

Linked Open Data az egyetemen

Linked Open University Data

Fleiner Rita^a, Micsik András^b

^aÓbudai Egyetem

fleiner.rita@nik.uni-obuda.hu

^bMTA SZTAKI

micsik@sztaki.mta.hu

Absztrakt: A Linked Data a Szemantikus Web technológiák egy praktikus alkalmazása adatok világméretű összekapcsolására. Az Open Data törekvés Európában is már komoly előrehaladást ért el, és áttekintő tanulmányok szerint a felsőoktatás területén is pozitívan befolyásolhatja az oktatás minőségét. Létrejött a Linked Universities szövetség is, amely az adatok Linked Open Data irányelvek szerinti publikálását segíti és fogja össze a tagintézményekben. Adatok Linked Data formátumú publikálásának kulcsfontosságú mozzanata az adatok felépítésének, sémájának a megtervezése. Jelen cikkben felvázoljuk az adatséma tervezés fő lépéseit, feladatait és a kapcsolódó fogalmak, kifejezések jelentéseit. Beszámolunk egy általunk megvalósított tervezési folyamatról, és ismertetjük az ennek eredményeként létrejött Egyetemi Adatmodellt. Munkánkban áttekintünk számos, egymást átfedő RDF sémát, és ismertetjük, hogy segítségével hogyan tudjuk leírni az egyetemi információs infrastruktúrát Linked Data formátumban. Adatmodellünkben négy fő adathalmaz osztályt különböztetünk meg, ezek a szervezetek, személyek, publikációk és tanegységek. Megadjuk a különböző osztályok adatait leíró tulajdonságokat, az osztályok adatai közötti kapcsolatokat és az adatmodell bővítés lehetőségeinek irányait.

Kulcsszavak: Linked Data, Open Data, Szemantikus Web, nyílt egyetemi adatok

Abstract: Linked Data is a practical application of the Semantic Web technologies for connecting data worldwide. The Open Data pursuit has achieved remarkable progress in Europe as well, and studies have shown that it has a positive impact on the quality of education at university level too. Schema design is a key moment in the publication of Linked Open Data. In this paper, we analyse the main steps and objectives of the Linked Open Data schema design, and we outline the related concepts. The set of schemas are chosen to describe university organization, persons, roles, courses and publications. We also describe the data properties of the different classes, the relations of the classes and the possible extensions of our model.

Keywords: Linked Data, Open Data, Semantic Web, Linked Universities

1. Bevezetés

A kapcsolt nyílt adatok (angolul Linked Open Data, rövidítve LOD) alapjait 2006-ban Tim Berners-Lee, a világháló feltalálója fektette le. A kapcsolt nyílt adatok használatával strukturált adatokat a világhálón számítógép számára értelmezhető módon jelenítünk meg, az adatokat más adatsoportokkal kapcsoljuk össze és lehetővé tesszük, hogy külső adatforrásokból az adatainkhoz kapcsolat legyen létesíthető. A kapcsolt nyílt adatok négy alaptulajdonságát Tim Berners-Lee, a Web szülőatyja 2006-ban a következőképpen fogalmazta meg [4]:

1. Adatok elnevezésére és azonosítására URI-eket (Universal Resource Identifier) használjunk,

2. A URI-k feloldható HTTP URI-k legyenek, ezáltal az azonosított adathoz tartalom társítható,
3. A URI-k mögötti tartalom szabványokra (pl. RDF, SPARQL) épüljön,
4. Az adatokhoz tartozó tartalom rendelkezzen más adathalmazra mutató kapcsolatokkal.

Az utolsó pont biztosítja azt, hogy a különböző forrású adathalmazok egymással összeköttetésben állhatnak és egymáshoz kapcsolódhatnak. Kapcsolt nyílt adatok használatát több területen is megfigyelhetjük, például kormányzati adatokat, egészségügyi kutatásokkal kapcsolatos információkat, publikációk adatait és különböző metaadatbázisokat találhatunk meg ebben a formában. Kapcsolt nyílt adatok publikálásának kulcsfontosságú mozzanata az adatok felépítésének, sémájának a megtervezése.

