DEBRECENI EGYETEM

PEKÁR IMRE GÉPÉSZETI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

KÉPZÉSI TERVE

Debrecen, 2024.

Frissítve: 2026. 11. 03.

Tartalom

1. A Doktori Iskola személyi háttere ... 3
2. A Doktori Iskola oktatási és kutatási programjának szerkezete és főbb sajátosságai ... 4
2.1. A kutatási program szerkezete ... 4
2.2. A képzési program szerkezete ... 4
2.2.1. Tanulmányi (képzési) kredit ... 5
2.2.2. Oktatási kredit ... 5
2.2.3. Kutatási kredit ... 5
3. A doktori képzés szervezése, tanulmányi és vizsgarendje ... 6
4. Doktori programok, oktatási koncepció ... 7
4.1. Épületgépészet, épületenergetika doktori program ... 7
4.2. Integrált, intelligens gépészeti rendszerek doktori program ... 9
5. Tantárgylista ... 17
6. Doktori Iskola működésének szabályozása ... 18

1. A Doktori Iskola személyi háttere

A Doktori Iskola törzstagjai, témavezetői és oktatói elsősorban a Debreceni Egyetem Műszaki Kar személyi állományából kerülnek ki, de a Debreceni Egyetem Természetudományi és Technológiai Karáról is részt vesznek kollégák a doktori iskola témavezetői és oktatói feladatainak ellátásában. A sokéves együttműködésre alapozva oktatói szerepet vállal a Kolozsvári Műszaki Egyetem egy professzora is. Egyes doktori témák esetén társ-témavezetőnek fel kívánunk kérni ipari kutatóhelyeken dolgozó, fokozattal rendelkező kollégákat is a doktori iskola működtetése során.

A doktori iskola vezetője:

Dr. Kalmár Ferenc MTA doktora, egyetemi tanár

Az alapító törzstagok száma 9, köztük

- 7 fő egyetemi tanár
- 4 fő MTA doktora

A doktori iskola törzstagjai:

1. **Dr. Kalmár Ferenc** MTA doktora, egyetemi tanár (DE)
2. **Dr. Korondi Péter** MTA doktora, egyetemi tanár (DE)
3. **Dr. Husi Géza** PhD, habil., egyetemi tanár (DE)
4. **Dr. Kocsis Imre** PhD, habil., egyetemi tanár (DE)
5. **Dr. Petrik Péter** MTA doktora, egyetemi tanár (DE)
6. **Dr. Palkovics László** MTA doktora, egyetemi tanár (DE)
7. **Dr. Mankovits Tamás** PhD, habil. egyetemi docens (DE)
8. **Dr. Lakatos Ákos** PhD, habil., egyetemi tanár (DE)
9. **Dr. Budai István** PhD, egyetemi docens (DE)

A doktori iskola munkájában a 9 törzstagon felül témavezetőként és oktatóként 23-en vesznek részt.

A doktori iskola 31 tagja közül

- 11 fő egyetemi tanár
- 1 fő tudományos tanácsadó
- 8 fő MTA doktora
- 15 fő habilitált

A doktori iskola titkára Dr. Szodrai Ferenc PhD, egyetemi docens (DE).

A Doktori Iskola munkájához a DE Műszaki Kar tanszékein folyó oktató-kutató-fejlesztő munka teremti meg a szakmai bázist. Vendégoktatóként vállal szerepet Nicolae Balc, a Kolozsvári Műszaki Egyetem egyetemi tanára, aki a Nottinghami és a Leicesteri (De Montfort) Egyetemeken, valamint a Poznani, a Maribori, a Bécsi és a Rijekai Műszaki Egyetemeken is oktat vendégprofeeszorként. Fő kutatási területei: Additive Manufacturing, Product Design for Competitive Manufacturing, Innovative Manufacturing for Rapid Product Development.

2. A Doktori Iskola oktatási és kutatási programjának szerkezete és főbb sajátosságai

Debreceni Egyetem Doktori Szabályzata a Pekár Imre Gépészeti Tudományok Doktori Iskola számára meghatározza a képzési-oktatási-kutatási arányokat. Eszerint a tanulmányi kreditekben kifejezhető teljesítmény legnagyobb részét kutatási és publikációs tevékenységgel kell megszereznie a doktoranduszoknak.

2.1. A kutatási program szerkezete

A doktori iskola indulásakor két programot (a második programon belül két alprogramot) hirdet meg a következő címekkel:

I. Épületgépészet, épületenergetika program

programvezető: **Dr. Kalmár Ferenc** MTA doktora, egyetemi tanár

II. Integrált, intelligens gépészeti rendszerek program

programvezető: **Dr. Korondi Péter** MTA doktora, egyetemi tanár

II.1. Gépészeti folyamattervezés, anyag- és gépdiagnosztika alprogram

alprogram-vezető: Dr. Kocsis Imre PhD, habil., egyetemi tanár

II.2. Mechatronika, kiber-fizikai rendszerek alprogram

alprogram-vezető: Dr. Husi Géza PhD, habil., egyetemi tanár

Témavezetők elsősorban Műszaki Kar tanszékeinek tudományos fokozattal rendelkező, kutatási tevékenységet aktívan végző oktatói, de a programok nyitottak külső témavezetők által meghirdetett kutatási témák befogadására is, amennyiben azok illeszkednek a programokba. A témahirdetést a Tudományterületi Doktori Tanács hagyja jóvá.

A hallgatóktól kezdettől fogva elvárt a folyamatos kutatómunka, a komplex vizsga utáni időszakban pedig már kifejezetten a megfelelő eredmények elérésén, a publikáláson és a disszertáció megírásán van a hangsúly. A hallgatók a választott kutatási témában a témavezető vezetésével folytatnak kutatómunkát, lehetőség szerint bekapcsolódva a tanszéki oktató- és kutatómunkába, valamint kutatási és fejlesztési programokba.

Az előrehaladás ellenőrzésének lehetőségét a hallgatók féléves beszámolási kötelezettsége biztosítja. A beszámolókat a témavezetők javaslata alapján a programvezetők értékelik, és a kutatómunkát a Doktori Iskola kreditpontokkal ismeri el. Az értékelésben a képzés során növekvő hangsúlyt kap a publikációs teljesítmény. A követelmények időarányos teljesítését mindenekelőtt a tudományos közlemények száma és minősége, valamint a kutatási témához kapcsolódó mérnöki alkotómunka színvonala alapján kell megítélni.

2.2. A képzési program szerkezete

A Doktori Iskolában folyó szervezett képzés célja a szakmai tudás és látókör bővítése, a műszaki fejlesztés és innováció módszereinek és eszközeinek megismerése, a kutatásmódszertani ismeretek és az önálló kutatói gyakorlat megszerzése, összességében a disszertáció témájában való jártasság megszerzése és képessé válás a disszertáció magas színvonalú elkészítésére.

A Pekár Imre Gépészeti Tudományok Doktori Iskola programjaiban szervezett képzésre nappali és levelező formában van lehetőség.

Jelentkezési határidő (fő szabály szerint) minden évben május 15. illetve november 15. napja.

A jelentkezés feltételei és a felvételivel kapcsolatos tudnivalók a Debreceni Egyetem honlapján, a https://www.unideb.hu/ címen (Tudomány → DOKTORI képzés → Letölthető Dokumentumok), valamint a Doktori Iskola saját honlapján, az engphd.unideb.hu címen találhatók meg.

Egyéni felkészüléssel is lehet fokozatot szerezni. Ebben az esetben a jelentkezőnek igazolnia kell tudományos munkásságát, és a leendő témavezetőnek nyilatkoznia kell arról, hogy a doktori értekezés két éven belül elkészíthető. A Doktori Iskola Tanácsa dönt arról, hogy a javasolt téma alkalmas-e fokozat szerzésre.

A Doktori Iskola egyes programjaiban 8 félév (48 hónap) alatt összesen 240 kreditet (szemeszterenként átlagosan 30 kreditet) kell a hallgatónak teljesítenie.

2.2.1. *Tanulmányi (képzési) kredit*

A doktori képzés első 4 féléve alatt minimum 16 tanulmányi kreditet kell teljesíteni a Doktori Iskolában meghirdetett vagy elfogadott 2 kredites kurzusok teljesítésével (vizsgán történő beszámolással). A 16 tanulmányi kreditből minimum 12 kreditpontot a Doktori Iskolán belül meghirdetett kurzusok teljesítésével kell megszereznie a hallgatónak.

Legfeljebb 4 kreditpont teljesíthető az egyetem más doktori iskolájában meghirdetett kurzusok elvégzésével a témavezető előzetes jóváhagyásával; a kreditek beszámíthatóságáról a doktori program vezetője dönt. Ez a legfeljebb 4 kreditpont más egyetemen vagy a doktorandusz külföldi tanulmányútján – a témavezető előzetes javaslata alapján – is megszerezhető. Ebben az esetben a szerzett kreditek vagy a dokumentált teljesítmény beszámításáról a Doktori Iskola Tanácsa dönt.

Meghirdetett kurzusok vezetésére a Doktori Iskola Tanácsa külső előadót is felkérhet.

Az egyes programok oktatási előírásait a programban résztvevő oktatók és a program vezetője fogalmazzák meg. Egyes programok konkrét tematikát határoznak meg az oktatási ciklusban, s előírják hallgatóik számára a kötelezően teljesítendő kurzusokat. Más programok a kutatási témák folytonos változását követve rugalmasan alkalmazkodnak az igényekhez, s tanévenként újabb kurzusokat hirdethetnek meg.

2.2.2. *Oktatási kredit*

A doktorandusz oktatási tevékenységéért a doktori szabályzat szerint, a Doktori Iskola Tanácsa döntése alapján kreditpontok adhatók.

A képzés 8 féléve alatt maximum 40 oktatási kreditet lehet szerezni a Műszaki Kar oktatási munkájában való részvétellel. (1 kredit: 12 kontakt-óra/félév vagy 30 óra egyéb oktatási tevékenység).

2.2.3. *Kutatási kredit*

A doktori képzés 8 féléve alatt nappali és levelező minimum 224 kutatási kreditet kell szerezni, amelyből legfeljebb 40 oktatási kredittel pótolható.

A programvezető a témavezető javaslata alapján az egyes félévekben 26 illetve 30 kredites egységekben ismerheti el a kutatómunkát (1 kredit: 30 munkaóra).

A hallgatók minden félévben írásos beszámolót készítenek, amelyben bemutatják munkájukat és az adott időszakban elért eredményeiket. A beszámolójukban a következő adatokat kell megadniuk a hallgatóknak: a hallgató neve, a témavezető neve, PhD hallgatóként eltöltött szemeszterek száma, a teljesítés önértékelése figyelembe véve az előzetesen megfogalmazott terveket. A jelentkezéskor megadott adatokat előzetesen egyeztetni kell a témavezetővel.

Azok a hallgatók, akik az értekezésüket még nem nyújtották be előzetes vitára, évente kötelező beszámolni a kutatási terv teljesüléséről. A beszámolót megtehetik a DI által szervezett PhD workshopon vagy a DI program/DI alprogram vezetője előtt. A workshopon részt vesznek a DI Tanács tagjai, illetve részt vehetnek a témavezetők és az oktatók, valamint PhD hallgatók. A beszámolóért magáért külön kredit nem jár. A Doktori Tanács észrevételeket tehet a PhD hallgató előre haladásával és a kutatási terv teljesülésével kapcsolatosan. Az elsőéves hallgatóknak elegendő a kutatási tervüket és a jövőbeli elképzelésüket ismertetni. Az előadások hossza 20 perc. A workshop szervezése a Doktori Iskola vezetőjének és a titkárának a feladata.

A képzés első „Képzési és kutatási” szakasza a komplex vizsgával zárul a negyedik félév végén.

3. A doktori képzés szervezése, tanulmányi és vizsgarendje

A képzésben nappali, levelező és egyéni tanrend szerint lehet részt venni. A nappali, a levelező és az egyéni részvétel minőségi követelményei azonosak.

A költségvetés által finanszírozott helyeken túlmenően a képzés önköltséges.

A DI jogosult saját bevételei terhére költség támogatást biztosítani.

A kutatási témák – várakozásaink szerint – felkeltik a megfelelő előképzettséggel rendelkező hallgatók érdeklődését. Ennek eredményeként az utánpótlást elsősorban a magas szintű felkészültséggel rendelkező létesítménymérnöki, mechatronikai mérnöki, járműmérnöki és gépészmérnöki mesterszakokon végzett hallgatók biztosítják. Emellett további releváns mesterképzési szakokról is fogadunk hallgatókat, így különösen energetikai mérnöki, építész, építőmérnöki, vegyészmérnöki, anyagmérnöki, mérnökinformatikus, épületgépészeti és eljárástechnikai gépészmérnöki, környezetmérnöki, műszaki menedzser és villamosmérnöki mesterszakokról, valamint osztatlan építészmérnöki képzésből.

A doktori képzés iránt egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik a külföldi hallgatók részéről is.

Tanulmányi szakasz keretében a szervezett képzés 8 félév, amelynek folyamán megszerzendő összesen 240 kreditpont. A 240 kredit és a disszertáció elektronikus archívumba való megfelelő felötése az abszolutórium megszerzésének feltétele. Ez alatt az idő alatt a témavezető irányítása mellett a jelölt elkészítheti disszertációját.

A képzési szakaszban a kredit-arányokat a DE Doktori Szabályzata határozza meg. A kreditallokációt nappali, illetve levelező tagozaton az 1., illetve a 2. táblázat mutatja.

1. táblázat: A doktori képzés kreditrendszere (nappali és levelező tagozat)

	Kreditegység	Összesen
Vizsgák (kötelező és kötelezően választott tárgyakból)	2	min. 16
Kutatómunka (féléves kutatási beszámolók alapján)	26, 30	184 - 224
Oktatási tevékenység (választható)	1 / 12 tanóra	0 - 40
***Összesen*:**		***240***

A doktoranduszok tanulmányi munkájának elősegítéséhez és teljesítményük értékeléséhez az *Ajánlott kreditteljesítés* dokumentum tesz ajánlást, mely megtalálható a DI honlapján.

Legnagyobb súllyal a kutatás szerepel. A krediteket alapesetben fent leírt iránymutatás alapján lehet megszerezni, de kreditpontokat más, elfogadott műfajú egyenértékű teljesítményért is lehet kapni a Doktori Iskola Tanácsának döntése alapján.

A képzés során a jelölt eljut az abszolutóriumig. A doktori fokozat megszerzéséhez ezen túlmenően komplex vizsgát kell tenni a doktori komplex vizsga tárgyai dokumentumban felsorolt főtárgyakból egy főtárgy és a melléktárgyakból egy melléktárgy kiválasztásával, továbbá el kell készíteni és meg kell védeni a disszertációt. A védésre bocsátás feltétele a sikeres munkahelyi vita.

