



**Budapesti Corvinus Egyetem
Gazdaságinformatika Doktori iskola**

Tézisgyűjtemény

Christian Weber

**Creating a Concept Importance Measure for
Domain Knowledge in the Context of Learning**
című Ph.D. értekezéséhez

Témavezető:

Dr. Vas Réka

Budapest, 2017

Információrendszerek Tanszék

Tézisgyűjtemény

Christian Weber

**Creating a Concept Importance Measure for
Domain Knowledge in the Context of Learning**
című Ph.D. értekezéséhez

Témavezető:

Dr. Vas Réka

© Christian Weber

Tartalom

1.	A kutatás motivációi és céljai	1
1.1.	A kutatás előzményei és a téma indoklása	2
1.2.	Kutatási kérdések részletezése.....	4
2.	Alkalmazott módszertanok	6
2.1.	Kutatásmódszertan.....	6
3.	A Kutatás eredményei.....	7
3.1.	Az felhasznált informatikai rendszer leírása	8
3.2.	Az adatgyűjtés előkészítése, eseményérzékelő rendszer implementációja	8
3.3.	A fogalomfontosság-mérték	9
3.4.	A fogalomfontosság-mérték integrációja a STUDIO rendszerbe.....	17
3.5.	A kutatás eredményeinek összefoglalása	19
4.	Főbb hivatkozások	22
5.	A szerző fontosabb publikációi.....	24

1. A kutatás motivációi és céljai

A pénzügyi válságból kilábaló Európai Unió 2010-ben, az Európa 2020 Stratégiában célul tűzte ki az egész Uniót átfogó változást. Európának növekednie kell, méghozzá intelligens, fenntartható és inkluzív, az EU minden területére kiterjedő módon. Ez a fajta növekedés nem kivitelezhető képzett és alkalmas munkaerő nélkül. Ennek megfelelően, az Európa 2020 Stratégia öt pilléréből kettő, a foglalkoztatás és az oktatás pillére ezt a célt hivatott elősegíteni a nemzetek szintjén.

Az Európa 2020 célkitűzéseivel összhangban, az unió S3-as (Smart Specialization Strategy) programjának célja, hogy támogassa az EU országokat és régiókat azok kutatásfejlesztési stratégiájának kidolgozásában és megvalósításában. A regionális és nemzeti S3 stratégiák szakterületek szerinti prioritásainak megfogalmazásával a mikro-, makro- és mezoszintű versenyelőnyök és kiválóság megteremtését segítik, ahol a fókusz az innováción és a vállalkozói szellemen van, és azon, hogy ezeken keresztül támogassuk az új, tudásalapú gazdaság létrejöttét.

Mindezzel egyidőben a globalizáció és a nemzetköziesítés fokozódó nyomásának hatására elmosódnak a határok a különböző piacok között, és az egyes, azelőtt jól elkülönülő munkakörök és azok követelményei között is. Egyre több gazdaság válik szolgáltatás alapúvá, ahol a szolgáltatások egyre jobbra tételében egyre nagyobb szerepet kapnak az infokommunikációs technológiák, amely profilváltást követel meg a munkaerő egy jelentős részétől. Hasonlóképpen a technológia a civil társadalmat is egyre inkább áthatja, ahogy egyre közelebb kerülünk egy hálózati társadalomhoz, ahol a közösségek virtuálisan kapcsolódnak egymáshoz.

Ebben a folyamatosan, gyorsuló ütemben változó környezetben, a változáshoz való alkalmazkodás képessége, a modern munkavállalók elengedhetetlen képességévé vált. **Az a probléma, hogy a hagyományos oktatás – formájától függetlenül - nem tud megbirkózni ezzel az átalakulással, így nem tud megfelelni a változás sürgető szükségének.** A tudásgazdaságokban, a magasan képzett munkavállalók számára új típusú oktatási stratégia szükséges. Az elméleti oktatás és a gyakorlati alkalmazás rövid ciklusai szükségesek, amit a dolgozó a saját munkahelyi környezetében kaphat meg a legjobban. Az ilyen jellegű tréningek fókuszja kettős, céljuk a munka javítása mellett az is, hogy a munkavállaló kifejlessze azokat a képességeket, amelyek képessé teszik majd

a jövőben felmerülő követelményeknek való megfelelésre. Egy adott munkakör ellátásához szükséges tudás (job knowledge) az oktatási kínálat és a gazdasági követelmények uniója. Ezzel kapcsolatban felmerül a kérdés, hogy miként lehet ezt a munkához szükséges tudást naprakészen tartani, és hogyan lehet a munkavállalókat hatásosan, a munkavégzés közben (on the job) képezni?

Ez olyan oktatást követel meg, amely az oktatási anyagok kiválasztása és felépítése szempontjából megfelel az adott cél és a jelen kor követelményeinek, hogy kiaknázhatók legyenek az intelligens növekedés és a tudásgazdaságban való részvétel lehetőségei.

1.1. A kutatás előzményei és a téma indoklása

A modern munkavállalóknak meg kell birkóznia számtalan változással és a rugalmasan változó követelményekkel a munkahelyen. Az új projektek új szakismeretet követelhetnek, a felelősségi vagy hatáskörök változhatnak, vagy az új munkaerőpiaci lehetőségek motiválnak új képességek elsajátítására. A változásokkal való megküzdés, és a folyamatos önfejlesztési igénynek való megfelelés, megköveteli, hogy a munkavállalók tudatosan álljanak a saját tanulásukhoz. Szükséges a saját tudás folyamatos felmérése, és a haladás követése.

Az elmúlt években a szemantikus technológiák térnyerése nyomán a tudást egyre inkább, mint egy strukturált és összekapcsolt hálózatot képzeljük el, a korábbi nézőponttól eltérően. Ez a változás természetesen hatott arra is, ahogy a vállalati tudást elképzeljük és kezeljük. A web fejlődésének legutóbbi generációjából – az alkalmazásvezérelt web (web 2.0) kialakulását a szemantikus web (web 3.0) követte – kiemelkedő technológiák nyomán, új, továbbfejlesztett módszerek születtek a tudás tárolására, az ahhoz való hozzáférésre és annak napra készen tartására. A technológiák nyomán új eljárások és legjobb gyakorlatok is kifejlődtek.

Az összekapcsolt információforrásokra épülő megoldások új lehetőségeket kínálnak az oktatásban és a tanulásban, annak érdekében, hogy mindjobban megfeleljenek az egyéni igényeknek a különböző tanulási szituációkban, mint például a formális- vagy nem-formális oktatás, és mindezt nemcsak a jelen, de a jövő követelményeinek figyelembevételével. A vegyes-, vagy kombinált oktatás (blended learning) és a szemantikusweb-technológiák térnyerésével, rendszerek egy új generációja született,

amely az összekapcsolt információk, és a tudás szemantikus gazdagított struktúráinak segítségével támogatja a tanulókat, hogy pontosan azt tanulják meg, amire szükségük van.

A változásokkal, és a formális oktatás korlátaival megbirkózó új oktatási rendszer – felhasználva az összekapcsolt és strukturált tudást – át tudja hidalni a szakadékot, aközött *amit valaki tud, és amit tudni kellene ahhoz, hogy megfeleljünk az új követelményeknek* olyan szituációkban, mint egy új állás megpályázása, egy új tanfolyam kiválasztása vagy az új munkaköri feladatokhoz való alkalmazkodás. De ahogy az új információhoz való hozzáférés egyre rugalmasabbá válik, és egyre több és egyre inkább összekapcsolt információ szerezhető meg, az is egyre fontosabb, hogy ki tudjuk szűrni a megfelelő információt a megfelelő időben.

A szemantikus technológiák segítségével az elkülönült, izolált információk információhálózattá változtathatók. Ez a struktúra, a szükséges tudás környezetének feltárásán keresztül egy még rugalmasabb tanulási folyamatot tesz lehetővé. Amíg az emberek a számukra ismert szakterületen egyszerűen meg tudják ítélni, hogy melyek a terület ismeretéhez nélkülözhetetlen fogalmak₁, addig ez a feladat egy ismeretlen szakterületen lényegesen nehezebb. Egy olyan szituációban, mikor valaki egy számára ismeretlen, új szakterület, új tudásának elsajátításába fog, a kérdés, hogy *mit tanuljon meg először*, egészen biztosan felmerül. Azonban egy olyan módszer, amely segítene megválaszolni ezt a kérdést – azáltal, hogy rangsorolja a terület fogalmait azok relevanciája alapján – hiányzik.

