheckPoint := 4;
      ExcelWorksheet := ExcelWorkbook.Worksheets[3];
      Causes := TList.Create;
      Row := 2;
      repeat
        New(PC);
        S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 1].Value);
        if S = '' then ID := -1 else
          try
            ID := StrToInt(S);
            if ID < 0 then ID := 0;
          except
            ID := 0;
          end;
        S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 2].Value);
        try
          FRef := StrToInt(S);
        except
          FRef := 0;
        end;
        if ID > 0 then CheckCause(ID, FRef);
        if ID = 0 then ErrorList.Add(IntToStr(Row) + '. satırdaki Arıza Sebebi okunamadı veya
hatalı.') else
        if ID > 0 then
          begin
            PC^.ID := ID;
            PC^.FailureRef := FRef;
            PC^.RowRef := Row;
            S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 3].Value);
            PC^.Name := S;
            Causes.Add(PC);
          end;
        Row := Row + 1;
        Application.ProcessMessages;
      until ID = -1;

      CheckPoint := 5;
      ExcelWorksheet := ExcelWorkbook.Worksheets[4];
      Recs := TList.Create;
      Row := 2;
```

```
      repeat
        New(PR);
        S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 1].Value);
        if S = '' then ID := -1 else
          try
            ID := StrToInt(S);
            if ID < 0 then ID := 0;
          except
            ID := 0;
          end;
        S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 2].Value);
        try
          CRef := StrToInt(S);
        except
          CRef := 0;
        end;
        if ID > 0 then CheckRec(ID, CRef);
        if ID = 0 then ErrorList.Add(IntToStr(Row) + '. satırdaki Tavsiye okunamadı veya hatalı.')
else
        if ID > 0 then
          begin
            PR^.ID := ID;
            PR^.CauseRef := CRef;
            PR^.RowRef := Row;
            S := Trim(ExcelWorksheet.Cells[Row, 3].Value);
            PR^.Name := S;
            Recs.Add(PR);
          end;
        Row := Row + 1;
        Application.ProcessMessages;
      until ID = -1;

      if lbTypes.Items.Count > 0 then lbTypes.ItemIndex := 0;
      UpdateFailures;
      UpdateCauses;
      UpdateRecs;
    except
      on E: Exception do
        begin
          case CheckPoint of
              1: ErrorList.Add('Dosya açılamadı: "' + S + '". [' + E.Message + ']');
              2: ErrorList.Add('Arıza/Hata Türleri okunamadı. [' + E.Message + ']');
              3: ErrorList.Add('Arızalar okunamadı. [' + E.Message + ']');
              4: ErrorList.Add('Arıza Sebepleri okunamadı. [' + E.Message + ']');
              5: ErrorList.Add('Tavsiyeler okunamadı. [' + E.Message + ']');
          end;
          DisableAllControls;
        end;
    end;

  if not VarIsNull(ExcelApp) then
    begin
```

```
      lbTypes.Enabled := TRUE;
      lbFailures.Enabled := TRUE;
      lbCauses.Enabled := TRUE;
      lbRecs.Enabled := TRUE;
    end;

  if ErrorList.Count > 0 then
    begin
      ErrorForm.mError.Lines.Assign(ErrorList);
      ErrorForm.ShowModal;
    end;
  DataLoaded := TRUE;
end;

procedure TMainForm.ProgramImageDblClick(Sender: TObject);
begin
  AboutForm.ShowModal;
end;

end.
```

```
unit About;

interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls;

type
  TAboutForm = class(TForm)
    iMainIcon: TImage;
    lAppName: TLabel;
    lCopyright: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    lInfo: TLabel;
    bClose: TButton;
    procedure bCloseClick(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  AboutForm: TAboutForm;

implementation

{$R *.dfm}

uses Main;

procedure TAboutForm.bCloseClick(Sender: TObject);
begin
  Close;
end;

procedure TAboutForm.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  Caption := _App_Name;
  lAppName.Caption := _App_Fullname;
  lCopyright.Caption := _App_Copyright_Copyright + ', ' + _App_Copyright_Owner;
  lInfo.Caption := 'T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü' + #13#10 +
                   'Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı' + #13#13#10 +
                   'Robofil 290 CNC Tezgahlarında Arıza Teşhisi Yapan' + #13#10 +
                   'Uzman Sistem Modeli';
end;

end.
```

```
unit Error;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TErrorForm = class(TForm)
    mError: TMemo;
    Label1: TLabel;
    bOk: TButton;
    procedure bOkClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  ErrorForm: TErrorForm;

implementation

{$R *.dfm}

procedure TErrorForm.bOkClick(Sender: TObject);
begin
  Close;
end;

end.
```