

Научном већу Астрономске опсерваторије

На основу захтева бр. 288/1 који је др Евгениј Смирнов поднео 15.04.2024. године, Научно веће Астрономске опсерваторије у Београду, на 14. седници одржаној 17.05.2024. именовало нас је за чланове Комисије која треба да утврди да ли др Евгеније Смирнов испуњава услове за избор у звање НАУЧНИ САРАДНИК.

На основу достављене документације о научно-истраживачком раду кандидата, а у складу са Законом о науци и истраживањима и Правилником о стицању истраживачких и научних звања Научном већу Астрономске опсерваторије подносимо следећи

РЕФЕРАТ

1) Биографски подаци

Др Евгениј Смирнов је рођен 22.04.1987. године у Санкт Петербургу, где са одличним успехом завршава основну и средњу школу. Године 2004. уписао је специјалистичке студије на Математичко-механичком факултету Државног универзитета у Санкт-Петербургу, смер астрономија, где је 2009. године дипломирао са највишим оценама. Исте године (2009.) запошљава се на Пулковској опсерваторији, и уписује докторске студије које успешно завршава 2016. године, када стиче академски степен доктора физичко-математичких наука.

Докторску дисертацију под називом "Резонанце у средњем кретању у динамици астероида", рађену под менторством професора др Ивана Шевченка, одбранио је 25.11.2016. године на Пулковској опсерваторији.

2) Преглед научне активности

Истраживачки рад др Евгенија Смирнова, кандидата физичко-математичких наука, одвија се у области динамике малих тела Сунчевог система и резонанци у средњем кретању.

Докторска дисертација *Резонанце у средњем кретању у динамици астероида* бавила се идентификацијом најзначајнијих резонанци главног астероидног појаса, које укључују два и три тела (планета и астероид, две планете и астероид). У оквиру рада креирани су: алгоритми и софтверски пакет за аутоматску идентификацију орбиталних

резонанци у динамици астероида, каталог астероида у резонанцама са Јупитером и Сатурном, каталог астероида у резонанцама са Јупитером и извршена је статистичка обрада података.

Поглавље 1 „Резонанце у динамици астероида: историја истраживања и методе анализе“ дисертације даје преглед проучавања резонанци у динамици астероида, њихову идентификацију и анализу, почевши од открића Д. Кирквуда 1867. такозваних „празнина“ у расподели астероида дуж великих полуоса орбита, које су по први пут показале пресудну улогу резонанци у динамици ових малих тела Сунчевог система; Дат је и преглед најпознатијих резонанци у главном астероидном појасу.

Поглавље 2 „Избор оптималних интегратора“ дисертације посвећено је избору оптималних интегратора орбита астероида за масовну идентификацију астероида у резонанцама, узимајући у обзир чињеницу да један број астероида може доживети поновљене блиске прилазе са планетама током времена интеграције. У поглављу се испитује утицај грешака у почетним подацима, избор интегратора једначина кретања и избор моделског задатка на резултате предвиђања кретања астероида који имају блиске прилазе са планетама. Посебна пажња је посвећена анализи улоге грешака у почетним подацима и интеграторима. Поглавље одређује које варијације орбиталних елемената доводе до највеће промене у резултујућој грешци. Извршена је компаративна анализа интегратора и изабрани су они који највише одговарају решавању проблема масовне идентификације астероида у резонанцама.

Поглавље 3 дисертације под називом „Алгоритми за идентификацију резонанци у средњем кретању и софтверски пакет“ описује алгоритамску основу и софтверску имплементацију аутоматске идентификације резонанци у средњем кретању у динамици астероида. Уводе се основне дефиниције: резонанца два тела и резонанца три тела (у средњем кретању), главни аргумент резонанце, мултиплет аргумената резонанце, подрезонанца, водећа подрезонанца, ред резонанце; за резонанце два тела дат је извод формуле за израчунавање резонантне вредности велике полуосе; за резонанце три тела оправдан је и развијен итеративни метод за израчунавање резонантне вредности велике полуосе; за случај резонанци три тела дато је поређење неких добијених резонантних вредности са онима познатим из рада Д. Несворнија и А. Морбиделија (1998); израчунате су комплетне идентификационе матрице за резонанце два тела са Јупитером и резонанце три тела са Јупитером и Сатурном; Предложен је алгоритам за динамичку идентификацију резонанци у средњем кретању.