A disszertáció azt vizsgálja meg, hogy hogyan lehet egy szakterület tudásstruktúrájáról (ontológia) rendelkezésre álló információt, és a mögöttes szemantikát (metamodellt) felhasználni annak érdekében, hogy létrehozzunk egy mérőszámot, ami az egyes fogalmak (tudáselemek) fontosságát jelzi. A dolgozat, a mérőszám kidolgozásán túl, kitér arra is, hogy miképpen lehet ezt a fogalmak fontosságára vonatkozó új információt felhasználni egy adaptív e-learning rendszerben.

¹ A disszertációban a “fogalom” és a “tudás” szavakat sokszor felcserélhető módon használom. A „fogalom” szót akkor használom, amikor a szakterületi tudásmodell egy tudáselemére hivatkozom, míg a „tudás” szó a tanulás és a tanulási célú tudásmodellezés kontextusában szerepelhet.

1.2. Kutatási kérdések részletezése

- **Első kutatási kérdés:** Hogyan lehet egy **szakterület szemantikus modelljét** felhasználva **beazonosítani azokat a tudásterületeket, melyek** összehasonlítva más tudásterületekkel, **kiemelt fontosságúak az adott szakterület elsajátításában.**

Egy szemantikus modell, a való világ egy jól körülhatárolható részének absztrakciója, fogalmi modellje. A modell a vizsgálati cél szempontjából leírja a modellezett terület egyedeit, és ezen kívül többlet információt tartalmaz az egyedek egymáshoz való viszonyáról, arról, hogy azok hogyan kapcsolódnak egymáshoz a modellezett térben. Tehát a modell az egyedeket és azok kapcsolatát a meghatározott szemantikus szabályok alapján írja le. Az élet különböző területeinek számtalan szemantikus modellje létezik. A tanulás kontextusában értelmezve az előzőeket, elmondható, hogy a szemantikus modell segítségével a tanulás tárgyát képező tárgykör, szakterület mellett a tanuló jellemzői is reprezentálhatók.

A disszertációban felhasznált szakterületi szemantikus modell (szakterületi ontológia), az alkalmazás szempontjából releváns tudáselemeket tartalmazza. A tudáselemek közötti kapcsolatok modellezését, tudásmenedzsment specifikus kapcsolati osztályok segítik, például “ismeretét követeli” vagy “altudásterülete”. Az egyes tudáselemeket – modellezési szempontból, egyedeket – különböző osztályokba sorolhatjuk, ilyenek a „Tudásterület”, „Példa” vagy „Alapfogalom”. A fogalmak, azok formális típusa, és a köztük lévő kapcsolatok lehetővé teszik egy strukturált, szemantikus szakterületi tudásmodell felépítését, ami egy strukturált tanulási folyamat implementációját teszi lehetővé.

A tanulás lineáris folyamatában a tanuló egymás után tanulja meg az egyes fogalmakat (tudáselemeket), amíg a teljes tárgykör ismeretét el nem sajátítja. A kérdés az, hogy lehetséges-e a struktúrára vonatkozó információt (Hogyan kapcsolódnak az egyes fogalmak?), és a szakterület szemantikájáról rendelkezésre álló információt (Mik – milyen osztályba tartozó elemek – kapcsolódnak?) szisztematikus módon felhasználni annak érdekében, hogy létrehozzunk egy mérőszámot, amely értékeli az egyes fogalmakat a szakterületen betöltött szerepük alapján? Így a létrehozott mérőszám azt

mutatná meg, hogy mely fogalmat kell először elsajátítani és a tudásfelmérés során először kiértékelni. Tulajdonképpen a mérőszám a szakterület fogalmait „relatív fontosságuk” szerint állítja sorba, mely alapján lehetővé válhat egy, a lineárisnál jobb, gyorsabb és a tanuló adottságainak jobban megfelelő tanulás.

A “fontosságnak” a tanulás kontextusában, de akár köznyelvi értelemben is többféle jelentése lehet, mint például “jelentős” vagy “értelmes”. A disszertáció keretében, a fogalmak tanulás szempontú értékelésének szempontjából, a fontosság két dimenzió mentén értelmezett. Az első dimenzió kérdése, hogy mennyire kiterjedt a fogalom kapcsolatrendszere a szakterületi ontológia tudáshálózatában (kvantitatív indikátor)? A második dimenzió kérdése, mennyire „szükséges” egy adott fogalom az összekapcsolt fogalmi hálózat szempontjából (kvalitatív indikátor)

- **Második kutatási kérdés:** Hogyan lehet **számszerűsíteni egy tudásterület “fontosságát”**, azaz egy mérőszámot definiálni, ami kifejezi az adott tudásterület fontosságát a tárgykörön belül, annak szemantikus modellje alapján? Hogyan lehet ezt **a mérőszámot integrálni, implementálni és hasznosítani egy online tudásfelmérő rendszerben?**

Egy fogalom fontosságának mérése a szakterület modelljének segítségével lehetővé teszi, hogy megtaláljuk azokat a tudásterületeket, melyek ismeretét először elsajátítva a terület további megismerése leegyszerűsödik. A tanulás az új ismeretek elsajátításának és az azokra való reflektálásnak, azok kognitív feldolgozásának iteratív folyamata. Egy ilyen folyamatot támogató informatikai rendszernek segítséget kell nyújtania a szakterületen **először** elsajátítandó fogalmak kijelölésében, annak érdekében, hogy a terület elsajátításában mutatkozó komplexitást csökkentse.

A tanulási folyamat támogatásának első lépése, hogy felmérjük a tanuló jelenlegi tudását az adott szakterületen. Az így nyert információ ezután felhasználható a személyre szabott haladást támogató tanulási utak kijelölésére. Egy ilyen elven működő rendszer szempontjából annak ismerete, hogy mely tudáselemek a legfontosabbak a tanuláshoz, rámutat arra, hogy mely fogalmak tudását mérjük fel először, hogy a tanuló képzési szükségleteit megállapítsuk. Az így szerzett ismeretek birtokában aztán kijelölhető a tanuló számára legjobb tanulási út. A leszabott tanulási úton a fókusz azokra a fogalmakra helyeződhet, melyeket elsőként megtanulva a legnagyobb hasznosság érhető el.

Egy – a disszertáció keretében vizsgált – online tanulást támogató megoldásban, a tanulási folyamat felfogható a tudásfelmérés, és az annak eredményére reflektáló tanulás folyamatos ciklusaiként. Ha feltételezzük, hogy létezik egy – az első kutatási kérdésben leírt – jól kidolgozott mérőszám, melynek segítségével az egyes fogalmak fontossága meghatározható a szakterület szemantikus modelljében, a következő lépés annak kidolgozása, hogy hogyan lehet ezt a mérőszámot felhasználni a képzési igények folyamatos felmérésében és leszabásában. További kérdés, hogy ezt a mérőszámot miképp kell implementálni egy e-learning rendszer tudásfelmérő algoritmusában?

2. Alkalmazott módszertanok

2.1. Kutatásmódszertan

A Gazdaságinformatika Doktori Iskolában a különböző feladatok megoldása során – az adott kutatás háttérétől és az alkalmazástól függően – társadalomtudományi és informatikai területről vett kutatási megközelítések elfogadhatók és alkalmazhatók. A disszertációban tárgyaltak a formális tanuláson túl, a munkaerőpiac számos aspektusát átfogják, többek között az egyes munka- vagy szerepköröknek megfelelő, vagy az új ismeretek informális vagy nem-formális csatornákon keresztüli megszerzése.

A disszertáció érinti a felhasználó modellezés (user modelling) és az adaptív rendszerek területét, a szakterületi tudásra levont következtetések esetében arra épít, hogy mindezek egy ontológiába vannak leképezve. Ebből következik, hogy a kutatási kérdések megválaszolása során alkalmazott kutatási, feltáró és igazoló módszerek technológia-vezéreltek.

