SKAITMENINIS SIGNALŲ APDOROJIMAS IR MAŠININIS MOKYMASIS 2022

Laboratorinis darbas nr. 1

**DISKRETINIO LAIKO SISTEMŲ MODELIAVIMAS**

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

*KTU, Elektros ir elektronikos fakultetas*

**Įvadas**

Laboratorinio darbo tikslas — išmokti modeliuoti diskretinio laiko sistemas ir tirti jų laikines bei dažnines charakteristikas, sprendžiant garsų apdorojimo problemą.

Laboratorinio darbo užduotis – sumodeliuoti gitaros akordo garsą bei garsus apdorojančius efektus ir ištirti laikines ir dažnines sumodeliuotų ir efektais apdorotų signalų charakteristikas. Laboratoriniam darbui realizuoti buvo naudojamas 10 (Dm) akordo numeris.

**Natos signalo modeliavimas**

Nustačius diskretizavimo dažnį lygų Hz buvo apskaičiuoti signalo vėlinimai kiekvienai natai naudojantis (1) formule. Gauti signalo vėlinimai pateikti lentelėje (**1 lentelė.)**.

. (1)

**1 lentelė.** Natų vėlinimų vertės

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Styga | Stygos dažnis,  Hz | Signalo vėlinimas (N), atskaita |
| A | 110 | 401 |
| D | 147 | 300 |
| G | 220 | 200 |
| B | 294 | 150 |
| e | 349 | 126 |

Naudojantis struktūrine schema yra randami skaitmeninio filtro koeficientai b ir a:

b = [1], a = [1 *nuliuV* -0,5 -0,5], kur *nuliuV* yra nulių vektorius, kurio ilgis kiekvienai natai yra N.

Sumodeliavus natas, D ir B natų signalai yra grafiškai laiko ir dažnių srityse pateikti paveikslėliuose (analogiškai 1 pav. ir 2 pav.). Analizuojant D ir B stygų signalus laiko ašyje galima matyti, kad signalų forma yra ganėtinai panaši, tačiau iš grafikų (1 pav.) matyti, kad D stygos nusistovėjusi amplitudės dedamoji yra didesnė. Tuo galima įsitikinti ir klausantis sugeneruotus audio signalus, girdima, kad D stygos garsas garsesnis.

Chart

Description automatically generatedChart

Description automatically generated

**1 pav.** D ir B stygos signalai laiko srityje.

Chart

Description automatically generatedChart

Description automatically generated

**2 pav.** D ir B stygos signalų vaizdai dažnių srityje.

Analizuojant D ir B stygų spektrus galime pastebėti, kad D stygos spektras yra ženkliai tankesnis. Tai yra paaiškinama tuo, kad D stygos dažnis yra 147 Hz, o G ­– 294 Hz. Tai galime patvirtinti ir išanalizavus pirmąsias tris harmonikas. Analizuojant signalą nuo 0-500 Hz diapazone jau sutinkame tris D stygos harmonikas ir tik vieną B stygos harmoniką.

Išanalizavus D stygos signalą dažnių srityje pirmosios trys signalo harmonikos yra: 147 Hz, 294 Hz ir 440 Hz. Tuo tarpu B stygos pirmosios trys harmonikos yra: 293 Hz, 586 Hz, ir 879 Hz. Tai galima matyti grafiškai iš 3 pav. pateiktų priartintų signalų dažnių ašyje (harmonikos vertę laikome dažnį esantį ties pyku).

Chart, line chart

Description automatically generated Chart, line chart

Description automatically generated

**3 pav.** D ir B stygų pirmosios harmonikos.

**Akordo signalo modeliavimas**

Atliekant akordo modeliavimą buvo pasirinktas 75ms vėlinimas tarp skirtingų natų ir atliktas natų sumavimas. Gauto signalo vaizdas pateiktas laiko (4 pav.) ir dažnių (5 pav.) srityse.

Chart

Description automatically generated

**4 pav.** Sumodeluotas Dm akordas laiko srityje.

Chart

Description automatically generated

**5 pav.** Sumodeluotas Dm akordas dažnių srityje.

Analizuojant sumodeliuoto akordo signalą laiko srityje (4 pav.) galima pastebėti, kiekvienos atskiros natos dedamąją (penki atskiri pykai per pirmąsias 500 ms). Analizuojant akordo signalą dažnių srityje (5 pav.) matome kad spektras yra ženkliai tankesnis palyginus su anksčiau analizuotais stygų vaizdais dažnių srityje (2 pav.). Tai atsitinka, nes signalas yra penkių skirtingo dažnio stygų suma.