Поглавље 4 „Идентификација и анализа резонанца два и три тела у средњем кретању“ посвећено је примени развијених алгоритамских и софтверских алата на реалне објекте Главног астероидног појаса. Резонанце три тела са Јупитером и

Сатурном су идентификоване закључно до 6. реда. Приказани су статистички резултати о популацији резонанци три тела са Јупитером и Сатурном; идентификоване су три најнасељеније резонанце.

3) Библиографија и анализа рада

3.1. Научни ниво и значај резултата

Др Евгениј Смирнов се у току досадашњег рада бавио истраживањима у области резонанци у средњем кретању астероида и динамике малих тела Сунчевог система. Значај радова се огледа у квалитету часописа у којима су објављени, а који су од *Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије* оцењени као врхунски међународни часописи. Кандидат је до сада објавио два рада у категорији M21, два рада у категорији M22 и три рада у категорији M23.

3.2. Листа и анализа радова који кандидата квалификују у предложено научно звање (научни сарадник)

1) **Smirnov E. A.**, Shevchenko I. I., 2013, *Massive identification of asteroids in three-body resonances*, *Icarus*, Vol. 222, pp. 220–228, категорија **M21**, 8 бодова (петогодишњи критеријум), $IF_{2013}=2.840$, (25 цитата на ADS, 22 цитата на SCOPUS)

Резонанце у средњем кретању имају суштинску улогу у динамици астероида. Резонанце два тела, између планете и астероида, широко су познате због Кирквудових празнина. Осим тога, постоје такозване резонанце три тела, у којима учествују астероид и две планете. Идентификацију астероида у резонанцама три тела (Јупитер–Сатурн–астероид) првобитно су извршили Несворни и Морбидели, који су, визуелном анализом понашања резонантних аргумената, пронашли 255 астероида који се налазе у таквим резонанцама. У раду су развијени специјализовани алгоритми и софтвер за масовну аутоматску идентификацију астероида у резонанцама два и три тела, произвољног реда, помоћу аутоматске анализе понашања резонантних аргумената. У прорачуну орбита узете су у обзир сви битни поремећаји. Вршена је интеграција орбита астероида у временском интервалу од 100.000 година и идентификовани су астероиди Главног појаса у резонанцама Јупитер–Сатурн–астероид до 6. реда закључно и резонанце Јупитер–астероид до 9. реда, за око 250.000 објеката из базе података “Asteroids–Dynamic Site” (AstDyS). Одређени су проценти резонантних астероида, укључујући екстраполације за резонанце вишег реда. Конкретно,

посматрани део чисто резонантних астероида (оних који испољавају резонантну либрацију на целом интервалу интеграције) у резонанцама три тела до 6. реда закључно износи 0,9% целог скупа; и, користећи екстраполацију вишег реда, стварни укупни проценат чисто резонантних астероида у резонанцама три тела свих редова процењује се на ~1,1% целог скупа.

Списак радова који цитирају овај рад на основу ADS и SCOPUS базе:

