MEKATRONİK
STRATEJİ RAPORU

VİZYON 2023 PROJESİ
MEKATRONİK
STRATEJİ GRUBU

Ağustos 2004
ANKARA

Mekatronik Strateji Grubu Üyeleri

Koordinatör:

Prof.Dr. Aydan Erkmen ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü

Jenerik Alanları Alt Grubu Raportörü:

Prof.Dr. Ahmet Kuzucu İTÜ, Makina Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Robotik ve Otomasyon Teknolojileri Alt Grubu Raportörü:

Hakan Altınay Kale Altınay Robotik ve Otomasyon

MEMS ve Sensörler Alt Grubu Raportörü:

Prof.Dr. Tayfun Akın ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü

Üyeler:

Prof.Dr. Abdülkadir Erden Atılım Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü

Prof.Dr. İsmet Erkmen ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü

Yrd.Doç.Dr. Şeniz Ertuğrul İTÜ, Makine Fakültesi

Doç.Dr. Yaşar Gürbüz Sabancı Üniversitesi

Prof.Dr. Levent Güvenç İTÜ, Makina Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

Prof.Dr. Gürkan Karakaş ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, Kimya Müh. Bölümü

Prof.Dr. Zafer Ziya Öztürk Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

Yrd.Doç.Dr. Levent Trabzon İTÜ, Makina Fakültesi, Makina Müh. Bölümü

Yrd.Doç.Dr. Hakan Ürey Koç Üniversitesi

Seyit Yıldırım ASELSAN MST Grubu

İçindekiler

1. Giriş....4
2. Jenerik Alanlar....5
   A. Jenerik Şemsiye Alanlarda Durum....7
   B. Mekatronik ve Jenerik Alanlar Yol Haritası....14
3. Robotik ve Otomasyon Teknolojileri....18
   3.1. Amaç....18
   3.2. Robotik Alanının Tanımı....18
   3.3. Türkiye İçin Önemi....18
   3.4. Kazanılması Gereken Yetkinlikler....19
   3.5. Yetkinliğin Türkiye'ye Getirileri....19
4. MEMS, NEMS ve Duyargalar....21
   4.1. MEMS Teknolojisinin Uygulama Alanları....21
   4.2. Vizyon 2023 MEMS ve Duyargalar Yol Haritası....24
5. Finansman ve Mali Politikalar....26
   5.1. Temel İlkeler....26
   5.2. Araştırma-Geliştirme Harcamalarının Planlanması....27
   5.3. Mekatronik Alanında Yapılacak Yatırımlar....29
6. Yasal ve Düzenleyici Politikalar....30
7. Ulusal Programlar....31
8. Güdümlü Projeler....31
9. Kamu Tedarik Programları....32

Ekler

Ek 1: Mekatronik Alanı İçin Hedef Teknolojik Aşama ve Gelişmelerin Açıklamaları
Ek 2: Mekatronik ve Jenerik Alanlar Yol Haritası
Ek 3: Robotik Yol Haritası
Ek 4: MEMS ve Duyargalar Yol Haritası

1. Giriş

İlerleyen bilim ve teknoloji düzeyi ve buna paralel olarak gelişen ve değişen dünya pazarları, endüstriyel ürünlerde nitelikleri açısından ve işlevsel olarak önemli değişimlere neden olmuştur. Hızla gelişen teknoloji ve sürekli değişen pazar koşulları daha ekonomik ve kaliteli ürünler isterken, bunlara ek olarak müşteriler de sürekli olarak daha esnek ve çok işlevli ürünler istemektedir. Hızla değişen müşteri istekleri ve yoğun rekabet sonucu ürünlerin teknolojik ömürleri çok kısalmıştır. Bu koşullar karşısında geleneksel tasarım ve imalat teknolojileri yetersiz kalmış, bu talepleri karşılayabilecek yeni kavram ve yöntemler gelişmiştir. Bunlardan birisi de **mekatronik mühendisliği** kavramıdır. Mekatronik, çok disiplinli ve disiplinlerarası konuları kapsayan bir mühendislik felsefesi ve mühendislik uygulamalarına tümleşik bir yaklaşımdır; mekatronik mühendisliği, makina mühendisliği, elektrik / elektronik mühendisliği ve bilgisayar teknolojisinin eşamaçlı ve tümleşik bir yapıda uygulamasıdır.

Çağdaş mekatronik teknolojisi ürünleri, bir veya birkaç mikroişlemci çevresinde yerleştirilen duyucular (sensörler), eyleyiciler (motor sistemler), ve tüm sistem veya makinayı merkezi veya dağınık yapıda denetleyebilen bilgisayar programlarından oluşmaktadır. Bu tanıma uygun sistem ve makinalar kendisine tanımlanan çevreyi gözlemlemekte, çevredeki değişimleri algılamakta ve algıladığı bilgileri yorumlayarak gerekli motor sistemler yardımı ile çevresini değiştirebilmektedir. Mekatronik makinalar mekanik işlevsellik ile tümleşik algoritmik denetimi beraberce içeren ürün ve sistemlerdir. Gelişmiş mekatronik ürünler basit makinalar yerine çevrelerini değiştirebilen bilgisayar sistemlerine dönüşmüştür; doğal olarak bu yapıdaki makina ve sistemler akıllı davranışlar göstermektedir. Mekatronik ürünlerde yer alan yazılımlar genellikle yapay zeka tekniklerini kullanmakta ve böylece mekatronik tasarım ürünleri, basit işlevsel makinalar yerine, çeşitli koşullara uyum sağlayabilen yetenekli sistemlere dönüşmektedir.

Mekatronik sistemler, Türkiye'nin uluslararası pazarlarda giderek daha etkin hale geldiği birçok teknoloji alanı ve sanayi sektörü için önemli bir girdi oluşturmaktadır. Otomotiv, beyaz eşya ve elektirkli ev aletleri, akıllı bina ve ev otomasyonu, gıda, sağlık, sivil ve askeri hizmet sektörleri, MEMS ve sensör teknolojileri örnek olarak gösterilebilir. Geniş bir ürün ve üretim yelpazesine hizmet eden mekatronik alanına, örneğin, otomotiv sektörü penceresinden bakalım: Ülkemiz için lokomotif sektörlerden biri olan otomotiv sektörü montaj sanayiinden özgün tasarım üreten bir konuma geçiş yapmakta; Türkiye uluslararası otomotiv şirketlerinin imalat üssü haline gelmektedir. Bu konumun sürdürülebilirliği, ancak, özgün ve yüksek teknolojili ürün ve bileşenleri ülkemizde geliştirip üretebilmekle mümkün olacaktır. Yol taşıtları giderek elektrik motoru aktüatörleri ve değişik sensörlerle donanan bir çok elektronik kontrol ünitesinin bir ağ yapısı içinde çalıştığı, aktif güvenlik, konfor ve eğlence/iletişim niteliklerinin ön plana çıktığı birimlere dönüşmektedir. Bu durum yakın gelecekte taşıtlar arası iletişim ve daha uzak gelecekte ise taşıt-yol iletişimi ile desteklenecek; navigasyon ve aktif güvenlik sistemlerinde uydu sinyallerinden azami oranda yararlanılacaktır. Bu teknolojik gelişmeler mühendisler açısından farklı disiplinlerin sinerjik biçimde ortak çalışmasını gerektiren mekatronik yaklaşımını gerektirmekte; tam anlamıyla mekatronik yol taşıtına doğru bir geçiş yaşanmaktadır. Aşağıdaki kutuda geleceğin yol taşıtı ile ilgili bir öngörü görülmektedir. Yol taşıtının şu andaki maliyetinin %30'u mekatronik tarzı alt bileşenlerden, onların kontrolcülerinden ve yazılımından oluşmakta ve bu oranın giderek artacağı net bir şekilde görülmektedir.

Geleceğin Yol Taşıtı

Aktif güvnlik ve konfor sistemleriyle desteklenmiş, olabildiğince otonom, multimedya-eğlence-iletişim merkezi haline gelmiş, sürücü ile sesli ve görsel iletişim içinde, çevre dostu bir araç

Günümüzde adaptif seyir kontrolü (ACC – Adaptive Cruise Control) ve çarpışma uyarı (collision warning) sistemleri piyasadaki bazı taşıtlarda mevcuttur. Henüz kullanıcılara sunulmamış olmasına rağmen otonom olarak yol takip eden araç konvoylarıyla ilgili deneysel çalışmalar bir süredir test yollarında yüksek seviyede başarıyla yapılmaktadır. Taşıtlar arası iletişim, taşıt yol iletişimi gibi konularda başarılı çalışmalar vardır. Avrupa'da navigasyon sistemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Şu anda test seviyesinde başarıyla kullanılan otomatik şerit takibi sistemleri de kullanıma hazır sistemlerdir. Aslında önerilen hedef ile ilgili bir çok ön çalışma yapılmış ve gerekli çözümler bulunmuş olmasına rağmen olabildiğince otonom araçların ülkeler genelinde trafiğe çıkması uzun vadeli bir hedeftir ve dünya otomotiv sektörü bu yönde ilerlemektedir. Türkiye'nin stratejik hedeflerinden birisinin 2023 yılında bu alanda yüksek teknoloji geliştirme ve uygulama açısından ilk beş ülke arasında yer almak olması gereklidir.

Önerilen hedefteki yol taşıtı tamamen drive-by-wire teknolojisini kullanacak ve çok yüksek sayıda sensör ve aktüatöre sahip olacaktır. Kullandığı elektronik kontrol üniteleri birbirleriyle ağ yapısı içinde yüksek hızda haberleşecek ve hataya dayanıklı operasyon için optimize edilmiş olacaklardır. Sürücüyü ve sürücünün durumunu ses ve görüntü yardımıyla otomatik olarak tanıyacak ve istendiğinde ya da gerektiğinde taşıtı otonom olarak istenilen son noktaya götürebilecektir. Aktif güvenlik sistemleri sürekli olarak devrede olup sürücü ve yolcuların güvenliğini ve konforunu sağlayacaklardır. Bu nedenle taşıtlar arası ve yol taşıt arası iletişim de kullanılacaktır. Bu yapıda sürücü ara birimi tamamen değişecek, taşıttaki kişilerden herhangi biri sürücülük görevini sesli ve görsel komutlarla üstlenebilecektir. Yola aniden bir nesne çıkması gibi beklenmedik durumlarda aktif güvenlik sistemi güvenli sürüş kontrolünü otomatik olarak gerçekleştirecektir. Çevre duyarlılığı ve bununla ilgili direktiflere uyum için geleceğin yol taşıtı hibrid ya da tamamen yakıt pili kullanan bir yapıda olacaktır. Geleceğin yol taşıtı hızlı internet erişimini, hızlı ve yüksek çözünürlüklü televizyon programlarını, diğer taşıtlardaki kişilerle video konferans özelliklerini destekleyecektir. İstenildiğine takip edilmesi planlanan güzergahla ilgili o andaki yol durumu bilgisini aktarabilecek ve alternatif rotalar planlayabilecektir. Bu paragrafta anlatılanlar bir gelecek öngörüsü olup tamamen düşünüldüğü şekilde gerçekleşmeyebilir. Fakat ana hatlarıyla bu yönde bir teknolojik ilerleme olacağı beklenmektedir.

"Institute of Electrical Electronics Engineering (IEEE) Robotics and Automation Society"nin yaptığı stratejik yol haritası çalışmalarında, 2015 yılına kadar mekatronik sistemlerin insanla olan etkileşimi artırarak gelişeceği; 2015'li yıllardan sonra ise "insana entegre olarak çalışacak mekatronik sistemlere", diğer bir deyişle **biyomekatronik sistemlere** dönüşeceği *(geliştirilen yeni biyoteknolojilerin mekatronik tümleşik yapısında yerini alacağı)* öngörülmektedir. Avrupa Birliği 6. Çerçeve "Future and Emerging Technologies White Paper"da ve geliştirilmekte olan 7. Çerçeve "Future and Emerging Technologies Green Paper" taslağında yer alan gelecek on yıllık teknolojik araştırma ve inovasyon stratejilerinde, "insan etkileşimli, bilgisayar gömülü veya yokolan bilgisayarlı ortamlardan başlayarak giderek insana entegre olmuş" ürünlere doğru biyorobot, biyootomasyon ve biyoçip gibi alt ürün yelpazesi içeren yüksek katma değerli ürün ve süreçler tasarlamaya ve imal etmeye odaklı güdümlü projelere destek verilmesi gündemdedir.

Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü çalışması Türkiye'nin 2023 yılı vizyonunu, ileri teknoloji geliştiren ve dünyaya ihraç edebilen bir ülke olması şeklinde belirlemiştir. Bu vizyona erişmede stratejik öneme sahip olduğu saptanan alanlardan biri olan **Mekatronik** alanındaki **Strateji Grubu** da, yapılan öngörü çalışmaları paralelinde, Türkiye'nin 2023 mekatronik vizyonunu ve bu vizyona ulaşmadaki kilometre taşlarını aşağıdaki gibi belirlemiştir.

2023 Vizyonu (Stratejik Amaç)

İnsanla bütünleşik mekatronik sistemlerin üreticisi ve ihracatçısı olmak

Kilometre Taşları

- Alanda öncü ülkelerin düzeyini yakalamak üzere, her boyutta (makro, mikro, nano) çekirdek teknolojilerin geliştirilmesi (2008). [*Yetkinlik kazanılması gereken çekirdek teknolojiler: sensörler, aktüatörler, MEMS, akıllı denetim yöntemleri, yazılım mimarileri, arayüz teknolojileri, robotik ve otomasyon teknolojileri*]
- Çekirdek teknolojiler kullanılarak yurtiçinde geliştirilmiş aygıt ve sistemlerin en az % 20'sinin sınai uygulamaya geçmesi (2013).
- İnsanla bütünleşik sistemler için çekirdek teknolojilerin geliştirilmesi (2018). [*Yetkinlik kazanılması gereken çekirdek teknolojiler: biyosensör, biyoaktüatör, biyoMEMS, biyolojik tabanlı denetim yöntem ve teknolojileri, biyoarayüz teknolojileri, biyorobotik ve biyootomasyon teknolojileri*]
- Bu çekirdek teknolojileri içeren sistemleri sınai geliştirme ve üretime yansıtıp, insanla bütünleşik mekatronik sistemlerin üreticisi ve ihracatçısı olmak (2023)

Mekatronik Strateji Grubu, öngördüğü vizyonun hayata geçmesini sağlayacak teknolojik yetkinlikleri

1. Jenerik Alanlar
2. Robotik ve Otomasyon Teknolojileri
3. MEMS, NEMS ve duyargalar

başlıkları altında incelemiş ve bunlarla ilgili yol haritalarını oluşturmuştur. Raporda ayrıca, bu yetkinliklere erişmek için uygulanması gerekli görülen mali ve yasal politikalar ve çeşitli program önerileri de yer almaktadır.

2. Jenerik Alanlar

Bu alanlar, ilgili temel bilimler (Fizik, Kimya, Biyoloji) ve mühendislik temel bilimleri (Malzeme, Enerji, Akışkanlar Mekaniği, Elektronik vb..) yanında mekatroniğin her alt alanında ve uygulamasında kaçınılmaz biçimde yer alacak temel tasarım alt yapısını oluşturan alanlardır. Bu alanların önemi, yalnızca Mekatronik alanında değil, çeşitli panellerce oluşturulan ve Delfi anketinde sorgulanan bir çok "Teknolojik Faaliyet Aşaması" için de vurgulanmıştır.

