

Matematikos ir informatikos institutas

**Informatikos doktorantūros modulis**  
**„Sistemų bei adaptyviųjų filtrų metodai ir taikymai“**

**Rengė:**

Prof. K. Kazlauskas

2009

# INFORMATIKOS KRYPTIES DOKTORANTŪROS STUDIJŲ MODULIO PROGRAMA (SMP)

## Mokslo šaka: 09P (Informatika)

Pavadinimas (iki 60 ženklų)

Sistemų bei adaptiviųjų filtrų metodai ir taikymai

Būtinasis pasirengimas modulio studijoms (iki 120 ženklų)

Modulio studijoms yra reikalingos magistro lygmens informatikos ir matematikos kursų žinios, teikiamos informatikos specialybių studentams.

Pagrindinis tikslas (iki 200 ženklų)

Supažindinti doktorantus su svarbiausiais teoriniais sistemų bei adaptiviųjų filtrų metodais ir jų taikymais, kuriuos privalo žinoti bet kuriam informatikos srityje dirbančiam mokslininkui.

Suteikiamos žinios ir gebėjimai (iki 1200 ženklų)

Išstudijavęs šį kursą, doktorantas privalo įgyti minimumą teorinių žinių, būtinų dirbti mokslinį darbą informatikos srityje.

Anotacija (500-600 simbolių)

Modulis nagrinėja tiesines sistemas ir stochastinius procesus, mažiausių kvadratų įverčius, signalų ir sistemų parametrinį modeliavimą, klasikinius filtrus ir spektrinę analizę, Kalmano filtrą, neparametrinius ir parametrinius spektro įvertinimo metodus, adaptiviosios filtracijos metodus, adaptiviuosius filtrus dažnių srityje, adaptiviuosius Voltero filtrus, adaptiviąsias valdymo sistemas, neklasikines adaptiviąsias sistemas, neraiškias logikas ir genetinius algoritmus bei adaptiviųjų filtrų taikymus.

### Dalys (skyriniai) ir temos

Eil.Nr.	Pavadinimas
1.	Adaptivusis filtravimas
2.	Tiesinės sistemos ir stochastiniai procesai
3.	Optimizavimas ir mažiausių kvadratų įvertinimas
4.	Signalų ir sistemų parametrinis modeliavimas
5.	Klasikiniai filtrai ir spektrinė analizė
6.	Optimalus Kalmano filtras
7.	Spektro tankio analizė
8.	Adaptivieji RIR filtrai
9.	Adaptivieji filtrai dažnių srityje
10.	Adaptivieji Voltero filtrai
11.	Adaptiviosios valdymo sistemos
12.	Įvadas į neuroninius tinklus
13.	Neraiškiųjų logikų sistemos
14.	Genetiniai algoritmai
15.	Adaptiviųjų filtrų taikymai
16.	Pagrindinės adaptiviųjų filtrų struktūros

### Žinių ir gebėjimų įvertinimo tvarka:

Taikoma dešimties balų įvertinimo skalė. Semestro savarankiško darbo užduotys vertinamos pažymiu, egzamino metu nustatomas galutinis pažymys, atskirus pažymius padauginant iš svertinio koeficiento ir sandaugas susumuojant. Egzamino metu doktorantai privalo pademonstruoti, kad jie yra įvaldę informatikos sąvokų sistemą, geba ją operuoti, suvokia informatikos metodų teorinius pagrindus, žino kokiose situacijose, kokiems tikslams kokius metodus naudoti. Konkrečių techninių detalių žinojimas nėra reikalaujamas. Rengdamasis atsakyti į egzamino klausimus doktorantas gali naudotis knygomis ir kitais informacijos šaltiniais, įskaitant internetą. Tačiau egzamino metu gali būti užduodami papildomi klausimai, kurie, egzaminatorių nuomone, leidžia patikrinti, kiek giliai doktorantas suvokia kurso medžiagą.

**Pagrindinė literatūra**

Eil.Nr.	Literatūros šaltinio pavadinimas
1.	A. Zaknich (2005). Principles of Adaptive Systems and Self-learning Systems. Springer.
2.	J. Proakis and D. Manolakis (1996). Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications. Prentice Hall.
3.	K. J. Astrom and B. Wittenmark (1995). Adaptive Control. Addison-Wesley.
4.	D. G. Manolakis, V. K. Ingle (2005). Statistical and Adaptive Signal Processing. Artech House.
5.	J. Benesty and Y. Huang (2003). Adaptive Signal Processing. Springer.

