Bilimsel Grafik Çizimi ve Grafikten Fiziksel Sonuç Çıkarma

1 Bir grafik ne anlatır?

Bir deneyde ölçülen sayılar tek başlarına ilişkinin biçimini göstermeyebilir. Grafik, her ölçüm çiftini düzlemde bir nokta olarak gösterir. Böylece bir büyüklük artarken diğerinin nasıl değiştiği, noktaların ne kadar saçıldığı ve bir fiziksel modelin ölçümlerle ne ölçüde uyuştuğu görülebilir.

Örnek soru: Hareket eden bir cismin konumu zamanla nasıl değişiyor? Bu soruda yatay eksene zaman t, düşey eksene konum x yerleştirilir. Grafikteki bir nokta, örneğin $(4\,\mathrm{s}, 2{,}3\,\mathrm{m})$, cismin $4\,\mathrm{s}$ anındaki ölçülen konumunun $2{,}3\,\mathrm{m}$ olduğunu söyler.

Temel fikir. Bilimsel grafik; ölçülen büyüklükleri, birimleri, ölçekleri ve veriyi açıkça gösterir. Çizilen bir doğru veya eğri varsa, bunun ölçümden ayrı bir model ya da görsel kılavuz olduğu anlaşılmalıdır.

İzlenecek yol

Önce fiziksel soru belirlenir. Ölçümler bir tabloya kaydedilir; birimler ve kayıtlar kontrol edilir. Ardından eksenler ve ölçek seçilir, noktalar yerleştirilir. Gerekliyse belirsizlikler ve bir model eklenir. Son aşamada grafik yorumlanır ve anlaşılır bir şekil açıklaması yazılır.

2 Çizimden önce: veriyi düzenlemek

Ham veri korunur

Ham veri, deney sırasında ilk kaydedilen ölçümdür. Özgün tabloyu saklayın; dönüşümleri ve düzeltmeleri ayrı bir çalışma tablosunda yapın. "Veriyi temizlemek", sonucu beklenen doğruya yaklaştırmak değildir. Birim karışıklığını, eksik kaydı veya doğrulanmış yazım hatasını saptamaktır.

Ölçüm no.	Zaman t (s)	Konum x (m)
1	2	2,0
2	4	2,3
3	6	3,0
4	8	3,2
5	10	3,7

Her satır tek bir ölçüm çiftidir. Tabloyu zamana göre sıralarsanız konum sütunu da aynı satırlarla birlikte taşınmalıdır. Sütunları ayrı ayrı sıralamak ölçümlerin eşleşmesini bozar ve yanlış bir grafik üretir.

Beş adımda veri kontrolü

1. **Birimleri kontrol edin.** Aynı sütunda metre ve santimetreyi karıştırmayın. $230\,\text{cm} = 2{,}30\,\text{m}$ dönüşümünü çalışma tablosunda yapın.
2. **Sayı biçimini kontrol edin.** Türkçede 2,3 yazılan sayı, bazı hesap makinelerinde veya yazılımlarda `2.3` olarak girilir. Kullandığınız cihazın ondalık ayırıcısını kontrol edin.
3. **Eksik ölçümü sıfır yapmayın.** "Ölçülmedi" ile "sıfır ölçüldü" farklıdır. Eksik hücreyi açıklayın; o ölçüm çiftini grafikte göstermeyin.
4. **Şüpheli kaydı inceleyin.** Örneğin çevresindeki değerler 2–4 m iken 32 m kaydı görülürse deney defterini kontrol edin. Doğru kayıt 3,2 m ise düzeltmeyi gerekçesiyle belirtin. Kanıt yoksa keyfî düzeltmeyin.
5. **Tekrarları koruyun.** Aynı anda yapılan tekrarlı ölçümler otomatik olarak kopya kayıt değildir. Ortalama alıyorsanız tekrar sayısını ve saçılmayı ayrıca belirtin.

Temel fikir. Bir noktanın diğerlerinden uzak olması, tek başına onu silmek için gerekçe değildir. Ölçüm koşullarını araştırın; dışlama yapılırsa hangi noktanın hangi somut nedenle çıkarıldığını raporlayın.

Yuvarlama ne zaman yapılır?

Hesaplamalarda yeterli basamak saklayın; sonucu sunarken ölçüm hassasiyetine uygun yuvarlayın. Birim dönüşümü ölçüm hassasiyetini artırmaz. Elle çizimde, kâğıdın bölmelerine göre yapılan yaklaşık yerleştirme ayrı bir işlemdir; bu işlem ham veri tablosuna aktarılmaz.

3 Eksen adları ve birimler

Yatay eksene genellikle değiştirilen veya referans alınan büyüklük, düşey eksene bununla ilişkisi incelenen büyüklük yerleştirilir. Zamanla değişim inceleniyorsa zaman yatay eksendedir. Ancak yatay eksenin harfi mutlaka x olmak zorunda değildir: konum–zaman grafiğinde x konumu düşey eksende bulunur.

İncelenen ilişki	Yatay eksen	Düşey eksen
Konumun zamanla değişimi	Zaman, t (s)	Konum, x (m)
Hızın zamanla değişimi	Zaman, t (s)	Hız, v (m/s)
Kuvvetin uzamayla değişimi	Uzama, $\Delta\ell$ (m)	Kuvvet, F (N)
Gerilimin akımla değişimi	Akım, I (A)	Gerilim, V (V)

Neden yalnızca “zaman” veya “konum” yazılmaz?