Jenerik(yeni yöntem üretici) Alanların belirleyici özelliği "uygulamaya özgü yeni kavram ve yöntem üretilmesi için gerekli temel mühendislik bilgilerinin oluşturulması"dır. Mekatronik

alanında Makina – Malzeme, Savunma, Sağlık – Cihaz, ve Kimya panellerince belirlenmiş teknolojik faaliyet aşamalarında öne çıkan Jenerik alanlar ve katkıda bulundukları Dxx kodlu "Öngörülen Teknolojik Aşama" sayıları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Jenerik Alan	**Doğrudan Etkilediği "Öngörülen Teknolojik Gelişme" sayısı**
A1: Temel Kontrol Teknolojileri	**45**
A2: Tasarım Teknolojileri	**57**
A3: Kinematik ve Dinamik	**33**
A4: Titreşim – Akustik	**23**
A5: Mikro Mekanik	**55**
A6: Bilgi İletişim Teknolojileri	**59**
A7: Bilgi İşlem Teknolojileri	**59**
A8: Mikro elektronik	**59**
A9: Gömülü Yazılım Teknolojileri	**53**
A10: Yapay Sinir Ağları, Yapay Zeka	**37**

Tablo 1: Jenerik Alanlar ve doğrudan etkiledikleri "Öngörülen Teknolojik Gelişme" sayıları

A. Jenerik Şemsiye Alanlarda Durum

A.1. Temel Kontrol Teknolojileri

- **Önemi:** Yüksek maliyetli ağır sanayi makinaları ve yatırım mallarından (iş makinaları, vinçler üretim tezgahları vb..) üretim robotlarına, Otomotiv ürünlerinden beyaz eşya sanayii ürünlerine, sağlık cihazlarından savunma sistemlerine, enerji yönetim sistemlerinden bina ısıtma – havalandırma sistemlerine, kısacası akla gelebilecek her sistemde temel kontrol teknolojileri uygulanmaktadır. Günümüzde herhangi bir ürünün gerek maliyeti, gerekse pazarlama gücü, üretiminde veya işlevlerinde kullanılan kontrol teknolojileri düzeyi ile doğrudan ilişkilidir.
- **Durum:** Klasik (sürekli, doğrusal) ve daha yeni (bulanık mantık, yapay sinir ağı, adaptif, kendi kendini ayarlayan vb..) kontrol yöntemleri özellikle Yüksek Lisans eğitimine büyük gecikmeler olmaksızın yansımaktadır. Ülkemizde bu konuda kuramsal ve uygulamalı araştırma yapanlar uluslararası katkılarda bulunabilmektedir.
- **Sorun:** Ancak sınai uygulamalarda iki önemli darboğazla karşılaşılmaktadır:
  - **a-** Eğitim içeriği, uluslararası bileşen pazarındaki bileşenlerde kullanılan sayısal teknolojinin gerisinde kalmaktadır.
  - **b-** Kontrol sistemlerinin tasarımının sınai uygulama sisteminin tasarımı ve imalinden sonra değil, fakat, Kontrollu Sistem Dinamiğinin gerçeğe yakın Modelleme ve Benzetim (simülasyon) yöntemleri ile analizi ile **uygulama sistemi ile birlikte geliştirilmesi** gerektiği göz ardı edilmektedir.

- **<u>Çözüm:</u>** Temel Kontrol Teknolojilerinden beklenen gelişmenin gerçekleşebilmesi için şu çözümler benimsenmelidir:

  a- **Eğitim:** Mühendislik Fakültelerinde bu konudaki zorunlu Lisans dersi sayısı biri kuramsal ve benzetim ağırlıklı, biri de laboratuar ve uygulama ağırlıklı iki derse çıkarılmalıdır. Ders içeriklerinde sayısal yöntemlerin ağırlığı artırılmalıdır.

  Lisans düzeyinde yeni Mekatronik Programlarının, Kontrol Sistemleri ve Mekatronik ile ilgili Yüksek Lisans programlarının açılması teşvik edilmeli, açılan program ve bölümlere amaca uygun çağdaş sistem geliştirme donanımını içeren uygulama Laboratuarları kurulmalıdır.

  Sanayide çalışmakta olan uygulamacı mühendislerle eğitim kurumlarının ikili etkileşim ve işbirliği içinde bulunmaları, böylece eğiticilerin en son teknoloji ve ürünlerden, uygulamacıların da en son yöntemlerden haberdar olmaları sağlanmalıdır.

  b- **Araştırma – Geliştirme çalışmaları:** Sınai uygulama ve ürün – prototip geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmelidir.

A.2. Tasarım Teknolojileri

- **<u>Önemi:</u>** Çağdaş teknolojik gelişmeler son ürün kadar son ürünün geçireceği imalat süreçlerini de etkilemekte, gerek işlevsellik, gerekse doğrudan insan girişimi olmadan üretim, montaj, kalite kontrolu, paketleme ve stoklama aşamaları, sistem ve ürün boyutlarının giderek küçülerek modüler nitelik kazanması, tasarım ilkelerinde hızlı bir değişime yol açmaktadır. Mikro elektronik, MEMS ürünlerinde "Hızlı Prototip", "Sensör ve sistem paketleme" yöntemleri sistem ve ürün tasarımının bu teknolojilerin de uygulanması yönünde gelişmesini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, yukarıda da belirtildiği gibi sistem yapısı ve davranışının imalat öncesi öngörülmesi gerekmekte, Modelleme ve Benzetim, Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE), Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Üretim (CAM) tasarım teknolojilerinin vazgeçilemez araçları haline gelmektedir. Bu teknolojiler, Tasarım Sistematiğini dolayısı ile ürünün uluslararası pazarlama gücünü ve maliyetini doğrudan etkilemektedir.

- **<u>Durum:</u>** CAD ve CAE Paket programlarının ülke içinde kullanımının yaygınlaşmasına rağmen Tasarım Teknolojilerindeki sistematik gelişmelerin ne eğitime ne de sınai uygulamalara yeterince yansıdığını söylemek mümkün değildir. Yüksek öğretim kurumlarıımızın genelinde, hatta Teknik Üniversitelerimizde bile "Konstrüksiyon ve Sistematik Tasarım" alanının giderek zayıflamakta olduğu gözlenmektedir. Mekatronik gibi "çok disiplinli" uygulama alanlarında tasarımcının ilgili disiplinler hakkında yeterli ön bilgisi olması ve bu bilgileri "Sistematik tasarım" ilkeleri doğrultusunda kullanabilmesi gerekmektedir.

- **<u>Sorun:</u>** Yeni ve özgün tasarım üretme potansiyeli giderek zayıflamakta, gerek üretici, gerekse son kullanıcı yurt dışı kaynaklı hazır ancak genellikle eski ve rekabet gücünü kaybetmiş tasarımlara yönelmektedir. Özellikle "Mekatronik Tasarım" konusu en kısa zamanda geliştirilmelidir.

- **<u>Çözüm:</u>**

  a- **Eğitim:** Tüm Makina ve İmalat Mühendisliği programları ile birlikte yeni açılacak "Mekatronik Mühendisliği" programlarında "Mekatronik Tasarım" ve "Sistematik Konstrüksiyon" dersleri, uygulamaları ve projesi olan zorunlu

dersler niteliğinde açılmalıdır. Aynı dersler bu konu ile ilgili yüksek lisans programlarında da daha ileri düzeyde açılmalıdır.

Nitelikli insan gücü gereksinimini karşılamak için Devlet Yurt Dışı Burs Programlarında bu konuya öncelik verilmelidir.

b- **Araştırma – Geliştirme çalışmaları:** Sınai uygulama ve ürün – prototip geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmelidir.

c- **Sanayi Firmalarının Teknoloji Güncelleştirme Projeleri: "**Mekatronik Tasarım" ve "Sistematik Konstrüksiyon" konularında özel sektör firmalarının kendi elemanlarını geliştirmek üzere gerçekleştirecekleri "yurt dışı eğitim" harcamaları teşvik edilmeli ve desteklenmelidir.

A.3. Kinematik ve Dinamik

- **Önemi:** Robotlar, Mikro-robotlar, biyomimetik robotlar gibi çok eklemli hareket sistemleri, yapay uzuvlar, fizik tedavi aygıtları, hızlı tarama, görüntüleme, non-invasiv teşhis ve tedavi aygıtları, savunma platformları gibi ileri teknoloji uygulamaları yanında dokuma makinaları, sac ve şerit malzeme kesme-şekil verme makinaları gibi üretim sistemleri, bu sistemlerin hafifleştirilerek daha hızlı çalışmalarının temini gibi konularda klasik kinematik ve dinamik ilkeleri ileri teknoloji ürünü algılayıcı ve eyleyicilerle(actuators) çok yeni uygulamalara yol açmaktadır. Boyutların küçülmesi sistem davranışını belirleyen temel etkenlerin değişmesine yol açmaktadır. Özellikle Mekatronik alanında akıllıca belirlenmiş bir kinematik yapı ve özenle incelenerek iyileştirilmiş dinamik davranış, uygulama ve ürünün başarımını doğrudan etkilemektedir. Daha hafif, daha hızlı, daha ucuz ürün geliştirirken sistem kinematiği ve dinamiği göz ardı edilemez.
- **Durum:** Eğitim Sistemimizde bu alanların kuramsal temellerinin güçlü biçimde işlenmesi ve verilmesine karşın sınai uygulama bilgi ve deneyiminin çok zayıf olduğu gözlenmektedir. "Mekanizma Tekniği" konusu, "Konstrüksiyon" konusu gibi giderek zayıflamaktadır. Halbuki Avrupada İtalya, İsviçre ve Çekoslovakya gibi ülkeler, Uzak Doğuda Japonya, Güney Kore ve Çin mekanik hareket iletimi, kinematik ve dinamiğe giderek daha çok önem vermektedirler. İtalya robotlar, kam mekanizmaları ve paketleme makinalarında, İsviçre Dokuma makinalarında, Çekoslovakya hızlı sürekli sac kesme makinalarında diğer ülkeler de kendi seçtikleri "mükemmeliyet"alanlarında, kinematik ve dinamiğin"akıllı mekanizmalar"a uygulanmasına büyük önem vermektedirler.
- **Sorun:** Yeni ve özgün tasarım üretme potansiyeli giderek zayıflamakta, gerek üretici, gerekse son kullanıcı yurt dışı kaynaklı hazır ancak genellikle eski ve rekabet gücünü kaybetmiş tasarımlara yönelmektedir. Yurt içinde kolayca gerçekleştirilebilecek ve ihraç edilebilecek ürünler sistem kinematik yapısı ve dinamiği hakkında temel ilkelerin çok iyi bilinmesine rağmen pratik uygulama deneyiminin kaybedilmiş olması nedeniyle ithal edilmektedir. Endüstriyel Robotik alanı bir istisna olmasına rağmen üretim potansiyeli ile uyumlu biçimde gelişmemiştir.
- **Çözüm:**

  a- **Eğitim:** Teknik Üniversitelerimizde Mekanizmalar, Kinematik ve Dinamik Uygulama Merkezleri kurulmalı, bu konulardaki eğitim uygulama örnekleri temel alınarak düzenlenmelidir.

Sanayide çalışmakta olan uygulamacı mühendislerle eğitim kurumlarının ikili etkileşim ve işbirliği içinde bulunmaları, böylece eğiticilerin en son teknoloji ve ürünlerden, uygulamacıların da en son yöntemlerden haberdar olmaları sağlanmalıdır.

b- Araştırma – Geliştirme çalışmaları: Sınai uygulama ve ürün – prototip geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmelidir.

Sanayi kuruluşlarının katılımı ve uluslararası proje desteği sağlanarak TÜBİTAK – Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ortaklığı ile Sanayi ve Hizmet sektörlerinin yeni sistem geliştirme çalışmalarına destek verecek "Ulusal Robotik Araştırmalar Merkezi" kurulmalıdır.

A.4. Titreşim – Akustik

- **Önemi:** Titreşim – Akustik alanı dört önemli uygulamada öne çıkmaktadır:
  - **Konfor koşullarının sağlanması:** Öncelikle Otomotiv ve Beyaz eşya sektörlerinde gürültü seviyesinin düşürülmesi, tüm hareketli makinalarda titreşim ve gürültü izolasyonu, aktif ve pasif süspansiyon sistemleri, deprem izolasyon sistemleri, salon akustiği, iş yeri ve çalışma alanları akustiği.
  - **Arıza öngörme ve bakım programlaması:** Tüm hareketli makinalarda titreşim en önemli arıza kaynağı olduğu gibi oluşabilecek arızaların kaynağını belirlemekte de en etkin ölçüm yöntemlerine yol açmaktadır.
  - **Titreşim temelli ölçme aygıtları:** Özellikle ses-üstü teşhis, görüntüleme, tedavi yöntemleri, orta – yüksek frekans kalınlık ölçme sistemleri, sonar cihazları
  - **Titreşim temelli eyleyiciler:** Titreşim kaynakları (shakers), Titreşimli parça besleme aygıtları ve elekler, titreşimli kesiciler, ses-üstü parçalayıcılar (çevre), ses-üstü emülsiyon aygıtları (gıda teknolojisi), yüksek frekans titreşimli mikro ve nano hareket üreteçleri, yüksek hızlı mikromotorlar vb..

  Titreşim ve akustik özellikle ölçme ve eyleyici teknolojisinde önemli bir ileri teknoloji alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Mekatronik sistemlerde çok geniş uygulama potansiyeli vardır.
- **Durum:** Eğitim Sistemimizde bu alanların kuramsal temellerinin güçlü biçimde işlenmesine karşın sınai uygulama bilgi ve deneyiminin çok zayıf olduğu gözlenmektedir. Bu alandaki tüm teknoloji ve aygıtlar yurt dışından ithal edilmektedir.
- **Sorun:** Eğitim içeriği, uluslararası bileşen pazarındaki bileşenlerin ve teknolojinin gerisinde kalmakta, bu alanda yeni sistem ve tasarım geliştirme için sanayi ve araştırma kurumları arasında işbirliği sağlanamamaktadır.
- **Çözüm:** Titreşim ve Akustik Teknolojilerinden uluslararası rekabet gücü olabilecek gelişmelerin gelişmenin gerçekleşebilmesi için şu çözümler benimsenmelidir:

  a- Eğitim: Mühendislik Fakültelerinde bu konudaki eğitim laboratuar ve uygulama ağırlıklı yürütülmeli, amaca uygun çağdaş sistem geliştirme donanımını içeren uygulama Laboratuarları kurulmalıdır.

  Sanayide çalışmakta olan uygulamacı mühendislerle eğitim kurumlarının ikili etkileşim ve işbirliği içinde bulunmaları, böylece eğiticilerin en son teknoloji ve ürünlerden, uygulamacıların da en son yöntemlerden haberdar olmaları sağlanmalıdır.

b- **Araştırma – Geliştirme çalışmaları:** Bu alanda Sınai uygulama ve ürün – prototip geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmelidir.

A.5. Mikro Mekanik (Mikro Teknik)

- **Önemi:** Küçük boyutlu Mekatronik Sistemler ve MEMS aygıtlarının mekanik tasarım gerektiren bölümleri klasik boyutlandırma ve dinamik davranış analizi yöntemlerine göre tasarlanamazlar. Bu cihazların imalat teknolojileri de klasik mekanik imalat yöntemlerinden farklıdır. Saat teknolojisi ile doğan ve gelişen bu teknolojik alan mikro boyutlarda eyleyiciler, elektriksel ve elektromekanik bileşenler ve nihayet gömülü yazılım içeren mikro-çip teknolojisinin de uygulanması ile ölçme ve kontrol aygıtlarının temeli haline gelmiştir. Hedef izleyiciler, yönlendiriciler, basınç ölçerler, pnömatik kontrol aygıtları, hassas tıbbi cihazlar, mikro robotlar ve mini – mikro boyuttaki tüm aygıtlar Mikro Mekanik Tasarım ilkelerine göre tasarlanmaktadır. Bu alanın öncüleri olan İsviçre ve Japonya ve Taiwan'dan sonra Güney Kore ve Finlandiya da bu alanda hızla gelişen ülkelerdir. Özellikle savunma amaçlı algılama ve izleme teknolojileri ile sağlık sektörü için (mikro pompalar) ve endüstriyel kalite kontrol için stratejik nitelik taşıyan bir teknolojik alandır.
- **Durum:** Yirmi yıl öncesine kadar Mühendislik eğitim içeriğinde yer alan "Hassas Cihaz Tekniği" konusu bu alanda gelişebilecek iken maalesef terkedilmiş durumdadır. Ülkemizde halen bu alanda ne sistemli bir eğitim verilmekte ne de sınai uygulama örneği bulunmaktadır.
- **Sorun:** Bu alanda yetişmiş iş gücü yoktur. Bu teknolojinin kullanıldığı tüm aygıtlar ve kullanma becerileri yurt dışına bağımlıdır.
- **Çözüm:**

  a- **Eğitim:** Lisans ve Yüksek lisans düzeyinde açılacak yeni Mekatronik Programlarında zorunlu, Makina Mühendisliği lisans ve yüksek lisans programlarında seçmeli kol dersi olarak eğitim sistemine katılmalıdır.

