

ÉRZÉKELŐK ÉS BEAVATKOZÓK I.

3. MÉRÉSFELDOLGOZÁS



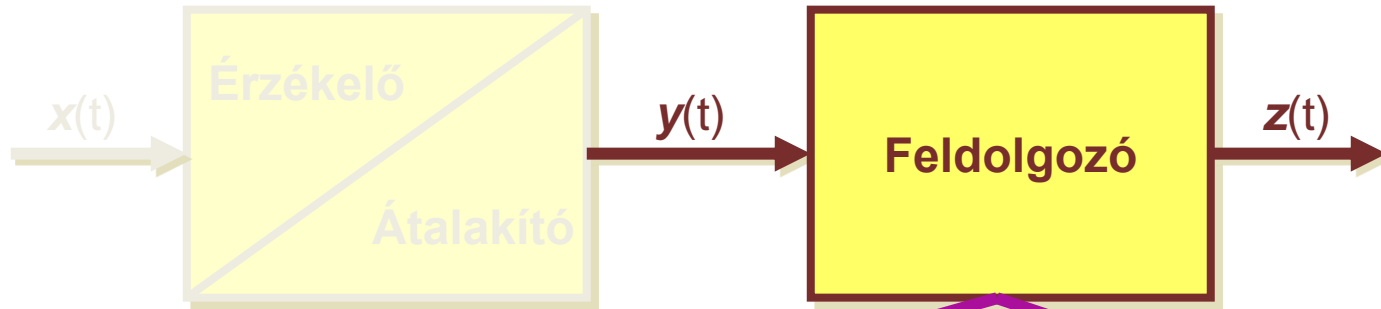
Dr. Soumelidis Alexandros

2020.10.01.



