

Gépi tanuláson alapuló online felhasználói viselkedés elemzése

Kőrösi Gábor

Témavezető: Dr. Farkas Richárd

PH.D. ÉRTEKEZÉS TÉZISEI



Szegedi Tudományegyetem
Informatika Doktori Iskola

2022. március

Bevezető

Mind a vásárlásról és a tanulásról is elmondható, hogy néhány évvel ezelőtt, még szinte teljesen kizárólag a hagyományos offline formátumban zajlottak, addig ez mára jelentősen megváltozott. Ez a változás új kihívások elé állítja a területen dolgozó szakembereket, hiszen a legtöbb hagyományos módszer és módszertanok nagy része teljesen elavulttá és működésképtelenné vált az online térben. Ezek a szerepekörök eltűnése azonban nem maradt észrevétlen, mivel számos online vállalkozás küzd a csökkenő ügyfélszámmal, és az online tanulási rendszerek is csupán gyenge hatékonysággal képesek működni.

Bár tagadhatatlan, hogy az online jelenlét jelentős kihívásokat teremtett az üzleti és oktatási vezetők számára, ugyanakkor új lehetőségeket is megnyitott. A különböző online platformok rengeteg naplóadattal rendelkeznek, mely teret biztosít az adattudományi szakemberek bevonására, akik képesek gépi tanuláson alapuló online felhasználói viselkedés elemzése. Az elemzések egyik legfontosabb eszköze maguk log adatokat, melyek többfélék lehetnek. Mélységük szerint három szinten lehet őket elkülöníteni:

- **Magas szintű adat:** A legegyszerűbb magasszintű hozzáférésű naplóadatok a felhasználók vásárlásait, a kosár ideiglenes- és végleges tartalmát foglalják magukba, vagy oktatási platformok esetében a videókkal, oktatóanyagokkal és kvízekkel való interakciókat tartalmazzák.
- **Középszintű adat:** Az előző besorolásnál mélyebb, mely az többek között az oldalon eltöltött idő és az elemek sorrendjére vonatkozó információkat is tartalmaznak.
- **Alacsony szintű adat:** Az előbbi adatoknál is mélyebbre hatolnak és képesek további interakciókat is eltárolni, ilyenek lehetnek az egérekattintások és mozgások, billentyűzetnyomási szokások.

A különböző mélységű naplóadatok és gépi tanuló algoritmusok felhasználásával olyan döntéstámogató rendszereket lehet létrehozni, amelyek az üzemeltető segítése mellett a felhasználói élményt is javíthatják. A szerző munkájában e három adattípus segítségével próbálja bemutatni gépi tanuláson alapuló online felhasználói viselkedés elemzésének módszertanát.

Ez a kutatási terület nem újkeletű, hiszen a felhasználói naplóadatok elemzésével kapcsolatban már több, mint tizenöt éve folyik aktív kutatás. A szakirodalmi áttekintése alapján megállapítható, hogy az egyik leggyakoribb megoldás az, amelyben

magas-középszintű naplóadatok felhasználásával aggregált adatbázisokat, úgynevezett felhasználói profilokat hoznak létre. Ezeket később osztályozásra, regresszióra vagy akár klaszterezésre használják fel. S bár a kutatások régóta folynak, ám az utóbbi időben a felhasznált módszerek valamelyest megváltoztak. Még kezdetben a kutatás legnagyobb hányada kumulált, előfeldolgozott adatokkal dolgozott, mára új technológiai megoldások kerültek előtérbe. E fejlődésnek köszönhetően a korábban hagyományos jellemzők kinyeréseit és a gépi tanulási módszereket mára felváltották a Deep Learning-en alapuló megoldások. Ezek egyik nagy ígérete, hogy a nagy mennyiségű adatra is képesek magas minőségű megoldásokat nyújtani, és képesek akár nyers alacsony szintű adatokból kiindulva is dolgozni.

A disszertáció összesen 7 fejezetet tartalmaz, amelyek a fent említett megközelítéseket felhasználó különálló tanulmányokból állnak. Az első két fejezetben a szerző bemutatja a naplóadatok gyűjtésének és előkészítésének speciális kihívásait a magas szintű naplóadatbázisokon. Továbbá bemutatja az előjelzési megoldásainak eredményeit egy valós magyar webshop adatbázisán. Emellett betekintést enged a Szege-di Tudományegyetem két tanszékének együttműködéseként kifejlesztett és elindított "Tudatos és biztonságos internethasználat" (TÉBIA) című MOOC kurzusán végzett kísérleteibe.