  Nitelikli insan gücü gereksinimini karşılamak için Devlet Yurt Dışı Burs Programlarında bu konuya öncelik verilmelidir.

  Başlangıç aşamasında yurt dışından getirilecek uzmanlarca ders verilmesi sağlanmalıdır.

  b- **Araştırma – Geliştirme çalışmaları:** Bu alandaki sınai yatırım, uygulama ve ürün – prototip geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmelidir.

A.6. Bilgi İletişim Teknolojileri

- **Önemi:** Bilgi İletişim Teknolojileri bu konu ile ilgili Strateji grubu raporunda ayrıntılı biçimde belirtilmiştir. Mekatronik ve özellikle Robotik alanına katkıları açısından bilgi iletişim teknolojilerinden öncelikle beklenenler şunlardır:
  - İnsan – Sistem Arayüzleri, küçük grafik görüntüleme cihazları ile ilgili teknolojiler
  - Dağılmış algılayıcı sistemleri, algılayıcı bilgilerinin süzülmesi ve yoğaltılması (sensor fusion)
  - Gerçek zamanda kontrol için hızlı, güvenli çok kanallı bilgi iletişimi, şifreleme
  - Uydu temelli yer belirleme ve haberleşme teknolojileri
  - Teleoperasyon, yarı bağımsız operasyonlarla ilgili iletişim teknolojileri, Sanal gerçeklik

- Mekatronik aygıt içi ve mekatronik aygıt ağları için yeni bilgi iletişim standardları

Tüm bu alanlarda gerek bileşen gerekse sistem tasarımı bakımından uluslararası rekabet gücü olan ürün geliştirme çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır. Bu alanlar, katma değeri çok yüksek ve savunma teknolojileri açısından stratejik önemi olan teknolojik alanlardır.

- **Durum:** Bu alandaki çağdaş gelişmeler Lisans ve özellikle Yüksek Lisans eğitimine büyük gecikmeler olmaksızın yansımaktadır. Ülkemizde bu konuda kuramsal ve uygulamalı araştırma yapanlar uluslararası katkılarda bulunabilmektedir. ASELSAN ve HAVELSAN da özgün sistem tasarımları gerçekleştirilebilmektedir.
- **Sorun:** Ülke yetişmiş insan gücünden yeni yöntem ve standard üretme konusunda tam olarak yararlanılamamaktadır. Ürüne yönelik yeni sistem geliştirmesi yapılmamaktadır. Gerek üretici, gerekse son kullanıcı yurt dışı kaynaklı hazır ancak genellikle eski ve rekabet gücünü kaybetmiş tasarımlara yönelmektedir.
- **Çözüm:** Temel Kontrol Teknolojilerinden beklenen gelişmenin gerçekleşebilmesi için şu çözümler benimsenmelidir:

a- **Eğitim:** Lisans ve Yüksek lisans düzeyinde açılacak yeni Mekatronik Programlarında zorunlu ders olarak eğitim sistemine katılmalıdır.

Sanayide çalışmakta olan uygulamacı mühendislerle eğitim kurumlarının ikili etkileşim ve işbirliği içinde bulunmaları, böylece eğiticilerin en son teknoloji ve ürünlerden, uygulamacıların da en son yöntemlerden haberdar olmaları sağlanmalıdır.

b- **Araştırma – Geliştirme çalışmaları:** Sınai uygulama ve ürün – prototip geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmelidir.

A.7. Bilgi İşlem Teknolojileri

- **Önemi:** Bilgi İşlem Teknolojileri bu konu ile ilgili Strateji grubu raporunda ayrıntılı biçimde belirtilmiştir. Mekatronik alanına katkıları öncelikle beklenenler şunlardır:
  - Özellikle doğrusal olmayan adi ve kısmi türevli diferansiyel denklemlerin çözümü için hızlı ve güvenilir sayısal çözüm algoritmaları
  - Ayrık zamanlı modelleme ve benzetim amaçlı üst düzey programlama dilleri, amaca yönelik benzetim paket programları
  - Kullanıcıya uyumlu (user friendly) arayüz (pre-processing, post-processing) yazılımları mikroişlemci programlama yazılımları
  - Gerçek zamanda kontrol için uyumlu çok hızlı ayrık zaman kontrol yazılımları
  - Genetik algoritma temelli, öğrenen, hızlı optimizasyon yazılımları
  - Yapay zeka donanım ve yazılımları

Bu konular da mekatronik ürünlerin başarımını dolayısı ile uluslararası rekabet gücünü artıran konulardır.

- **Durum:** Bu alandaki çağdaş gelişmeler Lisans ve özellikle Yüksek Lisans eğitimine büyük gecikmeler olmaksızın yansımaktadır. Ülkemizde bu konuda kuramsal ve uygulamalı araştırma yapanlar uluslararası katkılarda bulunabilmektedir. Ülkemizin özellikle yazılım alanında büyük bir yetişmiş insan gücü potansiyeli vardır
- **Sorun:** Ancak sınai uygulamalarda iki önemli darboğazla karşılaşılmaktadır:

a- Donanım bileşenleri uluslararası bileşen pazarındaki bileşenlerle kısıtlı kalmaktadır. Yeni ve özgün bileşen geliştirme olanakları yeterli düzeye ulaşmamıştır.

b- Kullanıcılar yurt dışı kaynaklı hazır paket programları ve hazır bilgi işlem donanımlarını tercih etmekte olduğundan iç pazar teknolojik yazılım geliştirme için yeterli düzeyde gelişmemektedir.

- **Çözüm:** Uygulama ve ürün geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmeli, desteklenmelidir.

A.8. Mikroelektronik

- **Önemi:** Bu alanla ilgili açıklamalar ilgili Stratejik Grubunun raporunda mevcuttur. Mikro elektronik alanı teknolojik gelişmenin tümünü derinden etkileyecek niteliktedir. En çok etkileyeceği alan ise "sağlık teçhizat" tan "savunma" ya kadar tüm uygulamaları ile Mekatronik ve özellikle MEMS alanıdır. Özellikle Mekatronik Vizyonu "biyomekatronik" ise mini ve mikro boyutlara küçülecek algılayıcılar(sensörler)la ilgili çevirici ve yükseltici elektroniğinin de tek bütünleşik devrelere indirgenmesi gerekecektir. Bilgi İşlem ve Bilgi İletişim teknolojilerinin etkin biçimde uygulanması da bu işlevleri gerçekleştirecek Enformatik bileşenlerle gerçek dünyadan algılanan bilgiler arasında ara yüz devrelerinin mikro elektronik bileşenlerle gerçekleştirilmesi gerekir. Uluslararası Teknolojik yarışın en hızlı olduğu bu alanda yurt içi yeterlilik mutlaka sağlanmalıdır.
- **Durum:** Bu alandaki çağdaş gelişmeler Lisans ve özellikle Yüksek Lisans eğitimine büyük gecikmeler olmaksızın yansımaktadır. Ancak tamamen uygulamalı nitelikteki bu alanda prototip devre geliştirme konusunda sanayi ihtiyacına cevap verecek Laboratuar ve Geliştirme Merkezi olanakları yeterli boyutta ve yaygın değildir.
- **Sorun:** sınai uygulamalarda iki önemli darboğazla karşılaşılmaktadır:

  a- Donanım bileşenleri uluslararası bileşen pazarındaki bileşenlerle kısıtlı kalmaktadır. Yeni ve özgün bileşen geliştirme olanakları yeterli düzeye ulaşmamıştır.

  b- Potansiyel sınai kullanıcılar bu alanın stratejik önemi ve katkıları hakkında yeterli derecede bilgilendirilmemişlerdir.

- **Çözüm: Sanayi kuruluşlarının katılımı ve uluslararası proje desteği sağlanarak TÜBİTAK – Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ortaklığı ile Sanayi ve Hizmet sektörlerinin yeni sistem geliştirme çalışmalarına destek verecek "Ulusal Mikro Elektronik Araştırmalar Merkezi" kurulmalıdır.**

A.9. Gömülü Yazılım Teknolojileri

- **Önemi:** Mekatronik ve MEMS alanında özellikle eyleyiciler (actuators) kendi ölçme ve kontrol sistemleri ile bütünleşik biçimde imal edilmektedir. Kontrol algoritmaları da geliştirme ve deney sürecinden sonra son ürün içinde gömülü yazılım olarak ürünle beraber sunulmaktadır. Uluslararası bileşen pazarında gerek güvenilirlik gerekse bakım açısından gömülü yazılımlar maliyeti düşürücü ve başarımı artırıcı dolayısı ile rekabet gücünü önemli ölçüde artırıcı niteliktedir. Bu teknoloji, bilgi iletişim, bilgi işlem ve mikro elektronik alanları ile birlikte öncelikle Mekatronik, MEMS ve ilgili tüm uygulamaları etkileyecek niteliktedir. Durum, sorunlar ve çözüm önerileri ilgili Strateji Grupları raporlarında mevcuttur.

A.10. Yapay Sinir Ağları, Yapay Zeka

- **Önemi:** Yapay Sinir Ağları, "öğrenme" ve "genelleme" özelikleri ile tanımlanması güç sebep- sonuç ilişkilerini "deneysel eğitim" sonucu tanımlama olanağı sunmaktadır. Doğadaki "neuro-motor" ve "sensory – motor" etki sistemlerinin incelenmesi ise halen uygulanmakta olan yapay sinir ağı uygulamalarından çok daha basit bilgi işlem yapıları ile çok daha etkin sonuçlar veren yeni kavram ve uygulamalara yol açmaktadır (neural oscillators gibi). Çevre ile etkileşimin "deneyim" niteliğinde Mekatronik sistem işlevlerine yansıması, özellikle savunma, sağlık, otomotiv, beyaz eşya ve hizmet sektöründe "otonom davranışlı sistemler"in tasarımı ve üretilmesinde önemli sıçrama yaratacak niteliktedir.

  Yapay zeka çalışmalarının kavramsal nitelikten sınai uygulama düzeyine aktarılması uluslararası pazarlarda çok büyük bir prestij ve rekabet gücü kazandıracaktır.

- **Durum:** Yüksek Lisans ve Lisans düzeyinde derslerle eğitim sisteminde yer almıştır. Son yıllarda yurt içinde "Akıllı Hareket Kontrolu", "Akıllı Sistemler" konularında ulusal ve uluslararası toplantılar düzenlenmektedir. Bu alandaki çağdaş gelişmeler Lisans ve özellikle Yüksek Lisans eğitimine büyük gecikmeler olmaksızın yansımaktadır. Ülkemizde bu konuda kuramsal araştırma yapanlar uluslararası katkılarda bulunabilmektedir.

- **Sorun:** Araştırma çalışmalarında bile uygulama öğesi çok zayıf kalmaktadır. Halbuki insan hizmetindeki her makine (beyaz eşya, otomotiv, sağlık, kimya, savunma, robotlar) yüksek düzeyde olmasa bile "yapay zeka öğeleri ile donatılabilir.

- **Çözüm:** Uygulama ve ürün geliştirme amaçlı ArGe çalışmaları öncelikle ve yoğun biçimde teşvik edilmeli, desteklenmelidir.

B. Mekatronik ve Jenerik Alanlar Yol Haritası

Bu bölümde "Mekatronik" için genel bir stratejik yol haritası hazırlanarak Jenerik Şemsiye Alanların hedefleri bu yol haritası üzerinden sunulmuştur.

B.1. Temel İlkeler

- Teknolojik Gelişme Yol Haritaları, Türkiye'nin, Delfi Anketi ve Panel Raporları ile belirlenmiş somut sınai, ticari ve ekonomik hedefleri doğrultusunda düzenlenmştir.
- Yol haritalarında öncelikli sektörlerin sınai gelişme öngörüleri esas alınmıştır.
- Araştırma ve eğitim kurumlarının faaliyetleri sınai gelişme kilometre taşları ve hedefleri doğrultusunda organize edilmelidir. Sınai Geliştirme hedeflerine doğrudan katkısı olan ve Sınai ArGe ve Rekabet Öncesi Sınai Geliştirme çalışmalarına yansıyabilecek uygulama, ürün – prototip geliştirme çalışmaları öncelikle desteklenmelidir.
- Ekli (Ek 2) yol haritasında Eğitim, Temel Araştırma, Uygulamalı Araştırma, Sınai Araştırma ve Geliştirme, Rekabet Öncesi Sınai Geliştirme ve Sınai Geliştirme hedeflerinin etkileşimi ilk on beş yıl için kırmızı, son beş yıl için sarı oklarla gösterilmiştir. Bu konulardaki hedefler ve yol haritaları sınai geliştirme hedeflerini doğrudan destekleyecek biçimde düzenlenmiştir.

B.2. Mekatronik Alanı ile ilgili Sınai Geliştirme Hedefleri

Hedef teknolojik aşama ve gelişmeler için kullanılan kodların açıklamaları Ek 1' de verilmiştir.

- **<u>Başlangıç hedefleri:</u> 2005 baharı (yol haritasında SG0):**
  - Sanayi Şurasının toplanması, Sınai ArGe teşvik ve destek programının açıklanması, Başlangıç Desteği Alanlarının ve Kamu Tedarik Programlarının açıklanması,
  - Ulusal Sınai ArGe Merkezleri kuruluş konsorsiyumlarının kurulması, kuruluş projelerinin başlatılması.
- **<u>2007 sonu hedefleri (SG1):</u>**
  - Basıncı ve iklim şartlarını algılayarak gerekli ayarlamaları yapabilen MEMS ürünlerinin beyaz eşyalarda kullanılmaya başlanılması (Makine ve Malzeme Paneli D3 başlangıcı),
  - Mekatronik sistemlerde MEMS hücreli sürücü ve kontrol sistemi içine yerleştirilmiş kompakt servomotorların kullanılmaya başlanması (Makine ve Malzeme Paneli D23 başlangıcı),
  - İnsanlı ve insansız sistemlerde hidrolik hareketlendiricilerin yerini alacak elektro mekanik hareketlendiricilerin kullanılmaya başlanması (kamu tedarik programı) (Savunma Paneli D22 başlangıcı),
  - İnsansız kara, deniz ve hava platformlarının hassas kontrolü ve güdümü için gerekli donanım ve yazılım teknolojilerinin geliştirilmesi, ilk deneysel prototipler (Savunma Paneli D25 başlangıcı),
  - Konumlama ve tekrarlama hassasiyeti $\pm$ 0,5 mm den küçük pnömatik eyleyicilerin sınai kullanıma sunulması (Makine ve Malzeme Paneli E5 başlangıcı),
  - Taşıtlarda mükemmel yanmayı sağlayacak sensör ve temel kontrol ünitelerinin yurt içinde üretilerek ilk prototiplerin otomotiv sanayinde denenmeye başlanılması (Makine ve Malzeme Paneli D25 başlangıcı),
  - Titreşim ve Gürültü engelleyici aktif kontrol sistemlerinin ulaşım araçlarında ve beyaz eşya sanayinde kullanılmaya başlanması, ilk prototiplerin pazara sürülmesi (Makine ve Malzeme Paneli D30 başlangıcı),
  - Akıllı sistemler ile enerji yönetimi için gerekli donanım (sensör ve denetleyici) ve yazılımların gerçekleştirilmesi, ilk prototipler (Makine ve Malzeme Paneli DXX).
- **<u>2012 sonu hedefleri (SG2):</u>**
  - Makine ve Malzeme Paneli D3, D23, D25, D50, E5, D30, DXX hedeflerinde pazara sürülmüş yurt içi üretimin en az % 30'unda uygulama, bu nitelikleri içeren ürünlerin en az % 50'sinin ihraç edilmesi,
  - Sağlık - Cihaz Paneli "Minimal İnvaziv Tanı ve Tedavi Sistemlerinin Geliştirilmesi ve Üretilmesi" faaliyet konusunda D4, D5, D8 hedefleri ile ilgili Mekatronik aygıtların yurt içinde üretilmesi,
  - Savunma paneli D13 (kablosuz mikro algılayıcı teknolojisinin geliştirilmesi) hedefine ulaşılması, askeri ve sivil uygulamalarda kullanılmaya başlanması,

- Savunma paneli D23 (platform tasarımı) ve D24 (minyatür faydalı yükler) hedeflerine ulaşılması, askeri ve sivil uygulamalarda kullanılmaya başlanmış olması.