- 1) Ciacci G., Barucci A., Di Ruzza S., Alessi E. M., "Asteroids co-orbital motion classification based on Machine Learning", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 527, Iss. 3, pp. 6439–6454, 2024, DOI: 10.1093/mnras/stad3603
- 2) (аутоцитат) Smirnov E. A., "A new python package for identifying celestial bodies trapped in mean-motion resonances" *Astronomy and Computing*, Vol. 43, article id. 100707, 2023, DOI: 10.1016/j.ascom.2023.100707
- 3) Rosaev A., "The resonance perturbations of the (39991) lochroma family", *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, Vol. 134, Iss. 5, article id. 48, 2022, DOI: 10.1007/s10569-022-10104-5
- 4) Milić Ž. I., "The functional relation between three-body mean motion resonances and Yarkovsky drift speeds", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 507, Iss. 4, pp. 5796-5803, 2021, DOI: 10.1093/mnras/stab2526
- 5) Roberts A. C., Muñoz-Gutiérrez M. A., "Dynamics of small bodies in orbits between Jupiter and Saturn", *Icarus*, Vol. 358, article id. 114201, 2021, DOI: 10.1016/j.icarus.2020.114201
- 6) Rosaev A., Plavalova E., Galiazzo M., "List of the Close Asteroid Pairs Strongly Perturbed by Three-body Resonances", *Research Notes of the AAS*, Vol. 4, Iss. 12, id.239, 2020, DOI: 10.3847/2515-5172/abd3a1
- 7) Qi Y., de Ruiter A., "Planar near-Earth asteroids in resonance with the Earth", *Icarus*, Vol. 333, p. 52-60, 2019, DOI: 10.1016/j.icarus.2019.05.025
- 8) Wood J., "The Dynamics of Small Solar System Bodies", *The Dynamics of Small Solar System Bodies*, SpringerBriefs in Astronomy. ISBN 978-3-030-28108-3. The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG, 2019, DOI: 10.1007/978-3-030-28109-0
- 9) Gallardo T., "Resonances in the asteroid and trans-Neptunian belts: A brief review", *Planetary and Space Science*, Vol. 157, p. 96-103, 2018, DOI: 10.1016/j.pss.2018.03.007

- 10) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., Dvoglev I. S., "Identification of Asteroids in Two-Body Resonances", *Solar System Research*, Vol. 52, Iss. 4, pp.347-354, 2018, DOI: 10.1134/S0038094618040056
- 11) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., Dvoglev I. S., Popova E. A., "Asteroids in three-body mean motion resonances with planets", *Icarus*, Vol. 304, p. 24-30, 2018, DOI: 10.1016/j.icarus.2017.09.032
- 12) Wood J., Horner J., Hinse T. C., Marsden S. C., "The Dynamical History of 2060 Chiron and Its Proposed Ring System", *The Astronomical Journal*, Vol. 155, Iss. 1, article id. 2, p. 13, 2018, DOI: 10.3847/1538-3881/aa9930
- 13) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., Markov A. B., "Identification of asteroids trapped inside three-body mean motion resonances: a machine-learning approach", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 469, Iss. 2, pp. 2024-2031, 2017, DOI: 10.1093/mnras/stx999
- 14) Shevchenko I. I., "Habitability Properties of Circumbinary Planets *The Astronomical Journal*", Vol. 153, Iss. 6, article id. 273, p. 14, 2017 DOI: 10.3847/1538-3881/aa71b2
- 15) Milani A., Knežević Z., Spoto F., Cellino A., Novaković B., Tsirvoulis G., "On the ages of resonant, eroded and fossil asteroid families", *Icarus*, Vol. 288, pp. 240-264, 2017, DOI: 10.1016/j.icarus.2016.12.030
- 16) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., "Asteroids in three-body mean-motion resonances with Jupiter and Mars", *Solar System Research*, Vol. 51, Iss. 2, pp. 145-149, 2017, DOI: 10.1134/S003809461702006X
- 17) Sekhar A., Asher D. J., Vaubaillon J., "Three-body resonance in meteoroid streams", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 460, Iss. 2, pp.1417-1427, 2016, DOI: 10.1093/mnras/stw1086
- 18) Gallardo T., "Efectos dinámicos de las resonancias orbitales en el Sistema Solar", *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía*, Vol. 58, pp. 291-297, 2016, Bibcode: 2016BAAA...58..291G
- 19) Gallardo T., Coito L., Badano L., "Planetary and satellite three body mean motion resonances", *Icarus*, Vol. 274, pp. 83-98, 2016, DOI: 10.1016/j.icarus.2016.03.018
- 20) Goździewski K., Migaszewski C., Panichi F., Szuszkiewicz E., "The Laplace resonance in the Kepler-60 planetary system", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Vol. 455, Iss. 1, pp. L104-L108, 2016, DOI: 10.1093/mnrasl/slv156
- 21) Todorović N., Novaković B., "Testing the FLI in the region of the Pallas asteroid family", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 451, Iss. 2, pp.1637-1648, 2015, DOI: 10.1093/mnras/stv1003

