



MESTERSÉGES INTELLIGENCIA INFORMATIKUS MESTERKÉPZÉSI SZAK (2026)

képzési és kimeneti követelményei

1. **A mesterképzési szak megnevezése:** mesterséges intelligencia informatikus (Artificial Intelligence)
2. **A mesterképzési szakon szerezhető végzettségi szint és a szakképzettség oklevélben szereplő megjelölése:**
 - végzettségi szint: mester- (magister, master; rövidítve: MSc-) fokozat
 - szakképzettség: okleveles mesterséges intelligencia informatikus
 - a szakképzettség angol nyelvű megjelölése: Master in Artificial Intelligence
3. **Képzési terület:** informatika
4. **A mesterképzésbe történő belépésnél előzményként elfogadott szakok:**
 - 4.1. **Teljes kreditérték beszámításával vehető figyelembe:** programtervező informatikus, mérnökinformatikus, gazdaságinformatikus alapképzési szakok.
 - 4.2. **A 9.3. pontban meghatározott kreditek teljesítésével elsősorban számításba vehető:** üzemmérnök informatikus, kiberbiztonsági mérnök alapképzési szak(ok).
 - 4.3. **A 9.3. pontban meghatározott kreditek teljesítésével vehetők figyelembe továbbá** azok az alapképzési és mesterképzési szakok, illetve a felsőoktatásról szóló 1993. évi LXXX. törvény szerinti szakok, amelyeket a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek összevetése alapján a felsőoktatási intézmény kreditátviteli bizottsága elfogad.
5. **A képzési idő félévekben:** 4 félév
6. **A mesterfokozat megszerzéséhez összegyűjtendő kreditek száma:** 120 kredit.
 - a szak orientációja: kiegyensúlyozott (40-60 százalék)
 - a diplomamunka készítéséhez rendelt kreditérték: 30 kredit;
 - a szabadon választható tantárgyakhoz rendelhető minimális kreditérték: 6 kredit;
7. **A szak képzési területek egységes osztályozási rendszer szerinti tanulmányi területi besorolása:** 061 Information and Communication Technologies
8. **A mesterképzési szak képzési célja és a szakmai kompetenciák**

A képzés célja mesterséges intelligencia rendszereket megértő, fejlesztő és alkalmazó szakemberek képzése, akik a tudásuk fejlesztését hosszú távon biztosító elméleti alapokra építve, a mesterséges intelligencia megoldások fejlesztési, létrehozási, bevezetési, működtetési, szervizelési tevékenységét önállóan és csoportmunkában képesek magas szinten ellátni. A képzés során a hallgatók megismerkednek mindazon eszközökkel, amelyek képesek az ipari igényeket maximálisan kielégíteni. Rendelkeznek továbbá az alkalmazási területük fejlesztési feladatainak megoldásához szükséges együttműködési és modellalkotási készségekkel, képesek mesterséges intelligencia célú kutatási feladatok ellátására, koordinálására. A szakon végzettek felkészültek tanulmányaik doktori képzésben történő folytatására.

8.1. Az elsajátítandó szakmai kompetenciák

a) tudás

- Ismeri a mesterséges intelligencia szakterületének innovatív, kutatói szintű műveléséhez szükséges adatelemzési, matematikai, statisztikai, etikai fogalmakat, különösen a gépi tanulás, mély gépi tanulás, megerősítéses tanulás, generatív modellek, multi-ágens rendszerek, kogníció, emberi együttműködés területein, amelyek megalapozzák az élethosszig tartó tanulást és a tudásadaptációt a változó ipari környezetekben;
- Kimagasló ismeretekkel rendelkezik a mesterséges intelligencia aktuális fogalmairól, módszereiről és elméleteiről. Tudatában van a különböző peremfeltételek (mint valós körülmények, nagy mennyiségű adat, emberek specifikus támogatására kifejlesztett alkalmazások) modellezésre és tanításra gyakorolt hatásaival, amelyek segítik a különböző ipari, közigazgatási és egyéb szereplőkkel való kommunikációt. Továbbá megismeri a társterületek, szükség szerint választott határterületek alapvető fogalmait az iparral és a társadalom egyéb szegmenseivel való hatékony együttműködés érdekében;
- Magas szintű ismereteket szerez a mesterséges intelligencia főbb alkalmazási területein, mint felismerő, ajánló-, generáló-, kisegítő- és hasonló rendszerek. Megismeri az ezen területekhez kötődő problémákat és a megoldási lehetőségek főbb irányait, a kapcsolódó technikák alkalmazási korlátait. Megfelelő tudással rendelkezik új módszerek kidolgozására, és a modern módszerek implementálására, alkalmazására;
- Elsajátítja az olyan szoftverfejlesztési folyamatok és technológiák mester szintű alkalmazását, amelyek a mesterséges intelligencia módszerek megbízható és hatékony létrehozását, üzembe helyezését, karbantartását és bővítését célozzák ipari környezetben, ezzel lefedve a szoftverek teljes életciklusát;
- Tudatában van az emberi kommunikáció, érzékelés, viselkedés és gondolkodás alapelveinek, és ennek megfelelően ismeri a mesterséges intelligencia nyújtotta lehetőségeket a hatékony és természetes ember-gép interakciós rendszerek megvalósításához, amelyek a technológia széleskörű felhasználását biztosítják;
- Ismereteket szerez a megmagyarázható és biztonságos mesterséges intelligencia fejlesztésének módszereiről és lehetőségeiről, egyes módszerek előnyeiről és hátrányairól, amely lehetővé teszi a mesterséges intelligencia alkalmazását biztonság kritikus rendszerek esetén is;
- Az angol nyelvtudása eléri a képzéshez, az angol nyelvű szakirodalom megismeréséhez, a szakszöveg megértéséhez, feldolgozásához és a szakképzettséggel ellátható szakmai feladatok elvégzéséhez, valamint a folyamatos szakmai önképzéshez szükséges szintet;
- Tisztában van a mesterséges intelligencia alapú szoftverekhez, adatok kezeléséhez és autonóm rendszerek témaköréhez kapcsolódó alapvető jogi ismeretekkel és törvényekkel;
- Ismeri a mesterséges intelligencia azon módszereit, amelyek segítik az etikus használatot és az előítéletesség leküzdését, továbbá az ember-centrikus mesterséges intelligencia céljait és módszertanát.

b) képesség

- Képes a mesterséges intelligencia megoldások, modellek tervezésére, implementálására, analízisére, validációjára, értékelésére, a működésük átlátására;
- Képes a mesterséges intelligencia rendszereket érintő különféle adat/kiber/etikai/üzemeltetési biztonsági kihívásokat felismerni és értékelni, valamint képes a biztonságos rendszertervezés alapelveinek alkalmazására;

- Képes a különböző ipari környezetekben és egyes tudományágakban megjelenő komplex feladatok értelmezésére, felbontására az ismert módszerek mentén, feladatok tudomány terület szerinti elkülönítésére, és a megoldás megtervezésére;
- Képes a mesterséges intelligencia területéhez szorosan kapcsolódó felismerő, ajánló, generáló és kisegítő rutinfeladatokat felismerni és elvégezni, amelyek lehetővé teszik a gyors alkalmazásfejlesztést és prototípus gyártást;
- Képes az előírt feladathoz tartozó nyers adatok előkészítő feladatait, mint adatgyűjtés, adatelőkészítés, adatelemzés, adatfeldolgozás, adatrepresentáció feladatkörét átlátni és szükség esetén elvégezni;
- Képes a mesterséges intelligencia felhasználásával támogatni a szoftverfejlesztési életciklust, figyelembe véve a létesítés, betanítás, üzemeltetés, bővítés, fejlesztési, lecserélési és kivezetési lehetőségeket.
- Képes speciális igényeket kielégítő fejlődő, gondolkodó személyre szabó és kooperációt segítő rendszerek kifejlesztésére. Munkájával képes megfelelni az erkölcsi és ipari megbízhatósági kritériumoknak, valamint a hatályos jogszabályi kereteknek;
- Képes hatékonyan együttműködni a mesterséges intelligencia széles felhasználói körével, mind az előkészítési, mind az alkalmazási lehetőségek és módszerek terén. Speciális területen is képes alkalmazni a megszerzett tudást, pl. az egészségügyi, pénzügyi, ipari, oktatási vagy szolgáltatás szektorokban;
- Képes az eredmények könnyen értelmezhető interpretálására szöveges, vizuális és verbális módon is. Képes személyre szabható rendszerek megvalósítására, így segítve az átláthatóságot és többrétű felhasználhatóságot;
- Anyanyelvén kívül legalább angol nyelven képes szóban és írásban szakmai eszmecserét folytatni, eredményeket bemutatni és értelmezni, jelentéseket készíteni, szakmai anyagokat feldolgozni, prezentálni;
- Egyénileg képes a tudását kiterjeszteni még nem látott feladatokra a korábbi tapasztalatai alapján a már ismert módszerek segítségével. Képes kutatási fejlesztési és innovációs irányok felismerésére, ahhoz kapcsolódó mérföldkövek meghatározására és azok végrehajtására, megfelelő kutatói háttér mellett.

c) attitűd

- Figyelemmel kíséri a mesterséges intelligencia és a kapcsolódó szakterületek elsősorban matematikai, statisztikai, informatikai vonatkozású, valamint speciális területéhez kapcsolódó legújabb eredményeit, és törekszik arra, hogy ezeket saját fejlődésének szolgálatába állítsa;
- Tiszteletben tartja és munkája során figyelembe veszi az övétől eltérő véleményeket, kizárólag a szakmai érvekkel történő meggyőzést tartja elfogadhatónak;
- Hitelesen képviseli szakmáját és mutatja be munkájának eredményeit;
- Elkötelezett a környezettudatos és fenntartható magatartás közvetítése és megvalósítása iránt.
- Elkötelezett a mesterséges intelligencia etikus használata, az előítéletesség leküzdése iránt az ember-centrikus mesterséges intelligencia célkitűzéseinek megfelelően.

d) autonómiája és felőssége

- Nagy figyelmet fordít feladatainak precíz elvégzésére és a határidők pontos betartására, illetve betartatására;
- Alkalmas mind egyénileg, mind pedig egy csoport tagjaként vagy vezetőjeként rutin felismerő, ajánló, generáló és kisegítő rendszer tervezési feladatainak elvégzésére;
- Felelősséget vállal a vele együtt dolgozók vagy irányítása alatt állók munkájáért;

- Felelősen, az aktuális szabályozásnak megfelelően kezeli a rá bízott érzékeny, esetlegesen bizalmas adatokat;
- Munkáját a szakmai és tudományos etika követelményeinek maximális figyelembevételével végzi.