Eksen üzerindeki “5” sayısı, tek başına fiziksel bir büyüklüğü tanımlamaz. 5 s ile 5 ms arasında bin kat fark vardır. Okuyucu birimi şekle bakarak anlayabilmelidir. **Büyüklük adı + sembol + birim** biçimi başlangıç için en açık gösterimdir: **Zaman, t (s)**.

Birim sembolleri büyük-küçük harfe duyarlıdır: saniye s, metre m, amper A, volt V ile gösterilir. Sayı ile birim arasında boşluk bırakılır: 12 cm. Birim sembollerine çoğul eki eklenmez.

Birim değişirse eğimin sayısal değeri de değişir

Aynı hareketin hızı

$$0{,}215\,\mathrm{m/s} = 21{,}5\,\mathrm{cm/s}$$

olarak yazılabilir. Konumu metre yerine santimetre cinsinden çizerseniz eğimin sayısal değeri 100 kat büyür; cismin fiziksel hızı değişmez. Bu nedenle “eğim 0,215” ifadesi tek başına eksiktir.

Küçük sayıları okunaklı yazmak

0,001, 0,002, 0,003 s değerleri için ekseni **Zaman, t (ms)** olarak adlandırıp çizgilere $1, 2, 3$ yazabilirsiniz. Alternatif olarak $t/(10^{-3}\,\mathrm{s})$ yazımı kullanılır; eksendeki 3 değeri 3×10^{-3} s demektir. İlk sınıf düzeyinde uygun SI ön ekini kullanmak çoğunlukla daha kolaydır.

Temel fikir. Dönüştürülmüş büyüklüğün birimi de dönüşür: t için birim saniye (s) ise t^2 için saniye karedir (s^2). $1/t$ için birim s^{-1} olur. Eksen başlığını eski hâliyle bırakmayın.

Boyutsuz büyüklükler

Uzama oranı $\varepsilon = \Delta\ell/\ell_0$ gibi aynı birimlerin oranları boyutsuzdur. Eksen “Birim uzama, ε (boyutsuz)” olarak yazılabilir. Yüzde gösteriminde 0,02 yerine 2 yazılır ve eksen “Birim uzama (%)” diye etiketlenir.

4 Ölçek seçmek ve noktaları yerleştirmek

Doğrusal ölçekte eşit değer aralıkları, eşit çizim uzaklıklarına karşılık gelir. Aynı eksende eşit uzaklıktaki çizgilere $0, 2, 4, 6$ yazılabilir; $0, 2, 5, 10$ yazılamaz. Yatay ve düşey eksenlerin ölçekleri farklı olabilir.

Milimetrik kâğıttaki kareler neyi gösterir?

Standart milimetrik kâğıtta bir büyük karenin **kenar uzunluğu** 1 cm'dir. Bunu cetvelle ölçebilirsiniz. Her kenar 10 eşit aralığa bölünür; her küçük karenin kenarı 1 mm olur. Böylece bir büyük karenin içinde $10 \times 10 = 100$ küçük kare bulunur. Fotokopi veya yazdırma sırasında boyut değişebileceği için kâğıdı kullanmadan önce cetvelle kontrol edin.

Bu notta eksen boyunca **bir büyük karelik uzaklığa "1 çizim birimi"**, bir küçük karelik uzaklığa ise **"0,1 çizim birimi"** diyeceğiz. Buradaki birim, *eksen üzerindeki uzaklığı* anlatır; karelerin alanını veya ölçülen fiziksel büyüklüğün birimini anlatmaz.



Gerçek kâğıtta büyük karenin kenarı: 1 cm.
Küçük karenin kenarı: 1 mm.
Bu çizim, bölmeleri göstermek için büyütülmüştür.

Şekil 1. Bir büyük karenin bölmeleri. On eşit aralık her *kenar* üzerindedir; büyük karenin içinde toplam yüz küçük kare vardır.

Kâğıt uzunluğundan fiziksel değere: ölçek atamak

Grafik çizerken her büyük kareye bir değer atarız. Örneğin kâğıttaki 1 cm uzunluk, deneydeki 1 cm konumu, 0,5 mm uzamayı veya 2,5 s süreyi temsil edebilir. Bu seçim **ölçek**tir. Kâğıttaki uzunluk değişmez; temsil ettiği değer değişir.

Seçilen eksen	Bir büyük kare	Bir küçük kare
Konum	1 cm	0,1 cm
Uzama	0,5 mm	0,05 mm
Zaman	2,5 s	0,25 s

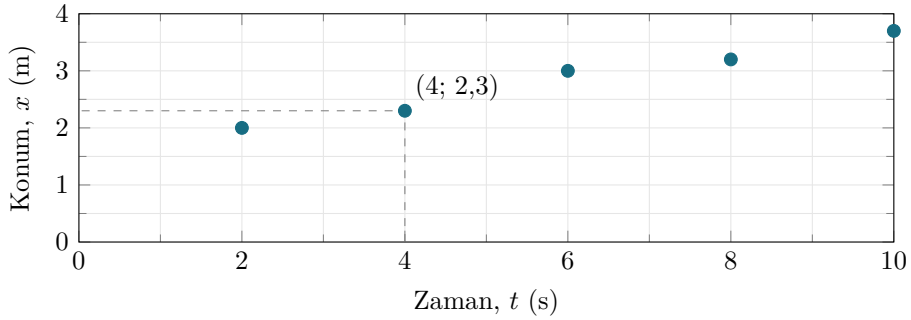
Temel fikir. Bir küçük karenin temsil ettiği değer, bir büyük kareye atanan değerin onda biridir. Noktanın yerini bulmak için başlangıç değerinden farkını, bir büyük karenin değerine bölün. Sonuç, eksen boyunca ilerleyeceğiniz büyük kare sayısıdır.