Az Open Data törekvés világszerte és Európában is már komoly előrehaladást ért el, és áttekintő tanulmányok szerint a felsőoktatás területén is pozitívan befolyásolhatja az oktatás minőségét. Létrejött az európai egyetemeket összefogó Linked Universities szövetség is, amely az adatok Linked Open Data irányelvek szerinti publikálását segíti és fogja össze a tagintézményekben. Az Óbudai Egyetemen elindítottunk egy projektet, aminek célja egyetemi nyílt adatok kapcsolt adatként való publikálása és ezzel a Linked Universities szövetséghez történő kapcsolódás.

Jelen publikáció célja áttekinteni a kapcsolt nyílt egyetemi adatok használatának lehetőségeit, bemutatni ezen speciális területen az adatséma tervezés folyamatát és végül javaslatot tenni egy egyetemi LOD adatsémára.

2. LOD a felsőoktatásban

A Linked Universities [8] és a Linked Education [9] két olyan kezdeményezés Európában, amely az oktatásban kívánja a kapcsolt nyílt adatok előnyeit kihasználni. A University of Southampton például 40-nél is több adathalmazt tett elérhetővé webes felületen, és ezekre immár 18 alkalmazás épül. Az Open University majdnem 3 millió állítást (triple-t) publikál saját magáról, de említhetnénk még számos spanyol és görög egyetemet is.

A LOD alkalmazásától várt előnyök leginkább az aggregált információkon, illetve a nyílt adatok használatára épülő mobil és webes alkalmazásokon keresztül válhatnak valóra. Ezek az előnyök a célközönség szerint csoportosítva a következők lehetnek. A hallgatókat igény szerint kifejlesztett alkalmazások tudják segíteni a tanulmányaikban. Már több egyetemen létezik ilyen mobil alkalmazás, amely az órarendben és az előadások helyszínében segít eligazodni. Ezen felül a tananyagok elérhetőségei, külső tananyagok kapcsolása is könnyen megvalósítható nyílt adatokon keresztül. Az elhelyezkedési lehetőségek, statisztikák, illetve a potenciális munkahelyek és elvárásaik közzététele mind segítik a hallgatókat abban, hogy minél eredményesebben ütemezzék tanulmányaikat és jól el tudjanak helyezkedni utána.

Az oktatók számára is fontos az oktatási tevékenységek áttekinthetősége, továbbá nekik a kutatási és együttműködési lehetőségek közötti tájékozódás is kiemelt. A nyílt adatokon keresztül értesülhetnek arról, hogy milyen szervezeti egységek milyen külső kapcsolatokat ápolnak, milyen kutatások folynak, milyen szaktudást keresnek az egyetemen.

Az egyetem egészére nézve is jótékony hatású a LOD alkalmazása. Első lépésként az, hogy az intézmény nyíltan publikál adatokat, azt jelenti, hogy felvállalja a közinformálást, és több esélye van egy jó hírnevet kiépíteni, illetve a médiában megjelenni. Ezáltal az intézmény kívülről is értékelhetővé válik, a trendek, a színvonal vizualizálható lesz. Alapja lehet ez az intézmények összehasonlításának is, és a végeredménytől függetlenül igaz lehet, hogy

bármilyen kevés adat is jobb a semmilyen adatnál. A felvételizők számára az egyetem nem csak a felvételi statisztikákat adhatja közre ily módon, hanem a várható költségeket, az átlagos képzési időre vonatkozó átlagokat is, amelyek zsebbevágó döntéseket alapozhatnak meg. Az innováció és a kutatások menedzseléséhez is jó alapot nyújt az adatok nyílt nyilvántartása. Végezetül általánosságban is várhatja az egyetem, hogy a LOD nyílt keretrendszerének alkalmazásával elősegíti a szolgáltatásainak javítását mind funkcionálisan, mind a minőség terén.