9. A mesterképzés jellemzői

9.1. Szakmai jellemzők

9.1.1. A szakképzettséghez vezető tudományágak, szakterületek, amelyekből a szak felépül:

- Matematikai és természettudományi ismeretek: 10-20 kredit
Mesterséges intelligencia tématerülethez kapcsolódó alkalmazott matematikai és természettudományi ismeretek, amelyek a törzsanyag és a specializált informatikai és mesterséges intelligencia tárgyak elsajátításához szükségesek (például lineáris algebra, valószínűségszámítás, matematikai statisztika, numerikus módszerek, operációkutatás, rendszer- és információelmélet, kvantitatív módszerek, jel- és képfeldolgozás, tanuláselmélet és approximációelmélet, stb. területekről.
- Informatika és mesterséges intelligencia törzsanyag: 20-30 kredit
 - A mesterséges intelligencia elméleti és gyakorlati hátteréhez, fejlesztéséhez és üzemeltetéséhez kapcsolódó informatikai ismeretek (kapcsolódó programozási ismeretek, algoritmusok, adatszerkezetek)
 - mesterséges intelligencia szoftvertechnológiája (speciális számítógépes architektúrák, MI üzemeltetéshez használható szoftver rendszerek)
 - Mesterséges intelligencia algoritmusok és technológiák, gépi tanulási módszerek, neurális hálózatok, mély gépi tanulás
 - generatív mesterséges intelligencia, nagy nyelvi modellek;
- A mesterséges intelligencia területén speciális kompetenciákat eredményező ismeretek, többek között: 40-50 kredit
 - Megerősítéses tanulás, párhuzamos és elosztott mesterséges intelligencia modellek architektúrái,
 - Adatbiztonság, megmagyarázható MI, etikus MI, MI szabályozása
 - MI termékfejlesztés, MI alapú üzleti modellek,
 - Döntéstámogató rendszerek, Multi-ágens rendszerek, Ember-gép együttműködés és biztonság, megbízható MI,
 - MI alkalmazások ismertetése, például természetes nyelvfeldolgozás, számítógépes látás, robotika, IoT, gyártástechnológia, beszéd-feldolgozás és -szintézis, intelligens ipari monitorozás, stb.
 - MI Infrastruktúra, MI DevOps, MLSecOps, MI kiberbiztonság
- Diplomamunka: 30 kredit
- Szabadon választható tárgyak: 6 kredit

9.2. A szakmai gyakorlat követelményei

A szakmai gyakorlat kritérium követelmény. A szakmai gyakorlat egyéni vagy csoportmunkában erre alkalmas szervezetnél vagy a felsőoktatási intézmény gyakorlóhelyén teljesítendő, összességében legalább 6 hétig tartó (240 igazolt munkaórát tartalmazó) projekt-struktúrájú gyakorlat.

A szakmai gyakorlat tárgy teljesítése előfeltétele az abszolutórium kiállításának.

<https://inf.unideb.hu/szakmai-gyakorlat>

Szakmai gyakorlatra a 2. félévtől lehet jelentkezni.

A szakmai gyakorlattal kapcsolatos eljárásrendet a Debreceni Egyetem Tanulmányi és Vizsgaszabályzat Informatikai Kari melléklete tartalmazza.

9.3. A 4.2. és 4.3. pont tekintetében a mesterképzési képzési ciklusba való belépés minimális feltételei

- A teljes kreditérték beszámítású alapképzéstől eltérő képzésből a mesterképzésbe való belépéshez szükséges minimális kreditek száma tudományterületenként/áganként, diszciplinánként;
- Meghatározott számú kredit utólagos teljesítésével vehetők figyelembe azok az alapképzési szakok, illetve a felsőoktatásról szóló 1993. évi LXXX. törvény szerinti főiskolai alapképzési szakok, amelyeket a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek összevetése alapján a felsőoktatási intézmény kreditátviteli bizottsága elfogad.
- Az alapképzéstől eltérő mesterképzésbe való belépéshez szükséges minimális kreditek száma 50 kredit az alábbi területekről:
 - matematika és számítástudomány területéről 20 kredit,
 - informatika területéről 30 kredit.

A mesterképzésbe való felvétel feltétele, hogy a hallgató a felsorolt területeken legalább 30 kredittel rendelkezzen.

A hiányzó krediteket a mesterfokozat megszerzésére irányuló képzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint meg kell szerezni.

Debreceni Egyetem Informatikai Kar

Mesterséges intelligencia informatikus MSc

Képzési forma: nappali/levelező

Szakfelelős: Dr. Harangi Balázs (harangi.balazs@inf.unideb.hu)

Hallgatói tanácsadó: Dr. Bogacsovics Gergő (bogacsovics.gergo@inf.unideb.hu)

Képesítési követelmények

A szakon az oklevél megszerzésének általános követelményeit a Debreceni Egyetem Tanulmányi és Vizsgaszabályzata tartalmazza.

Munkavédelem és Testnevelés

A Munkavédelem, valamint a Testnevelés tantárgyak kreditértéke 1 – 1 kredit, amelyek a szak képzési és kimeneti követelményében meghatározott, a végbizonyítvány megszerzéséhez szükséges kreditek száma fölött teljesítendőek.

Oklevél kredit-követelmények:

Matematikai és természettudományi ismeretek:	18 kredit
Informatika és mesterséges intelligencia törzsanyag:	24 kredit
A mesterséges intelligencia területén speciális kompetenciákat eredményező ismeretek:	42 kredit
Diplomamunka:	30 kredit
Szabadon választható tantárgyak:	6 kredit
Összesen	120 kredit
Informatikai szaknyelvi ismeretek	3 kredit
Munkavédelem:	1 kredit
Testnevelés – 1 félév – (csak nappali tagozaton):	1 kredit

A diplomamunka

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez a képzése során diplomamunkát kell készítenie.

A Diplomamunka 1 és Diplomamunka 2 kötelező tárgy, a hallgató akkor veheti fel a tantárgyakat, ha:

- határidőre témát választott
(A téma kiírójával közösen kidolgozza legalább egy, maximum két oldal terjedelemben munkatervét, amelyben ismerteti az elvégzendő munka célját, a téma kidolgozásához szükséges ismeretek körét, a munka ütemezését.)
- a választott témáját a témajelentkezés során a Tanulmányi Bizottság elfogadta
- legalább 30 kreditet szerzett

A záróvizsga

a) a záróvizsgára bocsátás feltételei

1. Abszolutórium megszerzése: a mester fokozathoz szükséges 120 kredit teljesítése az előírt tanterv szerint.
2. Az előírt szakmai gyakorlat teljesítése
3. A diplomamunka elkészítése, benyújtása, valamint annak elfogadása

b) a záróvizsga menete

A záróvizsga csak szóbeli részből áll, és a szakmai ismeretek komplex összefüggései ellenőrzésére szolgál.

F. Feleletjegy. A vizsgázó két tételt húz, a Feleletjegy a két jegy egész értékre kerekített átlagából adódik. Ha valamelyik tétel jegye elégtelen, akkor a Feleletjegy elégtelen, és a záróvizsga sikertelen.

D1. A diplomamunka védése. A védés során a jelöltnek rövid előadás keretében ismertetnie kell a dolgozatát, majd válaszolnia kell a dolgozat bírálója, illetve a bizottság tagjai által feltett kérdésekre.

D2. A diplomamunka érdemjegye, amit a Záróvizsga Bizottság állapít meg a dolgozat bírálója által javasolt érdemjegy figyelembe vételével.

A záróvizsga érdemjegyének (ZV) kiszámítási módja: $ZV = (F + D1 + D2) / 3$

Ha a D2 jegy elégtelen, akkor a jelölt nem bocsátható záróvizsgára.

Ha az F és D1 jegy közül bármelyik elégtelen, akkor a záróvizsga is elégtelen. Az ismételt záróvizsga során csak az elégtelennel minősített összetevőt kell megismételni.

Oklevél minősítése

Sikeres záróvizsga esetén az alábbi eredmények átlaga alapján kerül meghatározásra:

- a) SZ: a Diplomamunka tárgyak érdemjegyének, a diplomamunka bírálatának és a záróvizsgán történő védésére kapott érdemjegyek átlaga két tizedesre kerekítve
- b) F: A záróvizsgán kapott feleletek jegyeinek átlaga egész értékre kerekítve.
- c) T: a képzés során teljesített összes kötelező és választható szakmai tárgy – kivéve a Diplomamunka 1 és Diplomamunka 2 – kredittel súlyozott átlaga két tizedesre kerekítve

Oklevél minősítése: $(0,3 * SZ + 0,2 * F + 0,5 * T)$

A fenti átlageredmény alapján az oklevél minősítését a Debreceni Egyetem Tanulmányi és Vizsgaszabályzatának 31. § (7) pontja adja meg.

Mesterséges intelligencia informatikus MSc

Tantervi háló

Matematikai és természettudományi ismeretek – teljesítendő 18 kredit

Tárgykód / Kurzuskód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Peri- ódus	Aján- lott félév
			elm.	gyakorlat					
				tant.	labor				
INMEM0101-26 INMEM0101E	A mesterséges intelligencia matematikai alapjai	3	2			K			1
INMEM0102-26 INMEM0102E INMEM0102L	Mesterséges intelligencia módszerek statisztikai analízise	6	2		2	K A			1
INMEM0103-26 INMEM0103L	Haladó optimalizálási módszerek	3			2	G			1
INMEM0104-26 INMEM0104E	Neurális hálók elmélete	3	2			K			1
INMEM0207-26 INMEM0207L	Operációkutatás	3			2	G			2

Informatika és mesterséges intelligencia törzsanyag – teljesítendő 24 kredit

Tárgykód / Kurzuskód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Peri- ódus	Aján- lott félév
			elm.	gyakorlat					
				tant.	labor				
INMEM0105-26 INMEM0105E INMEM0105L	Gépi tanulás	6	2		2	K A			1
INMEM0106-26 INMEM0106L	Fejlett géptanuló modellek	3			2	G			1
INMEM0208-26 INMEM0208E INMEM0208L	Mélytanulás	6	2		2	K A			2
INMEM0209-26 INMEM0209L	Természetesnyelv- feldolgozás és beszédfeldolgozás	3			2	G			2
INMEM0210-26 INMEM0210L	Generatív mesterséges intelligencia	3			2	G			2
INMEM0211-26 INMEM0211L	AI engineering/MLOps	3			2	G			2

Diplomamunka – teljesítendő 30 kredit

Tárgykód / Kurzuskód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Peri- ódus	Aján- lott félév
			elm.	gyakorlat					
				tant.	labor				
INMEM0312-26 INMEM0312L	Diplomamunka 1	15				G			3
INMEM0413-26 INMEM0413L	Diplomamunka 2	15				G			4

**A mesterséges intelligencia területén speciális kompetenciákat eredményező ismeretek –
teljesítendő 42 kredit**

Tárgykód / Kurzuskód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Peri- ódus	Aján- lott félév*
			elm.	gyakorlat					
				tant.	labor				
INMEM9914-26 INMEM9914L	Magyarázható MI	3			2	G			3
INMEM9915-26 INMEM9915E INMEM9915L	MI és kiberbiztonság	6	2		2	K A			4
INMEM9916-26 INMEM9916E	MI etika és irányítás	3	2			K			2
INMEM9917-26 INMEM9917L	Vizualizáció és vizuális analitika	3			2	G			3
INMEM9918-26 INMEM9918L	Gráf-alapú neurális hálózatok	3			2	G			3
INMEM9919-26 INMEM9919L	Szimulációk – Digital Twin	3			2	G			3
INMEM9920-26 INMEM9920E INMEM9922L	Megerősítéssel tanulás	6	2		2	K A			2
INMEM9921-26 INMEM9921L	Elosztott MI rendszerek	3			2	G			3
INMEM9922-26 INMEM9922L	Multimodális MI eszközök	3			2	G			3
INMEM9923-26 INMEM9923L	Adatbányászat	3			2	G			2
INMEM9924-26 INMEM9924L	Haladó adatkezelés	3			2	G			3
INMEM9925-26 INMEM9925E INMEM9925L	Számítógépes látás	6	2		2	K A			2
INMEM9926-26 INMEM9926L	Szöveg- és webbányászat	3			2	G			3
INMEM9927-26 INMEM9927L	Robotikai alapok	3			2	G			3
INMEM9928-26 INMEM9928L	MI az egészségtudományokban	3			2	G			4
INMEM9929-26 INMEM9929L	MI a fizikában	3			2	G			4
INMEM9930-26 INMEM9930L	Docker és Kubernetes MI-hez	3			2	G			2
INMEM9931-26 INMEM9931L	Fejlett felhőalapú számítástechnika	3			2	G			2
INMEM9932-26 INMEM9932L	A párhuzamos programozás eszközei	3			2	G			3
INMEM9933-26 INMEM9933L	Szoftverfejlesztés ipari környezetben	3			2	G			3
INMEM9934-26 INMEM9934L	Ipari problémák elméleti és neurális hálós megoldása	3			2	G			3
INMEM9935-26 INMEM9935L	Hatékony MI: optimalizálási technikák	3			2	G			3

* Az ajánlott félév időnként változhat.