4.1 Ölçüm noktalarını yerleştirmek ve yuvarlamak

Ana örnekte zaman eksenini 0–10 s aralığında 10 büyük kareye, konum eksenini 0–4 m aralığında 8 büyük kareye yerleştirelim.

	Zaman ekseni	Konum ekseni
Bir büyük kare	1 s	0,5 m
Bir küçük kare	0,1 s	0,05 m

$(4\,\text{s}, 2{,}3\,\text{m})$ noktası için başlangıçtan **4 büyük kare sağa**, **4 büyük ve 6 küçük kare yukarı** gidilir: $2{,}3/0{,}5 = 4{,}6$ büyük kare. Noktalar her zaman bölme çizgilerinin üzerine düşmez; gerekirse iki çizgi arasına yerleştirilir.



Şekil 2. Ana örneğin noktaları. Kesikli çizgiler bir noktanın yerini öğretmek içindir. Şekil şematiktir; tüm milimetre bölmeleri gösterilmemiştir.

Yuvarlama, çizim duyarlılığına göre yapılır. Bir küçük kare 0,01 cm ise 0,0023 cm ve 0,0027 cm değerleri ilk küçük karenin içinde kalır. Bu iki değeri ayırt etmek için daha ayrıntılı bir ölçek seçmek gerekir. Büyük kareye 0,01 cm atayalım; küçük kare artık 0,001 cm olur. *En yakın küçük bölmeye yerleştirme* kuralıyla:

$$0{,}0023\,\text{cm} \longrightarrow 0{,}002\,\text{cm}, \qquad 0{,}0027\,\text{cm} \longrightarrow 0{,}003\,\text{cm}.$$

Bunlar sırasıyla ikinci ve üçüncü küçük bölmeye işaretlenir. Daha ayrıntılı çizim yapılabiliyorsa 2,3 ve 2,7 küçük kare uzaklığa da yerleştirilebilir. **Her noktayı mutlaka bir bölme çizgisine yuvarlamak zorunlu değildir.**

Temel fikir. Çizim için yapılan yuvarlama ham ölçümü değiştirmez. Grafikten eğim bulurken çizilen uyum doğrusu üzerindeki iki noktanın eksen değerleri, birimleri ve varsa 10^n çarpanları kullanılır. Sayısal uyum hesabında ise ham veriler korunur.

Ölçek denetimi: Başlangıç sıfır olmak zorunda değildir; ancak açıkça yazılmalıdır. Okunabilir $1, 2, 5$ tabanlı adımlar seçin. Bütün noktalar ve belirsizlik çubukları grafiğe sığmalı; küçük farkları gizleyecek kadar kaba bir ölçek kullanılmamalıdır.

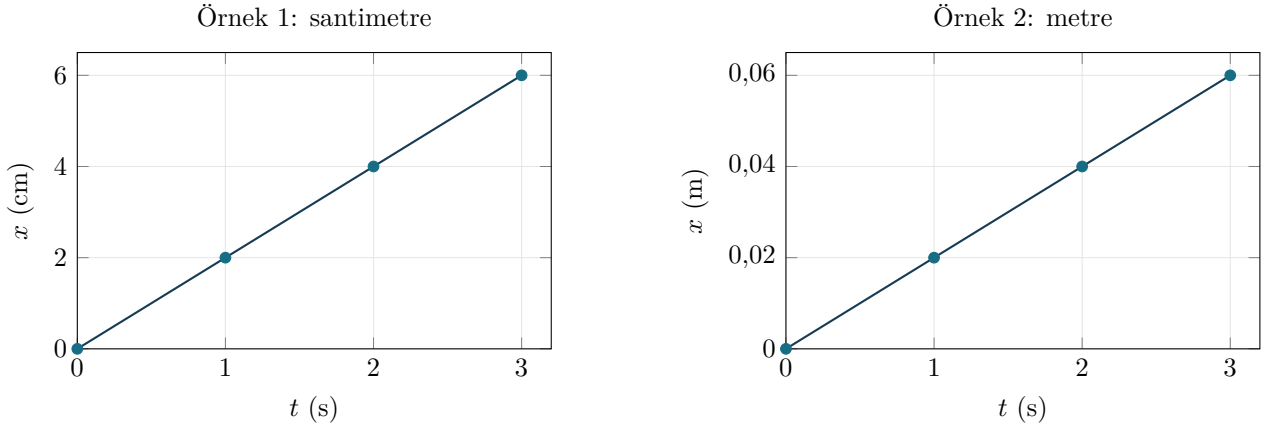
4.2 Aynı hareketi santimetre ve metre ile çizmek

Aşağıdaki değerler, birim dönüşümünü göstermek için hazırlanmış basit bir öğretim örneğidir. Konum her saniyede 2 cm artmaktadır. İki grafikte **zaman birimi saniye** olarak kalır; yalnızca konumun birimi değiştirilir.

Zaman t (s)	0	1	2	3
Konum x (cm)	0	2	4	6
Aynı konum x (m)	0	0,02	0,04	0,06

Örnek 1: konum ekseni cm. Yatayda bir büyük kareye 1 s, düşeyde 2 cm atayalım. Düşeyde bir küçük kare 0,2 cm olur. $t = 2$ s ve $x = 4$ cm noktası iki büyük kare sağda ve iki büyük kare yukarıdadır.