4. Doktori programok, oktatási koncepció

4.1. Épületgépészet, épületenergetika doktori program

Programvezető	Dr. Kalmár Ferenc MTA doktora, egyetemi tanár
A programban résztvevő törzstagok	Dr. Kalmár Ferenc MTA doktora, egyetemi tanár Dr. Lakatos Ákos PhD, habil., egyetemi tanár

A doktori program célja, kutatási területek

Az épületek energiafogyasztásának minimalizálása elsőrendű nemzeti célkitűzés tekintettel arra, hogy Magyarországon, az épületek üzemeltetésére fordított energiamennyiség az országos össz-energiafelhasználásnak több mint harmadát teszi ki. Az EU tagállamok átlagában és világviszonylatban is hasonló a helyzet. Az EU Direktíváknak való kötelező megfelelés értelmében számos hazai rendelet tűzi ki célul az energiahatékonyság növelését és a megújuló energiaforrások alkalmazását mindegyik energiafelhasználó szektorban. A Nemzeti Energiastratégia kiemelt helyen kezeli az épületek energiafogyasztásának csökkentését, míg a Nemzeti Épületenergiastratégia konkrét célokat fogalmaz meg ezen a kritikus területen. A közel nulla energiaigényű épület követelménye megjelenik a jelenleg érvényben lévő épületenergetikai Rendeletben is. Az Európai Tanács és a Parlament döntése értelmében 2030-ra minden új épületben a szén-dioxid-kibocsátás nulla kellene legyen és 2050-re az összes meglévő épületnek is teljesítenie kell ezt a követelményt. A tagországok az országos felújítási tervek részeként kidolgoznak egy ütemezést a fosszilis tüzelőanyaggal működő kazánok 2040-ig történő fokozatos kivonására. A szervezet szerint a gázkazánok egyetlen esetben kaphatnak mentességet a tiltás hatálya alól: ha kompatibilisek a hidrogénnel is, vagyis ha a jövő energiarendszerében a hidrogén égetésére is alkalmasak lesznek. A modern, hagyományos gázkazánok 20% hidrogén keverékkel különösebb átalakítás nélkül is üzemeltethetők. Ha ennél nagyobb arányban akarunk hidrogént használni, már bizonyos változtatásokra van szükség. Az épületek vonatkozásában az energiaigények csökkentése, az épületgépészeti berendezések hatékonyságának növelése és a megújuló energiaforrások integrálása során kiemelt figyelmet kell fordítani az épületben tartózkodók komfortigényeire is. A komfortigények kielégítésével kapcsolatos célok és az energiamegtakarítással kapcsolatos célok azonban gyakran ellentétben állnak egymással. Az energiamegtakarítás nem eredményezhet komfortszint csökkenést az épületekben, mivel így az elvégzett munka, sporttevékenység, vagy éppen a rekreáció hatékonysága csökken. Az épület rendeltetésének függvényében tehát folyamatosan biztosítani kell az igényeket kielégítő hőérzeti feltételeket, levegő minőséget, megvilágítást és zajszintet. A hatékonyság érdekében az épületgépészeti berendezések teljesítményét folyamatosan illeszteni kell a pillanatnyi igényekhez, hiszen az épületben tartózkodó emberek különböző komfortigényekkel rendelkeznek. Elengedhetetlen tehát az épületgépészeti rendszerek és az épületek esetében is a digitalizáció által kínált megoldások integrálása, a folyamatos adatgyűjtés és adatfeldolgozás a hatékonyság és a komfort növelése érdekében.

Mindezek alapján tehát olyan komplex épületenergetikai megoldásokat, illetve koncepciókat kell kidolgozni és olyan épületgépészeti berendezéseket kell fejleszteni melyek eredményeként minimálisra csökken az energiaigény és az épületben kialakuló komfortparaméterek teljesítik a benntartózkodók térben és időben változó igényeit.

A programhoz kapcsolódó kutatási területek: épületgépészeti rendszerek elemzése, innovatív hőszigetelőanyagok vizsgálata és alkalmazása, intelligens épületek, megújuló energiaforrások hatékony integrálása az energiaellátó rendszerekbe, településenergetika.

Az Épületgépészet, Épületenergetika program keretében olyan kutatási témák kerülnek kiírásara, melyek célja az épületek energiaigényének csökkentése, az energiahatékonyság növelése és az egyéni

igényeket kielégítő komfortparaméterek biztosítása intelligens épületgépészeti rendszerek és berendezések fejlesztésével.

Kutatásainkat a Debreceni Egyetem Műszaki Karon rendelkezésre álló Belső Környezet Minősége laboratóriumban, a Légtechnikai laboratóriumban, az Épületfizika laboratóriumban és az Épületenergetikai Demonstrációs Épületben végezzük. Számos mérőműszer áll rendelkezésre melyek alkalmasak a belső környezeti paraméterek mérésére és rögzítésére (TESTO, Netzsch 446, KIMO, Bruel&Kjaer, Comfort Sense, Netzsch Sirius 3500, Venticell, Climacell, Cal 2 Eco, hőkamera, HUKSEFLUX hőáram mérő, RETROTEC blower door készülék). Kutatásainkhoz rendelkezésre állnak dinamikus szimulációt támogató szoftverek is (ANSYS FLUENT, TRNSYS, ENERGY+). Nagy adathalmaz kezelését lehetővé teszi a Debreceni Egyetemen elérhető szuperszámítógéphez való hozzáférés.

A program előzménye a Földtudományi Doktori Iskolában 2010-ben alapított Fenntartható energetika alprogram, ami 2020-ban programként jelent már meg a Doktori Iskola képzési tervében. A program keretében nyolc fő szerzett PhD fokozatot. Jelenleg két aktív PhD hallgató folyatja a tanulmányait, ketten pedig már megszerezték az abszolutóriumot és jelenleg a disszertációjukat készítik.

3. táblázat: Az Épületgépészet, épületenergetika program oktatási koncepciója

Tantárgy	nappalis képzésben (óra/hét)	levelezős képzésben (óra/félév)	Kredit	Számon-kérés	Tantárgyfelelős	Tud. min.
Kötelező tárgy						
Matematika	2	12	2	k	Dr. Gát György	DSc
Kötelezően választott tárgyak						
Létesítményenergetika	2	12	2	k	Dr. Kalmár Ferenc	DSc
Hőtechnika	2	12	2	k	Dr. Lakatos Ákos	PhD, habil.
Napgeometria	2	12	2	k	Dr. Csáky Imre	PhD
Energetikai folyamatok modellezése	2	12	2	k	Dr. Szodrai Ferenc	PhD
Légvezetési rendszerek	2	12	2	k	Dr. Csáky Imre	PhD
Komfortelmélet	2	12	2	k	Dr. Kalmár Ferenc Dr. Kalmár Tünde	DSc PhD
Épületgépészeti rendszerek exergetikai elemzése	2	12	2	k	Dr. L. Szabó Gábor	PhD
Megbízhatóság, biztonság, kockázat	2	12	2	k	Dr. Árpád István	PhD
A gépészeti diagnosztikai vizsgálatok módszertana és eszközei	2	12	2	k	Dr. Kocsis Imre Dr. Deák Krisztián	PhD, habil. PhD
Méréselmélet és jelfeldolgozás	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter Dr. Kocsis Imre	DSc PhD, habil.
Elektronika és elektronikus energiaátalakítók	2	12	2	k	Dr. Szemes Péter	PhD
Adatelemzés	2	12	2	k	Dr. T. Kiss Judit	PhD
Problémamegoldás intelligens számítási módszerekkel	2	12	2	k	Dr. Kocsis Imre	PhD, habil.

A doktori programban résztvevő hallgatóknak a 2 kredites kötelező Matematika, 1 kredites Általános kutatási ismeretek és 1 kredites Munkavédelem tárgyakon túl 6 tárgyat kell teljesíteniük a felsorolt kötelezően választott tárgyakból. A további tanulmányi kreditek a Doktori Iskola Működési Szabályzatában rögzített módon szerezhetők meg. Az alkalmazott kreditértékek összhangban vannak a Debreceni Egyetem doktori iskoláiban kialakult gyakorlattal.

4.2. Integrált, intelligens gépészeti rendszerek doktori program

Programvezető	Dr. Korondi Péter MTA doktora, egyetemi tanár
A programban résztvevő törzstagok	*Gépészeti folyamattervezés, anyag- és gépdiagnosztika alporgram* Dr. Budai István PhD, egyetemi docens Dr. Kocsis Imre PhD, habil., egyetemi tanár Dr. Mankovits Tamás PhD, habil., egyetemi docens Dr. Petrik Péter MTA doktora, egyetemi tanár *Mechatronika, kiber-fizikai rendszerek alporgram* Dr. Korondi Péter MTA doktora, egyetemi tanár Dr. Husi Géza PhD, habil., egyetemi tanár

A doktori program célja, kutatási területek

A program olyan alap- és alkalmazott kutatási témákat fogad be, melyek eredményei hozzájárulhatnak az épületgépészeti, mechatronikai és gyártási rendszerek minőségének, megbízhatóságának, rendelkezésre állásának, termelékenységének növeléséhez az érintett kutatási területek felújabb eredményeinek adaptálásával és továbbfejlesztésével, valamint új kutatási irányok megfogalmazásával.