Szabadon választható tárgyak * - teljesítendő 6 kredit

Tárgykód / Kurzuskód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Peri- ódus	Aján- lott félév
			elm.	gyakorlat					
				tant.	labor				

* „Szabadon választható” – Az Informatikai Kar által meghirdetett szakmai szabadon választható tárgyak, továbbá a Debreceni Egyetem más karai által meghirdetett intézményi szabadon választható tárgyak.

Kritérium jellegű követelmény tárgyak – a végbizonyítvány megszerzéséhez szükséges kreditek száma fölött teljesítendő 5 kredit (levelező tagozaton 4 kredit teljesítendő)

Tárgykód / Kurzuskód	Tantárgynév	Kre- dit	Heti óraszám			Szám- mon- kérés	Előfeltételek	Peri- ódus	Aján- lott félév
			elm.	gyakorlat					
				tant.	labor				
	Munkavédelem	1				G		I	1
	Testnevelés	1				G		I	
INMXM9993-23	Informatikai szaknyelvi ismeretek.	3		2		G		I	
INMEM9997-26 INMEM9997G	Szakmai gyakorlat	0				A			3

Mesterséges intelligencia informatikus MSc

Tantárgyi tematikák

Matematikai és természettudományi ismeretek

A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA MATEMATIKAI ALAPJAI

INMEM0101-26

Félév: 1

Típus: Előadás

Óraszám/hét: 2+0+0

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Aradi Bernadett

Tantárgyleírás / tematika:

A lineáris algebra elemei: lineáris transzformációk, szimmetrikus és orto-gonális transzformációk, ezek sajátértékei, sajátvektorai. Mátrixfelbontások: Cholesky-felbontás, spektrálfelbontás, szinguláris felbontás.

Aktivációs függvények és tulajdonságaik, deriváltjuk. A skalár- és vektorértékű, többváltozós függvények deriválása: parciális deriváltak és gradiens vektor, Jacobi-mátrix. Magasabbrendű deriváltak: Hesse-mátrix, többváltozós Taylor-sor.

A valószínűségszámítás elemei: eloszlás- és sűrűségfüggvények, több-dimenziós eloszlások, kovariancia- és korrelációmátrix.

Alkalmazások: főkomponens-analízis, kanonikus korrelációanalízis, többdimenziós skálázás.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Deisenroth, M.P., Faisal, A.A. and Ong, C.S.: Mathematics for Machine Learning. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. ISBN: 9781108455145
 - Hijab, O.: Math for Data Science. Springer, 2025. ISBN: 978-3-031-89706-1
 - Fessler, J.A. and Nadakuditi, R.R.: Linear Algebra for Data Science, Machine Learning, and Signal Processing. Cambridge: Cambridge University Press, 2024. ISBN: 9781009418140
 - Lax, P.D. and Terrell, M.S.: Multivariable Calculus with Applications. Springer, 2017. ISBN: 978-3-319-74072-0
-

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA MÓDSZEREK STATISZTIKAI ANALÍZISE

INMEM0102-26

Félév: 1

Típus: Előadás / Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 2+0+2

Kredit: 6

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Baran Sándor

Tantárgyleírás / tematika:

Leíró statisztikák, mintavételi eloszlások, konfidencia intervallumok, a hipotézisvizsgálat alapjai. A gépi tanulási technikák kiértékelése, a hibabecslési eljárások és a keresztvalidáció alapelvei. Osztályozási módszerek kiértékelése: a leggyakoribb mutatók (igazságmátrix alapú metrikák, ROC-analízis, kalibráció, Brier-score), egyszerű és többszörös újramintavételezés, statisztikai elemzés (statisztikai próbák konfidencia intervallumok). Egyéb felügyelt tanulási módszerek kiértékelése: regresszióanalízis, képszegmentálás, idősorelemzés. A klaszterező eljárások kiértékelése (stabilitásanalízis, indexek).

Leíró módszerek segítségével első benyomás szerzése az adatkészletekről. Valós példákon alapuló értékelés és összehasonlítás különböző osztályozási és regressziós módszerek, képszegmentációs megközelítések, idősorok és klaszterezési technikák tekintetében.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Nathalie Japkowicz, Zois Boukouvalas: Machine Learning Evaluation. Cambridge University Press, 2025. ISBN 978-1-316-51886-1
 - Giovanni Cerulli: Fundamentals of Supervised Machine Learning. With Applications in Python, R, and Stata. Springer, 2023. ISBN 978-3-031-41336-0
 - Rudolf Scitovski, Kristian Sabo, Francisco Martínez-Álvarez, Šime Ungar: Cluster Analysis and Applications. Springer, 2021. ISBN 978-3-030-74551-6
 - Marc Peter Deisenroth, A. Aldo Faisal, Cheng Soon Ong: Mathematics for Machine Learning. Cambridge University Press, 2020. ISBN 978-1-108-47004-9.
-

HALADÓ OPTIMALIZÁLÁSI MÓDSZEREK

INMEM0103-26

Félév: 1

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Baran Ágnes Éva

Tantárgyleírás / tematika:

Gradiens alapú módszerek elméleti háttere, feltételes optimalizálás alapjai, Lagrange-multiplikátorok, büntetőfüggvények.

Az alább felsorolt módszerek implementálása és tesztelése egyszerű feladatokon. Programkönyvtárakban már létező megvalósítások elemzése, tesztelése és összehasonlítása összetettebb, nagyobb problémák esetén.

Feltétel nélküli optimalizálás, gradiens módszer, a gradiens módszer variánsai a gépi tanulásban (momentum módszer, SGD, Adagrad, RMSprop, Adam, stb). Newton-módszer, nagyméretű feladatok megoldása. Sztochasztikus optimalizálás. Feltételes optimalizálás, büntetőfüggvények. Regularizáció. Konvex optimalizálás.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- M.J.Kochenderfer, T. A. Wheeler: Algorithms for Optimization, The MIT Press, 2019, ISBN: 9780262039420
 - S.J Wright, B. Recht, Optimization for Data Analysis, Cambridge University Press, 2022, ISBN: 9781009004282
 - S.Sra, S. Nowozin, S.J. Wright, Optimization for Machine Learning, The MIT Press, 2011, ISBN: 9780262537766
 - Y. Nesterov, Lectures on Convex Optimization, Springer, 2018, ISBN: 978-3-319-91577-7
 - J. P. Wheeler, An Introduction to Optimization with Applications in Machine Learning and Data Analytics, Chapman and Hall, 2023, ISBN: 9780367425500
-

NEURÁLIS HÁLÓK ELMÉLETE

INMEM0104-26

Félév: 1

Típus: Előadás

Óraszám/hét: 2+0+0

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Fazekas István

Tantárgyleírás / tematika:

Perceptron modell és konvergenciatétel; MLP felépítése; aktivációs és veszteségfüggvények; gradiens módszer, back-propagation, momentum, konjugált gradiens, kvázi Newton-módszerek, Levenberg–Marquardt-eljárás; regularizáció; mély tanulás és eltűnő gradiens probléma; cross-entropy; konvolúciós neurális hálók (CNN) felépítése, nevezetesen CNN architektúrák; tartóvektor-gépek (SVM), optimális hipersík, Kuhn–Tucker feltételek; SVM szeparációra és regresszióra; kernel-trükk és magfüggvények; rekurrens hálózatok (RNN), LSTM.

Matematikai levezetések elvégzése; neurális hálók és optimalizációs eljárások működésének analitikus vizsgálata; aktivációs és veszteségfüggvények tulajdonságainak elemzése; egyszerű neurális hálómódellek kézi számolással történő értékelése; SVM feladatok megoldása; kernel-függvények alkalmazásának gyakorlati megértése; konvolúciós hálók működésének elméleti vizsgálata.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Charu C. Aggarwal: Neural Networks and Deep Learning, Springer, 2023. ISBN978-3-031-29644-4
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT Press, 2016. ISBN: 0262035618
- S. Haykin: Neural Networks. A Comprehensive Foundation. Prentice hall. New Jersey, 1999. ISBN 978-0132733502
- V.N. Vapnik: Statistical Learning Theory. Wiley, 1998. ISBN: 978-0-471-03003-4
- Marc Peter Deisenroth, A. Aldo Faisal, Cheng Soon Ong: Mathematics for Machine Learning. Cambridge University Press, 2020 ISBN 9781108455145
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.: The Elements of Statistical Learning. Springer, 2009. ISBN978-0-387-84857-0
- Schmidhuber, J.: Deep Learning in Neural Networks: An Overview. Neural Networks, 61, 2015

OPERÁCIÓKUTATÁS

INMEM0207-26

Félév: 2

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Baran Ágnes Éva

Tantárgyleírás / tematika:

Algoritmusok a diszkrét optimalizálás, egészértékű programozás, dinamikus programozás, hálózati folyamproblémák területéről.

Algoritmusok implementálása és tesztelése, valamint probléma modellezési ismeretek elsajátítása a diszkrét optimalizálás, egészértékű programozás, dinamikus programozás, gráfalgoritmusok, hálózati folyamproblémák területéről. Az algoritmusok hatékonyságának elemzése különböző feladatok kapcsán.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- W. L. Winston, Operations research: Applications and algorithms, 4th Ed., Cengage Learning, 2003, ISBN: 978-0534380588
 - L.A. Wolsey, Integer programming, Wiley, 2020, ISBN: 978-1-119-60653-6
 - H. P. Williams, Model Building in Mathematical programming, Wiley, 2013, ISBN: 978-1-118-44333-0
 - M. Jünger at al, 50 Years of Integer Programming, 1958-2008, Springer, 2010, ISBN: 978-3-662-50181-8
 - H. Kellerer, U. Pferschy, D. Pisinger, Knapsack Problems, Springer, 2004, ISBN: 978-3-642-07311-3
-

GÉPI TANULÁS

INMEM0105-26

Félév: 1

Típus: Előadás / Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 2+0+2

Kredit: 6

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Hajdu András

Tantárgyleírás / tematika:

A gépi tanulás alapfogalmai és tanulási paradigmái (felügyelt, felügyelet nélküli tanulás, validációs stratégiák). Az adatvezérelt modellezés lépései: adatelőkészítés, modellfelállítás, teljesítménymérés. A túlillesztés, alulillesztés és modellvalidáció elmélete. Regressziós és osztályozási modellek működési alapjai. Döntési fák és ensemble módszerek (Random Forest, Boosting). Klaszterezési és dimenziócsökkentési technikák elméleti háttere. A modellek interpretálhatóságának alapelvei és a gépi tanulás etikai vonatkozásai.

