

TEKNOLOJİ YOL HARİTASI NASIL OLUŞTURULMALI?

Bugünün Projelerinden Yarının Teknolojik Yetkinliklerine

YÖNETİCİ ÖZETİ

Şirketlerin teknoloji gündemi çoğu zaman gelecekte geliştirilecek ürünler üzerinden şekillenir. Hangi ürünler geliştirilecek? Hangi pazarlara girilecek? Hangi yeni teknolojiler kullanılacak? Ancak şirketin gelecekteki rekabet gücünü belirleyen daha temel bir soru vardır: **Bu ürünleri ve iş modellerini mümkün kılabilmek için gelecekte hangi teknolojik yetkinliklere sahip olmamız gerekecek?**

Ürün yol haritası ile teknoloji yol haritası arasındaki temel fark burada ortaya çıkar. Ürün yol haritası şirketin gelecekte **ne sunacağını** gösterirken, teknoloji yol haritası bunu mümkün kılmak için organizasyonun **neyi bilmesi, neyi yapabilmesi ve hangi teknolojik yetkinliklere sahip olması gerektiğini** tanımlar. Bu nedenle teknoloji yol haritası, gelecekte çıkarılacak ürünlerin veya takip edilecek teknolojilerin takvimi değildir. **Şirketin gelecekte rekabet edebilmesi için hangi teknolojik yetkinlikleri, ne zaman ve hangi yatırım kararlarıyla oluşturması gerektiğini gösteren stratejik bir karar sistemidir.**

Güçlü bir teknoloji yol haritası teknolojiden değil, **şirket stratejisinden** başlar. Şirketin gelecekte hangi pazarlarda rekabet etmek ve müşterilerine hangi değeri sunmak istediği; ihtiyaç duyacağı ürün ve sistem yetkinliklerini, bunlar da gerekli teknolojik yetkinlikleri belirler. Dolayısıyla temel mantık şu zincir üzerine kurulmalıdır:

ŞİRKET STRATEJİSİ → DEĞER ÖNERİSİ / PAZAR → ÜRÜN & SİSTEM GEREKSİNİMLERİ → TEKNOLOJİK YETKİNLİKLER → TEKNOLOJİ YATIRIMLARI

Bu yaklaşım teknoloji yönetiminin sorusunu da değiştirir. Asıl soru “**Hangi teknolojiler geliyor?**” değil, “**Gelecekte yaratmak istediğimiz değer için hangi teknolojik yetkinlikler kritik olacak?**” sorusudur. Bir sonraki adım, şirketin bugün sahip olduğu yetkinliklerle gelecekte ihtiyaç duyacağı yetkinlikler arasındaki farkı görünür hale getirmektir. Bu **teknolojik yetkinlik açığı**, hangi alanlarda yatırım yapılması gerektiğini ve Ar-Ge portföyünün hangi yetkinlikleri oluşturacak şekilde tasarlanması gerektiğini ortaya koyar.

Teknoloji yol haritası ile Ar-Ge portföyü arasındaki bağlantı da burada kurulur: **Teknoloji yol haritası, gelecekte hangi yetkinliklerin oluşturulması gerektiğini belirler. Ar-Ge portföyü ise bu yetkinlikleri oluşturmak için bugün hangi projelere kaynak tahsis edileceğini belirler.** Bu iki mekanizma birbirinden ayrıldığında Ar-Ge, ortaya çıkan proje fikirlerine ve kısa vadeli ihtiyaçlara tepki veren reaktif bir yapıya dönüşebilir. Birlikte yönetildiğinde ise Ar-Ge projeleri bağımsız teknik girişimler olmaktan çıkar; şirketin gelecekteki rekabet pozisyonunu sistematik biçimde inşa eden teknoloji yatırımlarına dönüşür. Ancak teknoloji yol haritası da bir kez hazırlanıp sabitlenen bir plan değildir. Teknoloji, pazar, rekabet, regülasyon ve şirket stratejisi değiştikçe yol haritasının da yeni

bilgiler ışığında yeniden değerlendirilmesi gerekir. Bu nedenle olgun teknoloji yönetimi, statik bir planlama sürecinden çok **sürekli bir öğrenme ve yeniden karar verme sistemidir**. Sonuçta teknoloji stratejisinin temel sorusu: **“Gelecekte hangi teknoloji önemli olacak?”** değil, **“Gelecekte yaratmak istediğimiz değeri mümkün kılmak için bugün hangi teknolojik yetkinlikleri inşa etmeye başlamalıyız?”** olmalıdır.

Geleceği tahmin etmek teknoloji stratejisi değildir. Teknoloji stratejisi, gelecekte ihtiyaç duyacağınız yetkinlikleri bugünden inşa etmeye başlamaktır.

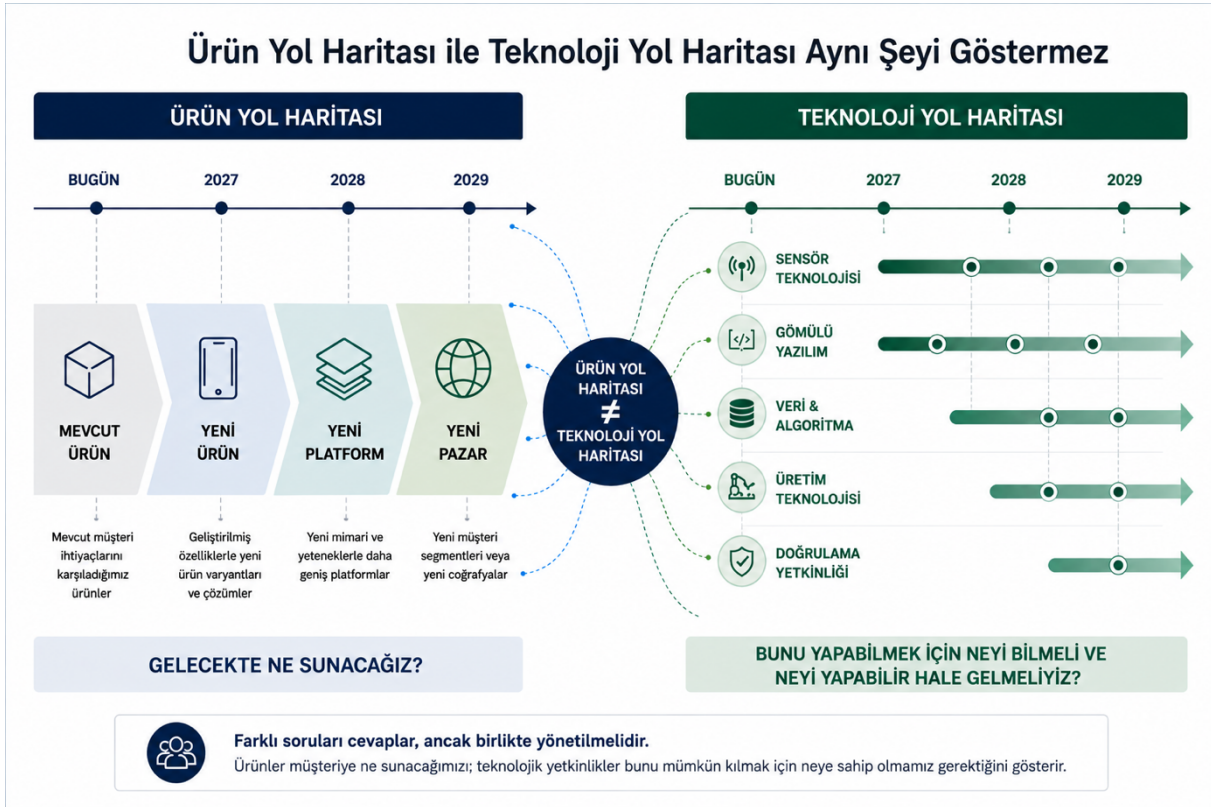
1. ÜRÜN YOL HARİTANIZ VAR. PEKİ TEKNOLOJİ YOL HARİTANIZ VAR MI?

Şirketlerde gelecek planlaması çoğu zaman ürünler üzerinden yapılır. Önümüzdeki üç veya beş yılda hangi ürünlerin geliştirileceği, mevcut ürünlerin hangi özelliklerle yenileneceği, hangi pazarlara girileceği ve hangi ürün platformlarının oluşturulacağı belirlenir. Bu planlar yönetimin ürün geliştirme önceliklerini görünür hale getirir ve organizasyona önemli bir yön sağlar. Ancak burada kritik bir soru çoğu zaman cevapsız kalır: **Bu ürünleri gelecekte geliştirebilmek için hangi teknolojik yetkinliklere sahip olmamız gerekecek?**

Bir şirketin 2028 yılında yeni nesil bir ürün platformunu pazara sunmayı hedeflediğini düşünelim. Ürünün hangi özelliklere sahip olacağı, hangi müşteri segmentine hitap edeceği ve ne zaman pazara çıkacağı tanımlanmış olabilir. Ancak ürünün gerektirdiği sensör teknolojisinin, gömülü yazılım mimarisinin, veri analitiği yetkinliğinin, üretim teknolojisinin veya doğrulama altyapısının organizasyonda ne zaman hazır olması gerektiği tanımlanmamışsa, şirketin elinde bir **ürün hedefi** vardır; fakat bu hedefi mümkün kılacak **teknolojik yol** henüz görünür değildir. Ürün yol haritası ile teknoloji yol haritası arasındaki temel fark burada ortaya çıkar. **Ürün yol haritası “Gelecekte ne sunacağız?” sorusunu cevaplar. Teknoloji yol haritası ise “Bunu yapabilmek için neyi bilmemiz ve neyi yapabilir hale gelmemiz gerekiyor?” sorusunu cevaplar.** Bu iki soru birbirine bağlıdır ancak aynı değildir.

Bir ürünün pazara çıkış tarihi belirlenebilir. Fakat o ürünü mümkün kılacak kritik teknolojiler yeterince olgunlaşmamışsa, gerekli mühendislik yetkinlikleri organizasyonda oluşmamışsa veya doğrulama ve üretim altyapısı zamanında hazır değilse ürün yol haritasındaki tarih, teknolojik gerçeklikten kopmuş bir hedefe dönüşebilir. Bu nedenle teknoloji yol haritası, ürün yol haritasının altına eklenen bir “teknoloji listesi” değildir. Görevi hangi teknolojilerin popüler olduğunu göstermek de değildir. Teknoloji yol haritası, şirketin gelecekte sunmak istediği ürünler ve yaratmak istediği değer ile bu hedefleri mümkün kılacak teknolojik yetkinlikler arasında **zaman temelli bir bağlantı** kurar. Başka bir ifadeyle ürün yol haritası gelecekte ortaya çıkması beklenen **çıktıları**, teknoloji yol haritası ise bu çıktıları mümkün kılacak **teknolojik kapasitenin nasıl oluşacağını** görünür hale getirir. Bu ayrım özellikle uzun geliştirme sürelerine, yüksek teknik belirsizliğe veya önemli doğrulama ve regülasyon gereksinimlerine sahip sektörlerde kritiktir. Çünkü bir ürün geliştirme projesi başlatıldığında ihtiyaç duyulan teknolojik

yetkinlikleri oluşturmaya başlamak çoğu zaman geç olabilir. Bazı teknolojilerin araştırılması, olgunlaştırılması, doğrulanması ve organizasyon içinde kullanılabilir bir yetkinliğe dönüştürülmesi yıllar sürebilir. Dolayısıyla geleceğin ürünleri yalnızca ürün geliştirme kararlarıyla değil, **o ürünlerden önce verilmiş teknoloji yatırım kararlarıyla** mümkün hale gelir.



Şekil 1 — Ürün Yol Haritası ile Teknoloji Yol Haritası Aynı Şeyi Göstermez.

Ürün yol haritası şirketin gelecekte hangi ürünleri, platformları veya pazar tekliflerini ortaya koymayı planladığını gösterirken, teknoloji yol haritası bu hedefleri mümkün kılacak teknolojik yetkinliklerin hangi zamanlamayla oluşturulması gerektiğini görünür hale getirir. Ürün hedeflerinin teknolojik hazırlıktan bağımsız planlanması, ürün geliştirme sürecinde kritik yetkinlik açıklarının geç fark edilmesine neden olabilir. Bu nedenle ürün ve teknoloji yol haritaları birbirinin alternatifi değil, aynı stratejik geleceğin iki farklı katmanıdır.

Bir şirketin gelecekte hangi ürünleri geliştirmek istediğini bilmesi önemlidir. Ancak daha stratejik olan, **bu ürünleri geliştirebilme kapasitesini ne zaman ve nasıl oluşturacağını bilmesidir**. Bu nedenle teknoloji yol haritasının başlangıç noktası yeni teknolojilerin listesi değil, şirketin gelecekte yaratmak istediği değerdir.

Bir sonraki soru artık şudur: **Gelecekte hangi teknolojiler ortaya çıkacak?** değil, **Gelecekte yaratmak istediğimiz değer için hangi teknolojik yetkinlikler bizim açımızdan stratejik olacak?** Bu ayrım bizi teknoloji yol haritasının ikinci temel prensibine götürür: **Teknoloji stratejisi geleceği tahmin etmek değildir.**

2. TEKNOLOJİ STRATEJİSİ GELECEĞİ TAHMİN ETMEK DEĞİLDİR

Teknoloji yol haritası hazırlanırken yapılan en yaygın hatalardan biri, sürece gelecekte öne çıkması beklenen teknolojilerin listesini oluşturarak başlamaktır. Yapay zekâ, robotik, ileri sensör teknolojileri, dijital ikizler, yeni nesil haberleşme altyapıları veya ileri üretim teknolojileri hızla gelişiyor olabilir. Bu gelişmeleri izlemek şirketler için önemlidir. Ancak bir teknolojinin hızla gelişmesi veya sektör gündeminde öne çıkması, o teknolojinin şirket için doğru yatırım olduğu anlamına gelmez. Çünkü teknoloji trendi ile teknoloji stratejisi aynı şeyi cevaplamaz.

Teknoloji trendi “Dünyada hangi teknolojiler gelişiyor?” sorusunu sorar. Teknoloji stratejisi ise “Bu gelişmelerden hangileri gelecekte yaratmak istediğimiz değer açısından bizim için kritik?” sorusunu sorar. Bu ayrım yapılmadığında şirketlerin teknoloji gündemi kolaylıkla dışarıdan yönlendirilebilir. Yeni bir teknoloji büyük ilgi gördüğünde organizasyon içinde hızla proje fikirleri oluşabilir. Rakiplerin yaptığı yatırımlar takip edilebilir. Yönetim belirli teknolojilerin şirket içinde de kullanılmasını isteyebilir. Teknik ekipler yeni teknolojileri denemek için Ar-Ge projeleri önerebilir. Bu girişimlerin her biri kendi içinde anlamlı olabilir. Ancak ortak bir stratejik bağlam içinde değerlendirilmediklerinde şirketin önünde giderek büyüyen bir **teknoloji fırsatları listesi** oluşur. Sorun teknolojik fırsatların azlığı değil, hangi fırsatların şirket açısından gerçekten önemli olduğunun belirlenmesidir. Örneğin yapay zekânın stratejik önemi iki farklı şirket için tamamen farklı olabilir. Bir şirket açısından yapay zekâ ürünün temel performansını ve rekabet avantajını belirleyen kritik bir yetkinlik olabilir. Başka bir şirket açısından ise aynı teknoloji yalnızca belirli operasyonların verimliliğini artıran destekleyici bir araç olabilir.

