SKAITMENINIS SIGNALŲ APDOROJIMAS IR MAŠININIS MOKYMASIS 2022

Laboratorinis darbas nr. 3

**ADAPTYVIŲJŲ FILTRŲ TYRIMAS**

**Ž. Marma, E MEI-2 gr.** Dėstytojas D. Sokas

*KTU, Elektros ir elektronikos fakultetas*

**Įvadas**

Laboratorinio darbo tikslas – išmokti įgyvendinti ir tirti adaptyviuosius filtrus.

Laboratorinio darbo užduotis – adaptyviųjų filtrų pagalba prislopinti lėktuvo variklio triukšmo dedamąją piloto kalbos signale.

**Metodai**

**Adaptyvusis filtras**

Laboratorinio darbo schemoje (1 pav.) matyti, kad adaptyvusis filtras turi du įėjimus ir vieną išėjimą. Į

vieną įėjimą patenka piloto kalbos 𝑠(𝑛) ir variklio triukšmo 𝑥(𝑛) sudėtinis signalas 𝑑(𝑛).

Signalą 𝑑(𝑛) vadinsime lėktuvo kabinos garsų signalu. Į kitą, atraminį įėjimą, patenka variklio triukšmo signalas 𝑥௔(𝑛).

Variklio triukšmo signalas turi būti registruojamas toje vietoje, kurioje nebūtų pašalinių garsų, o ypatingai –

piloto kalbos. Reikia atkreipti dėmesį, kad signalai 𝑥(𝑛) ir 𝑥௔(𝑛) yra tarpusavyje koreliuoti, tačiau nevienodi, t.y. į piloto mikrofoną patenkantis variklio garso signalas būna pakitęs dėl perėjimo per kabinos sienas, kurias galima įsivaizduoti kaip tam tikrą filtrą.

Adaptyvusis algoritmas (blokas 5) kas kartą turi taip parinkti skaitmeninio filtro koeficientus (blokas 4), kad triukšmo įverčio signalas 𝑥į௩(𝑛) taptų kuo panašesnis į triukšmo dedamąją, registruojamą kartu su piloto kalbos signalu. Tuomet iš kabinos mikrofono užregistruoto signalo 𝑑(𝑛) atėmus triukšmo įverčio signalą 𝑥į௩(𝑛), gaunamas piloto kalbos signalo įvertis 𝑠į௩(𝑛). Idealiu atveju, adaptyviuoju filtru išskirto piloto kalbos signalo įvertis turėtų būti identiškas triukšmu nepaveiktam piloto kalbos signalui 𝑠(𝑛).

Diagram

Description automatically generated

**1 pav.** Mažiausių vidutinių kvadratų adaptyviojo filtro schema piloto kalbos signalui išskirti.

Adaptyvusis filtras adaptuoja koeficientus tokiu būdu, kad klaida tarp tikrojo piloto kalbos signalo 𝑠(𝑛)

ir jo įverčio 𝑠į௩(𝑛) būtų minimali. Adaptyviojo algoritmo konvergavimo sparta ir stabilumas apsprendžiamas

adaptacijos žingsniu 𝜇. Adaptacijos žingsnis įprastai parenkamas iš intervalo 0 < 𝜇 ≪ 1. Reikia pažymėti,

kad didesnė adaptacijos žingsnio 𝜇 vertė leidžia greičiau adaptuoti skaitmeninio filtro koeficientus prie

pasikeitusių signalo charakteristikų, tačiau parinktus per didelę 𝜇 vertę, algoritmas gali tapti nestabilus

**Mažiausių vidutinių kvadratų adaptyviojo filtro įgyvendinimas**

Filtro įgyvendinimas sudarytas iš šių etapų:

1. Parinkite pradines adaptyviojo filtro parametrų vertes – skaitmeninio filtro eilę 𝑀 ir adaptacijos žingsnį 𝜇.
2. Inicializuokite pradinius filtro koeficientus. Filtro koeficientų vektoriaus narių skaičius atitinka filtro eilę. Pradinius filtro koeficientus patogu prilyginti nuliams (1)

|  |  |
| --- | --- |
| . | (1) |

1. Inicializuokite atraminio įėjimo signalo vektorių. Atraminio įėjimo signalo vektoriaus narių skaičius atitinka filtro eilę. Pradinį atraminio įėjimo signalo vektorių taip pat gali sudaryti nuliai (2)

|  |  |
| --- | --- |
| . | (2) |

1. Sudarykite atraminio įėjimo signalo vektorių 𝒙𝒂(𝑛). Vektorius turi būti sudarytas iš dabartinės signalo atskaitos n ir prieš tai buvusių signalo verčių. Atraminio įėjimo signalo vektoriaus narių skaičius atitinka filtro eilę M:

|  |  |
| --- | --- |
| . | (3) |

1. Variklio triukšmo signalo įvertis n-ajai atskaitai randamas atraminio įėjimo signalo vektorių nufiltravus koeficientais 𝐰(𝑛)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

1. Piloto kalbos signalo įvertis randamas iš kabinoje užregistruoto signalo atėmus variklio garso įverčio signalą

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

1. Skaitmeninio filtro koeficientai 𝐰(𝑛 + 1), kurie bus naudojami diskretinio laiko momentu n + 1 yra atnaujinami pagal išraišką:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Klaidos kriterijumi dažnai naudojamas vidutinės kvadratinės klaidos 𝑀𝑆𝐸 (angl. *mean squared error*) įvertis, kuriuo įvertinama klaida tarp norimo signalo 𝑠(𝑛) ir adaptyviuoju filtru išskirto signalo įverčio 𝑠į௩(x)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

**Normalizuotas mažiausių vidutinių kvadratų adaptyvusis algoritmas**

NMVK algoritmas yra įgyvendinamas analogiškai MVK algoritmui, tačiau skiriasi koeficientų adaptacijos principas.