Örnek 2: konum ekseni m. Aynı konumları 100'e bölerek metreye çevirelim. Yatayda yine bir büyük kare 1 s, düşeyde ise 0,02 m olsun. Düşeyde bir küçük kare 0,002 m olur. $4\,\text{cm} = 0{,}04\,\text{m}$ olduğundan aynı nokta yine iki büyük kare yukarıdadır.



Şekil 3. Aynı konumların cm ve m cinsinden gösterimi. Noktalar aynı fiziksel hareketi temsil eder; eksen sayıları ve birimleri birlikte değişir. Çizgiler bu öğretim örneğinin sabit hızlı hareketini gösterir.

İki doğrunun eğimlerini kendi eksenlerinden okuyalım:

$$v_{\text{cm}} = \frac{(6-2)\,\text{cm}}{(3-1)\,\text{s}} = 2\,\text{cm/s}, \qquad v_{\text{m}} = \frac{(0{,}06-0{,}02)\,\text{m}}{(3-1)\,\text{s}} = 0{,}02\,\text{m/s}.$$

Temel fikir. Sayısal eğimler farklıdır; fiziksel sonuç aynıdır: $2\,\text{cm/s} = 0{,}02\,\text{m/s}$. Birimi değiştirmek hareketi değiştirmez. Sonuçları karşılaştırmadan önce aynı birime dönüştürün.

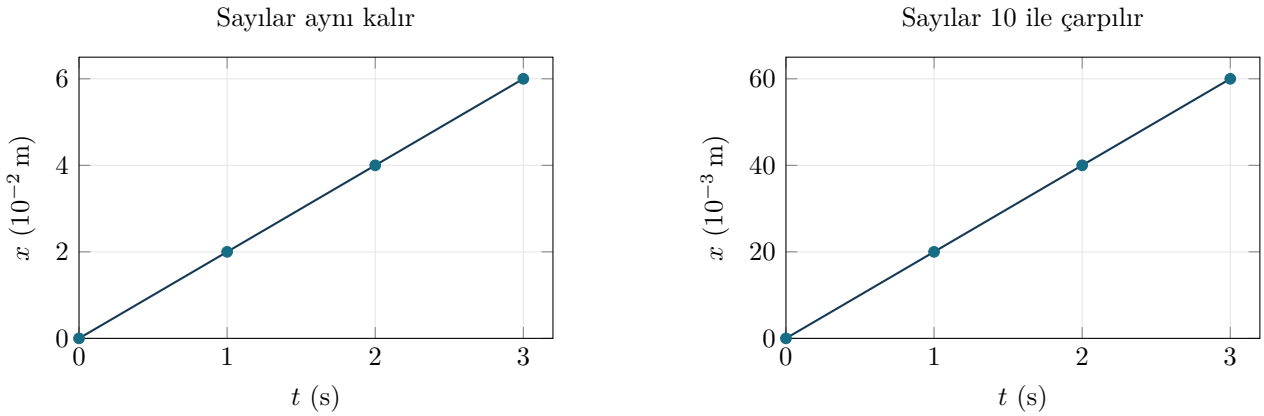
4.3 Ölçüm cm, eksen 10^{-3} m olduğunda

Eksen başlığı **Konum,** x **(**10^{-3} m**)** ise eksendeki her sayı 10^{-3} m ile çarpılarak okunur. Örneğin eksendeki 20, 20×10^{-3} m $= 0{,}020$ m $= 2$ cm demektir.

$$1\,\text{cm} = 10^{-2}\,\text{m} = 10 \times 10^{-3}\,\text{m}.$$

Bu nedenle cm cinsinden ölçülen sayıları 10^{-3} m ölçeğinde göstermek için **10 ile çarparız**. Sayıları değiştirmeden kullanmak istiyorsak eksene 10^{-2} m yazmalıyız. Aşağıdaki iki gösterim de doğrudur:

Zaman t (s)	0	1	2	3
Ölçülen konum (cm)	0	2	4	6
Eksen x (10^{-2} m): yazılacak sayı	0	2	4	6
Eksen x (10^{-3} m): yazılacak sayı	0	20	40	60



Şekil 4. Örnek 3: cm cinsinden alınan aynı ölçümlerin, metre ve ondalık çarpan kullanılarak iki eşdeğer gösterimi. Eksen çarpanı, bütün eksen sayılarına uygulanır.

Sağdaki grafikte bir büyük kareye 20×10^{-3} m atarsak bir küçük kare 2×10^{-3} m olur. Eğim hesaplanırken eksende yazan çarpan da hesaba girer:

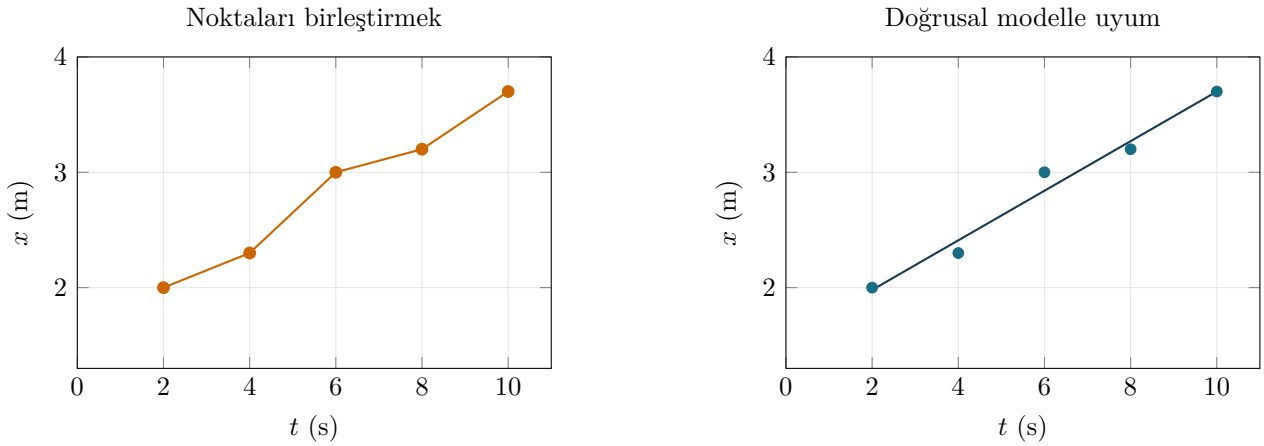
$$v = \frac{(60 - 20) \times 10^{-3}\,\text{m}}{(3 - 1)\,\text{s}} = 20 \times 10^{-3}\,\text{m/s} = 0{,}020\,\text{m/s}.$$

