

46551

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ROBOT UYGULAMALARI
ve EKONOMİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. İ. Haluk BAYRAKLI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Ocak 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 1995

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet GÜNEY

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Işık ERZİ

: Doç. Dr. Murat EREKE

OCAK 1995

ÖNSÖZ

Öğrencisi olduğum İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği yüksek lisans programında, tez çalışmalarım süresince bilgi, deneyim ve hoşgörüsünden faydalandığım tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ahmet GÜNEY' e, diğer öğretmenlerime, iş yerim olan Oyak - Renault' da gösterdikleri ilgi ve sabırlarından dolayı Sayın Mr. Georges LAMBERT' e, müdürüm Sayın Gülseren KÜÇÜKKAYALAR' a ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bursa, 1995

İ. Haluk BAYRAKLI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ		ii
ÖZET		v
SUMMARY		vi
BÖLÜM	1. GİRİŞ	1
	2. TEMEL KAVRAMLAR	2
	2.1. Robotlar	2
	2.2. Robot hareketleri	3
	2.3. Çevrenin belirlenmesi	8
	2.4. Görev planlama	9
	2.5. Programlama	10
	2.6. Hareket verileri	11
	2.7. Günümüzde robotik	13
	2.8. Otomasyon ve robotik	13
BÖLÜM	3. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ROBOT UYGULAMALARI	16
	3.1. Robot uygulamalarının gelişimi	16
	3.2. Otomotiv endüstrisinde robot kullanımı	16
	3.3. Malzeme iletimi	16
	3.4. Kaynak uygulamaları	18
	3.5. Birleştirme uygulamaları	22
	3.6. Boyama ve kaplama uygulamaları	23
	3.7. Kalıp kaplama	26
	3.8. Robot uygulamalarına sistematik yaklaşım	27
BÖLÜM	4. ÇEŞİTLİ ROBOT UYGULAMALARI ÖRNEKLERİ	32
	4.1. Tavan kaplaması yapıştırma robotu	32
	4.2. Genel gövde birleştirme robotu	35
	4.3. Koltuk yerleştirme robotu	36
	4.4. Motor beşiği punta kaynak robotu	37
	4.5. Citroen AX' lerde otomatik montaj	39
	4.6. Esnek birleştirme	42
	4.7. ABB montaj robotları	45
	4.8. Çeşitli robot uygulamaları resimleri	47

BÖLÜM	5.	ROBOTİKTE EKONOMİK ANALİZ	54
	5.1.	Temel yapı	54
	5.2.	Ekonomik faktörler	55
	5.3.	Ekonomik analiz metodları	58
	5.4.	Robot doğrulama analizi	59
SONUÇLAR			72
KAYNAKLAR			73
ÖZGEÇMİŞ			74



ÖZET

İlk robotlar sadece hareket etmekle yeterliydim, fakat ardından kontrollü olarak yörüngede hareket eder oldular. Endüstriyel robot uygulamaları olarak ilk önce nokta kaynağı ve sprey ile boyama görülmektedir. Bu başarılı uygulamaları ardından ark kaynağı ilk uygulama olmuştur. Ardından da robotlar yakın geçmişte birleştirme uygulamalarında kullanılmıştır.

İlk endüstriyel robotlar yetenek olarak kısıtlı olmalarına karşın, bu yetenekler otomotiv imalatındaki arzlar ile tam anlamda çakışan talep boyutunda gelişmiştir. Otomotiv endüstrisi nokta kaynağını kullanmaya başlayınca robot kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Gelişen teknolojiler karşısında iş ve emek maliyetlerinin zamanla artmasına çözüm, emek ve maliyetleri düşüren, yüksek kalitenin karını ilave eden robotlardır.

Sermaye yatırım için birçok analiz metodu vardır. Metodun seçimi yatırımın büyüklüğüne, karşılaşılan risklerin derecesine, yatırımın öngörülen yaşamına, şirketin finansal durumuna, yatırımın eski veya yeni ekipmanlar için olup olmayacağına, şirket politikasına bağlıdır.

Genelde ekonomik analizin kullanılacağı iki durum vardır. Birinci çözüm mevcut üretim metodunun yerine konulacak ekipmanları içeren yatırım durumudur. Bu durumda analizin amacı üretim problemini çözecek en ucuz metodu tanımlamaktır. İkinci çözüm ise bir veya birden fazla yeni üretim metodlarıyla mevcut üretim metodunu kıyaslamaktır. İkinci durum için analiz doğrulaması güçtür; çünkü mevcut üretim metodunun maliyetindeki tasarruflar yatırım maliyetleri ile karşılaştırılmaktadır. Tasarruflar mevcut metoda göre tanımlandığından dolayı kar edilebilirliğin salt bir ölçüsü yoktur.

En popüler olarak görünen maliyet - kar analizi için üç ana metod vardır. İlki geri ödeme metodu, ikincisi yatırımdan gelir metodudur. Bu iki analiz de vazgeçilmez olup yatırımda değişiklikleri, maliyetlere belirli zaman dilimindeki kazançları hesaba katar. Bu metodlar daha karışık fakat gerçekçi olup; yatırımı, tasarruf veya kazançları ve yatırım yaşam sürecinde paranın değerini katan başka bir metod karşısında popülerliklerini kaybetmektedir. Bu üçüncü metod ise iskonto net akışlı yatırımdan gelir metodudur.

SUMMARY

APPLICATION OF ROBOTICS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY AND ECONOMIC ANALYSIS OF ROBOTICS

For the past 20 years, robots have been applied to manufacturing tasks in industries from automobiles to consumer electronics. The process of implementing robotic technology can be better understood if several applications are reviewed.

Today robotics can be defined as the theory and practice of automation of tasks which, because of their nature, were previously thought to be reserved for man alone. Such work is characterised by an almost permanent interaction between the robotic device and the object (or environment). Implicit in such interaction is some kind of pre-appointment of the task.

It would appear that adaptive execution of this kind would call for the use of an operator's reflexes and intelligence; this is why the word 'robotics' is often linked with the notion of artificial intelligence.

Bearing in mind the definition of robotics three main categories can be identified in the current research being conducted into robotics. These are:

1. Research work on individual robots, situated in a fixed location or on a carrier vehicle (mobile robot).
2. Research work on robots operating in conjunction with other robots or other machines. Such production lines constitute what can be termed flexible manufacturing processes.
3. Research work on teleoperation (work controlled from a distance). In such processes a human operator must be present at the controls of the machine because the job can neither be pre-programmed nor executed automatically in the adaptive mode. This is because machines are not yet available which can analyse and interpret their environment when their application is changed from one function to another. In teleoperation systems some degree of human

operation is still required and the robot acts as an aid to the operator rather than a replacement for him.

From the statements made two very important properties of a robot emerge:

- Versality: The versality of a robot depends on its geometrical and mechanical capacity. This implies a physical capacity to perform varied functions and to produce a diversified execution of simple tasks. Versality also implies that every robot must have a structure with a geometry that can be modified if necessary.

- Auto-adaptivity to the environment: This concerns a robot's potential for initiative in carrying out tasks which have not been completely specified and despite unforeseen changes in the environment. In this capacity the robot uses: its ability to perceive the environment (by the use of sensors), its capacity to analyse the task-space and to execute a plan of operation, its modes of automatic command.

The capabilities of robots are limited, and the proper selection of the robot is only one of the important application ingredients. To ensure a successful application, a total 'system engineering' approach should be used.

The early robots were typically capable of moving an end-effector to specific, repeatable locations, and with the advent of continuous path control they could perform the intervening motion over a smooth, controlled path. Unloading die casting machines, spot welding, and paint spraying were all tasks within these capabilities and set the pattern for the first wave of industrial robots. With an early start and a history of successful implementations, these applications showed a rapid growth of robotic penetration through the end of the 1970s. Today, these are the most heavily penetrated applications, but the growth in these applications will eventually level off. The percentage of robots in these initial applications versus all categories of robots in use will decline as more demanding applications such as arc welding assembly become robotized.

The beginning of the next wave of robot penetration can be seen today, with arc welding being the prime example. This generation of robots is characterized by systems greatly enhanced sensory capabilities, as compared

with the minimal sensing typical of the initial robot applications. This increased level of sensing is required by many of today's applications, and arc welding applications in particular are increasing due to the new sensing and control technology. The quality of sensing available today is sufficient for initial implementations of robotic assembly, but developments that are now making their way from the laboratory to the shop floor will dramatically enlarge the potential market for robots in these applications. As a result, robot penetration will continue in the near future and these robots, especially in assembly applications, will eclipse the initial robot applications. Along with improved sensory capability and control, robots will be better integrated with surrounding equipment, including other robots. The logical extension of this integration is computer integrated manufacturing in which an entire production line of robots and automated machine tools is integrated and coordinated by a supervisory computer system. Such systems have been assembled; the major change expected in the near future is greater ease of integration capabilities from the start. The new robot applications will also stress systems integration for growth applications such as electronic component assembly and enhanced inspection systems based on machine vision integration with simple pick - and - place robots.

Of all the components of the American manufacturing industry, only a few are making full use of industrial robots today. Two points should be kept in mind: First, some of these industries are more clearly focused on automation than others. The aerospace industry is focused on several specific applications whereas light manufacturing is more an organizational category than a coherent industry. Second, there is a significant amount of overlap between these industries. This type of cross-industry linkage can effect the level of technology implemented by a company as strongly as competition from other members of its own industry.

Even though early industrial robots were limited in their capabilities, these capabilities were well matched to the demands of many tasks in automotive manufacturing. When the automotive industry began installing robotic spot welders, a pattern of robotic usage was established for the industry.

Many factors have encouraged the automotive industry to implement robots. The environment in which many assembly operations are performed is noisy and hazardous, and the jobs are monotonous and fatiguing. Escalating hourly

costs for personnel and increasingly stringent requirements for the work environment have steadily raised the total cost of labor. Robots are seen as a method of holding costs down with the added benefit of improved quality, a matter of increasing concern among automobile manufacturers in the face of foreign competition.

A major barrier to robotic implementation in most industries is the high initial robot system cost. This factor was less of a concern to automobile manufacturers because of the high volume of production: costs should be distributed over many production units. Furthermore, since the middle 1950s the automotive industry has accepted yearly retooling as a fact of life: thus their reluctance to invest in capital equipment has been lower than in industries that retool on 10 to 15 year cycles.

Today, the automotive industry is the largest user of industrial robots in the United States, with approximately 50 % of America's installed robots. Spot welding is the most robotized application. Machine loading is also heavily robotized and spray painting robots are becoming common.

In Japan, the percentage of robots used in the automotive industry out of total industry is 21 % in 1985.

As the growing world market effects, Turkish automotive industry also began to use robots in spot welding, assembling, material handling, spray painting.

It is known that for a long time that there is no one right to analyze a proposed capital investment. To understand it, it is needed at least 6 pieces of information: the expected rate of return; the payout and the investment's expected productive life; the discounted present value of all returns through the productive lifetime of the investment; the risk in not making the investment or deferring it; the cost and risk in case of failure; and finally the opportunity cost that is the return from alternative investments. But before the advent of data-processing capacity, the actual analyses would have taken many years of clerical toil to complete. The availability of information thus transforms the capital investment analysis from opinion into diagnosis, that is, into the rational weighing of alternative assumptions. Information transforms the capital investment decision from an opportunistic, financial decision, governed by the numbers, into a business decision based on the probability of

alternative strategic assumptions. As a result the decision both presupposes a business strategy and challenges that strategy and its assumptions.

The economic justification of industrial robots may be ideally viewed as a part of the overall process of long - range planning for flexible automated manufacturing. Economic analysis of robotic technology applications serve two purposes. They predict the potential economic feasibility of the project and also provide a comparison between implementation alternatives. The comparison is useful in the iterative design and optimization of an industrial robotic system. Particularly when an emerging technology such as robotics is being evaluated, the management decision process requires accepted methods of economic rationalization.

For the economic analysis methods, there are three basic methods for performing a cost / benefit analysis that appear to be the most popular. The first is relatively straightforward and simple and is called the Payback Method. The second is the Return on Investment or ROI analysis. Both of these are restrictive in that the analysis is like a snapshot of the situation and does not consider changes in investments, on-going costs, or benefits (savings) over a period of time, essentially the life of the investment; these methods are losing favor to a more complicated, but reasonable, approach that considers the investment, savings or benefits, and the value of money over the life period of the investment. This third method is known as ROI with Discounted Cash Flow.

The accuracy of the estimates for the future on-going costs and benefits will depend on the available data and the effort expended. It should be kept in mind, however, that any analysis involves a look into the future and the further one has to look the cloudier the picture becomes. Therefore it may be fruitless to attempt a close analysis that, in any event, is based on a number of long range predictions.

1. GİRİŞ

Çeşitli işlemleri gerçekleştiren elemanları, sürücüleri, algılama sistemi, bilgi işlem sistemleri ile robotlar; programlanabilirlikleri, üstün karar verme ve seçme yetenekleri, değerlendirme-yorum-karar zinciri sayesinde dünya endüstrisinde son yıllarda büyük bir önem kazanmıştır.

İki farklı referans üzerinde hareketlerini gerçekleştiren robotlar, hareket ve kuvvet kontrolünden istenen serbestlik derecesi sayesinde eklemlerle birbirine bağlı mekanik uzuvlardan oluşur. Her eklem ayrı ayrı kontrol edilmesine karşın sistemden beklenen, kol ucundaki davranışın üç boyutlu uzayda ve yere bağlı koordinatlara göre istenildiği gibi gerçekleştirilmesidir. Önce kol ucunda gerçekleştirilmek istenen davranış sağlayacak eklem hareketlerinin belirlenmesi, sonra da eklemlerin bu referans yörüngeler etrafında kontrol edilmesi gerekir.

Robotların yeterlilikleri sınırlı olmakla beraber son 25 yılda, robotlar endüstriyel olarak otomobil üretiminde kullanılmaktadır.

Otomotiv endüstrisinde sırasıyla malzeme iletiminde, kaynak uygulamalarında, birleştirme uygulamalarında, boyama ve kaplama uygulamalarında, kalıp kaplamada robotlar kullanılmaktadır.

Robot kurulmasında göz önüne alınması gereken çalışma ise ekonomik analizdir. Ekonomik analiz kararları iki kategoride sınıflandırılabilir: maliyetten kaçma ve maliyet tasarrufları.

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Robotlar

Robot sözcüğü uzun bir zaman diliminde, önce yapısı insana benzeyen mekanik otomat ve bilim-kurgu androidlerini çağrıştırmıştır. Endüstri robotlarının yaygınlaşması ile dış görünüm kabuğu çatlamış; elle yapılan işlemleri (manipülasyon) gerçekleştiren bir mekanik kol ile bu kola robot özelliklerini kazandıran bilgi işlem, sürücü ve kontrol öğelerinin oluşturduğu bütün kavramı yerleşmiştir. Bu kavramın uzantısı olarak, gerçekleştirilen işlemlerin ve dış görünümünün birbirinden çok farklı olmasına rağmen, Hasat Robotu, Temizlik Robotu hatta Mutfak Robotu gibi terimler kullanılmıştır. Bugün robot sözcüğü Isaac Asimov ' dan sonraki bilim-kurgu yazarlarının bilimin soyut gelişmesi yönünde önerdikleri gibi, bir özellikler kümesini tanımlayan sığata dönüşmektedir. Ne türden olursa olsun işlem gerçekleştiren elemanlar ve sürücüleri, algılama sistemi ve bilgi işlem sistemi öğelerini içeren bir sistemin robot sıfatını taşıyabilmesi için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekmektedir:

a -) Programlanabilirlik: Sistem bir işlemler kümesi içinde birden fazla işlem için programlanabilmelidir.

b -) Karar ve seçme yeteneği: Sistemin, dış ortamdan alınan bilgilere göre daha önceden programlanmış işlemlerden hangisi veya hangilerini gerçekleştireceğini belirleyen bir karar algoritması bulunmalıdır.

c -) Değerlendirme - yorum - karar zinciri: Sistemde, yine dış ortamdaki diğer birimlerle etkileşim içinde hangi işlemler zincirini hangi önceliklerle uygulayacağını belirlemek üzere bir üst yönetim algoritması bulunmalıdır. Bu algoritmada robot sisteminin kendi başarı ölçütleri yanında (örneğin: minimum enerji yörüngeleri) etkileşim içinde bulunduğu tüm diğer birimleri de içeren genel bir başarı ölçütü (örneğin: minimum toplam stok) esas alınır.

Robot sıfatındaki zeka düzeyi, yukarıdaki özelliklerin hangisini ne kadar esneklikle gerçekleştirdiğine göre belirlenir. Örneğin, yalnızca birinci özelliği içeren robotlar ardışık işlem robotları, her üç özelliği taşıyanlar akıllı robotlar olarak anılırlar. [1]

2.2. Robot Hareketleri

Robot, hareketlerini iki tip referans üzerinde yapabilir:

A -) Eksen seçimiyle hareket:

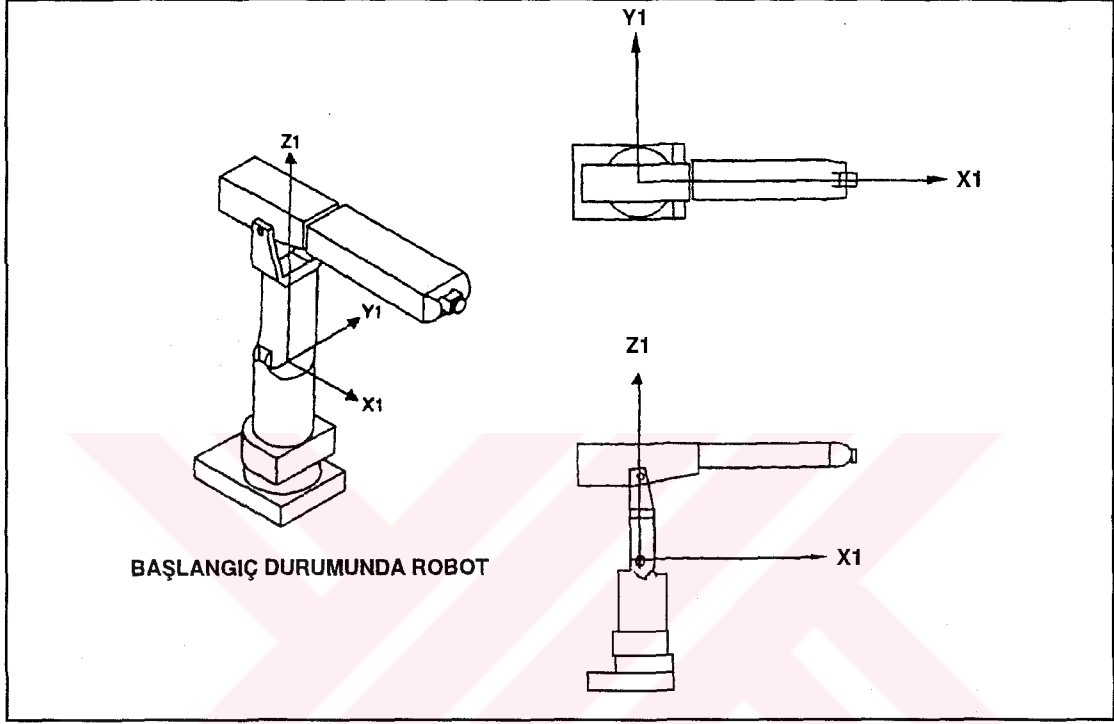
Kullanıcı teker teker tüm eksenleri ve eğer varsa yardımcı eksenleri kontrol edebilir. Robotun tüm eksenleri üzerinde bir okla pozitif dönüş yönü belirtilmiştir. İlgili eksen seçildikten sonra hareket düğmeleriyle, eksen ok yönünde veya zıt yönde hareket ettirilebilir. Hareketi devamlı veya arttırmalı olarak gerçekleştirme imkanı da vardır.

