



Pázmány Péter Katolikus Egyetem
Roska Tamás Műszaki és Természettudományi
Doktori Iskolájának
KÉPZÉSI TERVE

2021

Hatályos: (jóváhagyó: Egyetemi Doktori és Habilitációs Tanács – 51. sz.
határozat/ 2021. március 23.)

Tervezett felülvizsgálat: 2022

**Roska Tamás Műszaki és Természettudományi
Doktori Iskola
a PPKE Információs Technológiai és Bionikai Karán**

A Doktori Iskola vezetője:

Szederkényi Gábor, az MTA doktora

A Tudományterületi Doktori és Habilitációs Tanács elnöke:

Prószéky Gábor, az MTA doktora

Képzési terv

Budapest, 2021. március

Pázmány Péter Katolikus Egyetem
Információs Technológiai és Bionikai Kar
Roska Tamás Műszaki és Természettudományi Doktori Iskola
Képzési Terve

Bevezetés

A doktori iskola képzési terve összhangban áll részint a PPKE egyetemi szintű, doktori képzésre vonatkozó minőségbiztosítási dokumentumaiban foglaltakkal, részint a doktori iskola minőségbiztosítási tervében megfogalmazott célokkal, az ott meghatározott eszközöket és módszereket használja a képzés minőségének folyamatos biztosítására és – amennyiben a belső és külső körülmények ezt lehetővé teszik – színvonalának emelésére.

A doktori iskolában a doktoranduszok munkáját a témavezető szervezi és irányítja. A doktoranduszok tanulmányi előre haladása egyéni mintatanterv szerint történik, amelyet a félévente elkészített munkatervek és beszámolók dokumentálnak: mind a munkaterveket, mind a beszámolókat a doktorandusznak témavezetője irányításával kell elkészítenie, az abban foglaltakat jóvá kell hagyatni a témavezető mellett az adott program vezetőjével is. A beszámolókat a témavezető írásban véleményezi.

Egyes projektek és/vagy szakterületek irányítására a témafelelős a doktorandusszal egyetértésben konzultálni kérhet fel. A projektek kidolgozásának anyagi erőforrásait a központi támogatáson túl a kutatási szerződések biztosítják, valamint a Jedlik Laboratórium saját erőforrásai.

A képzés színvonalát meghatározzák a már működő nemzetközi kapcsolatok, amelyek szoros együttműködést jelentetnek a Kaliforniai Berkeley Egyetem, az Indiana-i Notre Dame Egyetem, a Leuven-i Katolikus Egyetem és a Sevilla-i Egyetem, a Torino-i Politechnic University megfelelő Laboratóriumaival, ezen kívül mintegy tíz további Laboratóriummal, közös munka illetve projekt szintű együttműködések révén.

Ennek eredménye volt a doktoranduszok nagy részének hosszabb-rövidebb tanulmányútja e helyeken, valamint az ott kutató professzorok aktív részvétele a doktori programokban (L.O.Chua, Berkeley; W.Porod, Notre Dame; Josef Nossek, München; F.S.Werblin, Berkeley; J. Vandewalle,

Leuven; A. Rodríguez-Vázquez, Sevilla; stb.). Csurgay Árpád évek óta rendszeresen töltött el hosszabb időt Notre Dame-ben.

A korábban megalapozott, kiterjedt nemzetközi együttműködésnek az eredménye nemcsak a doktoranduszok kiemelkedő nemzetközi publikációs sikere, de a nagyszámú külföldről jövő kutatási szerződés is. Ezek keretében töltött hosszabb rövidebb időt a Jedlik Laboratóriumban több külföldi doktorandusz, posztdok és professzor is. Ugyancsak ennek következménye az a nagyszámú, jelentős konferencia, ahol az itt dolgozó professzorok, posztdok kutatók és doktoranduszok közösen tartottak előadásokat és készítettek közös publikációkat.

Az oktató-kutatók személyének kiválasztása segít fenntartani azt az alapvetet, hogy az újonnan csatlakozó posztdok/docens kollégák is rövidesen megszerezzék az MTA doktora fokozatot és/vagy a mesterségbeli tudásban különleges képzettséggel rendelkezzenek.

