

PhD – 1. félévi beszámoló

Kozmológiai nagyskálás szerkezet vizsgálata szimulációkkal és gépi tanulással támogatott adatfeldolgozással

Pál Balázs*

ELTE, Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék,
Csillagászat és Űrfizika doktori program

Témavezető: Dr. Csabai István

2022. január 18.

1. Bevezetés

A PhD-tanulmányaim során az egyetemi kutatócsoport munkájába bekapcsolódva tevékenykedem. A kutatásom célja az univerzum nagyskálás szerkezetének kutatása, melyet kozmológiai szimulációkkal és a gépi tanulás modern eszköztárának felhasználásával vizsgálunk.

Az elmúlt években kezd egyre egyértelműbbé válni, hogy a gépi tanulási módszerek alkalmazása – sok más terület mellett – a kozmológiai szimulációk kiértékelésében is jelentősen jó eredményekkel kecsegtetnek, így észszerűnek tűnik az ezen vizsgálati módszerben rejlő lehetőségek feltárása. Ezt pedig az egyetemi kutatócsoport projektjein történő munkán keresztül tervezem megvalósítani.

2. Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

Az MSc szakdolgozati témámon való munkámat az MSc utolsó félévében kezdtem meg, mely során egy kozmológiai szimulációt megvalósító *pipeline*-t hoztam létre a **StePS** (Rác és tsai., 2018), a **2LPTic**, a **GADGET-2** (Springel, 2005) és a **GADGET-4** (Springel és tsai., 2020) szimulációs kódok felhasználásával. Ez a *pipeline* tetszőleges tömegeloszlású és tömeg-összetételű kezdeti feltételekből volt képes *üveget*, majd a newtoni gravitációnak engedelmesskedő N-test szimulációkat létrehozni és a kialakult tömegeloszlás teljesítményspektrumát meghatározni.

Az előző félévben az MSc során írt kódjaim teljes újraírását és új funkciókkal történő kibővítését végeztem el. Ezek a kódok az ez előtti formájukban „épp csak” működőképesek voltak együttesen, azonban emiatt számtalan limitációval rendelkeztek. A mostani formájukban már más rendszerekre is könnyedén portolhatókká váltak. Az új kódokat modulárisrá tettem, tehát most már lehetséges a szimulációs *pipeline* 1-1 lépésének önálló és egyszerű futtatása is. A modularitás másik hozadéka, hogy egy tetszőleges szimulációs szoftver és az ahhoz szükséges könyvtárak, vagy egyéb szoftverek is könnyedén beépíthetők a *pipeline*-ba a későbbiekben. Ezt az **AREPO** (Weinberger, Springel és Pakmor, 2020), **Inhomog** és **gevolution-1.2** (Adamek

*pal.balazs@ttk.elte.hu

és tsai., 2016) szoftverek *pipeline*-ba való bekötésével teszteltem is. Ezen utóbbiak segítségével így newtoni gravitációt használó szimulációk mellett már GR szimulációk futtatására is készen állok a továbbiakban.

Sajnos más – a továbbiakban részletezett – elfoglaltságaim és technikai problémák miatt ezzel a munkával jóval lassabban tudtam haladni, mint ahogy terveztem. A jövőre való tekintettel ez az első félév kellő tapasztalattal szolgált ahhoz, hogy tudjam, az eddigi tanulmányaimhoz képest más időbeosztás szerint kell majd dolgozzak a PhD tanulmányaim során.

3. Publikációk

Az elmúlt félévben egy publikációm született, melyet dr. Pál Tamással, az ELTE Gazdaságtudományi Kar, Összehasonlító Gazdaságtan Tanszékének egyetemi adjunktusával közösen írtam és mely egy 2022 első negyedévében megjelenő gazdaságtudományi kötetben fog megjelenni. A kötet Bod Péter Ákos, magyar közgazdász 70. születésnapjának tiszteletére készül. A publikációnk magyar címe „*Bitcoin, vagy amit akartok – A vezető kriptoeszközök pénzként való használatának korlátai és áralakulásuk közötti kölcsönhatások elemzése gépi tanulással*”.

Ebben mind pénzületi, mind pedig statisztikai megközelítésből vizsgáltuk meg a kriptoeszközök piacának dinamikáját és a vezető kriptoeszközök árfolyamváltozásai közötti kapcsolatokat, melyekhez modern gépi tanulási módszereket alkalmaztunk és hasonlítottunk össze egymással. Habár az ez irányú kutatásokat számtalan további eszköz felhasználásával és kérdés megvizsgálásával lehetne folytatni, már ezzel a munkánkkal is sikerült alátámasztani az eddig csak konvencionális statisztikai módszerekkel vizsgált összefüggéseket és megállapításokat. Ezek mellett publikációnk egy új betekintést nyújt ezen, manapság nagy népszerűségnek örvendő kérdéskörbe.

4. Konferenciák az aktuális félévben

A félév során két konferencián vettem részt, melyek közül az egyikben csak hallgatóként, míg a másikon a fent említett publikációról adtam elő.

Az első konferencia az október végén megtartott *GPU + AIME* közös konferenciája volt, melyen a PhD témámhoz szorosan kapcsolódó témákról (big data, HPC, GPU technológia, szimulációk stb.) tekinthettem meg előadásokat.

A második konferencia a *Gazdasági rendszerek és rendszerváltozások – BPÁ70*, egy, a Budapesti Corvinus Egyetem szervezésében megtartott konferencia volt, mely a fentebb említett kötethez hasonlóan, szintén Bod Péter Ákos 70. születésnapjának alkalmából került megrendezésre. Itt a magyar közgazdasági és gazdaságpolitikai élet elmúlt évtizedeinek fontos szereplői között tarthattam meg én is előadásomat a kötetben megjelenő publikációmól.