B -) Kartezyen koordinatlar üzerinde hareket:

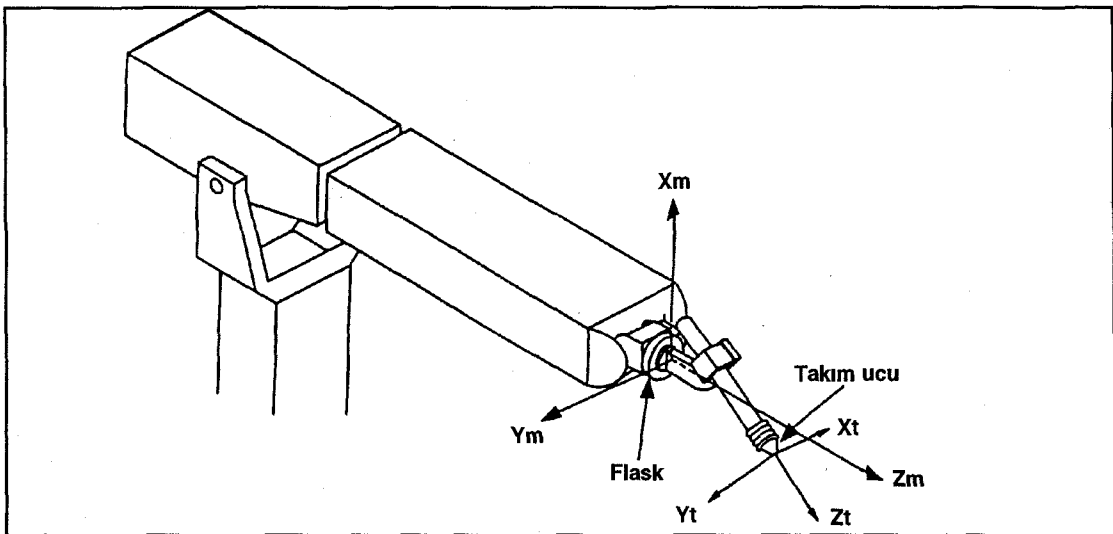
a -) Robot referansı: Robot referansının esası, robotun birinci eksen üzerinde ve ikinci eksen yüksekliğindedir (Şekil 2.1). Kartezyen koordinatlar üzerinde hareket seçildiği zaman robotun hareketini anlayabilmek için takım ucu kavramını bilmek gerekir. Takım ucu robotun en uç noktası olarak tanımlanabilir. Eğer robotun ucuna bir takım eklenmemişse takım ucu altıncı eksenin uç noktası olarak tanımlanır. Ancak robotun ucuna bir takım eklenmişse takım üzerinde iş yapacağı malzeme ile temasta bulunduğu nokta takım ucu olarak tanımlanır (Şekil 2.2). Örneğin bir kaynak pensi için takım ucu, pensin kapandığında kaynaklayacağı malzeme ile temas edeceği noktadır. Robotun herhangi bir koordinat üzerinde hareket yapacağı zaman önce X, Y, Z doğrultusunda mı yoksa bu eksenler etrafında mı rotasyon hareketi yapılacağı seçilir. Hareket tipi belirlendikten sonra eksen seçimi yapılarak robot hareket ettirilir. Hangi eksen üzerinde hareket seçilmişse takım ucu noktasını o eksen üzerinde oynatacak biçimde tüm eksenlerinin kombinasyonu şeklinde bir hareket gerçekleştirir (Şekil 2.3). Eğer X eksen üzerinde bir hareket seçilmişse takım ucu noktasının Y, Z değerlerini sabit tutup sadece X eksen değerlerini değiştirir. [2]

b -) Takım referansı: Takım referansı esası kullanılan takımın uç noktasıdır. Eksenlerin yön tayini ise altıncı eksen ucunda tanımlanan flask referansına göre tanımlanır (Şekil 2.2). Altıncı eksen referans kabul eden flask referansının esası ve yön tayini robot tarafından tanımlanmıştır. Bu koordinat sistemini 6 değişkenle (x, y, z, w, p, r) kaydırarak takım referansı elde edilir. Bu 6 değişkenlerin 3 ' ü lineer kaymayı , 3 ' ü de açısal dönmeyi

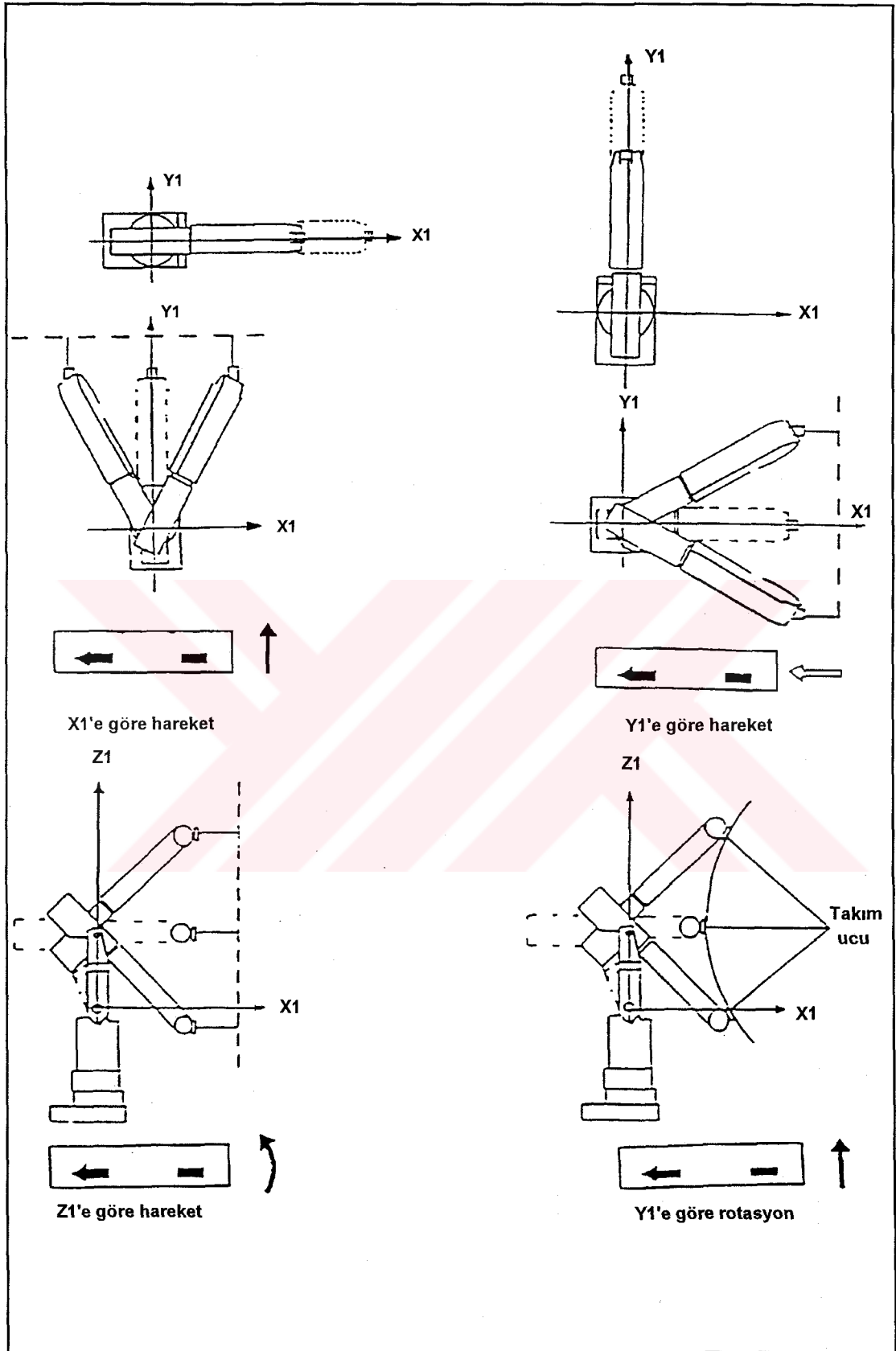
sağlar, ve flask referansı bu 6 parametreyle gerekli pozisyona kaydırarak takım referansı elde edilir. Takım referansı üzerinde hareket, robot referansı üzerinde olduğu gibi, takım ucu noktasını koordinat eksenleri üzerinde tutacak şekilde eksenlerinin kombinasyonlu hareketiyle sağlanır (Şekil 2.4).



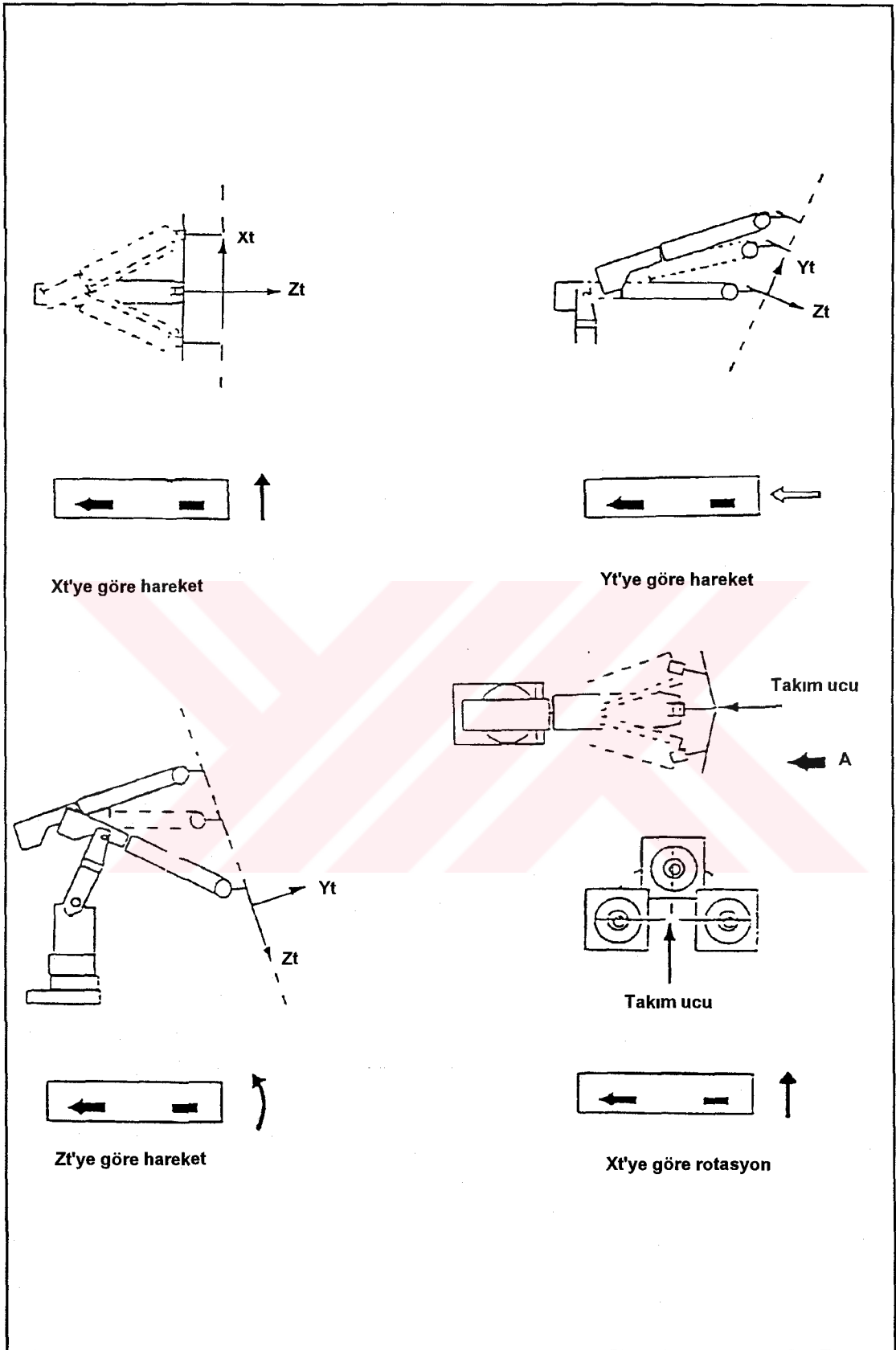
Şekil 2.1 Robot kartezyen referansı.



Şekil 2.2 Mekanik ve takım referansları. [2]

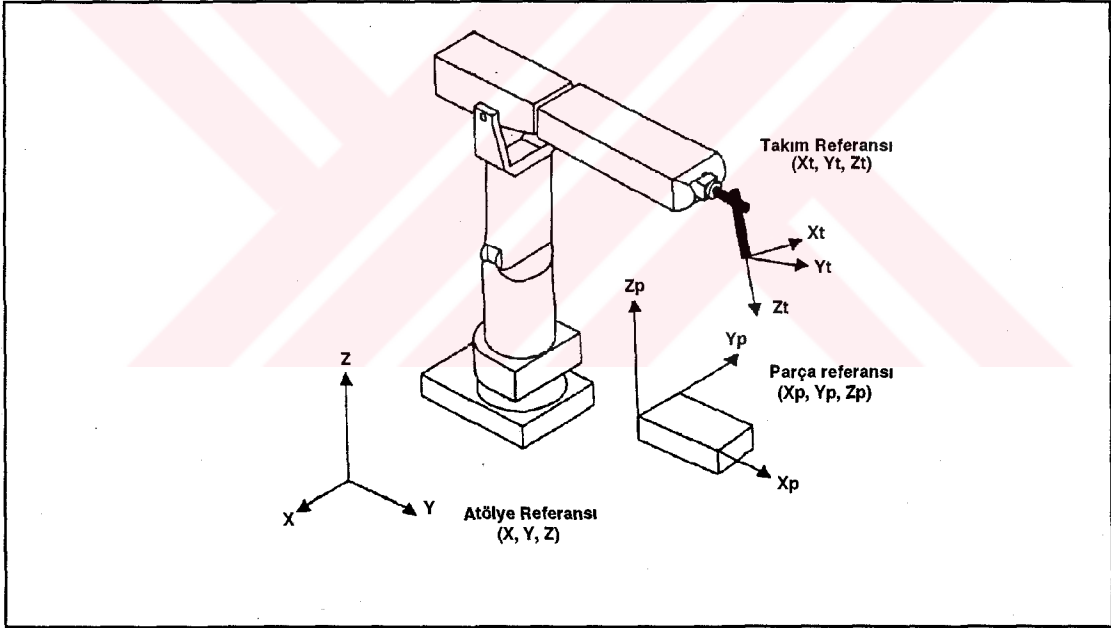


Şekil 2.3 Hareketler. [2]



Şekil 2.4 Hareketler. [2]

c -) Parça referansı: Parça kelimesi robotun iş yaptığı parça anlamında kullanılmıştır. Yapılan işleme göre bu bir mağaza, masa veya bir rampa olabilir. Parça referansını tanımlayabilmek için hücre referansını bilmek gerekir. Hücre referansı robotun çalıştığı alanın temel referansıdır. Eğer aynı bölgede birden fazla robot çalışıyorsa hücre referansının esas robot sahasında yerde bir noktada seçilir; ancak bölgede tek bir robot varsa hücre referansı robot referansı ile üst üste gelir. Böyle bir tanımlama yapmanın amacı hesaplamalarda basitlik sağlamaktır (Şekil 2.5). Hücre referansı tanımlandıktan sonra, parça referansının belirlenmesi takım referansının belirlenmesinde olduğu gibi 6 parametreyle yapılır. 3 lineer, 3 açısal parametreyle hücre referansı parça referansının tanımlanacağı noktaya taşınır ve parça referansı olarak robota öğretilir. Parça referansında hareket mantığıda diğer referanslarda olduğu gibi takım ucu noktasının hareketi göz önüne alınarak gerçekleştirilir. [2]



Şekil 2.5 Takım ve parça referansları.

Robot sistemleri, öncelikle sistemden istenen temel işlemlerin belirli kesinlikte tekrarlanabilir ve güvenilir biçimde gerçekleştirilebilmeleri ile anlam kazanır. Daha somut olarak bir endüstri robotundan beklenen, bir cisme istenen konumun belirli hassaslıkta (Örneğin ± 0.02 mm.) tekrarlanabilir ve güvenilir biçimde verilebilmesi, konum değiştirme sırasında istenen hızları sağlayabilmesi, o cisme istenen kuvveti uygulayabilmesidir. Hareket ve kuvvet

kontrolü bu kriterleri sağladıktan sonra, bir önceki bölümde sözü edilen özellikler sisteme gerekli bilişim yapısıyla kazandırılır. [2]

Endüstri robotları genellikle açık veya kapalı zincir biçiminde, hareket ve kuvvet kontrolünden istenen serbestlik derecesi (genelde 6) sayısında eklemlerle birbirine bağlı mekanik uzuvlardan oluşur. Her eklem ayrı ayrı kontrol edilmesine karşın sistemden beklenen, kol ucundaki davranışın üç boyutlu uzayda ve yere bağlı koordinatlara göre istendiği gibi gerçekleştirilmesidir. Birbirine bağlı eklemlerin davranışları manipülatörün mekanik ve kinematik yapısına göre birbirini karmaşık biçimde etkiler. Dolayısıyla önce kol ucunda gerçekleştirilmek istenen davranışı sağlayacak eklem hareketlerinin belirlenmesi, sonra da eklemlerin bu referans yörüngeler etrafında kontrol edilmesi gerekir. Manipülatör kinematik yapısına göre eklem hareketlerinin kol ucunda hangi davranışa yol açacağına belirlenmesine düz kinematik çözüm, kol ucunda istenen bir davranış için eklem hareketlerinin nasıl olması gerektiğinin belirlenmesine ters kinematik çözüm denir. Bu çözümler 6 serbestlik dereceli eklem değişkenleri uzayı ile yine 6 serbestlik dereceli işlem değişkenleri uzayı arasında oldukça karışık bir dönüşüm gerektirir. Hareket kontrolü için gerekli besleme genellikle eklem değişkenleri (konum, hız, kuvvet) manipülatör üzerine yerleştirilen algılayıcılarla ölçülerek sağlanır. Yalnızca manipülatörün kendi davranışını belirlemek amacıyla kurulan bu algılama sistemine iç algılama sistemi denmektedir. [1]

2.3. Çevrenin belirlenmesi

Robotların programlanabilme özelliği, öncelikle işlemlerin dış çevre koşullarına göre seçilebilmesi ve uygulanabilmesi açısından önemlidir. Robota dış çevresi ile ilgili bilgileri sağlayan algılama sistemine dış algılama sistemi denir. Dış algılama sistemi uygulama niteliğine göre aşağıdaki gibi oluşturulabilir:

a -) Robot çevresi ve yapılacak işlemler kalıcı biçimde yapılandırılır. Örneğin robotun, çeşitli parçaları nereden alacağı ve nereye bırakacağı belirlenir, ve robot kontrol programına girilir. Bu durumda önceden programlanmış işlemlerin hangilerinin gerçekleştirileceğini seçebilmek için de parçanın o noktada hazır bulunup bulunmadığını algılamak yeterlidir. Dış algılama sistemi yalnızca bir optik okuyucu ile örneğin bir mikroanahtar veya fotosel çiftine indirgenmiştir. Robot çevresi yapılandırılmış olsa bile iç algılama sisteminden

gelen bilgilerle yapılan davranış kestiriminin dış algılama sistemi ile en azından güvenlik açısından kontrol edilmesi, gerçek davranışın belirlenmesi gerekir. [1]

b -) Eğer robot çevresi yapılandırılmamış ise o zaman dış algılama sistemini çevreyi belirleyebilecek şekilde donatmak gerekir. Kameralar, optik tarayıcılar, sesüstü ve kızılötesi mesafe algılayıcıları robot işletim sistemine çevrenin yapısı ve robotla çevresi arasındaki etkileşim hakkında bilgi beslerler.

Bu bilgilerin süzülmesi, yorumlanması ve robotun karar ve seçme algoritmasında kullanılabilecek biçime sokulabilmesi de başlı başına bilişim problemidir. Buna en güzel örnek görme sistemleridir. Kamera ile elde edilip resim seçici ile bilgi işlem ortamına aktarılan iki boyuta indirgenmiş görüntüden ayrıntılar temel bazı ilişkilere dayanılarak süzülür, cisimler tanınır, köşe ve ayrıtların koordinatları belirlenir. Bir diğer örnek ise bir cismin paralel iki yüzey ile kavrandığı zaman cismin bu yüzeyler arasındaki izinden biçiminin belirlenmesidir. Ardışık denemelerle elde edilen bilgi, bellekte sınıflandırılmış temel biçim ya da ilişkilerle karşılaştırılır, uyum derecesine göre birleştirilir ve maksimum benzerlik ilkesi ile cisim tanımlanır. [1]

2.4. Görev planlama

Robot çevresinin belirlenmesi ile bu çevrede robotun yapacağı işlemler çevre kısıtlarına uydurulur. Hareket yörüngesi üzerinde tanımlanmış engeller varsa yörünge engellerin etrafından dolaşacak biçimde değiştirilir. Bir delme işlemi sırasında çok sert bir tabakaya rastlanırsa robot kol geri çekilecek biçimde programlanır. Çarpmalara karşı, konum değiştirirken ara yörünge üzerinde çok esnek, referans konumunun etrafında istenen kesinliği sağlayacak kadar katı bir kontrol algoritması kullanılacaktır. Üretim sistemlerinden bir örnek vermek gerekirse tam zamanında üretim felsefesine göre ve minimum stokla çalışan bir esnek üretim sisteminde robotun gerçekleştireceği işlem, doğrudan üretim planlama biriminden gelen önceliklere göre her an değişebilecektir. Hangi işlem veya işlemler dizisinin tüm sistem için en büyük etkinliği sağlayacağı hızlı simülasyon ve optimizasyon çalışmaları ile belirlenmelidir. Görev planlama, değerlendirme - yorum - karar zincirinin ürünü olarak robota kendi kendini programlayabilme yeteneğini kazandırmaktır. [1]

Bir robot sisteminin en önemli özelliklerinden biri de işlemlerin ve başarı ölçütleri kayıtlarının sürekli tutulabilmesidir. Yukarıda anlatılan nitelikleri sağlamak üzere gerçekleştirilmiş bir bilgi işlem sisteminde, uygun algoritmalarla kendini ayarlama, başarı ölçütlerini sürekli maksimumda tutma, öğrenme, yardım veya bakım isteme gibi özellikler rahatlıkla gerçekleştirilebilir. [1]

2.5. Programlama

Robot ve robotun kullanacağı alanın kumandası için 3 çeşit program kullanılır ve paralel olarak çalışılır:

A -) Hücre programı: Robot sahasının yönetimini gerçekleştirir. Endüstriyel giriş ve çıkışlara sahiptir ve bunların kontrol ve yönetimiyle bir tür otomat görevi gerçekleştirir. Hücre programında robotun hareket yapması gereken koşullar gerçekleşince hücre programı içinden gerekli robot programı çağrılır ve bu programda gerekli hareketler gerçekleştirilir.

B -) Robot programı: Robotun ve yardımcı eksenlerin hareketlerinin yönetimini sağlar. Robot programları tek başına operatör tarafından çalıştırılabilir veya hücre programından çağrılır. Robot programı çalıştırdıktan sonra bir hareket bilgisi işletildiğinde, robota öğretimi yapılmış olan aynı isimdeki hareket bilgisi çağrılır ve çalıştırılır.

C -) Takım programı: Robotun ucuna eklenen takımın iradesini sağlayan programdır. Robot kumanda dolabı enerjisi geldikten 20 saniye sonra takım programı kendi kendini çalıştırır ve devamlı çevrim yapar. Takımın manuel pilotajında veya yörünge üzerinde tanımlanan tedbirlerde takımla ilgili hareket bilgisi işletilince çevrimde olan takım programı çalıştırılır.

Robotun kumandası için bu tip programlama sistemi kullanılmasının avantajları ise şöyle sıralanabilir:

a -) Yörüngelerde yapılmak istenen değişiklikleri programlara müdahalede bulunmadan gerçekleştirebilmek.