Alapvetően fontos az a gyakorlat, hogy neves külföldi professzorok rövidebb idejű látogatásai és külföldi doktoranduszok részvétele az iskolában természetes része legyen a mindennapi munkának.

A tantárgyválasztékban az alapozó tárgyak és szeminárium-sorozatok viszonylagos állandósága mellett folyamatosan biztosított az új tárgyak megjelenése. E mellett lehetőség van a felügyelt önálló tanulással folytatott tárgyfelvételre. A doktoranduszok munkájának része a vizsgáztatás, a félévente kötelező progress report jellegű írásos beszámoló készítése és az év végi előadással egybekötött beszámoló és a kutatómunka kiértékelése.

Változások a doktori képzésben

2016. szeptember 1-től a doktori képzés 8 féléves. Az abszolutóriumhoz 240 kreditet szerez meg a hallgató. A 8 félév két 4 féléves szakaszra tagozódik. Az első, 'képzési és kutatási szakasz' célja a felkészülés a sikeres komplex vizsgára. Ebben a szakaszban 120 kredit – javasolt arányok: 20 oktatási / tudományszervezési, 40 tanulmányi és 60 kutatási kredit – megszerzése szükséges ahhoz, hogy a doktorandusz komplex vizsgát tehesen.

A komplex vizsga

A komplex vizsga két részből áll, 'elméleti' és 'disszertációs' részre tagolódik. A témavezető meghívót kap a komplex vizsgára, és előzetesen írásos értékelést küld a vizsgázóról a Doktori Irodának, amelyben kitér arra is, hogy javasolja-e, hogy a vizsgázó megkezdje a doktori képzés második szakaszát.

A komplex vizsga első, 'elméleti része' legalább két témakört (tantárgyat) fed le. Ezek a témakörök / tantárgyak a tanulmányi kredittel teljesített tantárgyak, ill. a vizsgázó kutatási területével kapcsolatos témakörök, amelyek kötelezően előírt és szabadon választható formában meghirdetett csoportokat alkotnak, és programonként történő bontásban a képzési terv részei. A komplex vizsga elméleti részében a vizsgabizottság minden tantárgyi vizsgát ötfokozatú skálán (1 - elégtelen, ..., 5 - jeles) értékeli. Az elméleti rész százalékos eredménye a tantárgyak százalékos eredményeinek átlaga. Az elméleti részvizsga értékelése kétfokozatú: 'megfelelt' / 'nem felelt meg'. Az elméleti részvizsga 'megfelelt' értékelést kap, ha minden tantárgyi értékelés legalább elégséges (2).

A komplex vizsga második része a 'disszertációs rész', ahol a vizsgázó előadás formájában ad számot tudományos előre haladásáról: szakirodalmi ismereteiről, beszámol kutatási eredményeiről, ismerteti a doktori képzés második szakaszára vonatkozó kutatási tervét, valamint a disszertáció elkészítésének, eredmények publikálásának ütemtervét. A disszertációs részt a bizottság szintén kétfokozatú 'megfelelt' / 'nem felelt meg' skálán értékeli. A komplex vizsga egésze sikeres ('megfelelt'), ha az elméleti rész és a disszertációs rész értékelése is 'megfelelt'.

A komplex vizsga 'disszertációs részére' történő felkészülést segítik elő a doktori témában történő előrehaladást szolgáló tárgyak. Kötelezően előírt tárgy a négy félév mindegyikében meghirdetett 'Irányított kutatás', és a négy félév során két alkalommal szabadon választható tárgyak: 'Publikáció előmunkálatok' és 'Publikáció' tárgy. Az 'Irányított kutatás' tárgy teljesítése során a doktoranduszok félévente a félév elején doktori témájukra vonatkozó kutatási tervet készítenek, amelyet a Témavezető, és a Programvezető hagy jóvá. A félévek végén a kutatási terv megvalósulását tükröző kutatási beszámoló készül, amelyet szintén a Témavezető és a Programvezető hagy jóvá.