Adaptacijos koeficientas 𝜇 yra normuojamas pagal atraminio įėjimo signalo vektoriaus energiją (x)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

**Dekoreliuotas rekursinis mažiausių kvadratų algoritmas**

MVK ir NMVK adaptyvūs algoritmai yra paprasčiau įgyvendinami, naudoja mažesnį matematinių operacijų skaičių, tačiau lėtai adaptuojasi, todėl gerai tinka tik stacionariems arba beveik stacionariems signalams filtruoti. Kur kas spartesniu konvergavimu pasižymi rekursinis mažiausių kvadratų (RMK) adaptyvusis algoritmas. Greitas RMK algoritmo konvergavimas pasiekiamas dėl koeficientų rekursijos, t.y. koeficientai, apskaičiuoti laiko momentu 𝑛 − 1, naudojami rasti koeficientus laiko momentu n. Deja, klasikinis adaptyvusis RMK algoritmas yra nestabilus, todėl reikalingi sprendimai, kurie leistų užtikrinti

filtro stabilumą ilgajame laikotarpyje

**Rezultatai**

Šiame darbe yra analizuojami siganlai

Chart

Description automatically generated with medium confidence

Chart

Description automatically generated with medium confidence

Chart, line chart

Description automatically generated

**2 pav.** Mažiausių

Chart

Description automatically generated

Chart

Description automatically generated

Chart

Description automatically generated

**3 pav.** Mažiausių

Kaip persidengia spektrai

**Mažiausių vidutinių kvadratų algoritmo įgyvendinimas**

Įgyvendinant adaptyvujį filtrą adaptacijos žingsnis buvo pasirinktas µ = 0.1, filtro eilė M = 20.

Chart, histogram

Description automatically generated

Galima matytu staigų neatitikima pirmomis sekundėmis

**Mažiausių vidutinių kvadratų algoritmo parametrų parinkimas**

Chart, line chart

Description automatically generated

Chart, histogram

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated

Pastebima, kad esant mažesniaim M signale lieka daugiau triukšmo dedamosios.

MVK MSE nuo M ir mu

mu keiciant nuo laiko grafikas

**Normalizuoto mažiausių vidutinių kvadratų adaptyviojo algoritmo įgyvendinimas**

is. Kuriuo

atveju 𝑀𝑆𝐸 klaida gauta mažesnė? Paklausę signalus įvertinkite, kuriuo algoritmu efektyviau

slopinama variklio triukšmo dedamoji?

IKELTI GRAFIKUS LAIKO IR DAZNIU SKIRTYJE

**Dekoreliuotas rekursinis mažiausių kvadratų algoritmas**

Pradines M ir lambda vertes

Ikelti grafika

**Mažiausių vidutinių kvadratų RMK adaptyviųjų filtrų palyginimas**

Įgyvendintam dekoreliuotam RMK adaptyviajam algoritmui raskite optimalią eksponentinės

„užmiršimo“ konstantos λ ir filtro koeficientų skaičiaus M porą, su kuriais 𝑀𝑆𝐸 gaunama mažiausia.

Palyginkite MVK ir RMK algoritmus išskiriant piloto kalbos signalą. Pateikite rekomendacijas, kurį iš tirtų

algoritmų (MVK, NMVK ar RMK) tikslingiausia naudoti sprendžiant piloto kalbos signalo išskyrimo

problemą.

Ikelti grafika nuo laiko

**Diskusija**

Darbe buvo analizuojamas ganėtinai stacionarus triukšmo – variklio signalas. Įdomu būtų panagrinėti, kaip tokie adaptyvųjų filtų algoritmai veikia su kintančiu motoro garsu – pvz mašinoje keięiantis pavaroms. Galimai bųtų blogiau

**Išvados**

Kintantiems signalams yra reikalingas adaptyvusis filtras – nes persidengia dažnių spektrai.

Iš esmės visi darbe nagrinėti algoritmai yra veikiantys.

Rasti geriausi adaptacijos žingsnis μ=0.01 ir filtro eilė M=15

Nagrinėjant filtrus MSE rodiklis reikia atsižvelgti į tai jog pirmosiomis sekutėmis filtras nesugeba teisingai adaptuotos

Visualiai pagal MSE nuo laiko grafika geriausias yra RMK algoritmas.

Atlikus papildoma rastos geriauios Lambda = 1ir foltr eilė=15

Įvertinus RMK algoritma geriausias

**Priedai**

Laboratorinio darbo aprašymas

**Priedai**

Pagrindinės užduoties MATLAB programos kodas: