

## ÖZET

### Uzak Dönme Merkezli Paralel Manipülatör

- 5 Buluş, bir uç elemanın (50) bir dönme merkezinde (60) eklem olmadığı halde o dönme  
merkezi (60) etrafında iki dönüş ve bir öteleme (2R1T) hareketi yapabildiği uzak dönme  
merkezli manipülatör (10) **olup, özelliği**; orta platform (34) ile uç elemana (50) rijit  
olarak bağlanmış, URR kinematik yapısına sahip bir orta bacak (30), yan platformlar  
10 (44) ile uç elemana (50) bir döner mafsalla (R) bağlanmış, URRR kinematik yapısına  
sahip yan bacaklar (40) içermesi ile karakterize edilmesidir.

### Şekil – 1

## İSTEMLER

- 1- Buluş, bir uç elemanın (50) bir dönme merkezinde (60) eklem olmadığı halde o dönme merkezi etrafında iki dönüş ve bir öteleme (2R1T) hareketi yapabildiği uzak  
5 dönme merkezli manipülatör (10) **olup, özelliği**;
- orta platform (34) ile uç elemana (50) rijit olarak bağlanmış, URR kinematik yapısına sahip bir orta bacak (30),
  - yan platformlar (44) ile uç elemana (50) bir döner mafsalla (R) bağlanmış, URRR kinematik yapısına sahip yan bacaklar (40) içermesi ile karakterize  
10 edilmesidir.
- 2- İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği**; orta bacağın (30) kaideye (20) bağlı universal mafsalının (U) aktif mafsal eksen 2 (32) üzerinde yer alan orta motor (33) içermesidir.  
15
- 3 İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği**; orta bacağın (30) uç elemana (50) bağlandığı noktada, uç elemana (50) rijit bir şekilde bağlanmasını sağlayan orta platform (34) içermesidir.
- 4- İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği**; yan bacakların (40) kaideye (20) bağlı universal (U) mafsallarının aktif mafsal eksen 1 (41) üzerinde yan motor (43) içermesidir.  
20
- 5- İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği**; yan bacakların (40) uç  
25 elemana (50) bağlandığı noktada, uç elemana (50) bir döner mafsalla (R) bağlan yan platformlar (44) içermesidir.
- 6- İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği**; orta bacağın (30) kaideye (20) bağlı universal mafsalının (U) aktif mafsal eksen 2 (32) üzerine konularak  
30 kaideye (20) olabilecek en yakın mesafede konularak, bu sayede taşıyacağı yükü azaltılmış orta motor (33) içermesidir.
- 7- İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği**; yan bacakların (40) kaideye (20) bağlı universal mafsalının (U) aktif mafsal eksen 1 (41) üzerine konularak

kaideye (20) olabilecek en yakın mesafede konumlanmış, bu sayede taşıyacağı yükü azaltılmış yan motorlar (43) içermesidir.

8- İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği;**

- 5
- yan motorların (43) dönüşü ile herhangi bir uç eleman eksenini (51) boyunca yönelimi sağlanabilen,
  - orta motorun (33) dönüşü ile herhangi bir yönelimdeki uç eleman eksenini (51) boyunca öteleme hareketi yapabilen,
  - dönme merkezi etrafında iki dönüş ve bir öteleme (2R1T) hareketini
- 10 gerçekleştirilebilen uç eleman (50) içermesidir.

9- İstem 1'de bahsedilen manipülatör (10) **olup, özelliği;** orta bacağı (30) kaideye (20) bağlayan pasif mafsallı eksen 1 (31) ve yan bacakları (40) kaideye (20) bağlayan aktif mafsallı eksenleri 1'in (41) dönme merkezinde (60) kesişmesini sağlayacak biçimde

15 konumlanmış universal mafsallar (U) içermesidir.

## TARİFNAME

### Uzak Dönme Merkezli Paralel Manipülatör

#### 5 **Teknolojik Alan:**

Buluş, dönme merkezine mekanizma parçalarının konumlandırılmayacağı minimal invazif ameliyatlara ve silindirik / küresel cisimler üzerinde kesme / kaynak / kaplama gibi işlemlerde kullanılan, iki dönme ve bir öteleme hareketi yapan (2R1T) uzak dönme merkezli (RCM) mekanizmalar ile ilgilidir.

Bu buluş, bir uç elemanın bir noktada eklem olmadığı halde o nokta etrafında dönüş ve de o noktadan geçerek öteleme hareketlerini yapmasını sağlayabilen bir paralel manipülatör (PM) ile ilgilidir.

15

#### **Tekniğin Bilinen Durumu:**

Uzak dönme merkezli (RCM) mekanizmalar dönme merkezine mekanizma parçalarının konumlandırılmayacağı ameliyatlara ve silindirik / küresel cisimler üzerinde kesme / kaynak / kaplama gibi işlemlerde kullanılmaktadır. RCM mekanizmalarında, bir doğru parçası olarak modellenebilen uç elemanın azami hareketi, üç eksen etrafında dönüş hareketi ve doğru boyunca öteleme şeklindedir. Ancak bu hareketlerin tamamı yerine bir kısmını yapabilen RCM mekanizmalar da mevcuttur. Buluş, uç elemanı iki eksen etrafında dönme (2R) ve bu iki eksene dik yönde öteleme (1T), yani 2R1T hareket kabiliyetine sahip olan bir RCM mekanizma ile ilgilidir.

25

Tekniğin bilinen durumunda kullanılan, uzak dönme merkezli manipülatörler seri ya da hibrit yapıdadır. Paralel manipülatörlerin seri ya da hibrit yapıdaki manipülatörlere nazaran daha iyi konumlama hassasiyetleri bulunmaktadır. Bu nedenle tekniğin bilinen durumundaki yapılar ile yüksek konumlama hassasiyeti değerlerine ulaşmak mümkün değildir.