Az egyéni felkészülők a sikeres komplex vizsgát letéve lépnek be a képzésbe. Sikeres komplex vizsga után következik a doktori képzés második, 'kutatási és disszertációs' szakasza. A második szakasz célja a disszertáció elkészítése és sikeres megvédése, fokozatszerzés. Ennek során 120 kredit – javasolt arányok: 60 kutatási, 60 disszertációs kredit – megszerzése szükséges. A kutatási kreditek döntő részét az 'Irányított kutatás' 4 féléven át húzódó teljesítése tölti ki – ez magában foglalja a Témavezetővel folyó rendszeres konzultációt, amely tükröződik a félévről félévre elkészülő munkatervben és beszámolóban is, továbbá itt számítható be a nemzetközi konferencián idegen nyelven tartott előadás, summerschool, workshop-részvétel, amennyiben azt a Témavezető

a disszertáció előkészületeként ismeri el. Disszertációs kredit szerezhető a téziseket alátámasztó publikáció előmunkálatokért, magas impakt faktorú tudományos folyóiratban megjelenő publikációért, továbbá disszertáció-fejezet benyújtásáért.

Programok szerkezete, kötelezően előírt, és választható tárgyak

A művelt tudományágak:

Informatikai tudományág

Villamosmérnöki tudományág

Biológiai tudományág

Programok:

1. sz. program: Bionika, bioinspirált hullámszámítógépek, neuromorf modellek
2. sz. program: Kilo-processzoros chipekre épülő számítástechnika, érzékelő és mozgató analogikai számítógépek, virtuális celluláris számítógépek
3. sz. program: Az elektronikai és optikai eszközök megvalósíthatósága, molekuláris és nanotechnológiák, nano-architektúrák, nano-bionika diagnosztikai és terápiás eszközei.
4. sz. program: Humán nyelvtechnológiák, mesterséges értés, és távjelenlét
5. sz. program: Gépjármű fedélzeti navigációs rendszerek kutatása

Az **1. sz. Programban** kötelező az élő rendszerek információtechnikájának tanulása.

Ezt tükrözi az alábbi, komplex vizsga előkészítését szolgáló program is. A program követi a komplex vizsga szerkezetét. A komplex vizsga elméleti és disszertációs részből áll. Az elméleti rész két tárgyból / témakörből áll.

A programban kötelezően előírt, és szabadon választható tárgyak szerepelnek.

Kötelezően előírt tárgy:

Celluláris és analogikai hullámszámítógépek

- Fejezetek a nemlineáris téridőbeli dinamika és kibontakozó számítások témaköréből
- Infobionikai modellek és protézisek

Szabadon választható tárgy: a korábban felvehető tárgyak valamelyikéből, szélesebb kitekintéssel.

Szabadon választható tárgy az idegtudományból: Az idegrendszer funkcionális felépítése,

- a neuron működése (ioncsatornák, membrán potenciál, stb)
- a szinaptikus ingerátvitel
- az idegrendszer funkcionális felépítése
- a retina és a látórendszer vagy egy másik érzékelő modalitás
- multimodális fúzió

A Doktori Iskolával kooperáló neurobiológus és orvos doktoranduszok idevonatkozó szabadon választható tárgyait a jelen program tárgyaiból vagy a Semmelweis Egyetem doktori szintű tárgyaiból lehet felvenni, de a kötelezően választott, és szabadon választott tárgy a fenti lista megfordított verziója.

Az 1. sz. Programban a felveendő tárgyak az első 4 félévben a komplex vizsga 'elméleti részének' megalapozását szolgálják.

A 2. számú program címe: Kilo-processzoros chipekre épülő számítástechnika, érzékelő és mozgató analogikai számítógépek, virtuális celluláris számítógépek” az érzékelők, processzorok, memóriák, átviteli eszközök és megjelenítők, illetve az ezekből felépített rendszerek fizikai működésének megértésére és tervezési módszereinek fejlesztésére készít fel, különös tekintettel a nano-elektronikai eszközökből felépített és a molekulákból szintetizált rendszerekre.

Beleértjük a 80-180 nanométeres CMOS integrált áramkörök tervezési kérdéseit is.

A rendszerek architektúrája a 2. Programban is celluláris általában, illetve ezt kiegészítő klasszikus processzor, az eszközök matematikai modelljei a nano tartományban és a molekulák világában is nemlineárisak, így a "Cellular Nonlinear Network" (CNN) paradigma fontos szerepet játszik a 2. Programban is.