A fentiek alapján a közzétételre érdemes adatokat a következőképpen lehet csoportosítani:

- személyek (munkatársak, kutatók) adatai: elérhetőségek, oktatott tárgyak, egyéni érdeklődések, publikációk, kutatási tevékenységek, külső kapcsolatok, stb.
- szervezeti egységek adatai: vezetők, elérhetőség, szervezeti hierarchia, kutatások, stb.
- kurzusok, tanegységek adatai: kreditek, feltételek, oktatók, tananyagok, stb.
- képzések, szakirányok: célok, feltételek, felvételi, végzési és elhelyezkedési adatok, tárgyak, stb.
- dokumentumok: szabályzatok, tananyagok, publikációk elérhetőségei, metaadatai (dátuma, érvényessége, hatóköre, szerzői), stb.
- kutatási projektek: témák, résztvevők, publikációk, kooperációk, stb.
- egyetemmel összefüggő statisztikai adatok: hallgatói, oktatói, költségvetési statisztikák, várható költségek, képzési idők, elhelyezkedési arányok, stb.
- térinformatikai adatok: épületek, termek, szolgáltató egységek elhelyezkedése, navigáció, közlekedés, stb.
- időbeli adatok: eseménynaptár, órarend, előadások, stb.

Ilyen adatokra számos információs szolgáltatás és mobilalkalmazás építhető. Az ELTE-n készítették szemantikus web alapú beltéri navigációs alkalmazást [10]. Az Open University mobil alkalmazásai a képzések áttekintését segítik és a tárgyakhoz elérhető tananyagokat tesznek letölthetővé, míg a University of Southampton például a buszmenetrenddel kombinálva a hallgatók utazását igyekszik segíteni.

3. Adatmodell tervezése

Kapcsolt nyílt adatok publikálásának lépéseit több szerző is tárgyalta, például [1][2][3]. Mi a következő négy fő lépésből álló folyamatként határozzuk meg a kapcsolt nyílt adatok létrehozásának életciklusát:

1. Rendelkezésre álló, publikálásra kijelölendő nyílt adatok körének meghatározása
2. Adatmodell készítése
3. Adatok kapcsolt adatként való publikálása
4. Publikált adatokra épülő alkalmazások fejlesztése

Ezek a lépések összetett folyamatokat foglalnak magukban, publikációnkban a 2. lépés folyamatának részletes vizsgálatát végezzük el.

A kapcsolt adatok szabványosított adateleíró nyelve az RDF (Resource Description Framework), amellyel erőforrásokról szóló információkat ábrázolhatunk a weben (erőforrás fogalma alatt általánosan értünk bármit, ami azonosítható a weben). Az RDF adatok három részből felépülő kijelentésekből állnak, ezek az <alany-állítmány-tárgy> (angolul subject-predicate-object) hármasok (angolul triple). Az alany a leírandó erőforrás azonosítója, ami

egy feloldható HTTP URI, az állítmány (más néven predikátum) a leírandó erőforrás egy tulajdonsága, a tárgy pedig ennek a tulajdonságnak az értéke. Az alany és az állítmány helyén mindig egy feloldható HTTP URI áll, a tárgy pedig vagy egy feloldható HTTP URI vagy pedig egy szöveges leírás.

RDF segítségével két különböző weben lévő adatforrás könnyen összeköthető egymással. Az RDF hármassokat három attribútumú relációs adattáblában tárolják, amelyben a három attribútum rendre alany–állítmány–tárgy. Az RDF adatbázisokat triple store-nak is nevezik. A SPARQL az RDF lekérdező nyelve, mely RDF formátumú adatok elérését és manipulálását biztosítja.

Annak megadására, hogy egy adathalmazban milyen típusú adatok lehetnek és köztük milyen kapcsolatok állhatnak fenn, szükséges egy absztrakt szint, ami minden esetben érvényes és általánosságban jellemzi adatainkat. A Szemantikus Web az adatmodell formalizálására egy többrétegű, RDF alapú megoldást nyújt. A formalizálás első szintje az RDFS (RDF séma), amely önleíró, vagyis az RDF osztályok és kapcsolataik leírását is RDF-ben teszi lehetővé. A következő szinten az OWL helyezkedik el, amely a leíró logika alapjain fejlettebb következtetési konstrukciókat nyújt. Az RDFS és az OWL konkrét leíró nyelvűül szolgálhatnak az olyan absztrakt fogalmaknak, mint adatséma, ontológia vagy controlled vocabulary. Az elmúlt évtized tapasztalata, hogy egy sikeres, letisztult LOD szolgáltatáshoz nincs feltétlenül szükség az OWL használatára, hanem elegendő egy RDFS adatséma használata is. Így a legtöbb általános séma (pl. Dublin Core, FOAF) is RDFS-ben van formalizálva. Az RDFS használata nem zárja ki a szabályrendszerek vagy a leíró logika alkalmazását, de egyszerűbbé teszi az adatkezelést, és javítja az interoperabilitást.