30

Manipülatörün motorlarının manipülatör kaidesine mümkün olduğunca yakın olması taşınan yükün azaltılması için tercih edilir. Seri/hibrit manipülatörlerde bazı motorların hareketli uzuvlarda bulunması gerekmektedir. Fakat bu durumda motorlar kaideden

35

uzak bir konuma yerleştirilmek zorundadır ve kaide üzerinde bulunmayan motorların ağırlık ve ataletlerinin de taşınması gerekmektedir. Bu durum motorların daha çok güç harcamasına neden olarak, manipülatör verimliliğini düşürmektedir.

5 Yapılan literatür araştırmasında US7395607 numaralı, ABD patent dokümanı ile karşılaşılmıştır. Dokümanda iki dönme ve bir öteleme hareketi (2R1T) yapan seri bağlı manipülatörden bahsedilmektedir. Bu nedenle yukarıda yazan dezavantajları içermektedir. Araştırmada yine aynı şekilde seri bağlı olup, 2R1T hareketi yapan bir manipülatörden bahseden US9510911, US2017035518 ve WO2017114860A1  
10 numaralı dokümanlar ile karşılaşılmıştır. Bu dokümanlarda anlatılan manipülatörlerin konumlama hassasiyetleri düşüktür. Ayrıca motorlar hareketli uzuvlara yerleştirildiği için motorların harcadığı güç fazla, verimleri ise düşük olmaktadır.

Yapılan literatür araştırmasında FR2974322 ve DE102010018802 numaralı Fransa ve  
15 Almanya patent dokümanları ile karşılaşılmıştır. Bahsi geçen dokümanda iki serbestlik dereceli bir küresel mekanizmanın ucuna seri olarak bağlı bir prizmatik mafsala sahip olan paralel/seri hibrit kinematik yapılar sunulmuştur. Hibrit yapı, içerdiği seri bağlı yapı nedeni ile yukarıda bahsedilen dezavantajları içermektedir

20 US5397323, US6441577 ve US2006196299 nolu patentlerde ise 2R1T hareketin ikinci dönme hareketi için bir paralel mekanizma mevcut olup ilk dönme ve de öteleme hareketleri bu mekanizmaya seri olarak bağlıdır. Yani manipülatör seri-paralel-seri sıralı hibrit bir kinematik yapıya sahiptir.

25 Tamamen paralel kinematik yapıya sahip ve uç elemanı 2R1T hareketine haiz RCM mekanizmalar ile ilgili herhangi bir patente rastlanmamış olmakla birlikte ilgili bazı bilimsel yayınlar tespit edilmiştir. 2012'de yayınlanan bir çalışmada sunulan üç bacaklı paralel manipülatörde iki bacağın iki uzvu paralel döner mafsalsal eksenleri sayesinde bir düzlemde kalırken, üçüncü bacakta tüm döner mafsalsal eksenleri uzak hareket  
30 noktasında kesişmekte ve bu bacakta ayrıca uç eleman ile bacak arasında bir kayar mafsalsal bulunmaktadır (C-H. Kuo, J. S. Dai, Kinematics of a fully-decoupled remote center-of-motion parallel manipulator for minimally invasive surgery, Journal of Medical Devices, 6, 021008-1, 2012.). 2013'te yayınlanan bir makalede ise uç elemanı 2R1T hareketine haiz üç eş bacağına sahip iki farklı paralel manipülatör sunulmuştur (J. Li, G.  
35 Zhang, A. Müller, S. Wang, A family of remote center of motion mechanisms based on

intersecting motion planes, Journal of Mechanical Design, 135, 091009-1, 2013.). Sunulan iki manipülatör benzer yapıda olup her bacakta uzak hareket merkezi üzerinde olan ilk döner mafsallı takiben düzlemsel hareket yapabilen üç mafsallı bir kinematik zincir bulunmaktadır. Bu iki manipülatörden yalnızca döner mafsallardan oluşan versiyonun kinematik yapısı buluş konusu manipülatörün kinematik yapısına benzer olmakla birlikte makalede yalnızca bir görsel verilmiş, başkaca hiçbir detaya girilmemiştir.

Ekim 2016'da bir konferansta sunulmuş olan bir çalışmada normal kısıtlı 2R1T hareketine haiz RCM mekanizmalar vida cebiri kullanılarak sentezlenmiştir ( L. Huang, c. Guang, Y. Yang, P. Su, Type synthesis of parallel 2R1T remote center of motion mechanisms based on screw theory, MATEC Web of Conferences 95, 08009, 2017). 2017'de yayınlanan bir çalışmada ise bacaklardaki ilk mafsallı kayar mafsallı olan 2R1T RCM mekanizmaları sentezlenmiştir (Q. Li, J. M. Herve, P. Huang, Type synthesis of a special family of remote center-of-motion parallel manipulators with fixed linear actuators for minimally invasive surgery, Journal of Mechanisms and Robotics, 9, 031012-1, 2017). Temmuz 2017'de bir konferansta sunulan çalışmada 2R1T RCM mekanizmalarının sınıflandırılması yapılmıştır (A. Yaşır, G. Kiper, Structural synthesis of 2R1T type mechanisms for minimally invasive surgery applications, Mechanisms, 20 Transmissions and Applications: Proceedings of the Fourth MeTrApp Conference 2017, Springer, 31-38, 2017). Son olarak, 2018 tarihli bir makalede 2CRRR-CRR kinematik yapısına sahip bir 2R1T RCM mekanizmasının detayları sunulmuştur (N. Zhang, P. Huang, Q. Li. Modeling, design and experiment of a remote-center-of-motion parallel manipulator for needle insertion, RoboticsandComputer-IntegratedManufacturing, 50, 193-202, 2018). Bu mekanizmanın çalışma prensibi buluş konusu mekanizmanın (2URRR-URR) çalışma prensibi ile benzer olmakla birlikte ilk mafsallın döner değil de kayar mafsall olması nedeniyle farklı bir yapıya sahiptir.