A klasszikus gépészethez közel álló témákban a vizsgálatok kiterjednek a termék életciklus minden szakaszára a tervezéstől a gyártáson keresztül a felhasználásig és az újrahasznosításig; cél a folyamatok optimalizálása a költség, anyag- és energiafelhasználás, a környezetvédelem, az emberi egészség védelme tekintetében, érték teremtése a termékek és szolgáltatások felhasználói számára.

A mérnöki szerkezetek elemzése és optimalizálása terén cél az anyagi és/vagy geometriai nemlinearitással rendelkező mérnöki szerkezetek modellezése és vizsgálata, a szerkezeti integritás vizsgálata speciális anyagvizsgálati módszerekre, végeselemes modellezésre alapozva, intelligens számítási módszerek felhasználásával, továbbá a termékfeljesztés támogatása tervező, végeselemes és optimalizációs eszközök összekapcsolásával és szimulációval.

A gyártási folyamatok elemzése és optimalizálása terén cél bonyolult alakos felületek gyártástervezése, egyedi megmunkálószerszámok tervezése, technológiai modellalkotás számítógépes technológiai tervező és modellező szoftver, valamint végeselem szoftver felhasználásával. Forgácsoló megmunkálások technológiai vizsgálata és optimalizálása, a modellezéssel és a gyártás során a méréssel kapott eredmények összehasonlító elemzése.

A hajtásláncok vizsgálata terén cél a dinamikai modellezés és szimuláció, optimális műszaki jellemzők meghatározása adott menetdinamikai célhoz; mérőrendszerek és mérési eljárások kidolgozása.

A műszaki diagnosztika és állapotfelügyelet területén kialakult szemléletmód (valós, aktuális adatokon alapuló üzemeltetés és karbantartásmenedzsment, információmegosztás, a tevékenységek hatékony összehangolása) és az 1970-es évek óta töretlenül zajló intenzív fejlesztések eredményeként létrejött eszközök és rendszerek jelentősen hozzájárulnak az Ipar 4.0 gondolatvilágának és eszközrendszerének kialakulásához, a gyártórendszerek és egyéb műszaki rendszerek digitalizálásához, ami ma a műszaki fejlesztés egyik fontos területe. A széles körben elterjedt számítógéppel támogatott karbantartásmenedzsment rendszerek (CMMS) fejlesztésének célja az volt, hogy hatékonyan irányítsák és ellenőrzzék a karbantartási és javítási munkákat, optimalizálják és dokumentálják ezek végrehajtását, ezzel jelentős mértékben növelve a karbantartás hatékonyságát és a rendszerek rendelkezésre állását, a termelékenységet, végeredményben a termelés jövedelmezőségét.

Ma a műszaki diagnosztikai eszközök (mérőrendszerek, elemzési módszerek) egyre magasabb szintű integrálása jellemző, a diagnosztikai célú adatgyűjtés része az integrált, intelligens rendszerek alapját képező adatgyűjtésnek és az adatalapú valós idejű irányításnak. A mérőrendszerek pontossága és gyorsasága (nagy mintavételezési frekvenciája), valamint az adatátviteli kapacitás és számítási sebesség

ma már lehetővé teszi, hogy a „diagnosztikai" adatok nem csupán a klasszikus állapotfelügyeletet, hanem egyre inkább a folyamatfelügyeletet is szolgálják. A rezgéselemzésen alapuló állapotfelügyeleti rendszerek például alkalmazhatók olyan eltérések detektálására is, melyek nem gépelemek állapotának romlására, hanem technológiai paraméterek megváltozására utalnak (például nyomásváltozás, technológiai anyag minőségének váltása, alkatrészek kapcsolódásnak problémája). A mintavételezési időtartam a milliszekundumra vagy akár annak töredékére is csökkenthető, így rezgésmérésen alapuló folyamatfelügyelet (egyes esetekben szabályozás) is megvalósítható.

A méréstechnika és a kapcsolódó számítógépes infrastruktúra fejlettsége lehetővé teszi, hogy nagy pontosságú mérési eredmények tömegesen álljanak rendelkezésre. Így az állapot- és folyamatfelügyelet hatékonysága, eredményessége leginkább az adatfeldolgozás módján múlik. A műszaki diagnosztika témakörben ezen a téren várhatók leginkább új eredmények. Az általános elvek és adatelemzési módok tisztázottak, a jelenlegi kapcsolódó szakirodalom és publikációk szerint a műszaki diagnosztikai vizsgálatok jelentős része speciális kérdésekre adott speciális válasz megadását tűzi ki célul. A tipikus kérdések egy része gépek, rendszerek üzemeltetéséhez kapcsolódik (meghibásodás, elhasználódás), egy másik része gyártási folyamatokhoz (gyártógépek állapota, munkadarabok minősége). A cél az, hogy egyrészt új elemzési módszerek alkalmazásával adjunk választ az ipari termelésben és általában a gépészeti rendszerek üzemeltetésében felvetődő speciális kérdésekre, másrészt nyissunk új kutatási irányokat az Ipar 4.0 és 5.0 rendszerek világában felvetődő újfajta kérdések megoldására. A Doktori Iskolában vitt kutatások egymásra hatásának egyik eredménye lehet, hogy megértve a korszerű műszaki rendszerekben zajló folyamatok (harder és szoftver szinten felvetődő) problémákat, új kutatási kérdéseket tudunk feltenni.

A műszaki diagnosztika eszközrendszerének egyre nagyobb mértékben része a gépi tanuláson alapuló adatfeldolgozás. A diagnosztikai rendszerek kiberfizikai rendszerekbe való integrálása új kihívásokat és lehetőségeket teremt a diagnosztikai céllal gyűjtött adatok elemzésére és felhasználására, köztük az intelligens számítási módszerek felhasználására. A korszerű online rendszerek (például az SPM Intellinova rendszere, amely rendelkezésre áll a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Diagnosztika Laboratóriumában) „Ipar 4.0 kompatibilisek". A diagnosztika eszközök integrálásával kapcsolatos vizsgálatokban az ilyen rendszerekkel kapcsolatos tapasztalatok jelentős segítséget jelenthetnek. Az autonóm gépek állapotfelügyelete új megközelítést igényel, mivel az automatizáltság magas szintje és a magas termelékenységi szinthez kapcsolódó nagy sebesség és teljesítmény új kockázatokat és kihívásokat teremt. A magasabb követelmények mellett az intelligens gyárakban megvalósuló digitalizáció sokrétű lehetőséget kínál a prediktív fenntartható karbantartási feladatok ellátására. A korszerű rendszerekben a diagnosztikának illeszkednie kell a gépek és rendszerek egymás közti kommunikációjához. Megfelelő interfészek kialakításával lehetővé kell tenni az adatok széles körű elérését, ez a feladat új alapokra helyezi és hangsúlyosabbá teszi a vállalati IT és a karbantartás közötti együttműködést. Az ipari kiberfizikai rendszerekre alapozott valós idejű folyamatfelügyeletben az egyedi berendezések egy globális termelési környezet részeiként vannak azonosítva. Ezekben a rendszerekben jellemzően több érzékelőrendszert alkalmaznak az optimális paraméterezés, az öndiagnosztika és az automatikus újra-konfigurálás támogatására. Lehetőség van egy berendezéssel kapcsolatos többféle adat, valamint a gyártósor különböző részeiről jövő adatok összevetésére, ami növeli a döntések megbízhatóságát. A folyamatfelügyelet modern megközelítéseinek alkalmazásával jelentős erőforrás-megtakarítás lehetséges, ami a versenyképesség növelésének egyik legfontosabb eleme.