Teknoloji aynıdır. Ancak **stratejik değeri aynı değildir.** Dolayısıyla bir teknolojinin yatırım önceliği yalnızca teknolojinin kendi potansiyelinden türetilemez. Değer, teknoloji ile şirketin gelecekteki rekabet pozisyonu arasındaki bağlantıdan doğar. Bu nedenle teknoloji stratejisinin amacı gelecekte hangi teknolojinin “kazanacağını” doğru tahmin etmek değildir. Böyle bir yaklaşım zaten teknoloji dünyasının doğasındaki belirsizliği göz ardı eder. Bazı teknolojiler beklenenden hızlı gelişir, bazıları teknik sınırlamalarla karşılaşır, bazıları ekonomik olarak ölçeklenemez, bazıları regülasyon veya altyapı engelleri nedeniyle pazara beklenenden geç ulaşır. Bugün güçlü görünen bir teknoloji birkaç yıl sonra önemini kaybedebilir; bugün erken aşamada görünen başka bir teknoloji ise yeni bir rekabet alanının temelini oluşturabilir. Şirketlerin bütün bu gelişmeleri doğru tahmin etmesi mümkün değildir. Ancak buna ihtiyaç da yoktur. Asıl yönetim görevi, farklı teknolojik gelecekler karşısında şirketin hangi **teknolojik yetkinliklere sahip olması gerektiğini** belirlemek ve bu yetkinliklerin oluşturulmasına ilişkin yatırım kararlarını

zamanında verebilmektir. Bu yaklaşım teknoloji stratejisini tahminden **stratejik seçim** problemine dönüştürür.

Şirket her yeni teknolojiyi takip edebilir; ancak her teknolojiyi geliştiremez. Her teknolojiyi deneyebilir; ancak her deneyi stratejik yatırıma dönüştüremez. Her teknolojik fırsat ilginç olabilir; ancak her fırsat şirketin gelecekte yaratacağı değer açısından aynı öneme sahip değildir. Dolayısıyla teknoloji stratejisi yalnızca neye yatırım yapılacağını belirlemekle kalmaz. Aynı zamanda **hangi teknolojilerin izleneceğini, hangilerinin henüz yatırım gerektirmediğini ve hangi fırsatların bilinçli olarak şirketin teknoloji gündeminin dışında bırakılacağını** da belirler. Bu noktada kritik ayrım şudur:

TEKNOLOJİK ÇEKİCİLİK ≠ STRATEJİK ÖNEM

Bir teknoloji teknik olarak güçlü, hızla büyüyen ve önemli bir pazar potansiyeline sahip olabilir. Ancak şirketin gelecekteki ürünleri, değer önerisi, mevcut veya geliştirilebilir yetkinlikleri ve rekabet pozisyonuyla güçlü bir bağlantısı bulunmuyorsa doğru teknoloji yatırımı olmayabilir. Bu bakış açısı, teknoloji yönetiminin temel sorusunu değiştirir. **“Hangi teknolojileri takip etmeliyiz?”** yerine, **“Hangi teknolojik yetkinlikler gelecekte yaratmak istediğimiz değeri mümkün kılacak?”** sorusu öne çıkar. Bu değişim önemlidir. Çünkü ilk soru şirketi dış dünyadaki teknolojik gelişmelerden içeriye doğru götürür:

TEKNOLOJİ → FIRSAT → PROJE

İkinci soru ise şirketin stratejik hedeflerinden teknoloji yatırımlarına doğru ilerler:

STRATEJİ → DEĞER → YETKİNLİK → TEKNOLOJİ

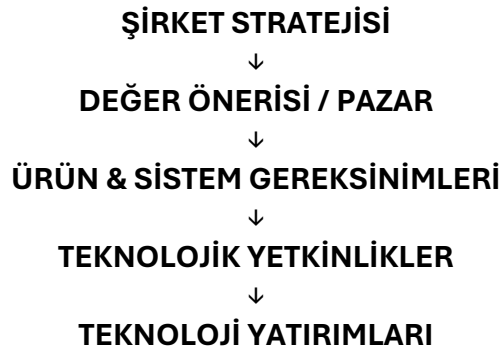
İşte gerçek teknoloji yol haritasının başlangıç noktası da burasıdır. Teknoloji yol haritası, gelecekte hangi teknolojilerin önemli olacağını tahmin etmeye çalışan bir teknoloji kataloğu değil; **şirketin gelecekte yaratmak istediği değeri hangi teknolojik yetkinliklerle mümkün kılacağını belirleyen stratejik bir seçim mekanizmasıdır**. Bu nedenle teknoloji stratejisinin temel prensibi şudur: **Geleceği tahmin etmeye çalışmayın. Gelecekte rekabet edebilmek için hangi yetkinliklere sahip olmanız gerektiğine karar verin**. Bu kararın verilebilmesi için ise teknoloji yol haritasının başlangıç noktasını değiştirmek gerekir. **Teknolojiden değil, stratejiden başlamak**.

3. YOL HARİTASI TEKNOLOJİDEN DEĞİL, STRATEJİDEN BAŞLAMALIDIR

Teknoloji yol haritası oluşturulurken ilk soru çoğu zaman “Hangi teknolojilere yatırım yapmalıyız?” olur. Ancak bu soru sürecin başlangıcı için erkendir. Çünkü bir teknolojinin şirket açısından değerini, teknolojinin kendisi değil; şirketin gelecekte **nerede rekabet etmek, hangi değeri yaratmak ve bunu hangi ürün veya sistemlerle gerçekleştirmek istediği** belirler. Bu nedenle güçlü bir teknoloji yol haritasının başlangıç noktası teknoloji değildir. **Şirket stratejisidir**.

Şirket stratejisi gelecekte hangi pazarlarda rekabet edileceğini, hangi müşteri problemlerinin çözüleceğini ve hangi değer önerisinin oluşturulacağını tanımlar. Bu stratejik tercihler gelecekteki ürün ve sistemlerden beklenen kabiliyetleri belirler. Ürün ve sistem gereksinimleri ise hangi teknolojik yetkinliklerin gerekli olduğunu ortaya çıkarır. Ancak bundan sonra hangi teknolojilere ve teknoloji yatırımlarına ihtiyaç duyulduğu anlamlı biçimde tartışılabilir.

Dolayısıyla teknoloji yol haritasının temel mantığı aşağıdan yukarıya bir teknoloji arayışı değil, yukarıdan aşağıya bir **stratejik çeviri süreci** olmalıdır:



Bu zincirin her katmanı farklı bir yönetim sorusunu cevaplar.

- **Şirket stratejisi:** Gelecekte nerede rekabet edeceğiz?
- **Değer önerisi / pazar:** Müşteri için hangi değeri yaratacağız?
- **Ürün & sistem gereksinimleri:** Bu değeri yaratabilmek için ürün veya sistem ne yapabilmeli?
- **Teknolojik yetkinlikler:** Bunu mümkün kılabilmek için organizasyon neyi bilmeli ve neyi yapabilir hale gelmeli?
- **Teknoloji yatırımları:** Bu yetkinlikleri oluşturmak için bugün hangi alanlara yatırım yapmalıyız?

Bu bağlantı kurulmadığında teknoloji yatırımları stratejik hedeflerden kopabilir. Şirket çok sayıda teknik olarak başarılı Ar-Ge projesi yürütebilir, yeni teknolojiler geliştirebilir ve önemli mühendislik çıktıları üretebilir. Ancak bu çalışmalar gelecekte ihtiyaç duyulacak kritik yetkinlikleri oluşturmuyorsa teknolojik başarı, şirket için aynı ölçüde stratejik değere dönüşmeyebilir. Başka bir ifadeyle: **Bir teknolojiyi geliştirebilmek, o teknolojiyi geliştirmemiz gerektiği anlamına gelmez.** Teknoloji yatırımının gerekçesi teknolojik yapılabilirlikten değil, stratejik ihtiyaçtan türetilmelidir.



Şekil 2 — Teknoloji Yol Haritası, Şirket Stratejisini Teknoloji Yatırım Kararlarına Dönüştürür.

Teknoloji yol haritası hangi teknolojilerin geliştirileceğine ilişkin bağımsız bir plan olarak değil, şirket stratejisinden teknoloji yatırımlarına uzanan bir karar zinciri olarak ele alınmalıdır. Şirketin gelecekte rekabet etmek istediği pazarlar ve yaratmak istediği değer, ürün ve sistemlerden beklenen gereksinimleri; bu gereksinimler ihtiyaç duyulan teknolojik yetkinlikleri, teknolojik yetkinlikler ise hangi alanlara yatırım yapılması gerektiğini belirler. Böylece teknoloji yatırımları güncel teknoloji trendlerinden veya bağımsız proje fikirlerinden değil, şirketin gelecekte oluşturmak istediği rekabet pozisyonundan türetilir.

Bu yaklaşım teknoloji yol haritasını yalnızca teknik ekiplerin kullandığı bir planlama aracından çıkarır ve **üst yönetimin stratejik yatırım mekanizmalarından biri** haline getirir. Çünkü teknoloji yol haritasının temel görevi gelecekte kullanılabilecek teknolojileri listelemek değil, şirket stratejisi ile bugünün yatırım kararları arasında nedensel bir bağ kurmaktır. Bu bağ aynı zamanda yönetimin teknoloji yatırımlarına ilişkin karar kalitesini de artırır.

Yeni bir teknoloji veya Ar-Ge önerisi gündeme geldiğinde ilk soru: **“Bu teknoloji ne kadar yenilikçi?”** veya **“Bu teknoloji ne kadar büyük bir pazara sahip?”** olmamalıdır. Önce şu bağlantının kurulabilmesi gerekir:

- **Bu yatırım hangi teknolojik yetkinliği oluşturacak?**
- **Bu yetkinlik hangi ürün veya sistem gereksinimini mümkün kılacak?**

- **Bu gereksinim hangi müşteri değerini destekleyecek?**
- **Ve bu değer şirketin hangi stratejik hedefiyle bağlantılı?**

Bu zincirin geriye doğru izlenebilmesi, teknoloji yatırımlarının stratejik gerekçesini görünür hale getirir. Tersisi de aynı derecede önemlidir. Şirket gelecekte belirli bir pazarda veya ürün kategorisinde güçlü bir pozisyon hedefliyorsa yönetimin şu soruyu ileriye doğru izleyebilmesi gerekir:

Bu stratejik hedefi gerçekleştirebilmek için hangi teknolojik yetkinliklere sahip olmamız gerekiyor?

Bu noktada teknoloji yol haritası iki yönlü bir yönetim aracına dönüşür:

- **STRATEJİ → YETKİNLİK → YATIRIM**
- **YATIRIM → YETKİNLİK → STRATEJİK DEĞER**

İlk yön, hangi yatırımların yapılması gerektiğini belirler. İkinci yön ise mevcut teknoloji yatırımlarının neden yapıldığını sorgular. Bu iki bağlantının birlikte kurulması önemlidir. Çünkü şirketlerin teknoloji stratejisindeki temel risklerden biri, geçmişten gelen projelerin ve mevcut teknik yetkinliklerin gelecekteki stratejiyi farkında olmadan belirlemesidir. Organizasyon yalnızca bugün iyi bildiği teknolojiler etrafında yeni projeler üretirse, teknoloji portföyü stratejiyi desteklemek yerine stratejiyi sınırlamaya başlayabilir. Bu nedenle teknoloji yol haritası yalnızca: **“Bugünkü yetkinliklerimizle ne yapabiliriz?”** sorusunu sormamalıdır. Daha stratejik soru şudur: **“Gelecekte yapmak istediklerimiz için hangi yetkinliklere sahip olmamız gerekiyor?”** Bu iki soru arasındaki fark, teknoloji yol haritasının en kritik yönetim problemlerinden birini ortaya çıkarır.

Şirket bugün belirli teknolojik yetkinliklere sahiptir. Ancak gelecekteki stratejisi farklı veya daha ileri yetkinlikler gerektirebilir. Dolayısıyla bir sonraki adım yalnızca gelecekte hangi teknolojilerin önemli olacağını belirlemek değildir. Asıl mesele: **Bugün sahip olduğumuz teknolojik yetkinliklerle gelecekte ihtiyaç duyacağımız teknolojik yetkinlikler arasındaki farkı görünür hale getirmektir.**

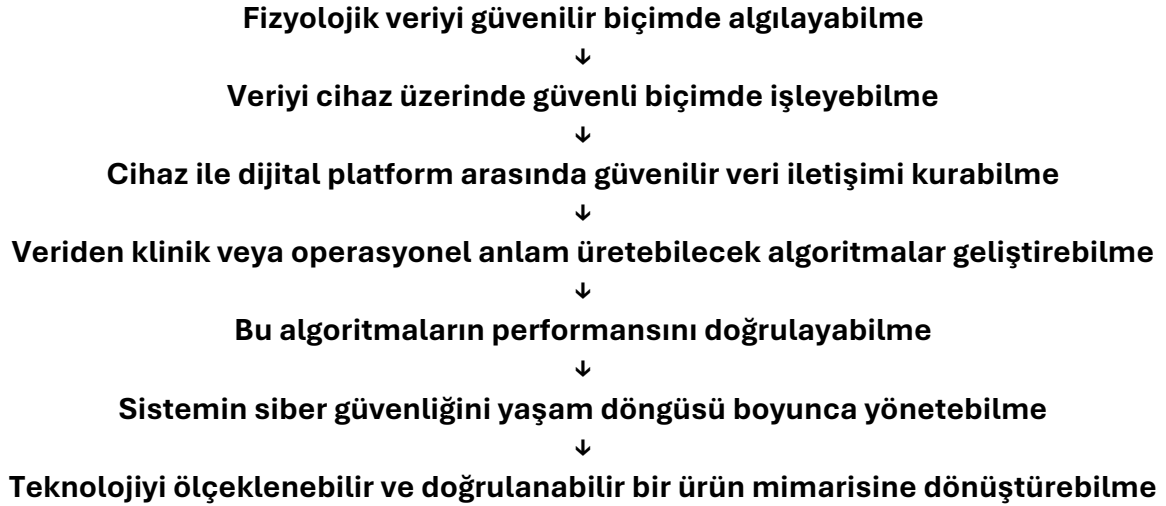
4. GELECEKTE HANGİ TEKNOLOJİLERE DEĞİL, HANGİ YETKİNLİKLERE İHTİYACIMIZ VAR?

Şirket stratejisinden teknoloji yol haritasına geçildiğinde kritik bir kavramsal değişim gerekir. Yönetimin yalnızca **“Gelecekte hangi teknolojilere ihtiyacımız olacak?”** sorusunu sorması yeterli değildir. Daha doğru soru şudur: **“Gelecekte yaratmak istediğimiz değeri mümkün kılabilmek için hangi teknolojik yetkinliklere sahip olmamız gerekecek?”** Bu iki soru benzer görünse de aynı şeyi ifade etmez. Bir teknolojiye erişmek ile o teknolojiyi ürün geliştirme, üretim, doğrulama veya müşteri değeri yaratma sürecinde etkin biçimde kullanabilmek farklı yetkinliklerdir. Bir şirket belirli bir sensörü satın alabilir, bir yapay zekâ platformuna erişebilir veya yeni bir üretim ekipmanına yatırım yapabilir. Ancak bunların varlığı tek başına organizasyonun ilgili alanda teknolojik yetkinliğe sahip olduğu anlamına gelmez. **Teknoloji sahip olunan veya erişilen bir araç**

olabilir. Teknolojik yetkinlik ise organizasyonun bu teknolojiyi anlaması, geliştirmesi, uyarlaması, doğrulaması ve sürdürülebilir biçimde değere dönüştürebilme kapasitesidir. Bu nedenle teknoloji yol haritasının temel birimi yalnızca teknoloji isimleri olmamalıdır. **Yetkinlikler olmalıdır.** Örneğin bir şirketin gelecekte uzaktan izlenebilen akıllı bir medikal cihaz platformu geliştirmeyi hedeflediğini düşünelim. Bu hedefi teknoloji isimleri üzerinden tanımladığımızda yol haritasında şu başlıklar yer alabilir:

- **Sensörler**
- **IoT (Nesnelerin İnterneti)**
- **Yapay Zekâ**
- **Bulut**
- **Siber Güvenlik**

Bu liste hangi teknoloji alanlarının önemli olabileceğini gösterir. Ancak şirketin gerçekte neyi yapabilir hale gelmesi gerektiğini açıklamaz. Aynı hedefi teknolojik yetkinlikler üzerinden tanımladığımızda ise çok daha farklı bir tablo ortaya çıkar:



Burada odak artık belirli teknolojilerin varlığı değil, organizasyonun **hangi sonuçları güvenilir ve tekrar edilebilir biçimde üretebildiğidir.** Bu ayrım teknoloji yol haritasının kalitesini doğrudan etkiler. Çünkü teknoloji isimleri zaman içinde değişebilir. Bugün belirli bir yazılım mimarisi, sensör platformu veya algoritma yaklaşımı tercih edilirken birkaç yıl sonra daha güçlü bir alternatif ortaya çıkabilir. Ancak şirketin ihtiyaç duyduğu temel yetkinlik daha kalıcı olabilir. Örneğin şirketin stratejik ihtiyacı belirli bir yapay zekâ modeline sahip olmak değil, **karmaşık veriden güvenilir karar desteği üretebilmek** olabilir. Belirli bir sensöre sahip olmak değil, **kritik fiziksel veya biyolojik parametreleri gerekli doğrulukta ölçebilmek** olabilir. Belirli bir bulut platformunu kullanmak değil, **üründen gelen veriyi güvenli, ölçeklenebilir ve izlenebilir biçimde yönetebilmek** olabilir. Bu bakış açısı teknoloji yol haritasını teknoloji markalarından, geçici çözümlerden ve güncel trendlerden daha bağımsız hale getirir. Aynı zamanda yönetimin

teknoloji yatırımlarını daha stratejik bir seviyede tartışmasını sağlar. Çünkü şirketin gelecekteki rekabet avantajı çoğu zaman tek bir teknolojiden doğmaz. Birden fazla teknolojik yetkinliğin birlikte çalışması gerekir.