Sonuç olarak, tekniğin bilinen durumunun aşıldığı, dezavantajlarının giderildiği, uzaktan dönme merkezli manipülatöre ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **Buluşun Kısa Açıklaması:**

Buluş, tekniğin bilinen durumunun aşıldığı, dezavantajlarının giderildiği, ilave olarak ekstra avantajlar içeren yeni bir uzaktan dönme merkezli manipülatördür.

Buluşun amacı, paralel kinematik yapıya sahip olması sebebi ile yüksek konumlanma kabiliyetine sahip yeni bir uzaktan dönme merkezli manipülatör ortaya koymaktır.

5 Buluşun bir diğer amacı, paralel kinematik yapıya sahip olması sebebi ile uzuvlarında yer alan motorların kaideye mümkün olduğunca yakın olması ve bu sayede taşınan yükün azaltılmasını sağlayan yeni bir uzaktan dönme merkezli manipülatör ortaya koymaktır.

10 Buluşun bir diğer amacı, mekanik yapısı sayesinde kontrolü basitleştirilen ve kinematik denklemleri kolay bir şekilde çözülebilen yeni bir uzaktan dönme merkezli manipülatör ortaya koymaktır.

Buluşun bir diğer amacı, olabilecek en basit kinematik model ile en yüksek verim ve  
15 konumlama hassasiyeti sağlayan yeni bir uzaktan dönme merkezli manipülatör ortaya koymaktır.

Buluşun bir diğer amacı, iki dönme ve bir öteleme (2R1T) hareketini tamamen paralel bir kinematik yapı ile gerçekleştiren yeni bir uzaktan dönme merkezli manipülatör  
20 ortaya koymaktır.

Vücuda bir noktadan girilmesi gereken minimal invazif ameliyatlar ve küresel/silindirik parçaların dış yüzeyinin işlenmesi gibi bazı uygulamalarda bir doğru parçası olarak modellenebilecek bir uç elemanın (uç elemandan çıkan bir lazer ya da ışık huzmesi de  
25 olabilir) bir nokta (dönme merkezi) etrafında dönmesi ve bu noktadan geçecek şekilde ilerleme yapabilmesi beklenir. Eğer uygulamada, uç elemanı konumlandırmaya yarayan cihazın bahsi geçen dönme merkezinden uzakta konumlandırılması, yani dönme merkezinde herhangi bir mafsal yapısı olmaması gerekiyorsa uzak dönme merkezli (RCM) bir mekanizma kullanılır. Eğer dönme merkezi zamanla yeri  
30 değişmeyen, sabit bir nokta ise yapılan işin doğası gereği uç eleman en fazla dört serbestlik dereceli bir hareket yapabilir: dönme merkezinden geçen herhangi bir eksen etrafında dönebilme (eksenin yönelimi 2 serbestlik derecesidir) ve eksen boyunca öteleme yapabilme. Ancak çoğu uygulamada eksen etrafında dönme gereksiz olduğundan yalnızca eksenin yönelimi ve öteleme hareketlerinden oluşan 2 dönme ve  
35 bir öteleme (2R1T) serbestlikleri ile üç serbestlik dereceli ya da öteleme olmaksızın

sadece yönelimi belirlemek üzere 2 dönme (2R) serbestliği ile iki serbestlik dereceli bir sistem kullanılır.

RCM özelliğine sahip bir manipülatör tüm mafsallarında eyleyici bulunduran bir seri yapıya sahip olabileceği gibi, tamamen kapalı devrelerden oluşan paralel bir yapı ya da kapalı devreler içeren hibrit bir yapıdan oluşabilir. Her yapı tipi için pek çok yapılandırma örneği bulunmaktadır. Paralel yapılandırmanın en önemli avantajlarından biri uç elemanın konumlama hassasiyetinin seri yapılandırmaya göre daha iyi olmasıdır. Buluş, 2R1T hareketi yapabilen bir RCM paralel manipülatör ile ilgilidir.

10

Manipülatörün kaidesi ile uç elaman arasında üç bacak bulunmaktadır. Her bacak bir seri kinematik zincirden ibarettir. Kaide, uç eleman ve bunları birleştiren üç bacak iki bağımsız kinematik devre oluşturmaktadır. Bacaklardan ikisi beş serbestlik dereceli olup kaidede bir döner mafsal ve bu mafsal eksenini etrafında dönebilen bir düzlemsel mafsal ile bu bacak düzlemi ile uç eleman arasındaki açının değişimine olanak veren son bir R mafsalından ibarettir, yani RER yapılandırmasına sahiptir. E düzlemsel mafsal yapısı, R mafsal eksenleri düzleme dik, kayar mafsal yönü ise düzleme paralel bir yönde olmak üzere RRR, RRP, RPR, PRR, RPP, PRP ya da PPR şeklinde üç mafsalın bileşiminden oluşabilir. Üçüncü bacak ise dört serbestlik dereceli bir seri zincir olup kaideden itibaren diğer bacakların ilk dört mafsalı ile aynı yapıya, yani RE yapısına sahiptir. Farklı yapıda olan bacak, aynı yapıdaki bacakların arasında yerleştirildiğinde aradaki bacağa göre simetrik bir kinematik yapı elde edilmektedir. Bacaklar ile kaide arasındaki döner mafsalların özelliği, her üç bacadaki eksenin de bir noktada kesişiyor olmasıdır. Kesişme noktası uzak hareket merkezidir. Kesişen eksenlerin üzerinde bulunduğu bacak düzlemleri uç eleman ekseninde kesişerek uç elemanın RCM hareketini sağlarlar. Bu kinematik yapının avantajları dinamik dengelemeye uygun olması; yapısal simetri; aynı uç eleman hareketini yapabilen diğer paralel manipülatör alternatiflerine göre uzuv sayısının görece az olması; motorların yerleştirileceği mafsalların motor girdilerinin uç hareket girdileri ile ilişkisinin nispeten basit bir ilişki olması ve düz/ters kinematik denklem yapısının basitliği; motorların kaideye yakın mafsallara konumlandırılabilir olması şeklinde belirtilebilir.