Az adatmodell a konkrét környezethez vagy alkalmazáshoz írja le az ábrázolandó egyedek azonosítóinak felépítését, az egyedek osztályait, tulajdonságait és ezek kapcsolatait. Az Egyetemi Adatséma megadásával tehát egy általános szinten adjuk meg azt, hogy milyen egyed osztályok előfordulását feltételezzük egy egyetemi környezetben, ezeknek az osztályoknak mi egymással a kapcsolata és az osztály egyedei milyen tulajdonságokkal jellemezhetőek. Adatmodellt pedig egy konkrét egyetem adatainak ábrázolásához készítünk, így például beszélhetünk az Óbudai Egyetem kapcsolt nyílt adatmodelljéről.

A kapcsolt nyílt adathalmaz számára előállítandó adatmodell párhuzamba állítható a relációs adatbázis-tervezés koncepcionális modelljének elkészítésével. LOD adathalmaz koncepcionális szintű leírására szükség van több ok miatt is [7]: információkinyerés elősegítése, különböző adathalmazok kombinált lekérdezése, SPARQL lekérdezések szerkezetének felépítése. A következő pontokban az adatmodell készítés fő lépéseit és feladatait vázoljuk fel:

1. Adatmodell osztályainak meghatározása
2. URI tervezés: alap URI, adathalmaz osztályainak URI-je (szakirodalomban TBox URI-nek hívják), entitások URI felépítése (szakirodalomban ABox URI-nek hívják). Módszertani ajánlások [5][6] tartalmazzák, hogy törekedni kell rövid és stabil (az idővel nem változó) URI-k használatára.
3. Létező ontológiák, adat szótárak meghatározása, amikben definiált tulajdonságokat és osztályokat az adatmodellben használni fogunk (általánosan megfogalmazott javaslat: a már definiált ontológiák és adat szótárak elemeit használjuk és ne magunk kreáljuk meg, ha nem szükséges). Itt célszerű az egyszerűségekre törekedni. Sok létező ontológia tartalmaz tartalmi átfedést egymással. Törekedni érdemes a lehető legkevesebb számú, illetve minél ismertebb és népszerűbb ontológia felhasználására. A következő kérdések jelenthetnek támpontot ennél a lépésnél: (1) milyen segítség létezik arra, hogy egy adott témakörhöz, problémához találjunk létező ontológiát, (2) hogyan lehet

információt szerezni egy adott ontológia felhasználásának gyakoriságáról? A lépés folyamán támaszkodni lehet például a következő alkalmazásokra:

- a. Linked Open Vocabularies (<http://lov.okfn.org/dataset/lov/>): melyben ontológiák metaadataira, más ontológiákhoz mutató kapcsolataira, használatának gyakoriságára tudunk keresni.
 - b. LODStats (<http://lodstats.aksw.org/>): a CKAN rendszerben regisztrált RDF adathalmazok tulajdonságainak leírása, beleértve az általuk használt ontológiákat is.
4. Adatmodellben használt névtér prefix-ek meghatározása: ez az adatmodell osztályainak URI-jeiből, illetve a használt ontológiák URI-jeiből áll össze.
 5. Minden osztály esetén meghatározzuk:
 - a. entitásainak javasolt URI felépítését,
 - b. az osztály URI elnevezését,
 - c. szülő osztályait (ha releváns),
 - d. vele ekvivalens osztályokat (ha releváns),
 - e. alosztályait (ha releváns),
 6. Táblázatot készítünk, mely az osztály egyedeihez, mint alanyokhoz tartozó állítványokat (predikátumokat), ezek rövid leírását és az állítványokhoz tartozó tárgyak osztályát (ha a tárgy szöveges leírás, akkor az `rdfs:Literal` az osztály) tartalmazza. Módszertani ajánlások [5][6] buzdítják az `owl:sameAs` használatát kapcsolatok más adathalmazokkal való létesítésére, illetve az `rdfs:label`, `foaf:depiction` használatát ember által olvasható metaadatok megadásához.
 7. A relációs adatbázis tervezésnél használt egyed-kapcsolat modellhez hasonlóan célszerű az adatmodellt grafikusán is megjeleníteni. Ez segítségül szolgál későbbi SPARQL lekérdezések megírásához, a LOD adatok hatékony felhasználásához, illetve különböző LOD adathalmazok egyidejű lekérdezéséhez. LOD adathalmaz grafikus ábrázolásának nincs az egyed-kapcsolat modellhez hasonló szabványosított leíró nyelve. Mi a következő jelölési módot javasoljuk. A dia grammnak négy alapvető eleme legyen:
 - a. osztályok (jelölése ovális),
 - b. osztályokhoz tartozó predikátumok (jelölése téglalap),
 - c. osztályokat összekötő predikátum kapcsolatok (jelölése címkézett nyíl),
 - d. osztályokat összekötő szülő-gyerek kapcsolatok (jelölése dupla keretes nyíl).Színek használatával vagy aláhúzással megkülönböztethetők azok a predikátumok, melyekhez egy adott entitás esetén csak egy érték rendelhető (funkcionális tulajdonság), illetve melyhez egy adott érték esetén csakis egy entitás tartozhat (inverz funkcionális tulajdonság).