- **<u>2017 sonu hedefleri (SG3):</u>**
  - Makine ve Malzeme Paneli D9, D14, D33, D34, D4, D12, D13, D10, D49, E4, D22, D20, E1, D21 D51 ve D48 hedeflerine ulaşılması,
  - Sağlık – Cihaz Paneli "Akıllı yapay uzuvlar ve duyu organlarının geliştirilmesi" faaliyet konusundaki D12, D13, D14 hedeflerine ulaşılması, yurt içi üretimin en az % 30'unun ihraç edilmesi,
  - Sağlık – Cihaz Paneli "Çok işlevli yeni tıbbi görüntüleme cihaz ve sistemlerinin geliştirilmesi ve üretilmesi" faaliyet konusundaki D20 ve D28 hedeflerine ulaşılması, ihracat potansiyeli olan ilk prototiplerin yurt içinde üretilerek kullanıma sunulması,
  - Savunma Paneli D14, D15, D16, D17, D26, D27, D43 hedeflerinde ilk prototiplerin yurt içinde üretilerek kullanıma sunulmuş olması ve D23 hedefinde kuvvetleri donatabilecek seri üretim olgunluğuna ulaşılmış olması.

- **<u>2022 sonu hedefleri (SG4):</u>**
  - Makine ve Malzeme Paneli D15 (yeni kontrol paradigması) hedefine uluslararası yenilik ve üstün rekabet gücü getirecek nitelikte ulaşılması, prototip ürünlerde denemiş olması rekabet öncesi sınai geliştirme çalışmalarına yansımış olması,
  - Sağlık - Cihaz Paneli D20 ve D28 konularında seri üretim ve ihracat potansiyeline ulaşılmış olması,
  - Savunma Paneli D18 hedefine ulaşılması, ilk prototiplerin kullanıma sunulmuş olması,
  - Savunma Paneli D30, D40, D42 hedefine ulaşılması, ilk prototiplerin operasyon tatbikatlarında denenmiş olması, D26, D27 ve D43 hedeflerinde kuvvetleri donatabilecek seri üretim potansiyeline ulaşılmış olması.

B.3. Rekabet Öncesi Sınai geliştirme Hedefleri

- **Başlangıç hedefleri: 2005 baharı (yol haritasında RSG0):**
  - Rekabet öncesi sınai geliştirme teşvik ve destek programlarının açıklanması.
- **2007, 2012, 2017 ve 2022 sonu hedefleri (RSG1, RSG2,RSG3,RSG4):**
  - **Bu dönemlere ilişkin Sınai Geliştirme hedefleri ile aynı.**

B.4. Sınai Araştırma ve Geliştirme Hedefleri

- **Başlangıç hedefleri: 2005 baharı (yol haritasında SA0):**
  - Rekabet öncesi sınai geliştirme teşvik ve destek programlarının açıklanması.
- **2007 sonu hedefleri (SA1):**
  - 2012 sonu Sınai Gelişme Hedeflerine uygun sınai araştırma alt yapısının ilgili sanayi kuruluşlarında kurulması.
- **2012 sonu hedefleri (SA2, SA3):**

- 2017 sonu Sınai Gelişme hedefleri için ilk prototiplerin üretilmesi ve uygulama ortamında denenmesi.

- **2017 sonu hedefleri (SA4):**
  - 2023 sonu Sınai Gelişme hedefleri için ilk prototiplerin üretilmesi ve uygulama ortamında denenmesi.
- **2022 sonu hedefleri (SA5):**
  - **2012 Delfi Anketi ve SWOT Analizi sonuçları ile 2017 yılında yapılmış durum tespiti çalışmaları sonunda 2023 sonrası Sınai Gelişme hedefleri için ilk prototiplerin üretilmesi ve uygulama ortamında denenmesi.**

B.5. Uygulamalı Araştırma ve Temel Araştırma Hedefleri

Mekatronik Alanında Sınai Gelişme Hedeflerine doğrudan katkıda bulunacak Jenerik Mühendislik Alanlarında uygulamalı, Temel Bilimlerde de kuramsal ve deneysel araştırma programları Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK ve DPT işbirliği ile oluşturulmalı ve uygulanmalıdır.

B.6. Eğitim Hedefleri

- **Başlangıç hedefleri: 2005 baharı (yol haritasında E0):**
  - 1. Ulusal Mekatronik Şurası, eğitim ve iş gücü gereksinimlerinin belirlenmesi.
- **2007 sonu hedefleri (E1):**
  - Üniversitelerde doğrudan devlet desteği ile laboratuarları gereği gibi donatılmış yeni en az beş Lisans, 3 Yüksek lisans programının açılması ve öğrenci alması,
  - Üniversitelerde Mekatronik Araştırma Enstitülerinin kurulması.
- **2012 sonu hedefleri (E2):**
  - Mekatronik alanında yılda 200 lisans, 50 yüksek lisans, 10 doktora mezunu,
  - Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarının en az % 50 sinin sanayi ile işbirliği içinde teknoloji geliştirme hedeflerine yönelik olması.
- **2017 sonu hedefleri (E3):**
  - Mekatronik alanında yılda 400 lisans, 100 yüksek lisans, 20 doktora mezunu,
  - Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarının en az % 60 ının sanayi ile işbirliği içinde teknoloji geliştirme hedeflerine yönelik olması.
- **2022 sonu hedefleri (E4):**
  - Mekatronik alanında yılda 500 lisans, 200 yüksek lisans, 50 doktora mezunu,
  - Yüksek lisans ve Doktora çaışmalarının en az % 50 sinin yeni alanlarla ilgili olması.

3. Robotik ve Otomasyon Teknolojileri

3.1. Amaç

VİZYON 2023 ile; Türkiye'nin robot ve robota dayalı teknolojileri en iyi şekilde üretecek ve geliştirecek bir ulusal yetkinliğe erişerek, ulusal ve uluslararası seviyede, robotik, mekatronik ve esnek üretim teknolojileri ve ürünleri geliştiren, üretim yapan ve hizmet veren ilk sekiz ülke arasında olması hedeflenmiştir.

3.2. Robotik Alanının Tanımı

Her türlü endüstriyel tesis ve hizmet birimlerinde yer alabilecek esnek üretim / esnek otomasyon ünite, sistem ve bütünleşik üretim tesislerinde,

- robot, telerobot, akıllı robot, otonom robot, humanoid, biyorobot
- manipülatör, telemanipülatör,
- kendinden güdümlü taşıt,
- parça ileten düzenekler,
- sayısal denetimli üretim birimleri,
- kontrol donanımı ve yazılımı

konularına destek sağlamak üzere, mekatronik ve robota dayalı her cins ileri teknolojik ürün ve kontrol donanım ve yazılımı.

3.3. Türkiye İçin Önemi:

Dünyada toplumlar 10 yıl öncesine kadar sanayileşmiş, geri kalmış; ya da az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler olarak sınıflandırılırken, bundan sonra "bilgi toplumu" olmuş ve "bilgi toplumu" olmamış ülkeler sınıflaması yapılacaktır. 2020'li yıllarda, çalışanların büyük bir kısmının bugün icat edilmemiş mesleklerde çalışacakları veya başka mesleklere geçecekleri bilinmektedir.

Kişi başına üretkenlik son 130 yılda yaklaşık 25 kat artmıştır. Bu üretkenlik artışının yarısı yani 13 kat kadarı fiziki ürün artışından, diğer yarısı da insanların çalışma sürelerinin yaklaşık yarıya düşmesinden kaynaklanmıştır. Fiziki ürün artışı ancak, robotik ve otomasyon teknolojileri ile, anında ve esnek üretim ile gerçekleşebilmektedir.

Bugün yarı yarıya çalışıp 13 kat daha yüksek bir refah seviyesinde yaşamak, sadece sanayi devriminin getirdiği makineleşme ile değil, robot ve otomasyon teknolojilerinin günden güne artan kullanımı ve bilgi teknolojisine hakimiyet sayesinde gerçekleşmiştir.

İç ve dış pazarda rekabet günden güne artmakta, ürün ve hizmetlerden yüksek kalite ve standartlara uyum beklenmektedir. Gerek Avrupa Birliği düzenlemelerinin gerekse ISO-9000 ve diğer kalite yönetim sistemlerinin, kaliteli ve standart ürünlerin esnek üretim hatlarından çıkması konusunda ısrarcı olması, ulusal endüstrimizin robot teknolojisi ile kurulan karmaşık, çok yönlü ve esnek üretim yapılı bütünleşik montaj tesisleri kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

Türkiye, Otomotiv endüstrisinin artan ihracat potansiyeli ile imalat endüstrisinde yakalanan "Avrupa'nın üretim üssü Türkiye" tarihi fırsatını, gelecek 20 yılda ancak, ülkemiz için son derece önem taşıyacak olan robotik ve mekatronik teknolojisine ulusal yatırım vizyonu ile yakalayabilir. Bu vizyon, gelecek için teknolojik hedefimizi;

- modüler
- zeki
- süratli
- esnek

- minyatür, mikro, nano
- insanla bütünleşik

yapıların üretimesinde yetkinleşmek olarak tanımlamaktadır.

Ulusal değerlerimizin dünya pazarlarında yarışabilmeleri için stratejimiz, kısa vadede ihtiyaç duyulacak, robotik-mekatronik ve ileri teknolojileri geliştirmek; uzun vadede ise, bu ileri teknolojileri üreterek ülkeyi bilgi toplumu haline dönüştürecek alt yapıyı kurmak olmalıdır.

3.4. Kazanılması Gereken Yetkinlikler

Robotik ve mekatronik ürün geliştirebilme ve üretebilme yeteneği; Mekanik, Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Kontrol, Yazılım ve Malzeme bilimine hakim, teknolojik bilgi üretebilen ve yönetebilen insan kaynağına sahip olmakla başlar. Tasarım teknolojileri, mekanizma tasarımı, temel kontrol teknolojileri, sensör uygulama teknolojileri, gömülü yazılımlar, servo motorlar ve denetleyiciler, kinematik ve dinamik, lazer teknolojileri, görüntü işleme, ölçme, kalite denetimi gibi alanlarda yetkinlik kazanılmasını gerektirir. Bu yetkinliklerin kazanılmasını sağlayacak yol haritası Ek 3'te yer almaktadır.

3.5. Yetkinliğin Türkiye'ye Getirileri:

➢ Yaratılacak Katma Değer

Kişisel robotların dünya robotik pazarına sunulması ile 2023 yılında, bu alandaki pazarın 250 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Üretim alanında büyük potansiyel taşıyan ülkemizin yıllık %7-10 arasında sürdürülebilir büyüme gerçekleştirmesi, önümüzdeki 20 yıl içinde robotik-mekatronik ürün ve sistemlere olan yıllık iç talebi 10 milyar Dolara ulaştıracaktır. 2023 yılında dünyanın 8. büyük robotik ve mekatronik tedarikçisi olmayı hedeflersek, bu ülkemize yılda minumum 10-15 milyar Dolarlık ihracat geliri sağlayabilir. Bu ihracat gelir düzeyi ve iş potansiyeli, nitelikli insan kaynağı istihdamı açısından ülkemizi cazibeli konuma getireceği gibi bu sektörde çalışanların kişi başına gelir ortalamasını da 50 bin $/yıl değerine yükseltecekir.

Diğer taraftan, bilgi ve yüksek teknolojiye dayanan bu yeteneğin, uluslararası alanda ülkemize sağlayacağı prestij ve gurur da gözardı edilmemelidir.

➢ Ulusal İstihdama Etkisi

Robotik ve mekatronik sistemler yüksek nitelikte uzman insan gücü gerektireceği için, bu kaynağın çoğu akademisyen, mühendis ve teknisyenlerden oluşacaktır. 2023 yılında bu sektörde ülkemizin 25 milyar dolarlık toplam geliri ile yaklaşık **1 milyon** nitelikli insanı istihdam etmesini sağlayabiliriz. Diğer bir taraftan bu sektör, kendi içinde yoğun ve odaklı mühendislik çalışmaları sürekli yaparak edindiği yenilikleri teknolojik ürünlerinde tarif edebilme gücüyle, her yıl ekonomik büyümeye %15-20 arasında katkı sağlayacaktır.

➢ Döviz Kazandırma Yeteneği

Ülkemiz, robotik ve mekatronik sektöründe 2023 yılı vizyonu doğrultusunda kazanacağı yetkinlik ile yılda 20 milyar USD'lik döviz girdisi (10 milyar USD direk ihracat ve 10 milyar USD endirek olarak ithalatı karşılama) sağlayabilir.

➢ Yerli ve Uluslararası Standartlara Uygunluk

Kullanılacak hassas mekanik yapı ve malzemeler, yüksek elektronik ürünler, kontrol ve yazılım algoritmalarının uluslararası standartlara uygun olması gerektiğinden, robotik ve ona dayalı sistemlerin ana unsurlarının tasarım ve üretimleri DIN, ISO, IEEE, IEC, VDE ve JIS normlarına bağlı kalınarak gerçekleştirilecektir. Robotik ve mekatronik ürünlerin test ve kalibrasyonları da ANSI, RIA ve ISO standartlarına uygun olarak yapılacaktır.

➢ Kullanım Yerleri ve Uygulama Konuları

Robotların kullanım alanları ve kullanım alanlarındaki uygulamaları IFR (Uluslararası Robot federasyonu) tarafından ISIC (International standart Industrial Classification of all economic activities)'e göre sınıflandırılmıştır. Buna göre, robotun kullanıldığı endüstri kolları;

Tablo 2: Robotlar için sınıflandırma (ISIC)

10 Tarım, ormancılık, hayvancılık
20 Maden işleme
- **31** Gıda
- **32** Tekstil, deri ve konfeksiyon
- **33** Ağaç işleme, mobilyacılık
- **34** Kağıt, kağıt ürünleri ve matbaa, basın sektörü
- **35** Kimyasallar, petrol ve plastik ürünler imalatı
- **36** Seramik ve metal olmayan mineral ürünler
- **37** Temel metallar
  - **381** Metal ürün imalatı(makina imalatı hariç)
  - **382** Makina imalatı (elektrikli ürünler hariç)
  - **383** Elektrikli ürün imalatı
  - **384** Taşımacılık sektörü
    - **3843** Motorlu imalat ve otomobil imalatı
    - **3845** Uçak ve hava taşıtları imalatı
  - **385** Hassas ve optik aletler imalatı
- **39** Diğer imalat sektörleri

40 Elektrik, gaz ve su dağıtım sektörü
50 Yapı ve inşaat sektörü
900 Eğitim
Temiz oda
Tıp
Araştırma ve geliştirme

Kaynak: ISIC codes Rev.2 class, 2001

➢ Üretim Teknolojisinin Güncelliği

Robot ve mekatronik sistemler gibi geniş kapsamlı ve karmaşık bir mekanizmanın tasarım ve imalat aşamalarında, ileri mühendislik tekniklerini ve araçlarını kullanmak kaçınılmazdır. İmalat aşamalarında kullanılan teknolojiler aşağıda gibi sınıflanabilir:

- Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design, CAD),
- Robot ve makatronik geometrilerinin katı modellemesi,
- Sistem mekanizma dizaynı,

- Model simülasyonu,
- Sistem ve komponet tolerans analizleri,
- Bilgisayar destekli mühendislik (Computer Aided Design, CAE),
- Sonlu elemanlar yöntemiyle lineer ve nonlineer mukavemet analizleri,
- Dinamik deformasyon analizleri,
- Analiz sonrası malzeme ve geometri optimizasyonu,
- Bilgisayar destekli imalat (Computer Aided Mmanufacturing, CAM),
- Mühendislik tasarımı bitmiş parçaların bütünleşik üretim sistemlerinde imal edileceği işleme programlarının (G kodlarının) oluşturulması

➢ **Teknik Yardım ve Lisans İhtiyacı**

Ülkemiz 2023 yılında robotik ürün ve sistemleri konusunda teknik yardım, lisans ve bilgi transferine ihtiyaç duymadan üretim yapabilecek düzeye ulaşacaktır.