30

Buluşun bir yapılandırmasına göre E mafsal yapısını teşkil eden bacak düzlemleri paralel eksenli üç döner mafsaldan oluşmakta olup bu üç mafsalın kaideye en yakın

olanı ile paralel eksenlere dik eksene sahip olan kaideye bağlı mafsal eksenini kesiyor ise 2URRR-URR yapısına sahip bir paralel manipülatör elde edilir.

### **Şekillerin Açıklaması:**

5

Buluş, ilişikteki şekillere atıfta bulunularak anlatılacaktır, böylece buluşun özellikleri daha net anlaşılacaktır. Ancak, bunun amacı buluşu bu belli düzenlemeler ile sınırlamak değildir. Tam aksine, buluşun ilişikteki istemler tarafından tanımlandığı alanı içine dâhil edilebilecek bütün alternatif, değişiklik ve denkliklerinin kapsanması da amaçlanmıştır. Gösterilen ayrıntılar, sadece mevcut buluşun tercih edilen düzenlemelerinin anlatımı amacıyla gösterildiği ve hem yöntemlerin şekillendirilmesinin, hem de buluşun kuralları ve kavramsal özelliklerinin en kullanışlı ve kolay anlaşılır tanımını sağlamak amacıyla sunuldukları anlaşılmalıdır. Bu çizimlerde;

- 15 Şekil – 1 Buluş konusu manipülatörün perspektif görünümüdür.
- Şekil – 2 Buluş konusu manipülatörün çalışma düzlem ve eksenlerini gösteren görünümüdür.
- Şekil – 3a Buluş konusu manipülatörün XZ düzleminde A'dan B'ye hareketini gösteren görünümüdür.
- 20 Şekil – 3b Buluş konusu manipülatörün XZ düzleminde A konumundaki durumunu gösteren görünümüdür.
- Şekil – 3c Buluş konusu manipülatörün XZ düzleminde A'dan C'ye hareketini gösteren görünümüdür.
- Şekil – 4a Buluş konusu manipülatörün YZ düzleminde A'dan D'ye hareketini gösteren görünümüdür.
- 25 Şekil – 4b Buluş konusu manipülatörün YZ düzleminde A konumundaki durumunu gösteren görünümüdür.
- Şekil – 4c Buluş konusu manipülatörün YZ düzleminde A'dan F'ye hareketini gösteren görünümüdür.
- 30 Şekil – 5a Buluş konusu manipülatörün YZ düzleminde yukarı yönlü hareketini gösteren görünümüdür.
- Şekil – 5b Buluş konusu manipülatörün YZ düzleminde aşağı yönlü hareketini gösteren görünümüdür.

Bu buluşun anlaşılmasına yardımcı olacak şekiller ekli resimde belirtildiği gibi numaralandırılmış olup isimleri ile beraber aşağıda verilmiştir.

#### **Referansların Açıklaması:**

- 5
- 10.** Manipülatör
- 20.** Kaide
- 30.** Orta bacak
- 10      **31.** Pasif mafsal eksen 1
- 32.** Aktif mafsal eksen 2
- 33.** Orta motor
- 34.** Orta platform
- 35.** Orta bacak düzlemi
- 40.** Yan bacaklar
- 15      **41.** Aktif mafsal eksen 1
- 42.** Pasif mafsal eksen 2
- 43.** Yan motor
- 44.** Yan platformlar
- 45.** Yan bacak düzlemleri
- 20      **50.** Uç eleman
- 51.** Uç eleman eksen 1
- 60.** Dönme merkezi
- U.** Universal mafsal
- 25      **R.** Döner mafsal

#### **Buluşun Detaylı Açıklaması:**

30 Bu detaylı açıklamada buluş konusu manipülatör (10) sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak, hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak örneklerle açıklanmaktadır. Buna göre bir manipülatörü (10) oluşturan kaide (20), orta bacak (30), yan bacaklar (40) ve uç eleman (50) bileşenlerinin bağlantılarının ne şekilde yapıldığı ve bu bileşenlerin oluşturduğu sistemin hareket şekli anlatılmaktadır.

Manipülâtör (10), bir kaideye (20) bağılı URR kinematik yapısına sahip bir orta bacak (30) ve iki adet URRR kinematik yapısına sahip yan bacaklar (40) ile uç elemandan (50) oluşmaktadır. Orta bacağın (30) kaideye (20) bağılı universal mafsalı (U) dik kesişen pasif mafsal eksenini 1 (31) ve (motorla tahrik edilen) aktif mafsal eksenini 2 (32) 5 eksenlerinden oluşmaktadır. Aktif mafsal eksenini 2 (32) üzerinde orta motor (33) bulunmaktadır. Orta bacakta (30) aktif mafsal eksenini 2'ye (32) paralel eksenli iki adet döner mafsal (R) bulunmaktadır. Yan bacakların (40) kaideye (20) bağılı universal (U) mafsalının her biri dik kesişen aktif mafsal eksenini 1 (41) ve pasif mafsal eksenini 2 (42) eksenlerinden oluşmaktadır. Her iki aktif mafsal eksenini 1 (41) üzerinde birer yan motor 10 (43) bulunmaktadır. Manipülâtörün (10) üç serbestlik dereceli hareketi orta motor (33) ve iki adet yan motor (43) ile kontrol edilmektedir. Yan bacaklarda (40) pasif mafsal eksenini 2'ye (42) paralel eksenli iki adet döner mafsal (R) bulunmaktadır. (Şekil – 1)