4. Egyetemi LOD adatmodell

A fentiekben ismertetett LOD életciklus lépéseinek megfelelően az adatmodell tervezést meg kell előznie a publikálásra kijelölendő nyílt adatok körének meghatározása. Az adatok körének kiválasztásakor célunk volt egy kiindulásra alkalmas, későbbiekben könnyen bővíthető, jól körülhatárolható rendszer meghatározása. Az egyetemhez kötődő személyek (munkatársak és hallgatók), publikációk, az egyetemen oktatott tantárgyak és magának az egyetemnek a szervezeti felépítése mellett döntöttünk. Az adatmodell osztályai is ennek megfelelően álltak össze. Az eredeti négy osztály (Person, Publication, Course, Organization) mellé, – a tervezés rámutatott – szükségessé vált egy ötödik Szerepkörök osztály (Role) felvétele is.

URI azonosítók tervének a következőket választottuk:

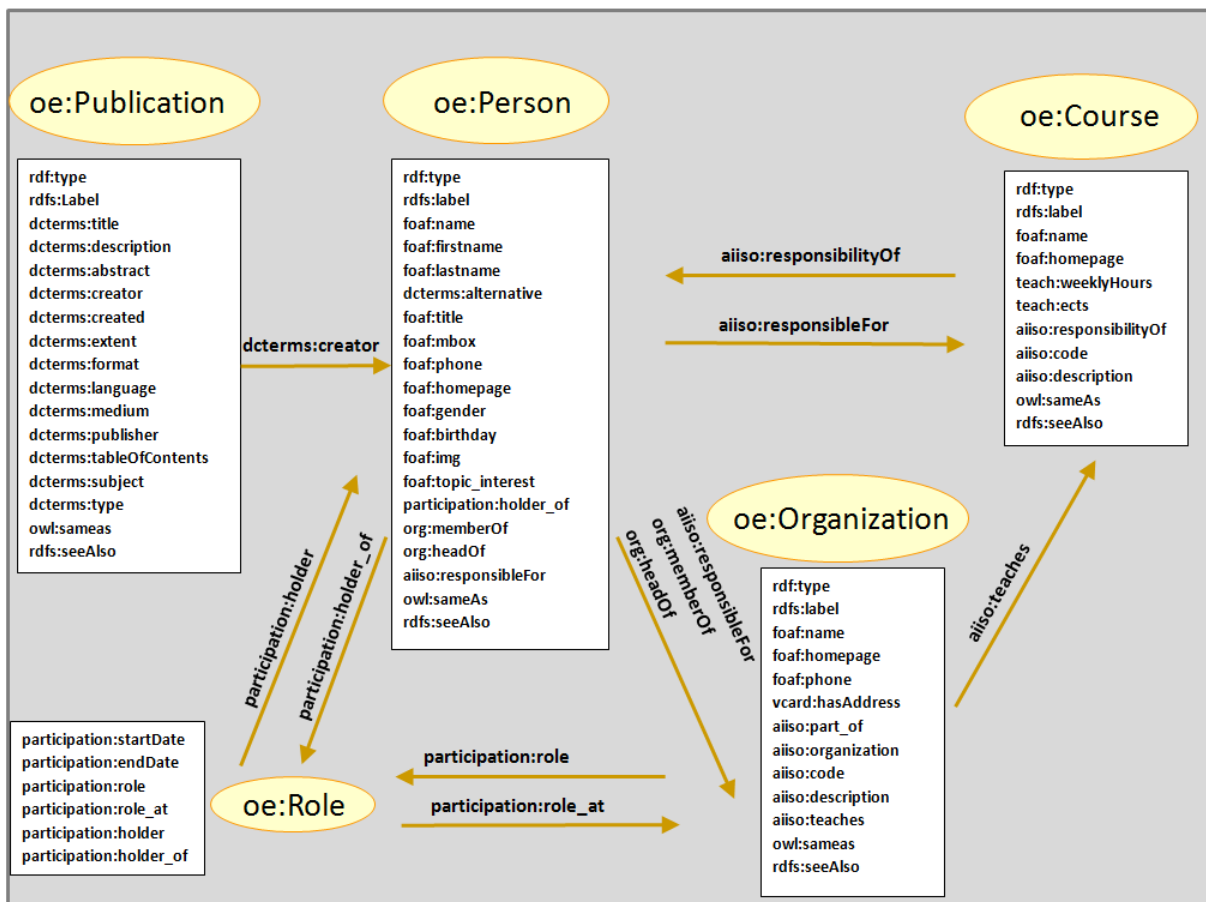
- alap URI: <http://lod.nik.uni-obuda.hu/>,
- adatséma osztály URI: http://lod.nik.uni-obuda.hu/schema#{osztály_neve},
- egyedek azonosítója: http://lod.nik.uni-obuda.hu/data/{osztály_azonosító}/egyed_ID.

