



KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

# Robotik Sistemlere Giriş

## 3. Hafta

Yrd. Doç. Dr. A. Burak İNNER

Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği  
Yapay Zeka ve Benzetim Sistemleri Ar-Ge Lab.  
<http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr>

# Ders Hakkında

☞ Ders Adı : Robotik Sistemlere Giriş

☞ Cuma

10:00	12:50	Robotik Sistemlere Giriş
14:00	15:50	Robotik Sistemlere Giriş
16:00	18:45	Robotik Sistemlere Giriş

☞ <http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr/robotik-sistemlere-giris/>

Ders notları <http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr> üzerinden paylaşılacaktır.

# Seri Robotlar

- Genellikle Robotlar seri ve paralel olmak üzere iki temel gruba ayrırlar. Seri robotlar bir dizi eklemler(joint) ve bu eklemleri birbirine birleştiren bağlardan (link) oluşur.
- Seri mekanizmalar, kinematik yapısı açık döngülü zincir şeklinde olan mekanizmalardır.
- Seri robotlar, geniş çalışma uzayına (aktif olarak robotun ulaşabileceği uzay), az sayıda mekanik parça ve paralel robotlara göre daha basit kinematik denklemlere sahiptir.
- Endüstriyel seri robotlar yapı olarak kabaca insan koluna benzetilebilirler.

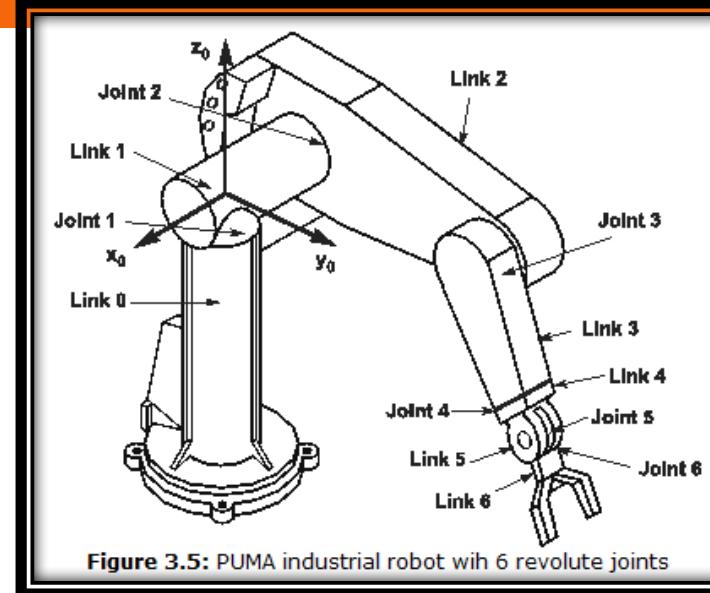


Figure 3.5: PUMA industrial robot with 6 revolute joints

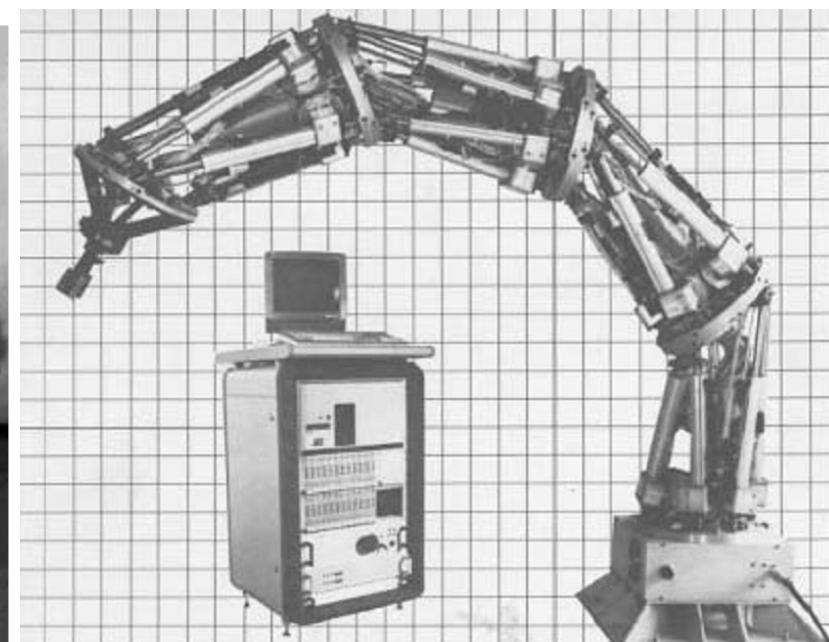
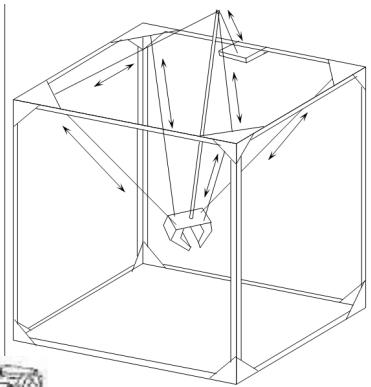