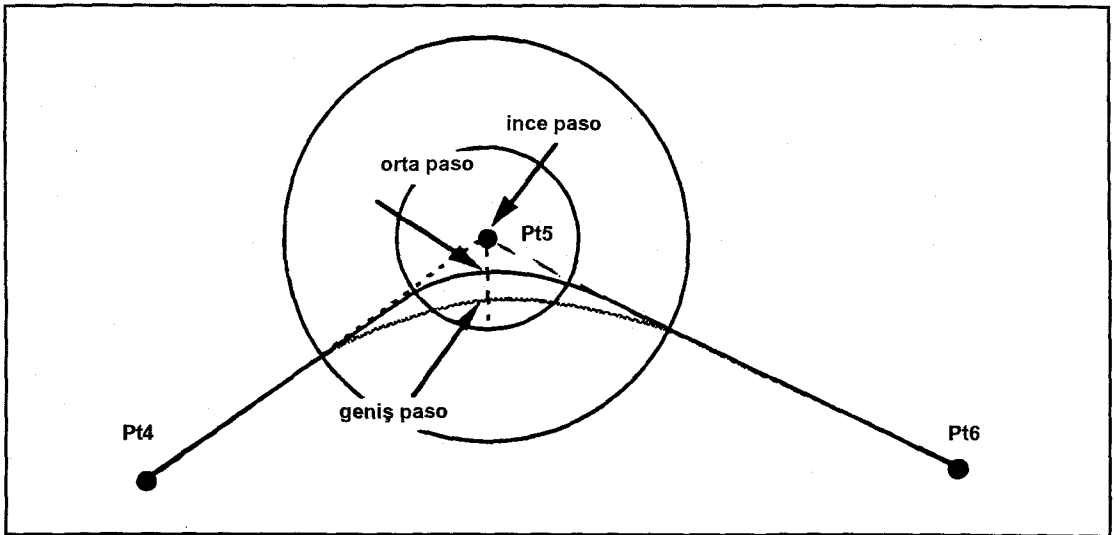
b -) Kullanıcının sadece ihtiyacı olan bölgeye, diğer program birimlerine müdahale etmeden ulaşabilmesini sağlamak. [2]

2.6. Hareket verileri

Robotların hareketleri yörünge, yörüngecik ve pozisyon olmak üzere 3'e ayrılır. Tüm hareket verilerinin ortak özelliği noktalardan oluşmasıdır. Hareket eğrilerini oluşturan noktalar ikiye ayrılır :

a -) Duruş noktaları: Bir hareket yörüngesi üzerinde duruş noktaları varsa robot yoluna devam etmeden önce bu noktada kesinlikle durur. Duruş noktaları üzerinde görevler tanımlanabilir veya bir duruş noktasında hareketin devamı için bir bilgi gelmesi beklenebilir. Hareketin durmasının, bir başka deyişle duruş noktalarının 4 seviyesi vardır. Bunların birincisi duruşu lojik olarak, diğer üçü fiziksel olarak algılar. Lojik seviyeli duruşta, lojik olarak robot duruş noktasına görüldüğü zaman robotun fiziksel olarak da noktaya ulaştığı ve durduğu farzedilir. Buna geniş duruş noktası denir. Diğer fiziksel seviyeli duruşlar ise kalın duruş, orta duruş, ince duruş noktaları olmak üzere üçe ayrılır.

b -) Geçiş noktaları: Geçiş noktalarında robot hızını tam olarak sıfırlamaz. Geçiş noktalarının da 4 seviyesi vardır. İnce geçiş noktasında, robot tam olarak nokta üzerinden geçer ancak hızını sıfırlamaz. Diğer geçiş noktalarında ise (orta, kalın, geniş) robot noktanın biraz uzağından geçer. Bu uzaklıkta geçiş noktasının seviyesine göre değişmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Geçiş noktalarında hareket. [2]

Hareket verilerini oluşturan noktalar, hareketi etkileyen parametrelere sahiptir. Noktaların öğretimi sırasında noktalar üzerindeki hız, ivme ve hareket tipi belirlenebilir. Nokta üzerinde hız ve ivme yüzde olarak belirlenir ve bir önceki noktadan üzerindeki hız belirlenen noktaya olan hareketi etkiler. Nokta parametresi olan hareket tipleri ikiye ayrılır :

a -) Serbest hareket: Bir nokta üzerinde hareket serbest olarak tanımlandıncı, bir önceki noktadan o noktaya doğru olan hareket mümkün olan en kısa zamanda tamamlanabilecek şekilde tüm eksenlerin kombinasyonu sağlanarak yapılır. Robot önce tek tek her eksenin maksimum hızda iki nokta arasındaki yolunu tamamlamak için ne kadar zaman hareket etmesi gerektiğini hesaplar. Daha sonra iki nokta arasındaki hareket zamanını, en çok zaman harcayan eksene göre belirler. Son olarak da belirlediği zaman aralığına diğer eksenlerin hızlarını yayarak, tüm eksenlerin harekete aynı anda başlayıp aynı anda bitirmesini sağlar.

b -) Artiküler hareket: Artiküler hareketler doğrusal ve dairesel olmak üzere ikiye ayrılırlar. Nokta üzerindeki hareket tipi doğrusal olarak belirlenince bir önceki noktadan o noktaya doğru yapılan hareket tam bir doğru çizilecek şekilde gerçekleştirilir. Doğrusal harekette tam doğrusal ve $3 + n$ olmak üzere iki tiptir. Tam doğrusal harekette robot doğrusal hareketi takım ucunun çizilen doğru üzerindeki yön tespitini önemsemeden 3 eksenliyle hareketi tamamlamaya çalışır. Dairesel harekette ise, iki ardışık noktada hareket tipi dairesel olarak belirlenirse, bu iki nokta ve bir önceki noktadan geçen çember hesaplanır ve robot hareketini bu çember üzerinde gerçekleştirir. Dairesel hareket de takım ucunun yön tespitine göre üçe ayrılır.

- Yörüngecik: Geçiş noktalarından oluşan bir hareket verisi olan yörüngeciğin son noktası duruş noktası olarak tanımlanabilir. Yörüngecikte görev tanımlanamaz, yalnızca noktalara bağlı olarak işaretleyiciler kullanılır. İşaretleyici robot, üzerinde işaret tanımlanan noktaya ulaştığını anlar ve bazı şartların gerçekleşmesini sağlar.

- Yörünge: Noktalardan oluşan bir hareket yörüngesidir. Yörüngecikten farkı ise duruş ve geçiş noktalarından oluşması ve üzerinde görev tanımlanabilmesidir. Yörüngecik ve yörüngeler robot programı içinden çağırılırlar.

- Yeniden alma programı: Bu program robotun işlevini bitirdikten sonra çalışma sahası içinde güvenli bir noktaya gidip hareketsiz kalmasını sağlayan bir programdır. Robotun çalıştığı sahadaki malzemeye ve robotun ucundaki takımlara göre üretici firma tarafından yapılmaktadır. [2]

2.7. Günümüzde robotik

Robotik, doğal yapılardan ötürü bir insan gibi düşünebilecek şekilde oluşturulmuş otomasyonun teorisi ve pratiği olarak tanımlanabilir. Robotik, robotik aletler ve nesneler veya çevre arasında hemen hemen sürekli bir karşılıklı etkileşimle tanımlanabilir. Bu etkileşim ise görevin önceden tanımlanmasından dolayıdır.

Robotik, bir operatörün bir çeşit reflekslerini ve zekasını kullanımının uyumlu halde uygulaması olarak belirtilebilir. Bu da robotik kelimesinin sık sık yapay zekanın ürettiği hareketle bağdaşmasının sonucudur.

Zihinlerde oluşturduğu tanımın ve sürekli yapılan çalışmaların doğrultusunda robotik 3 ana kategoride tanımlanabilir:

a -) Sabit yerleşim ve taşıyıcı arabalar için kişisel robot araştırma çalışmaları.

b -) Robotiğin diğer robotlarla ve makinalarla ilgisinin araştırma çalışmaları.

c -) Teleoperasyon (belirli mesafeden kontrollü çalışma) araştırma çalışmaları. Bu tür çalışmalarda, operatör makina kontrollerinin başında bulunmalıdır. Çünkü yapılacak iş, ne otomatik olarak uyumlu ve kendi kendine programlanabilir niteliktedir, ne de kendine verilen emri yerine getirebilir. Yapılması istenen fonksiyonlar birinden diğerine değişince, çevreyi analiz edebilecek ve yorumlayacak makinalar henüz mevcut değildir. Teleoperasyonda bazı durumlarda insan işlemlerine hala ihtiyaç olup, robot hareketleri yedek işlemciden çok, operatör gerektirmektedir. [3]

2.8. Otomasyon ve Robotik

Endüstriyel açıdan otomasyon, üretim opresyonlarında geçerli mekanik, elektronik ve bilgisayar sistemleri içeren teknoloji olarak tanımlanmaktadır.

Bu tür teknolojilere örnek olarak transfer hatları, birleştirme makinaları, endüstriyel proseslere uygulanan geri beslemeli kontrol sistemleri, nümerik kontrollü tezgahlar ve robotlar verilebilir. Buna bağlı olarak robotik, endüstriyel otomasyonun bir türüdür.

Endüstriyel otomasyon 3 ana başlıkta toplanabilir:

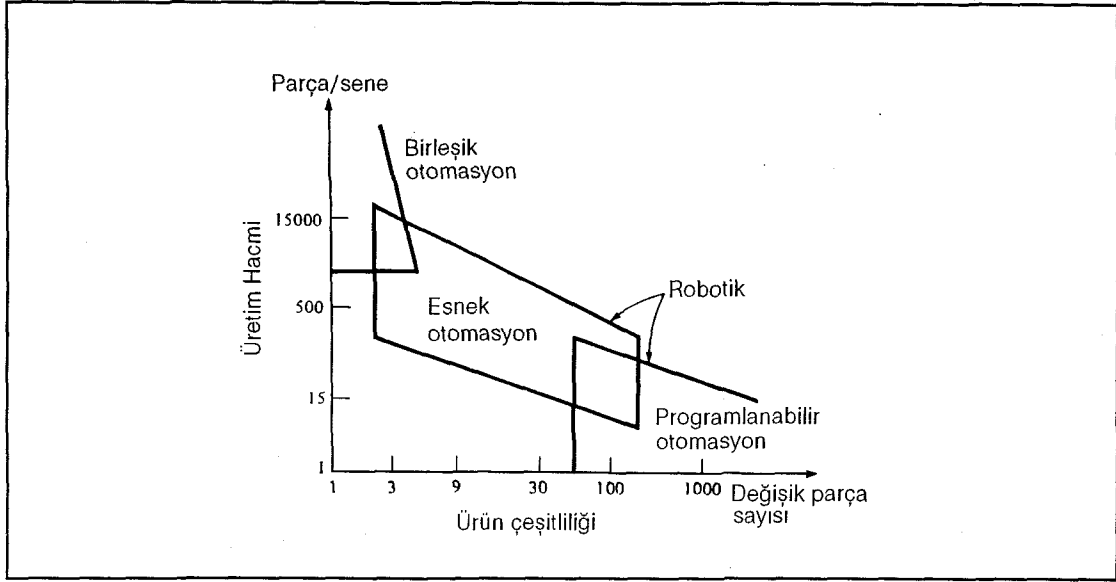
a -) Birleşik otomasyon: Üretim hacmi yüksek olduğunda ve özel ekipmanlar gerektiğinde uygulanır. Örnek olarak otomotiv endüstrisinde birçok çalışma alanlarını içeren transfer hatları, motor birleştirme operasyonları verilebilir.

Ekonomik açıdan bakıldığında, birleşik otomasyonda özel ekipmanların maliyetlerinin birden fazla ödemeler dahilinde, alternatif üretim metodları maliyetlerinden düşük olduğu görülür. Fakat buradaki en riskli nokta, ilk yatırım maliyetinin umulan üretim hacminin düşük olması durumunda yüksek olacaktır. Diğer karşılaşılabilecek problem ise, sadece tek ve özel bir parça için istenen otomasyonun parçanın üretim hayatı sonunda çöpe atılacak olmasıdır. Kısa vadeli üretimlerde birleşik otomasyon tercih edilmemelidir.

b -) Programlanabilir otomasyon: Üretim hacminin göreceli olarak düşük ve çeşitli üretiminde bu otomasyon türü tercih edilmelidir. Bu durumda üretim ekipmanlarının tasarımı üretim değişikliklerine uygun şekilde yapılmaktadır. Bu uygunluk, ürünler için özel hazırlanmış program kontrollü ekipmanlarla çalışarak sağlanmaktadır. Ekonomik açıdan da programlanabilir ekipmanların maliyeti ürünler farklı olmasına rağmen çok sayıda ürünü karşılar. Programlanabilirlik sayesinde birçok ürün ekonomik olarak imal edilebilir.

c -) Esnek otomasyon: Bu otomasyon türü de son 15 - 20 yıl zarfında gelişmiştir. Tecrübeler sonucu orta seviyedeki üretimlerde en uygun olan otomasyon türü esnek otomasyondur. Esnek sistemler diğer 2 sistemdeki bazı özellikleri bulundurur. Değişik üretim sistemlerinde programlama yapılabildiği gibi sistemlerin çeşitliliği programlanabilir otomasyondan daha azdır. Esnek otomasyon sistemleri, malzemesi sağlanan ve stoklaması yapılan seri çalışmalardan oluşur. Ana bilgisayar sisteminde gelişen farklı parçaların uygun alanlara gönderilmesi ve değişik alanlardaki programlı operasyonların kontrol edilmesi gibi değişik faaliyetleri kumanda etmede kullanılmaktadırlar.

Robotik üç farklı otomasyon tipinden programlanabilir otomasyona daha yakın gözükmemektedir (Şekil 2.7). [4]



Şekil 2.7 Üretim hacmi ve ürün çeşitliliği cinsinden birleşik, programlanabilir, esnek otomasyonların ilişkileri. [4]

3. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ROBOT UYGULAMALARI

3.1. Robot uygulamalarının gelişimi

Robotların yeterlilikleri sınırlı olmakla beraber son 25 yılda, robotlar endüstriyel olarak otomobil üretiminde kullanılmaktadır.

İlk robotlar sadece hareket etmekle yeterliydim, fakat ardından kontrollü olarak yörüngelerde hareket eder oldular. Endüstriyel robot uygulamaları olarak ilk önce nokta kaynağı ve sprej ile boyama görülmektedir. Bu başarılı uygulamaların ardından ark kaynağı ilk yeni uygulama olmuştur. Ardından robotlar yakın geçmişte birleştirme uygulamalarında kullanılmıştır. [5]

3.2. Otomotiv endüstrisinde robot kullanımı

Amerikan otomotiv endüstrisinin gelişimi, General Motors' un robot kalıp yükleyicisi ile başlatılan robot uygulamaları ile oluşmuştur (1961). İlk endüstriyel robotlar yetenek olarak kısıtlı olmalarına karşın, bu yetenekler otomotiv imalatındaki arzlar ile tam anlamıyla çakışan talep boyutunda gelişmiştir. Otomotiv endüstrisi nokta kaynağını kullanmaya başlayınca robot kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Birçok firma otomotiv endüstrisini robot kullanmaya teşvik etmiştir. Genelde birleştirme operasyonlarının olduğu bölgeler sesli, tehlikeli, iş olarak monoton ve yorucudur. Gelişen teknolojiler karşısında iş ve emek maliyetlerinin zamanla artmasına çözüm, emek maliyetlerini düşüren, yüksek kalitenin karını ilave eden robotlardır.

Günümüzde Birleşik Devletler en geniş anlamda otomotiv endüstrisinde endüstriyel robotların kullanıldığı ülkedir. 1987 itibarıyla General Motors' daki robotların % 80' i nokta kaynağında kullanılmaktadır. Makina yükleme oldukça robotize olup, sprej boyama robotlarının kullanımı oldukça artmıştır. [5]

3.3. Malzeme iletimi

Güncel malzeme iletimi uygulamaları en basit olandan en karışık olana kadar sıralanabilir. Basit durumlarda toparlama ve yerleştirme prosesinde, robot belirli bölgede hareket edip, nesneyi kavrayıp, diğer belirli bölgeye ilerleyip

nesneyi bırakacaktır. Daha gelişmiş durumlarda robot özel geliştirilmiş tutucular (manyetik veya vakumlu) sayesinde, yörünge kontrolü ile çeşitli çalışma alanını hassas olarak doğrulayan algılayıcılar eşliğinde çalışmaktadır. Karışık olma derecesi her bireysel uygulamanın ihtiyaçlarından ileridir.

Malzeme iletimi uygulamasının robotizasyonunda ana faktör büyük oranda çalışma hacmine dayanmaktadır. Eğer malzeme yığın boyutları büyükse yüksek otomasyon, robotlardan daha ekonomiktir. Eğer yığın boyutları küçükse insan emeği, robotlardan daha ekonomiktir. Fakat yine de robotların kullanılmasının avantajlı olacağı noktalar olabilir; örnek olarak nahoş ve tehlikeli alanlar, yorucu ve tehlikeli işler verilebilir.

Malzeme iletimi ne şekilde olursa olsun, robot uygulamaları için temel teşkil etmektedir. Robotun esas fonksiyonu nesneyi hareket ettirmek, araç olmak, uzayda bir noktadan diğer noktaya iletimi sağlamaktır. Her ne kadar iletim, nesneleri hareket ettirmek gibi görünse de, robot yine de merkezleme, paletleme ya da basit olarak toplama ve yerleştirme vazifelerini görebilir. Malzeme iletiminin ana proses elemanları şöyle sıralanabilir:

- a -) hareket ettirilecek nesneyi bulmak
- b -) nesneyi kavramak
- c -) belirli yörüngede nesneyi taşımak
- d -) nesneyi merkezlemek
- e -) belirlenmiş alana nesneyi bırakmak

Malzeme iletimi her ne kadar basit görevlerin karmaşık serisi gibi görünüyorsa da, bazı kısıtlamalara maruz kalabilir. Örneğin iş parçasını bulmak kolay bir iş değildir. İletim adımı ne tip üretim prosesine bağlı olursa olsun, çalışma parçası bulma ve yerleştirme ile tanımlanmış olmayabilir. Nesneyi hareket ettirirken, nesnenin ağırlığı, momenti, atalet momenti, istenen yörünge, hızlanma ve yavaşlama hızları göz önüne alınmalıdır. Malzeme iletiminde üçüncü olarak da parça geometrisi göz önüne alınmalıdır. Küçük hassas nesneler (yumurta), büyük nesnelerle (motor) aynı metodla taşınmamalıdır.

İmalatçılarda yoğun olarak kullanılan robot türü ise blok tiplerini paletleme ve paletten çıkarmadır. Bu örnek robotik sistemden elde edilen kazançlar ise aşağıdaki gibidir:

a -) emek tasarrufu: robot ilavesi ile vardiya başına 1 işçi azalmıştır.

b -) verim artışı: 1 az işçiye rağmen verim iki misli olmuştur.

c -) kalite gelişimi: özel geliştirilen tutucular ve hassas robot sayesinde imha yüzdesi azalmıştır.

d -) güvenlik ve çevre: ağır yükler, toz, sıcaklık ve iş yeri tehlikeleri aşırı miktarda iş kazasına neden olacak iken robot ilavesiyle iş güvenliği arttırılmıştır.

3.4. Kaynak uygulamaları

Çeşitli kaynak robotlarının teknik olarak çeşitleri, uygulamadan uygulamaya değişmektedir. Örneğin bir çok nokta kaynağı robotları tekrarlanabilir olmalıdır. Hassas yörünge kontrolü, dış algılamaya genellikle ihtiyaç olmasa da robotlar girilen noktaya tekrarlanabilir şekilde hareket edebilmelidir. Diğer yandan ark kaynağı ise daha karmaşıktır. Genellikle robotlar sadece belirli nokta veya noktalara gitmeyip, belirli yörüngeyi kontrollü hız ve ivmede almalıdır. Ek olarak da kaynak durumlarını değiştirme isteğine yeterli olmalıdır.

Günümüzde otomobil nokta kaynağında çok miktarda robot kullanılmaktadır. Tam tersine robotlar ark kaynağı uygulamalarındaki kadar başarılı olamamıştır. Karmaşık ark kaynağı için gerekli teknolojinin gelişmesiyle robot sayıları artmıştır.

Bu robot uygulamaları sayesinde de kalite gelişip, maliyetler düşürülmüştür. Her ne kadar robot, artan çıktılar karşısında kendini uzun vadede amorti etse de, robotik kaynağı kalitesi her zaman için insan kaynağından daha yüksektir. Bu ağır ekipman ve uzun vardiyaların sorun olması nokta kaynağı ve uzun kaynak yolunun problemlere yol açacağı ark kaynağı için de geçerlidir. [5]

Algılama tekniklerinin gelişmesiyle ark kaynağı robotları, kaynak yolu ve parametrelerini ayarlayarak kaynak koşullarını çeşitlendirirler. Bu yetenek

pahalı ve hassas birleştirme mekanizmaları için ihtiyacı azaltmış hatta yok etmiştir.

Ark kaynağındaki operasyonlar kısaca şöyle sıralanabilir:

- a -) kaynak olunacak parçalar bir hizaya getirilir
- b -) kaynak elektrodu ve parçalar arasında ark oluşturarak parçalar ısıtılır
- c -) yeteri kadar dolgu malzemesi tatbik edilir
- d -) damla kalınlığı, dalma derinliği, ek yeri doldurma kontrol edilir

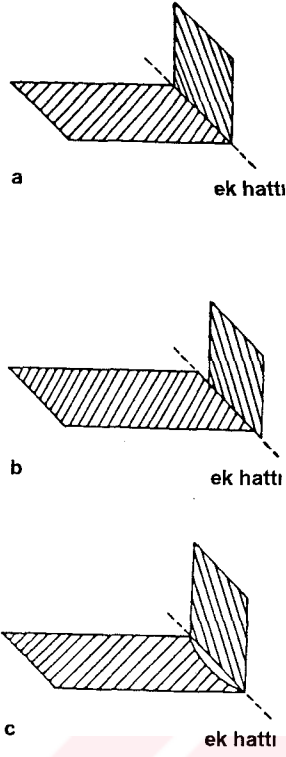
Nokta kaynağındaki operasyonlar da kısaca şöyle sıralanabilir:

- a -) birleşecek parçalar bir hizaya getirilir
- b -) kaynak elektrodları arasında parçalar sıkıştırılır
- c -) kaynak elektrodları arasından yüksek akım geçirilerek kaynak noktasında parçalar ısıtılır

Her 2 tip kaynak için de parça birleştirme performansı başarı için çok önemlidir. Parça birleştirme 2 ana görünüm altında şekillendirilebilir :

- a -) ayarlama: parçaların birbirine göre nasıl yaklaştırılacağını gösterir.
- b -) ek yeri hizalama: yüzey veya köşelerin nasıl bir hizaya getirileceğini gösterir (Şekil 3.1).

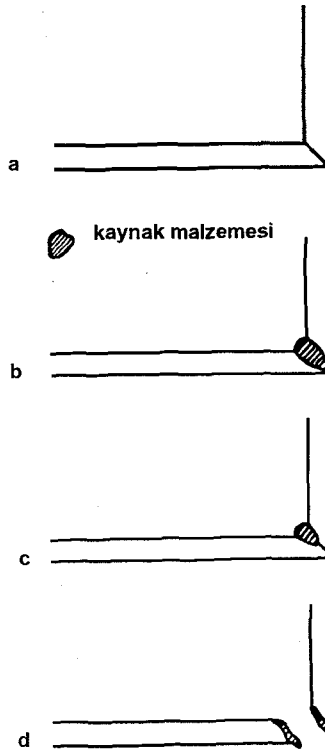
Başarılı bir kaynak için, iş parçalarının birbirine göre doğru şekilde pozisyonlanmasının yanı sıra kaynak aletinin iyi pozisyonlanması da gerekmektedir. Nokta kaynağında, iş parçalarının her tarafında elektrodlar birlikte tutulmalıdır. [5]



Şekil 3.1 Kaynakta parça birleştirmeleri: (a) ideal birleştirme, (b) kötü ayarlama, iyi birleştirme, (c) iyi ayar, kötü birleştirme.

Bazı hacimsel ve tek boyutlu ark kaynaklarında proses ek olarak geometrik ve kinematik karmaşıklıkları da getirir. Çalışma parçalarına elektrodun geometrik teması ile ark oluştuğundan ek yeri boyunca kaynak alevi kontrol edilmelidir. İş parçaları için uygun ısıtma oranını elde etmede gerekli hız; kenarı takip eden, alevdeki rotasyonu da içeren elektrod ucunun hızıdır.