Yeni nesil bir ürün için sensör teknolojisi hazır olabilir ancak gerekli algoritma yetkinliği bulunmayabilir. Algoritma geliştirilebilir ancak doğrulama yetkinliği yetersiz olabilir. Teknik çözüm çalışabilir ancak üretim ölçeklenemeyebilir. Bütün teknik bileşenler hazır olabilir ancak sistemin regülasyon gereksinimlerini karşılayacak kanıt üretme kapasitesi oluşmamış olabilir. Dolayısıyla ürünün ortaya çıkmasını sağlayan şey tek tek teknolojilerin varlığı değil, **birbirini tamamlayan teknolojik yetkinliklerin birlikte oluşturduğu sistem kapasitesidir**. Bu nedenle teknoloji yol haritası hazırlanırken yalnızca kritik teknolojileri listelemek yerine her stratejik hedef için en az üç sorunun cevaplanması gerekir:

1. **Gelecekte neyi yapabilir hale gelmemiz gerekiyor:** Bu soru ihtiyaç duyulan teknolojik yetkinliği tanımlar.
2. **Bu yetkinliği hangi teknolojiler mümkün kılabilir:** Bu soru alternatif teknolojik çözümleri görünür hale getirir.
3. **Bu yetkinliğin şirket için hangi seviyede bulunması gerekiyor:** Teknolojiyi yalnızca kullanabilmek yeterli olabilir mi? Uyarlayabilmek mi gerekir? Yoksa şirketin rekabet avantajı açısından bu teknolojiyi geliştirebilecek ve ileri taşıyabilecek bir yetkinliğe mi ihtiyaç vardır?

Bu üçüncü soru özellikle önemlidir. Çünkü bütün teknolojik yetkinliklerin aynı derinlikte organizasyon içinde bulunması gerekmez. Bazı yetkinlikler şirketin rekabet avantajının merkezindedir. Bunların organizasyon içinde derinleştirilmesi ve korunması gerekebilir. Bazıları ürünün çalışması için gereklidir ancak şirketi rakiplerinden farklılaştırmaz. Bu alanlarda dış teknolojilerden, tedarikçilerden veya iş ortaklarından yararlanmak daha rasyonel olabilir. Bazıları ise henüz gelecekteki öneminin net olmadığı erken aşama alanlarıdır. Bunlarda doğrudan büyük yatırım yapmak yerine bilgi ve öğrenme kapasitesi oluşturmak yeterli olabilir. Dolayısıyla teknoloji yol haritası yalnızca: **“Hangi teknolojilere sahip olmalıyız?”** sorusunu cevaplayan bir araç değildir. Daha stratejik olarak üç şeyi görünür hale getirmelidir:

- **Hangi yetkinliklere ihtiyacımız var?**
- **Bu yetkinlikler bizim için ne kadar kritik?**
- **Bu yetkinliklerde ne kadar güçlü olmamız gerekiyor?**

Bu yaklaşım teknoloji yatırımlarının gerekçesini de değiştirir. Bir teknoloji artık yalnızca yeni, ilginç veya yüksek potansiyelli olduğu için yatırım gündemine girmez. Gelecekte ihtiyaç duyulan belirli bir organizasyonel yetkinliği oluşturduğu için yatırım konusu haline gelir. Böylece teknoloji yol haritasının mantığı: **TEKNOLOJİ → PROJE** yaklaşımından, **STRATEJİK HEDEF → GEREKLİ YETKİNLİK → TEKNOLOJİ SEÇENEĞİ → YATIRIM** yaklaşımına dönüşür. Ancak bu noktada yeni ve daha yönetsel bir soru ortaya çıkar.

Gelecekte hangi teknolojik yetkinliklere ihtiyacımız olduğunu belirlemek tek başına yeterli değildir. Çünkü şirket bu yetkinliklerin bazılarını bugün zaten sahip olabilir. Bazılarında kısmi kapasitesi bulunabilir. Bazıları ise organizasyonda hiç bulunmayabilir. Dolayısıyla teknoloji yol haritasının bir sonraki kritik adımı şudur: **Bugün sahip olduğumuz yetkinliklerle gelecekte ihtiyaç duyacağımız yetkinlikler arasındaki fark nedir?** İşte bu fark, şirketin **teknolojik yetkinlik açığıdır**. Ve teknoloji yatırımlarının gerçek gündemi, bu açığın görünür hale geldiği noktada başlar.

5. BUGÜNKÜ YETKİNLİKLERİMİZ İLE GELECEKTE GEREKENLER ARASINDAKİ FARK NEDİR?

Gelecekte hangi teknolojik yetkinliklere ihtiyaç duyulacağını belirlemek teknoloji yol haritasının önemli bir adımıdır. Ancak tek başına yeterli değildir. Çünkü teknoloji stratejisinin yatırım gündemini belirleyen asıl soru yalnızca: **“Gelecekte neye ihtiyacımız olacak?”** değil, **“Gelecekte ihtiyaç duyacağımız yetkinliklerle bugün sahip olduğumuz yetkinlikler arasındaki fark nedir?”** sorusudur. Bu fark, şirketin **teknolojik yetkinlik açığını** oluşturur.

Bir şirket gelecekte ihtiyaç duyacağı bazı yetkinliklere bugün zaten sahip olabilir. Bazı alanlarda temel bilgi ve deneyimi bulunabilir ancak gerekli olgunluk seviyesine ulaşmamış olabilir. Bazı kritik yetkinlikler ise organizasyonda hiç bulunmayabilir. Dolayısıyla teknoloji yol haritası yalnızca gelecekte ihtiyaç duyulacak yetkinliklerin listesini çıkarmamalıdır. Her kritik yetkinlik için iki durumu karşılaştırmalıdır:

- **BUGÜNKÜ DURUM** — Bugün neyi biliyoruz ve neyi yapabiliyoruz?
- **HEDEF DURUM** — Gelecekte neyi bilmemiz ve neyi yapabilir hale gelmemiz gerekiyor?

Bu iki durum arasındaki fark: **TEKNOLOJİK YETKİNLİK AÇIĞIDIR**. Bu yaklaşım önemlidir. Çünkü aynı gelecek hedefi iki şirket için tamamen farklı teknoloji yatırım gündemleri oluşturabilir. Örneğin iki şirket de gelecekte yapay zekâ destekli bir ürün geliştirmek isteyebilir. Birinci şirket güçlü veri altyapısına, algoritma geliştirme ekibine ve doğrulama deneyimine sahip olabilir. İkinci şirket ise aynı stratejik hedefe sahip olmasına rağmen bu yetkinliklerin hiçbirini henüz oluşturmamış olabilir. Gelecek hedefleri aynıdır. Ancak **yetkinlik açıkları aynı değildir**. Dolayısıyla teknoloji yol haritaları ve ihtiyaç duyacakları yatırımlar da aynı olmamalıdır.

Teknoloji yol haritası yalnızca gelecekte ihtiyaç duyulacak teknolojik yetkinlikleri tanımlamakla kalmamalı, bu yetkinlikleri şirketin mevcut kapasitesiyle karşılaştırmalıdır. Bazı yetkinlikler bugün yeterli düzeyde bulunabilir, bazıları geliştirilmek zorunda olabilir, bazıları ise tamamen yeni oluşturulabilir. Bu karşılaştırmayla ortaya çıkan teknolojik yetkinlik açığı, şirketin hangi alanlarda yatırım yapması gerektiğini görünür hale getirir. Böylece teknoloji yatırım gündemi genel teknoloji trendlerinden değil, şirketin gelecekteki stratejik hedefleri ile bugünkü teknolojik kapasitesi arasındaki somut farktan türetilir.



**Şekil 3 — Teknoloji Yol Haritasının Yatırım Gündemi,
Bugünkü Yetkinliklerle Gelecekte Gereken Yetkinlikler Arasındaki Farktan Doğar.**

Yetkinlik açığını görünür hale getirmek, teknoloji yol haritasında önemli bir değişiklik yaratır. Artık yönetimin önünde genel bir teknoloji listesi değil, **kapatılması gereken belirli stratejik açıklar** vardır. Ancak bu açıkların doğru tanımlanabilmesi için mevcut yetkinliklerin gerçekçi biçimde değerlendirilmesi gerekir. Bu nokta görüldüğünden daha zordur. Organizasyonlar sahip oldukları teknolojik kapasiteyi değerlendirirken çoğu zaman üç kavramı birbirine karıştırabilir: **Bir teknolojiyi kullanmış olmak, o teknolojiye yetkin olmak ve o teknolojiyi stratejik olarak yönetebilmek.** Bunlar aynı şey değildir. Bir şirket geçmişte belirli bir teknolojiyle proje gerçekleştirmiş olabilir. Ancak bu deneyim birkaç kişiye bağlıysa, tekrar edilebilir bir geliştirme yöntemi oluşmamışsa, gerekli altyapı bulunmuyorsa veya elde edilen bilgi organizasyonel kapasiteye dönüşmemişse şirketin o alandaki gerçek yetkinliği düşünüldüğünden daha düşük olabilir. Dolayısıyla mevcut durum değerlendirmesi yalnızca: **“Bu teknolojiyi daha önce kullandık mı?”** sorusuna dayanmamalıdır. Daha anlamlı değerlendirme şu boyutları birlikte ele almalıdır:

- **Bilgi:** Teknolojinin temel prensiplerini ve sınırlarını ne kadar iyi anlıyoruz?
- **İnsan:** Kritik bilgi birkaç kişide mi, yoksa sürdürülebilir bir ekip kapasitesine mi dönüşmüş durumda?
- **Deneyim:** Bu teknolojiyi gerçek ürün veya sistemlerde ne ölçüde uyguladık?
- **Altyapı:** Geliştirme, test, doğrulama ve ölçekleme için gerekli araçlara sahip miyiz?
- **Süreç:** Yetkinliği tekrar edilebilir ve yönetilebilir biçimde kullanabiliyor muyuz?

- **Kanıt:** Teknolojinin gerekli performansı sağlayabildiğini gösterebiliyor muyuz?

Bu boyutlar teknoloji yol haritasının yalnızca **neye sahip olduğumuzu** değil, sahip olduğumuz yetkinliğin **ne kadar kullanılabilir ve sürdürülebilir olduğunu** sorgulamasını sağlar. Benzer bir disiplin hedef durum için de gereklidir. “Yapay zekâ yetkinliğine ihtiyacımız var” veya “sensör teknolojilerinde güçlenmeliyiz” gibi ifadeler teknoloji yol haritası açısından yeterince kesin değildir. Yönetimin bilmesi gereken:

- **Hangi yetkinlik?**
- **Hangi kullanım amacı için?**
- **Hangi seviyede?**
- **Ne zamana kadar?**

sorularının cevabıdır. Örneğin şirketin belirli bir teknolojiyi yalnızca ürününe entegre edebilmesi yeterli olabilir. Başka bir teknoloji ise ürünün temel farklılaştırıcısı olduğu için organizasyonun onu geliştirebilmesi, doğrulayabilmesi ve zaman içinde ileri taşıyabilmesi gerekebilir. Dolayısıyla yetkinlik açığı yalnızca: **VAR / YOK** şeklinde değerlendirilmemelidir. Daha doğru yaklaşım:

MEVCUT SEVİYE → GEREKLİ SEVİYE → AÇIK

mantığıdır.

Örneğin:

- **Sensör entegrasyonu: 4 → 4 = Kritik açık yok**
- **Algoritma geliştirme: 2 → 5 = Büyük açık**
- **Doğrulama yetkinliği: 3 → 5 = Geliştirme gerekli**
- **Üretim teknolojisi: 1 → 4 = Büyük açık**

Bu yaklaşım yönetimin teknoloji yatırımlarını daha seçici hale getirir. Çünkü bütün açıklar aynı büyüklükte değildir. Daha da önemlisi, bütün açıklar aynı **stratejik öneme** sahip değildir. Bir yetkinlik açığı büyük olabilir ancak şirketin rekabet avantajı açısından ikincil öneme sahip olabilir. Başka bir açık daha küçük görünmesine rağmen gelecekteki ürün platformunun temel farklılaştırıcısını oluşturabilir. Dolayısıyla yatırım önceliği yalnızca açığın büyüklüğünden türetilemez. Yönetimin iki soruyu birlikte sorması gerekir:

- **Yetkinlik açığımız ne kadar büyük?**
- **Bu yetkinlik gelecekteki stratejimiz açısından ne kadar kritik?**

Bu iki boyut birlikte değerlendirildiğinde teknoloji yol haritası basit bir “eksikler listesi” olmaktan çıkar ve gerçek bir **yatırım önceliklendirme aracına** dönüşmeye başlar. Burada bir başka önemli sonuç daha ortaya çıkar. Bir yetkinlik açığının bulunması, şirketin bu yetkinliği mutlaka kendi içinde geliştirmesi gerektiği anlamına gelmez. Açık tanımlandıktan sonra yönetimin önündeki yeni soru şudur:

- **Bu yetkinliği nasıl elde etmeliyiz?**
- **İçeride mi geliştirmeliyiz?**

- Dışarıdan mı satın almalıyız?
- Bir teknoloji ortağıyla mı oluşturmalıyız?
- Yoksa henüz yatırım yapmak yerine teknolojinin gelişimini izlemeli miyiz?

Dolayısıyla teknoloji yol haritasının bir sonraki kritik kararı artık **“Neye ihtiyacımız var?”** değil: **“İhtiyaç duyduğumuz teknolojik yetkinliği nasıl elde edeceğiz?”** sorusudur.

6. HER TEKNOLOJİYİ KENDİMİZ GELİŞTİRMELİ MİYİZ?

Bir teknolojik yetkinliğin şirketin geleceği için gerekli olduğunun belirlenmesi, önemli bir yatırım sorusunu beraberinde getirir: **Bu yetkinliği mutlaka kendi organizasyonumuz içinde mi geliştirmeliyiz?** Cevap çoğu zaman hayırdır.

Şirketlerin gelecekte ihtiyaç duyacağı teknolojik yetkinliklerin sayısı ve çeşitliliği giderek artarken, bunların tamamını içeride geliştirmeye çalışmak ne ekonomik ne de stratejik olarak sürdürülebilirdir. Her yeni yetkinlik mühendislik zamanı, uzman insan kaynağı, altyapı, öğrenme süresi ve sermaye gerektirir. Üstelik teknoloji geliştirmek yalnızca ilk yatırımı yapmak anlamına gelmez; yetkinliği güncel tutmak, yeni nesillere taşımak ve organizasyon içinde sürdürülebilir hale getirmek de kaynak gerektirir. Bu nedenle teknoloji stratejisinin amacı mümkün olduğunca fazla teknolojiyi şirket içinde geliştirmek değildir. Amaç, **hangi teknolojik yetkinliklerin şirket içinde bulunmasının gerçekten stratejik olduğunu belirlemektir.** Bu ayrım önemlidir. Çünkü bir ürünün çalışması için gerekli olan her teknoloji, şirketin rekabet avantajının kaynağı değildir.