Amaral et al. (2011) alapján a feltáró és igazoló jellegű informatikai kutatásokban legjellemzőbben használt öt módszertan a Formal (Formális), Experimental (kísérleti), Build (Fejlesztő), Process (Feldolgozó) and Model (modellező).

A disszertációban bemutatott első kutatási kérdésben definiált, a tudáshálózatban található fogalmak jelentőségének mérésére használt, fogalomfontosság-mérték tervezésére irányuló feladat megfelel a modellező (model) megközelítésnek. A mérőszám a tudás mögötti absztrakt struktúrát egy reprezentatív mennyiségbe foglalja össze, így a fogalom relevanciáját modellezi az adott alkalmazás számára, melyet a tanulás támogatására használunk.

A felépített modell igazolására a rendelkezésre álló módszertanok közül a kísérleti (experimental) megközelítés a megfelelő. Ennek megfelelően a disszertáció a modellezés és a modell kísérleti tesztelésének kevert módszertanára épül. A nagyobb hangsúly ebben a munkában a modellezésre helyeződik.

A tervezett mérőszám felhasználására, használhatóságára vonatkozó kutatás, hogy az miképpen építhető be egy létező szoftver keretrendszerbe, leginkább a „fejlesztő” (build) megközelítésnek feleltethető meg, hiszen ekkor az elméleti megközelítést a forráskódba kell átültetni. Tekintettel a dolgozat tudásfelmérési és tanulási fókuszára az implementált, végső informatikai megoldás értékelése, a célnak megfelelő valós környezetben történt, kísérleti módon, esettanulmány jelleggel.

Az eredmények részletes feldolgozását egy interpretációs szakasz követi, mely során megpróbálom értelmezni és magyarázni az összegyűjtött eredményeket (kísérleti (experimental) módszertan).

A disszertációban bemutatott kutatás két pilléren épül. A kutatás első pillére a modellezés és a fogalomfontosság-mérték kidolgozása, míg a második pillér ennek algoritmikus megvalósítása és implementálása az ezt alkalmazó tudásfelmérő informatikai megoldás architektúrájába. Az eredmények értékelésének és magyarázatának feltáró jellegű módszere végigkíséri a teljes kutatást.

3. A Kutatás eredményei

A szakirodalmi áttekintés során a felhasználó modellezés, a szervezeti tanulás, a tanuláselmélet és a hálózatok tudományának átfogó elemzésére kerül sor, e területek korszerű ismeretanyagának segítségével lehetővé válik a fogalomfontosság-mérték elméleti alapjainak megteremtésére. A szakirodalom elemzése a területen mutatkozó kutatási **résre** is rávilágított, jól látszik, hogy nincs egyetlen elmélet sem, ami jól kidolgozott vagy kész kiindulópontot adna a fogalmak tanulás szempontú fontosságának értékeléséhez.

A disszertáció végső feltáró kutatása a vonatkozó szakirodalom javaslatai alapján valósult meg, és öt fejezetre tagolódik a következők szerint.

3.1. Az felhasznált informatikai rendszer leírása

A kutatás során a kidolgozott elképzelés egy e-learning rendszerben került megvalósításra. Az igazolásra irányuló kísérletek is ugyanebben a rendszerben történtek. A kísérleteket vegyes oktatási (blended learning) környezetben folytattam le alapszakos hallgatók szemináriumi munkájába integráltan. A hallgatók eredményei és a rendszerből származó folyamatos visszajelzések támogatták a fogalomfontosság-mérték új megközelítésének folyamatos fejlesztését.

A fogalomfontosság-mérték fejlesztése és implementációja hosszas kutatások során kialakult, és már kiforrott adaptív tudásfelmérő és tanulást támogató rendszerben, a STUDIO-ban történt (Vas, 2016). A STUDIO rendszer alapját egy tudományosan megalapozott, átfogó, szemantikusan gazdagított struktúrába rendszerezett tudás jelenti, amely megfelel a szakirodalom-feldolgozás alapján megismert követelményeknek. A rendszer képes egy szakterület tudását ontológiában modellezni, így ez a szakterületi tudás forrása. A STUDIO biztosította a kutatás kivitelezéséhez szükséges struktúrát és szemantikát, így a kísérletek elvégzéséhez és az adatgyűjtéshez szükséges tesztkörnyezetet is ez a rendszer nyújtotta. Továbbá a STUDIO lehetőséget biztosít a hallgatók eredményeinek és haladásának megjelenítésére analitikus, leíró formában, de az eredmények akár vizuálisan is áttekinthetők. A tanulók megtekinthetik a struktúra egyes elemeihez kapcsolódó tananyagokat is a rendszerben. A kutatás során megtörtént a fogalomfontosság mérésén alapuló tesztelési algoritmus integrálása is a STUDIO rendszerbe.

3.2. Az adatgyűjtés előkészítése, eseményérzékelő rendszer implementációja

A fogalomfontosság-mérték későbbi implementálásának és értékelésének megalapozásaként meg kellett tervezni a megvalósítandó kísérleteket a STUDIO rendszerben és meg kellett teremteni azok feltételeit. Ennek érdekében első lépésként felmérésre kerültek azok a felhasználói interfész események és szakterületi ontológiához kapcsolódó tulajdonságváltozók, melyekről mérésadatok gyűjthetők. A STUDIO rendszer gyűjti a felhasználók által tudástesztjeik során adott válaszokat és eredményeket, és az azokhoz kapcsolódó mutatókat statisztikai modulján keresztül elérhetővé teszi. Ugyanakkor hiányzott a rendszerből egy olyan megoldás, amely rögzíti az általános,

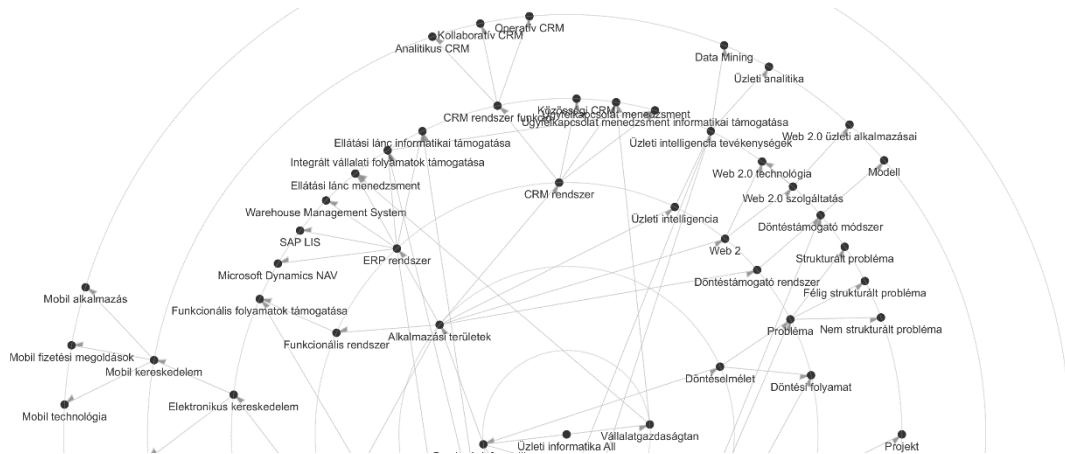
komponensfüggetlen vagy éppen komponenseken átívelő eseményeket. Annak érdekében, hogy jobban megértsük, hogy miképpen használják a tanulók a STUDIO rendszert tudásfelmérésre és tanulásra, egy új, a teljes rendszert átfogó, adatgyűjtő megoldást kellett kifejleszteni és integrálni.

Az új adatgyűjtési keretrendszer lehetővé tette a rendszer használat, és az alkalmazott modellek ok-okozati összefüggéseinek jobb megértését, a későbbi, kísérleti szakaszban, az átfogóbb, jobban szemcsézett adatgyűjtés segítségével. Az adatgyűjtés egyik kihívása az új eseményrögzítő rendszer integrálása volt a már meglévő rendszerbe. A második kihívás az adattárolás és gyűjtés megszervezése volt, úgy, hogy az adatok több adatforrást figyelembe vevő egyértelmű címkézése megvalósítható legyen. A STUDIO rendszer eredeti tudásfelmérési módszerének áttekintését, és az új keretrendszerben gyűjtött adatok körére való kitekintést nyújt Weber és Vas (2015). A rendszer kiterjesztése lehetőséget ad a STUDIO-ban a tanuló viselkedésének észlelésére és követésére (Weber et al., 2015).