A diagnosztikai rendszerek kiberfizikai rendszerekbe való integrálását célzó fejlesztések kapcsolódnak az „Mechatronika, kiber-fizikai rendszerek" alprogramhoz. Az épületgépészeti rendszerekben alkalmazott gépek diagnosztikája és állapotfelügyelete kapcsolódik az „Épületgépészet, épületenergetika" programban folyó kutatásokhoz, melyek az üzemeltetéssel kapcsolatos

költséghatékonysági, energiahatékonysági, megbízhatósági vagy élettartam kérdéseket vetnek fel. A kapcsolódás természetes „színtere" az épületek számítógépes modellezése (Building Information Modelling, BIM), melyek lehetővé teszik a hatékonyabb tervezést, építést, üzemeltetés és karbantartást az épületekkel kapcsolatos folyamatok digitalizálása által a teljes életciklus alatt.

A műszaki diagnosztikai jellegű kutatások elsősorban a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Diagnosztika Laboratóriumának eszközrendszerén alapszik, de az egyes speciális vizsgálatok során szükség lehet az ipari partnerek, vagy együttműködő kutatóintézetek eszközeinek bevonására.

A műszaki diagnosztika területén meglévő tapasztalatok és eszközök a vizsgált gépek, eszközök, folyamatok tekintetében elsősorban az alábbi fő kutatási témákat alapozzák meg: a csapágygyártás során keletkező csapágyhibák detektálása; a csapágyak használata során keletkező csapágyhibák detektálása, hibafejlődés előre jelzése; szerszámkopás-monitoring, maradék éltartam becslése, szerszámgépfelügyelet; épületgépészeti, gépészeti és mechatronikai rendszerek állapotfelügyelete; belső égésű motorok egyes meghibásodásainak detektálása; motoráram analízis. A fő vizsgálati módszerek: speciális célú próbapadok és tesztelési környezet kialakítása; gépi tanuláson, intelligens számítási módszereken alapuló adatelemzés alkalmazása és fejlesztése; transzformációk és optimalizációs algoritmusok kombinált alkalmazása, egyedi jelfeldolgozási módszerek fejlesztése, hibadetektálási hatékonyság elemzése; HFRT (High Frequency Resonance Technique), ANFIS (Adaptive neuro fuzzy inference system) alapú diagnosztikai rendszerek fejlesztése; intelligens diagnosztikai rendszerek fejlesztése és integrálása Ipar 4.0 környezetben; távfelügyeleti diagnosztikai rendszerek fejlesztése; termográfiai méréseken és képfeldolgozáson alapuló diagnosztikai módszerek fejlesztése; részecskeanalízis (oljavizsgálat), tribológiai tesztek diagnosztikai célú alkalmazása. A Doktori Iskola témáinak rendszere megteremti a lehetőséget az olyan kutatásokra, ahol ezek a vizsgálati módszerek kombinálva vannak speciális anyagvizsgálati, például a vékonyréteg technológiához kapcsoló felületvizsgálati eszközökkel.

Az adatgyűjtés és az adatfeldolgozást részben MATLAB és LabVIEW környezetben, részben a speciális mérőrendszerekhez tartozó szoftverekben folyik. Kihasználjuk a rendszerek összekapcsolásában rejlő lehetőségeket, például az SPM rendszer által szolgáltatott nagy pontosságú mérési adatok MATLAB-ban is feldolgozhatók tetszőleges módszerrel.

A vékonyréteg technológiában és mikroelektronikában használt diagnosztikai és méréstechnikák felhasználási területei az utóbbi években rohamosan bővülnek. Nem csak a bevonatok vagy szenzorrétegek, de egyre inkább a gépészetben használt felületek vizsgálatára is alkalmassá válnak. Ezek a módszerek nano- és mikrométeres skálán képesek a felületi anyagszerkezet meghatározására a kötésektől a kristályszerkezeten keresztül a rétegvastagságig vagy a felületi érdességig. A módszerek jelenleg homogén és extrém alacsony, jóval mikron alatti érdességű felületek vizsgálatára alkalmasak. Az alkalmazási területek kibővítése (pl. laterális felbontóképesség) további kutatás tárgyát képezi.

A Petrik Péter irányításával, aki harminc év nemzetközi tapasztalattal rendelkezik az ellipszometria anyagvizsgálati alkalmazásai területén, új kutatási kérdések fogalmazódnak meg, ez a módszer alkalmas lehet a felületeken bekövetkező változások folyamatkövető mérésére nanométeres mélységskálán, miközben a laterális felbontás növelése közép és hosszú távon is jelentős kihívásokat jelent.

A gépészeti és mechatronika rendszerek elemeivel kapcsolatos sepciális igények az ellipszometria, a röntgen fotoelektron spektroszkópia, a pásztázószondás módszerek, a tömegspektroszkópia, a Raman spektroszkópia, az optikai spektroszkóia, a röntgen diffrakciós vizsgálatok alkalmazását teszik szükségessé.

Az etorobotikai kutatások célja, hogy komplex viselkedési modelleket implementáljunk kiszolgáló robotokban, lehetővé téve viselkedésük optimalizálását a velük interakcióba lépő emberek viselkedése,

környezeti és belső ingerek, vagy a robot adott emberrel való kapcsolata alapján. Az ember-robot interakciók vizsgálatában felhasználjuk az emberi és az állati viselkedés kutatásában kidolgozott modelleket és módszereket. Nem várjuk el, hogy a robot emberhez hasonlóan viselkedjen vagy nézzen ki, ehelyett a robot viselkedésének a robot funkcióihoz kell igazodnia. Ennek eléréséhez viselkedési modelleket használunk, melyek alapja szociális állatok, főleg a kutya viselkedése, mely a domesztikáció során szociális képességekre tett szert, melyek megkönnyítették az emberi társadalomba való beilleszkedését.

Egy érzelmi modellt fejlesztünk és implementálunk, mely kiegészül a robot multimodális érzelemkifejezésének fejlesztésével egy új, specializált aktuátor létrehozásával; személyek felismerésével; és mesterséges intelligencia módszerekkel egyszerű emberi érzelemkifejezések felismerésével. Implementálunk egy kötődési modellt is, melyet korábbi kutatások során az ember-kutya kötődés alapján fejlesztettünk ki, és egy autonóm kiszolgáló robotra, illetve egy iSpace környezetben működő robotra is adaptálni fogjuk, és több kísérletben vizsgáljuk a hatását. Az intelligens terekkel kapcsolatos fejlesztési tevékenységek minden bizonnyal olyan kutatási feladatokat határoznak meg, melyekben mindegyik program/alprogram érintett lesz.

A robotok hamarosan mindennapi életünk részévé válnak háztartásokban, irodákban, kórházakban és éttermekben, de még nem egyértelmű, hogyan kellene a robotoknak az emberekkel kommunikálniuk. Sok kutatás célja, hogy emberszerű robotokat fejlesszenek, ez azonban problémákat vet fel. Mi olyan nem emberszerű robotok fejlesztésén dolgozunk, melyek könnyen érthető módon viselkednek és kommunikálnak, és a robotokat új fajnak tekintve megjelenésüket és viselkedésüket is a robotok adott szerepéhez igazítjuk. Célunk kiszolgáló robotokat olyan összetett szociális képességekkel felruházni, melyek könnyebben érthetővé és kedvelhetőbbé teszik őket. Tervünk egy érzelmi modell alkalmazása, mellyel a robot képes lesz emberi érzelmek felismerésére, és azoknak, illetve a robot környezetének megfelelő viselkedéssel reagálni. További célunk a kötődési viselkedés hatásának vizsgálata, mely a kutyák és gazdáik viselkedésének etológiai megfigyelésén alapul. A modell alkalmazása segíti majd a szociális robotokat abban, hogy kötődést mutassanak emberek, például a gazdájuk vagy idős ápoltak felé, akiknek az ellátásában segítenek.

A magyar gyökerekkel rendelkező etorobotikai koncepció abból indul ki, hogy a robot viselkedésének és képességeinek a robot specifikus funkciójához kell illeszkednie, és fejlesztésük során érdemes a robotokra, mint új külön fajra tekinteni. Az ELTE Etológia Tanszékkel régóta fennálló kutatási együttműködésünk során lehetőségünk nyílt az etorobotika kereteiben ember-robot interakciós kísérleteket végezni, egyre életszerűbb helyzetekben. Fontos, hogy olyan emberek is könnyen tudjanak kommunikálni a nekik segítő robotokkal, akik nem rendelkeznek technikai háttértudással. A robotoknak képesnek kell lenniük arra, hogy megfelelően reagáljanak különböző szociális helyzetekben ahhoz, hogy az emberek elfogadják őket és szívesen lépjenek velük interakcióba.

Az autonóm kiszolgáló robotokkal kapcsolatos vizsgálatok kontrollált laboratóriumi környezetben és a „szabadban", valós éttermekben vagy kávéházakban egyaránt folynak. Az általunk implementálni és vizsgálni kívánt komplex viselkedések jelentős ipari felhasználásra is kerülhetnek más kiszolgáló robotokban is, nem csak pincérként, de kórházakban működő segítő robotok esetében is, amely területen nagy mértékben nőtt a szociális robotokra való igény. A szoftver- és hardverfejlesztések, melyeket a személy- és érzelemfelismerés, továbbá az érzelemkifejezés területén tervezünk elérni, más mesterséges ágensekben és kommunikációs rendszerekben is felhasználhatók lehetnek.

A robotika és a mechatronika döntő szerepet játszott az ipari automatizálásban, ami a termelés hatékonyságának jelentős növekedését eredményezte. Szükség van azonban részletesebb kutatásra a robotok és az emberek közötti együttműködés emberbiztonsági vonatkozásairól. Az érzékelő-, működtető- és mozgásvezérlési technológiák sokat segíthetnek ebben a kérdésben, és ezeken a

területeken olyan áttörésekre várunk, amelyek lehetővé teszik a gépek számára, hogy intelligens, rugalmas és kielégítő módon kommunikáljanak az emberekkel.

A jövőbeli fejlesztés ígéretes megközelítései közé tartoznak az új átviteli mechanizmusok, az aktuátor rugalmassága és az optimális energiaátalakítás a mozgásvezérlés szempontjából. Ezen túlmenően, az érzékelőmodulokra való összpontosítás, a modern mikroelektromechanikai rendszerek és a nanotechnológia fejlesztésével kombinálva gyorsan lehetővé teszi a kiolvasó áramkörökkel való magas szintű integrációt. Ez pedig az érzékelők funkcionalitásának javulásához, valamint a méretek és a költségek csökkenéséhez vezet, ezáltal javítva a folyamatosan növekvő funkcionalitású rendszerek általános teljesítményét és robusztusságát.

Az ipari szektor is igényli a tárgyak internetéhez való alkalmazkodást, ezen a téren alapvető az adatátviteli technológia beépítése. A hálózati vezérlőrendszerek nagy konfigurációs átalakuláson mentek keresztül a decentralizáltról az elosztott keretrendszerre, ami hatalmas előnyöket eredményezett az információmegosztás, a méretezhetőség és a rugalmasság terén. Másrészt felmerült az igény olyan eszközök kifejlesztésére is, amelyek megvédik a rendszereket a kibertámadásoktól. A megbízhatósággal, biztonsággal és a valós idejű reagálással kapcsolatos másik lényeges kérdés a számítási és kommunikációs erőforrások hatékony felhasználása, valamint a hibadiagnosztikai és hibatűrő vezérlőrendszerek beépítése. A tervezés bonyolultságának növekedése ellenére ez biztosítja az általános vezérlési teljesítmény javulását a fejlett és intelligens alrendszerek bevezetése révén, amelyek elemzik az alkatrészek elöregedése, meghibásodása, hardvercsere és hasonlók miatti esetleges változások hatásait. Ennek megfelelően a jövőbeli trendek az elosztott plug-and-play folyamatfelügyelet és a nagyméretű ipari folyamatok vezérlési architektúráinak fejlesztése irányába mozdulnak el, a nagy bizonytalanságok és zavarok kezelése érdekében. Emiatt a mozgásvezérlőket is különösen robusztus módon kell megtervezni.

A robotok és dróntechnológia széleskörű terjedése miatt elvárás a haditechnikai ismeretek gazdaságban történő alkalmazása. A jelfeldolgozás legfontosabb kihívása a döntéshozatalhoz elvárt jel-zaj-zavar viszony biztosítása a követett céltárgyak detektálása, útvonalba fogása, az útvonal fenntartása és azonosítása. Kiemelt feladat a céltárgyak, tevékenységek és az ember-gép-parancsnoki viselkedésformák leírása, a begyűjtött adat feldolgozása döntéselméleti alapon. A hálózatba kapcsolt kiberfizikai kognitív képességekkel támogatott vezetési rendszerállapotok definícióinak, legfontosabb alapelveinek, valamint a kapcsolódó jel- és adatfeldolgozási modellek matematikai leírásainak hatékony használata, rendszerüzemeltetési szempontból is biztonságos, megbízható megoldások kidolgozását várja.

Az alkalmazásorientált mérnöki megoldások kihasználnák a teljes elektromágneses hullámtartományt, de ismerethiánnyal küzdünk egyes spektrumtartományok használata terén. Az elektromágneses spektrum használata során felmerülő interferenciajelek csökkentését szolgáló EMC (elektromágneses kompatibilitás) előírások, szabványok és a kapcsolódó mérési eljárások segítségével a különböző eszközök, berendezések keltette elektromágneses interferencia, elektromos szmog és egyéb természetes és mesterséges zavaró hatások kontrollálhatók. A feladatok kiegészülnek az érintett eszközök és berendezések élettartam-ciklusra vonatkozó műszaki támogatásával, mely folyamatos EMC mérési képességek fenntartását jelenti. A gyártási folyamatokban általános elvárás a mérési pontosság és dinamika, a mérési szabadságfok, a „mérési performanciák” növelése. Ezek megoldásaihoz olyan rendszerszemléleti módszereket szükséges kidolgozni, melyek a mechatronikai érzékelő és aktuátor berendezések „süket szobában” és in-situ környezetben történő performancia vizsgálatokra is alkalmazhatók.

A napjainkban széleskörűen elterjedt mérési és szenzoralkalmazási elveket és módszereket tovább kell fejleszteni. Ma már nagyméretű adatfolyamok is feldolgozhatók a rendelkezésre álló számítási

kapacitások ésszerű, sebességorientált strukturálásával, és kognitív képességekkel rendelkező számítógép ember-gép kapcsolattal.

Fel kell figyelnünk az interferometrikus mérési elvek, eljárások gyors térhódítására is. Ennek oka, hogy az interferometrikus mérési eljárások és a holográfia, a 3D megjelenítésben és a méréstechnikában egyaránt élenjáró technológiát képvisel.

Korszerű matematikai módszerekkel a mechatronikai berendezések gépészeti, villamos és számítógépes irányítási részei tudományos igénnyel, egységesen modellezhetők, majd átültethetők a gyakorlatba. A szenzorokból érkező adatokra vonatkozó első feladat azok eloszlásának értékelése, a térben, időben, frekvencia tartományban és jelspecifikus attribútumok, pl. polarizáció szerint. Ugyanakkor a leggyakoribb alkalmazások, már előre definiálják a változókat, a zavaró tényezőket szűri és kizárja a jel- és adatfeldolgozásból.

A szenzor kimeneti jelek, a jelfeldolgozás eredménye egy „küszöbértékhez" viszonyított döntés, mely matematikailag egyszerűbb esetekben „Boolen" állapotjelző, de napjainkban már nemparaméteres statisztikai módszerek alapján számítjuk. A jel-zaj-zavar (pl. interferencia) viszony javítása érdekében a beérkező adatokat elemezzük és összegezzük. Erre a feladatra a centrális határeloszlás-tétel, a több-dimenzionálás kovariancia és korrelációs együttható mátrixok alkalmazása kielégítő pontossággal alkalmazható. Ennek segítségével azonosítható a hibaforrás, vagy más eloszlás függvény alkalmazásával tovább szűkíthetők a lehetséges meghibásodási okok.

A térben szétosztott rendszerek esetén a komplex események feldolgozása (CEP), az eseménysorok feldolgozása (ESP), valamint a rendhagyó események érzékelése (SED) olyan módszerek, amelyek alkalmazása a legkorszerűbb valósidejű rendszerekben alapvető igénynek bizonyult. A különböző szenzoroktól származó adatok optimális mennyiségét a célfeladat függvényében kell meghatározni, tekintettel például az energia-igényre és a redundancia / hiányzó adat kiküszöbölésére. A vezérlő jelfolyam feldolgozás (IFP) az IoT rendszerek velejáró feladata. Az eseményvezérelt architektúra (EDA) a szolgátat alapú architektúra (SOA) egyik speciális változata, amelynél az esemény bekövetkezése triggerelheti egy vagy több szolgálat indítását. Ebből a megközelítésből a CEP tekinthető olyan szolgálatnak, amely alacsony szintű eseményeket fogad és azonosít, illetve magas szintű eseményeket generál. A CEP magába foglal szabályokat, amelyek aggregálást, szűrést, alacsony szintű események azonosítását végzik annak érdekében, hogy új, magas szintű eseményeket hozzanak létre.

A különböző kommunikációs hálózati technológiákra épülő időérzékeny mérési, illetve vezérlési láncok hatékonysága továbbra is tudományos elemzések tárgyát képezi. A klasszikus, illetve jelenleg továbbfejlesztett átviteli megoldások az adat, a hang és a videó mellett negyedik komponensként a szenzoroktól, illetve aktuátorok által kezelt jelzéseket is időgaranciával kell, hogy továbbítsák. A szenzoroktól származó rövid állapot adatok továbbítása a feldolgozóhoz, valamint az aktuátorokhoz címzett parancsok időbeni kézbesítése nem csak a huzalos hálózatban, de a vezetéknélküli szenzor hálózatban is további speciális M2M QoS hangolásokat tesz szükségessé. Ehhez az alkalmazásban, illetve fejlesztés alatt lévő szenzorhálózati átviteltechnikák virtualizációs eljárásait kell elemezni és szükség esetén új módszereket kidolgozni az új hálózatokkal való integráció varratmentes megteremtése céljából. A kommunikációs rétegeken vertikális irányban átívelő minőségi garanciák kezelése az alkalmazásokhoz rugalmas kapcsolatot biztosító adaptációs réteg funkcióinak pontos meghatározását implikálja. Ezek QoS oldali automatikus kezelése aktuális, szükségszerű és tudományos kihívásokat jelent, amely nem csak az informatikai, de a ráépülő, adattal meghajtott és a mesterséges intelligenciára épülő területek számára is kulcsfontosságú.

4. táblázat: A Gépészeti folyamattervezés, anyag- és gépdiagnosztika alprogram oktatási koncepciója

Tantárgy	nappalis képzésben (óra/hét)	levelezős képzésben (óra/félév)	Kredit	Számon-kérés	Tantárgyfelelős	Tud. min.
Kötelező tárgyak						
Matematika	2	12	2	k	Dr. Gát György	DSc
Kötelezően választott tárgyak						
Numerikus mechanika	2	12	2	k	Dr. Mankovits Tamás	PhD
Szerkezeti integritás	2	12	2	k	Dr. Mankovits Tamás Dr. Árpád István	PhD PhD
Dinamika	2	12	2	k	Dr. Hajdu Sándor	PhD
Gépészeti rendszertechnika és modellezés	2	12	2	k	Dr. Hajdu Sándor	PhD
Fémfelületek és vékonyrétegek optikai vizsgálata	2	12	2	k	Dr. Petrik Péter	DSc
Nyomjelzés radioaktív izotópokkal	2	12	2	k	Dr. Ditrói Ferenc	DSc
Roncsolásmentes anyagvizsgálat	2	12	2	k	Dr. Cserháti Csaba	DSc
Roncsolásos anyagvizsgálat	2	12	2	k	Dr. Barkóczyné Dr. Gyöngyösi Szilvia	PhD
Kompozitok	2	12	2	k	Dr. Budai István	PhD
Gyártási technológiák modellezése	2	12	2	k	Dr. Bodzás Sándor	PhD
Additive manufacturing	2	12	2	k	Dr. Bodzás Sándor	PhD
Alkalmazott biomechanika	2	12	2	k	Dr. Manó Sándor	PhD
A gépészeti diagnosztikai vizsgálatok módszertana és eszközei	2	12	2	k	Dr. Kocsis Imre Dr. Deák Krisztián	PhD, habil. PhD
Fuzzy rendszerek alkalmazása	2	12	2	k	Dr. Menyhárt József	PhD
Megbízhatóság, biztonság, kockázat	2	12	2	k	Dr. Árpád István	PhD
Méréselmélet és jelfeldolgozás	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter Dr. Kocsis Imre	DSc PhD, habil.
Modern robottechnika	2	12	2	k	Dr. Husi Géza	PhD, habil.
Adatelemzés	2	12	2	k	Dr. T. Kiss Judit	PhD
Problémamegoldás intelligens számítási módszerekkel	2	12	2	k	Dr. Kocsis Imre	PhD, habil.

A doktori programban résztvevő hallgatóknak a 2 kredites kötelező Matematika és 1 kredites Általános kutatási ismeretek tárgyakon túl 6 kreditet kell teljesíteniük a felsorolt kötelezően választott tárgyakból. A további tanulmányi kreditek a Doktori Iskola Működési Szabályzatában rögzített módon szerezhetők meg. Az alkalmazott kreditértékek összhangban vannak a Debreceni Egyetem doktori iskoláiban kialakult gyakorlattal.

5. táblázat: A Mechatronika, kiber-fizikai rendszerek alprogram oktatási koncepciója

Tantárgy	nappalis képzésben (óra/hét)	levelezős képzésben (óra/félév)	Kredit	Számon-kérés	Tantárgyfelelős	Tud. min.
Kötelező tárgyak						
Matematika	2	12	2	k	Dr. Gát György	DSc
Kötelezően választott tárgyak						
Modern robottechnika	2	12	2	k	Dr. Husi Géza	PhD, habil.
Mechatronika	2	12	2	k	Dr. Husi Géza	PhD, habil.
Az Ipar 4.0 és az Ipar 5.0 átmenetének tudományos megközelítése	2	12	2	k	Dr. Husi Géza	PhD, habil.
Rendszer- és irányításelmélet	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter	DSc
Kognitív robotika	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter	DSc
Teljesítményelektronika	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter	DSc
Elektronika és elektronikus energiaátalakítók	2	12	2	k	Dr. Szemes Péter	PhD
Villamosságtan	2	12	2	k	Dr. Battistig Gábor	DSc
MEMS eszközök fizikája és technológiája	2	12	2	k	Dr. Battistig Gábor	DSc
Méréselmélet és jelfeldolgozás	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter Dr. Kocsis Imre	DSc PhD, habil.
Párhuzamos adatfeldolgozás	2	12	2	k	Dr. Gál Zoltán	PhD, habil.
Autonomous Driving and Interactive Systems	2	12	2	k	Dr. Husam A. Almusawi	PhD
Robotics in Rehabilitation and Assistance	2	12	2	k	Dr. Husam A. Almusawi	PhD
Villamos hajtások modellezése és kísérleti vizsgálata	2	12	2	k	Dr. Szíki Gusztáv Áron	PhD, habil.
Hőtechnika	2	12	2	k	Dr. Lakatos Ákos	PhD, habil.
Dinamika	2	12	2	k	Dr. Hajdu Sándor	PhD
Numerikus mechanika	2	12	2	k	Dr. Mankovits Tamás	PhD
Gépészeti rendszertechnika és modellezés	2	12	2	k	Dr. Hajdu Sándor	PhD
Adatelemzés	2	12	2	k	Dr. T. Kiss Judit	PhD
Problémamegoldás intelligens számítási módszerekkel	2	12	2	k	Dr. Kocsis Imre	PhD, habil.