Bazı teknolojiler ürünün temel farklılaştırıcısını oluşturur. Ürün performansı, müşteri değeri, fikri mülkiyet veya gelecekteki ürün platformları doğrudan bu yetkinliğe bağlı olabilir. Böyle alanlarda teknolojiyi yalnızca dışarıdan temin etmek şirketin kritik bilgisini ve gelecekteki hareket alanını üçüncü taraflara bağımlı hale getirebilir. Başka teknolojiler ise ürünün çalışması için zorunlu olmakla birlikte şirketi rakiplerinden anlamlı biçimde farklılaştırmayabilir. Piyasada olgun çözümler bulunuyorsa ve şirketin bu alanda özgün bir avantaj yaratma potansiyeli sınırlıysa, teknolojiyi içeride geliştirmek kıt Ar-Ge kaynaklarının düşük stratejik değerli bir alana bağlanmasına neden olabilir. Dolayısıyla doğru soru: **“Bu teknolojiyi geliştirebilir miyiz?”** değil, **“Bu teknolojik yetkinliğe sahip olmak rekabet avantajımız açısından ne kadar kritik ve bu yetkinliğin ne kadarını gerçekten içeride tutmamız gerekiyor?”** olmalıdır. Bu soru teknoloji edinim kararını bir mühendislik tercihindan çıkarıp stratejik bir kaynak tahsisi kararına dönüştürür. Örneğin gelecekteki ürün performansının temelini oluşturan özgün bir algoritma, kritik bir sensör mimarisi veya şirketin ürün platformlarını birbirinden ayıracak temel bir teknoloji organizasyonun çekirdek yetkinliği olabilir. Bu alanlarda içeride bilgi biriktirmek, teknolojiyi geliştirebilmek ve zaman içinde ileri taşıyabilmek uzun vadeli rekabet avantajı yaratabilir. Buna karşılık standart haberleşme altyapıları, genel amaçlı yazılım bileşenleri veya piyasada güvenilir biçimde bulunan üretim çözümleri için aynı yaklaşım rasyonel olmayabilir. Şirket bu alanlarda teknoloji sahibi olmaktan çok, doğru teknolojiyi seçme, entegre etme ve yönetme yetkinliğine ihtiyaç duyabilir. Buradaki kritik ayrım şudur: **Bir**

teknolojiyi kullanmak zorunda olmak, o teknolojiyi geliştirmek zorunda olmak anlamına gelmez. Teknoloji yol haritası bu nedenle yalnızca yetkinlik açıklarını belirlememeli; her kritik açık için **en doğru edinim modelini** de sorgulamalıdır. Bu kararın iki temel boyutu vardır.

- Birincisi, yetkinliğin şirketin gelecekteki rekabet pozisyonu açısından **stratejik önemidir**.
- İkincisi ise şirketin bu alandaki mevcut **iç yetkinlik düzeyidir**.

Bu iki boyut birlikte değerlendirildiğinde farklı yatırım mantıkları ortaya çıkar. Stratejik önemi yüksek ve şirketin zaten güçlü olduğu bir yetkinlik, korunması ve derinleştirilmesi gereken bir çekirdek teknoloji alanıdır. Stratejik önemi yüksek ancak şirketin yetkinliğinin düşük olduğu bir alan ise kritik bir stratejik açık oluşturur; burada içeride geliştirme, teknoloji ortaklığı veya her ikisini birlikte kullanan bir model gerekebilir. Buna karşılık stratejik önemi düşük ve iç yetkinliğin de sınırlı olduğu teknolojilerde, teknolojiyi sıfırdan geliştirmek yerine dışarıdan temin etmek çoğu zaman daha rasyoneldir. Şirketin güçlü olduğu ancak gelecekteki farklılaşması açısından ikincil kalan alanlarda ise yeni yatırım otomatik olarak devam ettirilmemeli; mevcut kapasitenin gerçekten stratejik değer üretip üretmediği sorgulanmalıdır.



Şekil 4 — Teknoloji Edinim Kararı, Stratejik Önem ile İç Yetkinliğin Birlikte Değerlendirilmesini Gerektirir.

Bir teknolojik yetkinliğin gerekli olması, bu yetkinliğin mutlaka şirket içinde geliştirilmesi gerektiği anlamına gelmez. Edinim modeli, yetkinliğin gelecekteki rekabet avantajı

açısından stratejik önemi ile şirketin mevcut iç kapasitesi birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir. Stratejik ve farklılaştırıcı yetkinliklerde içeride bilgi ve geliştirme kapasitesi oluşturmak önem kazanırken, şirketi farklılaştırmayan ve piyasada erişilebilir teknolojiler dışarıdan temin edilebilir. Zaman, maliyet, fikri mülkiyet, tedarik bağımlılığı ve teknolojik risk ise bu temel kararın nasıl uygulanacağını şekillendirir. Ancak iki boyutlu bir matris, teknoloji edinim kararının tamamını açıklamaz. Özellikle stratejik önemi yüksek teknolojilerde yönetimin daha derin bir soruyu cevaplamaı gerekir: **Teknolojiye erişmek yeterli mi, yoksa teknolojinin arkasındaki bilgiye de sahip olmamız gerekiyor mu?** Bu ayrım uzun vadeli teknoloji bağımsızlığı açısından kritiktir. Bir şirket kritik bir teknolojiyi tedarikçiden satın alarak ürüne entegre edebilir ve kısa vadede başarılı sonuç elde edebilir. Ancak ürünün temel performansı bu teknolojiye bağılıysa ve şirket teknolojiyi değiştirme, geliştirme veya alternatif çözüme geçme kapasitesine sahip değilse, teknolojik erişim zaman içinde stratejik bağımlılığa dönüşebilir. Terside mümkündür. Şirket stratejik olmayan bir teknolojiyi yıllarca içeride geliştirmiş olabilir. Organizasyon bu alanda güçlü bir teknik ekip ve önemli bilgi birikimi oluşturmuş olabilir. Ancak geçmişte yapılan yatırım, gelecekte de aynı yatırıma devam etmek için tek başına gerekçe değildir. **Mevcut yetkinlik, gelecekteki stratejik öncelik değildir.** Bu nedenle teknoloji edinim kararlarında geçmiş yatırımların yarattığı alışkanlık ile gelecekteki stratejik gereksinim birbirinden ayrılmalıdır. Yönetimin her kritik yetkinlik için şu soruyu sorabilmesi gerekir: **Bu teknolojiye hangi bilgi ve kapasitenin mutlaka şirket içinde bulunması gerekiyor?** Cevap her zaman teknolojinin tamamı olmayabilir. Örneğin temel teknoloji dışarıdan alınırken sistem mimarisi, entegrasyon bilgisi veya doğrulama yetkinliği içeride tutulabilir. Bir teknoloji ortağı kritik geliştirmeyi gerçekleştirirken şirket ürün gereksinimleri, veri, uygulama bilgisi veya fikri mülkiyetin belirli bölümlerini kontrol edebilir. Üniversite veya araştırma kuruluşlarıyla erken aşama teknoloji geliştirilebilirken, teknolojinin ürüne dönüştürülmesini sağlayacak mühendislik yetkinliği şirket içinde oluşturulabilir. Dolayısıyla **geliştir, satın al veya ortaklık kur** kararları birbirini dışlayan seçenekler olmak zorunda değildir. Güçlü teknoloji stratejileri çoğu zaman bunların farklı bileşimlerini kullanır. Asıl mesele teknolojinin nereden geldiği değil, şirketin rekabet avantajı açısından kritik olan **bilginin, karar kapasitesinin ve öğrenmenin nerede biriktiğidir.** Bu bakış açısı teknoloji ortaklıklarına da farklı bir anlam kazandırır.

Ortaklık yalnızca şirketin yapamadığı işi başka bir kuruma yaptırmak değildir. Doğru tasarlandığında, henüz içeride bulunmayan kritik bir yetkinliğe daha hızlı erişmenin ve aynı zamanda organizasyon içinde öğrenme oluşturma aracı olabilir. Ancak ortaklık sonunda bütün kritik bilgi dışarıda kalıyorsa şirket bir teknoloji açığını kapatırken başka bir stratejik bağımlılık yaratabilir. Bu nedenle teknoloji edinim kararının başarısı yalnızca projenin tamamlanmasıyla ölçülmemelidir. Yönetimin şu soruyu da sorması gerekir: **Bu yatırımın sonunda organizasyon neyi yapabilir hale gelecek?** Bu soru, teknoloji edinimini satın alma kararından çıkarıp **yetkinlik oluşturma kararına** dönüştürür. Aynı mantık erken aşamadaki teknolojiler için de geçerlidir.

Her potansiyel teknoloji fırsatı hemen büyük bir Ar-Ge yatırımına dönüşmemelidir. Teknolojinin gelecekteki stratejik önemi yüksek olabilir ancak teknik olgunluğu, ekonomik uygulanabilirliği veya pazara ulaşma zamanı henüz belirsiz olabilir. Böyle durumlarda doğru karar teknolojiyi tamamen dışlamak veya büyük ölçekli geliştirme başlatmak arasında olmak zorunda değildir. Şirket küçük deneyler, araştırma projeleri, teknoloji izleme faaliyetleri veya ortak çalışmalarla **stratejik opsiyon** yaratabilir. Böylece teknoloji yol haritası yalnızca:

GELİŞTİR / GELİŞTİRME

ikiliğine dayanmaz. Daha olgun bir teknoloji yatırım sistemi farklı yoğunluklarda kararlar verebilir:

- **DERİNLEŞTİR**
- **OLUŞTUR**
- **ORTAKLIK KUR**
- **SATIN AL**
- **İZLE**
- **VAZGEÇ**

Bu seçeneklerin amacı mümkün olduğunca geniş bir teknoloji portföyüne sahip olmak değildir. Tam tersine, şirketin kısıtlı teknoloji geliştirme kapasitesini **rekabet avantajının gerçekten oluşacağı alanlarda yoğunlaştırmaktır**. Çünkü teknoloji stratejisinde en pahalı hatalardan biri yalnızca yanlış teknolojiye yatırım yapmak değildir. **Stratejik olmayan bir teknolojiyi içeride geliştirmek için yıllarca kritik mühendislik kapasitesi kullanmak da bir yatırım hatasıdır**. Dolayısıyla teknoloji yol haritasının görevi yalnızca gelecekte hangi yetkinliklere ihtiyaç duyulacağını göstermek değildir. Aynı zamanda bu yetkinliklerin hangilerinin şirketin çekirdeğinde bulunacağını, hangilerinin ekosistemden edinileceğini ve hangilerinde şimdilik yalnızca öğrenme opsiyonu yaratılacağını da belirlemektir. Ancak edinim modelinin belirlenmesiyle karar tamamlanmış olmaz.

Bir teknoloji stratejik olarak kritik olabilir ve doğru edinim modeli seçilmiş olabilir. Yine de yatırımın zamanlaması yanlışsa teknoloji yol haritası başarısız olabilir. Çünkü bütün teknolojiler aynı hızda gelişmez ve bütün yetkinliklerin aynı anda hazır olması gerekmez. Bu nedenle bir sonraki soru: **Hangi teknolojik yetkinliğe, ne zaman sahip olmamız gerekiyor?**

7. TEKNOLOJİLER AYNI ZAMANDA OLGUNLAŞMAZ

Bir teknolojik yetkinliğin şirket için stratejik olarak önemli olması, o yetkinliğe hemen büyük ölçekli yatırım yapılması gerektiği anlamına gelmez. Teknoloji yol haritasında **“Neye yatırım yapmalıyız?”** sorusu kadar önemli ikinci bir soru vardır: **“Ne zaman yatırım yapmalıyız?”** Bu ayrım kritiktir. Çünkü şirketin gelecekte ihtiyaç duyacağı teknolojiler aynı olgunluk seviyesinde değildir. Bazıları bugün ürün geliştirmede güvenilir biçimde kullanılabilir. Bazıları teknik olarak mümkün olmakla birlikte performans, maliyet, üretilebilirlik veya doğrulama açısından henüz yeterince olgunlaşmamıştır.

Bazıları ise önemli bir gelecek potansiyeli taşımasına rağmen temel teknik belirsizliklerin hâlâ yüksek olduğu erken aşamadadır. Dolayısıyla teknoloji yol haritası yalnızca **stratejik önemi** değil, teknolojinin **zaman içinde nasıl olgunlaşacağını** da yönetmek zorundadır. Bu noktada iki kavramın birbirinden ayrılması gerekir:

- **Stratejik önem, bir teknolojik yetkinliğin şirketin gelecekteki rekabet pozisyonu açısından ne kadar kritik olduğunu gösterir.**
- **Teknolojik olgunluk ise bu yetkinliğin bugün güvenilir biçimde kullanılmaya, ürüne entegre edilmeye, doğrulanmaya ve ölçeklenmeye ne kadar hazır olduğunu gösterir.**

Bu iki boyut aynı değildir. Stratejik önemi yüksek bir teknoloji bugün düşük olgunlukta olabilir. Buna karşılık bugün son derece olgun ve kolay erişilebilir bir teknoloji gelecekte şirketin rekabet avantajı açısından sınırlı önem taşıyabilir. Bu nedenle:

STRATEJİK ÖNEM ≠ BUGÜNKÜ HAZIR OLUŞ

Teknoloji yatırım kararlarının yalnızca bugünkü olgunluğa göre verilmesi, şirketi kolaylıkla kısa vadeli bir teknoloji gündemine hapsedebilir. Organizasyon yalnızca bugün kullanılabilir teknolojilere yatırım yaptığında mevcut ürünlerini geliştirebilir; ancak birkaç yıl sonra ihtiyaç duyacağı kritik yetkinlikleri oluşturmakta geç kalabilir. Tersine de aynı ölçüde risklidir. Gelecekte önemli olabileceği düşünülen her erken aşama teknolojiye bugünden büyük ölçekli yatırım yapmak, kıt Ar-Ge kaynaklarının uzun süre yüksek belirsizlik taşıyan alanlara bağlanmasına neden olabilir. Dolayısıyla yönetim iki uçtan da kaçınmalıdır:

- **Yalnızca hazır teknolojilere yatırım yapmak** gelecekteki teknoloji açığını büyütebilir.
- **Henüz hazır olmayan her stratejik teknolojiye büyük yatırım yapmak** ise bugünkü kaynakları aşırı belirsizliğe maruz bırakabilir.

Güçlü bir teknoloji yol haritası bu iki durum arasında zaman içinde değişen bir yatırım mantığı kurar. Bir teknoloji erken aşamadaysa ilk yatırımın amacı ürünü hemen geliştirmek olmayabilir. Amaç teknolojinin temel varsayımlarını sınamak, kritik belirsizlikleri azaltmak ve organizasyonun o alan hakkında bilgi üretmesini sağlamak olabilir. Teknoloji olgunlaştıkça yatırımın niteliği de değişir. Başlangıçta küçük bir araştırma veya fizibilite çalışması yeterliyken, daha sonra prototipleme, performans doğrulama, sistem entegrasyonu, üretilebilirlik ve ölçekleme yatırımları gündeme gelebilir. Böylece teknoloji yatırımı tek seferlik bir karar olmaktan çıkar:

ARAŞTIRMA → ÖĞRENME → OLGUNLAŞTIRMA → DOĞRULAMA → ENTEGRASYON → ÖLÇEKLEME

şeklinde ilerleyen bir yatırım sürecine dönüşür. Buradaki temel yönetim prensibi, yatırım büyüklüğünün teknolojik belirsizlik azaldıkça artmasıdır. Erken aşamada bilgi sınırlı,

belirsizlik yüksek olduğundan yatırımın temel amacı **öğrenmek** olmalıdır. Teknik ve ekonomik varsayımlar doğrulandıkça daha fazla kaynak tahsis edilebilir. Teknoloji ürün ve sistem gereksinimlerini karşılayabilecek olgunluğa ulaştığında ise yatırım odağı araştırmadan uygulama ve ölçeklemeye kayar. Bu yaklaşım özellikle erken aşamadaki teknolojiler için önemli bir avantaj sağlar. Yönetim henüz yeterince olgunlaşmamış bir teknoloji için iki uç karar vermek zorunda kalmaz: **“Büyük yatırım yap”** veya **“vazgeç.”** Bunun yerine şirket, sınırlı kaynakla bilgi üreten ve gelecekteki yatırım kararını açık tutan küçük teknoloji yatırımları yapabilir. Bu yatırımların değeri yalnızca teknik çıktı üretmelerinden gelmez. Aynı zamanda şirket için **stratejik opsiyon** yaratırlar.