Temel fikir. Eksen başlığını değiştirmek tek başına birim dönüşümü değildir. Örneğin 2 cm ölçümünü, 10^{-3} m ekseninde 2 noktasına yerleştirmek değeri 10 kat küçük gösterir. Doğru yer 20'dir.

Kendinizi kontrol edin: 3,5 cm ölçümü, x (10^{-3} m) ekseninde hangi sayıya karşılık gelir? **Yanıt:** 35; çünkü $3{,}5\,\text{cm} = 35 \times 10^{-3}$ m. Aynı sayı x (m) ekseninde 0,035 olarak gösterilir.

5 Ölçüm noktası ile uyum çizgisi farklıdır

Ölçüm noktası, tablodaki bir çifti gösterir. **Uyum çizgisi**, ölçümler arasındaki ilişkiyi bir matematiksel modelle özetler. Sabit hızlı harekette beklenen model $x = x_0 + vt$ doğrusudur. Ölçümlerdeki saçılma nedeniyle noktalar doğrunun üzerinde tam olarak bulunmayabilir.



Şekil 5. Soldaki kırık çizgi ölçüm noktalarını sırayla birleştirir. Sağdaki doğru sabit hızlı hareket modelinin veriye uyumudur. Eksen aralıkları aynıdır.

Soldaki çizimin her parçası farklı bir eğime sahiptir. Bu çizgi, noktalar arasındaki hız değişimlerinin deneyle kesin olarak ölçüldüğü izlenimini verebilir. Sabit hız modelini sınamak için sağdaki gösterim daha uygundur. Zaman serilerinde noktaları birleştirmek yararlı olabilir; ancak böyle bir çizginin yalnızca görsel kılavuz olduğu belirtilmelidir.

Elle yaklaşık uyum nasıl yapılır?

1. Önce bütün ölçüm noktalarını yerleştirin; aralarında hemen çizgi çizmeyin.
2. Fiziksel beklenti ve verinin biçimi doğrusal ilişkiyi destekliyorsa cetvelle genel eğilimi temsil eden tek bir doğru çizin.
3. Noktaların doğruya uzaklıklarını birlikte değerlendirin. Birkaç noktaya tam değmek uğruna diğerlerinden belirgin biçimde uzaklaşmayın.
4. Doğruyu orijinden geçmeye zorlamayın. $t = 0$ anındaki konum sıfır olmak zorunda değildir.

Temel fikir. “Doğrunun üstünde ve altında eşit sayıda nokta var” ya da “doğru çok sayıda noktadan geçiyor” ifadeleri tek başına en iyi uyumu tanımlamaz. Noktaların doğruya uzaklıkları da önemlidir.

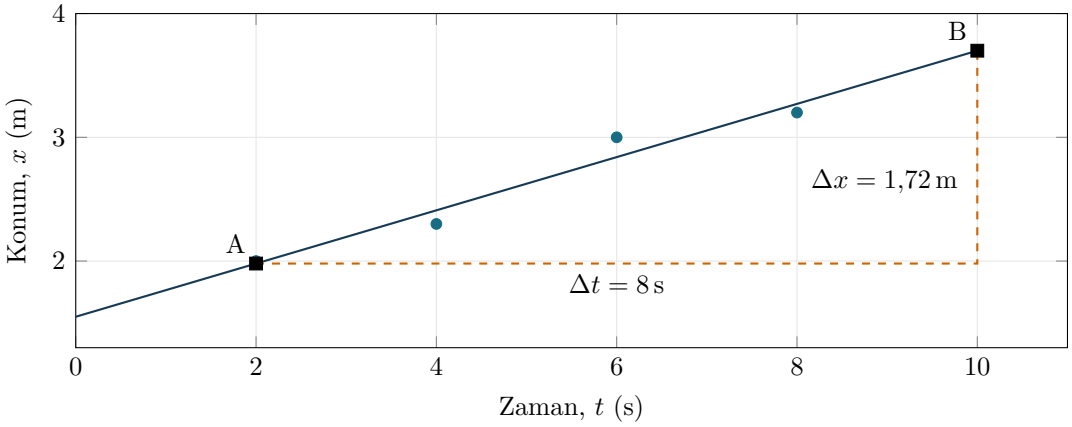
Bilgisayarla uyum: En küçük kareler yöntemi, ölçülen düşey değerler ile doğrunun verdiği değerler arasındaki farkların kareleri toplamını küçültür. Basit biçimi, yatay değişkenin belirsizliği ihmal edilebildiğinde ve düşey ölçümlerin belirsizlikleri benzer olduğunda uygundur. Diğer durumlarda yöntem seçimi ayrıca değerlendirilir.