Adatelőkészítési és adatvizsgálati technikák alkalmazása valós adathalmazokon. Gépi tanulási modellek létrehozása, tréningezése és értékelése megfelelő mérőszámokkal. Modellvalidációs eljárások gyakorlati megvalósítása (train-test split, cross-validation). Regressziós, osztályozási, döntési fa és ensemble modellek implementálása és összehasonlítása. Klaszterezési és dimenziócsökkentési eljárások gyakorlati alkalmazása. Modellinterpretációs módszerek használata (pl. feature importance). Etikai és felelős modellalkotási szempontok gyakorlati mérlegelése konkrét feladatok során.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Aurélien Géron: Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow (3rd Edition), O'Reilly Media, 2022. ISBN: 1098125975
- Kevin P. Murphy: Probabilistic Machine Learning: An Introduction, MIT Press, 2022. ISBN: 9780262046824
- Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning (2nd Edition), Springer, 2021. ISBN: 0387848576
- Christoph Molnar: Interpretable Machine Learning (2nd Edition), 2022. ISBN: 9798411463330.

FEJLETT GÉPITANULÓ MODELLEK

INMEM0106-26

Félév: 1

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Harangi Balázs

Tantárgyleírás / tematika:

Weak learner fogalma és tulajdonságai; ensemble-modellek elmélete; Bagging és Random Forest működése és konvergenciája; Boosting és AdaBoost elméleti háttere; GradBoost, XGBoost és modern változatai; sűrűségalapú klaszterezés (DBSCAN, HDBSCAN); NLP alapelvek: tokenizálás, beágyazások, klasszikus nyelvi modellek.

Bagging és Boosting modellek implementálása Pythonban (sklearn, XGBoost, LightGBM); Random Forest gyakorlati alkalmazása; HDBSCAN klaszterezés valós adatokon; teljesítménymérés (precision, recall, ROC, AUC); egyszerű NLP-feladatok megoldása (szövegosztályozás, embeddingek kezelése).

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning (2nd Edition), Springer, 2021. ISBN: 0387848576
 - Aurélien Géron: Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow (3rd Edition), O'Reilly Media, 2022. ISBN: 1098125975
 - Chen, T., Guestrin, C.: XGBoost: A Scalable Tree Boosting System, KDD 2016.
 - Breiman, L.: Random Forests, Machine Learning, 2001.
 - McInnes, L. et al.: HDBSCAN: Hierarchical Density-Based Clustering, JOSS, 2017.
 - Goldberg, Y.: Neural Network Methods for Natural Language Processing, Morgan & Claypool, 2017. ISBN: 9783031010378
-

MÉLYTANULÁS

INMEM0208-26

Félév: 2

Típus: Előadás / Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 2+0+2

Kredit: 6

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Hajdu András

Tantárgyleírás / tematika:

Mesterséges neurális hálók működési elve és tanítási folyamata.

Konvolúciós neurális hálózatok (CNN) elmélete és alkalmazási területei. Rekurrens neurális hálók (RNN, LSTM, GRU) struktúrái és idősoros/nyelvi feladatokban betöltött szerepük. Objektumdetektálási módszerek, különösen YOLO alapú architektúrák működési elvei. Képszegmentációs technikák elmélete (U-Net, encoder–decoder megközelítések). Vektorreprezentációk és beágyazások (embeddings) fogalma és használata. Neurális ajánlórendszerek elméleti felépítése. Sziámi hálók és metrikus tanulás alapelvei, különös tekintettel a hasonlóságmérésre és arcfelismerésre.

Neurális hálók implementálása és tanítása modern mélytanuló keretrendszerekben (pl. TensorFlow, PyTorch). CNN-ek alkalmazása képfeldolgozási és vizuális feladatokra. RNN-, LSTM- és GRU-modellek gyakorlati használata idősoros és természetes nyelvi adatokon. Objektumdetektáló modellek (pl. YOLO) betanítása és kiértékelése valós képi adatokon. Képszegmentációs modellek (U-Net, encoder–decoder) implementálása és alkalmazása. Embeddingek előállítása és felhasználása különböző feladatokban. Neurális ajánlórendszerek gyakorlati implementációja. Sziámi hálók és metrikus tanulás alkalmazása hasonlóság-alapú feladatok megoldására.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning, MIT Press, 2016. ISBN: 9780262035613
- Aurélien Géron: Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow (3rd Edition), O'Reilly Media, 2022. ISBN: 1098125975
- François Chollet: Deep Learning with Python (2nd Edition), Manning Publications, 2021. ISBN: 1617296864
- Aston Zhang, Zachary C. Lipton, Mu Li, Alexander J. Smola: Dive into Deep Learning, Cambridge University Press, 2023. ISBN: 1009389432

TERMÉSZETESNYELV-FELDOLGOZÁS ÉS BESZÉDFELDOLGOZÁS

INMEM0209-26

Félév: 2

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Lakatos Róbert

Tantárgyleírás / tematika:

Különös hangsúlyt kapnak az ipari környezetben releváns technológiák, mint az end-to-end rendszerek, az öntanuló (self-supervised) reprezentációk és a multimodális alkalmazások. A hallgatók gyakorlati példákon keresztül ismerkednek meg a nyelvi modellek teljes életciklusával, az előtanítástól és a finomhangolástól (fine-tuning) (például DPO és RLHF) kezdve, a prompt-mérnöki (prompting) módszereken át, egészen a deploymentsig (üzembe helyezésig) és a hatékonysági kérdésekig.

A tárgy részletesen foglalkozik a generatív modellek működésével, a szöveggenerálás (például összefoglalás, fordítás) és a kérdés-válasz (QA) rendszerek felépítésével. Továbbá betekintést nyújt a beszédfelismerés legújabb architektúráiba (pl. Whisper modellek) és a beszédes ágensek tervezésébe. A hallgatók kritikai szempontból is megvizsgálják a terület nyitott problémáit, az etikai vonatkozásokat és a modellek értékelési (evaluation) módszereit.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Jacob Eisenstein: Introduction to Natural Language Processing, MIT Press, 2019., ISBN: 9780262042840
- Yoav Goldberg: A Primer on Neural Network Models for Natural Language Processing, Morgan & Claypool Publishers, 2017, <https://arxiv.org/abs/1510.00726>
- Delip Rao and Brian McMahan: Natural Language Processing with PyTorch (requires Stanford login), O'Reilly Media, 2020., ISBN: 9781491978221
- Lewis Tunstall, Leandro von Werra, and Thomas Wolf: Natural Language Processing with Transformers, O'Reilly Media, 2022., ISBN: 9781098136789
- Dan Jurafsky and James H. Martin: Speech and Language Processing (2024 pre-release), Kiadó nélkül (online elérhető), 2024.
- Michael A. Nielsen: Neural Networks and Deep Learning, Determination Press, 2015. (online elérhető)
- Eugene Charniak: Introduction to Deep Learning, MIT Press, 2018., ISBN: 9780262039512

GENERATÍV MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

INMEM0210-26

Félév: 2

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Bogacsovics Gergő

Tantárgyleírás / tematika:

A tárgy ugyancsak kitér a modern, transzformer alapú generatív modellek (pl. nyelvi és multimodális modellek) alapelveire, a feltételes generálás módszereire, valamint a korszerű, paraméterhatékony finomhangolási technikákra (pl. LoRA, adapter rétegek).

A kurzus gyakorlatorientált módon mutatja be, hogyan alkalmazhatók a generatív modellek különböző feladatok megoldására, beleértve a kép- és szöveggenerálást, adat-augmentációt, stílusátvitelt és a szintetikus adatelőállítást, illetve hogyan mérhető a generált tartalmak minősége és változatossága (pl. FID, IS, CLIP-score). Ugyancsak kiemelt hangsúlyt kapnak a generatív módszerek felelős használatának kérdései, a torzítások felismerése, a valósághűség és a diverzitás értékelése, valamint a technológiai kihívások.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning, MIT Press, 2016. ISBN: 978-0262035613
 - David Foster: Generative Deep Learning: Teaching Machines to Paint, Write, Compose, and Play, 2nd Edition, O'Reilly Media, 2023. ISBN: 978-1098134181
 - Jakub M. Tomczak: Deep Generative Modeling, Springer, 2024. ISBN: 978-3031640865
 - Kailash Ahirwar: Generative Adversarial Networks Projects, Packt Publishing, 2019. ISBN: 978-1789136678
 - Omar Sanseviero, Pedro Cuenca, Apolinario Passos, Jonathan Whitaker: Hands-On Generative AI with Transformers and Diffusion Models, O'Reilly Media, 2024. ISBN: 978-1098149246
-

AI ENGINEERING/MLOPS

INMEM0211-26

Félév: 2

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Kötelező

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Bérczes Tamás Márton

Tantárgyleírás / tematika:

A tantárgy elméleti része bemutatja a gépi tanulási rendszerek teljes életciklusát, az adatgyűjtés és előfeldolgozás folyamatától kezdve a modellépítésen és értékelésen át egészen a deployolásig és folyamatos működtetésig. A hallgatók megismerik az automatizált és skálázható ML- és adatpipeline-ok működési elveit, a modellverziózás és a modellekhez kapcsolódó artefactok kezelésének gyakorlatát, valamint a drift- és anomáliadetektálás elméleti hátterét. A kurzus foglalkozik a modern kiszolgálási architektúrák, többek között a Triton Inference Server és a különböző batch és online predikciós rendszerek működésével, továbbá áttekinti a CI/CD-folyamok sajátosságait, és azok szerepét az ML-rendszerek megbízható üzemeltetésében.

A gyakorlati foglalkozások során a hallgatók valós MLOps-környezetben hoznak létre adat- és tanító pipeline-okat, különböző eszközök — például MLflow, Airflow és Kubeflow — használatával. A gyakorlatok célja, hogy a hallgatók képesek legyenek modelleket verziózni, nyilvántartani és különböző szerverezési megoldásokkal (REST, gRPC, Triton) üzembe helyezni. A kurzus hangsúlyt fektet a monitoring és alerting rendszerek kiépítésére, amelyek segítségével nyomon követhető a modellek teljesítménye és időben felismerhetők az eltérések. A félév végére a hallgatók egy komplex, end-to-end MLOps-projektet valósítanak meg, amely magában foglalja a teljes életciklus automatizációját és dokumentálását.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Mark Treveil & Dataiku Team: Introducing MLOps. O'Reilly, 2020., ISBN: 9781492083283
- Chip Huyen: Designing Machine Learning Systems. O'Reilly, 2022., ISBN: 9781098107956
- Emmanuel Ameisen: Building Machine Learning Powered Applications. O'Reilly, 2020., ISBN: 9781492045106
- Prema & Patrick Deziel: Real-Time Machine Learning. Manning, 2025., ISBN: 9781633435735

MAGYARÁZHATÓ MI

INMEM9914-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Tóth János

Tantárgyleírás / tematika:

A magyarázható mesterséges intelligencia alapfogalmai, céljai és indokoltsága; a gépi és mélytanuló modellek magyarázhatóságának fő megközelítései; valamint az előítéletesség, torzítások és méltányosság kérdései MI rendszerekben.