➢ **İthal ve Yerli Oranı**

2023 yılında robotik ürün ve sistemlerde kullanılacak yarı mamül ürünlerin tahmini %20'lik kısmı ithalat yoluyla karşılanacaktır.

4. MEMS, NEMS ve Duyargalar

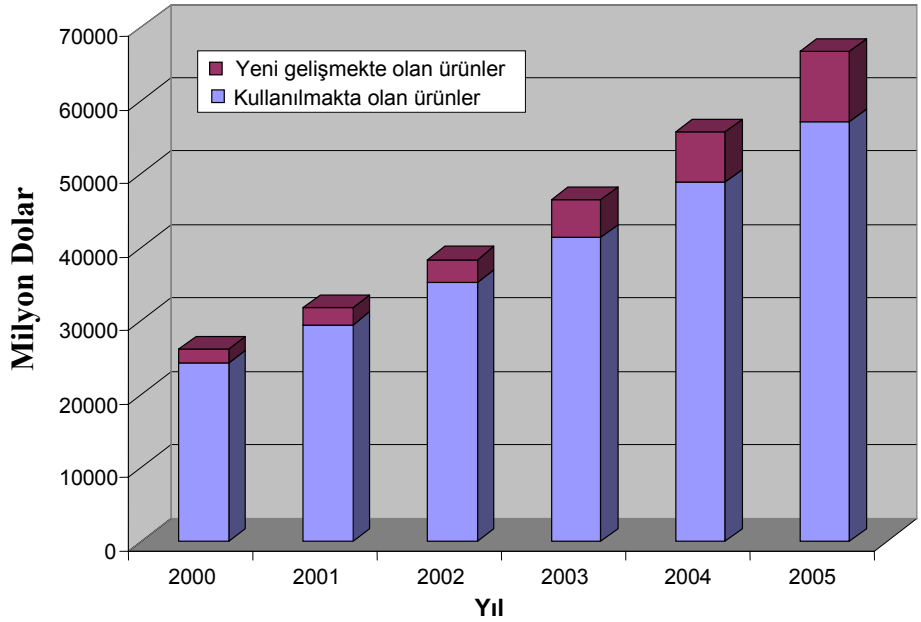
Yarıiletken elektroniği konusunda son 30 yıldır olan büyük atılım sonucu milyonlarca transistörün aynı entegre devre içinde gerçekleştirilebildiği görülmüştür. Bu gelişmeler sonunda ve mikroelektronik teknolojisi sayesinde, bilişim teknolojilerinde çok büyük bir atılım yaşanmış; entegre devreler günlük hayatımızın bir parçası olmuş ve çok karmaşık kontrol algoritmalarının küçük bir alanda entegre devre olarak çok ucuza gerçekleştirilmesi mümkün olabilmiştir. Ancak, mikroelektronik teknolojisi ile sadece elektronik devreler ucuzlarken, elektronik dünya ile dış dünya arasında iletişimi sağlayan ve çok önemli olan diğer sistem parçaları, örneğin duyargalar (sensor) ve eyleyiciler (actuator), sistemin fiyatını belirler olmuşlardır. Sistem fiyatını düşürmek için ise son yıllarda büyük çabalar sarfedilmektedir ve çözüm olarak sistemin diğer parçalarının da yarıiletken teknolojisi ile üretilmesi gündeme gelmiştir. Bu sayede bir sistemde bulunan hem elektronik, hem de mekanik parçalar aynı kırmık (chip) üzerinde oluşturulmaktadır ve böylece sistem fiyatı ve boyutları çip kadar ucuz ve çip kadar küçük olabilmektedir. Bu teknolojiye Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler veya kısaca MEMS denmektedir. Bu teknoloji ile yapılan yapıların boyutları nano seviyelerine ulaştıkça, bu teknoloji için Nano-Elektro-Mekanik Sistemler veya kısaca NEMS adı da kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji için Avrupa'da Mikrosistemler veya Mikro Sistem Teknolojileri (MST) terimleri de yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.1. MEMS Teknolojisinin Uygulama Alanları

MEMS teknolojisinin uygulama alanları çok çeşitlidir ve bu teknolojinin hem askeri hem de sivil kullanım alanları vardır. Bugün otomotiv sektöründe kullanılan ve kaza anını tesbit ederek hava yastıklarının açılması bilgisini üreten hız duyargaları (accelerometer) MEMS teknolojisi ile bir silisyum kırmık üzerinde 3mmx3mm boyutlarında elektronik devresi ile birlikte üretilebilmekte ve birkaç dolara mal olmaktadır. Bilgisayar yazıcılarındaki ucuzlama da MEMS teknolojisi ile olmaktadır. Bu teknoloji ile fiber optik iletişimde veri aktarımı sırasında anahtarlamanın daha hızlı olması için mikroaynalar geliştirilmektedir, böylece internet iletişimi çok daha hızlı olabilecektir.

Ayrıca, vücut içine yerleştirilebilen mikroelektrodlar, kan damarlarını açabilecek mikromotorlar veya kandaki şeker miktarını ölçerek vücut içinde bulunan insülini mikromusluk yardımı ile kontrollü açarak vücudun iyileşmesini sağlayacak biyomedikal cihazlar da MEMS ile mümkün olacaktır. Bunların haricinde, günlük hayatımızı her alanda etkileyecek çok ucuz mikrosistemler MEMS teknolojisi ile gerçekleştirilebilecektir. Mikroelektronik nasıl çağımızı etkilediyse ve yaşantımızı değiştirdiyse, MEMS teknolojisinin de 21. Yüzyıl'ı benzer şekilde etkileyeceği düşünülmektedir.

MEMS'in endüstriyel kullanım alanlarını ve dünya pazarındaki yerini gösteren çeşitli kuruluşlarca hazırlanan raporlar mevcuttur. Son zamanlarda çıkan raporlardan biri NEXUS (The Network of Excellence in Multifunctional Microsystems) tarafından hazırlanan "Market Analysis for Microsystems: 1996-2002" adlı rapordur. NEXUS Avrupa Komisyonu içinde oluşturulmuştur ve Avrupa'nın mikrosistem teknolojilerindeki konumunu güçlendirerek, Avrupa endüstrisinin dünya pazarındaki gücünü artırmayı hedeflemektedir. Buna göre mikrosensörlerin 1996 yılındaki pazar payı 14 milyar ABD doları iken, bu pazar 2002 yılında 38 milyar dolara ulaşacaktır ve yıllık artış ortalama %18 olacaktır. Bu beklenti gerçekleşmiştir. Bu rakamlar diğer kuruluşlarca yapılan tahminlerin çok üzerindedir çünkü sadece duyargaları ele almamakta, duyargalar ile beraber gerekli diger parçaları da hesaba katmaktadır. Beklenen neredeyse üç katlık artış sadece şu anda mevcut bulunan ürünleri içererek hesaplanmıştır. NEXUS tarafından 2002 yılında yayınlanan yeni market analizinde, MEMS pazarının 2005 yılında 68 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Şekil-1'de NEXUS tarafından hazırlanan en son raporda mikrosistemlerin pazar payı görülmektedir.



Şekil 1: NEXUS tarafından 2000-2005 yılları için hazırlanan rapora göre mikrosistemler pazar payı *(Kaynak: NEXUS MST Market Analysis 2002)*

Pazar payı analizlerinden de anlaşılacağı gibi MEMS teknolojisi dünyada çok önemli bir yer tutmaktadır. NEXUS 1996 ve 2002 yılı market analiz raporlarında görünen bir gerçek MEMS'in öneminin gittikçe arttığı, bir çok kullanım alanı olduğu ve bir süre sonra mikroelektronikte olduğu gibi MEMS'in de vazgeçilmez bir teknoloji olacağıdır. Bu öngörü ile ülkeler MEMS araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yoğun yatırımlar yapmaktadırlar. Örneğin Almanya'da Ulusal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (Federal Ministry of Education and Research (BMBF)) 1990 yılından itibaren MEMS araştırmaları için yılda ortalama 53 Milyon ABD doları miktarında bir destektek

sağlamaktadır. Şirketlerin de en az bu kadar bir miktarda harcama yaptığı tahmin edilmektedir. ABD, Japonya, Güney Kore gibi bir çok ülke de MEMS konusundaki araştırma ve geliştirme faaliyetlerini yoğun bir şekilde desteklemektedir.

Tablo 3: Sektörlere göre MEMS ürünleri

Otomotiv	İvmeölçerler (accelerometers) (havayastıkları, dinamik araç kontrolü), biyometrik duyargalar (kullanım hakkı kontrolü (access control)), kimyasal duyargalar (HVAC, yağ kalite bilgisi), akış duyargaları (hava girişi), dönüölçerler (gyroscopes) (dinamik araç kontrolü, takla (devrilme) algılama, GPS), nem duyargaları (araç içi komforu), manyetik duyargalar (hız göstergesi, kam/krank mili durumu ve hız, pedal durumu, direksiyon açısı), mikro enjektör (micro nozzles) (yakıt enjeksiyonu), soğutmasız kızıl ötesi detektörler ve kameralar (gece görüş, olumsuz havada görüş), basınç duyargaları (hava girişi, atmosfer basıncı, frenler, yakıt buhar basıncı, soğutma, turbo basıncı, lastik basıncı, HVAC, yakıt enjeksiyonu), yağmur duyargaları (araç ön camı), sıcaklık duyargaları (araç içi komforu, dış sıcaklık), ultrasonik dönüştürücüler (ultrasonic transducers), optik duyargalar, mikro aynalar
Ev konforu eşyaları	İvme duyargası, eğiklik duyargası (ütü durum kontrolü, çamaşır makinalarında titreşim algılanması), biyoçipler (yiyecek kontrolü), kimyasal duyargalar (Su kalitesi), elektronik burunlar (atmosferin izlenmesi), düz kare ekranlar, akış duyargaları (HVAC), mikro akış çipleri (Microfluidic chips) (çamaşır makinalarında dozaj sistemleri), basınç duyargaları (çamaşır makinalarında su seviyesi), akıllı toz (smart dust for building energy, household appliances monitoring), sıcaklık duyargaları (yemek pişirimi), optik duyargalar, mikro aynalar, manyetik duyargalar
Sağlık	Aktif yamalar (active patches) (ilaç dağıtımı), işitme cihazları, ivmeölçerler (Kalp atışlarını düzenleyen aygıtlar), vücuda yerleştirilebilen insulin pompası (ilaç dağıtımı), iğnesiz enjektörler (ilaç dağıtımı), akıllı haplar (ilaç dağıtımı), basınç duyargaları (kan basıncı), biyoçipler, mikro akış çipleri, mikro motorlar, ultrasonik dönüştürücüler, optik duyargalar, mikro aynalar, manyetik duyargalar
Savunma, Havacılık, Uzay	İvmeölçerler (Ataletsel seyrüsefer sistemleri (inertial navigation), görüntü sabitlenmesi), biyokimyasal ve kimyasal duyargalar, biyoçipler, çip uzerinde laboratuvar (lab-on-chip) (kimyasal ve biyolojik silahların algılanması, ilaç yönetimi), dönüölçerler (ataletsel seyrüsefer), manyetometre (ataletsel seyrüsefer), mikrobolometreler (kızılötesi görüntüleme sistemleri), mikro göstergeler (Kominikasyon), mikro aynalar (taşınabilir video sistemleri), mikro hareketlendirici (micro-actuators) (kanatlarda hava akış kontrolü), mikro güç kaynakları ve mikro iticiler (enerji kaynağı, itici güç), basınç duyargaları (irtifa kontrolü), RF MEMS (İletişim, akıllı mühimmat), akıllı toz (Smart dust for Surveillance), ultrasonik dönüştürücüler, optik duyargalar, mikro aynalar, mor ötesi duyargalar, duyarga ağları
Çevre	İvmeölçerler (depremin algılanması), biyokimyasal ve kimyasal duyargalar, biyoçipler, çip uzerinde laboratuvar (kirlilik kontrolü, ataletsel seyrüsefer), jeofon (geophones) (yağ kalite bilgisi), ultrasonik dönüştürücüler, radyoaktif duyargalar
Bilişim	İvme duyargaları (manevra kolu (joystick), sabit disk stabilizasyonu), dönüölçer (kamera sabitleme sistemleri), sabit disk okuyucu kafası (veri depolama), püskürtmeli yazıcı kafası, optik fare (optical mouse), mikro göstergeler (projeksiyon, taşınabilir sistemler), RF MEMS (anahtarlar (switches), faz kaydırıcılar (phase shifters), filtreler, rezonatörler, ayarlanabilir antenler), duyarga ağları, mikro aynalar (anahtarlama, optik zayıflatma (optical attenuation), v-oluklar (v-grooves) (fiber optic hizalama), ayarlanabilir filtreler (ayarlanabilir lazerler), mikro optik tezgahlar (micro-optical-benches) (entegrasyon); antenler, FBAR rezonatörler (filtreleme), bobinler, anahtarlar (sinyal yönlendirme), ayarlanabilir kapasitörler, ultrasonik dönüştürücüler, manyetik duyargalar
Process kontrol ve Metroloji	Ivmeölçerler ve eğiklik duyargaları (titreşim görüntüleme), biyolojik duyargalar (yemek endüstrisinde kalite kontrolü), gaz duyargaları (yağ platformları), manyetik duyargalar (dönüş ölçümü), mikro pompa, basınç duyargaları, spektrometre, sıcaklık duyargaları, ultrasonik dönüştürücüler, duyarga ağları
Tekstil	Akıllı giysi duyargaları
Gıda	Gıda güvenliği için gerekli duyargalar

Uygulama alanlarının genişliği, ucuz üretim potansiyeli, yüksek performans elde edilebilmesinden dolayı, MEMS teknolojisi savunma endüstrisinin de ilgisini çekmiştir. Bu konuda A.B.D. Savunma Bakanlığı'nın hazırladığı bir rapor[1], MEMS teknolojilerinin savunma sanayiinde ne kadar geniş bir kullanım alanı bulacağını çok çarpıcı bir şekilde ortaya koymuştur. A.B.D.'deki savunma araştırmalarını destekleyen DARPA adlı kuruluşun MEMS konusunda özel bir programı bulunmaktadır ve ileri MEMS araştırmalarını desteklemektedir. Ayrıca otomotiv, biyomedikal, telekomünikasyon, beyaz eşya ve bilişim teknolojileri gibi birçok konuda MEMS teknolojisi sayesinde devrim niteliğinde gelişmeler olmaya başlamıştır. Tablo 3'de MEMS teknolojisi ile yapılabilen ürünlerin sektörlere göre listesi ve kullanım yerleri verilmiştir.

