

## RTU studiju kurss "Signālu pārraides teorija"

33000 Datorzinātnes, informācijas tehnoloģijas un enerģētikas fakultāte

## Vispārējā informācija

Kods	DE0211
Nosaukums	Signālu pārraides teorija
Studiju kursa statuss programmā	Obligātais/Ierobežotās izvēles
Atbildīgais mācībspēks	Vjačeslavs Bobrovs - Doktors, Profesors
Mācībspēks	Andris Ozols - Habilitētais doktors, Docents Elans Grabs - Doktors, Asociētais profesors
Apjoms daļās un kredītpunktos	2 daļas, 23.0 kredītpunkti
Studiju kursa īstenošanas valodas	LV, EN
Anotācija	Signālu pārraides teorija (SPT) ir zinātne par signālu pārraidi laikā un telpā ar tehnisko sistēmu palīdzību. Studiju kurss domāts, lai padziļinātu zināšanas signālu diskretizācijas un aproksimācijas jautājumos, lineāru sistēmu teorijā, balstoties uz veselo analītisko funkciju teoriju, kā arī citos sakaru tehnikas teorētiskajos jautājumos. Veselo analītisko funkciju teorija ir vērtīgs rīks sakaru teorijā un praksē, jo veselām analītiskām funkcijām kompleksajā plaknē uz reālās ass atbilst funkcijas ar ierobežotu spektru. Tieši tādas funkcijas atbilst signāliem, ko pārraida pa sakaru kanāliem ar ierobežotu frekvenču joslu. SPT ir arī kibernetikas nozare. SPT matemātiskā bāze ir Furjē analīze, varbūtību teorija, gadījumu procesu teorija un matemātisko kopu teorija. SPT sastāv no trīs daļām - signālu teorijas, traucējumu noturības teorijas un informācijas teorijas, kas satur arī kvantu informātiku un kvantu pārraidi.
Mērķis un uzdevumi, izteikti kompetencēs un prasmēs	Studiju kursa mērķis ir dot iespēju studentam padziļināti izprast sakaru teorijas galvenos jautājumus un kļūt kompetentam signālu pārraides teorijā doktora līmenī. Pēc šī kursa apgūšanas students brīvi orientēsies signālu pārraides fundamentālajos jautājumos un spēs iegūtās zināšanas izmantot tālākajā zinātniskajā un eksperimentālajā darbā, kā arī sekot jaunākajām sakaru tehnikas attīstības tendencēm. Galvenie studiju kursa uzdevumi: - attīstīt spēju izmantot veselo analītisku funkciju teoriju signālu diskretizācijai, prasmi novērtēt esošās signālu diskretizācijas metodes no veselu analītisku funkciju teorijas viedokļa; - attīstīt prasmi analizēt lineāru un nelineāru sistēmu (tajā skaitā sakaru kanālu) darbību, veikt signālu aproksimāciju un atjaunošanu ar veselo analītisku funkciju teorijas metodēm; - sniegt fundamentālus pamatus par kvantu sakaru jautājumiem (kvantu kanālu raksturlielumi, kvantu kriptogrāfija, kvantu teleportācija u.c.), attīstīt spēju salīdzināt tos ar klasiskajiem sakariem; - sniegt teorētiskus pamatus par signālu blīvēšanas koda (CDMA) un statistiskajām metodēm, attīstīt prasmi veikt nepieciešamo kodu un korelācijas funkciju aprēķinus; - sniegt praktiskus pamatus par kvantu sakaru pārraidi, sistēmas uzbūvi un izmantošanas iespējām.
Patstāvīgais darbs, tā organizācija un uzdevumi	Studentiem būs jāatrisina mācībspēka noteiktie uzdevumi, parādot lekcijās iegūto zināšanu izmantošanu. Studentiem patstāvīgi būs jāizpēta jaunākie zinātniskajos rakstos publicētie pētījumu rezultāti. Pielietojot iegūtas teorētiskās zināšanas jāizveido sakaru kanālu modelēšanas vidē ar dažāda tipa signālu pārraidi ar tālāko signālu apstrādi. Izmantojot laboratorijā pieejamas iekārtas jānodrošina dažāda tipa signālu pārraidi reālajā vidē ar noteikto kļūdas koeficientu.
Literatūra	Obligātā/Obligatory: 1. Sandor Imre, Laszlo Gyongyosi. Advanced Quantum Communications: An Engineering Approach. Wiley-IEEE Press, 2012. 2. M.Lueck. Analytic and Entire Functions. 2004. 7 p. <a href="http://pirate.shu.edu/~wachsmut/Teaching/MATH3912/Projects/papers/lueck_analyticity.pdf">http://pirate.shu.edu/~wachsmut/Teaching/MATH3912/Projects/papers/lueck_analyticity.pdf</a> 3. B.Sklar. Digital Communications. Fundamentals and Applications. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall 2001. 1100 p. 4. D.C.Mackay. Information Theory, Inference, and Learning Algorithms. Cambridge University Press, Cambridge, 2006, 628 lpp. 5. G.Jaeger. Quantum Information. An Overview. Springer, 2007, 284 lpp. 6. M.D.Donnel, N.G.Stocks, Ch.E.Pearce, D.Abbot. Stochastic Resonance. Cambridge, 2008, 425 lpp. Papildu/Additional: 1. R. Lin, A. Udalcovs, O. Ozolins, M. Tang, S. Fu, S. Popov, T. Ferreira da Silva, G. B. Xavier, and J. Chen. Embedding Quantum Key Distribution into Optical Telecom Communication Systems. IEEE, 2019. 2. R. Lin, A. Udalcovs, O. Ozolins, X. Pang un citi. Telecommunication Compatibility Evaluation for Co-existing Quantum Key Distribution in Homogenous Multicore Fiber. IEEE Access, 2020. 3. R. Lin, A. Udalcovs, O. Ozolins, X. Pang, L. Gan, L. Shen, M. Tang, S. Fu, S. Popov, C. Yang, W. Tong, D.Liu un citi. Telecom Compatibility Validation of Quantum Key Distribution Co-existing with 112 Gbps/core Data Transmission in Non-Trench and Trench-Assistant Multicore Fibers. IEEE, 2018. 4. Mario Krenn, Mehul Malik, Thomas Scheidl, Rupert Ursin, Anton Zeilinger. Quantum communication with photons. Springer International Publishing, 2016.
Nepieciešamās priekšzināšanas	Nepieciešamas zināšanas elektrosakaru teorijā, pārraides sistēmās, šķiedru optikas pārraides sistēmās un informācijas optiskās apstrādes fizikā.

Saturis	Pilna un nepilna laika klātienes studijas		Nepilna laika neklātienes studijas	
	Kontakt stundas	Patstāv. darbs	Kontakt stundas	Patstāv. darbs
1. SPT definīcija un mērķis. Sakaru sistēmu uzbūves pamatprincipi un to attīstība.	6	10	0	0
2. Signālu veidi un to parametri.	4	6	0	0
3. Stohastisko procesu tipi un galvenie raksturlielumi.	4	6	0	0
4. Gausa un Markova procesi.	4	6	0	0
5. Galvenās Furjē analīzes teorēmas, tās jēdziena paplašināšana. Nenoteiktību relācija.	6	8	0	0
6. Signālu spektri, to saistība ar korelācijas funkcijām. Bispektri un trispektri.	4	6	0	0
7. Spektra platuma un impulsa ilguma noteikšanas kritēriji. To izvēle, sakarība starp tiem.	4	6	0	0
8. Analītisko signālu teorija. Signāla kvaziharmoniskā forma, tās lietojums.	4	6	0	0
9. Nepārtrauktu signālu diskretizācijas metodes. Veselu analītisko funkciju teorijas pielietošana.	4	6	0	0
10. Signālu aproksimācija sakaru sistēmās, balstoties uz veselu analītisku funkciju teoriju.	4	6	0	0
11. Lineāru vektortelpu teorijas pamati. Ortogonāli un neortogonāli signāli.	4	6	0	0
12. Nepārtrauktu nesējsignālu modulācija.	4	6	0	0
13. Nepārtrauktu nesējsignālu manipulācija.	4	6	0	0
14. Diskrētu signālu modulācija.	4	6	0	0
15. Impulskoda modulācija.	4	6	0	0
16. Dažādu modulācijas veidu efektivitātes salīdzinājums.	4	6	0	0
17. Modulētu signālu korelācijas funkcijas un enerģētiskie spektri.	4	6	0	0
18. Sakaru kanālu modeļi.	4	6	0	0
19. Determinēta signāla pārvade caur lineāru determinētu četrpolu. Četrpolu galvenie raksturlielumi.	4	6	0	0
20. Stohastisku signālu pārvade caur lineāru determinētu četrpolu.	4	6	0	0
21. Stohastisku signālu vērtību prognozēšana: Mērķi un metodes.	4	6	0	0
22. Informācijas kvantitatīva definīcija diskrētu ziņojumu gadījumā.	4	6	0	0
23. Diskrētu ziņojumu avota entropija un redundance. Relatīvā informācija.	4	6	0	0
24. Šenona teorēma diskrētam beztrokšņa kanālam. Optimālā kodēšana. Šenona-Feno kods.	4	6	0	0
25. Diskrētu sakaru kanālu informācijas caurlaides spēja ar un bez trokšņa.	4	6	0	0
26. Nepārtrauktu ziņojumu avota informatīvie parametri.	4	6	0	0
27. Šenona teorēma nepārtrauktam trokšņainam kanālam. Šenona formula. Šenona robežas pārsniegšanas iespējas.	8	10	0	0
28. Traucējumnoturīga kodēšana un dekodēšana. Kodu klasifikācija, kodu tabulas, kodu koki, Heminga attālums.	8	10	0	0
29. Heminga kodi.	4	6	0	0
30. Cikliskie kodi. Rīda-Solomona kodi.	4	6	0	0
31. Rekurentie (konvolūcijas) kodi.	4	6	0	0
32. Finka-Hagelbargera kodi.	4	6	0	0
33. Diskrētu signālu apstrādes metodes uztvērējā.	4	6	0	0
34. Signālu koherentās un nekoherentās detektēšanas metodes.	4	6	0	0
35. Saskaņotie filtri, to realizācija.	4	6	0	0
36. Diskrētu signālu traucējumnoturīgas uztveršanas kritēriji.	4	6	0	0
37. Divisko signālu optimāla uztveršana uz baltā trokšņa fona. Kļūdas aprēķins.	4	6	0	0
38. Nepārtrauktu signālu lineāra optimāla filtrācija.	4	6	0	0
39. Maksimālās ticamības kritērija dažādas matemātiskās formas un optimālo uztvērēju blokshēmas, kas no tām izriet.	4	6	0	0
40. Neoptimālie uztvērēji.	4	6	0	0
41. Nepārtrauktu signālu optimālā uztveršana un to raksturojošie parametri.	4	6	0	0
42. Daudzkanālu sakaru sistēmu uzbūves principi. Signālu sadalīšanas lineārās un nelineārās metodes.	4	6	0	0
43. Signālu sadale ar kodēšanas palīdzību CDMA sistēmās. CDMA/DS un CDMA/FH sistēmas. Korelācijas uztvērēji CDMA sistēmās.	4	6	0	0
44. Statistiskā blīvēšana analogajās un diskrētajās sakaru sistēmās.	4	6	0	0
45. Informācijas –negentropijas princips, tā pielietojumi elektronu un fotonu kanālos.	6	8	0	0
46. Lineāras sistēmas ieejas signāla atjaunošana pēc izejas signāla. Lineāras sistēmas galvenais integrālvienādojums.	4	6	0	0
47. Lineāras sistēmas galvenā integrālvienādojuma atrisinājuma unitāte un korektums. Analītiskā turpinājuma metode.	6	8	0	0
48. Trokšņu ietekme uz ieejas signāla atjaunošanas precizitāti.	4	6	0	0
49. Kvantu ierobežojumi sakaru kanālu informācijas caurlaides spējai. Kvantu blīvēšana.	4	8	0	0
50. Kvantu sakaru kanāli, to īpatnības.	4	6	0	0
51. Šenona entropija un fon Neimana entropija. Šūmahera teorēma kvantu kanālam.	4	8	0	0
52. Kvantu kriptogrāfija.	6	8	0	0
53. Kvantu datori.	6	8	0	0