A modellfüggetlen magyarázhatósági eszközök (LIME, SHAP, részleges függőségi ábrák (PDP)) alkalmazása különböző gépi tanulási modelleken; szalienciaalapú módszerek és a Grad-CAM használata konvolúciós hálózatokon; figyelemmechanizmusok interpretációja transformer-alapú modellekben; a TCAV módszer alkalmazása magas szintű koncepciók vizsgálatára; különböző magyarázatok összehasonlítása, értékelése és gyakorlati értelmezése; torzítások és méltányossági problémák detektálása, valamint XAI technikák alkalmazása ilyen vizsgálatokban.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- C. Molnar: Interpretable Machine Learning: A Guide for Making Black Box Models Explainable (3rd ed.), ISBN: 9783911578035, 2025.
 - U. Kamath, J. Liu: Explainable Artificial Intelligence: An Introduction to Interpretable Machine Learning (1st ed.), ISBN: 9783030833565, 2021.
 - W. Samek, G. Montavon, A. Vedaldi, L.K. Hansen, K.R. Müller: Explainable AI: Interpreting, Explaining and Visualizing Deep Learning, Springer Cham, ISBN: 9783030289539, 2019.
 - S. Barocas, M. Hardt, A. Narayanan: Fairness and Machine Learning – Limitations and Opportunities, MIT Press, ISBN: 9780262048613, 2023
-

MI ÉS KIBERBIZTONSÁG

INMEM9915-26

Félév: 4

Típus: Előadás / Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 2+0+2

Kredit: 6

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Pintér-Husztai Andrea

Tantárgyleírás / tematika:

A kiberbiztonsági alapfogalmak és alapvető védelmi kontrollok ismertetése után a hallgatók megismerkednek a mesterséges intelligencia-alapú rendszerekkel szembeni kiberbiztonsági fenyegetésekkel, támadói modellekkel. A hallgatók áttekintést kapnak az MI integritása elleni támadásokról, az adatmérgezésről, modellmérgezésről és az MI ellátási lánc elleni támadásokról. A tantárgy betekintést nyújt az MI bizalmassága elleni támadásokról, mint a modellinverzióról, tagsági következtetésről és modell-lopásról. A hallgatók megismerkednek a támadásokkal szembeni különböző védelmi intézkedésekkel is. A tantárgy kitér azon kiberbiztonsági területekre is, ahol MI támogatást alkalmaznak, ilyen például a spam e-mail detektálás, kártékony programok detektálása vagy logelemzés.

A hallgatók gyakorlatban kísérleteznek prompt injection, adat- és modellkiszivárgás, modell-lopás, túlzott ügynöki képesség és hibás output-kezelés szimulációjával, valamint ezek alapvető védelmi módszereivel. A labor célja, hogy a hallgatók megértsék a modern MI rendszerekhez kapcsolódó kiberbiztonsági fenyegetések működését, azok kockázatait, és a rájuk alkalmazható releváns védelmi kontrollokat és értékelési módszereket. A hallgatók gyakorlati tapasztalatot szereznek a kiberbiztonsági alkalmazások vizsgálatában különféle valós feladatokon: spam- és phishing-detektálás, malware-osztályozás (döntési fa, random forest), kártevő-klaszterezés (K-means), hálózati anomáliadetektálás (Gaussian hálók, statisztikai modellek), valamint biometrikus és viselkedésalapú azonosítás (arcfelismerés, keystroke-analízis). A hallgatók támadási scénáriókat is modelleznek – adatmérgezés, modellmérgezés, ellátási lánc támadások – és különféle védelmi technikákat tesztelnek.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Naoto Kiribuchi, Kengo Zenitani, Takayuki Semitsu, Securing AI Systems: A Guide to Known Attacks and Impacts, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.23296>
- Alessandro Parisi, Hands-On Artificial Intelligence for Cybersecurity: Implement smart AI systems for preventing cyber attacks and detecting threats and network anomalies, ISBN-1789804027, Packt Publishing, 2019
- Dr. Enrico GLERAN, Training curriculum on AI and data protection Fundamentals of Secure AI Systems with Personal Data, 2025, European Data Protection Board
- Vassilev, A. – Oprea, A. – Fordyce, A. – Anderson, H., Adversarial Machine Learning: A Taxonomy and Terminology of Attacks and Mitigations, <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-2e2023>

MI ETIKA ÉS IRÁNYÍTÁS

INMEM9916-26

Félév: 2

Típus: Előadás

Óraszám/hét: 2+0+0

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Hoffmann Miklós

Tantárgyleírás / tematika:

AI jogi keretrendszerek (AI Act, GDPR, DSA és felelősségi szabályok), kockázatalapú besorolás, kötelezettségek, megfelelési követelmények, adatminimalizálás, automatizált döntéshozatal, AI governance és vállalati irányítási modellek; AI etikai keretrendszerek (IEEE, OECD, EU), etikai dilemmák az AI alkalmazásában; algoritmikus torzítás és diszkrimináció, torz adatok, torz mérőszámok, torz célfüggvény, fairness-mérőszámok (demographic parity, equalized odds stb.), bias-mitigation technikák, szerzői jogi és tartalomtulajdonlási problémák, értékalapú és kockázatérzékeny döntéshozatal, etikus innováció, „Responsible-by-design” megközelítés.

Esettanulmányok vizsgálata és értékelése.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Mark Coeckelbergh: AI Ethics, MIT Press, 2021. ISBN: 0262538199
 - Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on harmonised rules on artificial intelligence
 - Virginia Eubanks: Automating Inequality, St. Martins Publishing, 2018, ISBN 1250074312
 - Giovanni Ziccardi: Legal Informatics, Edward Elgar Publishing, 2025. ISBN: 1035321157
 - Paula Boddington: AI Ethics: A Textbook, Springer, 2023. ISBN: 9811993815
-

VIZUALIZÁCIÓ ÉS VIZUÁLIS ANALITIKA

INMEM9917-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Kunkli Roland Imre

Tantárgyleírás / tematika:

Az adatvizualizáció fogalma és szerepe az adatelemzésben és döntéstámogatásban. Az emberi vizuális érzékelés. Adat- és feladatabsztrakció. Vizuális kódolás, a használt jelölők hatékonysága. Adattípus-specifikus vizualizációs lehetőségek. Interakciós technikák. Dashboardok tervezésének alapelvei. MI folyamatokkal kapcsolatos adatok megjelenítési lehetőségei. MI által generált vagy értelmezett vizualizációk.

Adatelőkészítés vizualizációs célokra. Statikus és interaktív vizualizációk készítése a választott függvénykönyvtárak és szoftverek segítségével. Dashboardok készítése interaktív szűrővel, többnézetes elrendezéssel. Adattípus-specifikus vizualizációk gyakorlati megvalósítása. Nagy mennyiségű adat megjelenítési lehetőségei.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Tamara Munzner: Visualization Analysis and Design. A K Peters/CRC Press, 2014. ISBN 978-1466508910.
- Claus O. Wilke: Fundamentals of Data Visualization: A Primer on Making Informative and Compelling Figures. O'Reilly Media, 2019. ISBN 978-1492031086
- Kieran Healy: Data Visualization: A Practical Introduction. Princeton University Press, 2018. ISBN 978-0691181622.
- Matthew O. Ward, Georges Grinstein, Daniel Keim: Interactive Data Visualization: Foundations, Techniques, and Applications (2. kiadás). A K Peters/CRC Press, 2021. ISBN 978-0367783488.
- Colin Ware: Information Visualization: Perception for Design (4. kiadás). Morgan Kaufmann, 2020. ISBN 978-0128128756

GRÁF-ALAPÚ NEURÁLIS HÁLÓZATOK

INMEM9918-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Tiba Attila

Tantárgyleírás / tematika:

A tárgy elméleti része átfogó képet ad a gráfok matematikai és informatikai reprezentációjáról, a hálózati struktúrákat meghatározó tulajdonságokról, valamint a klasszikus és modern gráfbeágyazási technikák működési elveiről. A hallgatók megismerik a gráf neurális hálózatok különböző architektúráit, köztük a spektrális és térbeli gráfkonvolúciós modelleket és a message passing paradigmát, továbbá betekintést kapnak a túlsimítás, a regularizáció és a heterogén vagy időbeli gráfstruktúrák kezelésének elméletébe. A kurzus kitér azokra az elméleti összefüggésekre is, amelyek lehetővé teszik a GNN-ek alkalmazását széles körű ipari és kutatási problémákban.

A gyakorlatok során a hallgatók modern könyvtárak, különösen a PyTorch Geometric használatával valós adatkészleteken hajtanak végre csomópont- és él-osztályozási feladatokat, linkpredikciót és gráfosztályozást. A laborfoglalkozások célja, hogy a hallgatók átlássák a gráfstruktúrájú adatok feldolgozásának gyakorlati folyamatát: az adatok előkészítésétől kezdve a modellek megépítésén és tanításán át a hálózati mintázatok értelmezéséig. A kurzus nagy hangsúlyt fektet a gyakorlati problémamegoldásra, és felkészíti a hallgatókat arra, hogy a GNN-modelleket önállóan tudják alkalmazni kutatási vagy ipari környezetben.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Hamilton, W. L. (2020): Graph Representation Learning. Morgan & Claypool, ISBN-13: 978-1681739632
- Bronstein, M. M., Bruna, J., Cohen, T., Veličković, P. (2021): Geometric Deep Learning. arXiv preprint
- Newman, M. E. J. (2018): Networks. Oxford University Press, ISBN-13: 978-0198805090
- Wu et al. (2021): A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks. IEEE TNNLS.
- Barabási, A.-L. (2016): Network Science. Cambridge University Press, ISBN-13: 978-1107076266
- Lovász, L. (2012): Large Networks and Graph Limits. AMS, ISBN-13: 978-0821890851

SZIMULÁCIÓK – DIGITAL TWIN

INMEM9919-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Kapusi Tibor Péter

Tantárgyleírás / tematika:

Az elméleti oktatás áttekinti a digitális iker alapfogalmait, a szimuláció–valóság (sim-to-real) közötti átmenet elméleti kihívásait és a szintetikus adatok előállításának szerepét a modern gépi tanulási pipeline-okban. A hallgatók megismerik a domain randomization módszereinek működését, a geometriai, fényviszony-, textúra- és háttérváriációk alkalmazásának okait és hatásait, valamint a szenzormodellezés elméleti alapjait, különös tekintettel az RGB, mélységi, LiDAR és IMU rendszerek működésére és torzításaira. A kurzus foglalkozik a szintetikus annotációk pontosságával, konzisztenciájával, továbbá a domain adaptation elméleti megközelítéseivel — köztük a GAN-alapú stílusátvitellel —, amelyek a szimulált és valós környezet közötti különbségek csökkentését szolgálják. A tárgy kitér a szimulációk szerepére a megerősítéses tanulásban, különösen a dinamikai modellek, jutalmazási struktúrák és valós idejű interfészek megalapozására.

