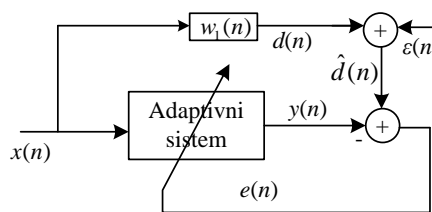


LMS algoritam i primjena u identifikaciji nepoznatog sistema -ZADACI-

1. Adaptivni sistem treba primijeniti u problematici identifikacije nepoznatog sistema. U cilju testiranja adaptivnog sistema provjerava se ponašanje u identifikaciji diskretnog sistema koji je zadat prenosnom funkcijom:

$$W_1(z) = \frac{1 - \frac{11}{8}z^{-1}}{1 + \frac{1}{4}z^{-1} - \frac{15}{64}z^{-2}}$$

- a) Provjeriti stabilnost ovog sistema crtanjem dijagrama nula i polova u Z-ravni. Da li je navedeni sistem FIR ili IIR?
- b) Sistem se smatra nepoznatim, i njegova identifikacija će se vršiti primjenom LMS algoritma. U tu svrhu, na ulaz „nepoznatog“ sistema sa impulsnim odzivom $w_1(n)$, dovodi se bijeli Gausov šum, srednje vrijednosti $\mu_x = 0$ i varijanse $\sigma_x^2 = 1$. Signal $d(n)$ je takođe zašumljen bijelim Gausovim šumom $\varepsilon(n)$ srednje vrijednosti $\mu_\varepsilon = 0$ i varijanse $\sigma_\varepsilon^2 = 0.05$, kao što je prikazano na slici 1. Na ovaj način se modeluju greške u akviziciji signala $d(n)$. Ovaj šum nije korelisan sa $x(n)$.



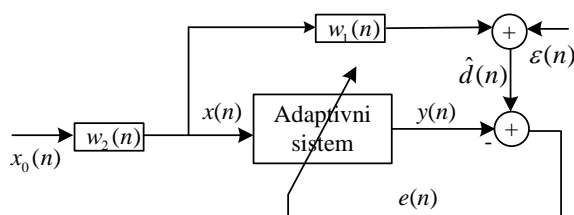
Slika 1

- Nacrtati koeficijente impulsnog odziva “nepoznatog” sistema u jednom grafičkom potprozoru i rezultujuće koeficijente adaptivnog sistema u drugom potprozoru. Prikazati i varijacije adaptivnog sistema tokom iteracija.
- Prikazati signal greške LMS algoritma, uključujući i prikaz u logaritamskoj skali, tj. $10\log_{10} |e(n)|^2$
- Ispitati kako utiče šum $\varepsilon(n)$ na grešku u stacionarnom stanju, variranjem njegove varijanse.
- Podesiti parametre algoritama tako da se dobija što je moguće manja greška u stacionarnom stanju. Zatim napraviti statistički eksperiment u kojem ćete procijeniti srednju kvadratnu grešku (MSE), ponavljanjem eksperimenta N_E puta i računanjem po formuli:

$$MSE = 10\log_{10} \left(\frac{1}{N_E} \sum_{i=1}^{N_E} |e_i(n)|^2 \right)$$

Za potrebe procjene srednje vrijednosti greške eksperiment ponoviti $N_E = 100$ puta. Procijeniti sa grafika kolika je greška u stacionarnom stanju i za koliko iteracija se postiže stacionarno stanje algoritma.

c) Prethodni zadatak ponoviti za slučaj sistema prikazanog na slici 2.



Slika 2

U ovom modifikovanom slučaju, ulazni signal $x(n)$ se dobija prolaskom bijelog Gausovog šuma $x_0(n)$, srednje vrijednosti $\mu_{x_0} = 0$ i varijanse $\sigma_{x_0}^2 = 1$, kroz sistem čija je prenosna funkcija $W_2(z) = 1 + z^{-1}$. Ovako dobijen signal je poznat kao korelisani (obojeni) šum.

- i. Nacrtaati koeficijente impulsnog odziva “nepoznatog” sistema u jednom grafičkom potprozoru i rezultujuće sistema u drugom potprozoru.
 - ii. Prikazati signal greške LMS algoritma, uključujući i prikaz u logaritamskoj skali, tj. $10 \log_{10} |e(n)|^2$.
 - iii. Ispitati kako utiče šum $\varepsilon(n)$ na grešku u stacionarnom stanju, variranjem njegove varijanse.
 - iv. Diskutovati kako korelacija ulaznog signala utiče na brzinu konvergencije LMS algoritma, u poređenju sa prethodno posmatranim slučajem ulaznog signala u vidu bijelog šuma.
- d) Napraviti statistički eksperiment u kojem se poredi MSE iz zadatka pod b) sa odgovarajućim MSE dobijenim u zadatku pod c). MSE računati u eksperimentu od $N_E = 100$ nezavisnih realizacija posmatranih signala.

2. Za vježbu, prethodni zadatak ponoviti za slučaj identifikacije „nepoznatog“ sistema u kojem dolazi do promjene koeficijenata trenutku $n = 500$. Koeficijenti:

$$W_1^{(1:500)}(z) = [1 + 3z^{-1} + 4z^{-3} + 5z^{-4}]$$

u trenutku $n = 500$ postaju $W_1^{(500:1000)}(z) = [1 - 2z^{-1} + 3z^{-3} - 0.5z^{-4}]$.

3. Razmatra se problematika identifikacije nepoznatog sistema primjenom klasičnog LMS algoritma. Neka je “nepoznati” sistem FIR sistem petog reda, i neka je zadat sljedećim varijabilnim koeficijentima:

$$h_0 = 4 + 2 \cos(3\pi n / 400);$$

$$h_1 = 8 + \sin(2\pi n / 500);$$

$$h_2 = -5 + 4e^{-n/100} + [2 - 2e^{-(n-500)/500}]u(n - 500);$$

$$h_3 = 1;$$

$$h_4 = -1 + \text{sgn}[\sin(2\pi n / 300)]$$

Neka je dalje signal na ulazu u adaptivni filter bijeli Gausov šum $x(n)$, srednje vrijednosti $\mu_x = 0$ i varijanse $\sigma_x^2 = 1$, od 1000 odbiraka. Za identifikaciju sistema se koristi LMS algoritam.

- a) Prikazati vremensku zavisnost „pravih“ koeficijenata i koeficijenata estimiranih adaptivnim sistemom.
- b) Prikazati vremensku zavisnost signala greške u ovim slučajevima.