6 Eğim nasıl hesaplanır ve ne anlama gelir?

Genel doğru denklemi $y = ax + b$ için eğim $a = \Delta y/\Delta x$ olur. Konum–zaman örneğinde sembolleri fiziksel büyüklüklere göre yazalım:

$$x(t) = x_0 + vt, \qquad v = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

Eğim hızdır; çünkü konumdaki değişimin zamandaki değişime oranıdır. Kesişim x_0, modelin $t = 0$ için verdiği konumdur.



Şekil 6. Eğim üçgeni uyum doğrusu üzerinde kurulur. A ve B, doğrunun üzerindeki yardımcı noktalardır; ölçüm noktası olmaları gerekmez.

$$v = \frac{(3{,}70 - 1{,}98)\,\mathrm{m}}{(10 - 2)\,\mathrm{s}} = \frac{1{,}72}{8}\,\mathrm{m/s} = 0{,}215\,\mathrm{m/s}.$$

Noktaları birbirinden uzak seçmek, grafikten okuma hatasının eğim üzerindeki göreli etkisini azaltır. Rastgele iki ölçüm noktası kullanmak, bütün veriyi temsil eden doğrunun eğimini vermeyebilir. Örneğin ilk iki ölçümden $(2{,}3 - 2{,}0)/(4 - 2) = 0{,}15\,\mathrm{m/s}$ bulunur; bu değer bütün verilere yapılan uyumla aynı değildir.

Temel fikir. İletkiyle çizginin açısını ölçüp $\tan\theta$ almak fiziksel eğimi doğrudan vermez. Sayfanın en-boy oranı veya eksen ölçekleri değişince görünür açı değişir. Eğim, eksenlerden okunan fiziksel değerlerin farklarıyla hesaplanır.

Birim kontrolü: Konum–zaman eğimi m/s, hız–zaman eğimi $\mathrm{m/s^2}$, kuvvet–uzama eğimi N/m birimindedir. Grafiğin altındaki alanın birimi ise iki eksenin birimlerinin çarpımıdır: hız–zaman grafiğinin işaretli alanı yer değiştirmeyi verir.

7 Bir uyumu sayılarla kontrol etmek

Ana örneğin doğrusal uyumu

Aşağıdaki tabloda verilen beş ölçüm noktası eşit ağırlıkla kullanılırsa en küçük kareler sonucu

$$\boxed{x(t) = (1{,}55\,\mathrm{m}) + (0{,}215\,\mathrm{m/s})t}$$

olur. Hesabı izlemek isteyenler için, $\bar{t}$ ve $\bar{x}$ ortalama değerleri göstermek üzere,

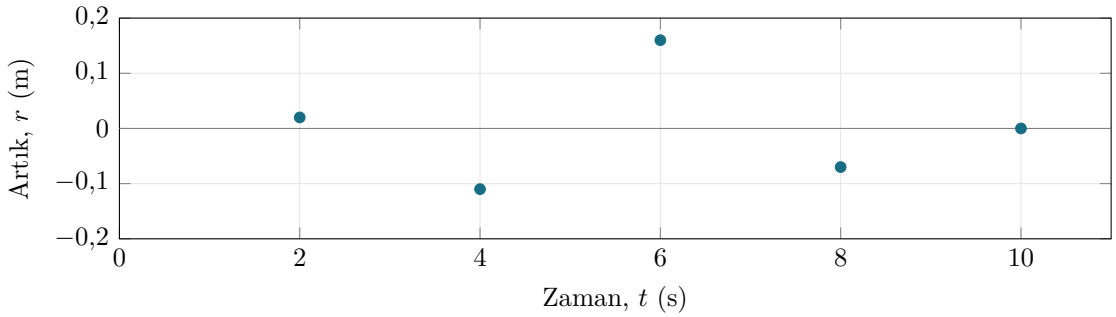
$$v = \frac{\sum_i (t_i - \bar{t})(x_i - \bar{x})}{\sum_i (t_i - \bar{t})^2}, \qquad x_0 = \bar{x} - v\bar{t}.$$

Bu verilerde $\bar{t} = 6\,\mathrm{s}$, $\bar{x} = 2{,}84\,\mathrm{m}$, pay $8{,}60\,\mathrm{s\,m}$ ve payda $40\,\mathrm{s}^2$ bulunur. Oran $0{,}215\,\mathrm{m/s}$ değerini verir.

Artık: ölçüm ile model arasındaki fark

Her noktada $r_i = x_i - x_{\mathrm{model}}(t_i)$ farkına **artık** denir. Pozitif artık ölçümün doğrunun üstünde, negatif artık altında olduğunu gösterir.

t (s)	Ölçülen x (m)	Model x (m)	Artık r (m)
2	2,0	1,98	0,02
4	2,3	2,41	−0,11
6	3,0	2,84	0,16
8	3,2	3,27	−0,07
10	3,7	3,70	0,00



Şekil 7. Artıkların sıfıra göre gösterimi. Beş nokta sınırlı bilgi verir; yalnızca bu grafikten modelin kesin doğru olduğu sonucuna varılmaz.