**Papildoma literatūra**

Eil.Nr.	Literatūros šaltinio pavadinimas
1.	R. Krivickas (1984). Skaitmeninis signalų apdorojimas. Vilnius, Mokslas
2.	A. Lipeika, J. Lipeikienė (1996). Diskretinio laiko signalų ir sistemų analizė. Vilnius, Technika <a href="http://kalba.mch.mii.lt/Mokymopriemones.htm">http://kalba.mch.mii.lt/Mokymopriemones.htm</a>
3.	A. Lipeika, J. Lipeikienė (1998). z transformacija. Vilnius, Technika <a href="http://kalba.mch.mii.lt/Mokymopriemones.htm">http://kalba.mch.mii.lt/Mokymopriemones.htm</a>
4.	A. Lipeika (2003). Signalų ir sistemų dažninė analizė. Vilnius, Technika <a href="http://kalba.mch.mii.lt/Mokymopriemones.htm">http://kalba.mch.mii.lt/Mokymopriemones.htm</a>
5.	A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer (1989). Discrete-Time Signal Processing. Prentice Hall.
6.	P. Bremaud (2002). Mathematical Principles of Signal Processing. Springer.
7.	M. H. Hayes (1996). Statistical Digital Signal Processing and Modeling. Wiley, New York.
8.	A. S. Willsky and S. H. Nawab (1997). Signals and Systems. Prentice Hall.

**Koordinuojantysis dėstytojas**

Pareigos	Mokslo laipsnis, vardas, pavardė	Tabelio Nr. *
Vyriausiasis mokslo darbuotojas	prof. habil. dr. K. Kazlauskas	

**Institucija/Padaliny**

Pavadinimas	Kodas *
Matematikos ir informatikos institutas, Atpažinimo procesų skyrius	

**Studijų modulio vedimo forma ir būdas**

Semestras *		Studijų forma *	Studijų būdas					Kreditai
R	P		T	K	TR	S	Iš viso val.	
		D	106	68		106	280	8

**Dėstomoji kalba:**

<b>lietuvių</b>	L	anglų	A		Kita oficiali ES kalba	
-----------------	---	-------	---	--	------------------------	--

**Užsiėmimų planas**

Temos Nr.	Akademinės valandos				Temos Nr.	Akademinės valandos			
	T	K	TR	S		T	K	TR	S
1.					7.				
2.					8.				
3.					9.				
4.					10.				

5.					11.				
6.									
Viso:					Viso:				

Savarankiško darbo užduočių grafikas ir jų įtaka galutiniam pažymiui

Užduoties tipas	1 variantas	2 variantas	3 variantas
Kolokviumas	--	--	20
Pranešimai moksl. Seminare	20	20	--
Moksliniai referatai	30	--	40
Tyrimai	--	30	--
Mokslinis straipsnis	--	20	--
Egzaminas	50	30	40
Iš viso:	100	100	100

Modulio atnaujinimo data 2009-11-07.....

\* - pildyti nebūtina

T-teorija (paskaitos); K – konsultacijos; TR – tyrimai; S – savarankiškas darbas, D – dieninė; R – rudens, P – pavasario

Šabloną paruošė:

Prof. H.Pranevičius ([hepran@if.ktu.lt](mailto:hepran@if.ktu.lt)), Prof. V.Štuikys ([vystu@if.ktu.lt](mailto:vystu@if.ktu.lt)), Prof. A. Čaplinskas ([alcapl@ktl.mii.lt](mailto:alcapl@ktl.mii.lt))

## Modulio temų detalizavimas

### 1. Adaptyvusis filtravimas

Adaptyviųjų sistemų pagrindai, tiesiniai adaptyvūs filtrai, tiesinių adaptyviųjų filtrų algoritmai, netiesiniai adaptyvūs filtrai, adaptyvūs Voltero filtrai, neklasikinės adaptyviosios sistemos, dirbtiniai neuroniniai tinklai, neraiškiosios logikos, genetiniai algoritmai, tiesinė įvertinimo teorija, adaptyvaus signalų apdorojimo taikymai, adaptyvusis valdymas, adaptyviųjų filtrų algoritmų parinkimas.