- 22) Wood J., Horner J., "The Dynamics of Centaurs in the Vicinity of the 2:1 Mean Motion Resonance of Neptune and Uranus Trojan Region", eprint arXiv:1503.06096, 2015, DOI: 10.48550/arXiv.1503.06096
- 23) Quillen A. C., French R. S., "Resonant chains and three-body resonances in the closely packed inner Uranian satellite system", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 445, Iss. 4, pp.3959-3986, 2014, DOI: 10.1093/mnras/stu2023
- 24) Milani A., Cellino A., Knežević Z., Novaković B., Spoto F., Paolicchi P., "Asteroid families classification: Exploiting very large datasets", *Icarus*, Vol. 239, pp. 46-73, 2014, DOI: 10.1016/j.icarus.2014.05.039
- 25) Gallardo T., "Atlas of three body mean motion resonances in the Solar System", *Icarus*, Vol. 231, pp. 273-286, 2014, DOI: 10.1016/j.icarus.2013.12.020

2) **Smirnov E. A.**, Dvoglev I. S., Popova E. A., 2018, "*Asteroids in three-body mean motion resonances with planets*", *Icarus*, Vol. 304, pp. 24-30, категорија **M22**, 5 бодова, $IF_{2018}=3.56$, (11 цитата на ADS, 13 цитата на SCOPUS)

У овом раду су идентификовани сви астероиди у резонанцама средњег кретања три тела у свим конфигурацијама планета. Идентификација је обављена динамички: орбите астероида су интегралне на 100.000 година, а скуп резонантних аргумената је нумерички анализиран. Откривено је да свака могућа конфигурација планета има много резонантних астероида. Укупно је идентификовано 65.972 резонантних астероида (~14,1% од укупног броја од 467.303 објеката из базе података AstDyS).

Списак радова који цитирају овај рад на основу ADS и SCOPUS базе:

- 1) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., "A new python package for identifying celestial bodies trapped in mean-motion resonances" *Astronomy and Computing*, Vol. 43, article id. 100707, 2023, DOI: 10.1016/j.ascom.2023.100707
- 2) Zhou Y., Zhang W., "Analysis on nonlinear dynamics of two first-order resonances in a three-body system", *The European Physical Journal Special Topics*, Vol. 231, Iss. 11-12, pp. 2289-2306, 2022, DOI: 10.1140/epjs/s11734-022-00428-6
- 3) Correa-Otto J. A., Cañada-Assandri M., García R. S., Trógolo N. E., Leiva A. M., Gil-Hutton R., "Dynamical classification of the asteroids in the Hungaria group: The objects affected by the exterior mean-motion resonance 2:3 with Mars", *Icarus*, Vol. 367, article id. 114564, 2021, DOI: 10.1016/j.icarus.2021.114564
- 4) Carruba V., Aljbaae V. S., Domingos R. C., Barletta W., "Artificial neural network classification of asteroids in the M1:2 mean-motion resonance with Mars", *Monthly*

- Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 504, Iss. 1, pp.692-700, 2021, DOI: 10.1093/mnras/stab914
- 5) Liu C., Gong S., Li J., "Stability time-scale prediction for main-belt asteroids using neural networks", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 502, Iss. 4, pp. 5362-5369, 2021, DOI: 10.1093/mnras/stab080
 - 6) Li M., Huang Y., Gong S., "Dynamics of retrograde 1/n mean motion resonances: the 1/2, 1/3 cases", Astrophysics and Space Science, Vol. 365, Iss. 10, article id. 165, 2020, DOI: 10.1007/s10509-020-03867-6
 - 7) Todorović N., "Natural transportation routes in the Solar System", Laboratory Astrophysics: From Observations to Interpretation, held 14-19 April 2019 in Cambridge, UK. Edited by F. Salama and H. Linnartz. Proceedings of the International Astronomical Union, Vol. 350, pp. 471-473, 2020, DOI: 10.1017/S1743921319009438
 - 8) Qi Y., de Ruiter A., "Planar near-Earth asteroids in resonance with the Earth", Icarus, Vol. 333, pp. 52-60, 2019, DOI: 10.1016/j.icarus.2019.05.025
 - 9) Li M., Huang Y., Gong S., "Survey of asteroids in retrograde mean motion resonances with planets", 2019, Astronomy & Astrophysics, Vol. 630, id. A60, p. 8, DOI: 10.1051/0004-6361/201936117
 - 10) Gallardo T., "Resonances in the asteroid and trans-Neptunian belts: A brief review", Planetary and Space Science, Vol. 157, pp. 96-103, 2018, DOI: 10.1016/j.pss.2018.03.007
 - 11) Novaković B., Hsieh H. H., Gronchi G. F., "Special Iss. on asteroids - Introduction", Icarus, Vol. 304, pp. 1-3, 2018, 10.1016/j.icarus.2018.01.025
- 3) **Smirnov E. A.**, Markov A. B., 2017, "Identification of asteroids trapped inside three-body mean motion resonances: A machine-learning approach", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 469, Iss. 2, pp. 2024-2031, категорија **M21**, 8 бодова, $IF_{2017}=5.19$, (16 цитата на ADS, 20 цитата на SCOPUS)

У овом раду примењена је метода машинског учења која не захтева нумеричку интеграцију — наиме, к-најближих суседа, стабло одлучивања, градијенти бустинг и логистичку регресију — за идентификацију астероида у резонанцама три тела у Главном појасу. Показано је да су резултати идентификације методама машинског учења тачни и да им је потребно знатно мање времена од нумеричке интеграције (секунде у односу на дане). Идентификована су 404 нова астероида под утицајем резонанце три тела 4J-2C-1 користећи методологију машинског учења.

Списак радова који цитирају овај рад на основу ADS и SCOPUS базе:

- 1) Ciacci G., Barucci A., Di Ruzza S., Alessi E. M., "Asteroids co-orbital motion classification based on Machine Learning", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 527, Iss. 3, pp. 6439–6454, 2024, DOI: 10.1093/mnras/stad3603
- 2) (аутоцитат) Smirnov E. A., "A new python package for identifying celestial bodies trapped in mean-motion resonances" *Astronomy and Computing*, Vol. 43, article id. 100707, 2023, DOI: 10.1016/j.ascom.2023.100707
- 3) Zhou Y., Zhang W., "Analysis on nonlinear dynamics of two first-order resonances in a three-body system", *The European Physical Journal Special Topics*, Vol. 231, Iss. 11-12, pp. 2289-2306, 2022, DOI: 10.1140/epjs/s11734-022-00428-6
- 4) Carruba V., Aljbaae V. S., Domingos R. C., Huaman M., Barletta W., "Machine learning applied to asteroid dynamics", *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, Vol. 134, Iss. 4, article id. 36, 2022, DOI: 10.1007/s10569-022-10088-2
- 5) Malik A., Moster B. P., Obermeier C., "Exoplanet detection using machine learning", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 513, Iss. 4, pp. 5505-5516, 2022, DOI: 10.1093/mnras/stab3692
- 6) Buck T., Wolf S., "Predicting resolved galaxy properties from photometric images using convolutional neural networks", eprint arXiv:2111.01154, 2021, DOI: 10.48550/arXiv.2111.01154
- 7) Agnan M., Vannitsen J., "Scaling uncertainties on asteroid characteristics to prepare datasets for machine learning", *Advances in Space Research*, Vol. 68, Iss. 8, pp. 3225-3232, 2021, DOI: 10.1016/j.asr.2021.06.007
- 8) Carruba V., Aljbaae V. S., Domingos R. C., Barletta W., "Artificial neural network classification of asteroids in the M1:2 mean-motion resonance with Mars", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 504, Iss. 1, pp. 692-700, 2021, DOI: 10.1093/mnras/stab914
- 9) Carruba V., Aljbaae V. S., Domingos R. C., "Identification of asteroid groups in the z1 and z2 nonlinear secular resonances through genetic algorithms", *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, Vol. 133, Iss. 6, article id. 24, 2021, DOI: 10.1007/s10569-021-10021-z
- 10) Soltau S. B., Botti L. C. L., "Periodicity Detection in AGN with the Boosted Tree Method", *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, Vol. 57, pp. 107-122, 2021, DOI: 10.22201/ia.01851101p.2021.57.01.07
- 11) de la Fuente Marcos C., de la Fuente Marcos R., "Using Mars co-orbitals to estimate the importance of rotation-induced YORP break-up events in Earth co-orbital space",