3.3. A fogalomfontosság-mérték

Minden tanulási folyamat alapja egy tanulási stratégia, akár tudattalanul vagy tudatosan a tanulótól származik, akár explicit módon az oktató határozza meg azt a saját szakmai tapasztalataira alapozva vagy tanuláselméleti alapokra építve. A legfőbb tanuláselméletek különböznek annak megítélésében, hogy hogyan történik a tanulás, továbbá annak magyarázatában, hogy hogyan kellene egy folyamatos és strukturált tanulási folyamatot szervezni (Weber and Vas, 2016a). De a tanuláselméletek megegyeznek abban, hogy a tudás összekapcsolt elemek halmaza, és a tanulás a már meglévő tapasztalatok és előismeretek környezetébe illeszkedve történik.

A szakterületi tudás reprezentációja felfogható egy hálózatként, ahogy a STUDIO rendszer szakterületi ontológiája is értelmezhető hálózatként. A hálózat alapú megközelítésből nézve az egyes szakterületek komplexitása hatással van a tanulási folyamatra. Az 1. ábrán az Üzleti Informatika fogalomkör reprezentációját láthatjuk a STUDIO rendszerben. A fogalomkör a szakterületi ontológia egy adott szempontból történő megjelenítése. A képen jól látszik a fogalomkört megalapozó szakterületi ontológia, mely hálózatként is értelmezhető.



1. ábra: Az Üzleti Informatika fogalomkör ábrázolása hálózatként, a STUDIO rendszerben

Az ontológia hierarchikus felépítésű. A hierarchia csúcsán található elem reprezentálja a tárgykör kezdőpontját, és az első szinten a szakterület általánosabb fogalmait megtestesítő tudáselemekhez kapcsolódik. Ebből a pontból a hálózat külső régiói felé haladva egyre specifikusabb, speciális részleteket reprezentáló és tárgyi ismereteket igénylő ontológialemezeket találunk.

A szemantikus hierarchia az ontológia metamodellje alapján épül. Ebben a metamodellben a leggyakoribb irányított reláció típus az *Alterülete (Has sub-knowledge area)*, amelyen keresztül haladva az ontológia felépítése, egy 'általánostól- a specifikus tudás felé' megközelítést követ, a központi elemből kiindulva, egészen a struktúra legkülső rétegeiben található elemekig. Bár ez a felépítés erősen hasonlít egyes tanulásméleti hipotézisekhez, mint például a behaviourizmus *bottom-up* (lentől fölfelé építkező) megközelítése, vagy a pedagógiai konstruktivizmus *top-down* (fentről lefele építkező) elképzelése, de az ontológia hierarchikus struktúrája önmagában semmilyen koncepciót nem tartalmaz arra vonatkozóan, hogy a struktúra alapján hogyan kellene tanulni. A továbbiakban a szemantikus, hálózati struktúra három tulajdonságát részletezem, melyek segíthetnek a tanulási stratégiára irányuló koncepció kialakításában.

A fogalomfontosság értelmezése a konnektivizmus szemléletében

A hálózatalapú tanulás, más néven konnektivizmus, a tanulást az információ technológia nézőpontjából megközelítő tanulásmélet. Az elmélet a tanulást olyan környezetekben vizsgálja, ahol az információk a legapróbb részletekig össze vannak kapcsolva. Ilyen környezet például az internet (*world wide web*) és minden egyéb nem

lineáris, hiperszöveg alapú (Cicconi, 1999) összekapcsolt információforrás. A fogalomfontosság-mérték kialakítására irányuló kutatás szempontjából – illetve a STUDIO rendszer ontológia nézőpontjából közelítve - a konnektivizmusnak három fontos tételét kell megemlíteni. Ezek a tételek Siemens (2005) alapján a következők:

1. *A tanulás [...] fogalmak közötti kapcsolatok megértése.*
2. *A tanulást befolyásolják a tapasztalatok, ill. külső információforrásokhoz való hozzáférés mértéke.*
3. *Azok a kapcsolatok fontosabbak, melyek több ismeret megszerzését ígérik a tanulónak.*

A konnektivizmus és hatása a tanulói teljesítmény előrejelzésére

Az első empirikus kísérlet annak feltárására irányult, hogy létezik-e kapcsolat egy adott szakterület fogalmainak gráf-struktúra alapú összekapcsoltsága és a tanulók teljesítménye között, akik az adott fogalmi struktúra alapján tanultak és tudásuk is ez alapján lett felmérve. Ha a kapcsolat bizonyítható, az alátámasztja a konnektivizmus gyakorlati relevanciáját a tudásfelmérést és tanulást támogató alkalmazásokban.

Két kísérletet hajtottunk végre az előző összefüggés bizonyítására. Ezek eredményei jól mutatják, hogy az, hogy a tanuló hogyan teljesített egy olyan fogalom ismeretének felmérése során, mely fogalom esetében, annak központi helyzetét jelző mérőszám értéke magas, jól előrejelzi, hogy a tanuló hogyan fog teljesíteni a kapcsolódó fogalmak ismeretének felmérése során (Weber and Vas, 2016b). Ezt a trendet azonban tágabb környezetben nem tudtuk követni.

A fogalomfontosság-mérték meghatározása a szakterületi ontológiában

A STUDIO szakterületi ontológiája egy szemantikus metamodellre épül. Ennek a modellnek három olyan jellemzője határozható meg, melyek segítségével a fogalomfontosság mérték meghatározható. Ezek a *kapcsolati sűrűség*, *komplexitás* és a *tudáselemek hierarchiája*. A kapcsolati sűrűség jól jellemezhető az adott fogalom és más fogalmak közötti kapcsolatok számával; a komplexitást a különböző fogalom- és kapcsolattípusok testesítik meg a STUDIO ontológiában; és végül a hierarchia a kapcsolattípusok egymásra épülésének mértékéből adódik. A következő kérdés, hogy miként lehet ezeket a jellemzőket számszerűsíteni és egyesíteni egy egységes mérőszámmá.

A kapcsolati sűrűség foka viszonylag egyértelműen kifejezhető egy mérőszámban, azonban a szemantikus komplexitás és a tudáselemek hierarchiája már nem számszerűsíthető ilyen egyértelműen. A kapcsolati sűrűségen túl azt is figyelembe kell venni, hogy milyen típusú, milyen tulajdonságokkal rendelkező relációi vannak a fogalomnak és ezek miképpen fejezhetők ki a fogalomfontosság-mérték mutatóban.

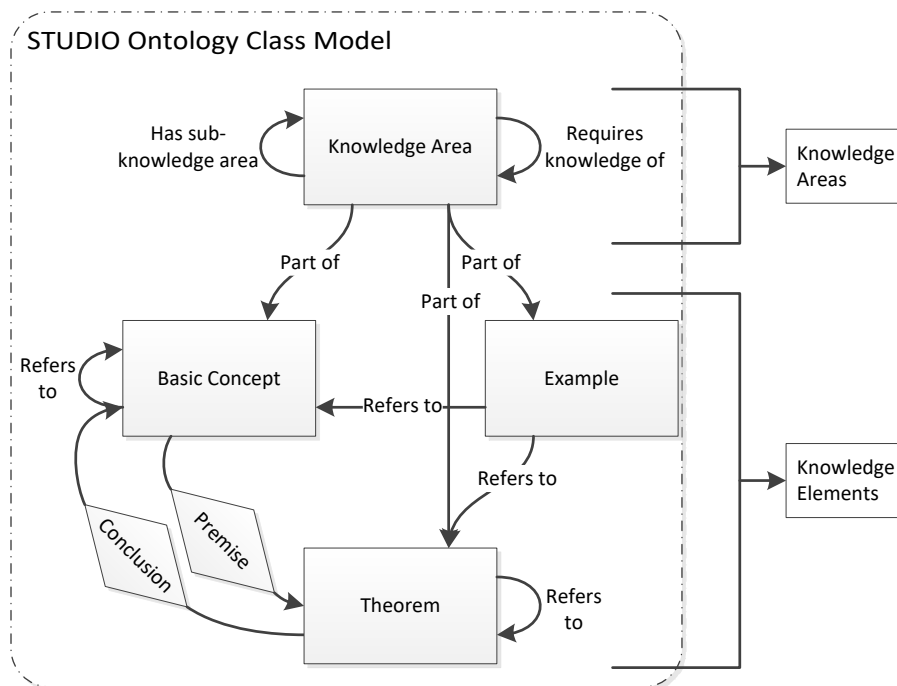
A fontosság dimenziói a szakterületi ontológiában

Más nézőpontból az ontológiastruktúra alapján, egy fogalmat, kapcsolatainak ismeretében két szempont alapján értékelhetünk, a következőkben részletezett módon.