### 2. Tiesinės sistemos ir stochastiniai procesai

Tiesinių sistemų pagrindiniai principai, diskretinio laiko signalai ir sistemos, diskretinė Furjė transformacija (DFT), tiesinė diskretinė kompozicija panaudojant DFT, skaitmeninis diskretizavimas, interpoliavimo algoritmas, greitoji Furjė transformacija, z transformacija, ryšys tarp Laplaso ir z transformacijų, vienkryptė z transformacija, dvikryptė z transformacija, z transformacijos konvergavimo sritis, pagrindinės DFT ir z transformacijos savybės, diskretinio laiko sistemų apibrėžimas, filtrų tipai, fazės ir dažnio charakteristikos, tiesinės algebros pagrindai (vektoriai ir vektorinės erdvės, tiesinis nepriklausomumas, specialiosios matricos, kvadratinės ir ermito formos, tikrinės reikšmės ir tikriniai vektoriai), atsitiktiniai signalai, vidutinė reikšmė ir dispersija, tikimybinio tankio funkcija, autokoreliacija, spektrinio tankio funkcija, kogerentinė funkcija, diskretinių atsitiktinių signalų statistikos, autokoreliacinė ir autokovariacinė matricos, atsitiktinių procesų filtravimas, atsitiktinių procesų pavyzdžiai: Gauso procesas, baltasis triukšmas, Gauso-Markovo procesai.

### 3. Optimizavimas ir mažiausiųjų kvadratų įverčiai

Optimizavimo teorija, optimizavimo metodai naudojami skaitmeninių filtrų projektavimui, mažiausiųjų kvadratų įverčiai (MKI), maksimalaus tikėtimumo įverčiai, tiesinė regresija,

apibendrintasis mažiausių kvadratų metodas, MKĮ taikymo pavyzdžiai, MKĮ tikslumas, patikimumas, apribojimai, pranašumai; pseudoinversija, Jakobi algoritmas, QR algoritmas.

#### **4. Signalų ir sistemų parametrinis modeliavimas**

Mažiausių kvadratų metodas, Pade aproksimavimo metodas, Prony metodas, visų polių sistemos modeliavimas Prony metodu, tiesinė prognozė, skaitmeninis Vinerio filtras, autokovariacinis ir autokoreliacinis metodai, autoregresijos-slenkamojo vidurkio, autoregresijos ir slenkamojo vidurkio modeliai, Levinsono-Durbino rekursija ir gardeliniai filtrai, gardelinio filtro pavyzdys, Choleskio dekompozicija, Levinsono rekursija.

#### **5. Optimalus Vinerio filtras**

Idealaus tolydinio laiko Vinerio filtro algoritmo išvedimas, idealaus diskretinio laiko ribotos impulsinės reakcijos (RIR) Vinerio filtras, filtravimas RIR Vinerio filtru, tiesinė prognozė RIR Vinerio filtru, diskretinio laiko priežastinis RIR Vinerio filtras, filtravimas priežastiniu RIR Vinerio filtru, Vinerio dekompozicija.

#### **6. Optimalus Kalmano filtras**

Kalmano filtras ir pavyzdžiai, laivo judėjimo modeliavimas Kalmano filtru, laivo dinamikos modeliavimas, stochastinis modelis, Kalmano filtro privalumai, Kalmano filtro trūkumai.

#### **7. Spektrinio tankio analizė**

Spektrinio tankio įvertinimo neparimetriniai metodai: periodogramų metodas, modifikuotasis periodogramų metodas, Bartelto metodas, Velčo metodas, Blekmano-Taki metodas, neparimetrinių metodų kokybės palyginimas, minimalios dispersijos metodas, maksimalios entropijos metodas; parametriniai spektro įvertinimo metodai: Julo-Volkerio metodas, kovariacinis, mažiausių kvadratų ir Burgo metodai, modeliavimo eilės parinkimo problema, slenkamojo vidurkio metodas, autoregresijos-slenkamojo vidurkio metodas; harmoniniai metodai: autokoreliacinės matricos tikrinių reikšmių dekompozicija, Pisarenko metodas, MUSIC metodas.