A program az új eszközök fizikájára építve az integrált rendszerek tervezési módszereinek kutatását tekinti fő célkitűzésének. A fizikai alapok a nano tartományban túllépnek a klasszikus fizika keretein és a kvantumeffektusok szerepe alapvető. Ezért az elektromágneses térelméleten és a szilárdtest-fizikán túl a kvantumfizikai és a kvantumkémiai alapokban és a hozzájuk kapcsolódó technológiákban is jártasságot kell szerezni.

A nanotechnológiák elektronikai alkalmazása új távlatokat nyit a molekuláris biológia információs rendszereiből elleshető elvek elektronikai megvalósítása előtt is. A kvantumeffektusok sikeres kézben tartása pedig felvillantja a kvantumszámítógépek megvalósításának lehetőségét.

A program felkészít a komplex sikeres teljesítésére. A komplex vizsga első, 'elméleti része' 2 tárgyból áll. (Az előadások és a szakirodalom nagyrészt angol nyelvűek.)

A 2. Program kötelezően előírt tárgyai:

- Foundations of nanotechnology and molecular electronics /A nanotechnológia és a molekuláris elektronika alapjai
- Sensing and sensor technologies,/ Az érzékelés és érzékelők technológiája/
- Analogic Cellular Wave Computing / Analogikai celluláris hullám számítógépek/

Választható tárgyak:

- Circuit Theory / Áramkörelmélet/
- Physics of Information Technology / Az információs technológia fizikája/
- Realizability of Quantum Computers / Kvantumszámítógépek/
- Quantum Optics and Its Applications / Kvantumoptika és alkalmazásai/
- Továbbá a doktorandusz témájához kapcsolódó egyéb tárgyak

A 3. sz. **Program** Az elektronikai és optikai eszközök megvalósíthatósága, molekuláris és nanotechnológiák, nanoarchitektúrák, nanobionika diagnosztikai és terápiás eszközei

A program felkészít a komplex vizsga sikeres letételére. A komplex vizsga 'elméleti részé'-t megalapozó tárgyak két csoportot alkotnak, részint kötelezően előírt, részint szabadon választható formában kerülnek meghirdetésre.

A 3. sz. Program kötelezően előírt tárgyai:

- Physics for Information Technology
- Physics for Nanobio-Technology

A 3. sz. Program szabadon választható tárgyai:

- Spin 1/2 Quantum Systems: Dynamics and Circuit
- Bio-electromagnetism and Complexity
- Introduction to Nanotechnology

- Továbbá a doktorandusz témájához kapcsolódó egyéb tárgyak

A komplex vizsga első, elméleti része két témakörből / tárgyból áll. A két tárgy a kötelezően előírt, és a szabadon választható tárgycsoportokból kerül kijelölésre. (Az előadások és a szakirodalom nagyrészt angol nyelvűek.)

A 4. sz. Program Humán nyelvtechnológiák, mesterséges értés, és távjelenlét

A komplex vizsga első, elméleti része két témakörből / tárgyból áll. Az elméleti rész teljesítésére készítene fel a következő, kötelezően előírt, és szabadon választható tárgyak.

A 4. Program kötelező tárgyai:

- Foundations of human language technology (Humán nyelvtechnológiák alapjai)

vagy

- Foundations of telepresence in local and global scale (A távjelenlét alapjai lokális és globális méretekben)

A választható tárgyak:

- Systems of language processors (Nyelvprocesszor rendszerek)
- Main concepts and constructs in programming languages (Programozási nyelvek fő elvei és eszközei)
- Neural network and AI methods in language technology (Neurális hálózati és MI módszerek alkalmazása a nyelvtechnológiában)
- Analogic Cellular Wave Computing (Analogikai celluláris hullám-számítógépek)
- Sensing and sensor technologies (Az érzékelés és érzékelők technológiája)
- A távjelenlét kommunikációs tárgyai

Az 5. sz. Program Gépjármű fedélzeti navigációs rendszerek kutatása

A program kötelezően előírt tárgyai:

- Analogic Cellular Wave Computing / Analogikai celluláris hullám számítógépek/
- Parallel Computer Architectures / Párhuzamos számítógép architektúrák
- Sensing and sensor technologies, / Az érzékelés és érzékelők technológiája/
- Neurobiológia

