**LMS algoritam promenljive veličine koraka – Đang Džindžin**

Predmet: Adaptivna obrada signala

Student: Uroš Savurdić 2017/0009

Profesori: prof. dr Jelena Ćertić, doc. dr Miloš Bjelić

Jul 2023.

**Uvod**

Vidrov i Hof su 1960. predložili LMS (Least Mean Square – Najmanji Srednji Kvadrat) algoritam karakterističan po svojoj maloj računarskoj kompleksnosti, jednostastavnoj strukturi i jednostavnoj implementaciji zbog čega je ovaj algoritam našao primenu u mnogobrojnim segmentima inženjerstva kao što su: identifikacija sistema, spektralna analiza i uklanjanje buke. Osnovna implementacija ovog algoritma je prikazana u nastavku:

A diagram of a computer system

Description automatically generated

*Slika 1. LMS adaptivna formativna mreža*

* – vektorski oblik ulaznog signala
* – vektor težinskih koeficijenata
* – dobijeni signal
* – željeni signal
* – signal greške
* – red filtra
* - faktor koraka filtra – koristi se za određivanje stabilnosti i konvergencije filtra *0 < μ <1/λmax*
* – najveća sopstvena vrednost autokorelacione matrice ulaznog signala
* *–* totalni poremećaj
* - Vremenska konstanta adaptacije

Iz gornjih formula može se uočiti da manja veličina koraka dovodi do manjeg ofseta i sporije stopa konvergencije dok veći korak rezultira bržom stopom konvergencije i većib ofsetom.

**Predloženo poboljšanje**

Oslanjajući se na prethodne radove, Đang Džindžin uvođenjem faktora koraka filtra u obliku Lorencove funkcije eliminiše uticaj irelevantnog šuma, unapređujući brzinu konvergencije i brzinu praćenja pokazu dok predložen metod ima zadovoljavajuću sposobnost anti-interferencije. Formula je sledeća:

U svom radu, autor ove publikacije poredi svoje rešenje sa nekim prethodnim, gde je za oblik korišćena:

Sigmoidna funkcija:

Lorencova funkcija:

**Implementacija**

Vrednost je pozitivna vrednost direktno zavisna od parametara , koji kontroliše brzinu konvergencije i parametra , koji kontroliše promenu veličine koraka u stacionarnom stanju tako da korak ne bude preveliki.

Važi:, odnosno , gde je šum interferencije, praktično ABGŠ, dok je vektor najbolje težine, odnosno je devijacija vektora težinskih faktrora, odnosno . Odavde sledi:

Matematičko očekivanje ove dve jednačine iznosi:

Primećuje se da prvo očekivanje zavisi od dok drugo isključivo od pa se može zaključiti da predloženi algoritam u ovom radu ima jače anti-interferencijske sposobnosti. Takođe pokazuje se da ima manju grešku mirnog stanja i dobre performanse pogotovo u slučaju niskog odnosa signal šum.

**Simulacija i rezultati**

Za simulaciju se koristi adaptivni sistem prikazan na slici 2 i korišćeni su sledeći parametri:

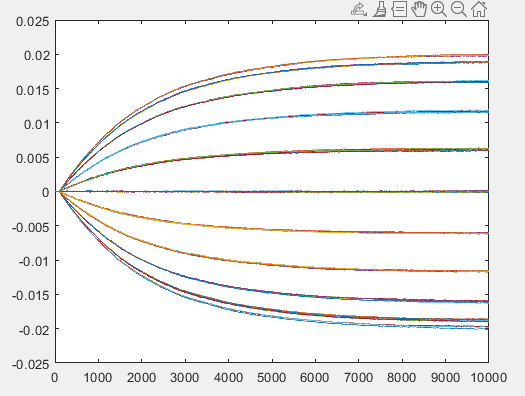
1. Ulazni signal
2. Beli šum: ,
3. Željeni signal
4. U referentnom kanalu se utiskuje signal šuma , sličan , zatim se ovaj signal provlači kroz adaptivni filtar i stvara se signal .
5. Zadatak adaptivnog filtra je da napravi signal takav da greška bude što manja moguća
6. Adaptivni filtar se konstruiše po principu predloženom u ovom radu za i poredi se sa adaptivnim filtrom
7. Od ostalih parameta se koristi red filtra 2, broj odbiraka je 100, , , simulira se 20 puta i nalazi se statistička srednja vredna kako bi se formirale krive učenja za SNR odnos od 10dB, 20dB i 30dB respektivno.
8. Simulacija produkuje grafike signala , , posebno za svaki adaptivni filtar koji se poredi i krive učenja takođe za oba adaptivna filtra posebno, gde je za svaki na svom grafiku posebno plotovana kriva 10dB, 20dB i 30dB respektivno.

A diagram of a device

Description automatically generated

*Slika 2. Adaptivni sistem za uklanjanje šuma*

Simulacija je realizovana u softverskom okruženju MATLAB. Simulira se rad dva adaptivna filtra (jedan sa fiksnim koeficijentom i drugi sa promenljivim koeficijentom) na ulaznom sinusnom signalu sa dodatim šumom različitog nivoa. Simulacija prati kako se težine filtara prilagođavaju tokom vremena i analizira grešku između željenog i izlaznog signala, prikazujući rezultate u graficima. Takođe, obavlja spektralnu analizu signala kako bi se procenila efikasnost filtara u različitim uslovima šuma.U nastavku se mogu videti generisani grafici. Kod se nalazi u prilogu i ide uz ovaj dokument.

A graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

A graph of a graph

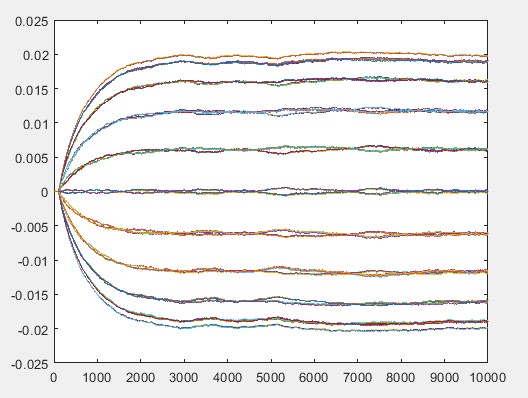
Description automatically generated with medium confidenceA screenshot of a graph

Description automatically generated

A screen shot of a graph

Description automatically generatedA graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

A graph of a number of lines

Description automatically generated with medium confidence

A screenshot of a graph

Description automatically generatedA graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

A graph of a graph

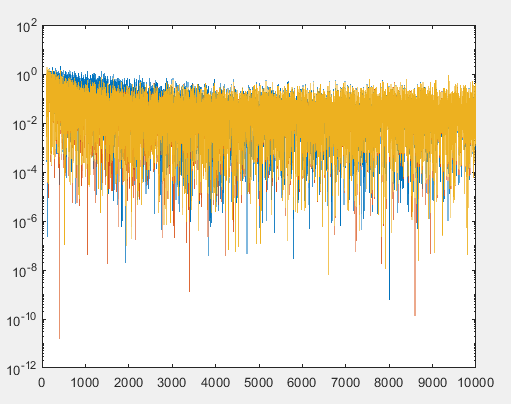
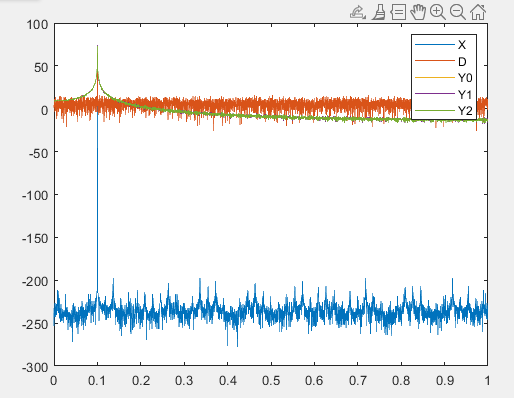
Description automatically generated with medium confidenceA graph of lines with numbers

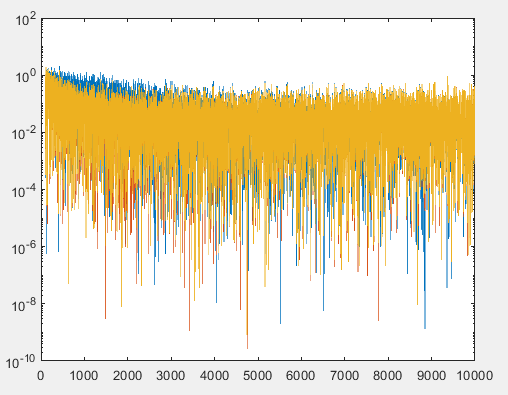
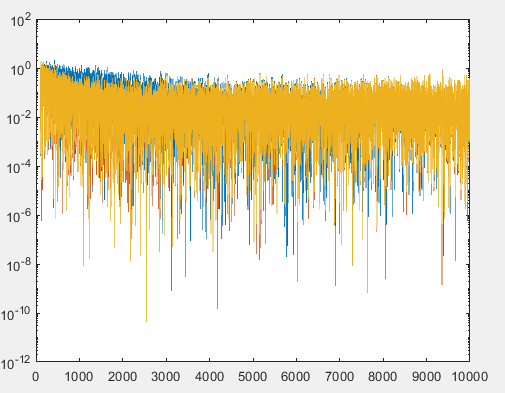
Description automatically generated

A graph of a graph

Description automatically generated with medium confidenceA blue and red graph

Description automatically generated





**Zaključak**

Unapređeni algoritam nudi poboljšanje brzine konvergencije, malu grešku u stacionarnom stanju, dok efikasno sprečava šum koji ne potiče od ulaznog signala. U uslovima niskog odnosa signal šum, efekat filtera je bolji za filtriranje i detekciju slabog signala.

**Izvori**

* Variable Step Size LMS Algorithm - Zhang Jingjing, International Journal of Future Computer and Communication, Vol. 1, No. 4, December 2012
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Least_mean_squares_filter>
* <https://vnit.ac.in/ece/wp-content/uploads/2019/10/LMS_algorithm.pdf>
* <https://wirelesspi.com/least-mean-square-lms-equalizer-a-tutorial/>