#### **8. Adaptyviųjų filtrų teorija**

Adaptyvieji RIR filtrai, adaptyvusis triukšmo pašalinimas, LMS adaptacija, optimalus Vinerio sprendinys, greičiausio nusileidimo metodas, LMS algoritmas, LMS algoritmo stabilumas, normalizuotasis LMS algoritmas, rekursyvusis RLS įvertinimas, RLS eksponentinis įvertinimas, RLS algoritmo konvergavimas, filtro koeficientų konvergavimas vidurkio ir vidurkio kvadrato prasmėmis, RLS algoritmo konvergavimas vidurkio kvadrato prasme, RLS ir Kalmano filtro ryšys.

#### **9. Adaptyvieji filtrai dažnių srityje**

Signalų apdorojimas dažnių srityje, blokinis adaptyvus filtravimas laiko srityje, blokinis adaptyvus filtravimas dažnių srityje, užklotinis-išsaugojimo metodas, užklotinis-pridėjimo metodas, ciklinės kompozicijos metodas, skaičiavimų sudėtingumas.

## **10. Adaptyvūs Voltero filtrai**

Netiesiniai filtrai, Voltero eilučių skleidiniai, LMS adaptyvusis antrosios eilės Voltero filtras, LMS adaptyvusis kvadratinis filtras, RLS adaptyvusis kvadratinis filtras.

## **11. Adaptyviosios valdymo sistemos**

Pagrindinės teorinės žinios, gradiento metodas, mažiausiųjų kvadratų įvertinimas, vieno įėjimo vieni išėjimo adaptyvioji sistema, Liapunovo stabilumo teorema, netiesioginio tipo save reguliuojantys reguliatoriai, tiesioginio tipo save reguliuojantys reguliatoriai.

## **12. Neklasikinės adaptyviosios sistemos**

Įvadas į neuroninius tinklus, apibrėžimai, trys pagrindiniai neuroninių tinklų tipai, dirbtinių neuroninių tinklų (DNT) paradigma, dirbtiniai neuroniniai tinklai ir juodoji dėžė, DNT realizavimas, kada naudoti DNT, kaip naudoti DNT, DNT pagrindiniai taikymai, DNT panaudojimo pavyzdžiai: vandens lygio reguliavimas, netiesinis signalų filtravimas, variklio valdymas; trijų sluoksnių p-matis perceptrono modelis (MLP), MLP mokymas pagal atgalinio sklidimo paklaidą, MLP paklaida, paklaidos priklausomybė nuo išėjimo sluoksnio svorių, paklaidos priklausomybė nuo paslėptojo sluoksnio svorių, svorių derinimas, klasifikavimo uždavinys, MLP taikymai ir apmokymo problemos.

## **13. Neraiškiųjų logikų sistemos**

Neraiškiųjų logikų apibrėžimas, neraiškiųjų logikų funkcijos, neraiškiųjų logikų operacijos, neraiškiųjų logikų taisyklės, neraiškiųjų logikų transformacijos, neraiškiųjų logikų valdymo projektavimas, neraiškiųjų logikų valdikliai, valdymo taisyklės sudarymas, parametrų suderinimas, valdymo taisyklės patikrinimas, neraiškieji neuroniniai tinklai, neraiškiųjų metodų taikymai.

## **14. Genetiniai algoritmai**

Pagrindinis genetinis algoritmas, bendroji hipotezė, algoritmų genetiniai operatoriai, funkcijos, hipotezių paieška, genetinis programavimas, genetinio programavimo taikymai filtrų projektavimui ir žaidimų kūrimui.

## **15. Adaptyviųjų filtrų taikymai**

Signalų adaptyviojo apdorojimo taikymai, adaptyvioji prognozė, adaptyvusis modeliavimas, adaptyvusis telefoninio atspindžio triukšmo slopinimas, ryšio kanalo adaptyvusis triukšmo glodinimas, adaptyvieji save reguliuojantys filtrai, adaptyvusis triukšmo slopinimas, adaptyvusis dvimačio masyvo apdorojimas, adaptyviosios 3-D garso sistemos, mikrofonų masyvai, ryšio tinklo ir akustinio atspindžio slopinimas, realių signalų adaptyviojo filtravimo taikymai.

## **16. Pagrindinės adaptyviųjų filtrų struktūros**

Juostiniai adaptyvūs filtrai, erdviniai adaptyvūs filtrai, MPNN modelis, tiesinės regresijos aproksimuotas modelis, erdvinio adaptyviojo filtro modelis, 3-D dažninio atsako modelis, garso greičio sklidimo vandenyje 3-D modelis, skaitmeninės adaptyviosios filtracijos metodų apibendrinimas.