# Seri Robotlar

- ☞ Fakat kaldırıracakları kütlenin, mekanik yapılarının kütlesine oranı çok küçüktür. Eklenen her bağın ve eklemnin ağırlığını önceki bağlar ve eklemler taşıdığı gibi her bir eklemden dolayı oluşan hata uç işlevciye doğru toplanmaktadır.
- ☞ Ayrıca kontrolleri esnasında aynı hareketi tekrarlama kabiliyetleri de göreceli olarak düşüktür. Hassas konumlamada da sorunlar yaşamaktadırlar.

# Genel Paralel Manipülatör

☞ Bir genel paralel manipülatör, uç işlevcisinin (end effector) birkaç bağımsız kinematik zincir ile tabanına bağlı kapalı döngülü kinematik zincir mekanizması olarak tanımlanmaktadır. Bu genel manipülatör tanımı örneğin kontrol edilebilen serbestlik derecesinden daha fazla sayıda eyleyici (actuator) bulunduran artık (redundant) mekanizmaları içine aldığı gibi ortaklaşa çalışan manipülatörleri de içine alacak kadar genişstir.



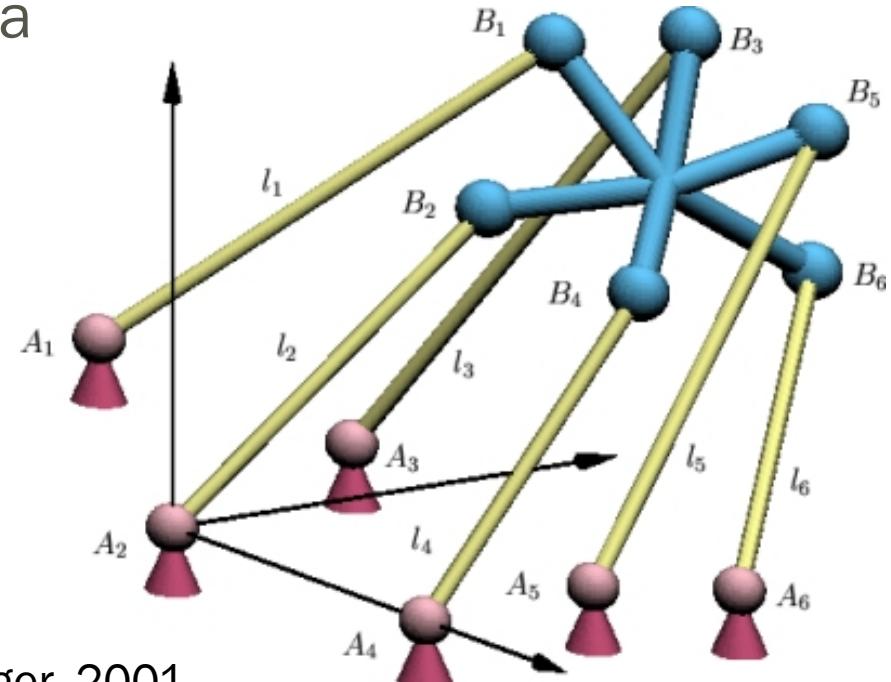
# Genel Paralel Manipülatör

- ∞ Genelde aşağıdaki özelliklerini sağlayan paralel manipülatörler ile ilgilenilmektedir \* :
  - Sabit platform hareketli platforma en az iki kinematik zincir ile bağlanmıştır. Bu kinematik zincirlerin her birisi en az bir tane eyleyici içermektedir.
  - Uygun bir algılayıcı (sensor) yardımıyla eyleyici ile ilişkilendirilmiş değişkenler (dönme açısı veya doğrusal hareket) ölçülmektedir.
  - Uç işlevcisinin serbestlik derecesi eyleyici sayısı ile eşittir.
  - Eyleyiciler kilitlendiğinde (hareketsiz kaldığında) manipülatörün mobilitesi sıfırdır.
- ∞ Bu tür mekanizmalar aşağıdaki sebeplerden dolayı ilgi çekicidir:
  - En az iki kinematik zincir ile yükün zincirler üzerine dağıtilması sağlanır.
  - Eyleyici sayısı minimumdur.
  - Mekanizmanın kapalı döngü kontrolü için gerekli algılayıcı sayısı minimumdur.