Bir teknoloji beklenenden hızlı gelişirse şirket konuya tamamen yabancı değildir. Temel bilgiye, deneyime, ilişkilere veya erken prototiplere sahip olabilir. Teknoloji beklendiği gibi gelişmezse de büyük sermaye bağlamadan yatırımı azaltabilir veya durdurabilir. Bu nedenle erken teknoloji yatırımlarında başarı ölçütü her zaman ürün ortaya çıkarmak değildir. Bazen en değerli çıktı:

- **Teknolojinin çalışıp çalışmayacağını öğrenmek,**
- **Hangi koşullarda değer yaratacağını anlamak**
- **Daha büyük yatırım yapmaya değip değmeyeceğine karar verebilmektir.**

Bu bakış açısı teknoloji olgunluğunun yalnızca teknik bir kavram olmadığını da gösterir. Bir teknoloji laboratuvarında çalışabilir ancak bu, şirket açısından yatırım yapmaya hazır olduğu anlamına gelmeyebilir. Ürüne dönüşebilmesi için farklı belirsizliklerin birlikte azalması gerekir:

- Teknoloji gerekli performansı sağlayabiliyor mu?
- Sistem mimarisine entegre edilebiliyor mu?
- Üretilbilir ve ölçeklenebilir mi?
- Gerekli doğrulama kanıtları üretilbiliyor mu?
- Maliyet hedeflerini karşılayabiliyor mu?
- Tedarik ve altyapı gereksinimleri yönetilebilir mi?
- Regülasyon açısından kabul edilebilir bir yol bulunuyor mu?

Dolayısıyla teknolojik olgunluk yalnızca: **“Teknoloji çalışıyor mu?”** sorusuyla ölçülemez. Daha anlamlı soru: **“Bu teknoloji, hedeflenen kullanım bağlamında güvenilir biçimde değere dönüştürülecek kadar hazır mı?”** olmalıdır. Bu ayrım özellikle teknoloji yol haritası ile ürün yol haritasının zamanlamasını birbirine bağlarken önem kazanır.

Bir ürünün 2029 yılında pazara çıkması planlanıyorsa, o ürünü mümkün kılacak kritik teknolojinin 2029 yılında hazır olması yeterli değildir. Teknolojinin ürün geliştirme sürecine girebilmesi için çok daha önce gerekli olgunluk seviyesine ulaşması gerekir. Sistem mimarisinin kurulması, tasarımın geliştirilmesi, doğrulamanın yapılması, üretim süreçlerinin oluşturulması ve gerektiğinde regülasyon kanıtlarının üretilmesi için zamana ihtiyaç vardır. Dolayısıyla:

ÜRÜNÜN PAZARA HAZIR OLMA TARİHİ ≠ TEKNOLOJİNİN HAZIR OLMA TARİHİ

Teknoloji yol haritasının en kritik görevlerinden biri bu zaman farkını görünür hale getirmektir. Aksi halde organizasyon kritik bir teknolojik yetkinliğin eksikliğini ancak ürün geliştirme projesi başladıktan sonra fark edebilir. Bu durumda teknoloji geliştirme faaliyeti artık stratejik bir hazırlık değil, ürün takvimini kurtarmaya çalışan acil bir mühendislik problemine dönüşür. Güçlü teknoloji yol haritası bunun tersini yapar. Gelecekteki ürün ve stratejik hedeflerden geriye doğru çalışarak kritik yetkinliklerin **ne zaman kullanılabilir hale gelmesi gerektiğini** belirler ve teknoloji yatırımlarını bu tarihten yeterince önce başlatır. Bu nedenle teknoloji yol haritasındaki zaman eksenini yalnızca takvim değildir. **Bir yatırım mantığıdır.**

Bazı yetkinlikler bugünün ürünleri için şimdi hazır olmalıdır. Bazıları yakın gelecekteki ürün ve platformları mümkün kılmak için bugünden geliştirilmeye başlanmalıdır. Bazıları ise henüz doğrudan ürüne bağlanmamış olsa bile gelecekte stratejik önem kazanma potansiyeli nedeniyle araştırılmalı ve izlenmelidir. Bu üç teknoloji grubu aynı yatırım kriterleriyle, aynı bütçe mantığıyla ve aynı başarı beklentileriyle yönetilemez. Çünkü birinde temel amaç **uygulamak**, diğerinde **olgunlaştırmak**, bir başkasında ise **öğrenmek ve gelecekteki seçenekleri açık tutmaktır**. Dolayısıyla teknoloji yol haritasının görevi bütün teknolojileri aynı zaman çizgisine yerleştirmek değil; **farklı olgunluk ve belirsizlik seviyelerindeki teknolojik yetkinlikleri farklı yatırım ufuklarında birlikte yönetmektir**. Bu bizi teknoloji yol haritasının bir sonraki kritik sorusuna götürür:

Bugünün rekabet gücü, yarının büyümesi ve geleceğin teknolojik seçenekleri arasında nasıl bir yatırım dengesi kurmalıyız?

8. TEKNOLOJİ YATIRIMLARI FARKLI ZAMAN UFKLARINDA YÖNETİLMELİDİR

Teknoloji yol haritasında zamanlama yalnızca teknolojilerin ne zaman hazır olması gerektiğini belirlemez. Aynı zamanda şirketin **bugünkü rekabet gücü ile gelecekteki teknolojik kapasitesi arasında kaynakları nasıl dağıtacağını** da belirler. Bu nedenle teknoloji yatırımlarının tamamını aynı zaman ufku, aynı başarı ölçütleri ve aynı yatırım mantığıyla yönetmek doğru değildir. Şirketin bugün ihtiyaç duyduğu teknolojiler ile üç veya beş yıl sonra ihtiyaç duyabileceği teknolojiler farklı belirsizlik seviyelerine, farklı ekonomik beklentilere ve farklı yatırım gerekçelerine sahiptir. Bugünkü bir teknoloji yatırımından kısa sürede ürün performansı, maliyet avantajı veya operasyonel sonuç beklenebilirken; daha uzun vadeli bir teknoloji yatırımının bugünkü temel çıktısı yeni bilgi, teknik doğrulama veya gelecekte kullanılabilecek bir teknolojik seçenek olabilir. Dolayısıyla teknoloji yol haritası tek bir yatırım listesi değil, **farklı zaman ufuklarında farklı amaçlara hizmet eden teknoloji yatırımlarının birlikte yönetildiği bir portföy** olarak ele alınmalıdır. Bu yaklaşım üç temel zaman ufku üzerinden düşünülebilir.

Birinci ufuk, şirketin **bugünkü rekabet gücünü** destekleyen teknolojik yetkinliklerden oluşur. Bunlar mevcut ürünlerin performansını geliştiren, maliyetleri azaltan, kaliteyi artıran, üretim süreçlerini iyileştiren veya mevcut ürün platformlarının rekabet gücünü

koruyan teknolojilerdir. Bu alandaki yatırımlar genellikle daha düşük teknolojik belirsizlik taşır. Kullanım alanı daha nettir ve ekonomik sonuç ile teknoloji yatırımı arasındaki bağlantı daha görünürdür. Yönetimin temel sorusu, teknolojinin gelecekte önemli olup olmayacağından çok, mevcut işin performansını ne kadar iyileştireceğidir. Ancak şirket teknoloji yatırımlarını yalnızca bu alana yoğunlaştırırsa önemli bir risk ortaya çıkar. Organizasyon bugünün ürünlerini giderek daha iyi hale getirirken **yarının ürünlerini mümkün kılacak yetkinlikleri oluşturmayı geciktirebilir.**

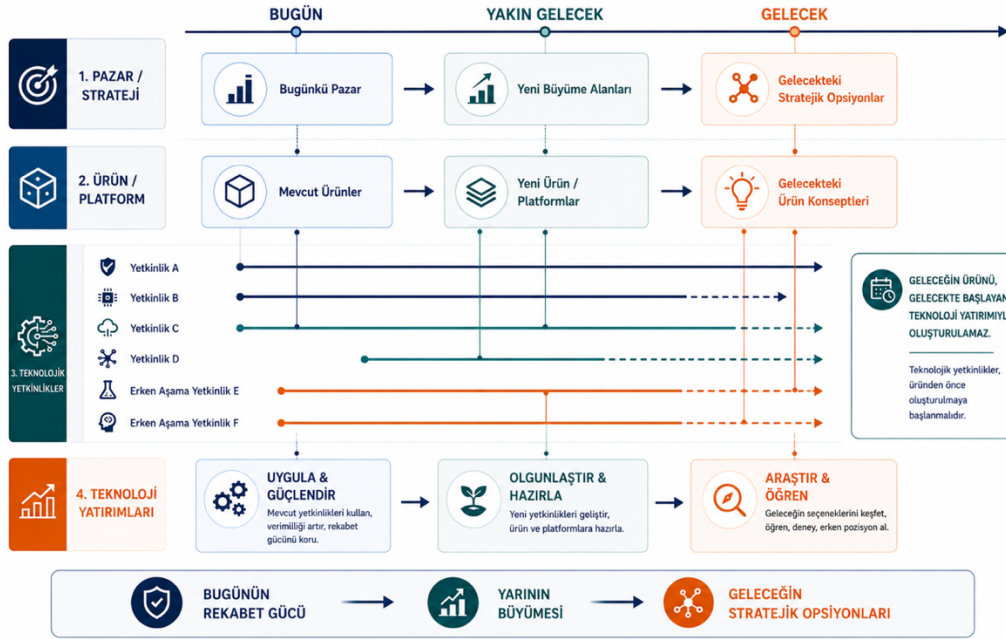
İkinci ufuk bu nedenle şirketin **yakın gelecekteki büyümesini** mümkün kılacak teknolojik yetkinliklerden oluşur. Bu teknolojiler henüz mevcut işin merkezinde olmayabilir ancak yeni ürünlerin, yeni platformların, yeni müşteri değerlerinin veya yeni pazarlara girişin temelini oluşturabilir. Teknoloji ile ekonomik sonuç arasındaki bağlantı birinci ufka göre daha belirsizdir; buna karşılık şirketin gelecekteki büyümesi açısından stratejik önemi daha yüksek olabilir. Bu alandaki yatırımın amacı mevcut ürünü optimize etmek değil, organizasyonu **bir sonraki rekabet alanına hazırlamaktır.** Burada yönetimin temel sorusu değişir: **“Bu teknoloji bugün ne kadar değer yaratıyor?”** yerine, **“Bu yetkinlik zamanında oluşmazsa gelecekte hangi stratejik fırsatı gerçekleştiremeyebiliriz?”** sorusu öne çıkar.

Üçüncü ufuk ise henüz belirli bir ürün veya ekonomik sonuçla doğrudan ilişkilendirilemeyen, ancak gelecekte şirketin rekabet alanını değiştirme potansiyeli taşıyan **erken aşama teknolojik yetkinliklerden** oluşur. Bu alanda belirsizlik daha yüksektir. Teknolojinin hangi hızda gelişeceği, hangi kullanım alanlarının ekonomik olarak anlamlı hale geleceği veya şirket stratejisinde ne kadar merkezi bir rol oynayacağı henüz kesin olmayabilir. Bu nedenle üçüncü ufuktaki yatırımların amacı çoğu zaman doğrudan ürün geliştirmek değildir. Amaç: **öğrenmek, kritik varsayımları test etmek ve gelecekteki stratejik seçenekleri açık tutmaktır.** Bu ayırım, teknoloji yatırımlarının değerlendirilmesinde kritik bir sonuç doğurur.

Birinci ufuktaki bir yatırım ile üçüncü ufuktaki bir yatırım aynı performans kriterleriyle değerlendirilemez. Mevcut üründe maliyet azaltmayı amaçlayan bir teknoloji yatırımından belirli bir ekonomik geri dönüş beklemek anlamlıdır. Ancak henüz kullanım alanı tam olarak oluşmamış erken aşama bir teknoloji araştırmasını aynı kısa vadeli finansal kriterlerle değerlendirmek, gelecekte stratejik önem kazanabilecek teknolojilerin sistematik olarak portföy dışında kalmasına neden olabilir. Terside doğrudur.

Uzun vadeli stratejik potansiyel, sınırsız yatırım gerekçesi değildir. Üçüncü ufuktaki bir teknolojiye yapılan yatırımın ekonomik çıktısı henüz belirsiz olabilir; ancak yatırımın hangi soruyu cevaplama, hangi belirsizliği azaltması ve hangi yeni bilgiyi üretmesi gerektiği açık olmalıdır. Dolayısıyla üç ufuk yaklaşımı teknoloji yatırımlarını **“kısa vadeli” ve “uzun vadeli”** olarak basitçe ayırmaz. Her ufka farklı bir yatırım amacı yükler:

- **Bugün — Uygula ve güçlendir.**
- **Yakın gelecek — Olgunlaştır ve hazırla.**
- **Gelecek — Araştır, öğren ve seçenek yarat.**



Şekil 5 — Teknoloji Yol Haritası, Bugünün Rekabet Gücü ile Geleceğin Teknolojik Seçeneklerini Aynı Zaman Ekseni Üzerinde Yönetir.

Teknoloji yatırımları aynı zaman ufkunda ve aynı yatırım mantığıyla yönetilmemelidir. Bugünkü yatırımlar mevcut ürünlerin rekabet gücünü desteklerken, yakın gelecek yatırımları yeni ürün ve platformlar için gerekli yetkinlikleri olgunlaştırır; daha uzun vadeli yatırımlar ise henüz ekonomik sonucu kesinleşmemiş teknolojiler hakkında bilgi üretir ve gelecekteki stratejik seçenekleri açık tutar. Kritik nokta, gelecekte ihtiyaç duyulacak teknolojik yetkinliklerin ürün geliştirme ihtiyacı ortaya çıktığında değil, yeterli olgunluğa ulaşabilmeleri için daha erken başlatılmasıdır.

Üç ufuk arasında ayırım yapmak önemli olmakla birlikte, asıl yönetim problemi bu ufuklardan hangisinin seçileceği değildir. **Üçünün aynı anda nasıl yönetileceğidir.**

Yalnızca birinci ufka yatırım yapan şirket kısa vadede son derece verimli görünebilir. Projelerin kullanım alanları bellidir, ekonomik gerekçeleri güçlüdür ve sonuçları daha kolay ölçülebilir. Ancak bu yapı zaman içinde teknoloji portföyünü mevcut ürünlerin etrafında daraltabilir. Şirket bugünün işini optimize ederken gelecekte ihtiyaç duyacağı yetkinlikleri oluşturmakta geç kalır.

Yalnızca ikinci ve üçüncü ufuklara ağırlık veren bir şirket ise ters riskle karşılaşır. Çok sayıda gelecek teknolojisi üzerinde çalışabilir ancak mevcut ürünlerin rekabet gücünü ve bugünkü ekonomik performansı destekleyecek yatırımları ihmal edebilir. Dolayısıyla amaç: **BUGÜN veya GELECEK** arasında seçim yapmak değildir. Amaç, şirket stratejisine uygun bir **zaman dengesi** kurmaktır. Bu denge için bütün şirketlere uygulanabilecek sabit bir yatırım oranı yoktur.