BME KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR
32708-2/2017/INTFIN SZÁMÚ EMMI ÁLTAL TÁMOGATOTT TANANYAG

Mérés-feldolgozás



← **Ember**

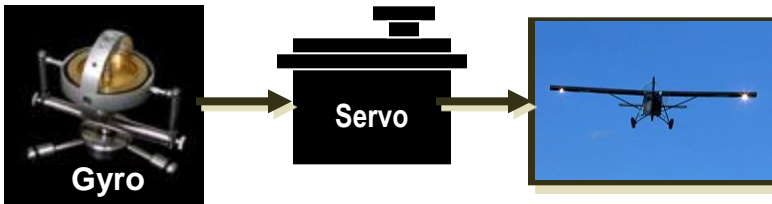
Automata

- Szabályozó
- Számítógép

digitális feldolgozás



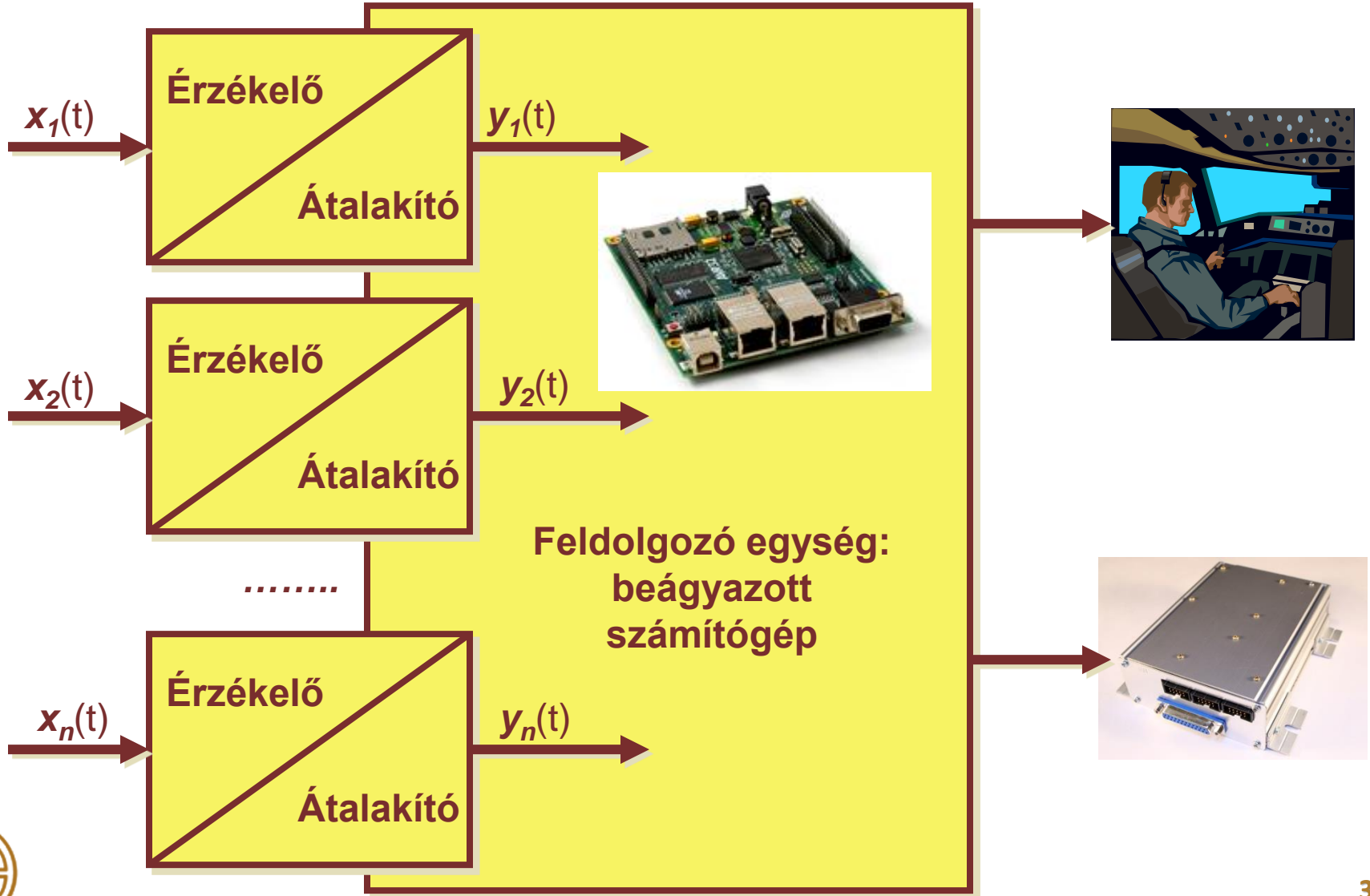
vezénylő terem



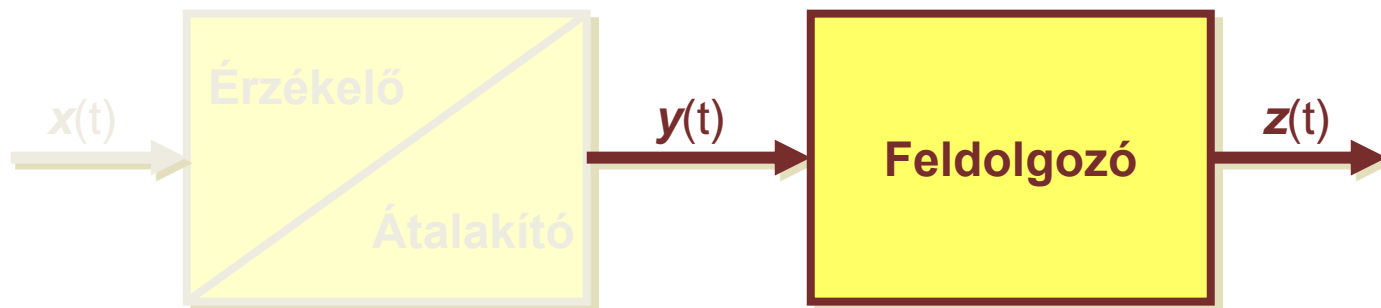
orszósó mozgás automatikus csillapítása



Beágyazott mérőrendszer séma



Mérés-feldolgozás

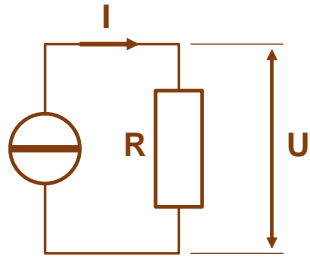


Feldolgozás: a mérés nem szolgáltatja közvetlenül a felhasználás által megkövetelt jellemzőket. Okok:

- Mérési hibák, pontatlanságok,
- Zaj,
- Nem kívánt belső és környezeti hatások,
- Összefüggés a mért paraméterek között.



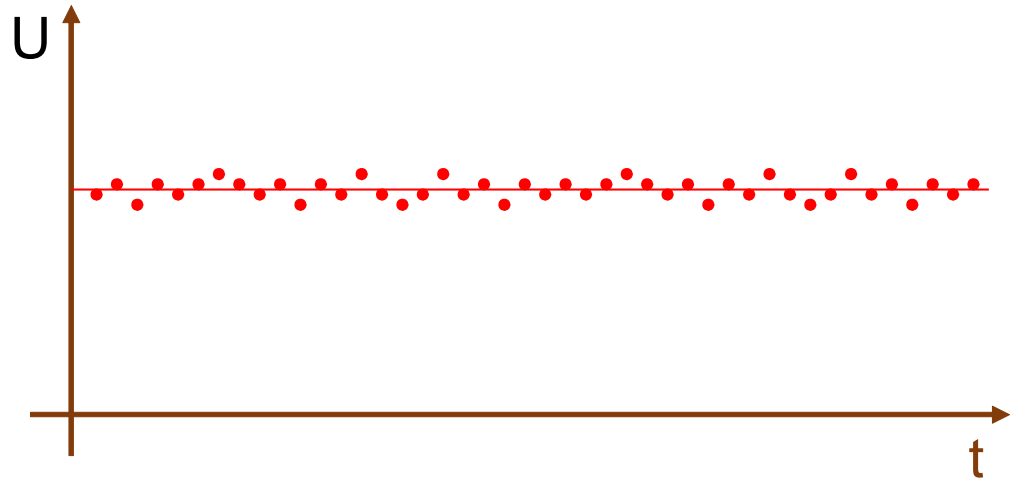
Mérés-feldolgozás



$$U=IR$$

Ohm törvény

Egymás után végrehajtott mérések eredménye: kis eltéréseket mutat.



