TUDÁSTÉRELMÉLET ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI DOMÉN SPECIFIKUS OKTATÓRENDSZEREK ESETÉBEN

Csépányi-Fürjes László
PhD hallgató
Informatikai Intézet, Gépészmérnöki és Informatikai Kar
laszlo.csepanyi-furjes@uni-miskolc.hu

ABSZTRAKT

Ezen közlemény bemutatja az Intelligens Oktatórendszerek tudásábrázolási módszereinek fejlődését, valamint javaslatot tesz egy újszerű, gráf alapú tudásábrázolási modell kialakításának követelményrendszerére. A javasolt modell tervezésénél mind a jelenleg széleskörűen elterjedt ontológia alapú oktatórendszerek, mind a tudástérelmélet alapú rendszerek áttekintésre kerültek. A javasolt modell újszerűségét az adja, hogy egyesíti mindkét tudásábrázolási módszer előnyeit azáltal, hogy az ontológiák tudásegységeit a tudástérelméletben leírt előfeltétel relációval kapcsolja össze. Definiálásra kerül ezen kívül a felidéző horog fogalma, mely a létrejövő elméleti rendszer tudásegységeit a domén meglévő dokumentumainak részegységeihez hivatott kapcsolni.

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt években a gyors technológiai változás jelensége soha nem látott szintet ért el. Kijelenthető, hogy a tanulás nem ér véget az oktatási intézmények elhagyásával. Ha az emberek lépést akarnak tartani az egyre terjedő intelligens rendszerekkel, minden lehetséges helyzetet meg kell ragadni a tanulásra. Az intelligens oktatórendszerek (Intelligent Teaching System, ITS) várhatóan egyre inkább megjelennek a munkahelyeken és a hétköznapi helyzetekben [1]. Egyre nagyobb az igény az egyéni tanulási lehetőségekre, valamint az átlátható, személyre szabott tanulási környezetekre [2]. Ezen jelentős igény miatt világszerte számos kutatási tevékenység zajlik ITS rendszerek megvalósítása céljából. Az ITS rendszerek létrehozásának egyik legfontosabb kérdése a személyre szabott tanulást támogató tudásreprezentáció módja.

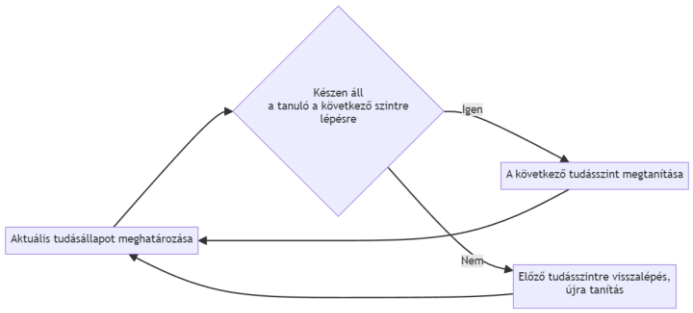
A tudásreprezentációt számos elmélet taglalja, például tudásterek, ontológiák, durva halmazok, fuzzy halmazok, formális fogalomelemzés, bizonyítékelmélet, granuláris számítástechnika stb. [3]. Egy oktatási rendszer tudásreprezentációs moduljának nemcsak a strukturális tudástárolást kell támogatnia, hanem lehetővé kell tennie a tanuló aktuális tudásállapotának meghatározását is [4]. A tudásállapot-meghatározás egyik legalapvetőbb elmélete a tudástérelmélet (Knowledge Space Theory, KST) [5]. Bár az évek során számos ITS rendszert fejlesztettek és tanulmányoztak, ezek közül csak néhány használta ki a KST elméletet, vagy annak kompetencia alapú kiterjesztését, a CbKST-t [6]. Míg a KST a tudást kérdések vagy feladatok halmazaként értelmezi, a CbKST a készségekre és kompetenciákra összpontosít. Valószínűleg ez az oka annak, hogy a legtöbb oktató rendszer inkább ontológia-szerű tudásreprezentációt használ, ahol a tudáselemek inkább valós entitásokként, terminológiai kifejezésekként vagy tanulási egységekként jelennek meg [7].

Ebben a cikkben egy új tudásreprezentációs modellt mutatunk be, amely egyesíti a CbKST és az ontológiák előnyeit azáltal, hogy az ontológiák tanulmányi egységeit a tudástérelméletben leírt előfeltétel relációval kapcsolja össze. A javasolt modell egy tudásgráfnak tekinthető, amely lehetővé teszi a meglévő tudásformák, pél-

dául szöveges dokumentumok vagy programozási forráskódok részleteinek és a tudásegységeknek (Knowledge Unit) nevezett gráf csomópontok közötti kapcsolat kialakítását is.