Teknoloji yoğunluğu yüksek ve hızlı dönüşen bir sektörde faaliyet gösteren şirketin gelecek ufuklarına daha fazla yatırım yapması gerekebilir. Daha olgun bir pazarda bulunan veya önemli kısa vadeli rekabet baskısı yaşayan başka bir şirketin mevcut teknolojileri güçlendirmeye daha fazla kaynak ayırması rasyonel olabilir. Dolayısıyla doğru portföy dengesi şirketin:

- **Stratejisine,**
- **Sektör dinamiklerine,**
- **Teknolojik değişim hızına,**
- **Mevcut yetkinliklerine,**
- **Finansal kapasitesine,**
- **Risk iştahına**

bağlıdır. Ancak oranlar farklı olsa bile temel prensip değişmez: **Gelecekte ihtiyaç duyulacak kritik bir teknolojik yetkinliğin geliştirilmesine, ihtiyaç ortaya çıktığı gün başlanamaz.** Bu nedenle teknoloji yol haritasının en önemli işlevlerinden biri, gelecekteki stratejik ihtiyaçlardan bugüne doğru geriye çalışmaktır. Örneğin bir şirket beş yıl sonra yeni bir ürün platformuna sahip olmak istiyorsa yönetimin yalnızca ürünün pazara çıkış tarihini belirlemesi yeterli değildir. Şu soruların da geriye doğru cevaplanması gerekir:

- Ürün geliştirme ne zaman başlamalı?
- Kritik teknoloji ne zaman sistem entegrasyonuna hazır olmalı?
- Teknolojinin performansı ne zaman doğrulanmış olmalı?
- Temel teknik belirsizlikler ne zaman azaltılmalı?
- Ve teknolojiyle ilgili ilk öğrenme yatırımı ne zaman başlamalı?

Bu yaklaşım teknoloji yol haritasındaki zaman eksenini basit bir takvimden çıkarıp **stratejik geriye planlama mekanizmasına** dönüştürür.

GELECEKTEKİ STRATEJİK HEDEF ← ÜRÜNÜN HAZIR OLMASI ← TEKNOLOJİNİN HAZIR OLMASI ← YETKİNLİĞİN OLUŞTURULMASI ← BUGÜNKÜ YATIRIM KARARI

Böylece gelecekteki hedefler bugünün teknoloji yatırım gündemini şekillendirmeye başlar. Ancak zaman ufuklarını doğru yönetmek tek başına yeterli değildir. Bir ürünün ortaya çıkması çoğu zaman tek bir teknolojinin zamanında olgunlaşmasına bağlı değildir. Sensör hazır olabilir ancak algoritma hazır olmayabilir. Algoritma hazır olabilir ancak üretim teknolojisi veya doğrulama altyapısı yeterli olmayabilir. Bu nedenle teknoloji yol haritasındaki bir sonraki kritik mesele tek tek teknolojilerin zamanlamasından daha sistemiktir: **Birbirine bağımlı teknolojik yetkinliklerin birlikte ve doğru sırada olgunlaştırılması.**

9. TEKNOLOJİLER TEK BAŞINA DEĞİL, BİRBİRİNE BAĞLI SİSTEMLER OLARAK GELİŞİR

Teknoloji yol haritalarında yapılan önemli hatalardan biri, teknolojik yetkinlikleri birbirinden bağımsız yatırım alanları olarak değerlendirmektir. Oysa gelecekteki bir

ürünün veya platformun ortaya çıkması çoğu zaman tek bir teknolojinin yeterince olgunlaşmasına bağlı değildir. Birbirinden farklı teknolojik yetkinliklerin **doğru zamanda, yeterli seviyede ve birlikte çalışabilir biçimde** hazır olması gerekir. Bir şirket yeni nesil bir ürün için gerekli sensör teknolojisini başarıyla geliştirmiş olabilir. Ancak sensörden üretilen veriyi işleyecek algoritma yeterince olgun değilse ürün beklenen değeri yaratamayabilir. Algoritma hazır olabilir ancak sistem mimarisi gerekli performansı desteklemeyebilir. Teknik çözüm çalışabilir ancak üretim süreci ölçeklenemeyebilir. Bütün teknik bileşenler hazır olabilir ancak gerekli doğrulama kapasitesi oluşturulmamışsa ürün pazara hazır hale gelemmez. Dolayısıyla kritik soru yalnızca: **“Teknolojilerimiz ne kadar olgun?”** değildir. Daha önemli soru: **“Birlikte çalışması gereken teknolojik yetkinliklerimiz, hedeflenen ürün veya sistemi mümkün kılacak düzeyde birlikte hazır mı?”** olmalıdır. Bu ayrım teknoloji yol haritasını bir teknoloji listesinden **bağımlılıklar sistemine** dönüştürür.

Bir teknolojik yetkinlik diğerinin ön koşulu olabilir. Bir yetkinliğin olgunlaşması başka bir yetkinlik hakkında alınacak karara bağlı olabilir. Bazı teknolojiler paralel geliştirilebilirken, bazıları ancak önceki teknik belirsizlikler çözüldükten sonra anlamlı biçimde ilerletilebilir. Bu nedenle teknoloji yatırımlarının değeri yalnızca kendi teknik başarıları üzerinden değerlendirilemez. Bir teknolojinin gerçek stratejik değeri, çoğu zaman **daha büyük bir teknolojik sistem içindeki rolünden** doğar. Örneğin bir şirketin gelecekte bağlantılı ve veri temelli bir ürün platformu oluşturmayı hedeflediğini düşünelim. Bu hedef yalnızca güçlü bir sensör teknolojisine sahip olmakla gerçekleştirilemez. Sensörün güvenilir veri üretmesi, verinin cihaz üzerinde işlenmesi, güvenli biçimde iletilmesi, anlamlı bilgiye dönüştürülmesi, sistem performansının doğrulanması ve bütün yapının ölçeklenebilir bir ürün mimarisine dönüştürülmesi gerekir. Bu durumda şirketin teknoloji yol haritasında birbirinden bağımsız birkaç teknoloji değil, birbirini tamamlayan bir **yetkinlik zinciri** vardır.

Sensör teknolojisindeki ilerleme algoritma geliştirmeyi etkileyebilir. Algoritmanın gerektirdiği veri kalitesi sensör gereksinimlerini değiştirebilir. Sistem mimarisi veri işleme kapasitesini sınırlayabilir. Üretim teknolojisi tasarım seçeneklerini değiştirebilir. Doğrulama sonuçları ise önceki teknik varsayımların yeniden değerlendirilmesini gerektirebilir. Dolayısıyla ilişki her zaman doğrusal da değildir. **Teknolojik yetkinlikler birbirini yalnızca takip etmez; birbirini şekillendirir.** Bu nedenle güçlü bir teknoloji yol haritası yalnızca hangi teknolojik yetkinliklerin geliştirilmesi gerektiğini ve ne zaman hazır olmalarının beklendiğini göstermemelidir. Aynı zamanda bu yetkinlikler arasındaki **kritik bağımlılıkları** da görünür hale getirmelidir. Bu bağımlılıkların görünür olmaması üç temel yönetim problemi yaratır.

İlk problem **yanlış hazır oluş algısıdır**. Şirket kritik teknolojilerden birinde önemli ilerleme kaydettiğinde ürün veya platformun da aynı ölçüde hazır olduğu düşünülebilir. Oysa sistemin gerçek hazırlık seviyesi en gelişmiş bileşen tarafından değil, ürünün ortaya

çıkmasını engelleyebilecek kritik eksikler tarafından belirlenir. Bu nedenle bir ürün veya platform açısından:

TEKNOLOJİ BAŞARISI ≠ SİSTEM HAZIRLIĞI

Bir teknolojinin yüksek performansa ulaşmış olması, bütün teknolojik sistemin ürüne hazır olduğu anlamına gelmez.

İkinci problem **yatırım sıralamasıdır**. Birbirine bağımlı teknolojiler yanlış sırayla geliştirildiğinde şirket teknik olarak başarılı ancak kullanılamayan çıktılar üretebilir. Örneğin temel sistem mimarisi veya veri gereksinimleri yeterince netleşmeden ileri düzey algoritma geliştirmeye büyük kaynak ayrılması, daha sonra önemli yeniden geliştirme ihtiyacı yaratabilir. Benzer şekilde üretilebilirlik gereksinimleri çok geç ele alındığında laboratuvarında başarılı olan bir teknoloji ekonomik olarak ölçeklenemeyebilir. Dolayısıyla teknoloji yol haritası yalnızca: **“Neye yatırım yapacağız?”** ve **“Ne zaman yatırım yapacağız?”** sorularını değil, **“Hangi yatırımların diğerlerinden önce veya onlarla birlikte ilerlemesi gerekiyor?”** sorusunu da cevaplamalıdır.

Üçüncü problem ise **darboğaz yönetimidir**. Bir teknolojik sistemin performansı çoğu zaman en güçlü yetkinliklerinden değil, kritik yolu sınırlayan en zayıf yetkinliklerinden etkilenir. Şirket algoritma geliştirmede dünya standartlarında olabilir; ancak gerekli veri kalitesini sağlayamıyorsa bu yetkinlik ürüne dönüşmeyebilir. Çok güçlü bir ürün tasarımı geliştirebilir; ancak doğrulama altyapısı yetersizse pazara çıkış gecikebilir. İleri bir üretim teknolojisine sahip olabilir; ancak kritik bileşenlerde dışa bağımlılık yüksekse ölçekleme kapasitesi sınırlanabilir. Bu nedenle teknoloji yönetiminin amacı bütün yetkinlikleri aynı seviyeye getirmek değildir. Amaç, **stratejik hedefin gerçekleşmesini engelleyebilecek kritik teknolojik darboğazları zamanında belirlemek ve ortadan kaldırmaktır**. Bu yaklaşım teknoloji yatırımlarının önceliklendirilmesini de değiştirir.

En yüksek teknoloji potansiyeline sahip alan her zaman en yüksek yatırım önceliğine sahip olmayabilir. Bazen daha az görünür ancak sistemin tamamını sınırlayan bir yetkinliğe yapılacak yatırım, çok daha ileri bir teknolojiye yapılacak yatırımdan daha fazla stratejik değer yaratabilir. Dolayısıyla yatırım önceliği yalnızca: **“Bu teknoloji ne kadar önemli?”** sorusundan türetilmemelidir. Şu soru da sorulmalıdır: **“Bu yetkinlik oluşmazsa hangi ürün, platform veya başka teknolojik yetkinlik ilerleyemez?”** Bu soru teknoloji bağımlılıklarının stratejik önemini görünür hale getirir. Aynı yaklaşım teknoloji riskinin değerlendirilmesinde de gereklidir.

Bir teknoloji kendi başına düşük riskli olabilir ancak birçok kritik yetkinlik ona bağlıysa sistem düzeyindeki etkisi yüksek olabilir. Buna karşılık teknik belirsizliği yüksek başka bir teknoloji, ürün mimarisinde alternatif çözümler bulunduğu için toplam sistem açısından daha yönetilebilir bir risk oluşturabilir. Bu nedenle teknoloji riski yalnızca teknolojinin kendi belirsizliği üzerinden değil, **bağımlılık ağı içindeki konumu** üzerinden de

değerlendirilmelidir. Burada teknoloji yol haritasının rolü daha da genişler. Yol haritası artık yalnızca:

- **Hangi yetkinliklerin gerekli olduğunu,**
- **Hangi yetkinlik açıklarının bulunduğunu,**
- **Bu yetkinliklerin nasıl edinileceğini,**
- **Ne zaman hazır olması gerektiğini**

gösteren bir plan değildir.

Aynı zamanda:

- **Hangi yetkinliklerin birbirine bağlı olduğunu,**
- **Hangi bağımlılıkların kritik yolu oluşturduğunu,**
- **Hangi teknolojik darboğazların gelecekteki stratejik hedefleri riske attığını**

gösteren bir karar mekanizmasına dönüşür.

Bu bakış açısı özellikle teknoloji yatırım kararlarının organizasyon içinde nasıl yönetildiği açısından önemlidir. Şirketlerde farklı teknolojik alanlar çoğu zaman farklı ekiplerin sorumluluğundadır. Yazılım ekibi kendi teknoloji gündemini, donanım ekibi kendi geliştirme planını, üretim ekibi kendi proses yatırımlarını, kalite ve regülasyon ekipleri ise kendi hazırlıklarını yönetebilir. Her ekip kendi alanında doğru kararlar veriyor olabilir. Ancak **yerel olarak doğru kararların toplamı, sistem düzeyinde doğru teknoloji stratejisini otomatik olarak oluşturmaz.** Ekiplerden biri diğerlerinden çok daha hızlı ilerleyebilir. Kritik bir bağımlılık gözden kaçabilir. Aynı stratejik hedef için gerekli yatırımlar farklı bütçe dönemlerine dağılabilir. Bir ekip teknoloji geliştirmeyi tamamlarken onu kullanacak başka bir yetkinlik henüz yatırım gündemine bile alınmamış olabilir. Bu nedenle teknoloji yol haritası yalnızca teknik ekiplerin planlarını bir araya getiren bir belge olmamalıdır.

Farklı teknoloji alanlarını **aynı stratejik hedef etrafında senkronize eden bir yönetim mekanizması** olmalıdır. Bu senkronizasyonun temelinde ürün veya platform hedefinden geriye doğru çalışan bir mantık bulunur. Yönetim gelecekteki stratejik hedef için önce gerekli yetkinlik sistemini tanımlar. Ardından hangi yetkinliklerin birbirine bağımlı olduğunu, hangilerinin kritik yol üzerinde bulunduğunu, hangi tarihte hangi olgunluk seviyesine ulaşmaları gerektiğini ve hangi yatırımların birbirini mümkün kıldığını belirler. Böylece teknoloji yol haritası:

TEKNOLOJİ A → TEKNOLOJİ B → TEKNOLOJİ C

şeklindeki basit bir sıralamadan çıkar. Yerine birbirini etkileyen ve ortak bir stratejik çıktıya bağlanan bir **teknolojik yetkinlik mimarisi** oluşur. Bu yaklaşımın yönetim açısından önemli bir sonucu vardır: **Teknoloji yatırımının gerçek birimi her zaman tek bir teknoloji değildir. Bazen yatırımın gerçek birimi, birlikte değer yaratan bir yetkinlik sistemidir.** Bu nedenle şirketin Ar-Ge portföyü de birbirinden bağımsız proje fikirlerinin toplamı olarak oluşturulmamalıdır. Eğer gelecekteki stratejik hedefler birbirine

bağlı teknolojik yetkinlikler gerektiriyorsa, Ar-Ge projelerinin de bu yetkinlikleri doğru sırada ve doğru zamanda oluşturacak şekilde tasarlanması gerekir. Bu noktada teknoloji yol haritası ile Ar-Ge portföyü arasındaki bağlantı artık doğrudan kurulabilir. Teknoloji yol haritası: **“Gelecekte hangi teknolojik yetkinlik sistemine sahip olmamız gerekiyor?”** sorusunu cevaplar. Bir sonraki yönetim sorusu ise şudur: **“Bu yetkinlik sistemini oluşturmak için bugün hangi Ar-Ge projelerine yatırım yapmalıyız?”** İşte bu noktada teknoloji yol haritası, teknoloji stratejisinden çıkarak **Ar-Ge portföyünün yatırım mantığına** dönüşür.

10. TEKNOLOJİ YOL HARİTASI AR-GE PORTFÖYÜNE NASIL DÖNÜŞÜR?

Teknoloji yol haritasının değeri, gelecekte ihtiyaç duyulacak teknolojik yetkinlikleri doğru tanımlamakla sınırlı değildir. Asıl değer, bu stratejik öngörünün **bugünün yatırım kararlarını değiştirebilmesinde** ortaya çıkar. Bir şirket gelecekte hangi yetkinliklere ihtiyaç duyacağını belirlemiş, mevcut yetkinlikleriyle arasındaki açıkları analiz etmiş, hangi yetkinliklerin içeride geliştirileceğine veya dışarıdan edinileceğine karar vermiş ve bunların ne zaman hazır olması gerektiğini tanımlamış olabilir. Ancak bütün bu kararlar Ar-Ge projelerine, kaynak tahsisine ve yatırım önceliklerine dönüşmüyorsa teknoloji yol haritası stratejik bir analiz olarak kalır. Bu nedenle teknoloji yol haritasının doğal çıktısı bir teknoloji listesi değil, **Ar-Ge yatırım gündemi** olmalıdır. Burada teknoloji yol haritası ile Ar-Ge portföyü arasındaki temel ayrım netleşir: **Teknoloji yol haritası, gelecekte hangi teknolojik yetkinliklerin oluşturulması gerektiğini belirler. Ar-Ge portföyü ise bu yetkinlikleri oluşturmak için bugün hangi projelere kaynak tahsis edileceğini belirler.** Bu bağlantı kurulmadığında Ar-Ge portföyleri çoğu zaman aşağıdan yukarıya oluşur.