A disszertáció az első két tézispontban alkalmazott adatgyűjtésen és a megoldások megfogalmazásán túl, a következő két fejezetben javaslatot tesz az alkalmazásspecifikus jellemzőkészletekre is. A szerző kiértékelési adatbázisokon keresztül több összehasonlító gépi tanulási kísérletet mutat be, melyben a jellemzőtér tervezési feladatok alapján arra összpontosította erőfeszítéseit, hogy Deep Learning algoritmusok segítségével közvetlenül alacsony szintű naplóadatokból úgynevezett end-to-end rendszereket lehessen építeni. Ezekben a megoldási javaslatokban a szerző a szekvenciális adatokat csupán minimális adatfeldolgozásnak vetette alá, majd a nyers adatokon sikeresen alkalmazott különböző neurális hálózati architektúrákat. Ehhez a Stanford Egyetem MOOC kurzusában résztvevő 142 395 diák naplóadatait használta fel. A kutatás eredményei megmutatták, hogy a Deep Learning modellek nyers adatokon történő alkalmazása pontosságban felülmúlták a klasszikus, jellemző-kivonáson alapuló Machine Learning módszereket. S bár a Deep Learning megoldások sikeressége kétségtelen, azonban fekete doboz jellegük akadályozzák azok valós alkalmazását. Ennek a problémának a feloldására a szerző az utolsó fejezetben három vizualizációs módszert javasolt, amelyek hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a szakértők jobban megértsék a Deep Learning modellek működési mechanizmusait.

A disszertáció felépítése

A disszertációban a szerző az online felhasználói viselkedés modellezési technikákat és több empirikus kísérletet kívánt bemutatni. Az 1. fejezetben irodalmi áttekintésen keresztül összefoglalja a webshopok és MOOC oldalak alkalmazási területét és kutatási kihívásait. Különös figyelmet fordított a területen alkalmazott különböző klasszikus gépi tanulási és mélytanulási technikák összefoglalására, valamint az adatfeldolgozási és jellemzőkinyerési megoldások vizsgálatára. Egy magyarországi székhelyű, az EU határain belül működő webshop naplóadatainak felhasználásával egy tényleges üzleti megoldást hozott létre, melyben célzott ajánlatok és promóciós küldemények készítéséhez épített egy modellt.

A kutatás további lépéseit a 2. fejezetben mutatja be, melyben a Szegedi Tudományegyetem Szoftvertechnika Tanszékével együttműködve létrehozott egy MOOC kurzust "Tudatos és biztonságos internethasználat" címmel. Az így létrehozott rendszer rögzítette a felhasználók viselkedését a feladatok elvégzése közbe (középszintű naplóadatok), illetve rögzítette az egérmozgásokat és a videónézési napló adatokat is (alacsony szintű naplóadatok). Az így kapott, lényegesen gazdagabb közép- és alacsony szintű adathalmazokon előfeldolgozási és jellemző-kivonási módszereket javasolt, majd megvizsgálta a hagyományos gépi tanulási modellek hatékonyságát. Az eredmények rávilágítottak az új adathalmaz hiányosságaira és a bevezetett módszerek hátrányaira, ugyanakkor igazolták a kezdeti hipotézist, miszerint a közép- és magas szintű naplóadatok, valamint gazdagabb és hosszabb idősort használó módszerek nagyobb hatékonyságot biztosítanak. A disszertáció utolsó két fejezetében a szerző a Stanford Egyetem egyik MOOC kurzusára beiratkozott 142 395 hallgató 39,5 millió naplóadatanak felhasználásával mutatja be a hallgatói teljesítményt előjelző modelleket. A nehéz és időigényes jellemzőtér-kinyerés helyett a nyers, kattintásfolyam-szintű, diszkrét értékű, változó hosszúságú adatokat kezelni tudó Deep Learning módszereket vizsgálta meg. Ebben a fejezetben a szerző arra a kérdésre keresi a választ, hogy vajon az ilyen nagyméretű képzési adathalmaz esetén ezek a módszerek lényegesen pontosabbak-e, mint a klasszikus, jellemzőkinyerésen alapuló módszerek. Az utolsó fejezetben a szerző összehasonlítja a konvolúciós- és a rekurrens neurális hálózati architektúrákat a Stanford MOOC-adatkészleten. Továbbá betekintést nyújt a numerikus- és a diszkrét szekvenciális adatfeldolgozási technikákba, ahol változókénti beágyazásokat vizsgál. Végül három vizualizációs technikát is javasolt a szekvenciális naplóadatokon képzett mély neurális hálózatokhoz, melynek célja, hogy segítséget nyújtson a neurális modellek által tanult minták megértésében.