A létező ontológiák tanulmányozása után és az általunk meghatározott adatkör ismeretében a következők használata mellett döntöttünk:

- foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
- dcterms: <http://purl.org/dc/terms/>
- aiiso: <http://purl.org/vocab/aiiso/schema#>
- aiiso-roles: <http://purl.org/vocab/aiiso-roles/schema#>
- participation: <http://purl.org/vocab/participation/schema#>
- teach: <http://linkedscience.org/teach/ns#> (kredit és heti óraszám megadása)
- org: <http://www.w3.org/ns/org#>
- vcard: <http://www.w3.org/2006/vcard/ns#> (postai cím megadása)

Az adatok tárolandó tulajdonságait és másik osztályba átvezető kapcsolataikat az 1. ábra segítségével szemléltetjük. A definiált saját osztályok között a következő ekvivalenciák állnak fenn:

- oe:Person = foaf:Person
- oe:Organization = org:Organization = foaf:Organization
- oe:Role = participation:Role
- oe:Course = aiiso:Course



1. ábra. Egyetemi LOD adatmodell

Az 1. ábrán szemléltetett adatmodell alapján létrehoztunk RDF adatokat, melyeket a következő Turtle formátumú részlettel szemléltetünk:

```

oeOrg:ObudaUniversity
  rdf:type          oe:Organization;
  rdfs:label        "Óbuda University"@en;
  foaf:homepage     <http://uni-obuda.hu/en/>;
  foaf:phone        <tel:+3616665603>;
  vcard:hasAddress [
    vcard:country-name      "Hungary";
    vcard:locality          "Budapest";
    vcard:postal-code       "1034";
    vcard:street-address    "Bécsi út 96/b."
  ];
  aiiso:organization  oeOrg:NIK;
  owl:sameAs        dbpedia:Óbuda_University.

oeOrg:AI
  rdf:type          oe:Organization;
  rdfs:label        "Alkalmazott Informatikai Intézet"@hu;
  aiiso:part_of     oeOrg:NIK.

oePerson:FleinerRita
  rdf:type          oe:Person;
  rdfs:label        "Fleiner Rita";
  foaf:firstname    "Rita";
  foaf:lastname     "Fleiner";
  foaf:mbox         <mailto:fleiner.rita@nik.uni-obuda.hu>;
  org:Memberof     oeOrg:NIK;
  participation:holder_of  oeRole:R1;
  aiiso:responsibleFor  oeKnowGroup:NSTAB0MAEM.

oeRole:R1
  rdf:type          oe:Role;
  participation:startDate  "2012-09-01";
  participation:role       participation:Senior_Lecturer;
  participation:role_at   oeOrg:NIK;
  participation:holder    oePerson:FleinerRita.

oeKnowGroup:NSTAB0SAND
  rdf:type          oe:KnowGroup;
  rdfs:label        "Adatbázisok";
  foaf:homepage     <http://users.nik.uni-obuda.hu/to/tanterv/kovetelmenyek/1097/adatbazisok>;
  teach:weeklyHours "2e-2gy";
  teach:ects        "4";
  aiiso:code        "NSTAB0SAND";
  aiiso:responsibilityOf  oePerson:FleinerRita.

oePub:N1
  rdf:type          oe:Publication;
  dcterms:title     "Közigazgatási adatbázisok összekapcsolásának
    biztonsági kérdései";
  dcterms:creator   oePerson:FR;
  dcterms:creator   [
    rdf:type        foaf:Person;
    foaf:name       "Munk Sandor";
    foaf:mbox       mailto:munk@t-online.hu
  ];
  dcterms:created   "2012";
  dcterms:publisher [foaf:name "HADMÉRNÖK on-line folyóirat"].

