

АСТРОНОМСКА ОПСЕРВАТОРИЈА КАО ИЗВОРИШТЕ БРЗИХ СВЕМИРСКИХ РУТА

НАТАША ТОДОРОВИЋ

Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11060 Београд, Србија

E-mail: ntodorovic@aob.rs

Резиме: Крајем 2020. године у америчком часопису *Science Advances* објављен је чланак под називом «The arches of chaos in the Solar System», у коме је приказана фина структура хаоса који настаје услед гравитационих интеракција између Сунца и планета, а која раније није била позната научној јавности. Истовремено, ове структуре предствљају изворе врло брзих транспортних рута, својеврсних «гравитационих коридора» кроз Сунчев систем. Користећи ове руте могли бисмо да објаснимо порекло и необично понашање појединих комета. Такође, оне би могле бити искоришћене за кретање вештачких летелица, које би дуж њих могле достићи неслушене брзине. С обзиром да су ове структуре иницијално откривене још 2017. године на Астрономској опсерваторији у Београду, најпре ће бити описан начин на који су добијени први резултати, а затим и почеци сарадње са коауторима из Сједињених Америчких Држава. Биће описано и како је изгледао дуг и мукотрпан пут до публиковања рада. Осврнућемо се на одјек који је овај чланак имао у домаћој и светској јавности.

Кључне речи: Сунчев систем, хаос, брзи транспорт, инваријантне многострукости

1. УВОД

Крајем новембра 2020. године амерички часопис *Science Advances* кога издаје Америчка асоцијација за унапређење науке¹, објавио је чланак под називом «*The arches of chaos in the Solar System*»² (Todorović et al 2020). У овом чланку је дат приказ раније непознате структура хаоса у Сунчевом систему, која се пројавила као низ правилних лукова који се надовезују један на други (слика 1). Показано је да ове структуре настају у близини планета, и

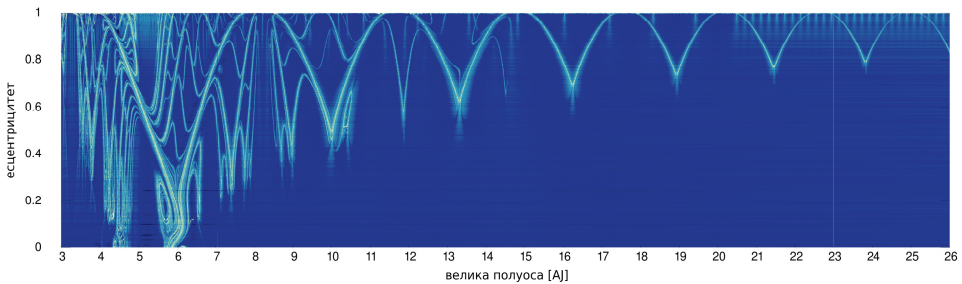
¹ American Association for the Advancement of Science (<https://www.aaas.org/>).

² Превод овог наслова на српски је «Лукови хаоса у Сунчевом систему».

да се протежу све до спољних граница Сунчевог система. Истовремено, оне су и извориште брзих рута кроз међупланетарни простор, те је њима могуће објаснити необичну природу појединих комета које изненада долазе у унутрашњост Сунчевог система³, а потом се враћају у спољашњи. Такође, оне би могле бити искоришћене у будућности за бржу и лакшу навигацију свемирских летелица.

Поменути чланак је потписала др Наташа Тодоровић са Астрономске опсерваторије у Београду, са још два коаутора из Сједињених Америчких Држава (САД) са Калифорнијског универзитета у Сан Дијегу⁴, а то су Ди Ву, студент докторских студија пореклом из Кине, и др Арон Џ. Розенгрин. Портрети аутора чланка приказани су на слици 2.

Процес добијања и објављивања резултата био је дуг и мукотрпан, али је на крају овог процеса уредништво часописа *Science Advances* ипак означило чланак као истакнути резултат за тај број, а слику из рада одабрало за насловну страну те публикације (снимак екрана насловне стране приказан је на слици 3).



Слика 1: Лучна структура хаоса којом је обухваћена област од 3 до 26 АЈ. Форме означене светло плавом бојом, настале су гравитационом интеракцијом између Сунца и Јупитера, тако што се у току једне револуције Јупитера генерише један лук. Овакве форме представљају места са којих мала тела попут астероида, комета (или евентуално летелица у будућности), могу бити екстремно брзо транспортовани. Слика је добијена тако што је за неколико милиона ‘измишљених астероида’ равномерно распоређених у области слике израчуната стабилност.

Чланак је након објављивања имао велики одјек у широј јавности, неретко уз примесе сензационализма, а поједини медији прогласили овај резултат за научно откриће године.