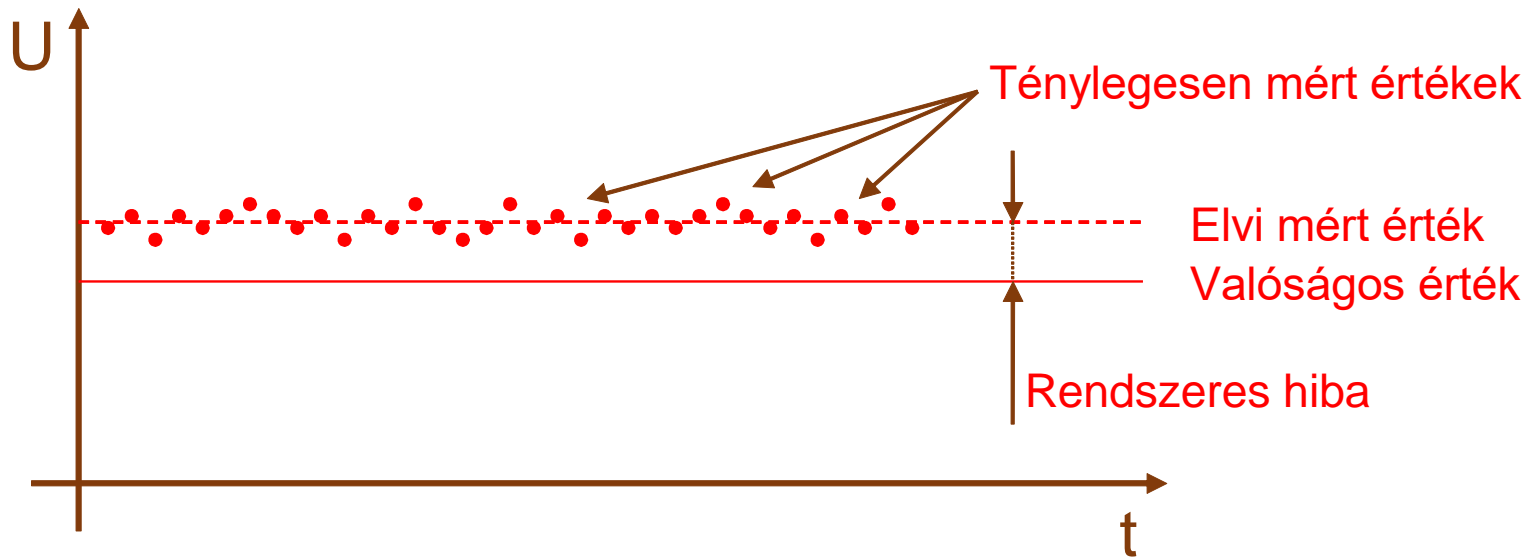
A mérés eredménye:

- Előre nem feltétlenül meghatározható (nem determinisztikus) eltérések:
 - Véletlen zajok - pl. hőmérsékleti zaj (Brown mozgás)
 - Általunk számba nem vett (nem modellezett) hatások.

A mérés eredménye: valószínűségi változó.