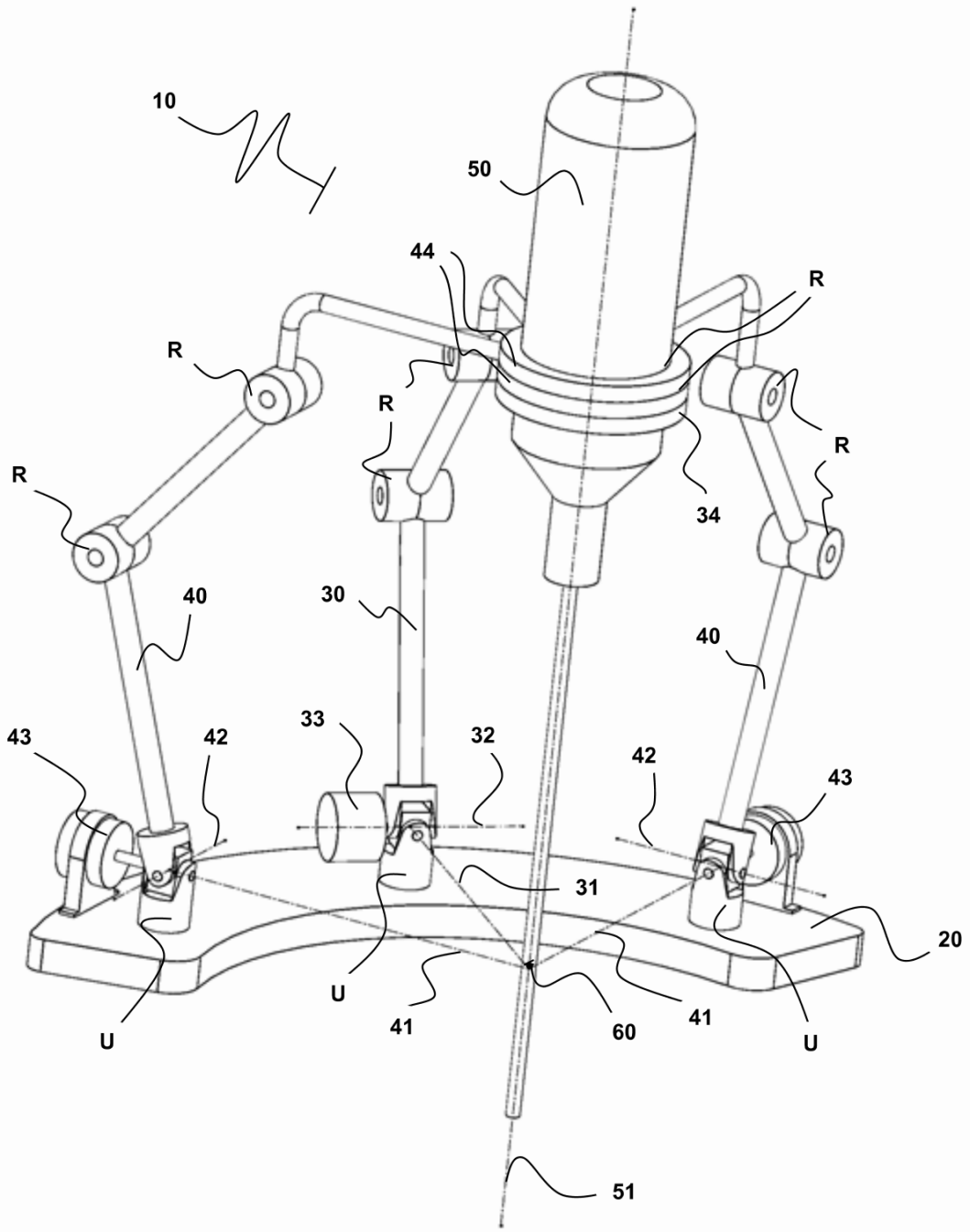
Orta bacağın (30) ucundaki orta platform (34) uç elemana (50) rijit olarak bağılıdır. Yan 15 bacakların (40) ucundaki yan platformlar (44) ise uç elemana (50) bir döner mafsalla (R) bağılıdır. Bu yüzden orta bacağın (30) kinematik yapısı URR iken yan bacakların (40) kinematik yapısı URRR olmaktadır. Bu örnek yapılandırmaya göre URR yapılı bacak ortadadır ancak URR yapılı bacağın herhangi bir yanda olup diğeri yan bacak (40) ile orta bacağın (30) URRR yapısında olması da mümkün olup bu yapılandırma da 20 aynı tip uç eleman (50) hareketine haiz olmaktadır.

Manipülâtörün (10) uzak dönme merkezli hareketinin elde edilebilmesi için kaide (20) üzerinde bulunan pasif mafsal eksenini 1 (31) ile iki adet aktif mafsal eksenini 1 (41), dönme merkezi (60) noktasında kesişmelidir. Orta bacağın (30) tüm uzuvları bir orta 25 bacak düzlemi (35) üzerinde hareket etmektedir. Şekil 2'de gösterilen bu orta bacak düzlemi (35), kaidede (20) sabit pasif mafsal eksenini 1 (31) ve uç eleman ekseninin (51) tanımladığı düzlemdir. Benzer şekilde yan bacaklardan (40) her biri için aktif mafsal eksenini 1 (41) ve uç eleman eksenini (51) yan bacak düzlemlerini (45) tanımlarlar. Manipülâtörün (10) hareketi sırasında orta bacak düzlemi (35), pasif mafsal eksenini 1 30 (31) etrafında dönebilen, yan bacak düzlemlerinin (45) her biri ise bir aktif mafsal eksenini 1 (41) etrafında dönebilen düzlemlerdir ve bu üç düzlem uç eleman eksenini (51) boyunca kesişir. Yan bacak düzlemlerinin (45) iki aktif mafsal eksenini 1 (41) etrafında yan motorların (43) denetiminde dönüşleri ile bu iki düzlemin kesişim doğrusu olan uç eleman ekseninin (51) kaideye (20) göre istenilen açıda yönelimi sağlanır. Orta bacak 35 düzleminin (35) pasif mafsal eksenini 1 (31) etrafındaki dönüşü bağımlı bir dönüş olup bu