A gyakorlati órák során a hallgatók ipari szintű szimulációs eszközláncokkal dolgoznak, például az NVIDIA Omniverse környezetével, ahol fotorealistikus, paraméterezhető jeleneteket és nagy mennyiségű szintetikus adatkészletet hoznak létre. A laborfeladatok során Unreal vagy Unity motorokat alkalmaznak interaktív, fizikával támogatott szimulációk létrehozására, valamint speciális, saját fejlesztésű szimulációs modulokat építenek. A gyakorlat részét képezi a szenzorszimulációk konfigurálása, a különböző szenzorok torzításainak modellezése, az annotációk automatikus előállítása és azok minőségbiztosítása. A féléves projekt során a hallgatók teljes szimulációs pipeline-t hoznak létre, mérik az adatminőséget, elemzik a tartományeltérés nagyságát, és értékelik az adaptációs módszerek hatását valós célfeladaton.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Fei Tao, Ang Liu, Tianliang Hu, A.Y.C. Nee: Digital Twin Driven Smart Manufacturing. Academic Press, 2020, ISBN: 978-0-12-818918-4.
- Sergey I. Nikolenko: Synthetic Data for Deep Learning. Springer, 2021, ISBN: 978-3-030-75177-7
- Gabriela Csurka (ed.): Domain Adaptation in Computer Vision Applications. Springer, 2017, ISBN: 978-3-319-58346-4.
- Jason Gregory: Game Engine Architecture. CRC Press, 2018, ISBN: 9781138035454.
- Richard Szeliski: Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2022, ISBN: 978-3-030-34371-2.
- Pharr, M., Jakob, W., Humphreys, G.: Physically Based Rendering. MIT Press, 2023, ISBN: 9780262048026

MEGERŐSÍTÉSES TANULÁS

INMEM9920-26

Félév: 2

Típus: Előadás / Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 2+0+2

Kredit: 6

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Bogacsovics Gergő

Tantárgyleírás / tematika:

A kurzus elméleti része bemutatja a Markov-döntési folyamatokra épülő formális keretrendszert, a visszacsatolt döntéshozás matematikai alapjait és a jutalomfüggvény szerepét. A hallgatók megismerik a klasszikus értékalapú algoritmusokat, köztük a Q-tanulást és annak mélytanuló változatait, valamint a policy-alapú és kombinált megközelítések elméleti működését. A tárgy kifejti a modern policy-gradient technikák, így a PPO, A2C és A3C stabilitási és konvergencia-jellemzőit, továbbá az imitációs tanulás, a hierarchikus RL, a részben megfigyelhető környezetek és a többügynökös rendszerek alapelveit. Foglalkozik a mintahatékonyság és a robusztus működés kérdéseivel, valamint a szimuláció-valóság különbségeket áthidaló modellezési eljárásokkal, köztük az RLHF (Reinforcement Learning from Human Feedback) elméleti hátterével.

A hallgatók gyakorlati környezetben ismerik meg a legfontosabb RL-algoritmusokat, és modern könyvtárak – például PyTorch vagy TensorFlow – használatával valószínűsítanak meg ügynököket különféle környezetekben. A gyakorlatokon sor kerül hálózati architektúrák felépítésére, veszteségfüggvények implementálására, stabilitási technikák alkalmazására, valamint realisztikus, esetenként szimulációalapú környezetekben történő kísérletezésre. A féléves projekt során a hallgatók egy választott problémára teljes RL-megoldást dolgoznak ki, amely magában foglalja az adatgyűjtést, a modell tréningjét, teljesítménymérését és az eredmények értelmezését.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Sutton, R. S., Barto, A. G.: Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 2018. ISBN: 978-0262039246
- Lapan, M.: Deep Reinforcement Learning Hands-On. Packt Publishing, 2024. ISBN: 978-1835882702
- Bilgin, E.: Mastering Reinforcement Learning with Python. Packt Publishing, 2020. ISBN: 978-1838644147
- Szepesvári, Cs.: Algorithms for Reinforcement Learning. Springer, 2022. ISBN: 978-3031015519

ELOSZTOTT MI RENDSZEREK

INMEM9921-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Lakatos Róbert

Tantárgyleírás / tematika:

Az elméleti rész során a hallgatók megismerik az autonóm ügynökökből felépülő rendszerek struktúráját, a kommunikációs és koordinációs mechanizmusokat, valamint a kooperatív és versengő viselkedéseket leíró algoritmusokat. A tantárgy bemutatja a federált tanulás koncepcióját, amely lehetővé teszi a decentralizált modellkészítést úgy, hogy az adatok helyben maradnak, és csupán modellfrissítések kerülnek aggregálásra. A kurzus áttekinti a skálázható MI-infrastruktúrák alapjait, a nagy teljesítményű elosztott számítási keretrendszerek működését, valamint az alkalmazott adatvédelmi és algoritmikus méltányossági elveket, amelyek meghatározzák a modern elosztott MI-rendszerek etikus és fenntartható működését.

A gyakorlati órák során a hallgatók elosztott számítást támogató keretrendszerek – például TensorFlow, PySyft, FedML, Apache Spark és Dask – alkalmazásával valósítanak meg MI-pipeline-okat. A feladatok során kialakítanak és működtetnek decentralizált tanulási prototípusokat, amelyekben a modellfrissítések aggregációját, a közös modellépítést és az adatvédelmi mechanizmusok gyakorlati megvalósítását is kipróbálják. A gyakorlat része a skálázható, felhőalapú adattárolási és feldolgozási megoldások használata, valamint olyan architektúrák összeállítása, amelyek alkalmasak nagy mennyiségű adat és több párhuzamos ügynök egyidejű kezelésére. A féléves projekt célja egy működő, elosztott MI-rendszer vagy federált tanulási alkalmazás prototípusának megvalósítása.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Raieli, S. & Iuculano, G.: Building AI Agents with LLMs, RAG, and Knowledge Graphs. Packt Publishing, 2025., ISBN: 9781835087060
- Nakayama, K., & Jenő: Federated Learning with Python. 2022., ISBN: 9781803247106
- ur Rehman, M. H., & Gaber, M. M. (eds.): Federated Learning Systems – Towards Next-Generation AI. Springer, 2021., ISBN: 9783030706043
- Kleppmann, M.: Designing Data-Intensive Applications. O'Reilly, 2021., ISBN: 9781491903063
- Jin, Y., Zhu, H., Xu, J., Chen, Y.: Federated Learning – Fundamentals and Advances. Springer, 2023., ISBN: 9789811970825

MULTIMODÁLIS MI ESZKÖZÖK

INMEM9922-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Harangi Balázs

Tantárgyleírás / tematika:

A multimodalitás fogalma és jelentősége; modális reprezentációk és összehangolásuk; architektúrák többmodalitású adatok feldolgozására (late/early fusion, joint embedding models); transformer- és nagy nyelvi modellek multimodális kiterjesztései; adatintegrációs technikák; megbízhatóság és torzítás multimodális rendszerekben.

Multimodális modellek implementálása Python/PyTorch segítségével; különböző modalitású adatok előkészítése; képi és hang-adatfolyamok összehangolása; multimodális klasszifikáció és detekció gyakorlati megvalósítása; előre betanított modellek (CLIP, ImageBind stb.) használata és finomhangolása; eredmények validálása.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Tsai, Y.-H. et al.: Multimodal Machine Learning: A Survey and Taxonomy. ACM Computing Surveys, 2020.
 - Radford, A. et al.: Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision (CLIP). arXiv:2103.00020.
 - Girdhar, R. et al.: ImageBind: One Embedding Space to Bind Them All. arXiv:2305.05665.
 - Baltrušaitis, T., Ahuja, C., Morency, L.-P.: Multimodal Machine Learning: A Survey. IEEE TPAMI, 2019.
 - Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning, MIT Press, 2016. ISBN: 9780262035613
 - Paszke, A. et al.: PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library, NeurIPS 2019.
-

ADATBÁNYÁSZAT

INMEM9923-26

Félév: 2

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Ispány Márton

Tantárgyleírás / tematika:

Az adatbányászat fogalma és folyamata. Feltáró adatelemzés és előfeldolgozás. Adatbányászati modellek kiértékelése. Haladott felügyelt tanítás: kernel módszer, vektorgépek, Gauss-folyamatok, grafikus modellek, Bayes-hálók, véletlen Markov-mezők. Ensemble és additív modellek, döntési fák, véletlen erdők, sztochasztikus optimalizálók. Dimenzió probléma, dimenziócsökkentési módszerek. Haladott nemfelügyelt tanítás: keverék modellek és az EM algoritmus, felező K-közép módszer, OPTICS, BIRCH, spektrál-klaszterezés. Mintavételi módszerek és az MCMC algoritmus. Szekvenciális adatok, Markov-láncok, rejtett Markov-modellek, lineáris dinamikus rendszerek.

Egy Python alapú adatbányászati könyvtár, pl. scikit-learn, magas szintű használatának elsajátítása. Önálló adatbányászati csővezeték elkészítése, alkalmazása és az eredmények értelmezése.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Charu C. Aggarwal: Data Mining. The Textbook. Springer, 2016. ISBN: 3319381164
- Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar: Introduction to Data Mining, 2nd edition. Pearson Education, 2019. ISBN: 9780273775324
- Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006. ISBN: 978-1-4939-3843-8
- Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition, Springer, 2009. ISBN: 978-0-387-84858-7
- Daniel Peña, Ruey S. Tsay: Statistical Learning for Big Dependent Data, Wiley 2021. ISBN: 9781119417385

HALADÓ ADATKEZELÉS

INMEM9924-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Tóth János

Tantárgyleírás / tematika:

A nagy adathalmazok kezelésének alapelvei; oszlopos adattárolási formátumok és data lake architektúrák; NoSQL adatmodell-alapú tárolási megközelítések; elosztott adatfeldolgozási keretrendszerek működési modellje; streaming adatfeldolgozás alapjai; felhőalapú adattárházak szerkezete és optimalizálási szempontjai.

Strukturált és félig strukturált adatok előkészítése és feldolgozása, beleértve az oszlopos adattárolási formátumok (pl. Parquet, ORC) használatát és a data lake alapú adatkezelési műveleteket. NoSQL adatbázisok (pl. MongoDB, Bigtable) alkalmazása, aggregációs műveletek, adatmodellezési alapelvek és indexelési technikák gyakorlati megvalósítása. Elosztott feldolgozási keretrendszerek (pl. Apache Spark, Dask); DataFrame-alapú transzformációk, join- és partícionálási stratégiák, és a streaming feldolgozás alapjai. Felhőalapú adattárházak (pl. BigQuery) használata; partícionált és klaszterezett táblák kezelése; költséghatékony lekérdezések tervezése.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- J. Reis, M. Housley: Fundamentals of Data Engineering: Plan and Build Robust Data Systems (1st ed.), O'Reilly Media, ISBN: 9781098108298, 2022.
 - J.S. Damji, B. Wenig, T. Das, D. Lee: Learning Spark: Lightning-Fast Data Analytics (2nd ed.), O'Reilly Media, ISBN: 9781492050032, 2020.
 - M. Kleppmann: Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems (1st ed.), O'Reilly Media, ISBN: 9781491903063, 2021.
 - R. Kimball, M. Ross: The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling (3rd ed.), Wiley, ISBN: ISBN: 9781118530801, 2013.
-

SZÁMÍTÓGÉPES LÁTÁS

INMEM9925-26

Félév: 2

Típus: Előadás / Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 2+0+2

Kredit: 6

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Kollokvium

Tantárgyfelelős: Dr. Hajdu András

Tantárgyleírás / tematika:

A digitális képfeldolgozás és videófeldolgozás alapfogalmai és elméleti módszerei. Modern objektumfelismerési és objektumdetektálási technikák, különösen neurális hálózatokra épülő megközelítések. Többnézetes geometria alapelvei és 3D rekonstrukciós módszerek. Mélytanuló modellek alkalmazási lehetőségei vizuális rekonstrukciós feladatokban. Biometrikus azonosítás és hitelesítés elméleti alapjai képfeldolgozási és MI-technológiák segítségével. Számítógépes látási rendszerek működési elvei és alkalmazási korlátai különböző ipari és autonóm környezetekben.