Mérés-feldolgozás

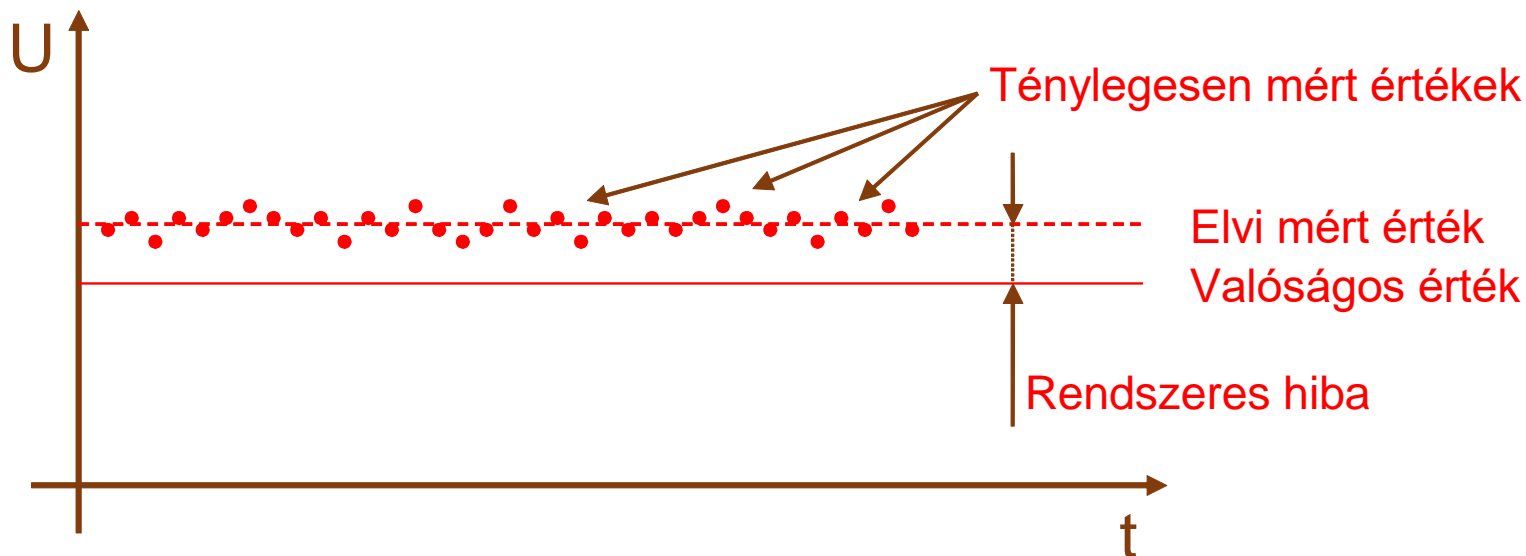


A mérés eredménye:

- Determinisztikus - mindig előálló - hiba: fizikai paraméterekkel, egyenletekkel megadható eltérések, pl.
 - Valóságban nemlineáris vagy paraméterfüggő karakterisztika.
 - A terhelés hatása - a mérés befolyásolja a mért rendszert (villamos, mechanikai, termikus terhelést jelent).



Mérés-feldolgozás

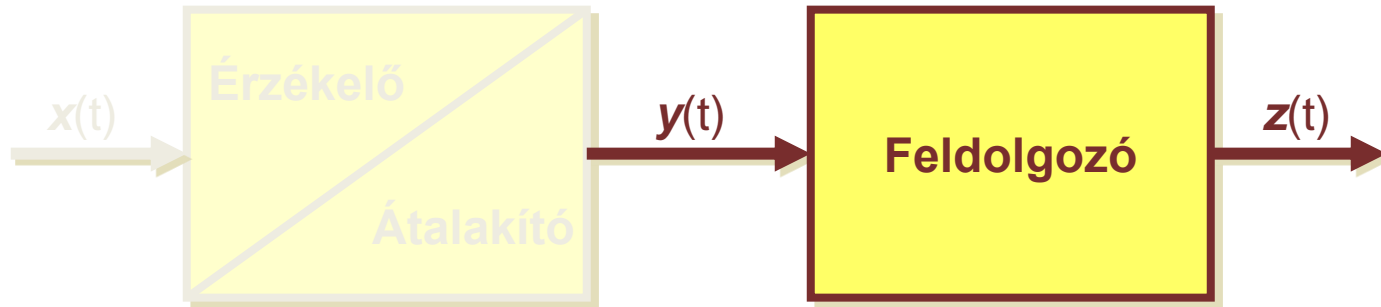


A mérés eredménye:

- Nem determinisztikus - véletlen - hiba: pontos összefüggésekkel nem megadható, nem jelezhető előre, példák
 - Termikus zajok: vezetőkben, félvezetőkben előálló hőmérséklettől függő zajok.
 - Elektromágneses zavarok: kozmikus sugárzás, naptevékenység, ionosféra hatása, az ember által létesített zavarforrások.



Mérés



Feldolgozás: a lényeges jellemzők kiemelése,
a nem kívánt hatások csökkentése.

- Rendszeres hibák csökkentése: korrekció, kompenzáció, a mérőeszköz vagy eljárás kalibrálása.
- Véletlen hibák csökkentése: a valószínűségelmélet és statisztika módszereinek alkalmazása.



A mérés hibái

Nem tekinthetünk el a valószínűségi megfontolásoktól ...

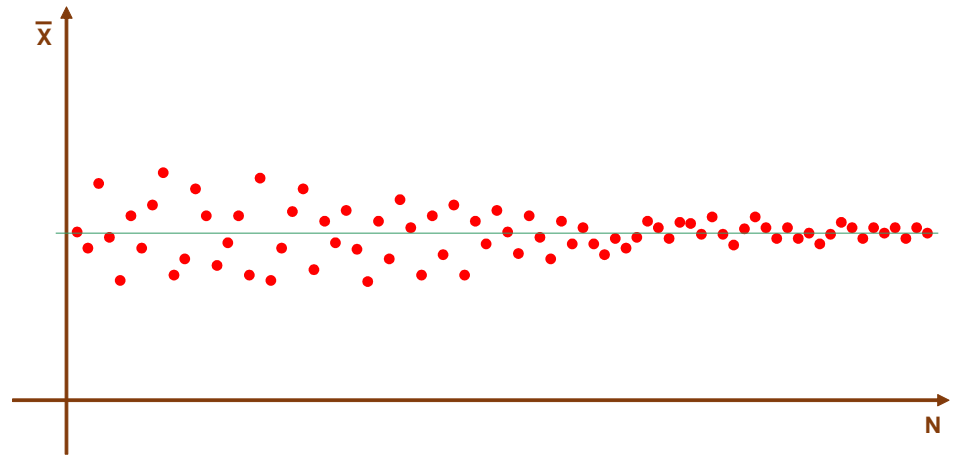
Valószínűségelmélet? - a valószínűség fogalmának axiomatikus felépítése