1. „**szükséges**” – Az adott fogalom ismeretét mennyire igénylik más fogalmak?
2. „**részletez**” – Az adott fogalom milyen mértékben járul hozzá más fogalmak megértéséhez?

A fogalmak értékelésének e két dimenzióját úgy választottam ki, hogy a tanulás szempontjából jellemezhessem a fogalom fontosságát. A „szükséges” dimenzió a konnektivizmusnak azon hipotéziséhez kapcsolódik, hogy a nagyobb kapcsolati sűrűséggel rendelkező fogalmak ismerete jobban elősegíti a környező fogalmak elsajátítását. Ez egybecseng „szükséges” jelző köznapi értelmével is. Az előzőekkel ellentétben a *részletező* aspektus a behaviourizmus azon feltevéséhez kapcsolódik, hogy a részletek, a tények ismerete szükséges ahhoz, hogy a legmagasabb szinten elsajátítsuk egy szakterület ismeretét, és azokból építkezve lássuk át az általánosságokat az adott területen.

A kérdés az, hogy az ontológia metamodell mely elemeit és hogyan tudjuk számszerűsíteni annak érdekében, hogy a fogalmakat és kapcsolataikat egy kifejező mutatószámba sűrítsük. A STUDIO ontológiában az egyes tudáselem-instanciák a metamodell különböző osztályaiba sorolhatók, mint például *Tudásterület*, *Alapfogalom* és *Példa*. A konnektivizmus központi gondolata, hogy egy fogalom (tudáselem) annál fontosabb, minél több kapcsolattal rendelkezik. Ezek alapján elmondható, hogy tulajdonképpen nem a fogalom létezése számít önmagában, hanem a fogalomnak az a tulajdonsága, hogy mennyire tud kapcsolódni más fogalmakhoz. Így az előbb részletezett dimenziók számszerűsítése során a fókusz a fogalmak kapcsolataira és a kapcsolatok jelentésére, szemantikájára helyeződött.



2. ábra: A fogalmak osztályai a STUDIO rendszer metamodelljében

A disszertációban a *fontosság* két dimenzióját, az adott fogalom kapcsolatainak jelentéstani összefüggései alapján definiáltam. Minden kapcsolattípus számít a „szükségesség” illetve „részletező erő” szempontjából, hiszen minden kapcsolat kifejezi az általa összekapcsolt fogalmak „szükségességét” illetve „részletező voltát”.

A végső mérőszám, a fogalmak összes kapcsolatának figyelembevételével lehetővé teszi az egyes fogalmak fontosságának összehasonlítását. Azaz – összhangban a konnektivizmus azon gondolatával, hogy a tanulási folyamat során egy nagyobb kapcsolati sűrűséggel rendelkező fogalom nagyobb rálátást biztosít a „környezetére”, továbbá, hogy a kapcsolati sűrűség a teljesítmény gyenge előrejelzője lehet egy strukturált tanulási és tudásfelmérési folyamatban – egy számba sűríti egy adott fogalom összes kapcsolatát és a kapcsolatok jelentéseit.

A fontosság dimenzióinak számszerűsítése

A disszertációban a fogalomfontosság-mérték kialakítása során végzett munkát az AHP módszer motiválta, de a munka nem követi teljesen az AHP logikáját. Az AHP többszemponútú döntési problémák megoldását modellező eljárás (Temesi, 2002), míg a fogalomfontosság-mérték célja egyedi, különálló fogalmak fontosságának értékelése. A mérőszám által a fogalmakhoz rendelt érték úgy számolódik, hogy a kapcsolatokat és az

azok mögött meghúzódó szemantikát számszerűsítjük, fordítjuk le számértékekre. Ez a hozzárendelés, hogy az adott kapcsolattípushoz milyen számértéket rendelünk, annak megfelelően, hogy az milyen mértékben járul hozzá egy adott fogalom szükséges vagy részletező voltaához, szakértői döntés eredménye. A konverzió során a szakértői döntés jellege miatt némi bizonytalansággal kell számolni. Egy ilyen környezet modellezésére a fuzzy logika lehet megfelelő. A különböző bizonytalansági faktorok részletes elemzése azonban túlmutat a disszertáció keretein, melynek célja a tanulási folyamatot megfelelő módon támogató fogalomfontosság-mérőszám kialakítása.

A STUDIO ontológia irányított relációkkal dolgozik. A fogalmak kapcsolati sűrűségének megállapításához, az adott fogalom kapcsolatainak típusát és az adott fogalom szempontjából az egyes kapcsolatok irányát veszem alapul. Egy kapcsolat egy fogalom nézőpontjából lehet bejövő vagy kimenő. Annak érdekében, hogy a modellezési folyamatot és annak megértését megkönnyítsem, a fogalmak adott dimenzió szerinti fontosságát egy $[0,100]$ skálán értelmezem.

Egy fogalom fontosságának meghatározása során azzal is kalkulálni kell, hogy a fontosság egyik dimenziója az adott fogalom esetében hiányozhat. Ezt a kérdést úgy oldottam meg, hogy a $[0,100]$ intervallumot két részre osztottam, hogy az egyes dimenzióknak mind a hiányával, mind a meglétével számolni lehessen. Az intervallum első fele $[0,50)$ egy adott dimenzió hiányának fokát fejezi ki, míg a $(50,100]$ rész az adott dimenzió meglétének fokára utal. A skála középső értéke $[50]$ egy, az adott dimenzió szempontjából meghatározatlan állapotot fejez ki, azaz azt, hogy az adott fontossági dimenzió nincs hatással a vizsgált fogalom fontosságára.

A STUDIO ontológia relációk és a fontossági dimenziók közötti szakértői megfeleltetés modelljét tartalmazza az 1. táblázat. A táblázat bal oldali oszlopa tartalmazza a STUDIO rendszer ontológiájában értelmezett kapcsolatokat, míg a jobb oldali oszlop azok inverz relációját. Az egyes relációk és fontossági dimenziók metszéspontjában található érték, és az adott reláció inverze és ugyanazon dimenzió metszéspontjában szereplő érték együtt 100-at tesz ki.

Reláció	Reláció "szükséges" (0-50-100)	Reláció "részletező" (0-50-100)	—	Inv. Reláció "részletező" (0-50-100)	Inv. Reláció "szükséges" (0-50-100)	Inverz Reláció
---------	--------------------------------------	---------------------------------------	---	--	---	-------------------

része	40	20	80	60	csatolt tudásterület
alterülete	45	35	65	55	főterülete
premissza	80	90	10	20	inv. premissza
konklúzió	20	10	90	80	inv. konklúzió
hivatkozik	50	50	50	50	hivatkozó
ismeretét követeli	0	35	65	100	ismerete szükséges

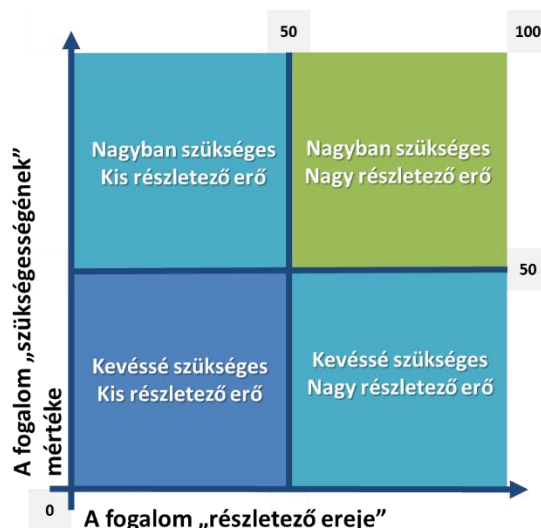
1. táblázat: A "szükséges" és "részletez" fontossági dimenziók, valamint a STUDIO relációk szakértői megfeleltetése.