54. Stohastiskā rezonanse: trokšņu izmantošana uztvērēju jutības palielināšanai.	4	8	0	0
55. Informācijas pārvades sistēmu efektivitātes kritēriji, tās noteikšanas metodes un palielināšanas iespējas.	4	8	0	0
Kopā:	240	360	0	0

#### **Sasniedzamie studiju rezultāti un to vērtēšana**

Sasniedzamie studiju rezultāti	Rezultātu vērtēšanas metodes
Spēj izmantot veselu analītisku funkciju teoriju signālu diskretizācijai, prot novērtēt esošās signālu diskretizācijas metodes no veselu analītisku funkciju teorijas viedokļa.	Kontroldarbs. Praktiskie darbi. Eksāmens.
Spēj analizēt lineāru sistēmu (tajā skaitā sakaru kanālu) darbību, veikt signālu aproksimāciju un atjaunošanu ar veselu analītisku funkciju teorijas metodēm.	Kontroldarbs. Laboratorijas darbi. Eksāmens.
Spēj orientēties kvantu sakaru jautājumos (kvantu kanālu raksturlielumi, kvantu kriptogrāfija, kvantu teleportācija u.c.), salīdzināt tos ar klasiskajiem sakariem.	Kontroldarbs. Praktiskie darbi. Eksāmens.
Spēj orientēties signālu blīvēšanas koda (CDMA) un statistiskajās metodēs, prot veikt nepieciešamo kodu un korelācijas funkciju aprēķinus.	Kontroldarbs. Eksāmens.
Pārzina praktisku kvantu sakaru pārraides principus, sistēmas uzbūvi un izmantošanas iespējas.	Kontroldarbs. Laboratorijas darbi. Eksāmens.

#### **Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji**

Kritērijs	% no kopējā vērtējuma
Kontroldarbi	20
Laboratorijas un praktiskie darbi	40
Eksāmens	40
Kopā:	100

#### **Studiju kursa plānojums**

Daļa	KP	Stundas			Pārbaudījumi		
		Lekcijas	Prakt d.	Laborat	Ieskaite	Eksām.	Darbs
1.	10.7	64.0	0.0	48.0		*	
2.	12.3	64.0	64.0	0.0		*	