4.2. Vizyon 2023 MEMS ve Duyargalar Yol Haritası

A) Eğitim

1) Bazı derslerin online olarak hazırlanıp, paylaşılması ***(2005)***
    a. Ortak eğitim dökümanları
2) Ders paketlerinin oluşturulması ***(2006)***
    a. Tam üye ve assosiye üye kavramının oluşturulması
3) Eğitim amaçlı uzman yetiştirilmesi
    a. MEB/YÖK odaklı yurt dışına öğretim üyesi olmak üzere öğrenci gönderilmesi (en az 10 kişi/yıl) ***(2006 – 2023)***
    b. Yurt dışında eğitim görmüşlerin ülkeye kazanımı başlatılması ***(2004)***
    c. TÜBİTAK veya YÖK desteğiyle uzman değişim programları başlatılması ***(2005)***
    d. 2023'te MEMS/NEMS konusunda 200 kişiyi bulan araştırmacı/akademisyen kadrosunun oluşması ***(2023)***
4) Yazılım programlarını bir noktadan alınıp, tasarım eğitimini ucuzlatmak
    a. Free download programlarının listesini oluşturmak ve dağıtmak ***(2005)***
    b. Sistem entegrasyonu için çok amaçlı yazılımlar geliştirmek ***(2013)***
5) İlgili her kişinin entegre olacağı haberleşme portalı ***(2005)***
6) Eğitimin standartlaştırılması ***(2010)***
7) Ulusal Konferanslar ve çalıştayların başlaması ***(2005)***
    a. 2023'te en az 300 kişinin katılımın olması
8) Yaz okullarının eğitim programlarını desteklenmesi ***(2008)***
    a. 2023'te 50 kişi katılımlı yaz okulu olması
9) Tanıtım çalışmaları; üniversite içi/dışı ***(2005)***
10) Standarlaşmış MEMS eğitim programını uygulayabiliyor olması ***(2008)***
    a. 2008'de en az 5 üniversitede
    b. 2023 en az 15 üniversitede

B) Temel Araştırma

a. Yeni fonksiyonel malzemelerin ve ilgili üretim süreçlerinin geliştirilmesi (SiC, Polimer, SMA, DLC vb.) ***(2012)***
b. Komponent geliştirme ***(2005 – 2023)***
c. Karakterizasyon ***(2005 – 2023)***
d. Kılıflama teknolojileri (Silisyum plaka düzeyinde vb.) ***(2006 – 2012)***

[1] ABD Savunma Bakanlığı (Department of Defense, DoD) tarafından yayınlanan Microelectromechanical Systems (MEMS) Opportunities adlı rapor pdf formatında http://www.eee.metu.edu.tr/~tayfuna/mems.pdf adresinde bulunmaktadır.

e. Sistem geliştirme ve entegrasyonu
f. Güvenilirlik (reliability)
g. Bu alanda uluslararası projelere entegrasyon

C) Uygulamalı Araştırma

a. Konsorsiyum (Devlet/Özel sektör/Üniversite)
    a. Ulusal politikaların/stratejilerinin belirlenmesi ve uygulanmasına yönelik fonksiyonelliğin kazandırılması
    b. 2023'de en az üç tane üretim merkezi (foundry)
    c. Lisansüstü ve doktora çalışmalarının yönlendirilmesi/koordinasyonu
b. Ortak mükemmelliyet merkezleri kurulması (MEMS ÜSAMP vb.) ***(2005)***
c. Çoklu Proces Pul (multi project wafer) sisteminin oluşturulması ***(2006)***
d. Güvenilirlik ve karakterizasyon merkezi
e. Kılıflama (paketleme) merkezi
f. 2023'de en az 20 tane KOBİ
g. 2023'te en az bir büyük oyuncunun global üretici olması

1.□. Sinai Araştırma ve Geliştirme

a. 2023'de en az üç tane ArGe merkezi, 15 üniversitenin ve en az 10 KOBİ'nin bu çalışmaları gerçekliyor/destekliyor olması
b. Yaygınlaştırılmış veya çok katılımlı ulusal projelerin oluşturulması (örnek bazı sektörler ve yapılabilecek çalışmalar aşağıda verilmiştir).

i. Otomotiv
    a. Basınç duyargası
    b. Ataletsel duyargalar (İvmeölçer ve Dönüölçer)
    c. Gaz duyargası
    d. Nem duyargası
    e. Mikroelektrotlar
    f. Termal kameralar
    g. Mikrotarayıcı ve mikroaynalar
    h. Ultrasonik duyargalar
    i. Yakıt pilleri

ii. Savunma Sanayii
    a. Ataletsel duyargalar (İvmeölçer ve Dönüölçer)
    b. Soğutmasız kızılötesi detektörler
    c. Basınç duyargası
    d. Gaz duyargası
    e. Nem duyargası
    f. Termal kameralar
    g. Yakıt pilleri
    h. MEMS enerji üreteciler

iii. Beyaz Eşya
    a. Basınç duyargası
    b. Sıcaklık duyargası
    c. Gaz duyargası
    d. Nem duyargası
    e. Su kirliliği ölçecek duyargalar

f. Ataletsel duyargalar (İvmeölçer ve Dönüölçer)

iv. Bilişim

a. RF MEMS anahtarlar
b. RF MEMS faz kaydırıcılar (phase shifters),
c. RF MEMS filtreler
d. RF MEMS rezonatörler
e. RF MEMS ayarlanabilir antenler
f. İvmeölçer ve dönüölçer
g. Ayarlanabilir kapasitörler

MEMS ve duyargalar yol haritası Ek 4'te yer almaktadır.

Hedef 2008: Türkiye'deki sekiz ana sektörde kullanılan MEMS/NEMS/Sensörlerin tasarım yeteneğinin yaygınlaştırılmış olması ve merkezi protip üretim tesislerinin kurulması. Protiplerin endüstriye uygulanabilirliğine ve sistem entegrasyonuna odaklanmış en az 3 tane KOBİ'nin faaliyette olması .

Hedef 2013: Yurtiçinde geliştirilen MEMS/NEMS/Sensör protiplerinin sınai ürünlerinde kullanılır hale getirilmesi. Bu amaca yönelik en az 10 tane KOBİ'nin faaliyette olması.

Hedef 2018: Öncelikli alan olarak belirlenen sekiz sektörde MEMS/NEMS/Sensör protiplerinin ürün halinde üretilebilecek en az iki büyük firmanın altyapı oluşturması ve ülke bazında bir ana üretim merkezin oluşması.

Hedef 2023: En az 20 tane KOBİ'nin faaliyette olması ve en az bir büyük oyuncunun global üretici olması.

5. Finansman ve Mali Politikalar

5.1. Temel İlkeler

- Teknolojik Aşama ve Gelişmelerin, ancak bilinçli bir talep olması durumunda ve hedefler doğrultusunda inançlı çalışmalarla gerçekleşebileceği unutulmamalıdır. Bu yönde yapılacak yatırımlar ancak uluslararası rekabet gücü olan sistem ve ürünlerin yurt içinde üretilmesi ile amaçlarına ulaşabilecektir. Hedeflerin yalnızca yönetimler tarafından belirlenmesi, uygulamayı fiilen yürüteceklerle paylaşılmaması çabaların ve yatırımların verimini büyük ölçüde düşürmektedir. **Toplumun her kesimi Vizyon, Hedefler ve bu çabaların ulusal önemi konularında bilgilendirilmeli, çalışmalar bir "Teknolojik Seferberlik" atmosferi içinde yürütülmelidir.** Her aşamadaki başarılar toplumla paylaşılmalı ve toplumun bu konularda duyarlılığı uyandırılarak merakla ve sürekli biçimde izlemesi sağlanmalıdır.
- Türkiye'deki Teknolojik ve Bilimsel Araştırma faaliyetlerinde genel olarak şimdiye kadar olduğu gibi "*devlet tarafından desteklenerek uluslararası bilim – teknoloji potasına katkının artırılması*" yerine "**Sınai Araştırma Geliştirme Yetkinliğinin ülke içinde oluşması ve kendi kendine yetebilecek düzeye ulaşması**" hedef alınmalıdır. Devlet desteği de öncelikli olarak yurt içinde uluslararası rekabet gücüne sahip yeni kavram, yaklaşım ve ürün üretme çalışmalarına yönlendirilmelidir.
- Araştırma Geliştirme harcamalarının dağılımında;

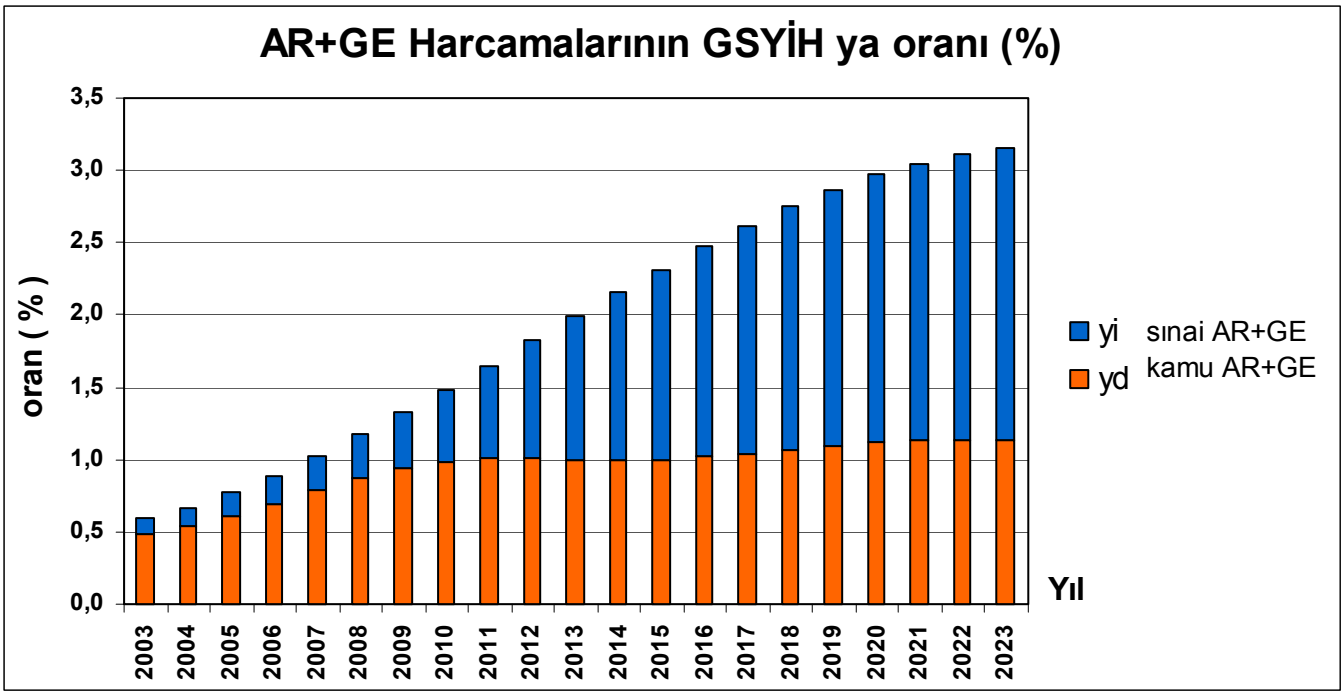
- Devlet ve kamu desteğinin teknolojik aşamaların gerçekleşmesi için gerekli alt yapı kuruluşlarına ve bilgilendirme – bilinçlendirme – Sınai ArGe çalışmalarını yaygınlaştırma çalışmalarına yönlendirileceği, ilk on yıllık dönem içinde gerekli teşvik ve destek mekanizmaları ile alt yapı ve ArGe'ye dayalı uluslararası teknolojik ve sınai rekabet ortamını yerleştireceği, ikinci on yıllık dönemde ise uzun vade temel ve stratejik alanların gelişmesine yatırım yapacağı,
- Sınai ArGe çalışmalarının ise sanayi kuruluşlarında ve bu kuruluşlara hizmet verecek merkezlerde yürütüleceği, bu çalışmaların kendi kendini finanse edebilecek şekilde geliştirilmesi gerektiği,

temel ilkeler olarak kabul edilmelidir.

5.2. Araştırma – Geliştirme Harcamalarının Planlanması

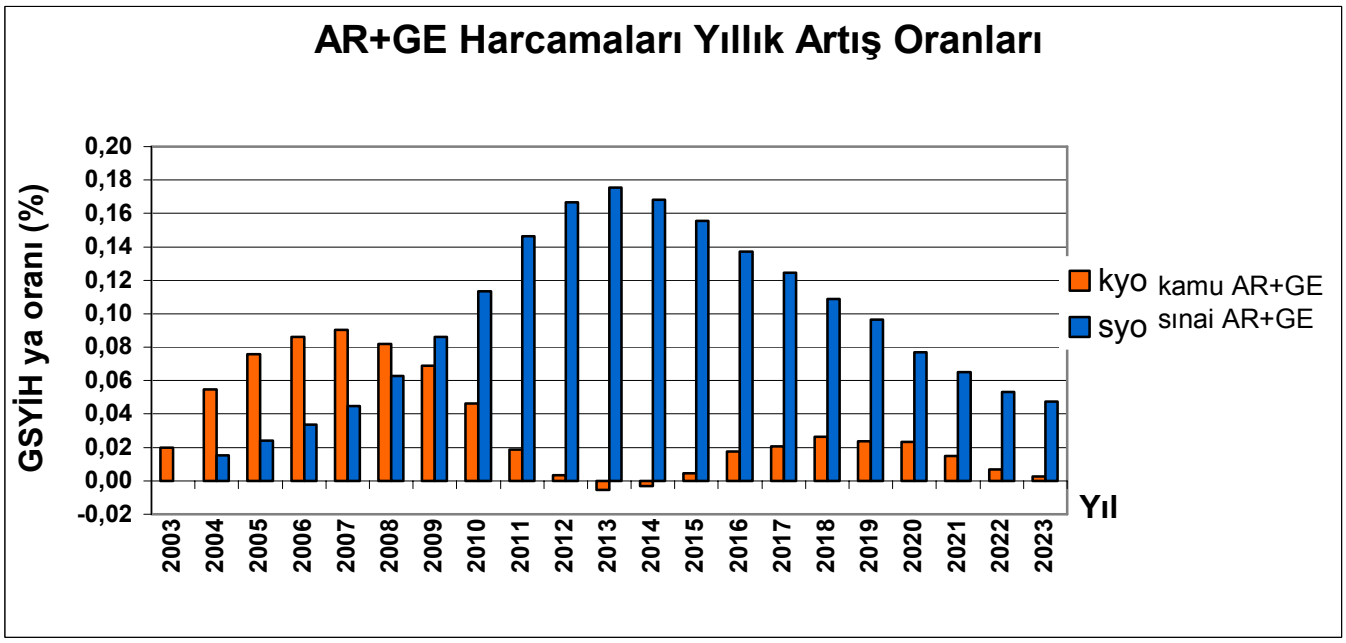
- Sanayii gelişmiş ve Teknolojik alanlarda hakimiyetini kabul ettirmiş ülkelerde ArGe harcamalarının Gayrı Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ya oranı **%2 - %2,5** arasında seyretmektedir. Hızlı teknolojik gelişmeyi ve Teknoloji ihracatçısı ülke olmayı hedeflemiş Güney Kore ve Finlandiya gibi ülkelerde ise hedeflenen oran **% 3**'tür. Bu oranı tutturabilen ve etkin sürekliliğini sağlayabilen ülkeler uluslararası teknoloji pazarında söz sahibi olabilmektedirler.
- ArGe harcamalarının kamu ve özel sektör (sanayi, sağlık, hizmet vb..sektörlerde) arasında paylaşımı da önemli bir faktördür. Savunma harcamaları minimuma indirgenmiş, doğal kaynakları kısıtlı, nüfusu az, ve en büyük gelirleri yatırım malı ve sınai ürün ihracatı olan İsviçre, Japonya, Almanya gibi ülkelerde özel sektör ArGe harcamalarının payı **%70**'lere kadar çıkmakta, ulusal savunma ve teknolojik gelişme programı olan Amerika Birleşik devletleri, Fransa, İngiltere gibi ülkelerde **%60**'larda seyretmektedir. Türkiye yüzülçümü, nüfusu, gelişmişlik durumu, hedefleri ve jeopolitik konumu nedeniyle bu büyük ülkeler arasındadır.
- **Türkiye için ArGe harcamalarında hedef olarak:**
  - **2013 yılında GSYİH nın % 2 si, devlet payı %50, özel sektör payı % 50**
  - **2023 yılında GSYİH nın % 3 ü, devlet payı % 40, özel sektör payı % 60**

  oranları hedef alınabilir. Şekil 2'de bu hedefler doğrultusunda oluşturulmuş bir gelişme diyagramı sunulmuştur.
- Devlet teşvik, destek ve yatırımlarının başlangıçta hedefi, geniş anlamda sınai ArGe faaliyetlerinin belirlenmiş Sınai Ürün Geliştirme hedefleri doğrultusunda organize olmasını sağlamak, ve bu faaliyetin etkin biçimde uluslararası rekabet gücü olan son ürünlere yansıması için gerekli ArGe alt yapısını kurmak ve organize etmek olmalıdır. İlk on yıllık gelişme planı bu yönde oluşturulmalıdır. Bu dönemde sınai ArGe payı % 20'lerden, sınai ArGe yetkinliğinin artması ile ilk on yılın sonunda % 50 oranına yükseltilmelidir.
- İkinci on yıllık dönemde sınai ArGe uluslararası rekabete açılarak ArGe çalışmalarının ürünlerini toplamaya başlayacak ve kendi oto-finansmanını sağlayacaktır. Bu dönemde devlet yatırımları uzun vade teknolojik hedefleri doğrultusunda ArGe alt yapısını güncel tutmaya ve yeni alanlarda temel ve uygulamalı araştırmaların finansmanına yönelmelidir. Sınai ArGe harcamaları payının 2023 yılında % 60'ın üzerine çıkması hedeflenmelidir.