A *várható érték* fogalma - nem axiomatikus formában

Középérték:
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

nagy számú esetre -
stabilizálódik egy érték irányában

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \bar{x} = E[x]$$



$E[.]$ valószínűségi változó *várható értéke*



A mérés hibái

Mérés, mérési sorozat - lényegében sztochasztikus folyamat.

A mérés eredménye - mérési hibával terhelt - valószínűségi változó.

A mérés hibájának jellemzése: *négyzetes középhiba*

Mean Square Error - MSE

$$MSE[\hat{x}] = E[(x - \hat{x})^2] \quad \text{ahol } \hat{x} \text{ a mért érték}$$

$$E[(x - \hat{x})^2] = E[(x - E[\hat{x}] + E[\hat{x}] - \hat{x})^2] =$$

független valószínűségi változók

$$= E[(x - E[\hat{x}])^2] + \underbrace{2E[(x - E[\hat{x}])E[(E[\hat{x}] - \hat{x})]}_0 + E[(E[\hat{x}] - \hat{x})^2]$$

$$E[(x - \hat{x})^2] = E[(x - E[\hat{x}])^2] + E[(\hat{x} - E[\hat{x}])^2]$$

Mennyiben tér el a mért érték várható értéke a valóságostól: **torzítás**

Mennyiben tér el a mért érték saját várható értékétől: **variancia**



A mérés hibái: torzítás

Ha $E[\hat{x}] = x$ a mérés torzítatlan.

Torzítás (bias): rendszeres hibakomponens -
determinisztikus (nem véletlen),
azonos körülmények között azonos mértékű.

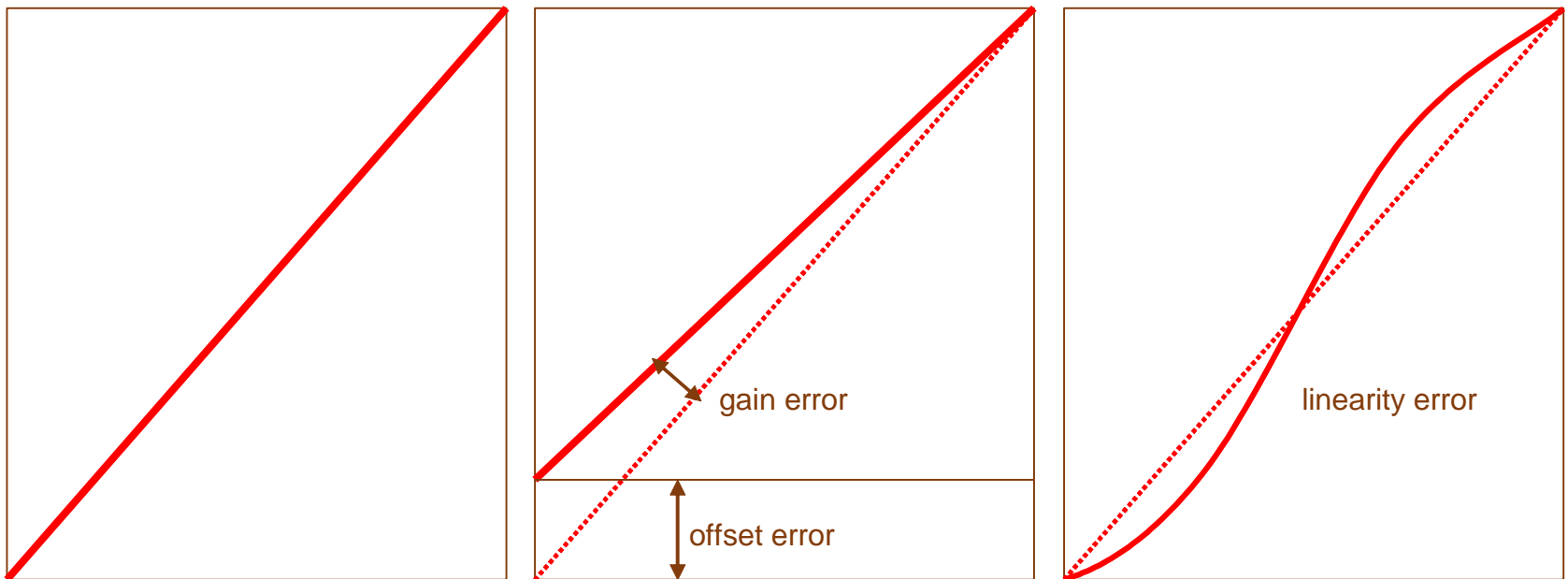
- Ha ismerjük, korrigálni tudjuk.
- Sok esetben nem ismerjük pontosan:
 - Hőmérsékletfüggő, nem ismerjük a pontos hőmérsékletet, nem ismerjük a pontos összefüggést.
 - Külső ismeretlen hatások - elektromágneses terek, mechanikus behatások.