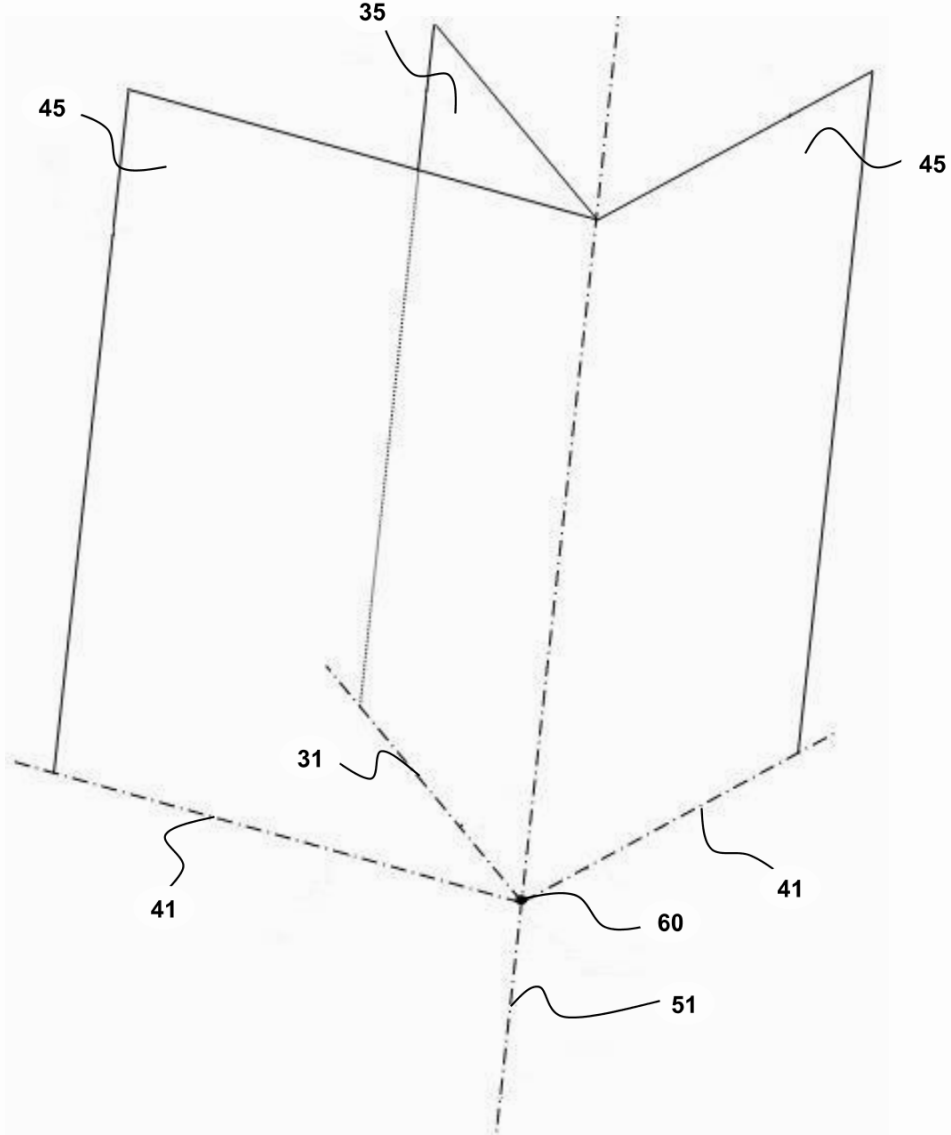
düzlemin kaideye (20) göre açısı yan bacak düzlemlerinin (45) konumlarına göre belirlenen uç eleman ekseninin (51) konumu uyarınca belirlenir.

5 Şekil 3'te manipülatörün (10) ön görünümü ve Şekil 4'te manipülatörün (10) YZ düzlemindeki yan görünümü gösterilmiştir. Şekil 3a'da yan motorlar (43) ile yan bacakların (40) uygun şekilde dönüşü sağlanarak uç eleman ekseninin (51) XZ düzleminde dönme merkezi (60) etrafında A'dan B'ye ve Şekil 3c'de ise yine XZ düzleminde dönme merkezi (60) etrafında A'dan C'ye dönüş hareketi gösterilmiştir. Şekil 4a'da ise yan motorlar (43) ile yan bacakların (40) uygun şekilde dönüşü 10 sağlanarak uç eleman ekseninin (51) YZ düzleminde dönme merkezi (60) etrafında A'dan D'ye ve Şekil 4c'de ise yine YZ düzleminde dönme merkezi (60) etrafında A'dan F'ye dönüş hareketi gösterilmiştir. Şekillere bakılarak uç elemanın (50) sağa-sola dönüşlerinin yalnızca XZ ve YZ düzlemlerinde olduğu yanılığısına düşülmemelidir. Uç eleman eksenini (51) dönme merkezinden (60) geçmek kaydıyla yan motorların (43) 15 dönüşleri uyarınca herhangi bir yönelime sahip olabilir.