A doktori programban résztvevő hallgatóknak a 2 kredites kötelező Matematika, 1 kredites Általános kutatási ismeretek és 1 kredites Munkavédelem tárgyakon túl 6 tárgyat kell teljesíteniük a felsorolt kötelezően választott tárgyakból. A további tanulmányi kreditek a Doktori Iskola Működési Szabályzatában rögzített módon szerezhetők meg. Az alkalmazott kreditértékek összhangban vannak a Debreceni Egyetem doktori iskoláiban kialakult gyakorlattal.

5. Tantárgylista

6. táblázat: A Doktori Iskola Tantárgylistája

	Tantárgy	nappalis képzésben (óra/hét)	levelezős képzésben (óra/félév)	Kredit	Számon-kérés	Tantárgyfelelős	Tud. min.
1.	Matematika	2	12	2	k	Dr. Gát György	DSc
2.	Létesítményenergetika	2	12	2	k	Dr. Kalmár Ferenc	DSc
3.	Hőtechnika	2	12	2	k	Dr. Lakatos Ákos	PhD, habil.
4.	Napgeometria	2	12	2	k	Dr. Csáky Imre	PhD
5.	Energetikai folyamatok modellezése	2	12	2	k	Dr. Szodrai Ferenc	PhD
6.	Légvezetési rendszerek	2	12	2	k	Dr. Csáky Imre	PhD
7.	Komfortelmélet	2	12	2	k	Dr. Kalmár Ferenc Dr. Kalmár Tünde	DSc PhD
8.	Épületgépészeti rendszerek exergetikai elemzése	2	12	2	k	Dr. L. Szabó Gábor	PhD
9.	Numerikus mechanika	2	12	2	k	Dr. Mankovits Tamás	PhD
10.	Szerkezeti integritás	2	12	2	k	Dr. Mankovits Tamás Dr. Árpád István	PhD PhD
11.	Dinamika	2	12	2	k	Dr. Hajdu Sándor	PhD
12.	Gépészeti rendszertechnika és modellezés	2	12	2	k	Dr. Hajdu Sándor	PhD
13.	Fémfelületek és vékonyrétegek optikai vizsgálata	2	12	2	k	Dr. Petrik Péter	DSc
14.	Nyomjelzés radioaktív izotópokkal	2	12	2	k	Dr. Ditrói Ferenc	DSc
15.	Roncsolásmentes anyagvizsgálat	2	12	2	k	Dr. Cserháti Csaba	DSc
16.	Roncsolásos anyagvizsgálat	2	12	2	k	Dr. Barkóczyné Dr. Gyöngyösi Szilvia	PhD
17.	Kompozitok	2	12	2	k	Dr. Budai István	PhD
18.	Gyártási technológiák modellezése	2	12	2	k	Dr. Bodzás Sándor	PhD
19.	Additive manufacturing	2	12	2	k	Dr. Bodzás Sándor	PhD
20.	Alkalmazott biomechanika	2	12	2	k	Dr. Manó Sándor	PhD
21.	A gépészeti diagnosztikai vizsgálatok módszertana és eszközei	2	12	2	k	Dr. Kocsis Imre Dr. Deák Krisztián	PhD, habil. PhD
22.	Fuzzy rendszerek alkalmazása	2	12	2	k	Dr. Menyhárt József	PhD
23.	Megbízhatóság, biztonság, kockázat	2	12	2	k	Dr. Árpád István	PhD
24.	Modern robottechnika	2	12	2	k	Dr. Husi Géza	PhD, habil.
25.	Mechatronika	2	12	2	k	Dr. Husi Géza	PhD, habil.
26.	Az Ipar 4.0 és az Ipar 5.0 átmenetének tudományos megközelítése	2	12	2	k	Dr. Husi Géza	PhD, habil.
27.	Rendszer- és irányításelmélet	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter	DSc
28.	Kognitív robotika	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter	DSc
29..	Teljesítményelektronika	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter	DSc
30.	Elektronika és elektronikus energiaátalakítók	2	12	2	k	Dr. Szemes Péter	PhD
31.	Villamosságtan	2	12	2	k	Dr. Battistig Gábor	DSc
32.	MEMS eszközök fizikája és technológiája	2	12	2	k	Dr. Battistig Gábor	DSc
33.	Méréselmélet és jelfeldolgozás	2	12	2	k	Dr. Korondi Péter Dr. Kocsis Imre	DSc PhD, habil.
34.	Párhuzamos adatfeldolgozás	2	12	2	k	Dr. Gál Zoltán	PhD, habil.

35.	Autonomous Driving and Interactive Systems	2	12	2	k	Dr. Husam A. Almusawi	PhD
36.	Robotics in Rehabilitation and Assistance	2	12	2	k	Dr. Husam A. Almusawi	PhD
37.	Villamos hajtások modellezése és kísérleti vizsgálata	2	12	2	k	Dr. Síki Gusztáv Áron	PhD
38.	Adatelemzés	2	12	2	k	Dr. T. Kiss Judit	PhD
39.	Problémamegoldás intelligens számítási módszerekkel	2	12	2	k	Dr. Kocsis Imre	PhD, habil.

k- kollokvium (a **Komplex Vizsga** és az **Általános kutatási ismerek** a Doktori Iskolától független, de kötelezően teljesítendő tárgy)

A doktori tanulmányok során az oktatási és kutatási tevékenységek adminisztrációjának nyomon követésére az **Óratartás I–VIII.** és a **Kutatómunka I–VIII.** tantárgyak kerültek meghirdetésre. Az ezekhez kapcsolódó kreditek a hallgató adott félévben nyújtott teljesítménye, valamint a **PIGTDI-MSz** rendelkezései alapján szerezhetők meg.

A hallgató minden félév végén a **Féléves kutatási beszámoló** tantárgy teljesítésével számol be kutatási előrehaladásáról a Doktori Iskola vezetője számára.

Emellett minden év tavaszi félévében kötelezően teljesítendő az **Éves kutatási beszámoló I–IV.** tantárgyak valamelyike, amelynek keretében a hallgató az adott időszak kutatási eredményeit és előrehaladását összegzi.

6. Doktori Iskola működésének szabályozása

A Pekár Imre Tudományok Doktori Iskola működése során a Debreceni Egyetem Doktori Szabályzatát veszi alapul (https://doktori.hu/document/14026/original/14/00014270.pdf).

A doktori iskola rendelkezik saját szabályzattal, illetve az egyetemi és a Tudományterületi Doktori Tanács megfelelő szabályzatai irányt mutatnak az általános kérdésekben. A Pekár Imre Gépészeti Tudományok Doktori Iskolára (PIGTDI) vonatkozó működési szabályokat a működési szabályzat tartalmazza.

Az ezekben nem szabályozott kérdésekben a határozatokat, illetve a folyamatos működéséhez és a magas színvonalú képzéshez szükséges döntéseket a Doktori Iskola Tanácsa hozza.

A Doktori Iskola Tanácsának tagjai a DI törzstagjai és titkára, valamint választás útján a DI egy PhD hallgatója. A választott PhD hallgató tanácskozási és szavazati joggal vesz részt a Doktori Iskola Tanácsának munkájában. Esetenként az iskola vezető oktatói is részt vesznek a döntések előkészítésben. Az iskola vezetője félévenként legalább egyszer köteles összehívni a Doktori Iskola Tanácsát, és ott beszámolni a legutóbbi ülés óta történt fontosabb eseményekről és döntésekről.

Az adminisztratív feladatok ellátásában, a nyilvántartások elkészítésében, karbantartásában és a döntések előkészítésében titkár segíti a Doktori Iskola Tanácsának munkáját.

A Doktori Iskola akkreditációjának előkészítését, majd a működését, adminisztrációját szolgálja a Doktori Iskola honlapja: www.engphd.unideb.hu A Doktori Iskola a honlapján a doktori képzésről és doktori iskolát érintő történésekről legalább havi rendszerességgel frissített tartalommal hiteles és nyilvános tájékoztatást ad, a felvételi követelményeket évente a honlapon és a felsőoktatási intézményben szokásos módon is közzéteszi.