A fogalomfontossági-dimenziók konvertálása egy fogalomfontossági-mérőszámba

Az előző lépésben meghatároztuk az egyes kapcsolatosztályok és fogalomfontossági dimenziók közötti viszonyt. De ahhoz, hogy több, különböző kapcsolattal rendelkező fogalmakról ez alapján tudjunk valamit mondani, szükség van arra, hogy ezt az információt egy mérőszámba foglaljuk össze. Egy adott fogalom esetében a tanulási folyamat céljától függően a „szükséges” és „részletez” dimenziók különböző súllyal szerepelhetnek. A cél, egy olyan általános mérőszám kialakítása, amely magasabbra értékeli azon fogalmakat, melyek a fontossági dimenziók mentén nagyobb értékkel szerepeltek, azaz nagyobb szükség van az ismeretükre, illetve jobban részleteznek más fogalmakat. Ezt mutatja be a 3. ábra. Mivel ebben a mérőszámban a dimenziók különböző súllyal szerepelhetnek, első lépésben ezt a súlyozást kell meghatározni.

A végső fogalomfontosság mérőszám három alkotóelem összességéből áll, ezek rendre:

- **a fontossági dimenziók megfeleltetése** egy adott relációnak,
- **a dimenzió súlya**, azaz egy adott fontossági dimenzió súlya a tanulás adott kontextusában, és
- az adott **fogalomhoz csatlakozó kapcsolatok összessége**.



3. ábra Fogalomfontosság-mátrix. A nagyban szükséges és nagyobb részletező erővel bíró fogalmak nagyobb értéket kapnak a fontossági dimenziók és a végső mérőszám alapján

A súlyok mindkét dimenzió mentén a [0,100] intervallumon lettek meghatározva, és az egymással való összehasonlíthatóság érdekében normalizálva lettek a [0,1] intervallumra

Összhangban a fontossági dimenziókkal kapcsolatban felvázolt megfontolásokkal, az ontológiával magával és a kapcsolódó tanuláselméleti tételekkel, a „szükségesség” súlyának meghatározása, mint $w_{need} = 70$ történt, míg a “részletező” aspektushoz tartozó súly $w_{detail} = 40$ lett megállapítva. Így a “részletező” / “szükséges” arány körülbelül $\sim 2 / 3$. Átvitt értelemben tehát minden ontológiareláció alternatív tanulási útként értelmezhető. A fogalom fontosság-mértéke a relációk mentén, az említett két dimenzió („szükségesség”, „részletező erő”) szerint számított egyedi fontosság-mértékek súlyozott összege, a következők szerint:

$$Imp_{Concept} = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_j * Rel_{dim_{ij}}, \quad for\ m\ dim.\ and\ n\ rel. \quad (1)$$

A fogalomfontosság-mérték koncepció számtalan változata elképzelhető, amennyiben több információ áll rendelkezésre az alkalmazó környezetről. Ahogy azt az előzőekben megfogalmaztam lehetséges például további, kiegészítő dimenziók bevonása a rendszerbe, vagy a dimenziók igény szerinti újrasúlyozása. Elképzelhető továbbá különböző dimenzió- kapcsolat megfeleltetési szabályok tárolása és felhasználása, az alkalmazó adaptív rendszer igényeinek megfelelően.

3.4. A fogalomfontosság-mérték integrációja a STUDIO rendszerbe

A fogalomfontosság-mértéket a STUDIO rendszer három különböző moduljába kellett integrálni:

1. **Fogalomfontosság-mérték “modul”:** a STUDIO rendszerben létre kellett hozni azokat az osztályokat, amelyek az új – fogalomfontosság-mérték – elméletet forráskód formájában integrálják a rendszerbe. Ez az a „modul” mely az új mérőszám pontos definícióját tartalmazza és lehetővé teszi, hogy a rendszer más részei felhasználják azt.
2. **Fogalomfontosság alapú tudásfelmérés:** annak érdekében, hogy az új fogalomfontosság-mérték megfelelően kihasználható legyen a STUDIO rendszerben, egy új tudásfelmérési modul fejlesztése történt. A fogalomfontosság alapú tudásfelmérés során a tanulási utak a fogalomfontosság-mérték alapján kerülnek kijelölésre. A kijelölt tanulási utak alapján az egyes fogalmak, a különböző tudásfelmérő stratégiák igényei alapján kerülnek kiválasztásra.
3. **Fogalomfontosság alapú értékelés:** a fogalomfontosság alapú tudásfelmérés során a tanulási utakon mindig a legnagyobb fontosságértékű elem kerül kikérdezésre következőleg. A kiértékelés algoritmus is ennek a tudásfelmérési stratégiának megfelelően lett megvalósítva.

Tanulási út alapú tudásfelmérés

Az új mérőszám alkalmazását támogató kialakítottam a „*tanulási utak*” koncepcióját a rendszerben. A tanulási út olyan, ontológiarelációkkal összekötött tudáselemek (fogalmak) halmaza, melyek össze vannak kötve (úttal) a fogalomkör kezdőelemével. Ezzel a megközelítéssel, a fogalomkör, ami az ontológia tudásfelmérés célú leszabása, és gráfelméleti szempontból gyökeres fa struktúraként értelmezhető, más értelmezést kap. A vizsgált kontextusban a fogalomkör nem más, mint tanulási utak összessége. Hogy a hurkok a tanulási utak definiálása során megelőzhetőek legyenek, az algoritmus feketelistára teszi a már megvizsgált elemeket, és visszalépéses módon feltár és létrehoz alternatív tanulási utakat.

Tesztelési algoritmusok összehasonlítása az Üzleti Informatika kurzus fogalomkörének segítségével

A gyakorlatban, az Üzleti Informatika kurzus keretében értékeltem ki a tanulási út alapú tudásfelmérési algoritmust, összehasonlítva a specifikumoktól a generalitások felé haladó (bottom-up) és az ellentétes irányból dolgozó az általánosságoktól a speciális tudást igénylő tudáselemek felé haladó (drill-down) algoritmussal. A kísérletet egy kombinált oktatási környezetben hajtottuk végre, melyben a hallgatók a STUDIO rendszer használata mellett, szemináriumi oktatásban vettek részt és hagyományos tananyagokat is kaptak. A hallgatók a rendszerben elért eredményük alapján a STUDIO által nyújtott tananyagokhoz is hozzáfértek.

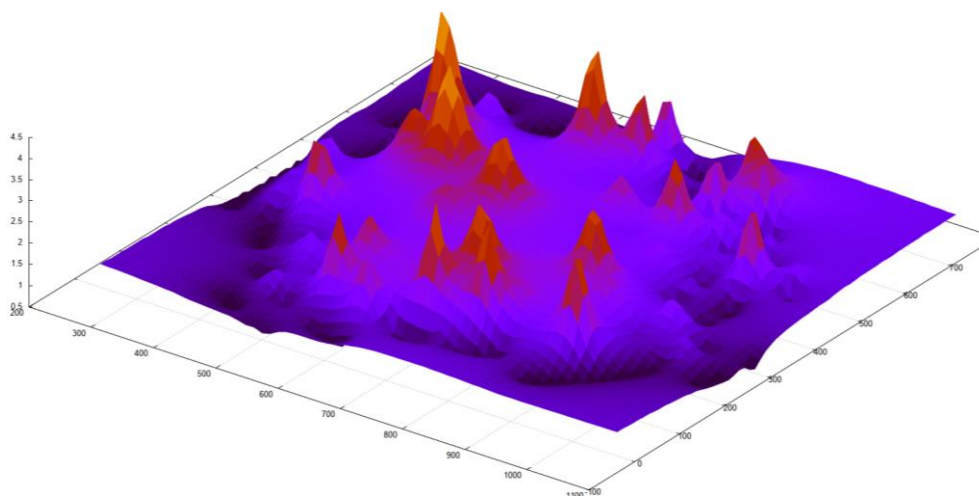
Fogalomfontosság alapú tudásfelmérő és értékelő algoritmus

A fogalomfontosság-mérték integrációja, implementációja és hasznosítása, a tanulási út alapú tudásfelmérés és értékelés során történt. Minden tanulási út, az ontológia egy lehetséges bejárását jelképezi, amely a kezdőelemből indul ki és egy másik fogalomban ér véget. Az algoritmus az úton lévő fogalmak közül választ, míg maga az út hossza változó.