Şekil 2: ArGe Harcamalarının GSYİH'ya oranının artması

- Bu durum ArGe Harcamaları yıllık artışlarının gösterildiği Şekil 3'te de açıkça izlenmektedir. Şekil 2'de gösterilen değişimi sağlamak için ArGe yatırımlarına devlet tarafından yapılacak ek yatırımın en fazla 2007 yılında GSYİH nın on binde dokuzu, (% 0,09) oranında, sanayi kuruluşlarınca yapılacak ek yatırımın en fazla 2013 yılında GSYİH nın on binde onsekizi (% 0,18) oranında olması yeterli gözükmektedir. **Türkiye bu yatırımları yapabilecek güçtedir.**



Şekil 3: ArGe yatırımlarının yıllara göre değişimi

5.3. Mekatronik Alanında yapılacak yatırımlar

Mekatronik Alanı kapsadığı Robotik, MEMS ve Jenerik Şemsiye Alanlarla ülkemizin Teknolojik gelişmesine en çok katkıda bulunacak alanlardan biridir. Toplam ArGe yatırımlarının yaklaşık 1/3 ünün öncelikli sınai sektörlerin hedeflerine, 1/3 ünün savunma ve kamu ArGe alt yapısına, geri kalan kısmın da eğitim ve araştırma kurumlarının ArGe alt yapısına ayrılacağı varsayılırsa, Mekatronik Alanının öncelikli sınai sektörlerin(otomotiv, beyaz eşya, sınai otomasyon), savunma ve sağlık – cihaz alanlarının hedef ürünlerine katkıları da hesaba katılarak Şekil 3'te gösterilen yıllık yatırımların yaklaşık % 15'inin bu alana ayrılması abartılı olmaz.

Bu yaklaşımla, GSYİH'nın yıllık artışının da % 4 civarında seyredeceği varsayılarak finansman tablosu Tablo 4'teki gibi öngörülebilir.

Mekatronik alanında ve diğer alanlarda öngörülen yatırımlar içinde uluslararası projelerden, ulusal bilim ve teknoloji altyapısını güçlendirmek için Avrupa Birliği, UNIDO, UNICEF gibi kuruluşlardan ve sanayi kuruluşlarının Avrupa Birliği Çerçeve programları, EUREKA programı gibi uluslararası işbirliği programlarından temin edecekleri kaynaklar da bulunmaktadır. Finansman yükünün bu olanaklar da kullanılarak hafifletilmesi için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Not: Bu bölümde yapılan önerilerin konuların uzmanları tarafından bir proje çerçevesinde çok daha gerçekçi ve ayrıntılu biçimde incelenebileceği ve daha doğru bir planlamanın oluşturulabileceği açıktır.

Yıl	GSYİH	ArGe Yatırım Oranları (%)		ArGe Yatırımları			MEKATRONİK ArGe YAT.		
		Devlet	Sanayi	Devlet	Sanayi	TOPLAM	Devlet	Sanayi	TOPLAM
2003	**239.235(*)**	0,020	0,000	48	0	48	**7**	**0**	**7**
2004	248.804	0,055	0,015	137	37	174	**21**	**6**	**26**
2005	258.757	0,076	0,024	197	62	259	**29**	**9**	**39**
2006	269.107	0,086	0,034	231	91	323	**35**	**14**	**48**
2007	279.871	0,090	0,045	252	126	378	**38**	**19**	**57**
2008	291.066	0,082	0,063	239	183	422	**36**	**28**	**63**
2009	302.709	0,069	0,086	209	260	469	**31**	**39**	**70**
2010	314.817	0,046	0,114	145	359	504	**22**	**54**	**76**
2011	327.410	0,019	0,146	62	478	540	**9**	**72**	**81**
2012	340.506	0,003	0,167	10	569	579	**2**	**85**	**87**
2013	354.126	-0,005	0,175	-18	620	602	**-3**	**93**	**90**
2014	368.291	-0,003	0,168	-11	619	608	**-2**	**93**	**91**
2015	383.023	0,005	0,155	19	594	613	**3**	**89**	**92**
2016	398.344	0,018	0,137	72	546	617	**11**	**82**	**93**
2017	414.278	0,021	0,124	87	514	601	**13**	**77**	**90**
2018	430.849	0,026	0,109	112	470	582	**17**	**70**	**87**
2019	448.083	0,024	0,096	108	430	538	**16**	**65**	**81**
2020	466.006	0,023	0,077	107	359	466	**16**	**54**	**70**
2021	484.646	0,015	0,065	73	315	388	**11**	**47**	**58**
2022	504.032	0,007	0,053	35	267	302	**5**	**40**	**45**
2023	524.193	0,002	0,048	10	252	262	**2**	**38**	**39**
(*) Gerçekleşmiş rakam (DİE)			TOPLAM	2.124	7.150	9.274	**319**	**1.073**	**1.391**

Tablo 4: GSYİH, ArGe Yatırımları ve Mekatronik ArGe yatırımları öngörü tablosu
(Rakamlar "milyon ABD Doları" dır.)

6. Yasal ve Düzenleyici Politikalar

Mekatronik alanı ile doğrudan ilgili Teknolojik Faaliyet Alanlarında aşağıdaki öneriler yapılmıştır:

- Bilim ve Teknoloji Bakanlığının kurulması,
- Kamu-Özel yatırımı ile mükemmeliyet merkezlerinin kurulması,
- Teknoloji Geliştirme Bölgelerine tanınan teşvik unsurlarının bulundukları il ve yerlere bakılmaksızın tüm teknoloji geliştirme şirketlerine yaygınlaştırılması,
- Teknolojik ArGe için daha çeşitli ve kapsamlı teşvik ve destek mekanizmalarının oluşturulması,
- Yeni ürünlerin tercih edilmesini sağlayacak teşvik mekanizmaları,
- İnnovasyon sisteminin, kurumların görev ve sorumluluklarının yeniden tanımlanması ile yeniden organize edilmesi,
- Bölgesel işbirliği ve ortak gelişme ağlarının kurulması,
- Bağımsız test yapabilecek milli test ve değerlendirme merkezlerinin kurulması ve uluslararası sertifikasyon yeteneğine sahip olunması,
- Üniversitelerde Mekatronik ve alt alanlarındaki eğitim ve uygulamalı çalışmaların teşvik edilmesi.
- Çok zor yetişen araştırmacıların madden ve manen teşvik edilmesi. Maaş seviyelerinin olması gereken seviyelere çıkartılması. Konusunda iyi uygulamalı araştırmacılara çekici maaşların sunulabilmesi. Büyük boyutlu araştırma projelerinde çalışan üniversite öğretim üyelerinin ders yüklerini "release time" gibi bir mekanizmayla azaltabilmelerine olanak sağlanması.
- Ülke genelinde TÜBİTAK, DPT gibi kuruluşlar vasıtasıyla verilen araştırma projelerinin bütçelerinde araştırma personeli giderlerinin yer almasına olanak verilmesi. Kabul edilen araştırma projelerinin yıllık bütçelerinin yıl başında toptan torba bütçe olarak verilmesi ve tüm harcama yetkisinin (genel kayıt prensiplerine uyulmak kaydıyla) proje yürütücüsüne bırakılması.
- Araştırma projelerinde doktoralı araştırmacılardan ve uzman mühendislerden yararlanılmasını kolaylaştıran düzenlemelerin yapılması.
- Seçilen konularda, konunun uzmanı Türk ve yabancı bilim adamlarının Türkiye'ye uzun süreli gelip bilgilerini aktarmalarını sağlayacak maddi destek mekanizmalarının yaratılması.
- Projelerde görev alacak öğrencilere (burs niteliğinde) doğrudan saat ücreti ödenebilmesi.
- Telif, teşvik ve ödüllerin vergiden muaf olması.
- Teçhizat, hizmet ve sarf malzemesi alımı gibi konulardaki bürokratik uygulamaların azaltılması.

7. Ulusal Programlar

7.1. Ulusal Robotik Araştırma Geliştirme Merkezi

7.2. Ulusal Bilişim Teknolojileri Araştırma Geliştirme Merkezi

7.3. Ulusal Bilgi İletişim Teknolojileri Araştırma Geliştirme Merkezi

7.4. Ulusal Mikro Elektronik Araştırma Geliştirme Merkezi

7.5. Ulusal MEMS Araştırma Geliştirme Merkezi

7.6. Ulusal Sağlık – Cihaz Araştırma Geliştirme Merkezi

7.7. Üniversitelerde Mekatronik Araştırma Geliştirme Enstitüleri

7.8. ArGe Teşvik ve Destek Bilgilendirme Merkezi

7.9. Vizyon 2023 Halkla İlişkiler ve Bilgilendirme Merkezi

8. Güdümlü Projeler

8.1. Savunma Robotiği, Biyomekatroniği Projesi

8.2. Otomotiv Mekatroniği

8.3. Biyomimetik, Biyosibernetik ve Android Projesi

8.4. Beyaz Eşya Mekatroniği Ulusal Projesi

8.5. Sağlık – Cihaz Mekatroniği Projesi

9. Kamu Tedarik programları

9.1. Savunma faaliyet alanları ile ilgili kamu tedarik programları

Sonuç Olarak;

Bu raporda Vizyon 2023 Projesi çalışmalarında bugüne kadar elde edilmiş sonuçlar değerlendirilerek "mekatronik" alanında önümüzdeki 20 yıl içinde ülkemizde yapılması gerekenlerin belirlenmesine özen gösterilmiştir. Çok dar bir zamanda oluşturulmuş bu rapordaki bilgi ve önerilerin, daha geniş bir zaman aralığında ve diğer raporlarla da birleştirilerek, gerçekçi hedef ve politikalara yol açacağına inanılmaktadır.

Ekler

Ek 1: Mekatronik Alanı İçin Hedef Teknolojik Aşama ve Gelişmelerin Açıklamaları

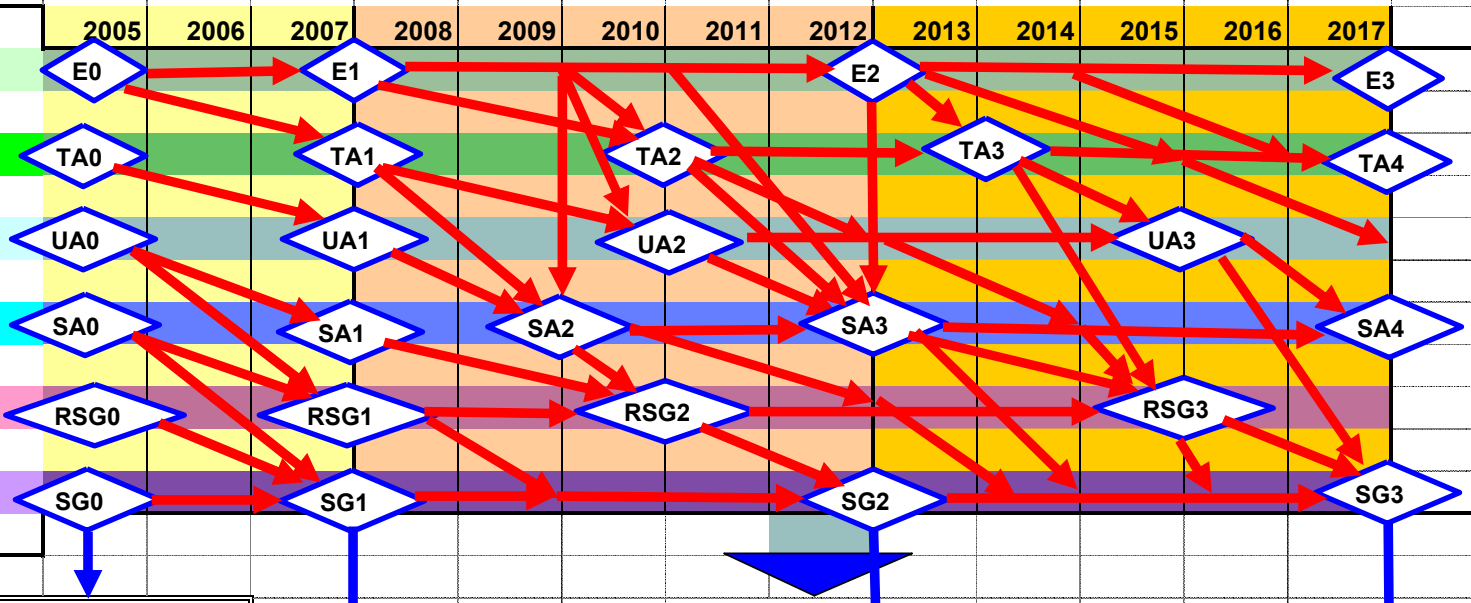
Ek 2: Mekatronik ve Jenerik Alanlar Yol Haritası

Ek 3: Robotik Yol Haritası

Ek 4: MEMS ve Duyargalar Yol Haritası

EK 1: **MEKATRONİK ve JENERİK ALANLAR YOL HARİTASI**

TEKNOLOJİLER | **POLİTİKA, STRATEJİ VE HEDEFLER**



Delfi ve SWOT tekrarı

Başlangıç Hedefleri

E0: 1. Ulusal Mekatronik Kongresi (TÜBİTAK)
TA0: Mekatronik Temel Ar. Destek Programı(MİSAG)
UA0:Mekatronik Uyg. Ar. Destek Programı(MİSAG)
SA0: Sınai Ar. Destek Programı ve Mekanizmaları
RSG0: RÖ Sınai Gel. Destek Programı ve Teşvikler
SG0:Başlangıç Desteği, Kamu Tedarik Programları

2007 Hedefleri

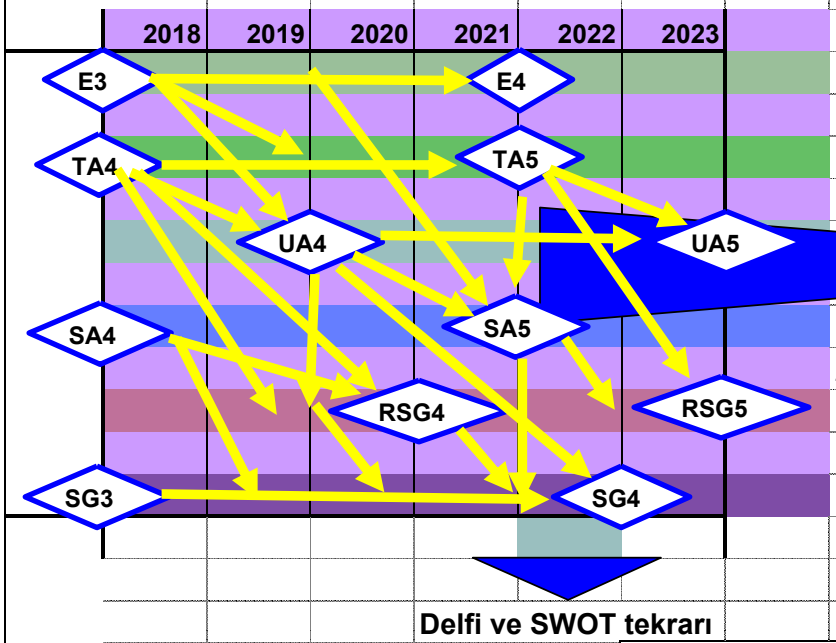
E1:yeni 5 lisans, 3 yüksek Lisans programı
TA1:
UA1:
SA1:
RSG1:
SG1: raporda belirtilmiştir.