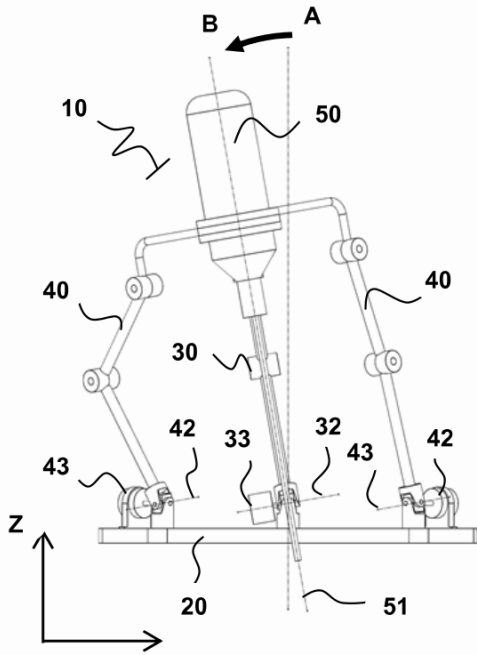
Uç elemanın (50) uç eleman eksenini (51) boyunca öteleme hareketi ise orta motorun (33) aktif mafsal eksenini 2 (32) etrafındaki dönüşü ile sağlanır. Şekil 5a ve 5b'de orta motor (33) ile orta bacağın (30) uygun şekilde hareketi sağlanarak uç eleman ekseninin 20 (51) YZ düzleminde herhangi bir dönme hareketi olmaksızın dönme merkezinden (60) geçerek öteleme hareketi gösterilmiştir. Uç elemanın (50) öteleme hareketi, yan motorlar (43) ile tayin edilen herhangi bir uç eleman eksenini (51) yönelimi boyunca gerçekleştirilebilir.