5. Oktatási tevékenység az aktuális félévben

A félév során két tárgy (*Korszerű számítástechnikai módszerek a fizikában II.*, továbbiakban „Korszám II.”, valamint *Data Mining and Machine Learning*, továbbiakban „Datamin”) lebonyolításában és megtartásában vettem részt.

A Korszám II. tárgy során 4 teljes, valamint 1, egy másik előadóval közösen megtartott előadást tartottam a félév során, melyeket Papp Gábor tanár úr felügyelt. A tárgy idén indult először, így a *curriculum* és az előadáshoz szükséges minden anyag elkészítése a félév során

történt csak meg. A tárgy során olyan témákról tartottunk előadásokat harmadéves, Fizika BSc-s, első sorban *számítógépes fizikus* specializáción tanuló hallgatóknak, melyek esszenciálisak az ilyen téren kutatóknak/dolgozóknak, azonban azokról egyáltalán nem, vagy csak minimális mértékben hallhatnak az egyetemi képzésük során. A cél az volt, hogy a hallgatók az előadásokon tárgyalt témákról megszerezzék az alapvetőnek számító ismereteket, melyekre a későbbiekben már könnyedén építhetnek későbbi kutatásaik, tanulmányaik, vagy munkájuk során. Ennek elősegítésére minden előadáshoz részletes diásorokat, esetleg írásos-, vagy interaktív anyagokat (pl. Jupyter Notebook) készítettünk, melyeket a félév során minden előadás után a hallgatók rendelkezésére bocsájtottunk. A tárgyat egy vegyesen teszt-, valamint kifejtős elméleti kérdésekből álló írásbeli vizsgával zártuk. Habár a visszajelzések alapján a vizsga egyértelműen nehéznek számított, azon minden – vizsgán résztvevő – hallgatónak sikerült jeles eredményt elérnie.

A Datamin tárgy esetén annak gyakorlati kurzusába segédkeztem, melyet első sorban másodéves, Fizikus MSc hallgatóknak tartottunk. A tárgy a *tudományos adatanalítika és modellezés* specializáció hallgatói számára kötelező tárgy az MSc 3. féléve során. A félév során a hallgatók által heti rendszerességgel kitöltendő beadandók közül két darabot állítottam össze. Emellett minden héten segédkeztem az előző heti beadandók élöben történő javításában is. Ennek során az egyes hallgatókkal személyesen konzultálva javítottuk ki a beadandóikat és adtunk számukra visszajelzést a megoldásaikról és esetleges hibáikról, hiányosságaikról. Emellett elláttuk őket további tanácsokkal és tippekkel is az egyes beadandók és munkájuk kapcsán.

6. Szakmai közéleti tevékenység

A félév elején felkérést kaptam a Planetology.hu nevű, elismert, hazai ismeretterjesztő blogoldaltól, hogy tartalomszerkesztőként tevékenykedjek náluk. A blogoldal első sorban planetológiai témájú híreket és cikkeket közöl, mely így kapcsolódik a csillagászati/asztrofizikai vonatkozású szakterületemhez. A cikkírás mellett a félév során az oldalra kikerülő témák és azokkal kapcsolatos kérdések esetén nyújtottam szakmai segítséget a szerkesztőség többi tagjának.

Ezen beszámoló írásának idején három ismeretterjesztő cikket dolgozom a Planetology.hu színeiben, melyek a Szaturnusz északi pólusán található, hatszög alakú légköri képződményről, a Hold krátereinek, sötét anyag utáni kutatásban történő lehetséges használatáról, valamint a James Webb űrteleszkópról szólnak. A jövőben még nagyobb lendülettel tervezem folytatni ezt a tevékenységet is.

Hivatkozások

- [1] Gábor Rácz és tsai. “StePS: A Multi-GPU Cosmological N-body Code for Compactified Simulations”. (2018. nov.). arXiv: [1811.05903](https://arxiv.org/abs/1811.05903) [[astro-ph.CO](https://arxiv.org/abs/1811.05903)].
- [2] Volker Springel. “The cosmological simulation code GADGET-2”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 364 (2005. máj.), 1105–1134. old. DOI: [10.1111/j.1365-2966.2005.09655.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2005.09655.x). arXiv: [astro-ph/0505010](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0505010) [[astro-ph](https://arxiv.org/abs/astro-ph)].
- [3] Volker Springel és tsai. “Simulating cosmic structure formation with the GADGET-4 code”. (2020. okt.). arXiv: [2010.03567](https://arxiv.org/abs/2010.03567) [[astro-ph.IM](https://arxiv.org/abs/2010.03567)].
- [4] Rainer Weinberger, Volker Springel és Rüdiger Pakmor. “The AREPO Public Code Release”. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 248.2, 32 (2020. jún.), 32. old. DOI: [10.3847/1538-4365/ab908c](https://doi.org/10.3847/1538-4365/ab908c). arXiv: [1909.04667](https://arxiv.org/abs/1909.04667) [[astro-ph.IM](https://arxiv.org/abs/1909.04667)].

- [5] Julian Adamek és tsai. “gevolution: a cosmological N-body code based on General Relativity”. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2016.7, 053 (2016. júl.), 53. old. DOI: [10.1088/1475-7516/2016/07/053](https://doi.org/10.1088/1475-7516/2016/07/053). arXiv: [1604.06065](https://arxiv.org/abs/1604.06065) [[astro-ph.CO](https://arxiv.org/archive/astro-ph)].