  - Eyleyiciler kilitlendiğinde üç işlevci pozisyonunu korur, bu özellikle edikal robotlarda güvenlik açısından son derece önemlidir.

\* Merlet, Jean-Pierre. *Parallel Robots*. Springer, 2001

# Paralel Robot

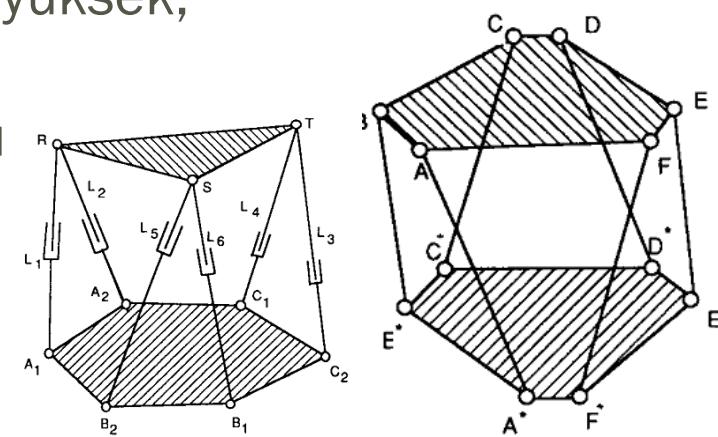
- ∞ n serbestlik derecesinden oluşan bir üç işlevci ve sabit tabandan oluşan ve birbirlerine en az iki bağımsız kinematik zincir ile bağlı olan mekanizmalar paralel robot olarak adlandırılmaktadır\*.
- ∞ Zincirlerin sayısı serbestlik derecesine eşit olan paralel manipülatör tam paralel manipülatör olarak adlandırılmaktadır\*.
- ∞ Paralel mekanizmaların kullanımı yüksek katılılılık, yüksek hassasiyet, doğruluk, yük taşıma kapasitesi ve yüksek hız gibi avantajlarından dolayı seri mekanizmalara göre tercih edilmektedirler.



\* Merlet, Jean-Pierre. *Parallel Robots*. Springer, 2001

# Paralel Robot

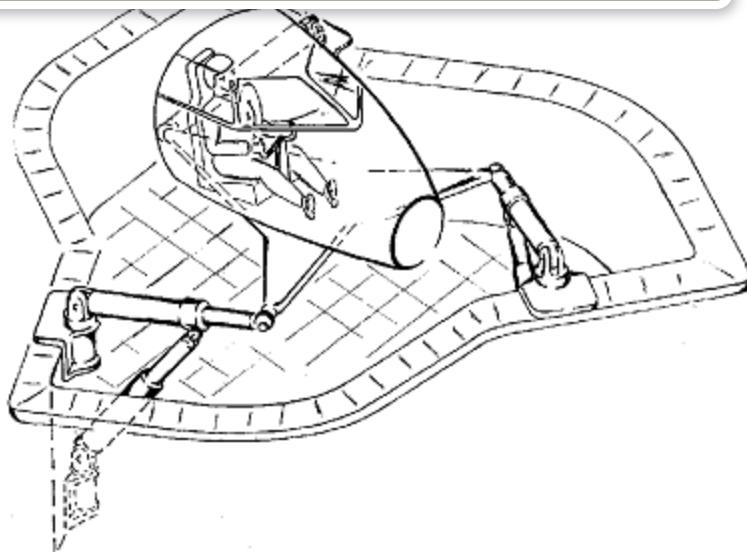
- ❖ Paralel Robotlar kısıtlı çalışma uzayı, karmaşık kinematik çözümler ve çalışma uzayı içerisindeki tekillikler bu tip mekanizmalarda karşılaşılan en önemli problemlerdir [1-3].
- ❖ Açık döngülü yapıya sahip olan seri mekanizmaların aksine paralel mekanizmalar kapalı döngü yapıya sahiptirler ve eyleyici hataları uca doğru eklenerek büyümmez.
- ❖ Hareketli platforma birden fazla bağın bağlı olması nedeniyle kaldıracakları kütlenin mekanik yapılarının kütlesine oranı büyüktür.
- ❖ Çok hassas konumlama yapabildikleri gibi aynı hareketi tekrarlama kabiliyetleri de yüksektir.
- ❖ Paralel mekanizmalar dinamik yüklemenin yüksek, hız ve hassasiyetin önemli, çalışma uzayının ise daha az önemli olduğu durumlarda paralel mekanizmalar seri mekanizmalara göre tercih edilir.[3]