Választható tárgyak:

- Circuit Theory / Áramkörelmélet/

- Physics of Information Technology / Az információs technológia fizikája/
- Realizability of Quantum Computers / Kvantumszámítógépek/
- Quantum Optics and Its Applications / Kvantumoptika és alkalmazásai/
- Továbbá a doktorandusz témájához kapcsolódó egyéb tárgyak

Az előadások és a szakirodalom nagyrészt angol nyelvűek. A felsorolt kötelezően előírt, és a választható tárgyak csoportjából kerül kiválasztásra két tárgy / témakör a komplex vizsga elméleti részeként.

Tématerületek és a résztvevő törzstagok

Biológia inspirálta és neuromorf modellek, érzékelés és algoritmusok

- Látás
- Hallás
- Tapintás
- Multimodális érzékelés, fúzió és navigáció
- Mozgatás
- Figyelem és plaszticitás, memória - hippocampus
- Neuromorf modell könyvtár
- Genetika-Bioinformatika - kódolás és strukturális adatok
- Immunválasz inspirálta modellek és algoritmusok

Törzstag témavezetők: Csikász-Nagy Attila, Freund Tamás, Gáspári Zoltán, Pongor Sándor, Szederkényi Gábor, Ulbert István, Zarándy Ákos

Nanotechnológia, molekuláris dinamika, optika - modellezés, érzékelés és bio- interfészek –

- Nanoelektronika, nanomagnetika és nanooptika
- Biomolekuláris dinamika és protein folding
- Biológiai képalkotó eszközök
- Optikai érzékelők, számítógépek és bio-optikai eszközök
- Bionikus interfészek konstrukciója és mérése, biokompatibilitás
- Labor-egy-chip-en és gyógyszeradagoló eszközök

Törzstag témavezetők: Csurgay Árpád, Kovács Ferenc, Kovács Mihály, Szabó Zsolt, Szederkényi Gábor, Szolgay Péter, Ulbert István, Zarándy Ákos

Celluláris Hullám Számítógépek és a kapcsolódó hardver-szoftver technológia alapjai

- Képfolyamokon definiált celluláris hullám számítógépek alapjai – komplexitás és tér-időbeli, analóg-bináris hullám-logika
- A celluláris hullám számítógépek fizikai megvalósításai topografikus processzor tömb architektúrákkal, kevert architektúrák és érzékelő számítógépek
- Szoftver keretrendszerek és szoftver könyvtárak sokezer processzoros számítógépekben
- Információs rendszerek

Törzstag témavezetők: Kolumbán Géza, Kovács Mihály, Rekeczky Csaba, Szederkényi Gábor, Szolgay Péter, Zarándy Ákos

Mikro- elektronikai rendszerek és érzékelő eszközök – tervezés és mérés

- Mély-szubmikron digitális, analóg és kevert módusú VLSI tervezés és mérés
- FPGA tervezés és mérés
- MEMS tervezés és mérés
- Érzékelő eszközök

Törzstag témavezetők: Cserey György, Kovács Ferenc, Szabó Zsolt, Szolgay Péter, Zarándy Ákos

Humán nyelvtechnológiák és mesterséges értés

- Humán nyelvtechnológiák
- Mesterséges nyelvek
- Szemantikus beágyazás érzékelők útján történő mesterséges értéshez

Törzstag témavezetők: Kolumbán Géza, Prószéky Gábor

Távjelenlét és multimédia

- Mobil platformok és multimodális érzékelő mobil hálózatok
- Audio és vizuális reprezentáció és algoritmusok

Törzstag témavezetők: Prószéky Gábor, Zarándy Ákos

Érzékelő robotika és navigáció

- Multimodális érzékelő tömbök kimeneteinek fúziója
- Proaktív és adaptív érzékelés-mozgatás

Törzstag témavezetők: Cserey György, Szederkényi Gábor, Zarándy Ákos

Szoftvertchnológia és digitális számítógép algoritmusok

- Új szoftvertchnológiai platformok és programozási metodikák
- Kevert tartalmú adatbázisok

Törzstag témavezetők: Kolumbán Géza, Kovács Mihály, Prószéky Gábor