A mérés hibái: torzítás

Torzítás jellegű hibák:

- Eltolás (offset)
- Érzékenységi - erősítési hiba (gain error)
- Linearitási hiba



A mérés hibái: variancia

$$\text{Var}[\hat{x}] = E[(\hat{x} - E[\hat{x}])^2]$$

Variancia: véletlen hibakomponens -
minden mérési kísérletnél más és más mért érték.

A variancia csökkentése:

- Diszkrét mérések esetén: több mérés alapján becsülni a mért értéket - pl. átlagolás, szűrés útján.
- Folytonos idejű mérések esetén: növelni a mérés időtartamát.

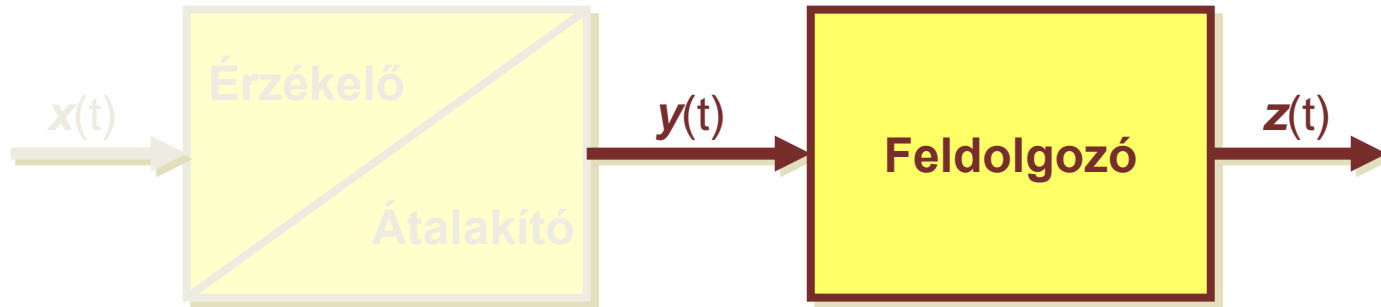
$$\hat{x}_1, \hat{x}_3, \dots, \hat{x}_N \quad \text{ahol} \quad n_1 < n_2 < \dots < n_N \mid T_1 < T_2 < \dots < T_N$$

Konzisztens a mérés (becslés), ha

$$m < n \rightarrow \text{Var}[\hat{x}_m] > \text{Var}[\hat{x}_n] \quad \Bigg| \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \hat{x}_N = E[\hat{x}_N]$$



Mérés



A mérés időbeliségét hangsúlyozva: jelek - időfüggvények.

Jelek: elvonatkoztatunk a konkrét fizikai megjelenésüktől.

A feldolgozás eszközei: **jelfeldolgozás - signal processing.**

A jelfeldolgozás ma:

digitális jelfeldolgozás
számítógépek alkalmazása



A jelfeldolgozás célja

A teljesség igénye nélkül...

- Döntések és becslések
- Jelenségek detektálása
- Változások, események detektálása
- Fizikai mennyiségek értékének meghatározása (klasszikus értelemben vett *mérés*)
- Paraméterek meghatározása - paraméterbecslés
- Zavaró hatások, zajok elnyomása
- Meghatározott hatások kiemelése
- Rendszerek matematikai modelljének meghatározása - rendszer-identifikáció