Diğer kritik faktör ise, parçaların kaynak noktasındaki sıcaklığının kontrolüdür. Bu kontrol, nokta kaynağında elektriksel parametrelerin kontrolüdür. Özel kalınlıktaki özel malzemeler ile parça yüzeyini birlikte eritmek için yeterli zaman diliminde kaynak noktasından kontrol edilen akım geçirilir. Ark kaynağı için ısıtmayı etkileyen ek bir parametre ise hızdır. Ek yeri sınır tabakalarında, yetersiz sıcaklık kontrolü kötü kaynaklara yol açar; sıcaklık yeteri kadar artmazsa, kaynak nüfuziyeti yetersiz olacaktır. Bu arada da hızlı sıcaklık artışlarında alev almalara ve ek yeri boşluklarına sebebiyet verecektir (Şekil 3.2). [5]



Şekil 3.2 Kaynak nüfuziyetinde uygulanan ısıtmanın etkileri: (a) kaynak öncesi, (b) ideal nüfuziyet, (c) yetersiz ısıtma, yetersiz nüfuziyet, (d) fazla ısıtma: alev almalar.

Kaynakta robotların uyumu, insan kaynağına oranla temel avantajdır. Nokta kaynağında birleştirme 20 nokta kaynağı gerektiriyorsa, robot her zaman 20 nokta kaynağı yapacaktır. Eğer robot iyi şekilde ayarlanmışsa, her bir kaynak aynı kalitede atılmış olacaktır. Aynı durum ark kaynağı içinde söz konusudur.

Kaynakta çevre faktörlerinin insan veriminde ters bir etkisi vardır. Kaynak operasyonları yakınındaki ısı bunaltıcı olabilir, iç akılı kaynak telleri kullanıldığında çıkan dumanlar ise tehlikeli olabilir. Eldiven ve kaynak maskesini içeren iş giysileri ağır ve rahatsız edicidir. Ark hissedilir derecede morötesi ışık yaymaya başlayınca derideki hassas bölgeler kısa sürede yanığa dönüşebilir. Bu durumlar kısa zaman için önemsiz gibi gözüксе de uzun vadede tehlikelidir.

Robotların ark kaynağındaki diğer bir avantajı da yeterli sayıda ehliyetli kaynakçının olmayışından ötürüdür. İşin negatif yönleri bu konudaki tecrübeli kişi sayısını azaltmıştır. Sonuç olarak tecrübeli kaynakçılar sınırlı olup, maliyetleri de fazladır. [5]

3.5. Birleştirme uygulamaları

Robotik birleştirme operasyonları karmaşıklık derecesine göre çok şekiller alabilir. Bant birleştirme sistemlerinde, düşük dereceli algılayıcılar ve yörünge kontrolü uygulanır. Kritik birleştirme işlemlerinde ise bileşik kuvvet algılama ve makina izleme yeterli olabilir. Gelişmiş algılamaya ek olarak kritik yörünge kontrolü de gereklidir. Çok iyi yanaştırılmış parçaların geometrisi de çok önemlidir. İnsan ufak bir kaçırmasını kolayca telafi ederken, robot parçaları uygun olarak birleştirmek için başlama açısındaki ve pozisyonundaki düzeltmelerini her zaman yapmayabilir. Tamamıyla hassas ve etkili birleştirme kontrol metodlarına yeterince sahip olmamasına rağmen üretimde kısmi çözümler getirilebilmektedir.

Robotik birleştirmedeki ana faktör, robotik malzeme iletimindeki gibi parça hacmidir. Çok geniş hacimler için yüksek otomasyon, robotlardan daha ekonomiktir. Ufak hacimler için ise insan emeği robotlara nazaran daha ekonomik olabilir. İşte bu çalışma durumlarında robotların uyumu, insan emeğine nazaran daha ekonomikliği getirir. Kontrolde robotun yüksek tekrarlanabilirliği insan sistemlerine oranla daha güvenilir ve yüksek kalite mertebelerini getirmektedir. Birleştirmede gerekli olan temiz çalışma durumlarında, insan hazırlıklarından oluşabilecek komplikasyonları robot ortadan kaldırebilmektedir.

Birleştirme uygulamaları genel olarak iki şekilde gerçekleşir: yakın takma ve kolay geçirme. Bunlardan ilki genelde hassas birleştirme isteyen sıkı toleranslı bileşenler içindir. Yakın takma ise genelde biraz yumuşak olup, büyük bileşenler için geçerlidir. Ana proses elemanları ise şöyle sıralanabilir:

- a -) parçaları elde etme
- b -) merkezleme ve parçaları ayarlama
- c -) birleştirme: kayma , sokma , kapama , bastırma , kakma
- d -) kontrol
- e -) birleştirilmesi biteni boşaltma , paketleme [5]

Birleştirmede uyum, robotların en büyük avantajıdır. Parçalar robota öngöröldüğü gibi temin edilmişse ve robot programı iyi ayarlanmışsa, robot her bir ürünü aynı şekilde birleştirecektir. Tersine monoton durumlarda, insan performansı değişkenlik gösterir ve kalite kontrolü güçtür. Üstelik insan birleştiriciler, zamanı geldiğinde gerektiğinden fazla kuvvet uygulamaktadır.

Çalışma alanında personelin zamanının büyük bölümü, vardiyalar arası alana giriş, çıkışta geçecektir. Robot kullanıma ayarlandığında alana giriş, çıkıştan dolayı üretim zamanı kayıp olmayacaktır.

Parça eldesi, robotik birleştirmede engel olmaya devam etmektedir. Yapısal parçaların tanıtılması pahalı olmakla beraber, problemlerin bir bölümünü çözmektedir. Robotun algılama yeterliliğini kullanarak parçaları bulmak ve merkezlemek karışık ve maliyetli algılama kontrol bileşenleri gerektirmektedir. Üstelik güncel teknoloji tamamıyla ambar stok problemini çözmemişken efektif maliyet çözümü daha uygundur. [5]

3.6. Boyama ve kaplama uygulamaları

Genelde robotik boyama ve kaplama operasyonları çok karmaşık değildir. Örneğın algılayıcılar fazla miktarda kullanılmaz. Boyama için gerekli robot teknolojisinin en kritik noktası kontrollü yörüngedir. Yakın geçmişteki boya operasyonlarında, sadece robot yörüngesinin yönetilmediğı, boyama aparatlarının da kontrol edildiğı robot kontrolünün yanı sıra boyamayı birleştirme hattının hareketiyle ve diğeri ilgili operasyonlarla bağdaştırma da vardır.

Robotik boyama ve kaplama operasyonlarının minimum teknoloji gerektirmelerinden dolayı robotlar özellikle otomotiv sektöründeki spre y boya uygulamalarında yer almaktadır. [5]

Boyama robotlarının büyük çoğunluğu daha düşük hacimli parçalarla ilgili olup, insan çalışanlara oranla daha maliyetlidir. Buna ek olarak, boyama operasyonunda robot kullanımındaki seçimlerde dikkat edilmesi gereken birkaç nokta vardır. İlk nokta kalitedir. Eğer tatmin edici boyama yörünge programı robota girilmiş ise yörünge tam tamına çevrimden çevrime, günden güne takip edilecektir. Bu yüksek kalite de dayanıklı boya ile sonuçlanacaktır. Ek olarak spre y boyama alanı insanlar için oldukça zararlıdır. İmalatçı, insanı robotla yerleştirerek insanı sadece zararlı ortamdan uzaklaştırmakla kalmayıp,

boyada, insan çalışırken gerekli olacak koruyucu maskeleri ve pahalı havalandırma sistemi için ihtiyaçları da ortadan kaldıracaktır.

Robotlar tarafından boyanacak iş parçaları veya birleşik parçalar hala hassas, pahalı ve değişikliği zor olan takip istemeyecektir. Boyama robotlarının uygulamasında makina görüntü algılayıcılı olup, büyük kolaylık sağlar. [5]

Malzemeleri kaplamada da birçok uygulama şekli vardır. Boyama, sıralayıp elektrostatik spreye daldırma teknikleriyle yapılabilir. Boya ile ilgili olmamasına rağmen metalik yüzey üreten termal spreyle kaplama buna dahildir. Çünkü tortu bırakma metodu spreyle boyamaya çok benzemektedir. Bu metodların içinden spreyle boyama imalatı en çok bilinen metoddur. Ana elemanları ise aşağıdaki gibidir:

1 -) Daldırarak kaplama:

- 1.1 -) iş parçasını kaplayıcı malzeme olan depoya indirmek
- 1.2 -) dışarı çıkarmak
- 1.3 -) sızmaya izin vermek

2 -) Sıvı kaplama:

- 2.1 -) iş parçası üzerine fakir boya tatbik etmek
- 2.2 -) sızmaya izin vermek

3 -) Sprey boyama :

3.1 -) atomize boyamak

A -) hava spreysi: yüksek basınçlı hava, boya karışımı içerir

B -) havasız spreys: memenin ucundan direkt olarak boya uygulanır

3.2 -) direkt boyamak

A -) atomize boyamadaki tortu momenti kullanılarak havalı, havasız boyama

B -) yüklü boya damlacıkları ve zıt yüklü parça arasında elektrik geçişi ile elektrostatik sprej

4 -) Termal sprej kaplama:

4.1 -) metal kaplayan malzeme

4.2 -) basınçlı hava jeti ile yumuşak kaplama malzemesi atomizasyonu

4.3 -) parçaya direkt kaplama

Boyama ve kaplama operasyonlarının amacı, parça üzerinde genel olarak kontrollü kaplama kalınlığı elde etmektir. Çok kalın kaplama israf olup, aşırı sıcak ortamlarda problem çıkartabilir. Aşırı ince kaplama ise prosesin amaçları karşısında yetersiz kalabilir. Daldırmalı kaplamada kaplama prosesinin kontrolü, kaplama malzemesinin viskozitesinin ve sızdırma esnasında nesnenin manipölasyonunun kontrolü kullanılır. Sprej operasyonlarında kaplama homojenliği ve kalınlığı, nesneye sprej tabancasının hızı ve yörüngesiyle tanımlanır. Başarılı bir kaplamada nesneye oranla sprej tabancası, yörüngesi boyunca tatlı şekilde ilerlemeli, bu ilerlemede sabit mesafeyi ve hızı korumalıdır.

Büyük birleşimlerin boyanması, boyayıcının hareketliliğini isteyerek elde edilmesi gereken boya homojenliğini veren mesafe koruma problemlerini arttırır.

Sprej boyama gerçekleştirilen çevre, prosesteki solvent buharları ve boya tozları dolayısıyla çok iticidir. Personelin boyama operasyonunda koruyucu giysi giymesi, maske takması gerekli olup, çalışanı yorup, rahatsızlık verir. Çevre sadece sağlıksız olmayıp, ayrıca yangın riskide taşımaktadır. Boya tozu birikmesi görüşü engelineceği gibi kullanılan ekipmanlarda da periyodik temizlemeyi gerektirmektedir. [5]

Boyama ve kaplamada aranan mekanik ise ustalıktır. Ustalık, robot manipülatörü kolu sayesinde elde edilir: birçok durumda 5 serbestlik dereceli robotlar 3 boyutlu yüzeyleri boyamada yeterli olmasına rağmen ilave 1 veya 1' den fazla serbestlik derecesi, iç alanlara robotun ulaşımını kolaylaştırmaktadır. Hareketli bölümler, yanabilir atmosferden dolayı patlama çıkartıcı olmayıp, hidrolik türden olanları kullanılmalıdır.

Genelde başarılı sonuçlar iyi yörünge kontrolü , iyi programlama ve güvenilir boya ekipmanları ile elde edilebilir. İyi programlanmış robot, kendisini yorgunluktan, boya dumanlarından ve sıkıcılıktan uzak olarak temiz boyama ve kaplama ile amorti edecektir. Yörünge hassaslığı, spreynin doğru ayarlı durma ve çalışmalarıyla çöp boya malzeme miktarı azalır proses kalitesi bu uyumlu çalışma ile artacaktır.

Personeli spreylere boyadan çekmek sadece onların konforunu ve sağlıklarını korumakla kalmayıp, insanlara tehlike saçan atmosferi temizlemek için kullanılan havalandırma gereksinimlerini de azaltacaktır. İçteki kirli havayı temizleyerek çevreye dağıtan bu sistemdeki enerji sarfıyatı da fazladır.

Ark kaynağında olduğu gibi yüksek kalitede boya uygulaması yapacak kişinin de çok tecrübeli olması esastır. Robotlar, insanlara yüksek verim ve kalitesi ile teknolojik çözüm getirmektedir. [5]

3.7. Kalıp kalıplama

Kalıp kalıplama prosesinde ürünü kalıp olan dökme kalıp kullanılır. Bu dökme kalıpta kaliteyi elde etmek için ek adımlar gerekmektedir. Proses ise aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

A -) Kalıbı hazırlama

a -) kalıbı pisliklerden temizleme

b -) kalıbı yağlama

B -) Sıvıyı fakirleştirme

a -) sıvı metal sıcaklığını kontrol etme

b -) sıvının fakir karışım oranını kontrol etme

C -) Çevrim soğutma sıcaklığını ve zamanını kontrol etme

D -) Kalıptan iş parçasını çıkartma

E -) Kalıp içinde kalan parçalar için kalıbı kontrol etme

Başarılı kalıp kalıplama için dikkatlice kontrol edilmesi gereken birçok değişken proses parametreleri vardır. Bunlar sıcaklık ve soğutma zamanıdır. Yeterli soğutma zamanının metalürjik ihtiyaçları ve kısa çevrim zamanları için gerekli ekonomik ihtiyaç arasında çok hassas bir denge kurulmalıdır. Kalıbın hayatını uzatmak ve daha yüksek kalıp kalitesi elde etmek için kalıp temizliği ve çevrimler arası yağlama çok önemlidir.

Kalıp kalıplamadaki ana robot ihtiyacı, manipülatör ustalığını gerektiren malzeme iletimi tanımlamasına benzer. Ayrıca kalıplama çevresi için birkaç robot ekipmanına da ihtiyaç vardır. Bunlar yörünge ve sıcaklık kontrolünde kullanılmaktadır.

Kalıp kalıplamada kullanılan robotların uyumlu olması da ayrı bir zorunluluktur. Robotun yüksek tekrarlanabilirliği çöp oranını % 20 azaltır ve verim fazlalaşır, maliyetler azalır. İnsanları tehlikeli çevreden uzaklaştırmak, kalıplamayı geliştirmek robotları kullanmak için diğer nedenlerdir. [5]

3.8. Robot uygulamasına sistematik yaklaşım

1 -) Uygulamaların gelişmesini incelemek:

1.1 -) Mevcut robotların ana yeterlilikleri ve sınırlamalarını takip etmek

1.2 -) Potansiyel uygulamaların araştırmasını yapmak. Aşağıda tanımlı kriterler için çözümleri incelemek

A -) robot yeterlilikli operasyon

B -) robot tarafından yargılama gerektirmeyen operasyon

C -) robot kullanımını doğrulayan operasyon

1.3 -) İlk çalışma sadece potansiyel uygulama listesini içerir: daha detaylı çalışmak

1.4 -) İlk uygulamayı seçmek

A -) öneri: ilk uygulama için listedeki en basit çözümü seçmek

B -) çözüm üzerine çalışma: yapılması gerekli olan herşeyin bilindiğinden emin olma

C -) robot hariç diğer alternatifleri seçme

D -) robot kurmanın olası avantajlarını inceleme

E -) çözümle ilgili olası her türlü yanlışı çıkarma

F -) robot için imkanları seçme

G -) çevreyi seçme

H -) ekipman tedarikini ve imkanlarını seçme

I -) alan ihtiyaçlarını belirleme

İ -) gelecek ihtiyaçlarını belirleme

2 -) Uygulama mühendisliği :

2.1 -) Yeterli hız, hafıza ve program hafızasına sahip robotu seçmek. Mümkün ise fazla kapasite tedarik etmek.

2.2 -) Çevre kirlenmesine (toz, boya, metal parçaları, fazla ısı) karşı robot korumasını seçmek

2.3 -) Yerleşimi tanımlamak [5]

2.4 -) Robot ve diğer ekipmanlar arasında gerekebilecek bağları tanımlamak: bilgisayar simülasyonları yapmak.

2.5 -) Diğer ekipmanlar için gerekli değişiklikleri yapmak

2.6 -) Önemli: bölgedeki personeli korumak için yeterli güvenlik sistemi kurmak

2.7 -) Kol ucuna takılacak aletleri sağlamak: parçayı tutmak için alternatif yolları aramak

2.8 -) Ray hattı gerekiyorsa, yerleşim ve bağlantılar için gerekli aletleri sağlamak

2.9 -) Destek ekipmanı tedarik etmek ya da robot devre dışındayken üretimi koruyacak sistemi planlamak

2.10 -) Boş alanları ve bakım için test ekipmanları tedarik etmek

3 -) Tanımlayıcı prosedürler:

3.1 -) Yerleşim için zaman karşılığında yeterli çalışma yapmak

A -) servis duruşları

B -) zemin hazırlama

C -) bağlantıları tanımlama

D -) ekipman yerleşimleri

E -) ekipman bakımları

F -) kol ucuna takılacak aletlerin gelişimi

G -) güvenlik sistemi gelişimi [5]

H -) programın bakımı

I -) insan ilişkileri: personeli robota hazırlama.

3.2 -) Kurma ve işletme

A -) genelde robot üreticisi destek sağlamalı

B -) bazı işletim problemlerinin çözülmesi

3.3 -) Operasyonu takip etmek

A -) çalışma süresi boyunca robot problemlerini takip etmek

B -) gelecek referans için mevcut ve arzu edilen maliyet, tasarruf, performansların karşılaştırmasını yapmak

C -) devamlı operasyon takibi gelişme için öneriler getirebilir

3.4 -) Bakım ve servis

A -) bakım planlaması yapmak

a -) tüm vardiyalara yetişmek

b -) tüm vardiyaların yeterli alet, test ekipmanı ve işlerini yapmak için yeterli alana sahip olduğundan emin olmak

c -) düzenli eğitimler sağlamak

B -) mümkün ve pratikse boş veya kullanılmayan makina tedarik etmek

C -) robot performansı için bakımcılara tüm sorumluluğu vermek

4 -) Güvenlik:

4.1 -) Güvenliği düşünmek [5]

A -) robotu insanlardan uzak tutmak, robot çevresine koruma telleri germek.

B -) robot dışında acil durdurmayı sağlamak

C -) şirket standartları ve yerel kanunlar arasında bağ kurmak

D -) bakımçıları yeterli derecede eğitmek

E -) geniş güvenlik planı geliştirmek [5]



4. ÇEŞİTLİ ROBOT UYGULAMALARI ÖRNEKLERİ

4.1. Tavan kaplaması yapıştırma robotu

Oyak Renault' nun Bursa' daki otomobil fabrikasında Renault Automation tarafından geliştirilmiş olan tavan kaplaması yapıştırma robotu 1994 yılından itibaren kullanılıyor.

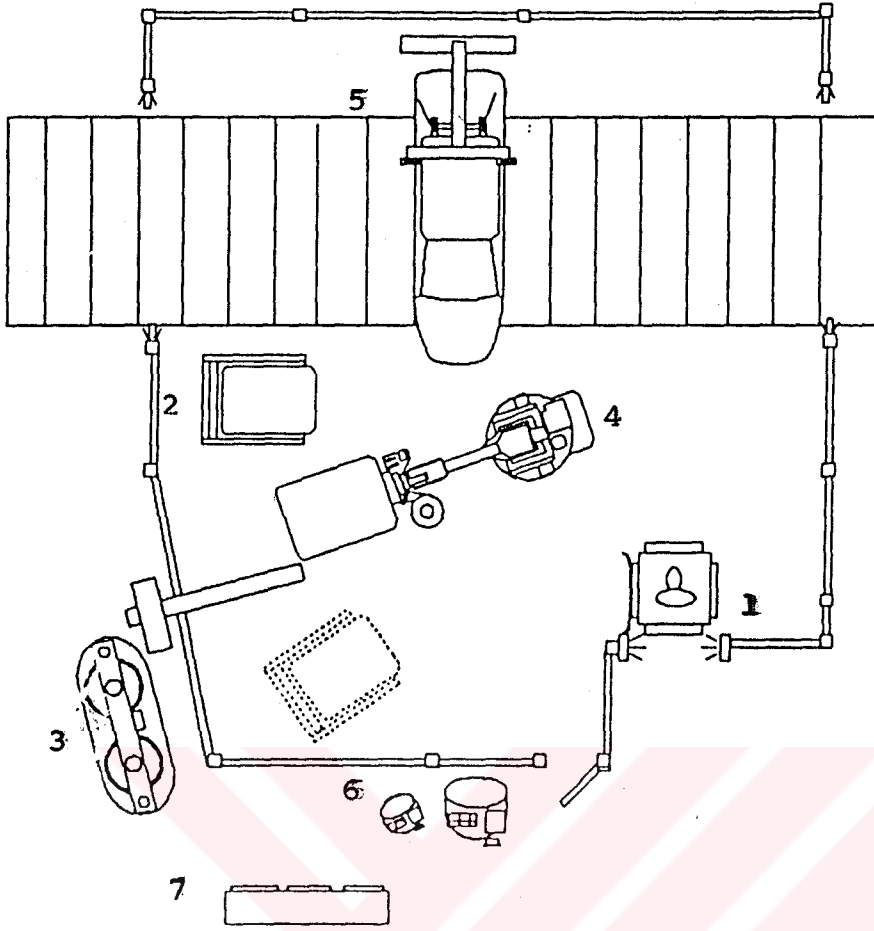
Tavan kaplaması yapıştırma robotu; robot kasanın robot eksenine göre pozisyonunu ve araç tipini belirleyen ölçme sistemi, yapıştırıcı uygulama gurubu ve 4 ayrı tip tavan kaplamasının asılabildiği turnikeden oluşuyor.

Robotun işlevi, tavan garnitürünü almak, istenen yörüngede yapıştırıcı tatbikini gerçekleştirmek ve kasaya yapıştırmaktır.

Mart 1994 tarihi itibarı ile Renault 9-11 ve Temmuz 1994' dan itibaren de Renault 19 için kullanılan robotun temel çalışma prensipleri şöyledir:

- operatörün sıradaki araca uygun kaplamayı seçip, turnikeye yerleştirilmesi
- tavan kaplamasının uygun süport ile aspirasyon sayesinde alınması
- araç tipine göre öngörülen yörüngedeki yapıştırıcının tatbiki
- önceki operasyonlar esnasında belirlenen pozisyon kaçıklığını telafi eden bir yörünge çizerek aracın içine ön cam boşluğundan robotun girmesi
- robotun tavan kaplamasının yapışması için belirli süre kuvvet uygulaması

Şekil 4.1' de robot yerleşimi görülmektedir. [6]



Şekil 4.1 Tavan kaplaması yapıştırma robotu yerleşimi.