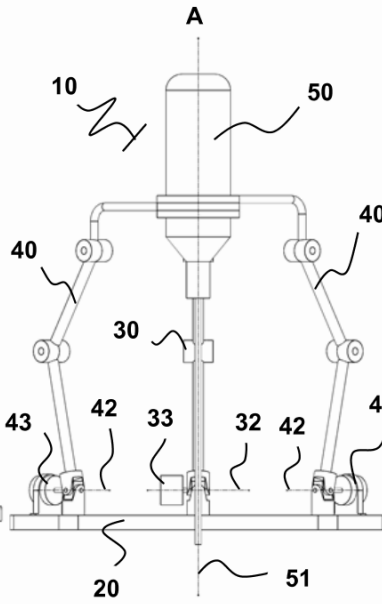
Şekil - 1



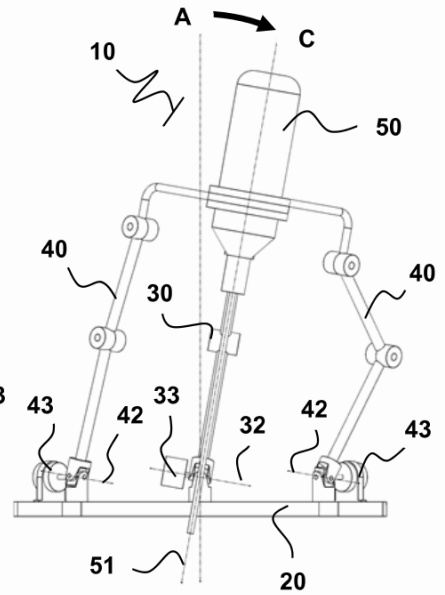
Şekil – 2



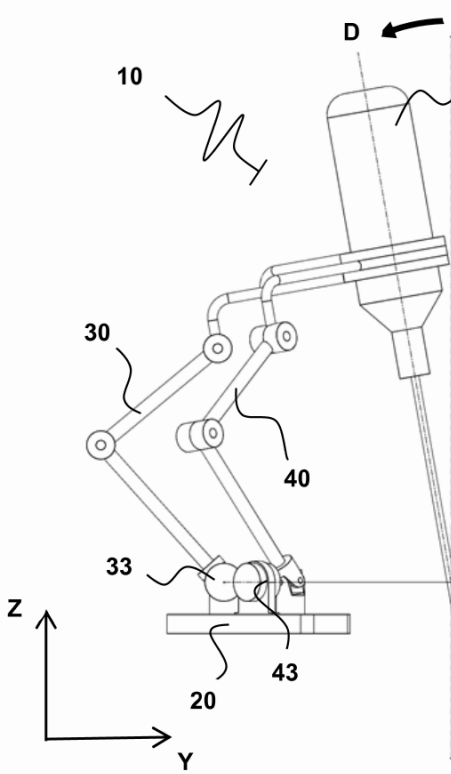
Şekil - 3a



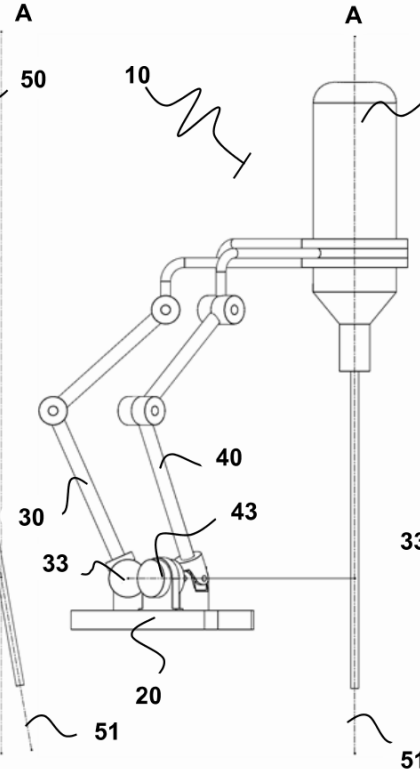
Şekil - 3b



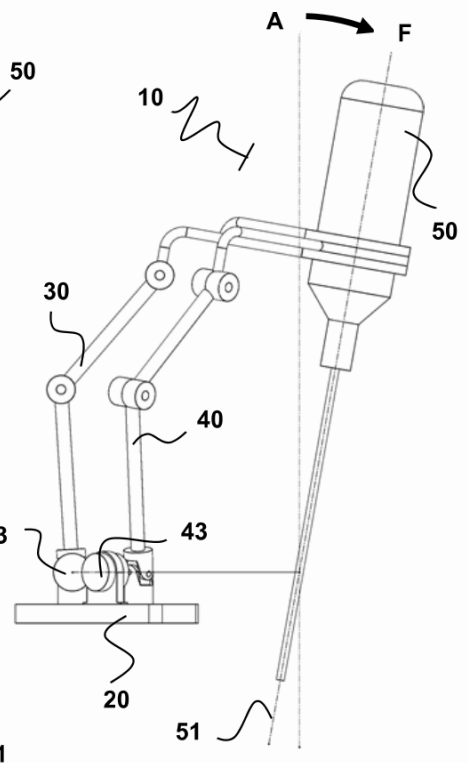
Şekil - 3c



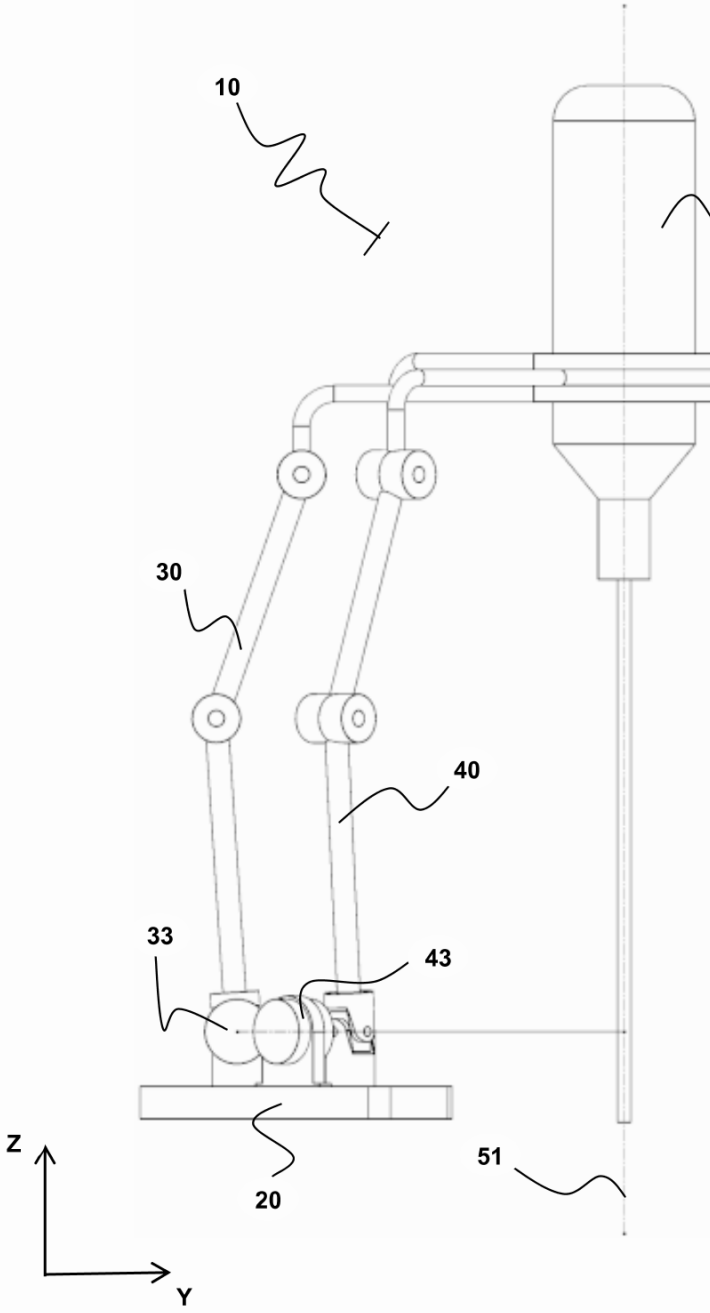
Şekil - 4a



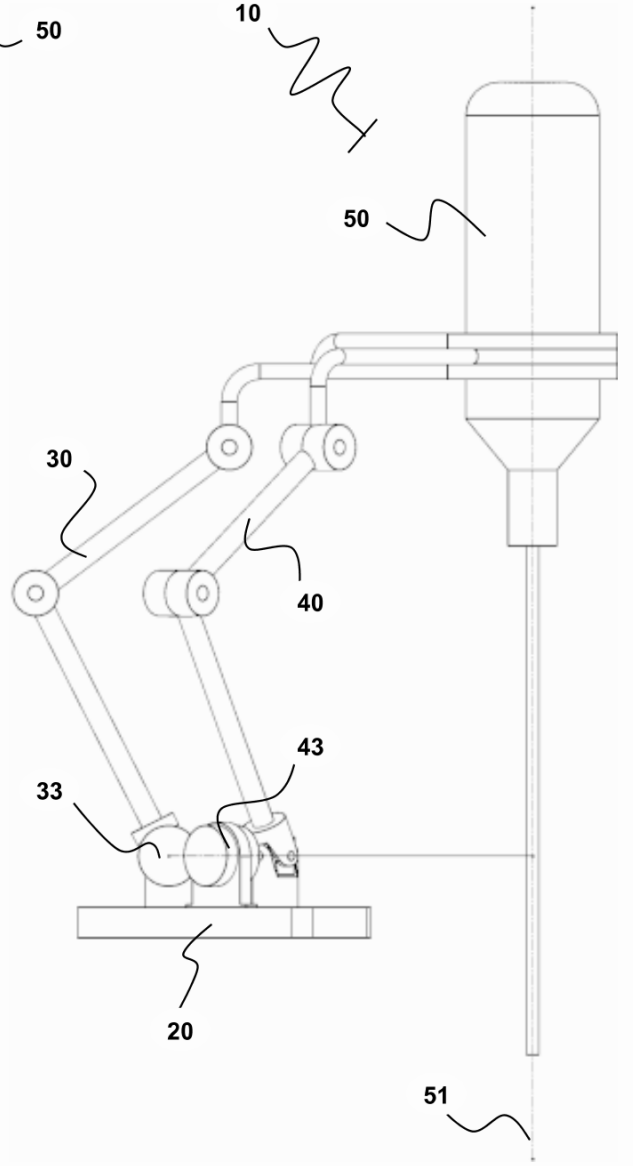
Şekil - 4b



Şekil - 4c



Şekil - 5a



Şekil - 5b