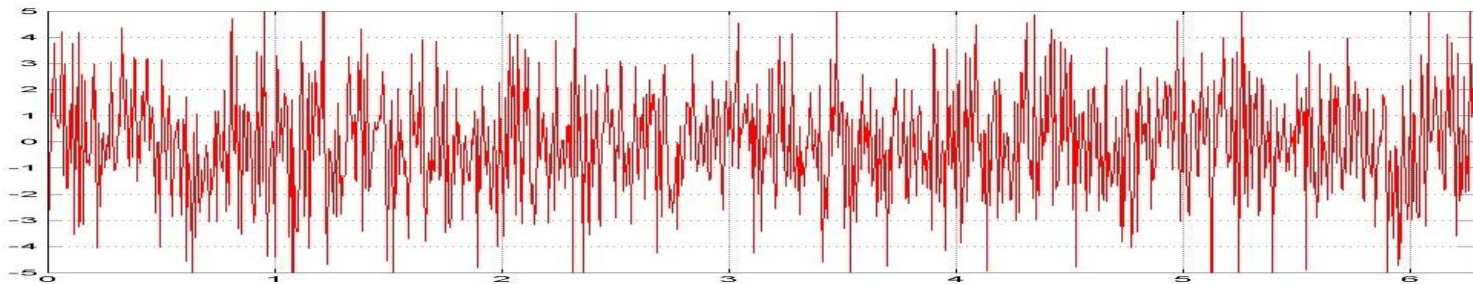
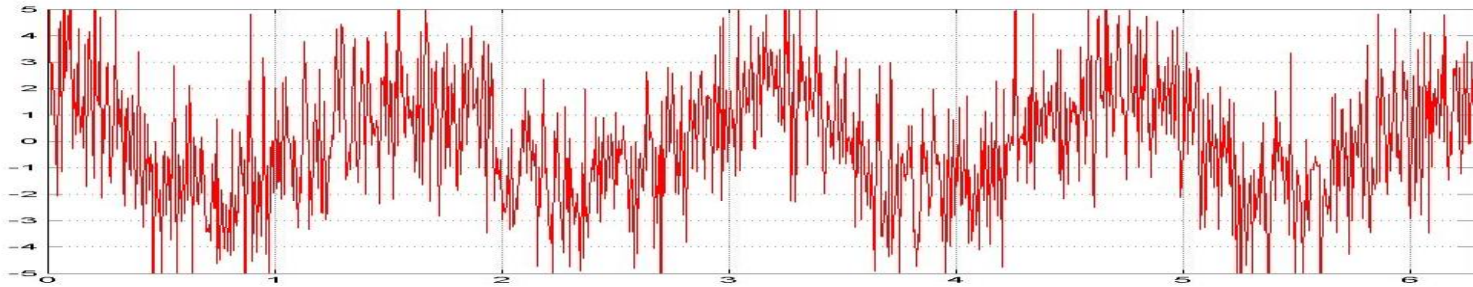
Megjegyzés: általános értelemben jelek nem csak idő, hanem más paraméterek függvényei is lehetnek, pl. x, y térkoordináták - kép (l. képfeldolgozás).



Jelfeldolgozási példa

A mért jelek közvetlenül nem mutatják a detektálandó jelenséget:

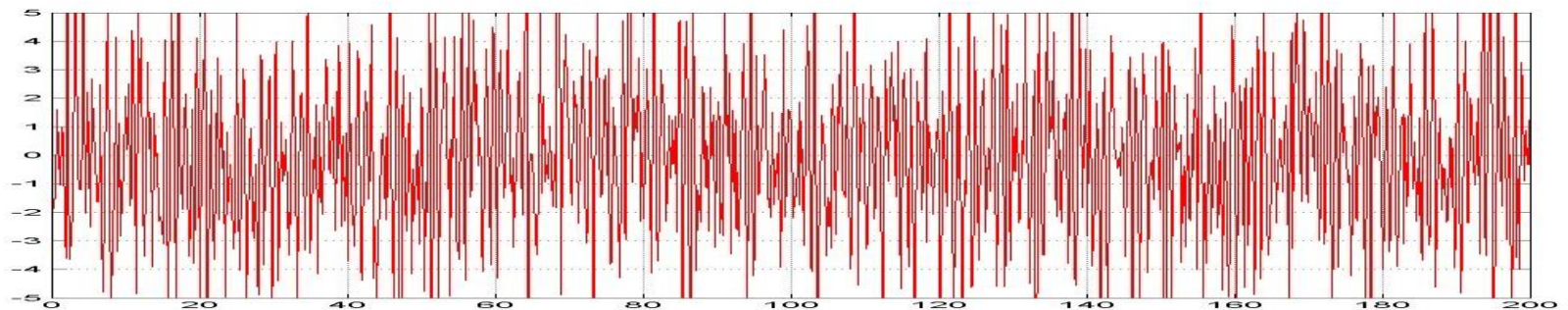
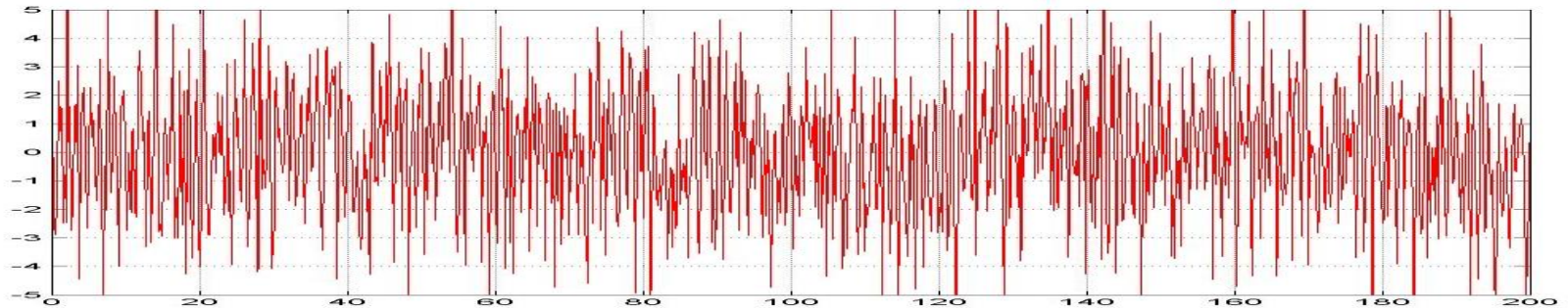
- Zajos jelek - a detektálandó jelenség szimptomái zajban vannak “eltemetve”.