Képfeldolgozási és videófeldolgozási feladatok megvalósítása valós adatokon. Neurális hálózatokon alapuló objektumfelismerő és -detektáló modellek implementálása és kiértékelése. 3D rekonstrukciós feladatok kivitelezése többnézetes adatokból és mélytanuló módszerekkel. Biometrikus azonosítási és hitelesítési algoritmusok gyakorlati alkalmazása. Számítógépes látási rendszerek tervezése és integrálása ipari, biztonságtechnikai vagy autonóm rendszerekbe. Modern számítógépes látási keretrendszerek (pl. OpenCV, PyTorch, TensorFlow) hatékony használata komplex vizuális problémák megoldására.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Richard Szeliski: Computer Vision: Algorithms and Applications (2nd Edition), Springer, 2022. ISBN: 3030343715
- Simon J.D. Prince: Computer Vision: Models, Learning, and Inference (2nd Edition), Cambridge University Press, 2023. ISBN: 1107011795
- Adrian Kaehler, Gary Bradski: Learning OpenCV 4: Computer Vision with Python (2nd Edition), O'Reilly Media, 2020. ISBN: 0596516134
- Mohamed Elgendy: Deep Learning for Vision Systems, Manning, 2021. ISBN: 1617296198

SZÖVEG- ÉS WEBBÁNYÁSZAT

INMEM9926-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Mészáros László

Tantárgyleírás / tematika:

Az elméleti rész áttekinti a webes adatgyűjtés módszereit, kezdve a scraping és crawling technikák működésével, valamint az API-kon keresztül elérhető adatszolgáltatások elméleti hátterével. A hallgatók megismerik a strukturálatlan adatok – például HTML-oldalak, PDF-dokumentumok, JSON-állományok és képi tartalmak – feldolgozásához szükséges elméleti alapokat, továbbá áttekintést kapnak a klasszikus és modern szövegfeldolgozási technikákról. A kurzus kitér az entitáskinyerés, szövegstruktúra-felismerés, dokumentumelemzés és a nagy nyelvi modellek által támogatott szövegértési módszerek működési elveire is.

A gyakorlati foglalkozások során a hallgatók valós webes forrásokból gyűjtenek adatokat, Python-alapú eszközökkel automatizált folyamatokat építenek, majd a begyűjtött adatokat megtisztítják, strukturálják és felhasználják különböző elemzési vagy gépi tanulási feladatokhoz. A gyakorlatokon a hallgatók adatkinyerést végeznek HTML-, PDF- és JSON-dokumentumokból, továbbá modern LLM-ek segítségével valósítanak meg entitáskinyerést, szövegstruktúrák előállítását, adatgazdagítást és összefoglalók készítését. A féléves projekt célja egy automatizált webes adatgyűjtő és feldolgozó pipeline létrehozása, amelyet a hallgatók egy konkrét, valós témára alkalmaznak.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Bing Liu: Web Data Mining. Springer, 2011., ISBN: 9783642194597
- Lewis Tunstall, Leandro Von Werra, Thomas Wolf: Natural Language Processing with Transformers (Revised Edition). O'Reilly, 2022., ISBN: 9781098136789
- Ryan Mitchell: Web Scraping with Python (2nd Edition). O'Reilly, 2018., ISBN: 9781491985564
- Noci Koenigstein: Transformers in Action. Manning, 2025., ISBN: 9781633437883

ROBOTIKAI ALAPOK

INMEM9927-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Do Van Tien

Tantárgyleírás / tematika:

A robotikai operációs rendszerek; szoftver tervezési minták a robotikai rendszerekben; publish-subscribe alapok; navigáció; térkép alapok; gépi látás; szenzor típusok (kép, lidar, GPS); kinematika; mozgástervezés és ember-robot interakció.

Navigáció, térképi alapok a tájékozódáshoz, lokáció, szenzorok és feldolgozási algoritmusok, SLAM technikák és algoritmusok; önvezetős autó szoftver megoldásai; AI megoldások alkalmazása a robot rendszerekben és a kooperatív intelligens közlekedésben.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- A. Koubaa (Editor): Robot Operating System (ROS): The Complete Reference (Volume 7) (Studies in Computational Intelligence, 1051) 1st ed. 2023 Edition, ISBN-13: 978-3031090615
 - The ROS Community <https://www.ros.org/>
 - computer vision library <https://opencv.org/>
 - Open Source Autopilot <https://px4.io/>
 - Navigation <https://navigation.ros.org/>
 - L. Joseph, J. Cacace: Mastering ROS 2 for Robotics Programming - Fourth Edition, Packt Publishing, 2025. ISBN-13: 978-1836209010
 - <https://micro.ros.org/>
-

MI AZ EGÉSZSÉGTUDOMÁNYOKBAN

INMEM9928-26

Félév: 4

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Harangi Balázs

Tantárgyleírás / tematika:

Az egészségügyi adatok típusai (képalkotó, genomikai, klinikai, időfüggő adatok); mélytanulási architektúrák orvosi képfeldolgozásban (CNN, U-Net, Vision Transformer); prediktív modellezés betegséglefolyásra és diagnózis-támogatásra; genomadatok elemzése gépi tanulással; adatminőség, torzítások és megbízhatóság kérdései; egészségügyi MI-szabályozás és etikai alapelvek.

Orvosi képalkotó adatbázisok kezelése (CT, MRI, röntgen); szegmentációs és klasszifikációs modellek implementálása; genomikai adatok előkészítése és modellezése; prediktív modellek finomhangolása; teljesítménymérés és validáció klinikai környezetben; hibaanalízis, interpretálhatósági módszerek (Grad-CAM, SHAP).

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Litjens, G. et al.: A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis. Medical Image Analysis, 2017.
 - LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G.: Deep Learning. Nature, 2015.
 - Eraslan, G. et al.: Deep Learning: New Computational Modelling Techniques for Genomics. Nature Reviews Genetics, 2019
 - Esteva, A. et al.: A Guide to Deep Learning in Healthcare. Nature Medicine, 2019.
 - François Chollet: Deep Learning with Python (2nd Edition), Manning Publications, 2021. ISBN: 1617296864
 - Ribeiro, M. et al.: Why Should I Trust You? – Explainable AI in healthcare. KDD, 2016
-

MI A FIZIKÁBAN

INMEM9929-26

Félév: 4

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Ujvári Balázs

Tantárgyleírás / tematika:

A nagyenergiás részecskefizikai detektorok adatainak típusa és szerkezete. Gépi tanulási módszerek a fizikai jelanalízisben deep learning alapú klaszterizáció és topologikus módszerek. Részecske-rekonstrukció MI-alapokon, jet-rekonstrukció ML-modellekkel. GNN-ek (Graph Neural Networks) szerepe a nyomrekonstrukcióban. Zajos adatok kezelése és anomáliadetektálás nagy felbontású detektoradatokban. Nagy adatfolyamok (petabyte-scale) kezelése kísérleti környezetben. Fizikai interpretálhatóság és modellmegbízhatóság, milyen módon kapcsolhatók a tanult mintázatok a detektor fizikájához?

Szimulációs technikák a részecskefizikában: GEANT4. Nagyenergiás részecskefizikai nyersadatok előfeldolgozása, csatornák összefésülése, zajszűrés. Klaszterizáció implementálása valós detektoradatokra. ML-alapú klaszterezők és deep clustering modellek (GNN). Részecske-rekonstrukció MI-modellekkel. Nagyméretű adathalmazok kezelése: ROOT, Jupyter + Python (NumPy, SciPy, Matplotlib, uproot) Detektorkalibráció és anomáiafelismerés MI-eszközökkel.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Shlomi, J., Battaglia, P., Vlimant, J.: Graph Neural Networks in Particle Physics. Machine Learning: Science and Technology, 2020.
- Chollet, F.: Deep Learning with Python. Manning, 2021. ISBN 9781617294433
- Bourilkov, D.: Machine and Deep Learning Applications in Particle Physics. 2020. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.08245>
- Ilya Narsky & Frank C. Porter Statistical Analysis Techniques in Particle Physics: Fits, Density Estimation, and Supervised Learning ISBN 9783527410866
- Paolo Calafiura, David Rousseau & Kazuhiro Terao Artificial Intelligence for High Energy Physics ISBN 9789811234026
- Jona Motta Development of Machine Learning τ Trigger Algorithms and Search for Higgs Boson Pair Production ISBN: 9783031962875

DOCKER ÉS KUBERNETES MI-HEZ

INMEM9930-26

Félév: 2

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Mészáros László

Tantárgyleírás / tematika:

Az elméleti rész során a hallgatók megismerik a konténerizáció alapelveit, a Docker működési modelljét és azokat a komponenseket, amelyek lehetővé teszik az egységes, izolált végrehajtási környezet kialakítását. A kurzus kitér a GPU-támogatás architektúrájára, a Docker image-ek felépítésére és optimalizálására, valamint azokra a megoldásokra, amelyekkel a különböző gépi tanulási könyvtárak és keretrendszerek megbízható módon integrálhatók a konténerekbe. Emellett bemutatásra kerül a Kubernetes működésének alapja: a klaszterek szerveződése, a podok és deploy-struktúrák logikája, a szolgáltatás-abstrakciók szerepe, valamint az a szemlélet, amely egy MI-rendszert skálázhatóvá, rugalmasan üzemeltethetővé és felhőnatívává tesz.