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 501, Iss. 4, pp. 6007-6025, 2021, DOI: 10.1093/mnras/stab062

- 12) Fluke C. J., Jacobs C., "Surveying the reach and maturity of machine learning and artificial intelligence in astronomy", WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, Vol. 10, Iss. 2, article id. E1349, 2020, DOI: 10.1002/widm.1349
- 13) Alibert Y., Venturini J., "Using deep neural networks to compute the mass of forming planets", Astronomy & Astrophysics, Vol. 626, id. A21, p. 10, 2019, DOI: 10.1051/0004-6361/201834942
- 14) Wu J. F., Boada S., "Using convolutional neural networks to predict galaxy metallicity from three-colour images", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 484, Iss. 4, pp. 4683-4694, 2019, DOI: 10.1093/mnras/stz333
- 15) D'Isanto A., Cavuoti S., Gieseke F., Polsterer K. L., "Return of the features. Efficient feature selection and interpretation for photometric redshifts", Astronomy & Astrophysics, Vol. 616, id. A97, p. 21, 2018, DOI: 10.1051/0004-6361/201833103
- 16) (аутоцитат) Smirnov E. A., Dovgalev I. S., "Identification of Asteroids in Two-Body Resonances", Solar System Research, Vol. 52, Iss. 4, pp. 347-354, 2018, DOI: 10.1134/S0038094618040056

4) **Smirnov E. A.**, 2023, "A new python package for identifying celestial bodies trapped in mean-motion resonances", Astronomy and Computing, Vol. 43. article id. 100707, категорија **M22**, 5 бодова, $IF_{2023}=2.78$, (1 цитат на ADS, 1 цитат на SCOPUS)

У овом раду је представљен нови пакет отвореног кода *резонанце (resonances)* написан у Python-у. Омогућено је да се пронађу, анализирају и нацртају резонанце у средњем кретању два и три тела у Сунчевом и другим планетарним системима. Пакет има бољу тачност поступка аутоматске идентификације резонантних објеката у поређењу са претходним студијама. Штавише, има уграђене интеграције за AstDyS и NASA JPL каталоге. Код је опсежно документован и тестиран аутоматским тестовима. Пакет је доступан на GitHub под MIT Licence.

Списак радова који цитирају овај рад на основу ADS и SCOPUS базе:

- 1) Ciacci G., Barucci A., Di Ruzza S., Alessi E. M., "Asteroids co-orbital motion classification based on Machine Learning", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 527, Iss. 3, pp. 6439-6454, 2024, DOI: 10.1093/mnras/stad3603

5) **Smirnov E. A.**, 2017, "*Asteroids in three-body mean-motion resonances with Jupiter and Mars*", Solar System Research, Vol. 51, Iss. 2, pp. 145-149, категорија **M23**, 3 бода, $IF_{2017}=0.53$ (2 цитата на ADS, 4 цитата на SCOPUS)

Идентификовани су астероиди у резонанцама средњег кретања три тела са Јупитером и Марсом на скупу свих нумерисаних астероида до априла 2016. године (467.308 објеката). Резонантни објекти су идентификовани директном анализом понашања (либрација/циркулација) резонантних аргумената током 100.000 година. Узети су у обзир сви битни поремећаји током интеграције једначина кретања. Број астероида у различитим резонанцама израчунат је за све могуће резонанце чији је ред мањи или једнак 6.