A fogalomfontosság alapú tudásfelmérés során az algoritmus, az éppen aktív útról választja ki a felmérésre váró fogalmat a fogalomfontosság-mérték alapján. Azokat a tudáselemeket, amelyek magasabb értéket kaptak a fogalomfontosság-mérték alapján, az adott szakterületen a tanulás nézőpontjából nagyobb fontosságúnak tekintjük. Az algoritmus azt a tudáselemet választja ki kiértékelésre először, amelyik a legnagyobb fogalomfontosság-értékkel rendelkezik, ezt követi a második legnagyobb és így tovább. Tehát egy kiválasztott tanulási útvonalon lévő fogalmak kiértékelése, fogalomfontosság-mértékük szerinti csökkenő sorrendben történik.

A kiértékelő algoritmus értelme tehát, hogy kiszámolja a tudáselemek fogalomfontosság-értékét, ez alapján sorba rendezi őket és kiválasztja az aktuálisan kikérdezendőt. A mérőszám az ontológia instancia kapcsolati sűrűségét és a metamodell szemantikáját használja fel. A következő kikérdezendő fogalom kiválasztása pedig az aktív úton lévő, és az adott tudásfelmérési iteráció során még nem érintett tudáselemek fogalomfontosság-értéke alapján történik. Csak azok a tudáselemek kerülhetnek azonban kikérdezésre, ahol az adott fogalom és a kezdőelem közötti úton nem szerepelnek olyan tudáselemek, melyek ismeretével a tanuló nincs tisztában, azaz minden fogalom a

szakterületi tudás kontextusában értelmezett. Tehát, ha egy tudáselemhez feltett kérdésre a tanuló rosszul válaszol, az megváltoztatja a szakterület feltárását. Az elemek kiválasztása ilyen esetben megváltozik, hiszen az algoritmus az aktív úton azokat az elemeket nem veszi figyelembe, amelyek egy helytelenül megválaszolt tudáselemhez kapcsolódó specifikusabb fogalmak. A feltárás során érintendő elemeket tartalmazó lista, ilyenkor újrendezésre kerül a fogalomfontosság-értékek alapján, annak figyelembevételével, hogy az út egy része a továbbiakban már nem elérhető, leszűkítve ezzel a lehetséges tudáselemek halmazát.



4. ábra: A mérőszám alapján a szakterület fogalmainak fontosságalapú topológiája határozható meg

A 4. ábra a szakterület fogalmainak fontosságalapú topológiáját szemlélteti az Emberierőforrás-menedzsment szakterület estében. A topológián a szakterület legfontosabb tudáselemei mintegy hegyek jelennek meg. Ezzel az analógiával haladva tovább, először a hegyeket megmászva, a hallgatók jobban rálátnak azok környezetére, azaz a legfontosabb fogalmak kapcsolati sűrűsége révén, jobban megértik a terület összefüggéseit, mielőtt elkezdenének “a hegyről lefelé”, a kevésbé fontosabb fogalmak irányában haladni. A „hegyek” modellezése a mérőszám alapján történik, míg a tanulási út alapú tudásfelmérési stratégia végigkalauzolja a hallgatót a szakterület térképén.

3.5. A kutatás eredményeinek összefoglalása

A kutatás eredményeit az alábbiakban foglalom össze:

A tanulást, új ismeretek elsajátításának folyamatát, hatásosságát több tényező együttesen befolyásolja. A teljesség igénye nélkül említem meg a megismerni kívánt

szakterületre jellemző ismeretanyag szemantikus rendezettségét, strukturáltságát, a tanulási környezet (információ-)technológiai infrastruktúráját, a tanulás céljainak sokrétűségét, a tanulási formák változatosságát, s nem utolsósorban a tanuló motivációját.

A kutatás központi kérdése arra irányult, miként lehet növelni a tanulás hatékonyságát az olyan esetekben, amelyekre jellemző a *formális* tanulás „*blended learning*” formában, a kijelölt ismerethalmaz minél teljesebb elsajátításának ismételt *ön-tesztelés* segítségével történő ellenőrzése, a teszteredmények alapján a *célzott tanulási utak* kijelölése.

A kutatás környezetének leírásához még hozzátartozik, hogy a szakterülethez tartozó ismeretek ontológikus reprezentációját (STUDIO) használtam fel, a tanulók motivációjával, azok különbözőségével, illetve a motiváció lehetséges megoldásaival nem foglalkoztam, amit részben a *blended learning* típusú tanulás pótol. A probléma megoldása során kapcsolatot találtam a legújabb tanulási elmélet (konnektivizmus), a szakterületi ismeret reprezentációjának hálózati interpretációja és a hálózatok bejárásának jellegzetességei, sajátosságai között. Azt találtam, hogy a hálózat azon pontjainak megismerése (érintése, stb.) nagyobb jelentőségű, amelyeknek nagyobb a *kapcsolati sűrűsége*. A kapcsolatok minősége irányuk, jellegük és egyéb jellemzők szerint árnyaltan ragadható meg (kapcsolati sűrűség mellett a komplexitás, ismeretstruktúrába való beágyazottság). Ezekre alapozva vezettem be a *fontosság*, mint tudáselem (node) összetett jellemzőt.

Az első kutatási kérdés megválaszolása (fontossági mérték fogalmi konstrukciója) implementáltam a STUDIO rendszerben a fontossági mértéken alapuló tanulási utakra és teszteredménytől függő visszacsatolásra alapozott irányított tanulást szolgáló algoritmust (második kutatási kérdés).

A meglévő, és eddig használt adaptív tesztelési eljárással összehasonlítható módon végeztem kísérleteket. Ezek számszerű eredményei megismerhetők több publikációból. A kísérletek összességében bizonyították (óvatos megfogalmazásban), hogy az új algoritmus, beleértve a fontossági mérték mögöttes elméleti megalapozottságát, nem adnak rosszabb eredményeket, mint az eddig használt drill-down típusú tesztelési algoritmus.

Ugyanakkor az is bebizonyosodott, hogy az általam kidolgozott módszer egyre előnyösebbé válik a szakterületi ismeretek volumenének, komplexitásának, és a szemantikus struktúra bővülésének ütemében. Ebből az a következtetés vonható le, hogy

a validációs kísérleteket folytatni kell, meg kell teremteni az ellenőrzött körülményeket. További feladat, a szakirodalomban sokszor feldolgozott, de a mi körülményeink között még nem kiaknázott tanulói magatartást, motivációs egy- vagy sokszínűséget is a vizsgálati szempontok közé beemelni.

Jelen munka legfőbb hozzájárulása egy olyan mérőszám létrehozása, mely a szakterületi ontológia figyelembevételével értékeli a terület egyes tudáselemeit, és ez alapján definiál egy tanulási utat. A konnektivizmus tanuláshoz kapcsolódó ötleteire épülve, az implementáció személyre szabható módon támogatja a tanulási folyamatot egy gyorsan változó környezetben is.