A gyakorlati foglalkozások keretében a hallgatók saját Docker image-eket építenek, konfigurálják a környezeteket különböző gépi tanulási keretrendszerekhez, és GPU-gyorsított konténereket hoznak létre valós MI-feladatok kiszolgálására. A gyakorlat központi eleme a konténerizált inference szolgáltatás létrehozása, amelyet a hallgatók Kubernetes klaszterben deployolnak, skáláznak és monitoroznak. A kurzus során a hallgatók megismerik a felhőszolgáltatók – például az AWS vagy az Azure – konténerfuttatási megoldásait, és gyakorlatot szereznek abban, hogyan lehet komplex ML-rendszereket reprodukálható módon, üzemeltetésre kész formában átadni.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Nigel Poulton: Docker Deep Dive. Packt Publishing, 2020., ISBN: 9781800565135
- Nigel Poulton & Pushkar Joglekar: The Kubernetes Book (2nd Edition). Packt Publishing, 2024., ISBN: 9781835880302
- Faisal Masood & Ross Brigoli: Machine Learning on Kubernetes. Packt Publishing, 2022., ISBN: 9781803241807
- Kelsey Hightower, Brendan Burns & Joe Beda: Kubernetes: Up and Running. O'Reilly, 2017., ISBN: 9781491935668

FEJLETT FELHŐALAPÚ SZÁMÍTÁSTECHNIKA

INMEM9931-26

Félév: 2

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Bérczes Tamás Márton

Tantárgyleírás / tematika:

A hallgatók megismerik a felhőalapú számítástechnika alapfogalmait, szolgáltatási (IaaS, PaaS, SaaS) és üzemeltetési (nyilvános, privát, hibrid, on-premise) modelljeit, valamint ezek szerepét a modern – különösen MI-támogatott – informatikai rendszerekben. Áttekintik a megbízhatóság, rendelkezésre állás és skálázhatóság elméleti háttérét, az SLA/SLO mutatók értelmezését, a költségmodelleket és a fogyasztásalapú díjazás működését. Elméleti szinten megismerik a virtualizáció és erőforrás-abstrakció fogalmait (virtuális gépek, hálózatok, tárhely), a kockázatelemzés és katasztrófa-helyreállítás alapelveit (RPO, RTO, üzletmenet-folytonosság), valamint a felhőbiztonság és a felhőben futó MI-alkalmazások sajátos követelményeit.

A hallgatók gyakorlatban sajátítják el tipikus felhőszolgáltatók erőforrásainak (virtuális gépek, hálózatok, tárolás) létrehozását és konfigurálását, egyszerű több-rétegű alkalmazások felhőbe telepítését, valamint nyilvános, privát és hibrid felhők gyakorlati összehasonlítását. Képesek lesznek rendelkezésre állási és skálázási mechanizmusok (pl. terheléselosztás, automatikus skálázás) alkalmazására, alapvető költségbecslés és költségoptimalizálás elvégzésére, monitorozási és naplózási eszközök használatára, továbbá biztonsági mentési, visszaállítási és alapvető felhőbiztonsági beállítások (IAM, hálózati szegmentáció, titkosítás) megvalósítására, különös tekintettel erőforrás-igényes, MI-jellegű alkalmazások futtatási környezetére.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Thomas Erl, Ricardo Puttini, Zaigham Mahmood: Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture, ISBN: 978-0-13-338752-0
- Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej M. Goscinski Cloud Computing: Principles and Paradigms. Wiley Series on Parallel and Distributed Computing, John ISBN: 978-0-470-88799
- Justin Domingus, John Arundel: Cloud Native DevOps with Kubernetes: Building, Deploying, and Scaling Modern Applications in the Cloud. 2nd edition, O'Reilly Media, Sebastopol, 2022. ISBN: 978-1-098-11682-8
- Kevin L. Jackson, Scott Goessling: Architecting Cloud Computing Solutions: Build Cloud Strategies That Align Technology and Economics While Effectively Managing Risk. Packt Publishing, Birmingham–Mumbai, 2018. ISBN: 978-1-78847-242-5

A PÁRHUZAMOS PROGRAMOZÁS ESZKÖZEI

INMEM9932-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Kapusi Tibor Péter

Tantárgyleírás / tematika:

Az elméleti rész olyan alapelveket mutat be, amelyek meghatározzák a párhuzamos végrehajtás természetét: a konkurens vezérlési modelleket, a szálak és folyamatok közötti különbségeket, a CPU-oldali gyorsítás elméleti korlátait és a teljesítményprofilozás szerepét. A hallgatók áttekintést kapnak a GPU-architektúrák működéséről, a memóriahierarchia szerveződéséről és a párhuzamos algoritmusokhoz illeszkedő programozási mintákról. Kiemelt hangsúlyt kap az OpenCL elméleti modellje, amelyen keresztül megérthető a platform-eszköz-kernel struktúra, valamint a munkacsoportok szervezése és annak teljesítményhatásai.

A gyakorlati foglalkozások során a hallgatók különböző párhuzamos végrehajtási modelleket valósítanak meg Python-alapú könyvtárakkal (threading, multiprocessing, IPC, asyncio), és méri a végrehajtási modellek sebességét, hatékonyságát és erőforrás-kihasználását. A gyakorlat kiterjed GPU-alapú gyorsításra is, ahol a hallgatók PyTorch és CuPy környezetben kísérleteznek tenzorműveletekkel, memória-optimalizálással, DataLoader-hangolással és mixed-precision technikákkal. Ezt követően OpenCL-alapú implementációkat készítenek, amelyekben saját méréseiket felhasználva értékelik a memóriahasználat, a lokális tár alkalmazása és a beállított munkacsoport-méret hatását. A kurzus egy rövid blokk erejéig érinti a párhuzamos gráf-feldolgozó algoritmusokat (pl. BFS CSR-reprezentációval, PageRank), az irreguláris adatelérés problémáit és a terhelés-kiegyenlítés gyakorlati megoldásait.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Richard D. McCool, Arch D. Robison, James Reinders: Structured Parallel Programming: Pattern for Efficient Computation, Morgan Kaufmann, 2012, ISBN: 978-0124159938.
- Micha Gorelick, Ian Ozsvald: High Performance Python (2nd Edition). O'Reilly Media, 2020, ISBN: 978-1492055020.
- Aaftab Munshi et al.: OpenCL Programming Guide. Addison-Wesley, 2011, ISBN: 978-0-321-74964-2
- David B. Kirk, Wen-mei Hwu: Programming Massively Parallel Processors. Morgan Kaufmann, 2022, ISBN: 978-0-12-381472-2.
- Timothy G. Mattson et al.: Patterns for Parallel Programming. Addison-Wesley, 2004, ISBN: 978-0321228116

SZOFTVERFEJLESZTÉS IPARI KÖRNYEZETBEN

INMEM9933-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Adamkó Attila Tamás

Tantárgyleírás / tematika:

Szoftver életciklus és architektúra fogalom, szerepe rendszerekben, architektúra vs. design. Architektúra és minőségi attribútumok: teljesítmény, megbízhatóság, karbantarthatóság, skálázhatóság. Architektúrális stílusok: réteges, kliens-szerver, többretegű webalkalmazások, mikroservice, eseményvezérelt és üzenet-alapú architektúrák. Architektúrális minták (pl. MVC, broker, pipes-and-filters) és kapcsolódásuk ipari keretrendszerekhez.

Minőségi követelmények levezetése architektúrális döntésekre.

Architektúra tervezési folyamat, attribútum-vezérelt tervezés alapjai, kompromisszumok kezelése. Architektúra dokumentálása: nézetek, nézőpontok, diagramok, sablonok. Architektúra értékelése: alapvető értékelési technikák, kockázatok azonosítása. Architektúra a felhőben: tipikus felhő-architektúrák, szolgáltatás-orientált megoldások. Ipari esettanulmányok: meglévő rendszerek architektúrális elemzése, anti-minták.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Mark Richards, Neal Ford: Fundamentals of Software Architecture, O'Reilly Media, 2020, ISBN: 9781492043447
 - Carola Lilienthal, Henning Schwenner: Domain-Driven Transformation, O'Reilly Media, 2025, ISBN: 979-8341640122
 - Simon Brown: The C4 Model, O'Reilly Media, 2026, ISBN: 9798341660113
 - Evelyn van Kelle, Gien Verschatse, Kenny Baas-Schwegler: Collaborative Software Design: How to facilitate domain modeling decisions, Manning, 2025, ISBN: 9781633439252
 - Susanne Kaiser: Architecture for Flow, Addison-W, 2025, ISBN: 978-0-13-739303-9
-

IPARI PROBLÉMÁK ELMÉLETI ÉS NEURÁLIS HÁLÓS MEGOLDÁSA

INMEM9934-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Baran Ágnes Éva

Tantárgyleírás / tematika:

A feladatok matematikai modellezése, a probléma részfeladatokra bontása. Az alkalmazott gépi tanulási módszerek áttekintése. A megoldások kiértékelésére használható technikák értelmezése.

A modellek implementálása, az adatok előfeldolgozása. Az optimális modell és tanítási paraméterek megkeresése. Az eredmények kiértékelése és a módszerek összehasonlítása, az alkalmazott technikák előnyeinek, hátrányainak felismerése.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Shubhabrata Datta, Paulo David, Machine Learning in Industry, Springer, 2022, ISBN: 978-3-030-75849-3
 - Pedro Larranaga, David Atienza, Javier Diaz-Rozo, Alberto Ogbechie, Carlos Puerto-Santana, Concha Bielza, Industrial Applications of Machine Learning, 2018, Taylor and Francis, ISBN: 9781351128384
 - Shai Shalev-Shwartz, Shai Ben-David: Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Cambridge University Press, 2014, ISBN: 9781107298019
 - Kolla Bhanu Prakhas (ed), Machine Learning for Industrial Applications, Wiley, 2024, ISBN: 978-1-394-26897-9
-

HATÉKONY MI: OPTIMALIZÁLÁSI TECHNIKÁK

INMEM9935-26

Félév: 3

Típus: Labor gyakorlat

Óraszám/hét: 0+0+2

Kredit: 3

Státusz: Választható

Előfeltételek: nincs

Számonkérés: Gyakorlati jegy

Tantárgyfelelős: Dr. Lakatos Róbert

Tantárgyleírás / tematika:

Az elméleti rész bemutatja a Parameter-Efficient Fine-Tuning (PEFT) alapelveit, kiemelten a LoRA működését, amely lehetővé teszi nagyméretű modellek adaptálását korlátozott erőforrások mellett. A hallgatók megismerik a modellméret és számítási igény csökkentésének eszközeit, mint a kvantálás különböző formái vagy a pruning technikák. A kurzus áttekinti továbbá a modern alignment módszereket, mint a supervised fine-tuning (SFT), a Direct Preference Optimization (DPO) és a Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF), amelyek célja a modellek biztonságos és felhasználó-orientált működésének biztosítása. Az elméleti rész foglalkozik a hatékony LLM-architektúrák sajátosságaival és a minőségértékelés kulcsmérőszámaival is.

A gyakorlatok során a hallgatók különböző adathalmazokat készítenek elő finomhangolási folyamatokhoz, beleértve szintetikus adatok előállítását is. Valós fejlesztési környezetben implementálják a PEFT-módszereket, különösen a LoRA-t, és megvizsgálják, hogyan csökkenthető egy modell számítási igénye kvantálási (pl. 8-bit, 4-bit) és pruning technikák segítségével. A hallgatók különböző alignment stratégiákat valósítanak meg és összehasonlítják azok hatását ugyanazon modell viselkedésére. A félév során a hallgatók gyakorlati tapasztalatot szereznek a dekódolási stratégiák alkalmazásában is (Top-k, Top-p, Temperature), valamint egy komplex optimalizált LLM-prototípust hoznak létre projektfeladatként.

Kötelező, illetve ajánlott irodalom:

- Hu, E. J. et al.: LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models. ICLR, 2022., <https://arxiv.org/abs/2106.09685>
- Lewis, P. et al.: Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. NeurIPS, 2020., <https://arxiv.org/abs/2005.11401>
- François Chollet: Deep Learning with Python. Manning, 2017., ISBN: 9781617296864
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT Press, 2016., ISBN: 9780262035613