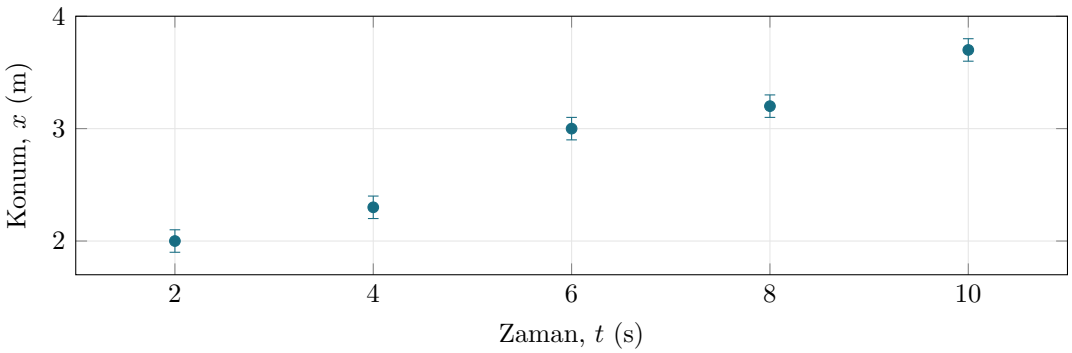
Artıkların sürekli bir yay oluşturması, modelde eksik bir eğrilik olabileceğini düşündürür. Saçılmanın bir bölgede büyümesi ölçüm koşullarının değiştiğine işaret edebilir. Büyük bir artık ise kayıt ve düzenek kontrolünü gerektirir; otomatik silme gerekçesi değildir.

Yorum sınırı: Bu veriler doğrusal bir eğilimle temsil edilebilir. Ancak ölçüm belirsizlikleri verilmediği için modelin belirsizlikler içinde kabul edilebilir olup olmadığına burada karar verilemez. Yazılımın verdiği yüksek bir R^2 değeri de tek başına fiziksel modelin doğruluğunu kanıtlamaz.

8 Belirsizlikleri göstermek ve tahminin sınırını bilmek

Belirsizlik çubuğu ne söyler?

Ölçüm, fiziksel büyüklüğün sınırsız hassasiyette bilindiği anlamına gelmez. Örneğin $x = (2{,}30 \pm 0{,}10)\,\mathrm{m}$ yazımında merkez 2,30 m, belirtilen yarı genişlik 0,10 m olur. Grafikte düşey çubuk 2,20 ile 2,40 m arasında uzanır.



Şekil 8. Belirsizlik çubuğunun çizimini öğretmek için her konuma *varsayımsal* ±0,10 m çubuk eklenmiştir. Bu değerler özgün föyde verilmemiştir ve gerçek deney belirsizliği olarak kullanılmamalıdır.

- Konum belirsizliği düşey, zaman belirsizliği yatay çubukla gösterilir. Gerekliyse ikisi birlikte çizilir.
- Şekil açıklamasında çubuğun neyi gösterdiği yazılır: cihazdan tahmin edilen belirsizlik, tekrarlı ölçümlerin standart sapması veya ortalamaya ait belirsizlik aynı şey değildir.
- Bir noktanın çevresine gelişigüzel çember çizmek belirsizlik belirtmez. İşaret büyüklüğü, tanımlanmamışsa yalnızca görünürlük içindir.
- Belirsizlik bilinmiyorsa uydurulmaz. Eksik bilgi raporlanır ve ölçüm yöntemiyle nasıl belirleneceği araştırılır.

Saçılma ile sistematik sapma farklıdır. Bir cetvelin sıfırı kaymışsa bütün konumlar benzer miktarda kayabilir. Noktaların güzel bir doğru üzerinde olması böyle bir sorunu dışlamaz. Belirsizlik çubukları da gerçek değerin kesinlikle belirtilen aralıkta bulunduğuna dair genel bir garanti değildir; yorumları tanımlarına bağlıdır.

Ölçülmeyen bir değeri grafikten okumak

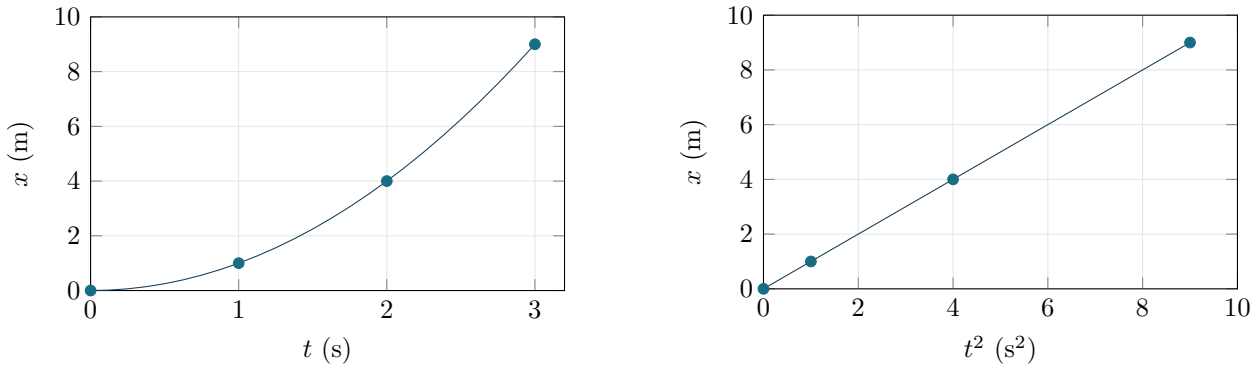
Veri aralığının içinde tahmin yapmak **ara değer kestirimi**dir. Modelimiz $t = 5\,\mathrm{s}$ için $x = 2{,}625\,\mathrm{m}$, yaklaşık 2,6 m verir. Bu bir ölçüm değil, model tahminidir. Aralık dışına uzatmak **dış değer kestirimi**dir. $t = 20\,\mathrm{s}$ için 5,85 m hesaplanabilir, fakat cismin aynı hızla hareket etmeyi sürdürdüğünü bu beş veri kanıtlamaz. Gerekirse uzatma kesikli çizilir ve açıkça etiketlenir.