4. Főbb hivatkozások

- Amaral, J.N., Elio, R., Hoover, J., Nikolaidis, I., Salavatipour, M., Stewart, L., Wong, K., 2011. About Computing Science Research Methodology.
- Ausburn, L.J., Ausburn, F.B., 1978. Cognitive styles: Some information and implications for instructional design. *ECTJ* 26, 337–354. doi:10.1007/BF02766370
- Barabási, A.-L., Pósfai, M., 2016. *Network science*. Cambridge University Press.
- Bednar, A.K., Cunningham, D., Duffy, T.M., 1991. Theory into practice: How do we link. *Constructivism and the technology of instruction: A conversation* 17–34.
- Brusilovsky, P., Kobsa, A., Nejd, W. (Eds.), 2007. *The Adaptive Web, Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Carr, B.P., Goldstein, I.P., 1977. *Overlays: A Theory of Modelling for Computer Aided Instruction*.
- Chrysafiadi, K., Virvou, M., 2013. Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications* 40, 4715–4729. doi:10.1016/j.eswa.2013.02.007
- Cicconi, S., 1999. *Hypertextuality*. Mediapolis. Berlino & New York: De Gruyter 21–43.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., Ecclestone, K., 2004. Learning styles and pedagogy in post 16 learning: a systematic and critical review. *The Learning and Skills Research Centre*.
- Downes, S., 2008. An Introduction to Connective Knowledge, in: Hug, T. (Ed.), *Media, Knowledge & Education - Exploring New Spaces, Relations and Dynamics in Digital Media Ecologies*. Innsbruck University Press.
- Duffy, T.M., Jonassen, D.H., 2013. *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*. Routledge.
- Dunning, D., Heath, C., Suls, J.M., 2004. Flawed self-assessment implications for health, education, and the workplace. *Psychological science in the public interest* 5, 69–106.
- Ertmer, P.A., Newby, T.J., 2013. Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features From an Instructional Design Perspective. *Perf. Improvement Qrtly* 26, 43–71. doi:10.1002/piq.21143
- Gabor, A., Ko, A. (Eds.), 2016. *Corporate Knowledge Discovery and Organizational Learning, Knowledge Management and Organizational Learning*. Springer International Publishing.
- Gruber, T.R., 1995. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 43, 907–928. doi:10.1006/ijhc.1995.1081
- Haase, P., van Harmelen, F., Huang, Z., Stuckenschmidt, H., Sure, Y., 2005. A framework for handling inconsistency in changing ontologies, in: *Proceedings of the 4th International Conference on The Semantic Web, ISWC'05*. Springer-Verlag, Galway, Ireland, pp. 353–367. doi:10.1007/11574620_27
- Hebeler, J., Fisher, M., Blace, R., Perez-Lopez, A., Dean, M., 2009. *Semantic Web Programming*. Wiley.
- Joksimović, S., Manataki, A., Gašević, D., Dawson, S., Kovanović, V., de Kereki, I.F., 2016. Translating Network Position into Performance: Importance of Centrality in Different Network Configurations, in: *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge, LAK '16*. ACM, New York, NY, USA, pp. 314–323. doi:10.1145/2883851.2883928

- Kő, A., Gábor, A., Vas, R., Szabó, I., 2008. Ontology-based Support of Knowledge Evaluation in Higher Education, in: Proceedings of the 2008 Conference on Information Modelling and Knowledge Bases XIX. IOS Press, Amsterdam, Netherlands, pp. 306–313.
- Kuckulenz, A., 2007. Continuing Training, in: Studies on Continuing Vocational Training in Germany, ZEW Economic Studies. Physica-Verlag HD, pp. 9–52.
- Linacre, J.M., 2000. Computer-adaptive testing: A methodology whose time has come, in: Chae, J.M., S. Kang, U.–Jeon, E.–Linacre (Ed.), Development of Computerized Middle School Achievement Tests, MESA Memorandum. Komesa Press, Seoul.
- Lord, F.M., 2012. Applications of Item Response Theory To Practical Testing Problems. Taylor & Francis.
- Newman, M., 2010. Networks: An Introduction. OUP Oxford.
- Newman, M.E.J., 2006. Modularity and community structure in networks. PNAS 103, 8577–8582. doi:10.1073/pnas.0601602103
- Page, L., Brin, S., Motwani, R., Winograd, T., 1999. The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. (Technical Report No. 1999–66). Stanford InfoLab.
- Piaget, J., 1954. The construction of reality in the child. Routledge.
- Siemens, G., 2005. Connectivism: A learning theory for the digital age. ITDL.
- Singhal, A., 2012. Introducing the Knowledge Graph: things, not strings. Official Google Blog.
- Skinner, B.F., 1974. About behaviorism. Vintage.
- Stansfield, J.L., Carr, B.P., Goldstein, I.P., 1976. Wumpus Advisor I. A First Implementation of a Program That Tutors Logical and Probabilistic Reasoning Skills. AI Memo 381. (No. 381), Lab Memo. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- Temesi, J., 2002. A döntésemélet alapjai. Aula Kiadó.
- Triantafillou, E., 2007. Computerized adaptive test–adapting to what?, in: Proceedings of the Informatics Education Europe II Conference IEEEII. pp. 379–385.
- Triantafillou, E., Pomportsis, A., Demetriadis, S., Georgiadou, E., 2004. The value of adaptivity based on cognitive style: an empirical study. British Journal of Educational Technology 35, 95–106. doi:10.1111/j.1467-8535.2004.00371.x
- Vandewaetere, M., Desmet, P., Clarebout, G., 2011. The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments. Computers in Human Behavior, Current Research Topics in Cognitive Load Theory, Third International Cognitive Load Theory Conference 27, 118–130. doi:10.1016/j.chb.2010.07.038
- Vas, R., 2007. Educational Ontology and Knowledge Testing. Electronic Journal of Knowledge Management 5, 123–130.
- Vaughan, K., Cameron, M., Aotearoa, A., others, 2009. Assessment of learning in the workplace: A background paper.
- Werquin, P., 2007. Terms, concepts and models for analyzing the value of recognition programmes, in: Report to RNFIL: Third Meeting of National Representatives and International Organisations, Vienna, October. pp. 2–3.

5. A szerző fontosabb publikációi

2016

- Weber, Christian, Neusch, Gábor, and Vas, Réka. 2016. 'STUDIO: A Domain Ontology Based Solution for Knowledge Discovery in Learning and Assessment'. International Conference on Information Systems Education and Research – of the AIS Special Interest Group for Education (AIS-SIGEd) 2016, Dublin, Ireland.
- Weber, Christian, and Vas, Réka. 2016. Applying connectivism? Does the connectivity of concepts make a difference for learning and assessment? (In publishing). In Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Budapest, Hungary: IEEE.
- Weber, Christian, and Vas, Réka. 2016. 'How to Learn More from Knowledge Networks Through Social Network Analysis Measures'. In Proceedings of the 1st Pro-Nursing Symposium 2016. Bonn, Germany.
- Weber, Christian, and Vas, Réka. 2016. 'TOP-DOWN OR BOTTOM UP: A COMPARATIVE STUDY ON ASSESSMENT STRATEGIES IN THE STUDIO ADAPTIVE LEARNING ENVIRONMENT'. In Proceedings of the European Distance and E-learning Network 2016 Annual Conference. Budapest, Hungary: EDEN.
- Weber, Christian. 2016. 'Context-Aware Self-Assessment Path Generation for Personalised Education'. Journal of the Scientific and Educational on Forum on Business Information Systems 10 (10).
- Weber, Christian. 2016. 'STUDIO: A Solution on Adaptive Testing'. In Corporate Knowledge Discovery and Organizational Learning, edited by András Gabor and Andrea Kő. Knowledge Management and Organizational Learning. Springer International Publishing.

2015

- Weber, Christian, Truong Huong, May, and Vas, Réka. 2015. 'Context-Aware Self-Assessment in Higher Education'. In *EDULEARN15 Proceedings*, 5910–20. Barcelona, Spain: IATED.
- Weber, Christian, and Vas, Réka. 2015. 'Studio: Ontology-Based Educational Self-Assessment'. In *Workshops Proceedings of EDM 2015 8th International Conference on Educational Data Mining, EDM 2015, Madrid, Spain, June 26-29, 2015.*, 1446:33–40. CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org). Madrid, Spain.

2014

- Weber, Christian. 2014. 'Enabling a Context Aware Knowledge-Intense Computerized Adaptive Test through Complex Event Processing'. *Journal of the Scientific and Educational on Forum on Business Information Systems* 9 (9): 66–74.
- Weber, Christian, and Vas, Réka. 2014. 'Extending Computerized Adaptive Testing to Multiple Objectives: Envisioned on a Case from the Health Care'. In *Electronic Government and the Information Systems Perspective*, edited by Andrea Kö and Enrico Francesconi, 8650:148–62. Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-10178-1_12.