1 - tavan kaplamasının asılacağı turnike

2 - tavan kaplamasını aspirasyon ile alacak süport

3 - yapıştırıcı pompaları ve tatbik cihazı

4 - robot

5 - araç

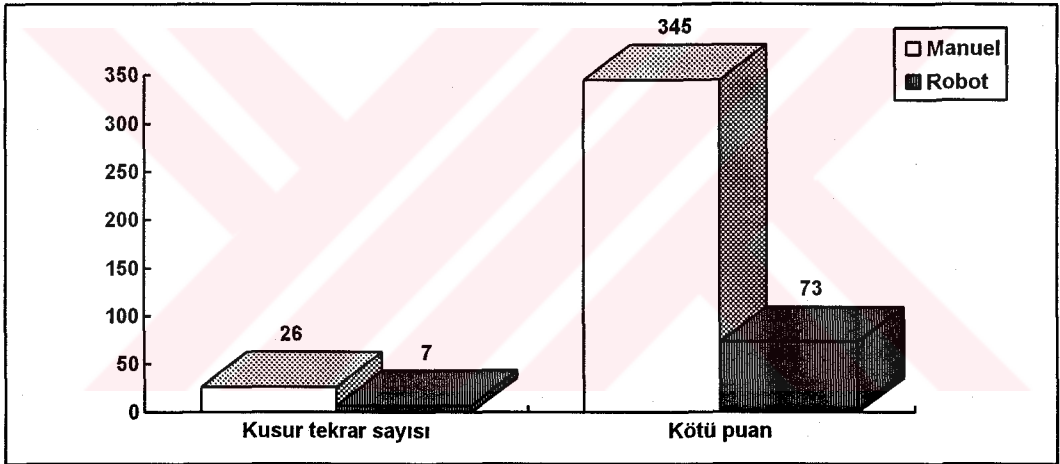
6 - kumanda panosu

7 - ana kumanda merkezi

Bölgede çalışan personelin iş güvenliği robotun çevresine kurulan paravanlarla sağlanmış olup; robot çalışma alanına girişler optik algılayıcılar ile kontrol edilmektedir. [6]

Tavan kaplamasını yapıştırma robotunun kalite açısından getirdikleri ise: estetik özelliği olan kaplamanın temiz ve hasarsız yapıştırılması, insan gücü ile sağlanamayacak yapıştırma kuvvetini sağlayabilmesi, insan ergonomisine uygun olmayan montaj şeklini üstlenmesi, karşılaşılan problemlerin hızlı şekilde tespiti, analizi ve çözüm uygulamasının kolaylaştırılması, esnek üretime uygunluğu olarak sayılabilir.

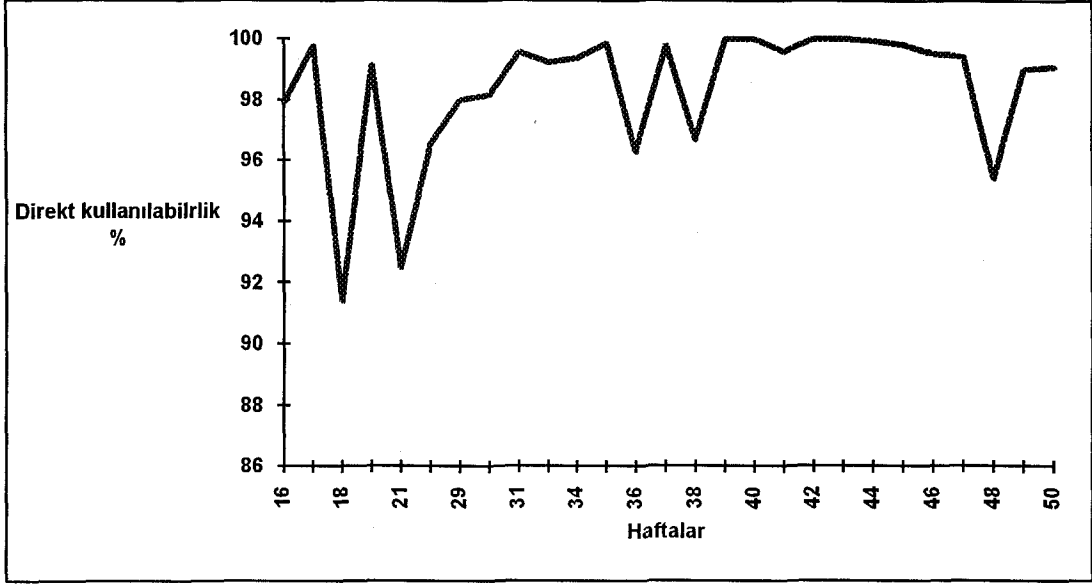
Tavan kaplamasının manuel ve robotlu çalışma koşullarında yapıştırılması kalite yönünden de kıyaslanabilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Eşit zaman diliminde 651 araçlık manuel, 428 araçlık robotlu üretimin nihai ürün bazında kalite değerlendirmesi.

Robotun üretim hacmi 35 araba / saat olup; gecikmeler göz önüne alınarak % 10' luk ek kapasite bulundurmaktadır. Bununla bağlantılı olarak da tavan kaplama tesisinin direkt kullanılabilirliği haftalar bazında görülebilmektedir (Şekil 4.3).

Direkt kullanılabilirlik = $\frac{\text{Üretim zamanı}}{(\text{Üretim zamanı} + \text{Direkt duruş zamanı})}$ [6]



Şekil 4.3 Üretim haftaları bazında tavan kaplaması yapıştırma robotunun direkt kullanılabilirlik yüzdesi.

4.2. Genel gövde birleştirme robotu

Renault Laguna modellerinde tek bir makinada birçok tezgah sayesinde 800 üretim boyutunda birleştirme, Renault Automation tarafından üretilen robot ile sağlanmaktadır. Halen bu tip birleştirme Laguna' nın üretildiği Fransa Sandouville, İspanya Palencia fabrikalarında uygulanmaktadır. Kasa kenarlarındaki ve tavandaki kaynak birleştirmeleri tek bir makinada gerçekleştirilmektedir. 6 robot, 1 dakikadan daha az bir sürede 100 kaynak noktasında işlem görerek çalışmaktadır. Böylece ana kasadaki geometrik boyut farklılıkları minimuma indirilmiştir. Kasa birleşimi 250 adet kaporta parçasının tümünde gerçekleştirilmektedir. Sonuçta 600 ila 800 arasında kot, birleştirme esasını oluşturmaktadır. [7]

Olası sapmaları en aza indirmede 5 etap tanımlanabilir:

1.etap: Geometrik kalite tanımlayıcıları olan kotların makina tarafından tanınması. Buradaki amaç, birleştirilecek parçalardaki olası kaymaları belirlemek ve 0.8 ila 1.3 mm toleranslar arasında kalmalarını sağlamaktır.

2.etap: Çalışmalar genel birleştirmedeki tüm hatları analiz ederek sistem kapasitesinin bu toleranslara uyup uymadığını kontrol eder. Belirli veri

tabanından itibaren tüm parçasal sapmaların toplamının belirlenen hedefi geçip geçmediği kontrol edilir. Hata belirdiği anda kot sayısını azaltmak gereklidir. Sistem ikili bir prensibe dayanmaktadır: bir yandan tüm üç tezgah (ön, arka, iç) fiziksel olarak makinadan bağımsızdır. Çevreden kaynaklanan sapmalardan da kaçınılmaktadır. Diğer yandan ise 3 tezgah kendi aralarında da ilgilidir.

3.etap: Makina parçalarının seçimi yapılmaktadır. En hassas ekipmanlar seçilmiş olup, minimum boşluk oluşumu sağlanmıştır.

4.etap: Sistemin montajı yapıldıktan sonra test yapılır. Referansların ayarı parçanın dayandığı tüm pozisyonlarda milimetrenin onda ikisi hassasiyetini sağlayacak şekilde yapılır. Son etapta ise kilitlerin ayarı, hareketlerin hızı ve parçaların tezgahlara iyi şekilde taşınmasının kontrolü yapılmaktadır.

Geometrik kalite ve kasa kaynağının yapılması gibi performansların yanı sıra sistem, yatırımları azaltmayı da sağlar.

Sadece Renault' da kullanılmayan bu sistem ayrıca Saab, General Motors, Chrysler ve Ford' da da yer almaktadır. [7]

4.3. Koltuk yerleştirme robotu

48 saniyelik çevrim sürecinde 30 - 35 kg' lık koltukların montajını yapabilen robot, Renault Automation tarafından geliştirilmiş olup, her tip araba için kullanılabilir.

Beauchamp' daki kuruluştaki Safrane modellerinde ilk uygulamaya başlanmıştır. Aracın iki tarafından yerleşik iki robot ön koltukları yerleştirmektedir. Robot, koltuğun altlığını ve sırtlığını kasarak almaktadır. Her biri birer türbine bağlı olan robot parçaları koltuğun nihai pozisyonunu almasını sağlar.

Ardından robot, koltuk tespitlemelerinin geometrik olarak bulunduğu ölçme masasına koltuğu yerleştirir. Robot 0 noktasındaki koordinatlarına göre yörüngesini kontrol eder . Son hamlede direksiyon kolonundan sakınılarak konsolun altından geçerek aracın içine girilir. İlk önce sağ ön, ardından sol ön koltuk yerleştirilmiş olur. [8]

Bu montaj tipinde yatırımların azaltılması söz konusudur. Öncelikle tek bir robot kullanılmakta olup, her araç tipi için işlem görebilmek büyük bir avantajdır. [8]

4.4. Motor beşiği punta kaynak robotu

Oyak - Renault, Renault 19 motor beşiği kaynak ve delme hattı Serra Soldadura S.A. Barcelona tarafından yapılmıştır.

Tesis bir PC tarafından izlenen ve bir April 5000 otomat tarafından kumanda edilen üç çalışma bölgesinden oluşur.

Bölge 1.

Robotize punta kaynak postası, 66 kaynak puntası atılır. Bölge şu bölümlerden oluşur:

- motor beşiğini tutmak için pnömatik serajlı bir adet tutuculu ACMA BR 2210 robotu.
- yere sabit elektrod serajlı bir adet elektrik pense, güç kolonuyla donatılmış hava ve su tesisatı.
- yere sabit pnömatik pense, kaynak kontrolü, güç kolonu, hava ve su tesisatı.
- 10 parça kapasiteli iki farklı bant girişte manuel yüklenir ve robot tarafından boşaltılır.

Bölge 2.

Robotize punta kaynak postası, 76 kaynak puntası atılır. Bölge şu bölümlerden oluşur:

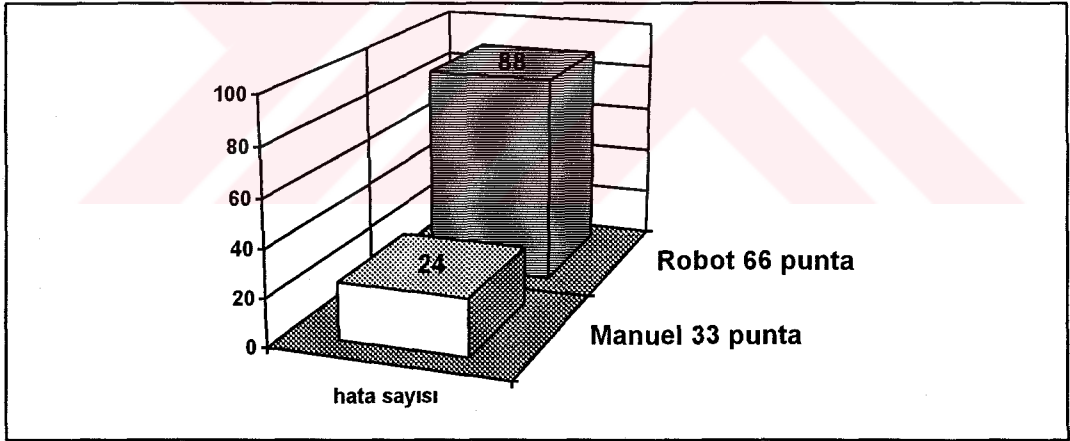
- motor beşiğini tutmak için pnömatik serajlı bir adet tutuculu ACMA BR 2210 robotu.
- yere sabit elektrod serajlı bir adet elektrik pense, güç kolonuyla donatılmış hava ve su tesisatı. [9]

- yere sabit pnömatik pense, kaynak kontrolü, güç kolonu, hava ve su tesisatı.
- 10 parça kapasiteli iki farklı bant girişte manuel yüklenir ve robot tarafından boşaltılır.
- doluluk kontrolü olan arıza hali çalışmasında parça boşaltmak için bir rampa.

Bölge 3.

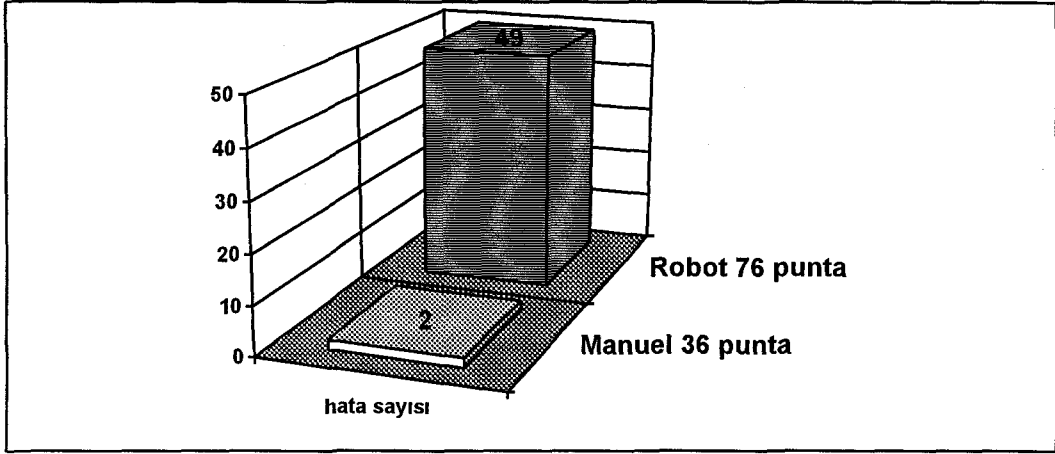
Üç bağımsız bölümden oluşur: iki delme postası ve taşıma, boşaltma postası, ayrıca 100 - 140 bar basınç sağlayan hidrolik bir pompa. Toplamda 22 delik atılır.

Motor beşiğinin 1 no' lu punta kaynak bölgesi için 3 ay boyunca yapılan kaynak kontrolünde kaynak kopuklukları, çap küçüklüğü, çapaklılık, deformasyon, pozisyon, kaynak eksikliği kontrol edilmiş olup; manuel ve robotize çalışmalar için kıyaslama Şekil 4.4 ' te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Motor beşiği 1 no' lu bölge kaynak kontrolleri kıyaslaması.

Aynı zaman diliminde 2 no' lu bölge için yapılan kaynak kontrollerinin kıyaslaması ise Şekil 4.5' de görülmektedir. [9]



Şekil 4.5 Motor beşiği 2 no' lu bölge kaynak kontrolleri kıyaslaması. [9]

4.5. Citroen AX' lerde otomatik montaj

Ana montaj fabrikası 3 ana sektöre ayrılırsa final montaj, boya ve kaporta' nın yanı sıra en çok işçilik isteyen sektördür.

Gerçektende AX' in kaporta atölyesinde tüm kaynak operasyonlarında parçaların yerleştirilişi otomatiktir. Sadece brüt parçaların boşaltılması gibi operasyonlar manuel olarak yapılmaktadır.

Direkt işçilik efektifini oluşturmada günde 1000 araç için ekip başına 50 operatör gerekmektedir.

Boya atölyelerinde yüzey temizleme operasyonları olan fosfatlama ve kataforezleme otomatik olarak tünellerde veya banyolarda daldırma veya püskürtme metodları ile yapılmaktadır. Boya tatbikatı ise çok serbestliğe sahip robotlar ile gerçekleşmektedir. Kasa altına sızdırmazlık mastiğinin uygulanmasında da robot kullanılabilmektedir.

Tamamen manuel olan montaj sektöründe günde 600 araçlık üretimde ekip başına 4000 - 5000 kişilik efektife ihtiyaç olup, işçilik artmaktadır.

En çarpıcı örnek olarak torpidolar verilebilir. Araçlardaki gelişen elektrik fonksiyonlarının artmasıyla parçaların teker teker montajında oluşabilecek hatalar minimuma indirilebilir. [10]

Isıtma grubu dahil tüm elektrik fonksiyonlarını kapsadığı için AX torpidosu otomasyona iyi bir örnek teşkil eder.

Hazırlamadaki bu çeşit bir çalışma aynı anda operatörlerin iş zamanını, montaj zamanını ve imalat maliyetini azaltır.

Alt gruplarda hazırlanabilen ön yüzlerin çeşitliliği araç stili el verdikçe otomasyonda gelişmeye imkan verecektir. Gerçektende ön yüz alt kümesini oluşturabilmek için parçaların montajını gerçekleştirecek bir yapıya sahip olmak gerekir.

Bu yapı farlar, sinyaller, tampon, ön panel gibi ekipmanların montajının yapılabileceği ön traverslerden oluşmalıdır. Bu traversler de artık kaportada kaynaklanmayıp, montajda alt gruplar hazırlandıktan sonra sıkılacaktır. Parçaların ayrı ayrı boyanması gerektiğinden ek bir harcama çıksa da diğer yandan sıkma ile elde edilen çözüm kaynak operasyonundan daha ucuzdur.

Ana hattaki birleştirmeye oranla alt kümelerin birleştirilmesinde daha iyi verim elde edilmesinden sonuçlanan zaman kazancı çok önemlidir.

Sonuç olarak alt grupların oluşturulması yüksek verim ve ürün kalitesi için gereklidir.

Hazırlamada oluşturulabilecek alt gruplar; torpido, ön yüz, kapılar, arka silecekler, tek ve çok noktadan tahrikli ateşleme sistemlerinde uygulanabilir.

İki tip çözüm probleme cevap vermektedir: montaj takviyeleri, otomatize montaj.

a -) Montaj takviyeleri: Operatör tarafından kullanılan dengeli manipulatörler sayesinde elde edilirler. Operatör kolu kullanarak arayacak ve tümünü araç içine yerleştirecektir. Takviye fonksiyonu dikey yönde sadece yük etkisini kaldırmada faydalıdır. Bu tür sistemin uygulaması zordur, çünkü genelde operatör yardımsız şekilde çalışmasına oranla daha yavaş operasyon gerçekleşmektedir. [10]

b -) Otomatize montaj: Bu durumda parça, montaj robotuna ilave manüta-siyon aleti ile yönlendirilmektedir; sonrasında robota yerleştirip montaja hazır

hale getirilecektir. Bu faydalı çözüm, operatörleri tamamıyla ortadan kaldıracaktır. AX' lerin montajında bu çözüm yolu kullanılmaktadır.

Alt grupların çeşitlenmesiyle araç kavramları değişmektedir; o halde montaj robotuna ürünleri ulaştıran ek hatlar ve kısa ana hattan oluşmuş montaj atölyesi organize edilmelidir. Sonuç olarak:

- a -) ana hat, verimi arttıracak şekilde uzunluk olarak kısılır.
- b -) birbirine bağlı operasyon sayısı ve araçta çıkabilecek risk azaltılır.
- c -) tamamlanmış ürünlerin imal edildiği küçük hazırlama atölyeleri yaratılır. AX' in montajının % 23 ' ü hazırlamada geçmektedir. Böylece ürünlerin kalite seviyesi ölçülebilmektedir.

AX' in parçalı giydirme hattında, manütansiyon aletinin zorunlulukları aşağıdaki gibidir:

- a -) 1 - 6 m / dakika hızlarda çalışan manuel bölgelere sahip olmak.
- b -) robotlu sabit postalara sahip olmak.
- c -) otomatik ve manuel bölgeler arasında geçiş bilgileri bulundurmak.
- d -) yeni robotize bölgeler oluşturacak özelliklere sahip olmak.
- e -) maksimum üretimde çalışan manuel bölgelerin çevrim zamanından daha düşük çevrim zamanına sahip robotize bölgelere sahip olmak.

Normal rejimde son tampon bölge boş, ön tampon bölge dolu olmalıdır. Robotize montaj bölgesinde arıza olması durumunda son tampon bölge boşaltılır ve ön tampon bölge doldurulur; fakat manuel bölge durdurulmaz. Eğer arıza basit ise makina kondüktörü serviste fazladan çevrim zamanı harcar, aksi takdirde arıza önemliyse aynı zaman sürecini robotize postayı prosedüre göre arıza haldeki çalışmaya geçirmede harcar. [10]

Sonuçta atölye uygun hale getirilmiş olup, ana hatta tavan kaplaması yapılandırılmasında, torpido montajında, arka panjur montajında, ön ve arka

camların montajında otomatizasyonlar kullanılmıştır. Hazırlama hatlarında ise camların taşınmasında, camlara primer uygulamasında, mastik uygulamasında otomatizasyonlar bulunmaktadır.

Montaj atelyelerinde alt grupların yaratılması otomatizasyon ile kalitenin arttırılmasında büyük rol oynar. Şu anda hazırlamalarda % 10 otomasyonla, AX' de % 23 otomasyona geçilmiş olup gelecekte bu oran % 40 - 50 arasında olacaktır. Montaj bantlarında ise durum AX' de % 8 olup, gelecekte % 20 olacaktır. [10]

4.6. Esnek birleştirme

Esnek birleştirme sistemleri imalatçıların, imalat maliyetlerini düşürüp, kaliteyi arttırmada, fabrika verimini arttırmada ve aynı hatta birden çok model üretmelerini sağlamaktadır. Bu sebepten ötürü de General Motors (Detroit) Spring Hill' de ek bir hat oluşturmıştır. Amaçları Japon modelleri ile fiyatta ve kalitede yarışmak ve müşteri taleplerine göre araba üretmektir. Araç tipleri SL ve SL 1 sedan olup 85 BG' de, tek sayılı kam ve silindir başına 2 valf bulunduran 4 silindirli motordan oluşmaktadır. Motor ya bilgisayar kontrollü, elektronik, 4 hızlı otomatik ya da 5 hızlı manuel vites ile birleşmiş durumdadır. Yüksek performanslı Sedan SL 2 ve SC Coupé, 124 BG olup, çift sayılı kamlı ve silindir başına 4 valf içeren 4 silindirli, enjeksiyonlu, manuel veya otomatik viteslidir.

Esnek birleştirme en önemli rolünü motorun ve transmisyonun birleştirilmesinde oynamaktadır. Motor birleştirme bölgesinde robotlar bulunmaktadır.

Transmisyon birleştirme bölgesinde ise 1 konveyör ve elektrikli monoray sistemi bulunmaktadır. Bu sistemler hem otomatik hem manuel tipler için geçerlidir.