9 Eğri bir ilişkiyi anlamak

Bir grafik eğri çıkıyorsa veriyi zorla doğrusal göstermeyin. Önce fiziksel modeli düşünün. Bazen yeni bir yatay değişken tanımlamak ilişkinin incelenmesini kolaylaştırır.

Örnek: sabit ivmeli hareket

Başlangıç konumu ve başlangıç hızı sıfır olan hareket için $x = \frac{1}{2}at^2$ olur. Yatay eksene t yerine t^2 konursa doğrusal ilişki elde edilir. Eğim a değil, $a/2$'dir. Aşağıdaki öğretim örneğinde $a = 2\,\mathrm{m/s^2}$ seçilmiştir.



Şekil 9. Aynı öğretim verisinin iki gösterimi. Sağda ölçüm zamanlarının kareleri gerçek sayısal konumlarına yerleştirilmiştir; noktalar eşit aralıklarla dizilmemiştir.

Dikkat: $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ denkleminde $v_0 \neq 0$ ise x–t^2 grafiği genel olarak doğru değildir. Dönüşüm ancak modelin koşulları sağlandığında kullanılmalıdır.

Sık kullanılan dönüşümler

İlişki	Yatay eksen	Düşey eksen	Doğrunun eğimi
$y = k/u$	$1/u$	y	k
$y = k/u^2$	$1/u^2$	y	k
$y = ku^2$	u^2	y	k
$y = y_0 e^{ct}$	t	$\ln(y/y_{\mathrm{ref}})$	c
$y/y_{\mathrm{ref}} = A(u/u_{\mathrm{ref}})^n$	$\ln(u/u_{\mathrm{ref}})$	$\ln(y/y_{\mathrm{ref}})$	n

İlk öğrenmede gerekli ayrım: Üstel ilişkide yalnızca düşey büyüklüğün logaritması; kuvvet yasasında her iki büyüklüğün logaritması alınır. y_{ref} ve u_{ref} aynı birimli, pozitif referans değerlerdir; oranlar boyutsuz olur. Gerçek logaritma için bu oranlar pozitif olmalıdır.

Logaritmik eksende eşit uzaklıklar eşit farkları değil, eşit oranları temsil eder: $1, 10, 100$ eşit aralıklı olabilir. Ölçüm sayılarını dönüştürüp doğrusal eksende çizmek ile ham sayıları logaritmik eksende çizmek farklı etiketleme gerektirir. Başlangıç çalışmalarında önce doğrusal eksenleri öğrenin.

10 Sık yapılan hatalar ve düzeltmeleri

Hata	Neden sorun olur?	Nasıl düzeltilir?
Eksenlere yalnızca x, y yazmak	Hangi fiziksel büyüklüğün ölçüldüğü bilinmez.	Ad, sembol ve birimi birlikte yazın.
Birim yazmamak veya karıştırmak	Sonuç 10, 100 veya 1000 kat yanlış yorumlanabilir.	Her sütunu tek birime çevirin; ekseni güncelleyin.
$2, 4, 10$ zamanlarını eşit aralığa dizmek	Zaman farkları yanlış gösterilir.	Sayısal XY dağılım grafiği kullanın.
Her veri değerini eksen çizgisi yapmak	Eksen kalabalıklaşır; düzenli ölçek kaybolur.	Düzenli aralıkları yazın, veriyi noktalarla gösterin.
Sütunları ayrı ayrı sıralamak	Ölçüm çiftleri bozulur.	Bütün satırı birlikte sıralayın.
Eksik ölçüme sıfır yazmak	Yapılmamış bir ölçüm üretilir.	Eksik olarak işaretleyin ve açıklayın.
Her noktayı kalın çizgiyle birleştirmek	Ölçülmemiş değişimler kesinmiş gibi görünür.	Noktaları gösterin; model veya kılavuzu tanımlayın.
Doğruyu orijinden geçirmek	Sıfırdan farklı başlangıç değeri gizlenir.	Yalnızca fiziksel gerekçe varsa kesişimi sabitleyin.
İki yakın noktadan eğim almak	Okuma hatasının göreli etkisi büyür.	Uyum doğrusu üzerinde uzak iki nokta seçin.
Açıölçer ile açı ölçmek	Görünür açı sayfa ve ölçek seçimine bağlıdır.	$\Delta y/\Delta x$ oranını birimleriyle hesaplayın.
Aykırı noktayı açıklamasız silmek	Verinin bilimsel güvenilirliği zedelenir.	Kaydı ve düzeneği inceleyin; işlemi belgeleyin.
Eğri veriye zorla doğru uydurmak	Modeldeki eksiklik gizlenir.	Fiziksel ilişkiyi ve artıkları inceleyin.
t^2 eksenine s yazmak	Dönüştürülmüş büyüklüğün birimi yanlıştır.	Birimi s^2 olarak yazın.
Eksen aralığını gizlice daraltmak	Küçük değişim olduğundan büyük görünür.	Sınırları açıkça yazın; karşılaştırmalarda eşleyin.
Belirsizliği nokta büyüklüğü sanmak	İşaretin anlamı belirsiz kalır.	Tanımlı belirsizlik çubukları ve açıklama kullanın.
Çok basamaklı sonuç vermek	Ölçülmemiş hassasiyet izlenimi oluşur.	Hassasiyete uygun basamakla raporlayın.

Temel fikir. Grafiğin amacı beklenen sonucu güzel göstermek değil, ölçümlerin ne söylediğini ve ne söylemediğini anlaşılır biçimde göstermektir.