Списак радова који цитирају овај рад на основу ADS и SCOPUS базе:

- 1) Zhou Y., Zhang W., "Analysis on nonlinear dynamics of two first-order resonances in a three-body system", The European Physical Journal Special Topics, Vol. 231, Iss. 11-12, pp. 2289-2306, 2022, DOI: 10.1140/epjs/s11734-022-00428-6
- 2) (**аутоцитат**) Smirnov E. A., Dvoglev I. S., "Identification of Asteroids in Two-Body Resonances", Solar System Research, Vol. 52, Iss. 4, pp. 347-354, 2018, DOI: 10.1134/S0038094618040056
- 3) Zhou Y., Zhang W., Zhu D., Zuo H., "The dynamics of the resonance in a 3:5 external resonant model", AIP Advances, Vol. 13, Iss. 6, 2023, DOI: 10.1063/5.0153412
- 4) Gronchi G. F., Fenucci M., Alberti G., "Variational methods and Hamiltonian perturbation theory applied to the N-body problem", Universita` Degli Studi Di Pisa, 2019, PhD Thesis

6) **Smirnov E. A.**, Dvoglev I. S., 2018, "*Identification of Asteroids in Two-Body Resonances*", Solar System Research, Vol. 52, Iss. 4, pp. 347-354, категорија **M23**, 3 бода, $IF_{2018}=0.43$, (2 цитата на ADS, 2 цитата на SCOPUS)

Направљен је каталог астероида у орбиталним резонанцама два тела са планетама Сунчевог система. Извор улазних података била је база података AstDyS, а узети су у обзир сви нумерисани објекти (467.303 објеката у време анализе). Орбите су интегралне у оквиру чистог гравитационог проблема узевши у обзир све планете Сунчевог система и Плутон. Из анализе понашања резонантног аргумента и велике полуосе на интервалу од 100.000 година, верификовано је припадање резонанци и тип либрације (чиста или пролазна) за сваки од астероида. Тачнији метод за идентификацију либрација резонантних аргумената развијен је на основу анализе

међусобних периодograma. Пронашли смо 23.251 резонантних астероида, од којих је 36% (8.397 објеката) у чистим резонанцама.

Списак радова који цитирају овај рад на основу ADS и SCOPUS базе:

- 1) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., "A new python package for identifying celestial bodies trapped in mean-motion resonances" *Astronomy and Computing*, Vol. 43, article id. 100707, 2023, DOI: 10.1016/j.ascom.2023.100707
- 2) Milić Ž. I., "The Relationship Between the 'Limiting' Yarkovsky Drift Speed and Asteroid Families' Yarkovsky V-shape", *Serbian Astronomical Journal*, Vol. 200, pp. 25-41, 2020, DOI: 10.2298/SAJ2000025M

7) **Smirnov E. A.**, Timoshkova E. I., 2014, "*Comparative investigation of methods for the numerical prediction of motion of asteroids that approach the Earth: Example of the 99942 Apophis asteroid*", *Cosmic Research*, Vol. 52, Iss. 2, pp. 118-124, категорија **M23**, 3 бода, $IF_{2014}=0.510$, (2 цитата на ADS, 2 цитата на SCOPUS)

На примеру астероида 99942 Апофис (тренутно познат као један од најопаснијих астероида који се приближава Земљи) као пример, процењујемо грешку предвиђања његовог кретања уз коришћење неколико интегратора у временском интервалу од 2012. до 2029. године. Растојање (и његова грешка) између Земљиног центра и Апофиса процењено је за тренутак прилаза 13. априла 2029. Показано је да је ова грешка за различите интеграторе упоредива по реду величине са утицајем одређених компоненти динамичког модела кретања, као што је, на пример, утицај хармоника Земљиног гравитационог поља, притисак сунчеве светлости, ефекат Јарковског итд.