2. OKTATÁSI TUDÁSREPREZENTÁCIÓ

Tanulás során a tanuló fogalmi rendszere jelentős változáson megy keresztül. Kijelenthető, hogy a tanuló meglévő kognitív struktúrája jelentősen befolyásolja a tanulás kimenetelét. Ebből következik, hogy az aktuális tudásszint megállapítása kulcsfontosságú egy személyre szabott oktatási környezetben (1. ábra).



1. ábra
A személyre szabott tanulás folyamata

Az ontológia és/vagy a szemantikus web alapú oktatási rendszerek entitások és azok hierarchikus kapcsolatainak elvén alapulnak. A legáltalánosabb forgatókönyv szerint egy entitás egy tanulmányi egységet, az entitások közötti reláció az egységek közötti hierarchikus viszonyt jelenti. Ezen túlmenően az ontológia alkalmas tanítási stratégiák, tanulói profilok, kompetenciák és tanulási célok modellezésére is. Az ontológiák jól szervezett, gazdag tudásreprezentációk, ezért egyes tudományterületek jól modellezhetők ontológiákkal.

Az ontológia alapú oktatási rendszerek tanulmányozása során két következtetés vonható le. Először is, az ontológia által reprezentált tudástartomány általában elválik az oktatási tartalomtól. Másodszor, az ontológiai struktúra általában az entitások természetes hierarchiáját jeleníti meg, ahol az elemek közötti kapcsolat az elemek által képviselt fogalmak általánosításán/specializációján alapul [8]. Más szóval, az elemek közötti kapcsolat nem képviseli az előfeltétel viszonyokat, ami kulcstényező az ismeretelméletben.

A KST szerint a tudástartományt csomópontok hálózata reprezentálja, ahol a csomópontok kérdések vagy problémák, az élek pedig előfeltétel relációk [5]. Az Értékeléselmélet alapján állítható, hogy bizonyos tudáselemek általában időben megelőzik a többi tudáselemet. Más szóval, egy bizonyos kérdésre csak akkor lehet választ adni, vagy egy problémát megoldani, ha néhány más kérdésre már válaszoltak, vagy más problémákat már megoldottak [9]. Legyen $P \subseteq X \times X$ előfeltétel reláció és x, y két megválaszolandó kérdés az X tudástérben, ekkor felírható, hogy yPx. Általánosan:

$$P_x = \{y \mid y\ P\ x\}. \tag{1}$$

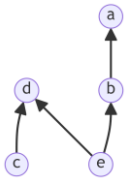
A *tudástér* egy adott témakör megértéséhez szükséges ismeretek összessége. Példaként legyen X egy tudástér halmaz, mely öt kérdéssel írható le, vagyis

$$X = \{a, b, c, d, e\}. \tag{2}$$

A *tudásállapot* egy adott tudásterülethez tartozó azon kérdés részhalmaz, melyet a tanuló képes helyesen megválaszolni. Jelölje K a tudásállapotot, ekkor a példa szerint egy elképzelhető tudásállapot

$$K = \{e, c, d\}. \tag{3}$$

Tegyük fel, hogy az összes előfeltételt feltárjuk a példában említett tudástérben, ekkor felrajzolhatunk egy úgynevezett előfeltétel diagrammot, ami a 2. ábrán látható.



2. ábra
Előfeltétel diagram

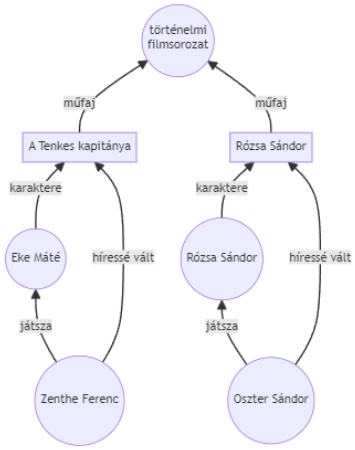
Az előfeltétel reláció meghatározása nélkül összesen $2^5 = 32$ tudásállapot lenne elképzelhető, de a 2. ábrán látható előfeltétel reláció rendszer ezt 11-re redukálja:

$$K = \{\varnothing, \{e\}, \{c\}, \{e, c\}, \{e, c, d\}, \{e, b\}, \{e, b, c\}, \{e, b, d, c\}, \{e, b, a\}, \{e, b, a, c\}, \{e, c, d, b, a\}\}. \tag{4}$$

A KST egyik fontos kiterjesztése a kompetencia alapú tudástérelmélet, a CbKST. A CbKST azon a megfigyelésen alapul, hogy a tanulónak készségekre van szüksége bizonyos problémák megoldásához. A CbKST szerint a feladatok megoldásához szükséges készségek beazonosítása segítségével állapítható meg az előfeltétel reláció [10].