Felhasználói viselkedéselemzés magas szintű naplóadatokból

Az első tézispontban a szerző bemutatja a magas szintű naplóadatok gyűjtésének és előkészítésének speciális kihívásait. Ehhez, a kutatásban, egy valós magyar webshop adatbázisán végzett előjelzési feladattal foglalkozott (Kőrösi és Vinkó, 2021). Az adatgyűjtési és adatelőkészítési megoldások mellett alkalmazásspecifikus jellemzőkészleteket javasolt. Továbbá bemutatott több összehasonlító Machine Learning kísérletet. Javaslatot tett egy probléma megoldására, melyben a célzott ajánlatok és promóciós küldemények elfogadásának előrejelzése volt a cél. A kutatásban nem a következő vásárlást, hanem valójában a vevő reklámlevelekre adott reakcióját jelezte előre. A szerző a publikációjában (Kőrösi and Vinkó, 2021) a következő eredményeket tekinti a területhez való jelentős hozzájárulásának:

- A szerző egy létező magyarországi webáruház naplóadatait használta fel egy olyan megoldás kidolgozására, amely a magasszintű felhasználói naplóadatokból megbízhatóan képes volt előrejelezni az eladási promóció elfogadásának valószínűségét. Javasolt egy speciális jellemzőreprezentációt, amely hatékonyan támogatta a modell működését, mely modellt egy kombinált osztályozási és regressziós megoldásként mutatott be.
- A kombinált modellben az osztályozási feladat célja annak meghatározása volt, hogy egy felhasználó elfogadja-e az értékesítési promóciót vagy sem. Ennek az osztályozási modellnek a kimenetét felhasználva egy további regressziós megoldást használva, külön-külön megjósolta egy-egy promóciós csomag elfogadásának valószínűségét. Az így kapott kombinált modell nemcsak a felhasználói viselkedést tudta jelentős hatékonysággal megjósolni, hanem az ügyfél számára könnyen értelmezhető megoldást is nyújtott.
- A szerző közel egy tucat különböző Machine Learning módszerrel végzett empirikus méréseket, valamint hiperparaméter-hangolást futtatott az optimális paraméterek megtalálásához. Bemutatta, hogy a magas szintű naplóadatok használata esetén a kumulatív jellemző-kivonási módszer egy kombinált osztályozási és regressziós megoldással gyors és hatékony eredményeket tudott nyújtani, amit az ügyfél elégedettsége is megerősített.

Oktatási teljesítmény előrejelzése középszintű kattintásfolyam adataiból

A 1. fejezetben használt magas szintű webshop naplóadatok elemzése során a sikerült egy működő modellt alkotni. Ám ugyanakkor az is világossá vált, hogy a rövid- és magasszintű naplóadatok korlátozzák a modell pontosságát. Ez egyben azt is jelenti, hogy a nagyobb pontosságú modellek építéséhez először meg kellett változtatni az adatok mélységét. Mivel az e-kereskedelmi és a MOOC-platformok időszerszerkezete és annak elemzése nagy hasonlóságot mutat, így kutatás a MOOC naplóadatok irányába fordult. A szerző jobb és mélyebb adatok megszerzése érdekében egy e-learning tanfolyamot tervezett, melynek alapja egy Moodle oldal volt (Tudatos és biztonságos internethasználat alapjai TÉBIA), és ehhez a Szegedi Tudományegyetem két tan-
székének együttműködésével kifejlesztettek egy új, viselkedésnaplózási komponenst (Kőrösi és Havasi, 2017; Kőrösi et al., 2018). Ez a tanulmány a komponens által rögzített adatokkal, annak megértésével és feldolgozásával foglalkozott. A kutatás egyik jelentős hozzájárulása az volt, hogy sikerült megerősíteni azt a feltevést, hogy a mélyebb, gazdagabb adatsorok még rövid MOOC-tanfolyamok esetén is pontosabb modellt hoznak létre, mint a rövid és magas szintű naplóadatokra épülő megoldások. A szerző emellett kiemelte azokat a jellemzőket, amelyek a leginkább befolyásolták az osztályozó modell eredményeit, amely hasznos meglátásokkal szolgál a MOOC-fejlesztők számára. Továbbá feltárta, hogy az adatfolyam feletti jellemzőválasztás során mely jellemzők voltak a legnagyobb súlyúak. Publikációihoz (Kőrösi and Havasi, 2017; Kőrösi et al., 2018) kapcsolódóan a szerző az alábbi eredményt tekinti a szakterülethez való legfőbb hozzájárulásnak:

- Egy gyenge elemzési eszközökkel működő Moodle platformot, egy hatékony naplózási rendszerrel tudott kiegészíteni, amely akár a hasonló portálok számára is hasznos lehet, hiszen ezzel megfelelnének a jelenkor adattudományi adat rögzítési követelményeinek.
- Olyan adاتمérnöki megoldást tervezett, amely emberi beavatkozás nélkül dolgozza fel a bemeneti adatokat. Képes volt feltárni a szélsőséges felhasználói viselkedési értékeket, mely a hathatós segítséget nyújthat a veszélyeztetett diákcsoportok felkutatásában. A kutatásban összesen 263 egyedi jellemzőt határozott meg, mely a rövid videós MOOC-ok középszintű kattintássorozatának leírására alkalmazható.

- A viszonylag alacsony mintanagyság ellenére képes volt hatékony clickstream alapú előjelző modellt készíteni. Bevezetett egy gépi tanulási módszertant, amely a jellemzők kiválasztásában és a bináris osztályozási technikákat alkalmazásában segít az olyan rövid videó MOOC-oknál melyek középszintű szekvencia-adattal rendelkeznek. A létrehozott modellek képesek voltak megjósolni, hogy ki fog megbukni vagy ki fogja befejezni az online kurzust, ami hatalmas segítséget jelent az e-learning kurzusokat működtető tanszékek számára.
- Több mint tíz gépi tanulási megközelítést alkalmazott és tesztelt, melyek eredményről részletes statisztikát mutatott be.

MOOC teljesítmény előrejelzés Deep Learning segítségével a nyers kattintásfolyam adatokból

Számos tanulmány kimutatta, hogy az alacsonyszintű adatok felhasználásával a sikeresebb előjelzési modelleket hozhatunk létre, mint a magas- vagy középszintű adatokkal. Ennek bizonyítására a szerző a Stanford Lagunita adathalmazainak felhasználásával végzett kísérleteket, melynek célja a tanulói viselkedés előrejelzésére volt. Ehhez nyers adatsorozatokot és Deep Learning modelleket használt fel, melyek eredményét összehasonlította a hagyományos módszerekkel. E kutatási rész fő hozzájárulása egy olyan előjelző modell felépítése volt, amely képes volt nyers, alacsony szintű, változó hosszúságú, diszkrét értékű adatok felhasználásával a hagyományos előjelző modellekkel azonos vagy jobb eredményeket elérni. A modell legfőbb előnye, hogy ennél a megközelítésnél nem volt szükség manuális jellemzőtervezésre, hiszen a nyers napló-adatokból a modell ezt automatikusan ki tudta nyerni. A Stanford Lagunita 12 015 hallgató adataiból álló adatállományán végzett kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a várt modell jelentősen jobb eredményt ért el, mint az alapmodellek. A modell eredményei elegendőek voltak ahhoz, hogy bizonyítsák a rekurrens neurális hálózatok használatának létjogosultságát, a nyers, alacsony szintű, változó hosszúságú, diszkrét értékű adatsorozatokon.

Kőrösi and Farkas (2020) publikációjához kapcsolódóan a szerző a következő eredményeket tekinti a területhez való jelentős hozzájárulásának:

- Javaslatot tett egy adatelőkészítési módszertanra az alacsonyszintű clickstream eseményadatok kezeléséhez. Ennek eredményeként 3D adatokkal hatékonyan

tudott rekurrens hallózótokat felhasználó kísérleteket futtatni. Kutatásában kiértékelte a javasolt Deep Learning alapú előrejelző módszertant, amely az eredmények alapján felülmúlta a klasszikus Machine Learning alapú megközelítést.