Списак радова који цитирају овај рад на основу ADS и SCOPUS базе:

- 1) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., Dovgalev I. S., "Identification of Asteroids in Two-Body Resonances", *Solar System Research*, Vol. 52, Iss. 4, pp. 347-354, 2018, DOI: 10.1134/S0038094618040056
- 2) **(аутоцитат)** Smirnov E. A., "Asteroids in three-body mean-motion resonances with Jupiter and Mars", *Solar System Research*, Vol. 51, Iss. 2, pp. 145-149, 2017, DOI: 10.1134/S003809461702006X

8) Смирнов Евгениј, 2017, докторска дисертација “Резонанце у средњем кретању у динамици астероида”, урађена под менторством професора др Ивана Шевченка у Русији, одбрањена 25.11.2016. године на Пулковској опсерваторији. Категорија М70, 6 бодова.

4) Квалитативна оцена научног доприноса

4.1. Учешће на конференцијама

Кандидат је као излагач учествовао на више конференција, како у Русији, тако и у иностранству:

- 1) IV Session Workshop «Dynamics and chaos in astronomy and physics» (2016, Luchon, France), **Smirnov E.**, *Asteroids in three-body mean motion resonances with planets.*
- 2) VI Pulkovo Youth Conference (2016, St. Petersburg, Russia, Main (Pulkovo) astronomical observatory of RAS), **Smirnov E.**, *Three-body resonances in the Solar System.*
- 3) Conference «Stardust - Asteroids and Space Debris» (2016, ESTEC, Netherlands), **Smirnov E.**, *Mean-motion resonances identification: machine learning approach.*
- 4) CELMEC VII — The Seventh International Meeting on Celestial Mechanics (2017, Italy, Viterbo), **Smirnov E.**, *The machine-learning methods in the asteroids dynamics.*

4.2. Квалитет и утицај научних резултата

На основу податка индексне базе NASA Astrophysics Data System (ADS), публиковани радови др Евгенија Смирнова имају укупно 59 цитата у публикацијама са рецензијом, односно 47 хетероцитата без аутоцитата. На основу ADS базе, *H*-индекс др Евгенија Смирнова је 3. На основу податка индексне базе SCOPUS, публиковани радови имају укупно 64 цитата у публикацијама са рецензијом, односно 52 хетероцитата без аутоцитата. На основу SCOPUS базе, *H*-индекс др Евгенија Смирнова је 4. Укупан износ и структура *M* коефицијената задовољавају критеријуме за избор у научног сарадника.

Мишљење и препорука

Увидом у приложену документацију за избор у звање *научни сарадник*, као и личног познавања кандидата, Комисија је дошла до следећег закључка:

Др Евгениј Смирнов у потпуности испуњава све квантитативне и квалитативне критеријуме предвиђене Правилником о стицању истраживачких и научних звања, за избор у тражено звање. Током рада на докторској дисертацији остварио је оригиналне научне резултате које је објавио у међународним часописима и саопштио на већем броју конференција. Према томе, препоручујемо Научном већу Астрономске опсерваторије да усвоји ово мишљење и донесе одлуку о прихватању предлога за ИЗБОР др Евгенија Смирнова у звање НАУЧНИ САРАДНИК.

У Београду, _____ године.

Чланови Комисије:

.....
И. Тодоровић

др Наташа Тодоровић, виши научни сарадник
Астрономска опсерваторија
председник Комисије

.....
Бојан Новаковић

др Бојан Новаковић, доцент,
Математички факултет, Универзитет у Београду

.....
Ивана Милић Житник

др Ивана Милић Житник, научни сарадник
Астрономска опсерваторија