Teknik ekiplerden proje fikirleri gelir. Müşteriler yeni talepler oluşturur. Mevcut ürünlerde çözülmesi gereken problemler ortaya çıkar. Yeni teknolojiler dikkat çeker. Fon ve destek programları yeni proje fırsatları yaratır. Yönetim farklı stratejik girişimler başlatır. Bu mekanizmaların her biri değerli proje fikirleri üretebilir. Ancak ortaya çıkan projelerin toplamı, şirketin gelecekte ihtiyaç duyacağı teknolojik yetkinlikleri sistematik olarak oluşturacağı anlamına gelmez. Şirket çok sayıda başarılı Ar-Ge projesi yürütürken gelecekteki rekabet gücü açısından kritik bir yetkinliğe hiç yatırım yapmıyor olabilir. Dolayısıyla:

İYİ AR-GE PROJELERİNİN TOPLAMI ≠ DOĞRU TEKNOLOJİ PORTFÖYÜ

Bu ayrım önemlidir. Çünkü geleneksel proje seçiminde temel soru çoğu zaman projenin kendi çekiciliğidir:

- Teknoloji yenilikçi mi?
- Teknik olarak yapılabilir mi?
- Pazar potansiyeli var mı?
- Ekonomik değer yaratabilir mi?
- Risk kabul edilebilir mi?

Bu sorular gereklidir ancak teknoloji yol haritası perspektifinde yeterli değildir. Bir soru daha eklenmelidir: **Bu proje gelecekte ihtiyaç duyacağımız hangi teknolojik yetkinliği oluşturuyor?** Bu soruya güçlü bir cevap verilemiyorsa proje kendi başına cazip olsa bile şirketin teknoloji stratejisi açısından aynı ölçüde öncelikli olmayabilir. Böylece proje seçiminin mantığı değişir. Geleneksel yaklaşımda şirket önündeki proje fikirlerini değerlendirir ve en güçlü görünenleri portföye alır. Teknoloji yol haritası yaklaşımında ise şirket önce gelecekte ihtiyaç duyacağı yetkinlikleri belirler; ardından bu yetkinlikleri oluşturacak yatırımları ve Ar-Ge projelerini tasarlar. Akış:

PROJE FİKİRLERİ → DEĞERLENDİRME → PORTFÖY

olmaktan çıkar;

STRATEJİ → TEKNOLOJİ YOL HARİTASI → YETKİNLİK AÇIKLARI → TEKNOLOJİ YATIRIMLARI → AR-GE PROJELERİ → PORTFÖY

haline gelir. Bu değişim küçük görünse de Ar-Ge yönetiminin temel mantığını değiştirir. Artık proje portföyü, organizasyonda ortaya çıkan iyi fikirlerin arasından seçim yapılan bir mekanizma değildir. **Şirketin gelecekteki teknolojik kapasitesini bilinçli olarak inşa eden yatırım mekanizmasıdır.** Bu yaklaşım, bir Ar-Ge projesinin ne ürettiğine ilişkin bakışı da genişletir. Bir projenin çıktısı yalnızca yeni bir ürün, prototip veya teknik çözüm değildir. Proje aynı zamanda yeni bilgi, mühendislik deneyimi, test ve doğrulama kapasitesi, fikri mülkiyet, altyapı, veri, yöntem ve organizasyonel öğrenme üretebilir. Dolayısıyla teknoloji yol haritası açısından bir Ar-Ge projesinin değeri iki farklı düzeyde değerlendirilmelidir.

- Birincisi **doğrudan proje değeridir**: Proje hangi ürün, müşteri veya ekonomik sonucu yaratıyor?
- İkincisi **yetkinlik değeridir**: Proje organizasyonda gelecekte başka ürün ve teknolojilerde de kullanılabilecek hangi kapasiteyi oluşturuyor?

Bu iki değer her zaman aynı değildir. Bazı projelerin doğrudan ekonomik potansiyeli yüksek olabilir ancak şirkette sınırlı yeni teknolojik yetkinlik oluşturabilir. Başka bir proje kısa vadede daha küçük bir ticari fırsata sahip olabilir fakat gelecekte birden fazla ürün platformunda kullanılabilecek kritik bir teknoloji veya mühendislik kapasitesi oluşturabilir. Bu nedenle proje değerlendirmesinde yalnızca: **“Bu proje ne üretecek?”** değil, **“Bu proje tamamlandığında şirket neyi yapabilir hale gelecek?”** sorusu da sorulmalıdır. Bu ikinci soru, teknoloji yol haritası ile Ar-Ge portföyü arasındaki en güçlü bağlantılardan biridir.

Önceki yazıda (**AR-GE PORTFÖYÜ NASIL YÖNETİLMELİ?**) Ar-Ge portföyünün yalnızca projelerin tek tek çekiciliğini değil; stratejik uyum, ekonomik değer, risk, kaynak ihtiyacı ve teknoloji yol haritasıyla uyumu birlikte değerlendirmesi gerektiğini ortaya koymuştuk. Teknoloji yol haritası bu çerçevenin geleceğe dönük yönünü güçlendirir: Bugünkü

projelerin yalnızca bugünkü ekonomik fırsatlara değil, yarının teknolojik kapasitesine de katkısı sorgulanır. Bu noktada portföy yönetimi artık yalnızca **proje seçimi** değildir. Aynı zamanda **yetkinlik oluşturma portföyüdür**. Örneğin gelecekteki bir ürün platformunun sensör, algoritma, sistem mimarisi, üretim teknolojisi ve doğrulama alanlarında beş kritik yetkinlik gerektirdiğini düşünelim.

Şirket yalnızca algoritma tarafında çok sayıda güçlü proje yürütüyorsa proje portföyü teknik açıdan etkileyici görünebilir. Ancak diğer kritik yetkinlikler zamanında oluşturulmuyorsa gelecekteki ürün platformu yine hayata geçirilemeyebilir. Dolayısıyla portföyün görevi her teknoloji alanında mümkün olduğunca fazla proje yürütmek değildir. **Birlikte değer yaratması gereken kritik yetkinliklerin doğru zamanda oluşmasını sağlayacak yatırım bileşimini kurmaktır**. Bu yaklaşım bir önceki makalede ele aldığımız teknoloji bağımlılıklarını doğrudan portföy kararına taşır. Eğer Teknoloji B'nin geliştirilmesi Teknoloji A'da belirli bir olgunluk seviyesine ulaşılmasına bağlıysa, A ve B projeleri birbirinden bağımsız yatırım kararları olarak değerlendirilemez. Benzer şekilde tek bir teknolojik yetkinlik birden fazla gelecek ürün platformunu mümkün kılıyorsa, bu yetkinliğe yapılan yatırımın değeri yalnızca ilk kullanılacağı projeye yüklenmemelidir. Bu nedenle teknoloji yol haritası portföye dönüştürülürken yönetimin yalnızca **proje bazında** değil, **yetkinlik sistemi bazında** düşünmesi gerekir. Bu bakış kaynak tahsisini de değiştirir.

Bütçeler çoğu zaman mevcut projeler üzerinden dağıtılır. Önce projeler tanımlanır, ardından her projenin ne kadar bütçe ve insan kaynağı gerektirdiği hesaplanır. Teknoloji yol haritası ise ters yönde bir soru sorar: **Gelecekteki stratejimiz açısından kritik yetkinliklerin zamanında oluşabilmesi için bugün ne kadar kapasite ayırmamız gerekiyor?** Bu soru özellikle mühendislik kapasitesi açısından önemlidir. Çünkü teknoloji yatırımlarının en kıt kaynağı her zaman para olmayabilir. Kritik uzmanların zamanı, test altyapısı, sistem mühendisliği kapasitesi veya yönetim dikkati finansal bütçeden daha sınırlayıcı olabilir. Bu nedenle teknoloji yol haritasının portföye dönüşmesi yalnızca bütçe satırlarının oluşturulması değildir. **Stratejik önceliklerin gerçek mühendislik kapasitesine dönüştürülmesidir**. Burada şirket stratejisinin gerçek testi ortaya çıkar.

Bir şirket belirli bir teknolojik yetkinliği geleceği açısından kritik olarak tanımlıyor ancak bu alana yeterli mühendislik zamanı, bütçe veya yönetim dikkati ayırmıyorsa yol haritasındaki stratejik öncelik ile fiili yatırım davranışı birbirinden kopmuştur. Başka bir ifadeyle: **Teknoloji yol haritasında yazan öncelikler değil, kaynak tahsis edilen yetkinlikler şirketin gerçek teknoloji stratejisini gösterir**. Bu nedenle yönetimin teknoloji yol haritası ile Ar-Ge portföyünü düzenli olarak birlikte değerlendirmesi gerekir. Her kritik yetkinlik için şu bağlantı kurulabilmelidir:

- **Hangi stratejik hedefi destekliyor?**
- **Ne zaman gerekli olacak?**
- **Bugünkü yetkinlik seviyemiz nedir?**
- **Hangi açık kapatılmalı?**

- **Bu açığı hangi yatırım veya projeler kapatıyor?**
- **Bu projelere hangi kaynakları tahsis ediyoruz?**
- **Yatırım ilerledikçe gerçekten beklediğimiz yetkinliği oluşturuyor muyuz?**

Bu zincirin herhangi bir noktasındaki kopukluk, strateji ile Ar-Ge yatırımları arasındaki bağlantıyı zayıflatır. Ancak burada önemli bir yönetim riski daha vardır. Teknoloji yol haritasından türetilmiş olması, bir Ar-Ge projesinin sonsuza kadar stratejik kalacağı anlamına gelmez. Proje ilerledikçe yeni bilgiler ortaya çıkar. Teknoloji beklenenden daha hızlı veya daha yavaş gelişebilir. Alternatif bir çözüm ortaya çıkabilir. Ürün stratejisi değişebilir. Pazar beklentileri farklılaşabilir. Bir teknoloji ortağı yeni bir edinim seçeneği yaratabilir. Daha önce kritik görülen bir yetkinlik önemini kaybedebilir. Dolayısıyla teknoloji yol haritası ile Ar-Ge portföyü arasındaki ilişki tek yönlü değildir. Yalnızca:

YOL HARİTASI → PORTFÖY

değildir. Ar-Ge projelerinde üretilen yeni bilgi de teknoloji yol haritasını değiştirmelidir:

YOL HARİTASI → YATIRIM → AR-GE → ÖĞRENME → YENİDEN DEĞERLENDİRİLMİŞ YOL HARİTASI

Bu geri besleme kurulmadığında teknoloji yol haritası zaman içinde gerçeklikten kopar; Ar-Ge portföyü ise geçmişte verilmiş stratejik kararların uygulayıcısına dönüşür. Güçlü sistemde ise teknoloji yol haritası ve Ar-Ge portföyü birbirini sürekli besler. Yol haritası Ar-Ge'nin **nereye yatırım yapacağını** belirler. Ar-Ge ise yol haritasına **ne öğrendiğini** geri taşır. Bu nedenle teknoloji yol haritasının Ar-Ge portföyüne dönüşmesi bir defalık planlama faaliyeti değildir. **Stratejinin yatırıma, yatırımın öğrenmeye, öğrenmenin ise yeni stratejik kararlara dönüştüğü sürekli bir yönetim döngüsüdür.** Bu noktada teknoloji yol haritasının son ve belki de en önemli özelliği ortaya çıkar: **Teknoloji yol haritası bir kez hazırlanıp uygulanacak sabit bir plan değil, yeni bilgi geldikçe yeniden karar üreten yaşayan bir sistem olmalıdır.**

11. TEKNOLOJİ YOL HARİTASI BİR KEZ HAZIRLANIP DUVARA ASILMAZ

Teknoloji yol haritalarının en büyük riski yanlış hazırlanması değil, **doğru hazırlandıktan sonra değişmeden kalmasıdır.** Bir şirket bugün gelecekteki stratejik hedeflerini tanımlayabilir, ihtiyaç duyacağı teknolojik yetkinlikleri belirleyebilir, yetkinlik açıklarını analiz edebilir ve bunları kapatacak teknoloji yatırımlarını planlayabilir. Ancak bütün bu kararlar, verildikleri anda mevcut olan bilgiye dayanır. Oysa teknoloji yatırımlarının temel özelliği belirsizlik altında yapılmasıdır.

Teknoloji beklenenden hızlı veya yavaş gelişebilir. Teknik varsayımlar doğrulanmayabilir. Yeni bir teknoloji mevcut yaklaşımın yerini alabilir. Müşteri ihtiyaçları değişebilir. Yeni rakipler ortaya çıkabilir. Regülasyon gereksinimleri farklılaşabilir. Bir tedarikçi, üniversite veya teknoloji şirketi daha önce bulunmayan bir edinim seçeneği yaratabilir. Daha da

önemlisi, şirketin kendi Ar-Ge faaliyetleri de sürekli yeni bilgi üretir. Dolayısıyla teknoloji yol haritası hazırlanırken verilen kararların bir bölümü zaman içinde geçerliliğini kaybedecektir. Bu bir planlama hatası değildir. **Teknoloji yönetiminin doğal sonucudur.** Bu nedenle güçlü bir teknoloji yol haritasının görevi geleceği bir kez doğru tahmin etmek değil, yeni bilgi ortaya çıktığında yatırım kararlarını yeniden değerlendirebilecek bir mekanizma oluşturmaktır. Başka bir ifadeyle: **Teknoloji yol haritasının kalitesi yalnızca ilk planın doğruluğuyla değil, yeni bilgi karşısında ne kadar hızlı ve disiplinli biçimde değişebildiğiyle ölçülmelidir.** Bu bakış teknoloji yol haritasını statik bir planlama aracından **dinamik bir karar sistemine** dönüştürür. Bu dönüşüm önemlidir. Çünkü geleneksel uzun vadeli planlama yaklaşımında yol haritasının temel işlevi gelecekte ne yapılacağını tanımlamaktır. Belirsizliğin yüksek olduğu teknoloji yönetiminde ise bunun tek başına yeterli olması mümkün değildir. Yönetimin aynı zamanda şu soruyu cevaplayabilmesi gerekir: **“Hangi yeni bilgi ortaya çıkarsa bugünkü teknoloji yatırım kararımızı değiştiririz?”** Bu soru yol haritasına farklı bir disiplin getirir.

Bir teknoloji yatırımına başlandığında yalnızca hedef, bütçe ve takvim belirlenmez. Yatırımın hangi temel varsayımlara dayandığı, hangi belirsizlikleri azaltması gerektiği ve hangi sonuçların yatırım kararının yeniden değerlendirilmesini gerektireceği de tanımlanır. Böylece teknoloji yatırımı:

PLANLA → UYGULA

şeklinde doğrusal bir süreç olmaktan çıkar. Yerine:

STRATEJİ → YOL HARİTASI → YATIRIM → ÖĞRENME → YENİ BİLGİ → YENİDEN KARAR

şeklinde çalışan bir yönetim döngüsü oluşur.



Şekil 6 — Teknoloji Yol Haritası Statik Bir Plan Değil, Sürekli Öğrenen Bir Karar Sistemidir.

Teknoloji yol haritası belirli bir tarihte hazırlanıp uygulanacak sabit bir plan olarak değil, yeni bilgi geldikçe yatırım kararlarını yeniden değerlendiren bir yönetim döngüsü olarak ele alınmalıdır. Teknoloji yatırımları ve Ar-Ge faaliyetleri yalnızca teknik çıktı değil, gelecekteki kararların kalitesini artıracak bilgi üretir. Aynı zamanda teknoloji, pazar, rekabet, regülasyon ve tedarik ekosistemindeki değişimler başlangıçtaki varsayımları geçersiz hale getirebilir. Bu nedenle etkin teknoloji yönetimi, yeni bilgiler ışığında yatırımları devam ettirebilmeyi, hızlandırabilmeyi, revize edebilmeyi, bekletebilmeyi veya durdurabilmeyi gerektirir. Yol haritasının değeri plana ne kadar sadık kalındığında değil, değişen koşullar karşısında kaynakları ne kadar doğru yeniden yönlendirebildiğinde ortaya çıkar.