Mélytanulási modellek és azok értelmezése a MOOC teljesítmény előrejelzéséhez

A Deep Learning modellek többségét numerikus adatokra alkalmazzuk, azonban a MOOC eseménynaplók gyakran többváltozós, változó hosszúságú, diszkrét értékű szekvenciákból állnak. Lévén, hogy a Deep Learning technikákat nem lehetett közvetlenül ilyen adatokra alkalmazni, egy új megközelítéssel kellett előállni. Ennek megoldására már ismert módszertannal rendelkezünk, melyet a természetes nyelvfeldolgozáshoz (NLP) kapcsolódóan publikáltak. S bár a módszer hatékonyan működik az NLP esetén, a MOOC log adatsorozatok jelentősen hosszabbak voltak, mint a természetes nyelvi mondatok, és gyakran több változóból állnak és változó hosszúságúak is, így az az eddig bevált technikákat nem lehetett közvetlenül alkalmazni. Ennek megoldására a szerző a nyers logadatokon alapuló, azok speciális jellemzőinek kezelésére egy beágyazás alapú Deep Learning modellarchitektúrát javasolt (Kőrösi és Farkas, 2021), melyhez korszerű rekurrens és konvolúciós modelleket képzett. A kísérletekben sikerült különböző beágyazási rétegek használatával a többváltozós diszkrét értékű adatokat megfelelően reprezentálni. Ennek az egyik bizonyítéka, hogy rekurrens és temporális konvolúciós neurális hálózatok pontos előrejelzéseket biztosítottak anélkül, hogy a vizsgált rendszerre vonatkozó explicit tudáshoz hozzáfértünk volna. A szerző a sikeres modell építés mellett többek által "fekete dobozoknak" tekintett, Deep Learning modellek dobozainak felnyitására is javaslatot tett. Munkájában javasol három olyan vizualizációs technikát, amelyek hathatós segítséget nyújthatnak a diszkrét értékű, többváltozós, idősoros regressziós neurális modellek értelmezésében. Kőrösi and Farkas (2021) publikációjához kapcsolódóan a szerző a következő eredményeket tekinti a területhez való jelentős hozzájárulásának:

- Az empirikus eredmények azt mutatták, hogy a beágyazási módszere képes volt jelentősen javítani az előjelzési eredményeit, és hatékony segítséget nyújtott a többváltozós, diszkrét értékű, változó hosszúságú szekvenciális adatok előfeldolgozásában.
- Emellett összehasonlítónan értékelte a GRU, LSTM és TCNN architektúrákat, valamint a klasszikus gépi tanulási megoldásokat a kumulatív jellemzőkkel.

- Az eredmények jobb megértése érdekében a szerző három vizuális megoldást mutatott be, mellyel betekintést nyerhettünk a mélytanuló modellekbe. Vizsgálata egyértelműen megmutatta az RNN és CNN modellek közötti eltérő tanulási módszereket.

Irodalomjegyzék

- Gábor Kőrösi, Péter Esztelecki, Richard Farkas and Krisztina Tóth. 2018. Clickstream-based outcome prediction in short video moocs. In *2018 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)*, pages 1–5. IEEE.
- Gábor Kőrösi and Richard Farkas. 2020. Mooc performance prediction by deep learning from raw clickstream data. In *International Conference on Advances in Computing and Data Sciences*, pages 474–485. Springer.
- Gábor Kőrösi and Richárd Farkas. 2021. Deep learning models and interpretations for multivariate discrete-valued event sequence prediction. In *International Conference on Artificial Neural Networks*, pages 396–406. Springer.
- Gábor Kőrösi and Ferenc Havasi. 2017. Moodle-based data mining potentials of mooc systems at the university of szeged. In *2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pages 755–760. IEEE.
- Gábor Kőrösi and Tamás Vinkó. 2021. A practical framework for real life webshop sales promotion targeting. *Informatica*, 45(4).