Hem transmisyon hem de motor parçaları, parçalı birleştirmeye uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Örneğin yağ deposu robotların kolayca tutabileceği ve motor içinde rahatça yerleştirebileceği şekildedir. [11]

a -) Motor birleştirme:

Spring Hill' de motor bloğu, silindir kafaları, krank mili ve ön yüz olmak üzere 4 ana motor parçası üretilmektedir.

Motor birleştirme sırasında, motor parçaları tampon alanda bekletilir ve ana imalat hattındaki değişik bölümlere paletli konveyörlerle gönderilir. Bu taşıma anında elektronik okuma ünitesi sayesinde parçaların yanlış bantta olup olmadığı ya da hatalı olma hali incelenir ve rötuş bölümüne gönderilir.

Motor bloğunun birleştirilmesinde, temizlenmiş alüminyum blok birleştirme hattına konveyörle gelir ve krank mili yerleştirme bölümüne yaklaşır. Burada birçok fonksiyon bir arada getirildiğinden yüksek hassasiyet gerekmektedir.

Krank milinin yerine konmasından önce, sistem ana yatak ilavelerini ve krank milini yağlar ve alüminyum bloğa hiçbir zarar gelmeyecek şekilde yatakların motorda pozisyonlanmasını yapar.

Ana yatak ilavesi motor birleştirmenin en kritik bölümüdür. Motor bloğu ve krank mili arasında ± 0.001 inç' lik toleranslara sahip boşluk olmalıdır. İlaveden sonra ultrasonik algılayıcılarla donatılmış doğrulama sistemi yatakların uygun şekilde oturtulup oturtulmadığını kontrol eder.

Sonra, motor bloğu krank mili birleştirme robotuna gelir; burada otomatik ekipman ana yatak tıplarını çıkarır, krank milini yerleştirir ve tıplarını sıkar. Böylece motor bloğu, 1 elektrik motorunun krank milini döndürdüğü ve milin rahatça dönmesi için gerekli torku olup olmadığını kontrol eden otomatik torklama merkezine gönderilir.

Ardından motor bloğu, krank mili yerleşimine doğru motor zamanını sağlayıp sağlamadığını gözlemleyen kamera ve bilgisayar olan bölüme gelir. Problem rastlandığı takdirde mil yeniden ayarlanır.

b -) Piston yerleştirilmesi:

Otomatik makinalar motor bloğunu alarak 180° yere bakacak şekilde çevirir. Bu pozisyonlama pistonlar ve silindir boşlukları arasındaki dar toleranslar yüzünden önemlidir. [11]

Pistonların motor bloğuna yerleştirilmesinde yani piston kolunu ve yataklarını pistona tutturmada pim kullanılıp, piston yayları ilave edilip yağlama yapılır. Tüm bu işlemler bittikten sonra robot tarafından piston alınır ve piston birleşimini silindir içine tamamen oturacak şekilde bastırılır. Bu arada ikinci bir el de piston kolunu sabitler. Aynı anda makina krank miline veya silindire zarar vermeyecek şekilde piston kolunu yerleştirir.

Sonrasında motor yeniden 180° döndürülür, motorun dışı istenilen torklarda sıkılır. Yarı tamamlanmış motor silindir kafası birleştirme alanına ilerler. Bir robot silindir kafasını motora kadar taşır ve contasını takar, somunlar da belirli torklarda sıkılır.

Sonraki operasyonda ise motor paletleri konveyörün belirli eğimde bulunduğu bölüme ilerler. Motor işçinin kolayca krank dişlisini, vites zaman zincirini, zincir gergilerini ve kam mili dişlisini yerleştirmesini sağlayacak şekilde ön yüzden 15° yukarı kaldırılır.

Motorun ön ve dış yüzü otomatik olarak yerleştirilir. Diğer bir makina işaret koyar ve bir işçi de vidaları yerleştirip vidaları sıkar.

Yağ deposunun yerleştirilmesi için motor çevrilir. Deponun alınması ile robot oda sıcaklığındaki kauçuk sabitleştiriciyi uygular ve ardından tabancalarla vidalar sıkılır. Ardından da teker düzeni, emme havası ve ekzost manifoldları, alternatör ve su pompası monte edilir.

c -) Transmisyon birleştirme:

4 tip transmisyon imalatında, parçalar monoraylı bir sistemde üretim hattına gelmektedir. Transmisyon ilk önce birçok işçinin vites ve diğer alt birleştirmeleri yerleştirdikleri manuel hatlardan geçer.

Üretimin tipine ve imalat ihtiyacına göre motor birleştirme gerçekleştirilmektedir. Prosesin kontrolünü sağlamak için gerekli birleştirme hattında imalat bilgileri bilgisayarlarla iletilmektedir. Herhangi bir hata halinde işçi, transmisyonu hata merkezine göndermektedir. [11]

4 manuel birleştirme hattını geçtikten sonra transmisyon nihai torklanmaların yapıldığı, yayların yerleştirildiği ve işaretlerin yapıldığı robotlara ilerler. Tek

raylı taşıyıcı yarı birleşmiş transmisyonu yeni mamul hatlarına taşır ve burada işçiler manivela tahrik kolunu, debriyaj birleşimini ve otomatik transmisyonun arka kapağını monte ederler. Daha sonra ise transmisyon dış giydirmelerinin sıkıldığı alana gelinir ve fonksiyonel testler uygulanır. Bu testler üretilen transmisyonların % 10' unu kapsar. [11]

4.7. ABB montaj robotları

Dişli kutularının otomatik montajı otomotiv sanayi için sayısız avantajlar sağlamaktadır. Ürün değişikliklerinde büyük kolaylıklar sağlanırken, kaliteyi de üst düzeyde tutulabilmektedir. Bunun yanında istenen hassas ayrıntılar sağlanabilmekte ve büyük stoklarla çalışmaya gerek kalmamaktadır.

İsveç ABB ve Alman ABB GmbH firmaları iki Avrupalı otomotiv imalatçısı ile çalışarak dişli kutularının montajı ile ilgili çeşitli metodlar geliştirmiştir.

Üretim maliyetlerini düşürmesinin yanı sıra montaj sistemleri aşağıdaki avantajları sağlar:

- a -) Esneklik: Çok çeşitli tip dişli kutularının aynı yerde montajı yapılabilir.
- b -) Yüksek kalite ve tekrarlanabilirlik: Sadece yeterli kalitede montajı yapılan dişli kutuları kabul edilebilir ve kalite seviyesinde de oynama olmayacaktır. Otomasyon sayesinde ağır ve tehlikeli işler ortadan kalkar.

Verimli montaj sistemlerinin kurulması 2 yıl sürmüş olup 3 önemli konuya dikkat edilmiştir:

- a -) Simültane mühendislik: Kullanıcı proses uzmanı ve tasarımcı bir takım oluşturmuştur. Bu takım, tasarım, üretim, kullanım ile ilgili çıkacak tüm problemlere optimum çözümler getirmiştir.
- b -) Fabrika boyunca malzeme akışı optimum seviyeye getirilmiştir. Tüm taşıyıcılar kolay doldurulabilmeli ve robotların rahat ulaşabileceği bir yerde olmalıdır.

- c -) Ürün tasarlanırken montaj için uygunluğu ele alınmalıdır. [12]

1.) Şaftın ara - dur prensibine göre montajı:

Bu postada IRB 2000 ve 3000 model robotlar tüm şaftın montajını yapmaktadır. Montaj dönen bir tablada yapılmaktadır. Robotun ara-dur fonksiyonu parçaların montajı için kullanılmaktadır. Burada yay yüklemeli robot tutucusu özel bir algılayıcı tarafından yönetilmektedir. Montaj sırasında, tutucu parmakları sıkıştırılıp algılayıcı sinyalleri parçanın döndürülmesini sağlar. Doğru pozisyona döndürüldükten sonra algılayıcılar sayesinde parçalar aksiyal konumuna getirilmektedir.

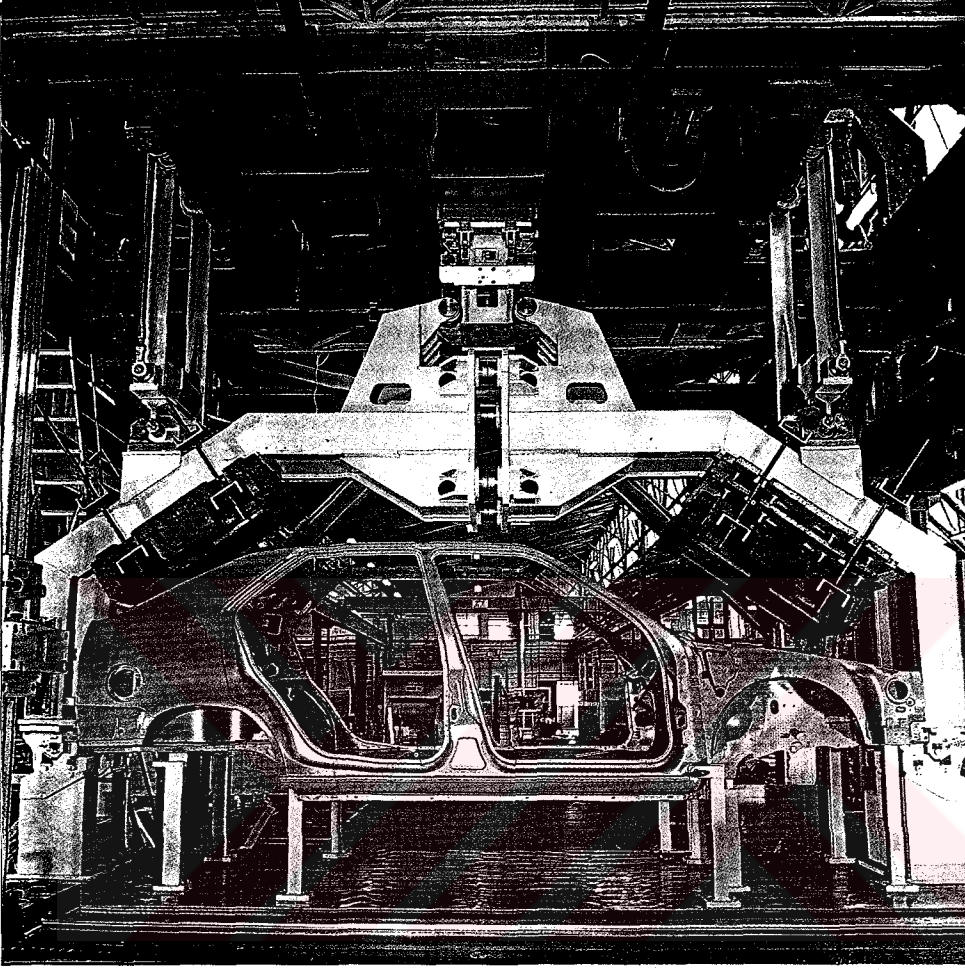
2.) Sıfır hata prensibine göre diferansiyelin montajı :

Bu işlem için kullanılan IRB 3000 robotunun çok fonksiyonlu bir tutucusu ve döner tablanın yanında 4 farklı montaj postası vardır.

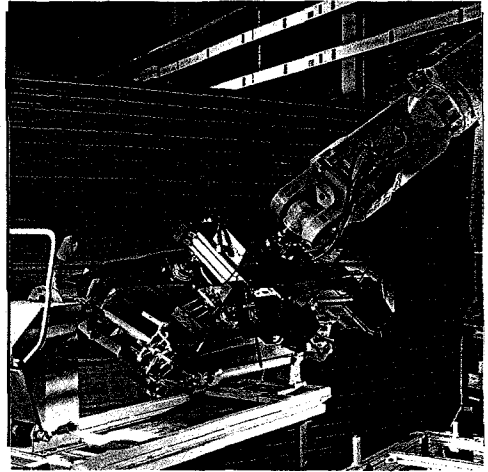
Robot dişlileri, diferansiyel gövdesini ve vidaları doğru pozisyonlara yerleştirir. Dişliler ve diferansiyel gövdesi iki etapta birleştirilir. Önce düşük bir hidrolik basınçla yerlerine oturtulan dişliler daha sonra yüksek basınçta birleştirilirken vidalar elektrikli bir tabanca ile sıkılırlar ve algılayıcılar sayesinde tork ve açı değerleri kontrol edilir.

Aparatlar ve tutucular çok sayıda algılayıcı yardımı ile pozisyonlandığı için burada da 0 hata prensibi uygulanmış olur. [12]

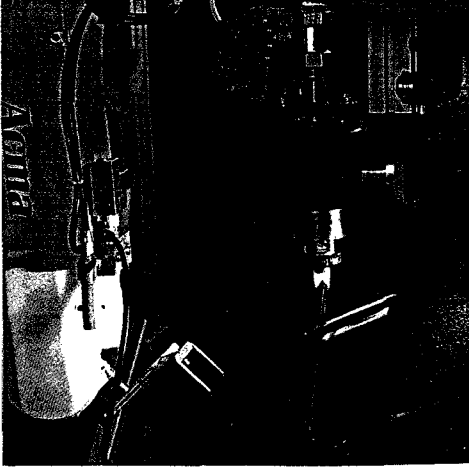
4.8. Çeşitli robot uygulamaları resimleri



Şekil 4.6 Esnek birleştirme robotu.



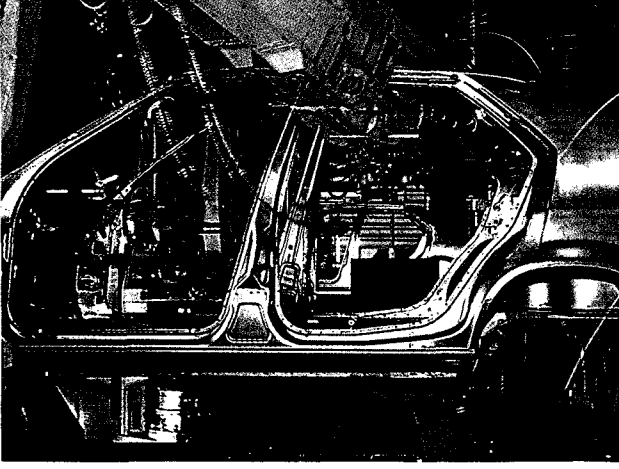
Şekil 4.7 Arka cam yerleştirme robotu. [9]



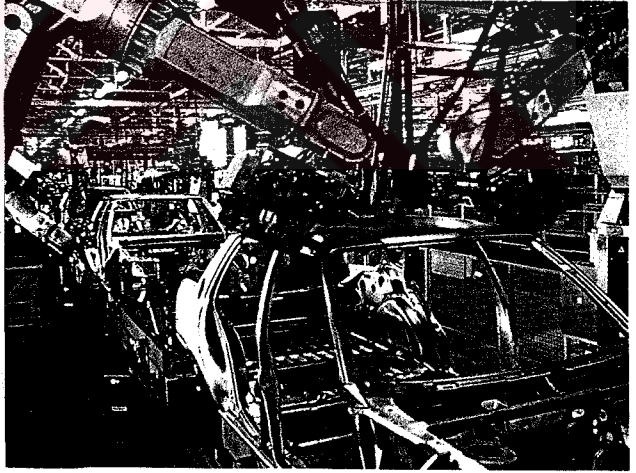
Şekil 4.8 Küstod cam yapıştırma robotu.



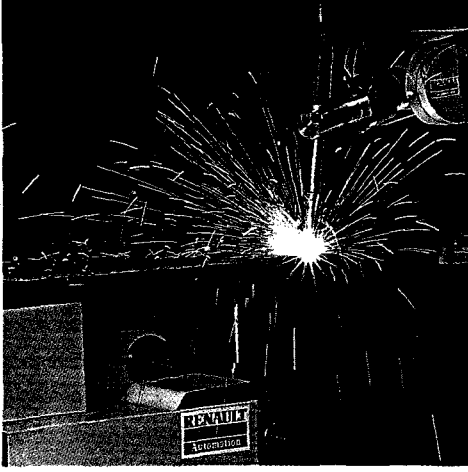
Şekil 4.9 Kamyon jantlarına kaynak atma robotu. [9]



Şekil 4.10 Kaporta kaynak robotları.



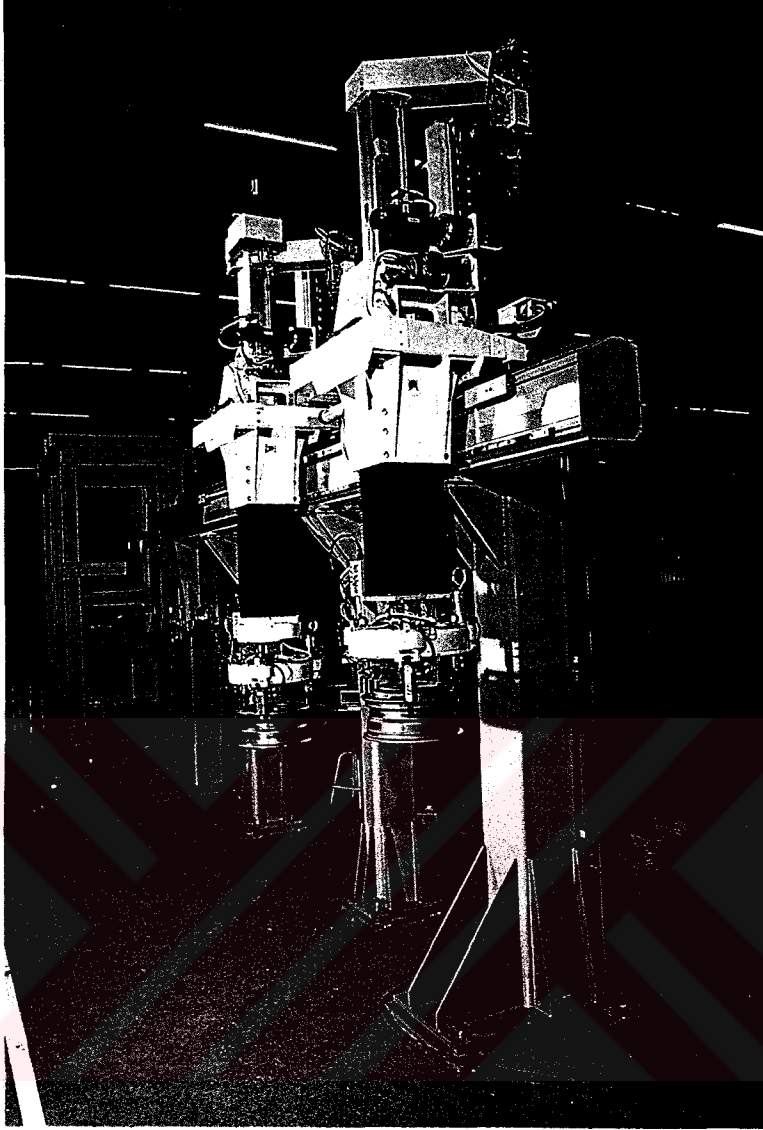
Şekil 4.11 Renault 19 kaporta kaynak robotu. [9]



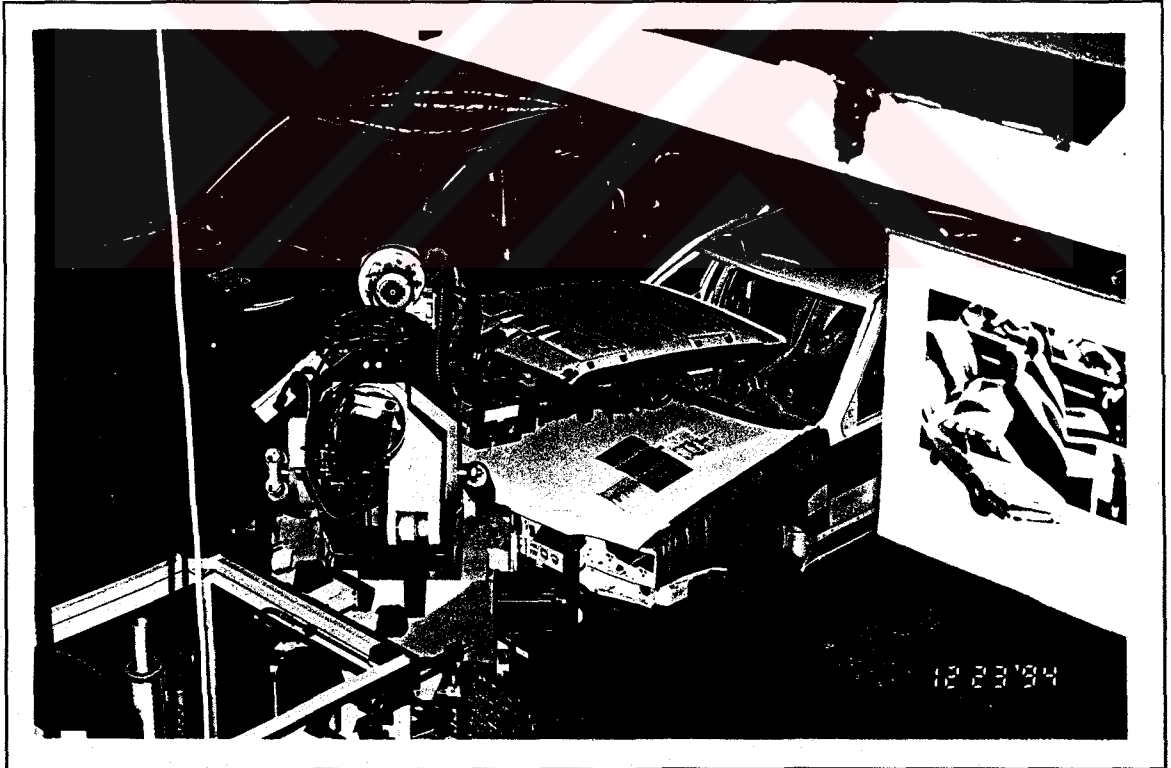
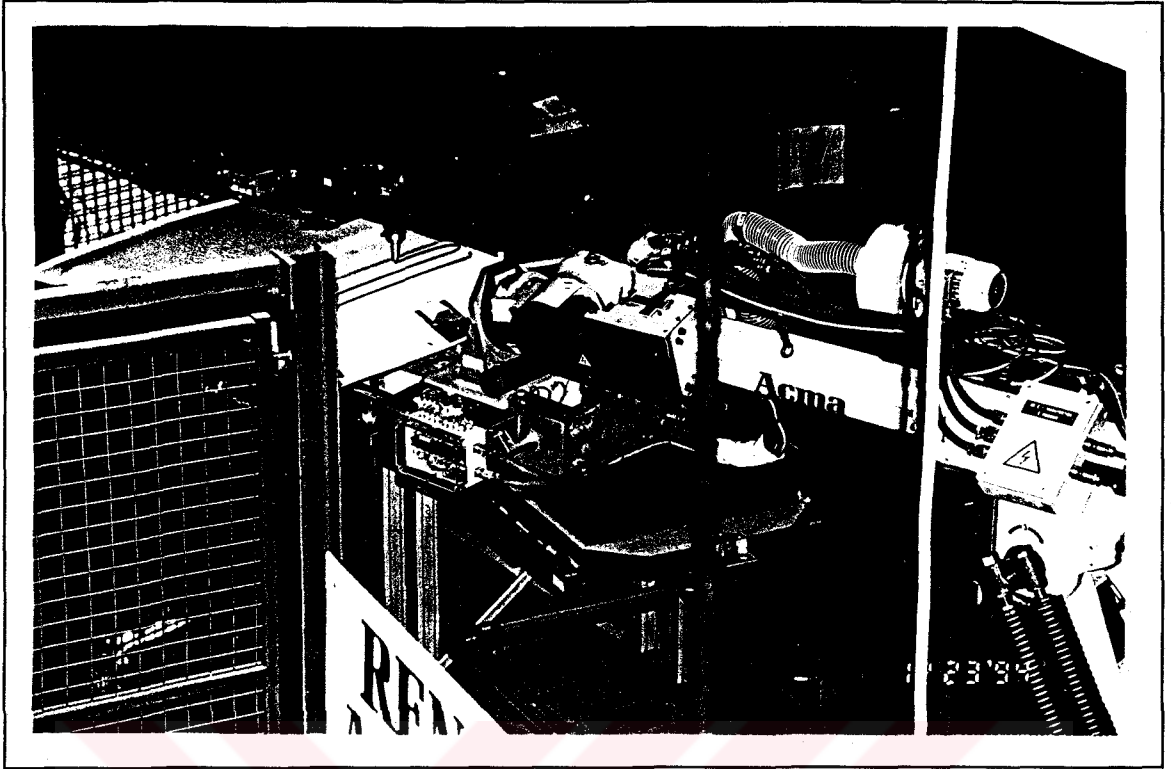
Şekil 4.12 Ark kaynağı robotu.