3. TUDÁSGRÁF REPREZENTÁCIÓ

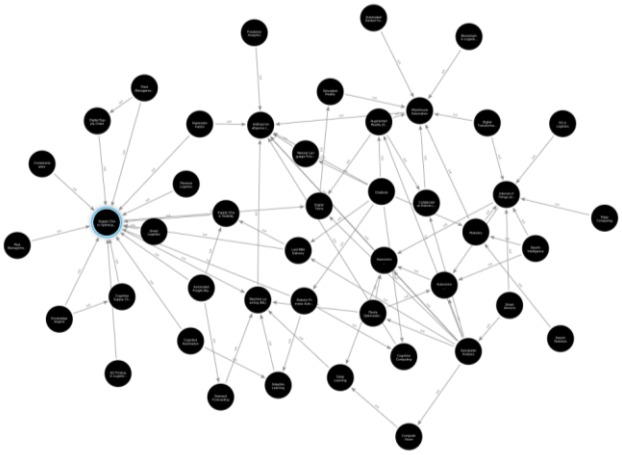
A tudásgráf entitások egymáshoz kapcsolódó leírásainak gyűjteménye, amelyek az adatokat kontextusba helyezik, és lehetővé teszik az adatok integrációját, elemzését és megosztását. A tudásgráfok szerepe napjaink nagy nyelvi modellek (Large Language Model, LLM) által uralt világában újra felértékelődnek. Ennek oka, hogy a generatív nyelvi modellek által létrehozott szövegek gyakran eltérnek a valóságtól, az úgynevezett hallucináció jelenségének következtében. Erre kínál megoldást a tudásgráf integráció, mely adatforrásként kapcsolódik a nyelvi modellhez és biztosítja a generált szövegbe kerülő információk ellenőrizhetőségét. A 3. ábrán egy általános értelemben vett tudásgráf látható.



3. ábra
Tudásgráf

A javasolt modell egy tudásgráf szerkezet, mely a tudástérelmélet és az ontológiák egységesítésének eredményeként áll elő. A javasolt modell csomópontjaiban tudásegységek találhatóak kérdések helyett, a gráf élei pedig a tudástérelméletből megismert előfeltétel reláción alapulnak, természetes hierarchia helyett.

Abból a célból, hogy bizonyítsuk a modell megvalósíthatóságát, létrehoztunk egy közel 50 tudásegységet tartalmazó tudásteret a Mesterséges Intelligencia és a Logisztika határterületéről, és felállítottunk egy hivatkozási relációs gráfot, mely a 4. ábrán látható.

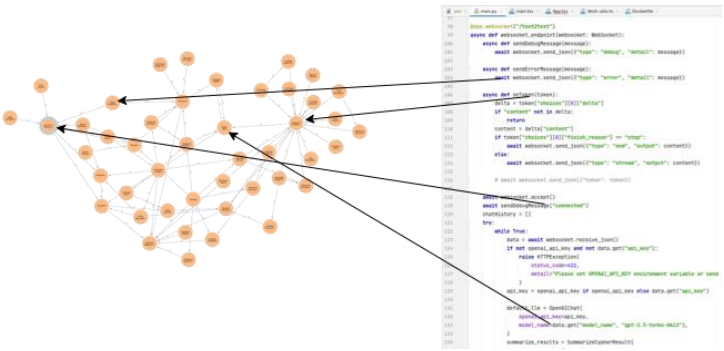


4. ábra
Tudástér kísérlet

A kísérlet során a következő megállapításokat tettük. Az első, hogy előfeltétel relációt csak kellően atomi tudásegységek között tudunk létrehozni. Ennek oka, hogy amennyiben egy tudásegység túl nagy területet fed le, nem állíthatjuk, hogy egy másik, erre épülő tudásegység minden előbbi egység részelemére épít. Konkrét példaként elmondható, hogy a *Dolgok Internete* tudásegység előfeltétele a *Raktár Automatizáció* tudásegység ismeretének, viszont nem állíthatjuk, hogy *Dolgok Internete* tudásegység minden részegységét ismernünk kell ahhoz, hogy a *Raktár Au-*

tomatizáció tudásegységet megismerjük. Ezen egységeket tehát tovább kell darabolni, hogy kellően atomi szintre jussunk. Ezen darabolás a domén szakértő feladata. A második megállapítás szerint ahhoz, hogy a példában említett *Dolgok Internete* és *Raktár Automatizáció* között mégis fenntartsunk egy kapcsolatot, szükség van az előfeltétel reláció mellet egy úgynevezett asszociációs relációra is. A példában tehát nem előfeltétel, hanem asszociációs kapcsolat van a két tudásegység között.