Társszerzői Nyilatkozat

Alulírott Dr. Farkas Richárd József hozzájárulok ahhoz, hogy Körösi Gábor az alább felsorolt közleményekben bemutatott eredményeket a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Karának, Informatikai Intézetének Doktori Iskolához tartozóan benyújtott „Machine Learning based analysis of users’ online behaviour” című PhD értekezés tézispontjainak alátámasztására önálló eredményként felhasználhatja.

Egyúttal kijelentem, hogy a közös publikációkban és a tézisekben foglalt tudományos eredményeket nem kívánom a Szegedi Tudományegyetem vagy más egyetem doktori iskolájában fokozatszerzés céljából felhasználni.

- Gábor Körösi, Péter Esztelecki, Richard Farkas and Krisztina Tóth. 2018. Clickstream-based outcome prediction in short video moocs. In 2018 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS), pages 1–5. IEEE.
- Gábor Körösi and Richard Farkas. 2020. Mooc performance prediction by deep learning from raw clickstream data. In International Conference on Advances in Computing and Data Sciences, pages 474–485. Springer.
- Gábor Körösi and Richárd Farkas. 2021. Deep learning models and interpretations for multivariate discrete-valued event sequence prediction. In International Conference on Artificial Neural Networks, pages 396–406. Springer.

Dátum: 2022. 02. 17.


.....
Dr. Farkas Richárd József

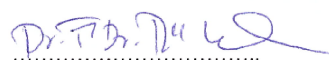
Társszerzői Nyilatkozat

Alulírott Dr. Farkasné Dr. Tóth Krisztina hozzájárulok ahhoz, hogy Kőrösi Gábor az alább felsorolt közleményekben bemutatott eredményeket a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Karának, Informatikai Intézetének Doktori Iskolához tartozóan benyújtott „Machine Learning based analysis of users’ online behaviour” című PhD értekezés tézispontjainak alátámasztására önálló eredményként felhasználhatja.

Egyúttal kijelentem, hogy a közös publikációkban és a tézisekben foglalt tudományos eredményeket nem kívánom a Szegedi Tudományegyetem vagy más egyetem doktori iskolájában fokozatszerzés céljából felhasználni.

- Gábor Kőrösi, Péter Esztelecki, Richard Farkas and Krisztina Tóth. 2018. Clickstream-based outcome prediction in short video moocs. In 2018 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS), pages 1–5. IEEE.

Dátum: 2022. 02. 17.



Dr. Farkasné Dr. Tóth Krisztina

Társszerzői Nyilatkozat

Alulírott Esztelecki Péter hozzájárulok ahhoz, hogy Kőrösi Gábor az alább felsorolt közleményekben bemutatott eredményeket a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Karának, Informatikai Intézetének Doktori Iskolához tartozóan benyújtott „Machine Learning based analysis of users’ online behaviour” című PhD értekezés tézispontjainak alátámasztására önálló eredményként felhasználhatja.

Egyúttal kijelentem, hogy a közös publikációkban és a tézisekben foglalt tudományos eredményeket nem kívánom a Szegedi Tudományegyetem vagy más egyetem doktori iskolájában fokozatszerzés céljából felhasználni.

- Gábor Kőrösi, Péter Esztelecki, Richard Farkas and Krisztina Tóth. 2018. Clickstream-based outcome prediction in short video moocs. In 2018 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS), pages 1–5. IEEE.

Dátum: 2022.02.20.



(aláírás)

Társszerzői Nyilatkozat

Alulírott Havasi Ferenc hozzájárulok ahhoz, hogy Körösi Gábor az alább felsorolt közleményekben bemutatott eredményeket a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Karának, Informatikai Intézetének Doktori Iskolához tartozóan benyújtott „Machine Learning based analysis of users’ online behaviour” című PhD értekezés tézispontjainak alátámasztására önálló eredményként felhasználhatja.

Egyúttal kijelentem, hogy a közös publikációkban és a tézisekben foglalt tudományos eredményeket nem kívánom a Szegedi Tudományegyetem vagy más egyetem doktori iskolájában fokozatszerzés céljából felhasználni.

- G Körösi and F Havasi. 2017. Moodle-based data mining potentials of mooc systems at the university of szeged. In 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), pages 755–760. IEEE.

Dátum: Szeged, 2022. 02.17.

.....Havasi Ferenc.....

Havasi Ferenc