Şekil 4.13 Kasa mastikleme robotu. [9]



Şekil 4.14 Ağır jantları yükleme, iletme robotu. [9]



Şekil 4.15 a-b Tavan kaplaması yapıştırma robotu. [9]



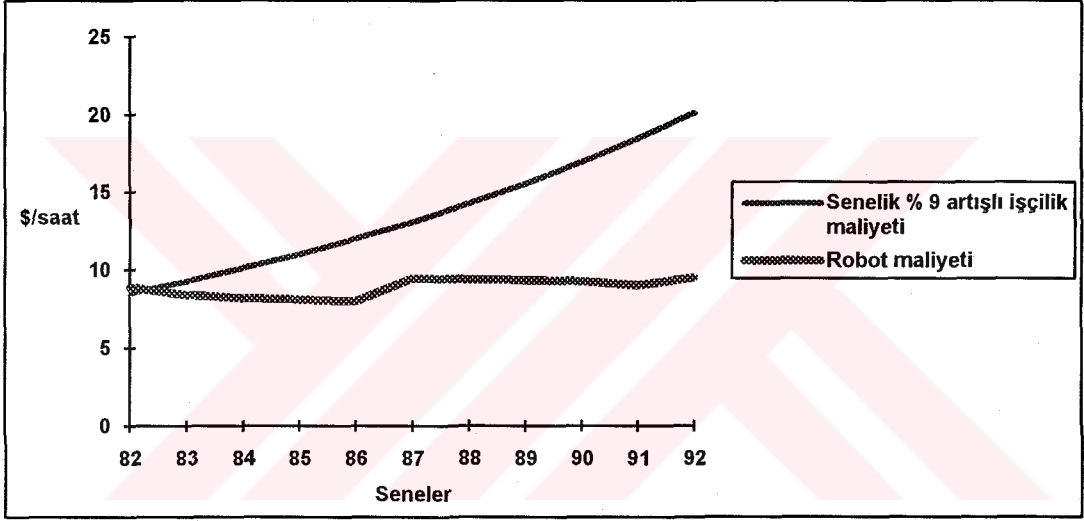
Şekil 4.16 a-b Tavan kaplaması yapıştırma robotu. [9]

5. ROBOTİK ' TE EKONOMİK ANALİZ

5.1. Temel Yapı

Tüm öngörülen mühendislik problemlerinde ekonomik analiz, birçok şirket için temel bir çalışmadır.

Robot kullanılmasıyla Şekil 5.1' de görüldüğü gibi işçilik maliyetleri azalıp kar artmaktadır.



Şekil 5.1 Seneler bazında robot ve işçilik maliyetleri.

Endüstriyel bir robotun belli başlı getireceği avantajlar şöyle sıralanabilir:

- a -) artan verim
- b -) gelişen kalite
- c -) malzemelerin daha iyi kullanılması
- d -) tehlikeli operasyon ve istenmeyen durumlarda daha güvenli performans

e -) imalat teknolojisinde gelişme

f -) uygunluk

g -) geliştirilmiş rekabet avantajı

h -) daha az çöp ve mesai

ı -) malzeme tasarrufu

i -) güç tasarrufu

j -) düşük taşıma maliyeti

k -) düşük kontrol maliyeti

l -) çalışanlar arası daha tatminli paylaşım

Robot teknolojisi uygulamalarının ekonomik analizi 2 öneri getirmektedir. Projenin potansiyel olarak ekonomik yapılabilirliği ve diğer alternatiflerle karşılaştırılması önemlidir.

5.2. Ekonomik faktörler

Tüm çalışma vardiyalarında robotun üretim verimi kişinin verimine oranla daha yüksektir.

Bazı durumlarda ise insan robot performansını geçebilmektedir; özellikle de bileşik manipülasyon durumlarında buna rastlanmaktadır. Yine de insan yorgunluk yüzünden tüm performansını vardiya boyunca koruyamamaktadır. Genelde robot teknolojisi genişletilmiş zaman periyodlarında sabit üretimde zahmetsiz çalışma ve artan verim elde edilmektedir. Parçaların ortalama çevrim zamanı robotlar için daha düşük olup, vardiya başına daha çok parça üretilerek ekonomik kazanç elde edilecektir. [5]

Bu avantajlar robotun uyumlu operasyonları sayesinde gerçekleşmektedir. Bir kere robota özel bir problem için optimum prosedür tanımlanıp programlama yapılırsa, problem her zaman optimum şekilde çözülecektir. Sonuçta çöpe

atılacak daha az kötü parça üreterek ekonomik kazançlar elde etmektir. Robotu birden fazla vardiyada çalıştırarak, gerçekte birkaç sene zarfında normal operasyona göre üretim maliyetlerinde tasarrufa geçirme maksadıyla yatırım gerçekleştirilmelidir.

Robotlar istenmeyen ve tehlike arz eden durumlarda da kullanılarak ek maliyet tasarrufu yapılabilir. Kötü ve zayıf çalışma koşullarından ötürü operatörlerin şikayetleri düşük üretim kalitesine, iş duruşlarına, arızalara, tamamlanamamış operasyonlara, yüksek işçilik maliyetine, devamsızlığa, asabiyete ve sabotaja neden olabileceği gibi emniyet maliyetlerini arttıracaktır.

Bazı uygulamalarda, bir veya sınırlı sayıda robotlar gelişme amacıyla kurulabilir. Programlanabilir olsun veya olmasın; birçok robot yatırımlarda, potansiyel katkılarını ve kullanılabilirliklerini arttırmak amacıyla farklı durumlar için yerlerini değiştirebilecek uygunluk serbestisine sahiptir. Yine de birçok yönetici robotun diğer olası uygulamaları olmaksızın planlamaları kabul etmektedir. Farklı operasyonlara uygunluk olasılık olabilir fakat yine de göz önüne alınmalıdır.

Şirketin rekabet yelpazesinin durumunun ekonomik hesaplara dolaylı veya dolaysız etkisi vardır. Dolaysız kazançlar gözle görünür. Robotların kullanımıyla oluşan düşük üretim maliyetleri, imalatçıya rakipleri karşısında fiyat biçme avantajı getirecektir. Pazar talepleri, çalışma kuvvetinin boyutunu değiştirmeksizin farklı ürünlerdeki artan ve azalan üretim oranlarıyla kolayca karşılanabilir. Üretimde minimum değişiklik yapılarak yeni ürünler kolaylıkla üretilebilir.

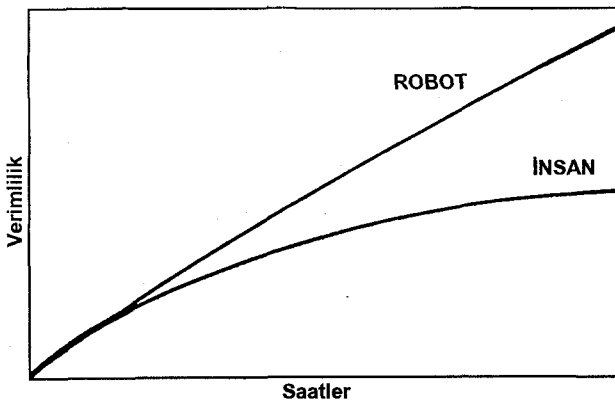
Robotlar çoğunlukla insanlara potansiyel tehlike teşkil eden operasyonlarda kullanılırlar. Bu tehlikeli operasyonlar pres yükleme, boşaltma veya yüksek sıcaklıklarda ve zehirleyici atmosferlerde çalışma gibi olabilir. Gelişmiş iş emniyeti hastalıkları azaltıp, hastane masraflarını ve operasyon maliyetlerini azaltarak ekonomik analizde de rol teşkil eder. Yine de güvenlik problemlerine robot çözümleri her zaman ekonomik olmayabilir ve gelişmiş güvenlik prosedürleri araştırılması gerekir.

Yukarıda bahsedilen faktörler robot kurulmasında önemli rol oynamasına karşın son alınacak karar ekonomik analizdir. Ekonomik analiz kararları 2 kategoride sınıflandırılabilir: maliyetten kaçınma ve maliyet tasarrufları. [5]

Sermaye yatırımı için birçok ekonomik analiz metodu vardır. Metodun seçimi yatırımın büyüklüğüne, karşılaşılan risk derecesine, yatırımın öngörülen yaşamına, şirketin finansal durumuna, yatırımın yeni veya eski ekipmanlar için olup olmayacağına, şirket politikasına bağlıdır. Ekonomik analiz, sermaye yatırımı hakkında karar vermede yardımcı olacak karmaşık çalışmaların sistematik incelemesidir. Eğer analiz çoktan alınmış bir kararı doğrulamak için yapılıyorsa analizin amacı sapmış olacaktır.

Genelde ekonomik analizin kullanılacağı 2 durum vardır. Birinci çözüm mevcut üretim metodunun yerine konulacak ekipmanları içeren yatırım durumudur. Bu durumda analizin amacı üretim problemini çözecek en ucuz metodu tanımlamaktır. İkinci çözüm ise bir veya birden fazla yeni üretim metodlarıyla mevcut üretim metodunu kıyaslamaktır. İkinci durum için analiz doğrulaması güçtür, çünkü mevcut üretim metodunun maliyetindeki tasarruflar yatırım maliyetleri ile karşılaştırılmaktadır. Tasarruflar mevcut metoda göre tanımlandığından dolayı kar edilebilirliğin salt bir ölçüsü yoktur.

Sermaye yatırımının yaşam çevrimi Şekil 5.2' de ki gibi değişecektir. İlk olarak, proje gerçekleşene kadar para akışı olacaktır. Bu andan itibaren tasarruflar yatırımı telafi edecek ve net kazancı üretecektir. Proje başta iyi gitmese de sonradan baştaki negatif nakit akışı net kazanç üreterek telafi edecektir.



Şekil 5.2 Üretim hacmi ve çeşidine göre robot verimliliği. [5]

5.3. Ekonomik analiz metodları

En popüler olarak görünen maliyet - kar analizi için 3 ana metod vardır. İlki geri ödeme metodu, ikincisi yatırımdan gelir metodu (ROI)' dır. Bu iki analizde vazgeçilmez olup yatırımda değişiklikleri, maliyetlere belirli zaman dilimindeki kazançları hesaba katar. Bu metodlar daha karışık, fakat gerçekçi olup; yatırımı, tasarruf veya kazançları ve yatırımın yaşam sürecinde paranın değerini katan başka bir metod karşısında popülerliklerini kaybetmektedir. Bu üçüncü metod ise iskonto net akışlı yatırımdan gelir metodudur.

a -) Geri ödeme metodu:

Seneler halinde geri ödeme periyodu = Toplam senelik yatırım tasarrufu

Bu formül vergiler, vergi kredileri ve amortisman göz önüne alınarak genişletilebilir. Bu durumda formül aşağıdaki gibi olacaktır :

$$\text{Geri ödeme periyodu} = \frac{\text{Toplam yatırım} - \text{Vergi kredisi} / \text{Tasarruf} - (\text{Tasarruf} * \text{Vergi oranı}) + (\text{Amortisman} * \text{Vergi oranı})}{1}$$

Fakat bu arada ilk yatırım ve maliyetlerde karların hala arttırılması gereklidir. Bu ihtiyaç sadece ilk sene için yapılmalıdır. Bu faktörlerin robot hayatı boyunca sabit kaldığı düşünülmektedir.

b -) Yatırımdan gelir metodu (ROI):

$$\text{ROI} = \frac{[\text{Senelik Tasarruflar} - (\text{Senelik Tasarruflar} * \text{Vergi oranı}) + (\text{Amortisman} * \text{Vergi oranı})]}{(\text{Toplam yatırım} - \text{Vergi kredisi})}$$

c -) İskonto net akışı göz önüne alan yatımdan gelir metodu:

Bu metodda paranın değeri gelecekte faiz göz önüne alınarak daha fazla değer kazanacaktır. Buna bağlı olarakta belirli faiz oranına bağlı olarak gelecekteki para da şu andaki paradan daha az değerde olacaktır. [5]

Böylece n senelik robot yatırımı aşağıdaki formülle tanımlanabilir:

Böylece n senelik robot yatırımı aşağıdaki formülle tanımlanabilir:

$$\text{Robot yatırımı} = [\text{Tasarruf} - (\text{Tasarruf} * \text{Senelik vergi oranı}) + (\text{Senelik amortisman} * \text{senelik vergi})] * (1 + \text{enflasyon oranı})^n / (1 + \text{faiz oranı})^n$$

d -) Yatırımdan gelir (ROI) hesabı:

ROI dikkate alınan seneler temelinde yatırımdan geliri temsil etmektedir. Bazı şirketler ROI için bazı limitler koymuşlardır. Örneğin % 30' un üstü kabul edilebilir bir değerdir. Bir robotu analiz ederken ROI yalnız başına değerlendirilmeyip ekonomik olmayan kazançlarla da bağdaştırılmalıdır.

5.4. Robot doğrulama analizi

Bu analizde maliyet doğrulaması 3 ayrı kategoride gösterilmektedir. Birincisi toplam yatırımın tanımlanmasıdır. İkincisi operasyonlar, harcamalar ve kar edilebilirlik üzerinde yatırımın etkisini göstermektedir. Üçüncüsü ise gerekli yatırımla ilgili olan gelir analizi' dir.

1 -) Yatırım detay raporu :

Şekil 5.3' te spreyci boyama robotu için görülen rapor, maliyetleri, vergi kredilerini ve robot yatırımıyla ilgili toplam amortismanı belirtmektedir. Her satırdaki şıklar satın alıcının robot yerleşimi için kaçınılmaz olan maliyetleri belirtmesi açısından gereklidir. Eğitim maliyetleri, bakım giderleri, ekipman, mekanik ve elektrik yerleşimlerinin maliyetleri bu özel robot kurumu için çok ilgili değilse belirtilmeyebilir.

Şirketlerin bu maliyetleri sermayeleştirmeye yönelik farklı yaklaşımları vardır. Sermayeleştirilememiş yatırım maliyetleri genellikle genişletmede geçerlidir. Bu genişletilen kalemler amorti edilemez, fakat gelir vergisini düşürebilir. Bazı şirketler 500 US \$' dan daha düşük maliyetleri genişletme anlayışına sahiptir.

Genişletmeden doğacak vergi avantajları operasyonun ilk yıllarında görülecektir. [5]

2 -) Robot maliyeti:

2.1 -) Robot: Standart robotun direkt veya endirekt maliyetidir. Seçimleri ve değişiklikleri kapsamaz.

2.2 -) Değişiklikler: Robot satıcısı tarafından makinada gerçekleştirilen tüm özel değişiklikleri kapsar. Makinaya yapılan normal dışı değişikliklerin, makina özelliklerindeki değişikliklerin, standart dışı ilavelerin maliyetleri buraya ilave edilebilir.

2.3 -) Seçimler: Birçok robot ve makina aletleri çok geniş ihtiyaç listesi bulundurur. İhtiyaç seçenekleri operasyon için öngörülmeyp makinanın ana fiyatına dahil değildir. Birçok durumda makinanın kalan % 10' u minimum maliyette özel ihtiyaca göre en iyi sonucu sağlayan standart seçim ile tanımlanacaktır. Bu değişken seçimler ilgili maliyetlerle listelenmelidir.

2.4 -) Eğitim maliyetleri: Eğer hem program eğitimi hem bakım eğitimi makina maliyetine dahil edilmemişse burada ilave edilmelidir. Eğitim maliyetleri satıcı sorumluluğunda olan direkt maliyetler değildir, fakat taşıma ve yükleme harcamaları satıcı sorumluluğundadır. Bazı satıcılar robot başına operatörler için ücretsiz eğitim verirken taşıma ve yükleme harcamalarını karşılamaz.

2.5 -) Bakım maliyetleri: Robot maliyetinde göz önüne alınması gereken diğer bir yatırım, bakım giderleri ve destek bileşenleridir. Birçok robot imalatçısı önerilen parça listesine sahip olup, bu liste bakım giderleri için gerekli yatırım rehberi olacaktır.

2.6 -) Test ekipmanları: Bazı yerleşimler çeşitli test parçaları veya kontrol ekipmanları gerektirebilir. Dijital voltmetre veya süreklilik test cihazı herhangi bir robot yerleşimi için yer almalıdır. Bu nesnelerin maliyetleri göreceli olarak çok ise endüstriyel robot kurumu maliyetine dahil edilmelidir.

2.7 -) Toplam robot maliyetleri: Yukarıda bahsedilen tüm maliyetlerin toplamı olarak tanımlanabilir. Bu maliyetler robot sistemi için değişmez maliyetleri temsil eder. [5]

2.8 -) Teçhizat maliyetleri:

A -) El veya kavrayıcı: Robotun fonksiyonunu yerine getirmesi için bir el, kavrayıcı, manipülatör, teçhizat, yığın kaldırıcı gerekli olacaktır. Herhangi özel bir teçhizatın maliyeti de robot analizine dahil edilmelidir.

B -) Demirbaşlar: Birçok uygulamalarda, robot hariç bazı özel demirbaşlar da gerekli olabilir. Sprey boya uygulamasındaki özel kaldırıcı demirbaşlar veya kaynak uygulamasındaki tutucu demirbaşlar bunlara örnek olabilir. Bir yerleşim için ne kadar gerekli olursa olsun maliyetleri dikkate alınmalıdır.

C -) Malzeme iletim ekipmanları: Birçok yerleşimlerde, parçalar robotun uygun şekilde çalışması için uzanabileceği bir noktaya iletilmelidir. Bunlar her çeşit konveyör, kayıcı rulo, parça besleme ekipmanlarını ve transfer aletlerini kapsayabilir.

D -) Toplam teçhizat maliyetleri: Bu harcama yerleşimden yerleşime büyük oranda değişebilir.

2.9 -) Yerleşim maliyetleri:

Yerleşim maliyetleri güncel robot yerleşimi ile ilgili tüm maliyetleri içermektedir. Bunlar alan hazırlama maliyeti, herhangi özel çalışma maliyeti, kullanma duruşları ve birleştirme maliyetleri, endüstriyel robotu besleyici veya konveyörlere bağlayan her türlü teçhizat maliyetleri, yeniden ayarlama maliyetleri ve üretim ekipmanlarının tüm standart parça değişiklikleri maliyetini içermektedir. Ayrıca gerekli güvenlik teçhizatları, koruma rayları maliyeti de göz önüne alınmalıdır.

A -) Mekanik yerleşim: Tüm direkt, endirekt mekanik işçilik, mekanik bileşenler ve mekanik makina değişiklikleri yer alır. Çeşitli makinaların yerleştirilmesi, gerekli emniyet raylarının imalat maliyetleri de göz önüne alınmalıdır. [5]

B -) Satıcı firma yardımı: Bazı robot satıcıları, devreye alma sırasında teknisyen maliyetini, makina maliyetlerine katarken bazıları katmaz.

Yerleşimin devreye alınmasında satıcı firma yardımı gerekiyorsa, bu maliyet de göz önüne alınmalıdır.

C -) Toplam yerleşim maliyetleri: Bu toplam özel uygulama için endüstriyel bir robotu kurma ve devreye alma için gerekli güç ve işçilik miktarını tanımlamaktadır.

2.10 -) Mühendislik maliyetleri:

Mühendislik desteği 2 kategoriye ayrılabilir. Birincisi tasarım fonksiyonudur. Tasarım fonksiyonu hassas olarak robotun istenen özelliklerini nasıl gerçekleştireceğini tanımlar. Hangi kabloların birbirine bağlanacağını, seçimini, hangi güvenlik kilitlerinin gerekli olduğunu tespiti de buraya dahil edilmelidir. İkinci tip mühendislik ise, endüstriyel bir robotu kurmada program geliştirilmesinde yer alır.

A -) Masa başı tasarım (özel): Kurulacak endüstriyel robot için harcanan masa başı mühendislik çalışmalarının saat olarak toplamından yeni bir maliyet doğar. Saat başına olan bu maliyet, yan karları, işsizlik sigortası vergilerini ve yaklaşık endirekt kişi başına harcamaları kapsayan istihdam maliyetine eşittir.

B -) Masa başı tasarım (araştırma): Endüstriyel robotun kullanımında araştırma çalışmalarına harcanan fakat robotta direkt olarak yer almayan toplam saat miktarı burada yer alır. Bu tasarım farklı vergi tasarruflarını yansıtmamasından dolayı diğerinden farklıdır. Bu çaba yaklaşık mühendislik maliyeti ile çarpılmalıdır.

C -) Dış mühendislik tasarımı: Robotik programların hazırlanması ve yüklenmesi amacıyla dışarıdan alınan yardım harcamaları burada toplanabilmektedir.

D -) Programlama: Robot programının uygun şekilde geliştirilmesi ve kopyalanması için harcanan mühendislik ve programlama çalışmaları burada geçmektedir.

E -) Toplam mühendislik maliyetleri: Tüm anlatılan mühendislik maliyetlerinin toplamıyla oluşmaktadır. [5]

Net yatırım ise toplam yatırımdan vergi kredisi çıkarılarak bulunabilmektedir.