Chart

Description automatically generated

**6 pav.** Dm akordo pirmosios harmonikos.

Detaliau nagrinėjant signalo spektrą (6 pav.) galima matyti, kad tik pirmosios keturios akordo harmonijos sutapo su atskirų stygų virpėjimo dažniais: 110 Hz, 147 Hz, 220 Hz, 293 Hz, o penktosios harmonikos dažnis skyrėsi ir buvo lygus – 330 Hz. Taip atsitiko, nes žemiausios (A) stygos trečioji harmonika yra anksčiau dažnių srityje nei penktosios – e stygos dažnis (349 Hz).

**Iškraipymų efekto modeliavimas**

Buvo pasirinktas koeficiento K vertė K=30, nes toks signalas atrodė priimtiniausias.

Lyginant akordo skambesį, kai K yra lygi 5 su 50, esant K=50 galima girdėti daug pašalinio triukšmo garsas tampa nemalonus. Tuo tarpu kai K=5 girdimas ženkliai mažesnis efektas, tačiau akordas skamba vis tiek garsiau nei akordo signalas be iškraipymo efektų.

Chart, shape

Description automatically generated Chart, histogram

Description automatically generated

**7 pav.** Iškraipytas Dm akordas laiko srityje naudojant *satlins* (K=5 ir K =50).

Kaip galima matyti iš grafikų (7 pav.) signalų beveik visos reikšmės yra 1 arba -1. Vienintelis skirtumas yra naudojant stiprinimo koeficientą K =50 daugiau reikšmių buvo įsotintos, nes kai K = 5 galima matyti ties t ≈ 3s reikšmių kurių absoliutinę reikšmė liko mažesnė nei 1.

Chart, histogram

Description automatically generated Chart, histogram

Description automatically generated

**8 pav.** Iškraipytas Dm akordas dažnių srityje naudojant *satlins* (K=5 ir K =50).

Palyginus iškraipytus signalus dažnių srityje (8 pav.) galima matyti, jog esant K = 50 prie žemų dažnių signalas yra stipresnis (mažiau slopinamas).

Lyginant Dm akordo signalą prieš apdorojimą iškraipymų efektu (4 pav.) ir po apdorojimo/iškraipymo (10 pav.) galima matyti ženklius skirtumus: iškraipymas neleidžia matyti atskirų stygų sukuriamus amplitudės šuolius. Analizuojant akordą dažnių srityje po apdorojimo (10 pav.) galima pastebėti padidėjusį harmonikų skaičių lyginant su neapdorotu signalu (5 pav.).

A picture containing chart

Description automatically generated

**9 pav.** Dm akordo signalas po iškraipymų laiko srityje naudojant *satlins* (K=30).

Chart, line chart

Description automatically generated

**10 pav.** Dm akordo signalas po iškraipymų dažnių srityje naudojant *satlins* (K=30).

**Reverberacijos efekto modeliavimas**

Laboratoriniame darbe taip pat buvo modeliuojamas garso reverberacijos efektas, kuris imituoja daugkartinius garso atspindžius nuo atspindinčių patalpos paviršių. Norint realizuoti šio tipo efektą buvo suprojektuotas skaitmeninis filtras su šiomis koeficientų b ir a reikšmėmis:

b = [1], a = [1 *nuliuV* -*K*], kur *nuliuV* yra nulių vektorius, kurio ilgis lygus signalo vėlinimui (pasirinkta 200ms vertė), o *K* slopinimo koeficientas (pasirinktas 0,5).

Eksperimentiškai keičiant slopinimo koeficientą nuo 0 iki 1 galima pastebėti, kad reverberacijos efekto stiprumas yra tiesiogiai proporcingas šiai vertei. Esant K=0 negirdimas reverberacijos efektas, o kai K = 1 girdimas itin stiprus ir pasikartojantis aido efektas. Tačiau maloniausias efektas pasiekiamas esant 0,5 ar 0,4 koeficiento reikšmei.

Analizuojant reverberacijos efektą akordo signalui laiko srityje (11 pav.), galima matyti amplitudės padidėjimą po vėlinimo (pasirinkta 200ms vertė) lyginant su originaliu signalu. Taip yra pasiekiamas aido efektas garsui.

Chart

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated

**11 pav.** Orginalus Dm akordo signalas ir Dm akordo signalas pritaikius reverberacijos efektą laiko srityje

Apdprojus signalą reverbiracijos efektu matoma

Chart

Description automatically generated

Chart

Description automatically generated

**12 pav.** Orginalus Dm akordo signalas ir Dm akordo signalas pritaikius reverberacijos efektą dažnių srityje

**Papildoma užduotis**

Darbe atliktas a variantas

**Rezultatai**

Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas.

**1 lentelė.** Lentelės pavadinimas

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas.

Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas.

**Diskusija**

Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas.

**Išvados**

Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas. Tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas tekstas.

**Literatūra**

[1] Pavardė V, Pavardė V. Straipsnio pavadinimas. Leidinio pavadinimas, 2010.– p. 10-15.

**Priedai**

Priede pateikiamas Matlab programų kodas.