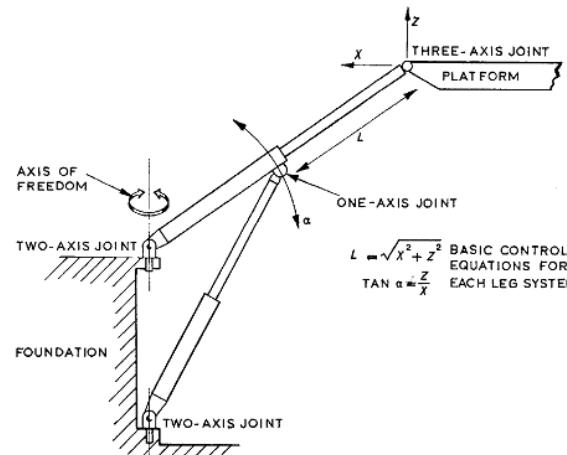
# Stewart Platform Mekanizması

- Stewart, D., "A platform with six degrees of freedom," Proceedings of the IMechE, Vol. 180, Pt. 1, No. 15, pp. 371-385, 1965-66.  
1965 yılında uçuş simülatörü (aircraft simulator motion base) olarak bir paralel robot önermiştir.
- Önerdiği yapı üzerinde Gough ve diğer araştırmacıların yorumları ile değişiklik yapılmış ve son halini almıştır.
- Stewart ve Gough'un tasarladığı mekanizmaların bugün kullanılan birçok paralel mekanizmanın temelini teşkil etmesi nedeniyle bu tür mekanizmalar bu iki tasarımcının isimleri kullanılarak adlandırılmaktadır.

Stewart: Önerilen Uçuş Simülatörü



Gough : Lastik Test Platformu

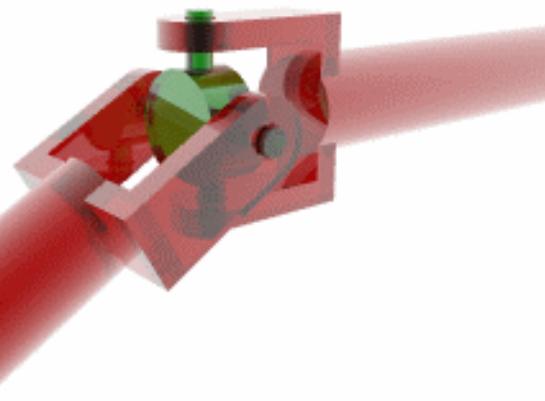
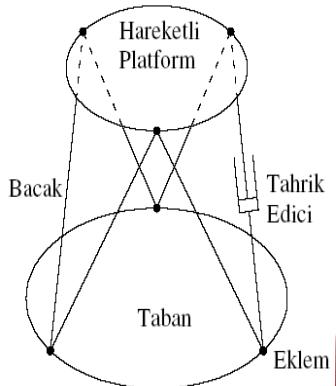


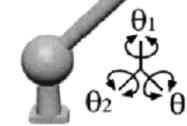
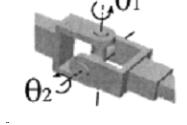
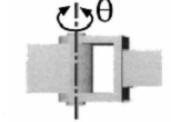
# Stewart Platform Mekanizması

- Hunt 1978 yılında manipülatör olarak kullanılmasını önermiş ve avantaj-dezavantajlarından bahsetmiştir.
- Günümüzde kullanılan Stewart Platform Mekanizması (SPM), 1965 yılında önerildiği şeklinden biraz farklı olarak; boyları prizmatik eklemler vasıtasıyla değișebilen 6 bacak ile birbirine bağlı altıgen biçimli, biri sabit ve diğerleri hareketli, iki platformdan oluşmaktadır.
- Bacakları hareket ettiren eyleyiciler sabit ve hareketli platformlara universal (kardan), dönel, küresel veya silindirik eklemler vb. gibi eklemelerle bağlıdır.