A kérdéses domén meglévő dokumentumai jelentős mennyiségű tudást tartalmaznak. Példaként vegyünk egy program forráskódot, mely gyakorlatilag a legpontosabb algoritmus dokumentációnak tekinthető. Ha létrehozunk egy tudásteret, mely a program tudását fedi le, felmerül az igény az egyes programrészek és a tudásegységek közötti kapcsolat felállítására. Ezen igény kielégítésére javasoljuk a felidéző horgok (evoking hook) fogalmának bevezetését.



5. ábra
Felidéző horgok

A felidéző horgok a tudásegységekben tárolódnak és legegyszerűbb megjelenési formájuk egy kulcsszólista. Az egyes kulcsszavak beazonosítása segítségével a tudástérből lekérdezhetjük azokat a tudásegységeket, melyek a domén dokumentum megfelelő részéhez kapcsolódnak. Példaként tekintsük az 5. ábrát, ahol a program forrásának egyes kulcs szavait elhelyeztük felidéző horogként a tudásegységek tulajdonságai között! Így a kapcsolódó tudásegységek közvetlenül a program forráskódjához linkelhetőek, és egy lekérdezéssel kigyűjthetjük a programrészlet megértéséhez szükséges összes tudást.

4. KONKLÚZIÓ

A megállíthatatlan technológiai fejlődés egyre magasabb szintű alkalmazkodásra készteti az embereket. Az alkalmazkodás kényszere előrevetíti az intelligens oktatórendszerek egyre nagyobb arányú elterjedését. A már meglévő oktatórendszerek tudásreprezentációs moduljait elemezve arra a következtetésre juthatunk, hogy a rugalmas, átlátható és egyéni igényeket is kielégítő megoldáshoz szükség van egy olyan új modellre, mely egyesíti az ontológiák és tudástérelméleti reprezentációk előnyeit. A javasolt megoldás egy tudásgráf, mely csomópontjaiban atomizált tudásegységek találhatóak, melyeket felidéző horgok segítségével a domén meglévő dokumentumainak elemeihez kapcsolhatunk. A gráf éleinek két típusát javasoljuk: a tudásegységek előfeltétel relációját, valamint az absztrakció/specializáció igényének kiszolgálására, egyfajta asszociációs kapcsolatot.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] CSÉPÁNYI-FÜRJES, L.: **Controllable and explainable AI framework in the Automatic Assessment domain.** 12th International Conference on Applied Informatics (ICAI 2023), 2023.

[2] ALBERT, D., HOCKEMEYER, C., KICKMEIER-RUST, M. D., NUSSBAUMER, A. and STEINER, C. M.: **E-learning based on metadata, ontologies and competence-based knowledge space theory.** Communications in Computer and Information Science, 295 CCIS. 2012, https://doi.org/10.1007/978-3-642-32826-8_3

[3] ZHANG, Q., XIE, Q. and WANG, G.: **A survey on rough set theory and its application.** CAAI Transactions on Intelligence Technology, 2016, https://doi.org/10.1016/j.trit.2016.11.001

[4] COSYN, E., UZUN, H., DOBLE, C. and MATAYOSHI, J.: **A practical perspective on knowledge space theory: ALEKS and its data.** Journal of Mathematical Psychology, 101, 2021, https://doi.org/10.1016/j.jmp.2021.102512

[5] DOIGNON, J. P. and FALMAGNE, J. C.: **Spaces for the assessment of knowledge.** International Journal of Man-Machine Studies, 23(2). 1985, https://doi.org/10.1016/S0020-7373(85)80031-6

[6] DE CHIUSOLE, D., STEFANUTTI, L., ANSELMI, P. and ROBUSTO, E.: **Stat-Knowlab. Assessment and Learning of Statistics with Competence-based Knowledge Space Theory.** International Journal of Artificial Intelligence in Education, 30(4). 2020, https://doi.org/10.1007/s40593-020-00223-1

[7] KANELLOPOULOS, D., KOTSIANTIS, S. and PINTELAS, P.: **Ontology-based learning applications: A development methodology.** Proceedings of the IASTED International Conference on Software Engineering, as Part of the 24th IASTED International Multi-Conference on APPLIED INFORMATICS, 2006.

[8] PIERRAKEAS, C., SOLOMOU, G. and KAMEAS, A.: **An ontology-based approach in learning programming languages.** Proceedings of the 2012 16th Panhellenic Conference on Informatics, PCI 2012. https://doi.org/10.1109/PCi.2012.78

[9] FALMAGNE, J.-C., COSYN, E., DOIGNON, J.-P. and THIERY, N.: **The assessment of knowledge, in theory and in practice.** 2004, pp. 609–615. https://doi.org/10.1109/kimas.2003.1245109

[10] ALBERT, D. and LUKAS, J. (EDS.).: **Knowledge spaces: Theories, empirical research, and applications.** Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1999.