Bu döngünün çalışabilmesi için yol haritasının belirli aralıklarla güncellenmesi tek başına yeterli değildir. Yılda bir kez yapılan teknoloji stratejisi toplantısı, mevcut yol haritasındaki tarihlerin değiştirilmesi veya proje durumlarının güncellenmesi bir yol haritasını otomatik olarak dinamik hale getirmez. Asıl mesele **takvimin güncellenmesi değil, yatırım gerekçesinin yeniden sorgulanmasıdır**. Her kritik teknoloji yatırımında yönetimin üç şeyi birbirinden ayırabilmesi gerekir:

- Başlangıçta neye inanıyorduk?
- O tarihten bu yana ne öğrendik?
- Bu yeni bilgi yatırım kararımızı değiştiriyor mu?

Bu disiplin önemlidir. Çünkü organizasyonlar bir teknoloji yatırımına başladıktan sonra başlangıç kararını koruma eğilimi gösterebilir.

Projeye önemli miktarda zaman ve sermaye harcanmıştır. Teknik ekip oluşmuştur. Altyapı satın alınmıştır. Yönetim projeyi desteklemiştir. Teknoloji stratejik planlara girmiştir. Bütün bunlar yatırımın devam ettirilmesi yönünde organizasyonel bir momentum yaratır. Ancak geçmişte yapılan yatırım, gelecekte yatırım yapmaya devam etmek için tek başına gerekçe değildir. **Dünün doğru teknoloji kararı, bugünün doğru teknoloji kararı olmak zorunda değildir**. Teknoloji beklenenden daha yavaş ilerliyorsa, alternatif bir çözüm daha avantajlı hale geldiyse veya şirketin stratejik öncelikleri değiştiyse daha önce doğru olan bir yatırımın azaltılması veya durdurulması gerekebilir. Terside mümkündür. Başlangıçta küçük bir araştırma yatırımı olarak ele alınan teknoloji, kritik belirsizlikler çözüldükçe ve stratejik önemi arttıkça daha büyük bir yatırım alanına dönüşebilir. Dolayısıyla yeniden değerlendirme yalnızca düşük performanslı teknolojileri durdurmak için kullanılmaz. Aynı zamanda **yeni bilgiyle güçlenen fırsatlara daha fazla kaynak aktarabilmenin** mekanizmasıdır. Bu nedenle güçlü teknoloji yönetimi yalnızca yatırım kararını değil, **yatırım yoğunluğunu** da zaman içinde değiştirebilmelidir.

Erken aşamada sınırlı kaynakla araştırılan bir teknoloji için olumlu kanıtlar ortaya çıktığında yatırım hızlandırılabilir. Teknik belirsizlik devam ediyorsa aynı seviyede öğrenmeye devam edilebilir. Kritik varsayımlar geçersiz hale geldiyse yatırım azaltılabilir veya durdurulabilir. Bu yaklaşım teknoloji yatırımlarını başlangıçta verilen sabit

bütçelerden çıkarıp **kanıt arttıkça kaynak tahsisinin değiştiği dinamik yatırımlara** dönüştürür. Burada Ar-Ge'nin rolü de yeniden tanımlanır. Ar-Ge yalnızca teknoloji geliştiren bir fonksiyon değildir. **Teknoloji yatırım kararlarını iyileştirecek bilgi üreten bir mekanizmadır.**

Bir deney başarısız olduğunda yalnızca teknik hedefe ulaşamamış olmayabilir. Eğer deney kritik bir varsayımın yanlış olduğunu ortaya çıkardıysa, şirket daha büyük bir yatırımı yapmadan önce önemli bir bilgi edinmiş olabilir. Bu nedenle teknoloji yol haritasındaki ilerleme yalnızca: **“Ne kadar geliştirdik?”** sorusuyla ölçülmemelidir. Aynı zamanda: **“Hangi belirsizliği azalttık ve bu yeni bilgi yatırım kararımızı nasıl değiştirdi?”** sorusu da sorulmalıdır. Bu yaklaşım teknoloji yol haritası ile yönetim kararları arasındaki bağlantıyı güçlendirir. Çünkü yol haritası artık yalnızca teknik ekiplerin geliştirme planını göstermez. Yönetimin düzenli olarak sermaye, insan kaynağı ve organizasyonel kapasiteyi yeniden tahsis ettiği bir karar zemini oluşturur. Bu nedenle yol haritasının periyodik gözden geçirilmesinde temel gündem proje durum raporları değil, **yatırım tezlerinin geçerliliği** olmalıdır.

Her kritik teknoloji alanında yönetim şu soruları yeniden sormalıdır:

- **Bu yetkinlik hâlâ gelecekteki stratejimiz açısından kritik mi?**
- **İhtiyaç duyacağımız zamanlama değişti mi?**
- **Teknolojinin olgunlaşması beklediğimiz gibi ilerliyor mu?**
- **Ar-Ge çalışmalarımız hangi yeni bilgiyi üretti?**
- **Alternatif teknoloji veya edinim seçenekleri ortaya çıktı mı?**
- **Bugünkü bilgiyle bu yatırımı ilk kez değerlendiriyor olsaydık yine aynı kararı verir miydik?**

Son soru özellikle önemlidir. Çünkü yönetimi geçmiş kararların ağırlığından çıkarıp mevcut bilgiyle yeniden düşünmeye zorlar. Eğer cevap hayırsa, yol haritasının değişmesi başarısızlık değildir. Tam tersine: **Yeni bilgi karşısında değişmeyen yol haritası, öğrenmeyen bir teknoloji yönetim sisteminin göstergesi olabilir.** Bu nedenle teknoloji yol haritasının olgunluğu ne kadar ayrıntılı olduğu veya ne kadar uzun bir geleceği kapsadığıyla ölçülmemelidir. Daha önemli olan, üç mekanizmayı birlikte çalıştırabilmesidir:

- **Yön vermek:** Gelecekte hangi teknolojik yetkinliklerin kritik olduğunu göstermek.
- **Kaynak tahsis etmek:** Bugün hangi teknoloji yatırımlarının yapılacağını belirlemek.
- **Yeniden karar vermek:** Yeni bilgi geldiğinde bu kaynakları değiştirebilmek.

Bu üç mekanizma birlikte çalıştığında teknoloji yol haritası bir plan olmaktan çıkar ve gerçek anlamda **stratejik bir karar sistemi** haline gelir. Yazının başında sorduğumuz soru da böylece farklı bir anlam kazanır. Bir şirketin teknoloji yol haritasına sahip olup olmadığını anlamak için yalnızca gelecekteki teknolojilerin yer aldığı bir dokümana bakmak yeterli değildir. Daha temel sorular vardır:

- Şirket gelecekte hangi teknolojik yetkinliklere ihtiyaç duyacağını biliyor mu?
- Bu yetkinlikleri stratejik hedefleriyle ilişkilendirebiliyor mu?
- Bugünkü yetkinlik açıklarını görebiliyor mu?
- Hangi yetkinliği geliştireceğine, hangisini dışarıdan edineceğine karar verebiliyor mu?
- Teknoloji yatırımlarını farklı zaman ufuklarında dengeleyebiliyor mu?
- Birbirine bağımlı teknolojik yetkinlikleri birlikte yönetebiliyor mu?
- Ar-Ge portföyünü bu yetkinlikleri oluşturacak şekilde kaynaklandırabiliyor mu?

Ve en önemlisi:

- **Yeni bilgi ortaya çıktığında önceki teknoloji yatırım kararlarını değiştirebiliyor mu?**

Bu sorulara sistematik cevap verilebiliyorsa şirketin yalnızca bir teknoloji planı değil, yaşayan bir teknoloji yol haritası vardır. Çünkü teknoloji yol haritasının gerçek amacı geleceği doğru çizmek değildir. **Geleceğe hazırlanırken bugün daha iyi yatırım kararları verebilmek ve yarın daha iyi bilgi geldiğinde bu kararları değiştirebilmektir.**

SONUÇ — GELECEK, PROJE LİSTESİYLE İNŞA EDİLMEZ

Şirketlerin gelecekteki rekabet gücü, bugün kaç Ar-Ge projesi yürüttükleriyle belirlenmez. Daha temel soru şudur: **Bugün yaptığımız teknoloji yatırımları, gelecekte ihtiyaç duyacağımız hangi teknolojik yetkinlikleri oluşturuyor?** Bu soru teknoloji yol haritasının özünü ortaya koyar.

Bir şirketin çok sayıda Ar-Ge projesi, güçlü bir mühendislik ekibi ve önemli bir teknoloji bütçesi olabilir. Ancak bu yatırımlar gelecekte ihtiyaç duyulacak kritik yetkinlikler etrafında yönlendirilmiyorsa, yüksek Ar-Ge faaliyeti tek başına güçlü bir teknoloji stratejisi anlamına gelmez. Çünkü projeler geçicidir. Başlar, ilerler ve tamamlanır. Ürünler de zaman içinde değişir. Bugün rekabet avantajı yaratan bir ürün birkaç yıl sonra standart hale gelebilir. Bir ürün platformu yerini yenisine bırakabilir. Kullanılan teknolojiler değişebilir. Ancak başarılı teknoloji yatırımlarının geride bıraktığı **bilgi, mühendislik deneyimi, insan yetkinliği, fikri mülkiyet, veri, altyapı, doğrulama kapasitesi ve organizasyonel öğrenme** yeni ürünlerin ve yeni teknolojilerin temelini oluşturabilir. Bu nedenle Ar-Ge'nin stratejik çıktısı yalnızca tamamlanan proje veya pazara çıkan ürün değildir. **Şirketin gelecekte neyi yapabilir hale geldiğidir.** Teknoloji yol haritası tam olarak bu nedenle gereklidir. Gelecekte hangi ürünlerin geliştirileceğini gösteren bir takvim oluşturmak için değil; bu ürünleri, platformları ve iş modellerini mümkün kılacak teknolojik kapasitenin bugünden nasıl oluşturulacağını belirlemek için. Bu yaklaşım teknoloji yönetiminin başlangıç noktasını değiştirir. Şirket önce hangi teknolojilerin popüler olduğunu sormaz. Gelecekte nerede rekabet etmek ve hangi değeri yaratmak istediğini belirler. Ardından bu stratejik hedeflerin hangi ürün ve sistem gereksinimlerini, bu gereksinimlerin hangi teknolojik yetkinlikleri ve bu yetkinliklerin hangi teknoloji yatırımlarını gerektirdiğini ortaya koyar. Böylece teknoloji yol haritası:

STRATEJİ → DEĞER → GEREKSİNİM → YETKİNLİK → TEKNOLOJİ YATIRIMI

bağlantısını kurar. Ancak bu bağlantıyı kurmak tek başına yeterli değildir. Şirketin bugün sahip olduğu yetkinliklerle gelecekte ihtiyaç duyacağı yetkinlikler arasındaki açıkların belirlenmesi; hangi yetkinliklerin içeride geliştirileceğine, hangilerinin dışarıdan edinileceğine veya ortaklıklarla oluşturulacağına karar verilmesi; farklı teknolojilerin doğru zaman ufuklarında olgunlaştırılması ve birbirine bağımlı teknolojik yetkinliklerin sistem olarak yönetilmesi gerekir. Son aşamada bütün bu stratejik tercihler gerçek kaynak tahsis kararlarına dönüşmelidir. Çünkü teknoloji stratejisi, teknoloji yol haritasında yazan önceliklerle değil, **şirketin mühendislik zamanını, sermayesini ve yönetim dikkatini gerçekte nereye tahsis ettiğiyle** hayata geçer. Bu noktada teknoloji yol haritası ile Ar-Ge portföyü birbirini tamamlayan iki farklı yönetim mekanizmasına dönüşür.

- Teknoloji yol haritası “Gelecekte hangi yetkinliklere sahip olmalıyız?” sorusunu cevaplar.
- Ar-Ge portföyü ise “Bu yetkinlikleri oluşturmak için bugün hangi projelere yatırım yapmalıyız?” sorusunu cevaplar.

Bu nedenle geleceğin teknoloji kapasitesi bağımsız proje fikirlerinin bir araya getirilmesiyle sistematik olarak oluşturulamaz. Proje mantığı çoğu zaman bugünden başlar: **Elimizde hangi fikirler var? Hangilerini projeye dönüştürelim?** Teknoloji yol haritası ise gelecekte bugüne doğru çalışır: **Gelecekte nerede olmak istiyoruz? Oraya ulaşmak için hangi yetkinliklere ihtiyacımız olacak? Bu yetkinlikleri oluşturmak için bugün hangi kararları vermeliyiz?** Bu iki yaklaşım arasındaki fark, teknoloji yönetimi ile proje yönetimi arasındaki farktır. Birincisi projeleri yönetir. İkincisi **gelecekteki teknolojik kapasiteyi inşa eder**. Ancak gelecek doğrusal değildir.

Bugün doğru görünen teknoloji yatırımlarının bir bölümü yarın önemini kaybedebilir. Bazı teknolojiler beklenenden hızlı gelişebilir, bazıları olgunlaşmayabilir. Pazar beklentileri, regülasyon, rekabet ve şirket stratejisi değişebilir. Ar-Ge faaliyetleri başlangıçtaki varsayımların yanlış olduğunu gösterebilir. Bu nedenle teknoloji yol haritasının amacı geleceği kusursuz biçimde tahmin etmek de değildir. Asıl amaç, belirsizlik altında **daha iyi yatırım kararları verebilmek ve yeni bilgi geldiğinde bu kararları değiştirebilmektir**. Olgun bir teknoloji yönetim sisteminde yönetimin düzenli olarak şu sorulara cevap verebilmesi gerekir:

- Gelecekte yaratmak istediğimiz değer için hangi teknolojik yetkinlikler kritik?
- Bugünkü kapasitemiz ile ihtiyaç duyacağımız kapasite arasında hangi açıklar var?
- Hangi yetkinliklerin şirket içinde bulunması stratejik?
- Hangilerini ekosistemden daha etkin biçimde edinebiliriz?
- Hangi teknolojik yetkinliklere bugün yatırım yapmalıyız, hangilerini olgunlaştırmalı, hangilerini yalnızca araştırmalıyız?

- Birbirine bağımlı teknolojilerimizin kritik darboğazları nerede?
- Bugünkü Ar-Ge portföyümüz gelecekte ihtiyaç duyacağımız yetkinlikleri gerçekten oluşturuyor mu?
- Ve yeni bilgiler ortaya çıktığında kaynaklarımızı yeniden yönlendirebiliyor muyuz?

Bu sorulara sistematik cevap verilemiyorsa şirketin teknoloji projeleri olabilir, teknoloji bütçesi olabilir ve hatta önemli teknik başarıları olabilir. Ancak bunların toplamı tek başına bir **teknoloji yol haritası** oluşturmaz. Gerçek teknoloji yol haritası, geleceğe ilişkin bir teknoloji listesi değil; **stratejik hedefleri bugünün yetkinlik ve yatırım kararlarına bağlayan yaşayan bir yönetim sistemidir**. Sonuçta denklem basittir:



Bu zincirde Ar-Ge projesi amaç değildir. **Şirketin gelecekte ihtiyaç duyacağı teknolojik kapasiteyi oluşturmanın yatırım aracıdır**. Bu nedenle yönetimin teknoloji stratejisine ilişkin en önemli sorusu: **“Önümüzdeki yıllarda hangi projeleri yapacağız?”** olmamalıdır. Daha güçlü soru şudur: **“Önümüzdeki yıllarda hangi teknolojik yetkinliklere sahip olmak istiyoruz ve bugün yaptığımız yatırımlar bizi gerçekten oraya götürüyor mu?”** Çünkü gelecek, daha fazla proje başlatarak inşa edilmez. **Gelecek, hangi yetkinliklerin gelecekte kritik olacağını bugünden görerek, sınırlı kaynakları bu yetkinlikleri oluşturacak yatırımlara yönlendirerek ve yeni bilgi geldikçe bu kararları değiştirebilerek inşa edilir**. Ve belki de teknoloji yol haritasının en temel prensibi şudur: **Geleceği tahmin etmek teknoloji stratejisi değildir. Teknoloji stratejisi, gelecekte ihtiyaç duyacağınız yetkinlikleri bugünden inşa etmeye başlamaktır**.

ÇORUH Teknoloji Perspektifi
Fikirden Pazara Birlikte.