<u>Tanım</u>	<u>Maliyet (\$)</u>	<u>Statü</u>	<u>% 10 vergi kredisi (\$)</u>	<u>5 senelik amorti edilecek miktar (\$)</u>	<u>Genişletilen miktar (\$)</u>
1. Robot maliyeti					
Robot	50000	C	5000	50000	0
Değişiklikler	15000	C	1500	15000	0
Seçim 1:özel çalışma	5600	C	560	5600	0
Seçim 2:bilgisayar kaydı	3400	C	340	3400	0
Seçim 3:sistem koruma	400	C	40	400	0
Seçim 4:montaj	90	C	9	90	0
Seçim 5:	0	C	0	0	0
Seçim 6:	0	C	0	0	0
Eğitim maliyetleri	2000	C	200	2000	0
Bakım maliyetleri	2000	C	200	2000	0
Test ekipmanları	400	E	0	0	400
Toplam robot maliyeti	78890				
2. Teçhizat maliyetleri					
El veya kavrayıcı	4000	C	400	4000	0
Demirbaşlar	0	C	0	0	0
Malzeme iletim ekipmanları	2700	C	270	2700	0
Toplam teçhizat maliyetleri	6700				
3. Yerleşim maliyetleri					
Mekanik yerleşim	17000	C	1700	17000	0
Elektrik yerleşim	2800	C	280	2800	0
Satıcı firma yardımı	0	C	0	0	0
Toplam yerleşim maliyetleri	19800				
4. Mühendislik maliyetleri					
Masa başı tasarım(özel)	30000	C	3000	30000	0
Masa başı tasarım(araştırma)	10000	N	0	0	0
Dış mühendislik	10000	C	1000	10000	0
Programlama	2000	C	200	2000	0
Toplam mühendislik maliyetleri	52000				
Toplamlar	157390		14699	146990	400
Toplam yatırım	157390				
Yatırım vergi kredisi	14699				
Net yatırım	142691				
Toplam amorti edilebilir 5 sene	146990				
Amorti edilecek kısım	% 95				
Net amortisman	139641				
Toplam harcama	400				

C = Kapital
E = Genişletme
N = Hiçbiri

Şekil 5.3 Sprey Boya Robotu Yatırım Raporu. [5]

3 -) Senelik tasarruflar ve maliyetler :

Bu tasarruf ve maliyetler için Şekil 5.4 örnek olarak gösterilebilir.

<u>Tanım</u>	<u>Maliyet \$</u>
1. Senelik işletim maliyetleri	
Endirekt işçilik	5000
Bakım işçiliği	4700
Programlama	800
Destekler	800
Maliyet olarak amortisman	17836
Diğer 1	0
Diğer 2	0
Diğer 3	0
Diğer 4	0
Diğer 5	0
Diğer 6	0
Toplam işletim maliyetleri	29136
2. Senelik tasarruflar	
Direkt işçilik	96000
Endirekt işçilik	1000
Malzemeler	7500
Azalan kusurlu parçalar	0
Azalan fazla çalışmalar	1000
Diğer 1 azalan havalandırma	700
Diğer 2 daha az emniyet malzemesi	300
Diğer 3	0
Diğer 4	0
Diğer 5	0
Diğer 6	0
Toplam senelik tasarruflar	106500
3. Üretim kapasite etkileri	
Satış değeri	100-
Direkt malzemeler	30*
Artan kapasite	500=
Toplam kapasite etkileri	35000
Senelik toplam gelir	112364

Şekil 5.4 Sprey Boya Robotu Senelik Yatırımlar / Maliyetler Raporu. [5]

3.1 -) Senelik işletim maliyetleri:

Endüstriyel robot yerleşimi için tüm maliyetler ve tasarruflar senelik olarak hesaplanmaktadır. Her ikiside saat bazında, gün bazında ya da başka bir çerçevede göz önüne alınabilir. Fakat tüm harcamalar ve tasarruflar aynı bazda hesaplanmalıdır.

A -) Endirekt işçilik: Endüstriyel robotun günlük, haftalık operasyonlarında destekleyici toplam endüstriyel işçilik olarak tanımlanabilir. Örnek olarak: yükleme, boşaltma, malzeme iletim servislerini gerçekleştirmek, bölge temizliği yapmak, alet değişimleri ve ayarlamalar verilebilir.

B -) Bakım işçiliği: Beklenen senelik bakım ve onarım maliyeti buraya dahil edilmektedir. Maliyet, bakım personeli tarafından gerçekleştirilen toplam bakım saatlerinin saat ücretiyle çarpımından oluşur.

C -) Programlama işçiliği: Programların geliştirilmesi ve bakımı olarak tanımlanan bu maliyet, her sene programcının (mühendis, ekip şefi veya sistem analisti) çalıştığı toplam saat miktarının saat ücretiyle çarpımından oluşur.

D -) Destekler: Öngörülen sistemi çalıştırmak için her sene ihtiyaç duyulan servis, malzeme kullanımları sayılabilir.

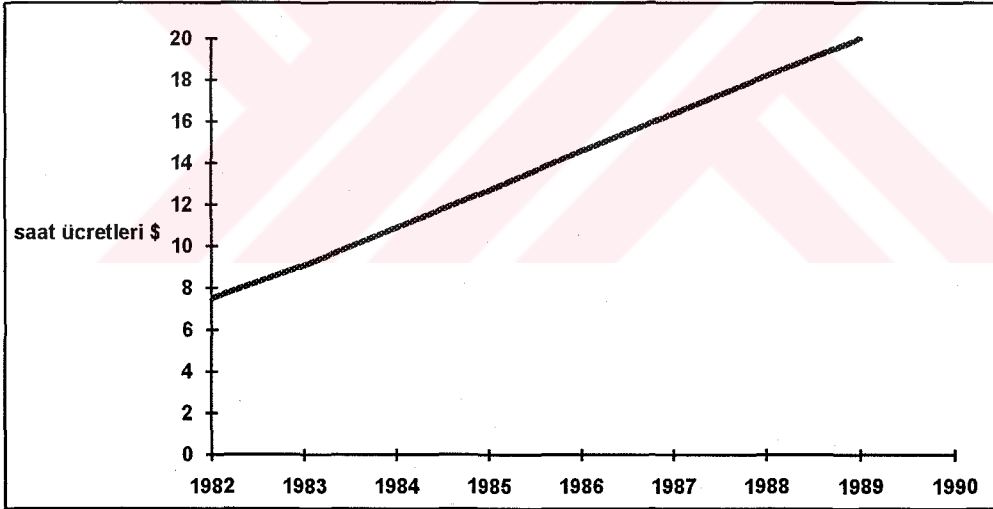
E -) Maliyet olarak amortisman: Robot seneler geçtikçe kendini amorti eder. Senelik Tasarruf ve Maliyetler raporunda endüstriyel robotun değerini her 8 senede $1/8$ ' lik oranda kaybettiği görülmektedir. Bu , raporla her sene maliyet olarak gösterilebilir. Bu amortisman göstergesi, 5 senelik hızlandırılmış amortisman vergisi göstergesinden, yatırımdan gelir bazından farklılık gösterir.

F -) Diğer maliyetler: Yerleşimle ilgili olan fakat göz önüne alınmamış operasyon maliyetleri burada incelenmektedir. [5]

3.2 -) Senelik tasarruflar:

Senelik tasarruflar üretimle ilgili normal maliyetlerdeki değişiklik veya tasarrufları tanımlamaktadır.

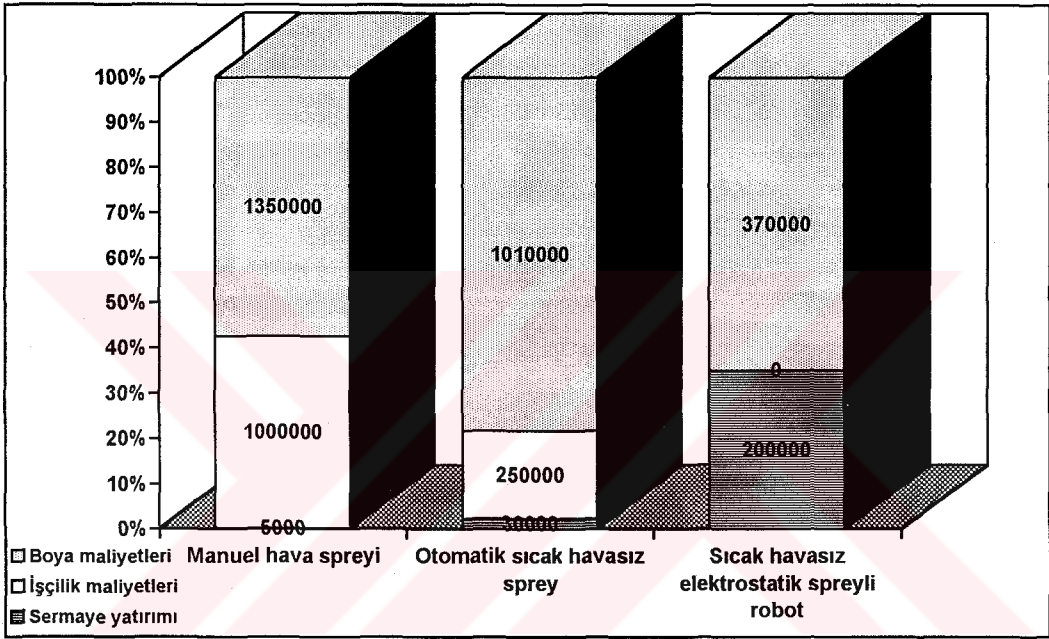
A -) Direkt işçilik: Senelik direkt işçilik tasarruflarını geliştirmek amacıyla kişi başına harcamaları ve tasarrufları saat ücretli işçilik çalışma saatleri toplamıyla çarpılmalıdır. Şekil 5.5' de son yirmi yıl içinde üretimde çalışanların ortalama saat ücretinin 2 katı olduğu gösterilmektedir. Fakat burada % 50 - 130 arasında ilave olarak gözükebilecek fazla mesailer ortalama ücrete dahil edilmemiştir. Bir kere işletme, robotların pozitif uygulamasıyla üretimde kazanç ve kalitede gelişme olacağına inanırsa, saatlik çalışma ücretlerindeki artış oranına kıyasla robot sisteminin maliyet olarak doğrulanması gerekliliği aydınlanmış olur.



Şeli 5.5. Üretimde çalışanların saat başına direkt işçilikleri.

B -) Endirekt işçilik: Robot yerleşimi dolayısıyla gerçekleşen endirekt işçilikteki tasarruflar buraya dahil edilir. Örnek olarak sprey boyama uygulamasındaki azalan temizlik ihtiyaçları, bazı plastik operasyonlarındaki azalan kalıp ve teçhizat bakımı verilebilir. [5]

C -) Malzemeler: Direkt üretim malzemelerindeki hertürlü tasarruf buraya kaydedilmektedir. Sprey boyama uygulamalarındaki azalan boya tüketimi, kalıp kalıplama operasyonlarındaki azalan kalıp yağlayıcısı tüketimi, otomatik tutkal operasyonundaki azalan tutkal tüketimi buraya örnek olarak verilebilir. Şekil 5.6' da sprey boyama robotları uygulamasında gözle görülür bir malzeme tasarrufu belirtilmiştir. [5]



Şekil 5.6 Sprey boyama robotları kullanılarak maliyet tasarrufu (\$) yapılıır.

D -) Azalan kusurlu parçalar: Kalite problemlerinden dolayı kullanılmayan parça sayılarındaki azalma burada göz önüne alınmaktadır. Bu parçaların değerleri ise satış değerlerinden çöpe atılmaktan kurtarılan parça sayısının direkt malzeme zamanları ve maliyetlerinin çarpılıp çıkartılması ile elde edilir.

E -) Azalan fazla çalışmalar: Azalan kusurlu parça sayısı ile doğru orantılı olarak fazla çalışmayı gerektiren malzeme ve işçilik de azalmaktadır. Her sene malzeme ve işçilik tasarrufları arzulanan kusurlu parça azalması ile hesaplanmalıdır. [5]

F -) Diğer tasarruflar: Yerleşimde önceden öngörülmeven tasarruflar da burada belirtilmektedir. Örnek olarak yatırım için alınan kredi vergileri, kontrolleri, emniyet gözlüğü ve ayakkabısı, eldiven gibi malzemelerin sarfındaki azalmalar verilebilir.

4 -) Üretim kapasitesi etkileri:

Belirli miktarda direkt işçiliğe sahip olunduğu düşünülerek toplam işçilik maliyetleri üretilen parça sayısına bölündüğünde parça başına işçilik maliyeti hesaplanabilir. İşçi sayısı sabit iken üretilen parça sayısı arttığında her bir parça ile ilgili işçi sayısı azalmış olacaktır. Yine de robotun kapasite arttırımı durumunda parça başına fark karışık bir durum yaratabilir. Başka bir örnek olarak 100 parçalık üretime uygun istihdam olduğunda aynı kapasite ile 120 parça üretilmek istendiğinde ek 20 parçalık üretim maliyeti kullanılan hammadde olacaktır. Tek vardiyada 100 parçalık üretime eş ücret ödendiğinde 20 parçalık artışın ücretlerdeki artışı yer almayıp, maliyetleri göz önüne alınmayacaktır. İlave 20 parçadan elde edilen kar, parça satış fiyatından maliyetin çıkartılması ile bulunur.

Endüstriyel robot uygulaması ile artan üretim kapasitesinin değerini hesaplamak için tek bir parçanın satış değeri alınıp, parça ile ilgili direkt malzemeler çıkarılır ve kalan kısım bir senelik periyotta üretilebilecek ek parça sayısı ile çarpılır. Bunun sonucu da üretim kapasitesinin etkisi olarak tanımlanmaktadır.

5 -) Yatırımdan kazanç raporu:

Şekil 5.7' de bununla ilgili örnek bir rapor yer almaktadır. 1' den 8' e kadar olan seneler endüstriyel spreay boyama robotunun, planlanan 8 senelik yaşamını belirtmektedir. Birinci seneden sekizinci seneye kadar senelik gelirin, maliyet ve tasarrufların aynı olduğu farz edildiğinde sadece birinci sene için vergi karı sağlayan harcamalar görülecektir.

Toplam yatırım, % 10 vergi kredisi ve net yatırım direkt olarak yatırım raporundan gelerek yatırımdan kazanç metoduyla hesaplanmaktadır. [5]

Tanım	Sene 1	Sene 2	Sene 3	Sene 4	Sene 5	Sene 6	Sene 7	Sene 8
Senelik gelir	112364	112364	112364	112364	112364	112364	112364	112364
- Harcamalar	400	0	0	0	0	0	0	0
+ Amortisman (maliyet)	17836	17836	17836	17836	17836	17836	17836	17836
- Amortisman (vergi)	20946	30721	29325	29325	29325	0	0	0
= Vergilendirilecek matrah	108854	99479	100876	100876	100876	130200	130200	130200
x Vergi oranı	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
= Senelik vergiler	50073	45760	46403	46403	46403	59892	59892	59892
Vergi sonrası net	62291	66603	65961	65961	65961	52472	52472	52472
x İskonto oranı	0.807	0.526	0.343	0.224	0.146	0.095	0.062	0.04
= Net iskonto	50292	35052	22628	14750	9615	4986	3250	2118
Geri ödeme	\$ - 80400	\$ - 13797	\$ + 52164	\$ + 118125	\$ + 184086	\$ + 236557	\$ + 289029	\$ + 341501
Net yatırım	\$ 142691							
Vergiler sonrası toplam gelir	\$ 484192							
Yatırımdan kazanç	% 53.41							
Geri ödeme süresi	2.2sene							

Şekil 5.7 Sprey Boyama Robotu Yatırımdan Kazanç Raporu.

Raporun diğer bölümünde ise hesaplanan senelik vergiler yer almaktadır. Birinci seneden, sekizinci seneye kadar senelik toplam gelir senelik maliyetler, tasarruflar raporundan elde edilmiştir. Masraf yatırımıysa yatırım raporundan alınmış ve sadece birinci sene için çıkartılmıştır. Senelik maliyetler ve tasarruflar raporundan alınan amortisman (maliyet olarak) değeri vergi amaçlı olmadığından ilave edilmiştir. Amortisman (vergi olarak) 5 senelik hızlandırılmış metotta elde edilen senelik amortisman miktarıdır. Bu miktar, yatırım raporundan alınan net, amorti edilebilir miktarın vergi kanunca öngörülen senelik faktör ile (Birleşik Devletlerde 1. sene için 0.15, 2. sene için 0.22, 3. sene için 0.21, 4. sene için 0.21, 5. sene için 0.21) çarpımından elde edilir.

Bu durumda vergilendirilecek gelir de:

Toplam gelir / Sene - Masraf maliyetleri (sadece 1. sene için) + Amortisman (maliyet olarak) - Amortisman (gelir olarak)' şeklinde olacaktır.

Bu değer sonradan katılım vergi oranı (örneğin % 46) ile çarpılarak vergilendirilir. [5]

Sonraki adımda ise vergi sonrası net hesaplanır :

Net yatırım (senelik bazda) + Toplam senelik gelir (1. seneden 8. seneye kadar) - Vergiler

Yatırımdan kazanç oranı ise bir sonraki adımı oluşturmaktadır. Raporda gelecekteki paranın azalan değeri ve her sene için iskonto oranı da görülmektedir. Bu iskonto oranı vergi sonrası net ile çarpıldığında her sene için vergi sonrası iskonto edilen net miktarı bulunacaktır.

Şekil 5.7 ' deki analiz kullanılarak birinci ve ikinci vardiyadaki operasyonlar için karşılaştırma yapılabilir. Tek vardiyalık uygulamada robot doğrulama analizi % 23' lük yatırımdan kazancı ve 4 senelik geri ödeme periyodu tanımlamaktadır. Aynı yatırım bilgisi 2 vardiyalı ortamda çalışan robot için kullanıldığında % 53' lük yatırımdan kazanç ve 2.4 senelik geri ödeme periyodu elde edilmektedir.

Bu karşılaştırma Şekil 5.8' de gösterilmiştir.

Uygulama	Net Yatırım	Vergi sonrası net gelir	Yatırımdan kazanç (ROI)	Geri ödeme
Tek vardiya	\$ 142.621	\$ 35.000	% 23	4.0 sene
Çift vardiya	\$ 142.621	\$ 60.000	% 53	2.4 sene

Şekil 5.8 Sprey Boyama Robotunda tek ve çift vardiyalı üretimlerde robot doğrulama analizi karşılaştırılması.

Beklenildiği gibi, iki vardiyalı çalışma daha yüksek kar getirip daha kısa sürede yatırım geri ödeme yapacaktır. Çeşitli faktörlerin ayarlanması ve her seçimin karşılaştırılması sadece prosesin ekonomik analizi süresince olmayıp, optimum kar planlamasında da olmalıdır. [5]

Yatırımın işleyebilirliğini etkileyecek bazı faktörler burada yer almayabilir; örneğin: artan işçilik maliyetleri veya azalan verim oranları projenin analizinde göz önüne alınmayabilir.

Çeşitli nedenlerle robotların kullanımı doğrulansa da, durumun ekonomikliği daha fazla motivasyonla desteklenmelidir. Başarılı bir doğrulama direkt işçilik yerleştirme faktörlerinin dışında tüm potansiyel maliyetlerin niceliklendirilmesi ve seçilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Sonuçta orijinal beklentilerin yeterince hassas olması gerekmektedir. [5]



SONUÇLAR

Otomotiv sektöründe robot uygulamaları gerek çağın ihtiyaçları, gerek dünya ekonomisinin öngörülleri dahilinde gelişen teknoloji sayesinde son çeyrek yüzyılda büyük bir aşama kat etmiştir.

Çağın gereksinimleri, küreselleşme, dünya pazarlarının kapılarının açılması sonucunda artık imalat yapan her rakip ülke kalite ve hizmette atılım yapmak zorunda kalmıştır. Ekonomik krizler zincirinde olan güncel dünyada israftan da kaçınmak şarttır. İşte tüm bu sorunlara cevap olarak robot kullanılması hangi endüstri kolunda olunursa olunsun zaruret doğurmuştur.

Artan verim, gelişen kalite, malzeme tasarrufu, güç tasarrufu, düşük taşıma ve kontrol maliyetleri, eskiye oranla daha az çalışma, esnek üretim robotların kazandırdıkları avantajlar olarak sıralanabilmektedir.

Tüm bu pozitif noktaların bilinmesinin yanı sıra robot kullanmayı düşünen her firma da harcamayı düşündükleri yatırımdan elde edecekleri geliri, geri ödeme süresini bilmek isteyecektir. Bu bilgi ve rakamların eldesi ise detaylı olarak yapılan harcamaların, olası maliyet ve tasarrufların dökümünde yani ekonomik analiz sayesinde olacaktır.

Özellikle enflasyon oranlarının, faiz oranlarının nispeten yüksek olduğu ülkelerde robot kullanılması aşamasında robot ekonomik analizi kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

- [1] KUZUCU, A., EKSİN, I., DİNİBÜTÜN, A.T., (Ed), "Automatic Control For Quality" Proceedings of the IFAC International Workshop İ.T.Ü. (1992)
- [2] RENAULT AUTOMATION, Service for Robotique, Support de Cours Apprentissage (Décembre 1992)
- [3] CRITCHOW, A., Introduction to Robotics, Mac. Millan (1985)
- [4] GROOVER, M.P., WEISS, M., NAGEL, R.N., ODREY, N.G., Industrial Robotics., Technology & Programming & Applications (1986)
- [5] HUNT, V.D., Understanding Robotics (1990)
- [6] RENAULT AUTOMATION, Service Renault 0943 (1993-1994)
- [7] Le magazine de Renault Automation, No: 12 (Janvier 1994)
- [8] Le magazine de Renault Automation, No: 13 (Février 1994)
- [9] RENAULT AUTOMATION, Service for robotique (Novembre 1992)
- [10] SAE Technical Paper Series (Janvier & Février 1988)
- [11] Mechanical Engineering Vol. 113, No: 11 (Novembre 1991)
- [12] Industrial Robot Vol. 20, No: 1 (1993)

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Haluk BAYRAKLI 1968 yılında İstanbul' da doğdu, orta öğretimini 1987 yılında Saint Benoît Fransız Erkek Lisesi' nde bitirdi. Aynı yıl İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği bölümüne girdi. 1991 yılında mezun olduktan sonra aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü' nde yüksek lisans öğretimine başladı. Eylül 1993 tarihinden itibaren Oyak - Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş.' de Kalite Direktörlüğü' ne bağlı Proses Denetçisi olarak çalışmaktadır. Ekim 1994 yılından itibaren de Marmara Üniversitesi Vakfı Çağdaş İşletmecilik hafta sonu eğitimini almaktadır.

**P.İ. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BİLGİ YÖNETİMİ MERKEZİ**