```

5. Összegzés

Publikációnkban elemeztük a kapcsolt nyílt adatok használatának helyzetét felsőoktatási környezetben. Feltártuk a kapcsolt nyílt adatok vonatkozásában az adatmodell tervezés folyamatát és szükségességét. Megállapítottuk, hogy kapcsolt nyílt adatok publikálásakor szükséges az adatmodell specifikált megtervezése. A kellően részletes és szemléletes dokumentált adatmodell

- támogatást ad az adataink más adatforrásokkal való kombinálására külső felhasználó számára,
- segít annak az átgondolásában és rögzítésében, hogy milyen jellegű információkat, milyen eszközök (URI azonosítók, létező adatsémák) segítségével akarunk tárolni, habár ez nem ad olyan szigorú megszorítást az adatok felvitelére, mint például a tábla szerkezet meghatározása a relációs adatbázisok esetén.

Bemutatásra került a módszertanunk alapján elkészített, egyetemi kapcsolt nyílt adatmodell is.

Irodalomjegyzék

- [1] B. Hyland, D. Wood: The joy of data - a cookbook for publishing linked government data on the web, *Linking Government Data*, Springer New York, 2011. p. 3-26.
- [2] B. Hyland, G. Ateazing, B. Villazón-Terrazas: Best Practices for Publishing Linked Data, *W3C Working Group Note 09 January 2014*, <http://www.w3.org/TR/ld-bp/>
- [3] B. Villazón-Terrazas, et al.: Methodological guidelines for publishing government linked data. In: *Linking Government Data*. Springer New York, 2011. p. 27-49.
- [4] T. Berners-Lee: Linked data-design issues, 2006, <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- [5] Hogan, Aidan, Jürgen Umbrich, Andreas Harth, Richard Cyganiak, Axel Polleres, & Stefan Decker: An empirical survey of Linked Data conformance, *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 14 (2012), <http://www.websemanticsjournal.org/index.php/ps/article/view/287>
- [6] Christian Bizer, Richard Cyganiak, and Tom Heath: How to Publish Linked Data on the Web. *linkeddata.org Tutorial*, July 2008. <http://linkeddata.org/docs/howtopublish>
- [7] Prateek Jain, Pascal Hitzler, Peter Z. Yeh, Kunal Verma, Amit P. Sheth: Linked Data Is Merely More Data, *Papers from the AAAI Spring Symposium: Linked Data Meets Artificial Intelligence*, 82-86. <http://corescholar.libraries.wright.edu/knoesis/79>
- [8] Linked Universities, <http://linkeduniversities.org/>
- [9] Stefan Dietze, Honq Qing Yu, Daniela Giordano, Eleni Kaldoudi, Nikolas Dovrolis and Davide Taibi: *Linked Education: interlinking educational Resources and the Web of Data*, ACM Symposium On Applied Computing (SAC-2012), Special Track on Semantic Web and Applications, <http://oro.open.ac.uk/id/eprint/31077>
- [10] Matuszka T., Gombos G., Kiss A.: *A New Approach for Indoor Navigation Using Semantic Webtechnologies and Augmented Reality*, 15th International Conference on Human-Computer Interaction, VAMR/HCI 2013, LNCS 8021 Part I., pp. 202-210. Springer, DOI: 10.1007/978-3-642-39405-8_24