Jelfeldolgozási példa

A mért jelek közvetlenül nem mutatják a detektálandó jelenséget:

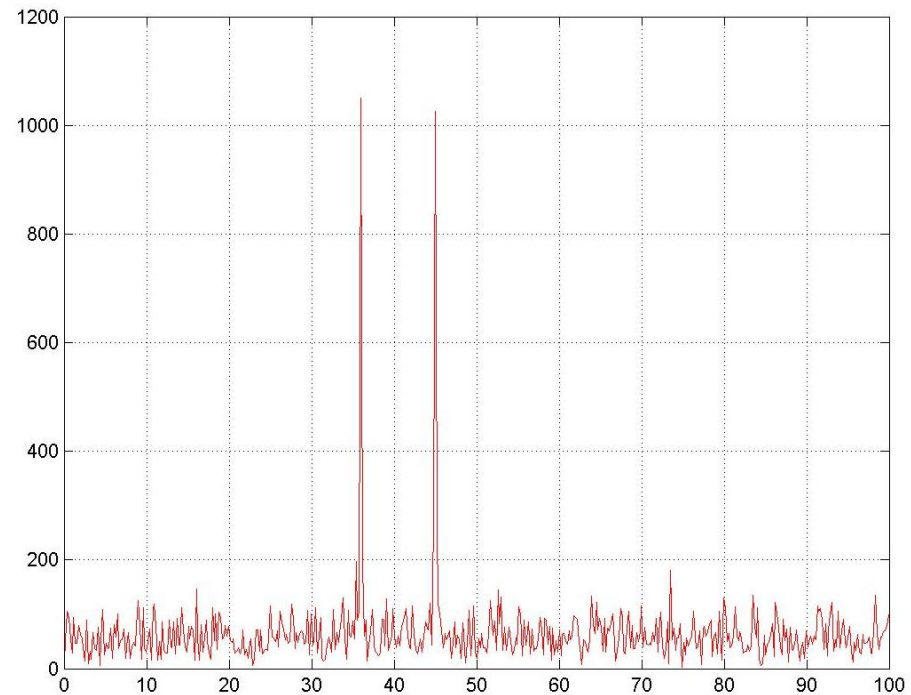
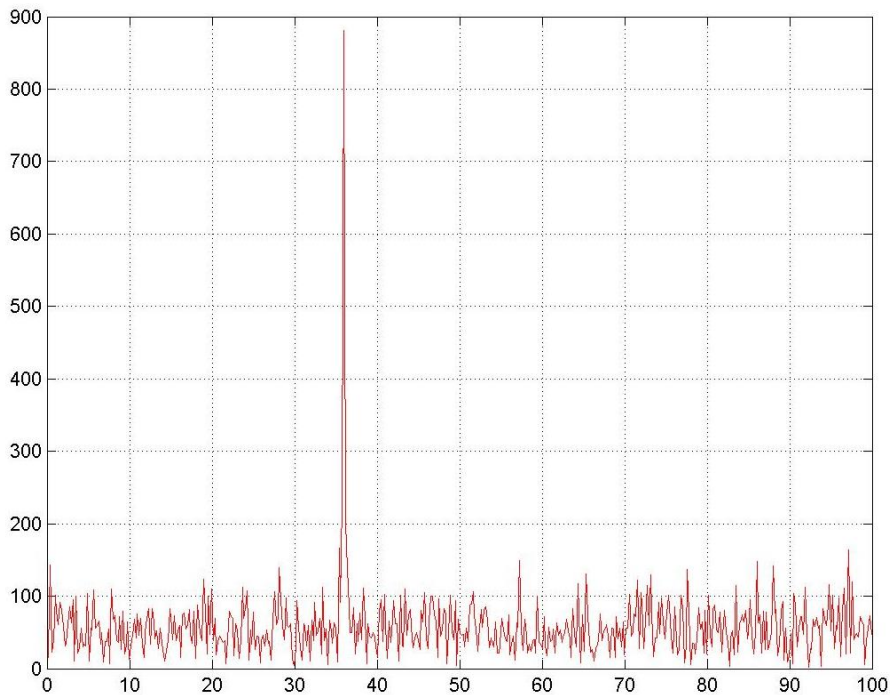
- Az időtartománybeli jelek nem mutatják a jelenséget



Jelfeldolgozási példa

Jelfeldolgozás alkalmazása:

- Frekvenciatartományi - spektrális vizsgálatok: kimutatják a lényeges tartalmat a jelben - 1 ill. 2 szinusz komponens.



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Dr. Soumelidis Alexandros



email: soumelidis@sztaki.hu



BME KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR
32708-2/2017/INTFIN SZÁMÚ EMMI ÁLTAL TÁMOGATOTT TANANYAG