2012 Hedefleri

E2: yılda 200 lis. 50 y.lis. 10 doktora
TA2
UA2
SA3
RSG2
SG2 raporda belirtilmiştir.

2017 Hedefleri

E3: yılda 400 lis. 100 y.lis. 20 doktora
TA4:
UA3:
SA4:
RSG3:
SG3:raporda belirtilmiştir.



EĞİTİM HEDEFİ:

TEMEL ARAŞTIRMA HEDEFİ:

UYGULAMALI ARAŞTIRMA HEDEFİ:

SINAİ ARAŞTIRMA HEDEFİ:

REKABET ÖNCESİ SINAİ GELİŞTİRME HEDEFİ:

SINAİ GELİŞTİRME HEDEFİ:

2023 Hedefleri
E4: yılda 500 lis. 200 y.lis. 50 doktora
TA5:
UA5:
SA5:
RSG5:
SG4:raporda belirtilmiştir.

EK 2: HEDEFLENEN TEKNOLOJİK AŞAMA ve GELİŞMELER

			SG	ROSG	USAR	TA	E-IK	ÖNCELİK
			0,1	0,2	0,3	0,5	1	
SG2-1	D23	Mekatronik sistemlerde MEMS hücreli sürücü ve kontrol sistemi içine yerleştirilmiş kompakt servo motorların yaygın kullanımı	2	1	1	1	1	**2,20**
SG2-2	D25	Taşıtlarda mükemmel yanmayı sağlayacak sensör ve temel kontrol ünitelerinin yaygın kullanımı	2	1	1	1	1	**2,20**
SG2-3	D50	Ulaştırma sistemleri entegrasyonu ve sürücüsüz aracın gerçekleşmesine olanak tanıyacak sensör ve uygulama teknolojilerinin geliştirilmesi	2	1	1	1	1	**2,20**
SG2-4	E5	Konumlama ve tekrarlama hassasiyeti ±0,5 mm den küçük pnömatik aktüatörlerin kullanımının yaygınlaşması	2	1	1	1	1	**2,20**
SG2-5	D3	Basıncı ve iklim şartlarını algılayarak, gerekli ayarlamaları yapabilen MEMS ürünlerinin beyaz eşyaların %25'inde kullanılması	2	1	1	1	1	**2,20**
SG2-6	D30	Titreşim ve gürültü engelleyici aktif kontrol sistemlerinin ulaşım araçlarında yaygın kullanımı	2	2	1	1	1	**2,40**
SG2-7	DXX	Akıllı sistemler ile enerji yönetiminin yaygınlaşması	2	2	1	1	1	**2,40**
SG3-1	D9	Fırçasız doğru akım motorlarının, yıllık 1 kW altı elektrik motor üretiminin %75'ine ulaşması	3	2	1	1	1	**2,50**
SG3-2	D14	CAD sistemlerinin, klavye, elektronik kalem gibi aracı aletler olmadan, tasarımcının parmak, el ve vücut hareketlerini algılayarak tasarımı gerçekleştirecek ve bilgisayara aktaracak kadar basit kullanımlı hale gelmesi	3	2	1	1	1	**2,50**
SG3-3	D33	Güvenli takip mesafesi ve yol tutuşu sağlayan akıllı araç - içi sistemlerin yaygın kullanımı	2	2	2	1	1	**2,70**
SG3-4	D34	Kötü hava koşullarında (sis, buz, tek taraflı rüzgar, gece sürüşü) normal hızda güvenli seyahat sağlayacak akıllı araç-içi sistemlerin geliştirilmesi	2	2	2	1	1	**2,70**
SG3-5	D4	Makinaların işleyişini ve akıllı davranmalarını sağlayan kontrol algoritmalarının yapay zeka kullanılarak gömülü program kodlarına dönüştürülmesi	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-6	D12	Deniz mayınlarını ve torpidoları tespit eden, tanımlayabilen ve otonom karşı tedbir kararlarını alabilen robotların geliştirilmesi	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-7	D13	Kitlesel ürünlerde kişiye özel üretime (mass-customization) olanak sağlayacak imalat	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-8	D10	Fırçasız doğru akım motorlarının, yıllık endüstriyel elektrik motor üretiminin %40'ına ulaşması	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-9	D49	Ultra-ince yüzey film esaslı biyo-sensör ve kemo-sensörlerin kullanılmaya başlanması	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-10	E4	Konumlama hassasiyeti ±0,1 μm olan doğrusal motorların her türlü endüstriyel uygulamada kullanımının yaygınlaşması	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-11	D22	MEMS teknolojisiyle imal edilen akıllı sensör ve itici / uyarıcı (actuator) bileşenlerin makine tasarımında kullanılmaya başlanması	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-12	D20	100 nm altı hassasiyetle çalışan litografi makinalarının imalatının gerçekleştirilmesi	3	2	2	1	1	**2,80**
SG3-13	E1	Farklı montaj uygulamalarına uyarlanabilen, yürüme, tutma ve görme yeteneği ile donatılmış kinematik olarak insana benzeyen robotların sanayide kullanımının yaygınlaşması	3	3	2	1	1	**3,00**
SG3-14	D21	Nano-teknoloji malzeme kullanarak, ultra-hassas ayar yapılabilir mühendislik makinalarının üretilmeye başlanması	3	3	2	1	1	**3,00**
SG3-15	D51	İnsanın yaydığı biyo-enerjiyi algılayan ve yorumlayan sistemlerin geliştirilmesi	3	3	2	1	1	**3,00**
SG3-16	D48	Sıvı gıdalarda tat kontrolu yapan özel seramik sensörlerin kullanılmaya başlaması	3	3	2	1	1	**3,00**
SG4-1	D15	İmalat kontrol sistemlerinde, bulanık mantık (fuzzy logic) algoritmasının yaptığı gibi bir sıçrama gerçekleştirebilecek yeni bir kontrol paradigmasının geliştirilmesi	4	3	2	1	1	**3,10**

EK 3:

MEKATRONİK – ROBOTİK YOL HARİTASI

TEKNOLOJİLER | **POLİTİKA, STRATEJİ VE HEDEFLER** | **STRA. AMAÇLAR**

Teknoloji Alanı: **Robotik**

2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023

Temel Araştırma

Uygulamalı Araştırma

Sınai Araştırma

Sınai Geliştirme

► Biyomekatronik donanimli insan, humanoid, insan tardimli robot

Hedef 2019; Yerli Teknoloji ile Üretilmiş İnsanımsı (Humanoid) Robotların Montaj Endüstrisinde Görev Alması

Hedef 2023;
Otomotiv, Ev Konforu, Ev Elektroniği, Sağlık, Üretim makinaları, Mobilya, Eğitim, Gıda, Sivil ve Askeri hizmet ve diğer alanlara sunulan Biyomekatronik ürünler ve Biyomekatronik/insan entegrasyonlu sistemler ile yıllık 10 milyar $ lık ihracat geliri ile dünyadaki ilk 8 ülke arasında olmak

► Ulusal Endüstride kullanlan Biyomekatronik sistemlerin % 40'ının ulusal teknoloji ile gerçekleştirilmesi

4 Temel Uygulamali Robotiks Mühendislik
► MAKİNA
Tasarım ve Sistem Konseptleri , Modelleme, Sistem Dinamiği, Mekatronik eleman ve organlar, Rijid ve esnek kollar, Mobil mekanizmalar Hassas mekanizmalar, Ölçme ve Olcum fuzyon teknolojisi (mesafe, yüzey, boyut ve varlık-yokluk), Üretim (Hizmet, Sanayi ve Askeri uygulamalar) ve diğerleri
► ELEKTRİK ve ELEKTRONİK
Servo motor ve sürücüler, Açısal ve Doğrusal Kodlayıcılar, MEMS, Sensörler, Görme ve işaret işleme, İşlemciler ve diğerleri
► KONTROL
Hesaplamalı Tork Tabanlı, Neural Ağ, Kayar kipli, Puslu Mantık, Gerçek Zamanlı, Adaptive ve diğerleri, coklur robotlarin ortaklasma denetimi,kavrama denetimi algilama tabanli denetim.
► BİLGİSAYAR
Genetik ve genel Algoritmalar, gömülü yazılımlar, Yapay Zeka, Zeki yapılar, arayüzler, İletişim ve diğerleri

Sanayi ile ortak hedefli Yurt içi ve Dışı Doktora Çalışmaları
► servomotor, sürücü kontrol platformları ve boşluksuz redüksiyon geliştirme için güdümlü proje başlatılması
► biyoeyleyici, konrol platformlar, Haptik gerecler, ag uzerinden robotiks ve ozel uygulama alanlari icin robot gelistirme (mayin bulam imha etme,surveillance, arama kurtarma, tip uygulamalari icin medikal robotiks,IHA, uzayrobotiksi) için güdümlü proje başlatılması
► Çoklu mekanizmal coklu duyucu ile senkron hareket denetim, ortaklasma denetim,dagitik denetim ve algilama aglari iceren akilli sistemlerin geliştirlme
► rekabet oncesi arastirma icin, BiyoMekatronik ve BIyoRobotik sistemleri içeren tamamı ile uygulamaya hedefli tam donanımlı 1 büyük Mekatronik merkezin (USAMP) kurulması ve bu merkezin 3 uydu birirmin 3 ayri ilde kurulmasi:biyootomasyon, biyor robotiks, biyoduyucular uzerine

► Endüstriyel Yetenek kazanmış Mekatronik-Robotik firmaların rekabet öncesi ortak biyomekatronik ve biyomekatronik/insan sistemlerinde yer almalari

Sanayi kuruluslarında
► Esnek, Rijit, Biyomekanik Mobilite (uçma,yürüme,palet ve tekerlekli ve diğerleri), BiyoMekatronik ürün (sensör, motor, işlemci ve diğerleri)
► biyomekatronik donanimli insan ve otomasyona entegrasyonu.Biyootomasyon uygulama ve sistemleri yapabilme yeteneğine ulusal insan kaynağı ve üretim yeteneği ile sahip olunması

► Biyoemekatronik/insan arayuzleri

► Çok eklemli esnek robot kollarının prototipleri
► Biyomekatronik/insan Entegre akilli bilgisayar gomulu ortamlar. Biyootomasyon

► Mekatronik merkezlerin dşında endüstriyel araştırma Laboratuarların özel firmalarda kurulması

► Yapay (sibernetik) organlarn geliştirlmesi.biyoeyleyiciler duyucular
► Yürüme denemelerin başlaması
► Robotik sistemler ile Cerrahi uygulamalara başlanması
► biyorobotik dokular
► insanin biyomekatronik uzantilari

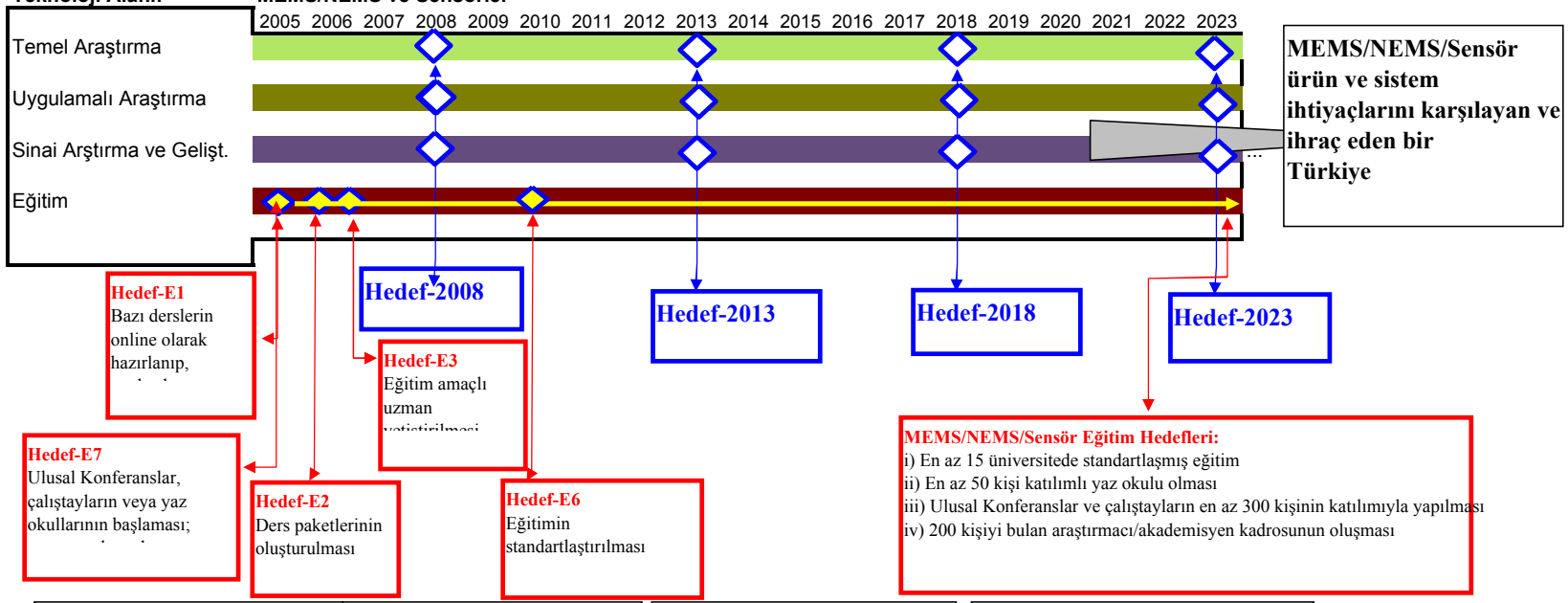
Mekatronik donanimli insan ve gerecler omasyonda mekatronik donanimli insan İnsani donanima entegre edebilecek Mekatroniks sistemleri
Çoklu gövde 24 serbestlik dereceli sistemler)mekanik,kontrol,yazılım(

► %100 Yerli sermaye ile kurulan Mekatronik firmalan odaklı projelerde yeteneklerine göre desteklenmesi
► Biyomekanik organlara giş
► Neural arayüzler ve insan/ makina saydam arayuzler
► Doğal ve yapay dünya arayüzleri

EK 4: **MEKATRONİK – MEMS ve DUYARGALAR YOL HARİTASI**

TEKNOLOJİLER | **POLİTİKA, STRATEJİ VE HEDEFLER**

Teknoloji Alanı: **MEMS/NEMS ve Sensörler**



Hedef 2008: Türkiye'deki dokuz ana sektörde kullanılan MEMS/NEMS/Sensörlerin tasarım yeteneğinin yaygınlaştırılması ve merkezi protip üretim tesislerinin kurulması. Protiplerin endüstriye uygulanabilirliğine ve sistem entegrasyonuna odaklanmış en az 3 tane KOBİ'nin faaliyette olması

Hedef 2013: Yurtiçinde geliştirilen MEMS/NEMS/Sensör protiplerinin sınai ürünlerinde kullanılır hale getirilmesi. Bu amaca yönelik en az 10 tane KOBİ'nin faaliyette olması

Hedef 2018: Öncelikli alan olarak belirlenen sekiz sektörde MEMS/NEMS/Sensör protiplerinin ürün halinde üretilebilecek en az iki büyük firmanın altyapı oluşturması ve ülke bazında bir ana üretim merkezin oluşması

Hedef 2023: En az 20 tane KOBİ'nin faaliyette bulunması ve en az bir büyük oyuncunun global üretici olması

MEMS/NEMS/Sensör ürünlerine ihtiyaç duyan sektörler: 1) Otomotiv, 2) Ev konfor cihazları, 3) Sağlık, 4) Savunma/Havacılık/Uzay, 5) Çevre 6) Bilişim teknolojileri, 7)Proses kontrol/Metroloji, 8) Tekstil, 9) Gıd