U

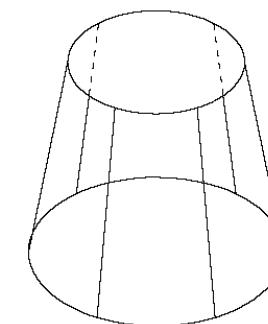
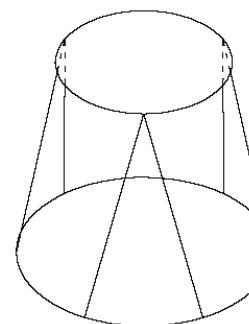
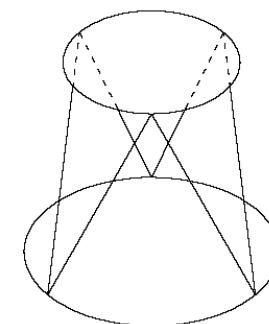
- Kardan Mafsal
- (Universal Joint)



TEMSİLİ ŞEKLİ	SİMGESİ	ANLAMI	SD
	S	KÜRESEL	3
	U	KARDEN	2
	P	PRİZMATİK	1
	C	SİLİNDİRİK	2
	R	DÖNEL	1

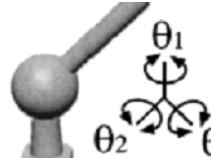
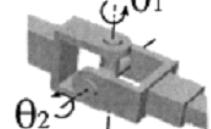
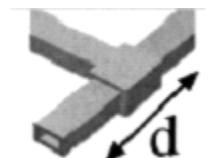
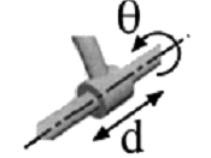
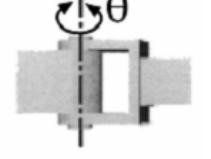
# Stewart Platform Mekanizması

- ❖ SPM genellikle eklem ve eyleyicilerin yapılarına bağlı olarak üç yönde öteleme ve üç yönde dönme hareketi yapabilecek şekilde 6 serbestlik dereceli olarak tasarılanır.
- ❖ Stewart-Gough mekanizmaları yapısal olarak birçok şekilde sınıflandırılabilirler.
- ❖ En önemli sınıflamalardan biri bacaklarının taban ve üst platforma bağlanma noktalarının sayısıdır.
- ❖ Örnek olarak, bacakların tabana bağlandığı nokta sayısı n, hareketli üst platforma bağlandığı nokta sayısı m olan mekanizma  $n-m$  şeklinde isimlendirilmektedir.
- ❖ Literatürde 3-3, 4-4, 5-5, 6-4, 6-5, 6-6 SPM üzerine yapılan çalışmalar bulunmaktadır.



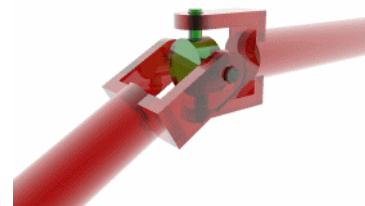
# Stewart Platform Mekanizması

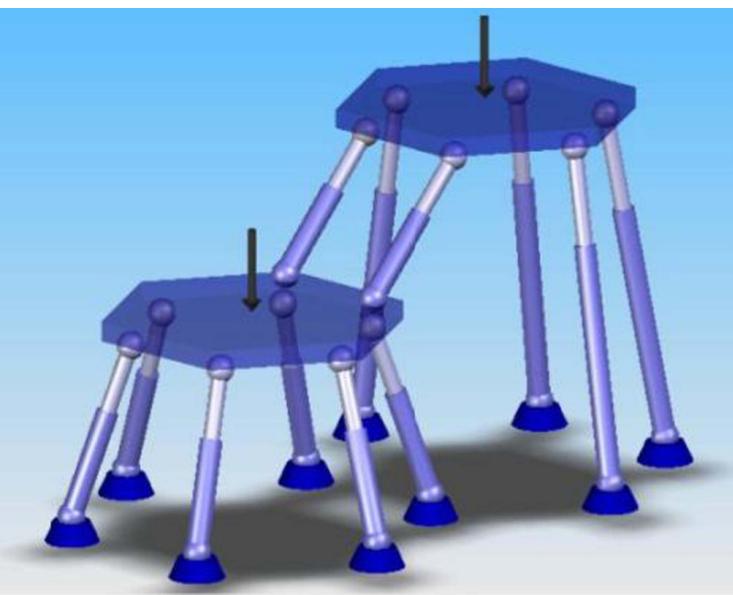
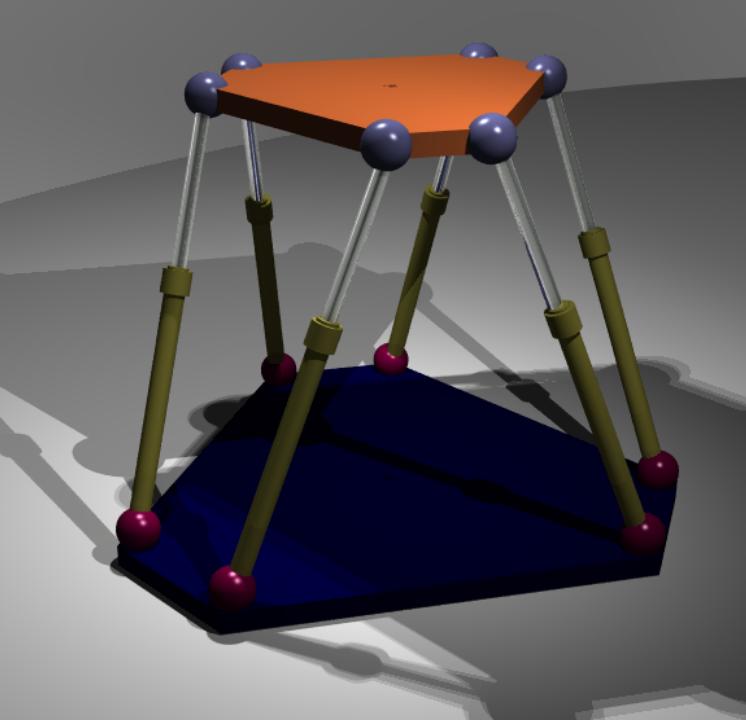
- ❖ Stewart-Gough mekanizmaları, bacaklarının taban ve üst platforma bağlanmasıını sağlayan eklem yapılarına göre de sınıflandırılabilirler.
- ❖ Eklemler İngilizce baş harfleri ile simgelendirilirler.
- ❖ Örnek olarak, tabana kardan eklem, (Universal) hareketli üst platforma ise küresel eklem (Spherical) ile bağlı ve bacağında prizmatik eklem bulunan paralel mekanizma UPS harfleri (simgeleri) ile tanımlanmaktadır.
- ❖ Genellikle iki sınıflandırma birleştirilerek kullanılır.  
Örneğin, 3-3 UPS, bacakların tabana ve hareketli üst platforma bağlandığı noktası sayısı üç, tabana kardan eklem ve hareketli üst platforma ise küresel eklem ile bağlı ve bacağında prizmatik eklem olan mekanizmayı ifade eder.

TEMSİLİ ŞEKLİ	SİMGESİ	ANLAMI	SD
	S	KÜRESEL	3
	U	KARDEN	2
	P	PRİZMATİK	1
	C	SİLİNDİRİK	2
	R	DÖNEL	1

# Stewart Platform Mekanizması

- Ayrıca Stewart Gough mekanizmaları üst platformu hareket ettirmeye yarayan eyleyicilere göre de sınıflandırılabilirler.
- Literatürde hidrolik, pnömatik, doğru akım motorları, alternatif akım motorları, doğrusal motorlar ve piezo motorlar gibi farklı eyleyici yapıları kullanılmıştır.
- Bu eyleyiciler ile doğrusal hareketi elde etmek için, farklı güç iletim elemanları (kasnak, dişli, bilyeli vida) kullanılmıştır.
- Örnek olarak PI firmasının ürettiği M-840 model paralel robot gösterilmiştir.





# PI firmasının ürettiği robot çeşitleri

- ❖ M-810 Miniature Hexapod
- ❖ M850 High Load Hexapod
- ❖ Telescope, Antenna platform

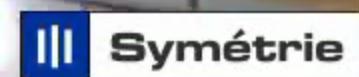


The ALMA VertexRSI test antenna with PI Hexapod system



# Mekanizmasının

## ....Uygulamalar



Symétrie



Yıldız Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir proje



# Stewart Platform Mekanizmasının Uygulamaları

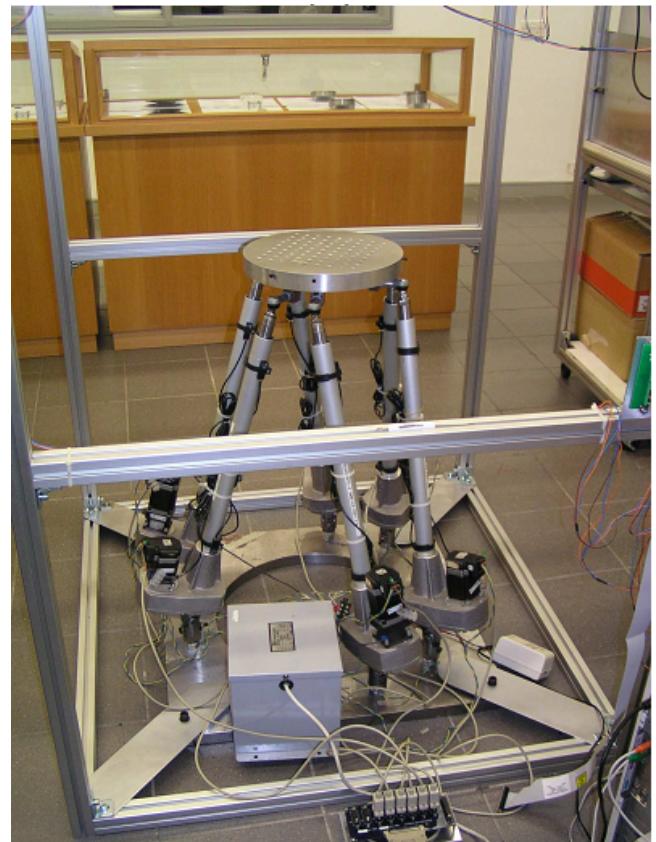


# Stewart Platform Mekanizmasının Uygulamaları

In Figure 1-3(a) Moog Base, (courtesy of NYSCEDII in University at Buffalo), is a motion simulator can be used to simulate automobile motion. It can also be used in entertainment industry to simulate realistic motion. Figure 1-3(b) shows the Deltapod developed in ABB Corporate Research, Sweden. The Deltapod was developed to define the geometry of car body parts during framing and welding with numerically controlled locator points. Figure 1-3(c) is driving simulator with motion system developed in



locator points. Figure 1-3(c) is driving simulator with motion system developed in Wuerzburg Institute for Traffic Sciences GmbH, German. Figure 1-3(d) is Stewart platform developed in National University of Singapore, which can be used to position parts for an assembly operation, or when it is inversely mounted, as a tool post for metal removal operations on an NC machine. Figure 1-3(e) is Motion Chair, courtesy of



- ❖ Figure 1-3(e) is Motion Chair, courtesy of Wuerzburg Institute for Traffic Sciences GmbH, German. From the above enumerated
- ❖ examples, we can see that such general purpose parallel manipulators are being utilized in many applications. Hence, it is important to understand the mechanics of such system to better design the structure and the controller to the systems to realize useful tasks.



# MATLAB Robotik Toolbox

- ❖ Laboratuvar Uygulaması :
- ❖ Matlab Robotik Toolbox kurulumu
- ❖
  - 1. Ön koşullar
- ❖ **1.1 Robotics Toolbox Kurulumu**
- ❖ İlk olarak bu linkten Robotic Toolbox’ı indirelim: [Robotics Toolbox](#)
- ❖ [http://petercorke.com/Robotics\\_Toolbox.html](http://petercorke.com/Robotics_Toolbox.html)
- ❖ İndirdiğimiz dosyayı rardan çıkartın ve çıkan "rvctools" adlı klasörü "\MATLAB\R2010b\bin" klasörüne atın.
- ❖ MATLAB’ı açın sol tarafta "Current Folder" sekmesinin altında "rvctools" klasörünü göreceksiniz. Klasöre tıklayıp açalım ve "startup\_rvc.m" dosyasına sağ tıklayıp "run" diyelim.
- ❖ Robotics Toolbox kurulumu tamamlanmıştır.

# Teşekkürler.



Dersin Sonu