³ Унутрашњи Сунчев систем је област између Сунца и путање Јупитера.

⁴ Треба напоменути да су сва истраживања која су урадили Ву и Розенгрин вршена на Универзитету у Аризони. Месец дана пре него што је рад публикован, ова два коаутора су прешла на Калифорнијски Универзитет у Сан Дијегу, што је остало као званична афилијација у чланку.

2. КАКО СУ ОТКРИВЕНЕ БРЗЕ РУТЕ У СУНЧЕВОМ СИСТЕМУ

Иако се чини да је сила гравитације позната и општеприхваћена, њено деловање у систему са два или више масивних тела и даље је нејасно. Због тога је кретање у Сунчевом систему, где поред Сунца и осам планета има и небројено много малих тела, највећим делом непознато и хаотично. У математичком смислу, то би значило да не знамо једначине којима би се кретање у целости решило. У динамичком смислу, то би значило да астероиди и друга мала тела попут вештачких летелица, не могу дуго да бораве у хаотичним областима, јер бивају одвучени у правцу који најчешће није могуће предвидети.

Овде нећемо улазити у математичке детаље ове проблематике, али ћемо рећи да се у небеској механици обично користе поједностављени модели Сунчевог система, у којима се само једна планета крће око Сунца. Али и тако упрошћени, ови модели нису решиви у целости. Новом генерацијом моћних рачунара, отворена је могућност да у великим компјутерским симулацијама настану нова решења, а једно од њих је изложено у овом раду.

Истраживање које описујемо започела је Наташа Тодоровић на Астрономској опсерваторији у Београду 2017. године. Област која је иницијално одабрана, била је област Јупитерових Тројанаца, на око 5.2 астрономске јединице [АЈ]. Ову популацију чини група астероида која се налази на око 60 степени испред планете Јупитер, у близини Лагранжеве тачке L4. Првобитни циљ је био да се ова област мапира, то јест слика и испита њена стабилност, што би се постигло нумеричком интеграцијом великог броја орбита у датом домену. Претходно су истом методологијом мапиране две области: астероидна фамилија Палас (Todorović and Novaković 2015), а затим и 5:2 резонанца у средњем кретању са Јупитером⁵ (Todorović 2018). У првом случају, мапе су настале за времена од 50 000 до 200 000 година. У другом случају, за 5:2 резонанцу, то време је било скраћено на свега 5000 година, чиме је омогућена детекција структура унутар хаоса у 5:2 резонанци. Та структура заправо је сачињена од тзв. *инваријантних многострукости (ИМ)*, својеврсних "градивних компоненти" хаоса. Њихово постојање предвидео је француски математичар Анри Поенкаре пре више од 100 година, а у току последње две деценије оне су детектоване и нумерички, али само у јако малим околинама резонанци. Укратко, инваријантне многострукости су врло сложене енергетске површи које 'извиру' из нестабилних тачака у резонанцама, а њиховим преплитањем настаје хаос.

С обзиром да је 1:1 резонанца, у којој се Тројанци налазе, хаотичнија од резонанце 5:2, претпоставка је била, да оптимално време мапирања ове области, мора бити краће од 5000 година. Тада се појавила идеја да би требало скраћивати време, све док се не 'ухвате' *први трагови* хаоса (тј.

⁵ Резонанца 5:2 је место где астероид направи пет обилазака око Сунца, док Јупитер за то време направи два обиласка.

трагови ИМ). Претпоставка је била руковођена логиком да, што је хаос јачи, то је потребно време за његову детекцију краће. Показало се да је то најкраће време износило свега 100 година. На космичким скалама то је мање од једног тренутка.

Новодобијена мапа од 100 година пројавила је непознате структуре најразличитијих облика (видљиве су на слици 1, с тим што је тада била сликана само област око 5.2 АЈ). Мапа је потом проширивана део по део, да би у неком тренутку обухватила област између 1 и 7 АЈ, где су се јасно оцртавале познате резонанце као својеврсни доказ да мапа даје тачне резултате, али и мистериозне структуре на којима је хаос био вишеструко јачи него у резонанцама. Најдоминантнија структура имала је облик латиничног слова V, које се протезало на целе 4 АЈ (на слици 1 се оно види између 3 и 7 АЈ). Претпоставка је била та, да се и овде највероватније ради о ИМ. Зашто се оне протежу на тако огромном простору и из које локације извиру, то није било познато.

Овај прелиминарни резултат био је изложен на XVIII Српској астрономској конференцији у Београду 2017. године под насловом «*The fine structure of chaos in the Solar System*»⁶. Као исувише непознат и без праве научне интерпретације, резултат је остављен по страни, а наредне две године Н. Тодоровић је провела радећи на изложби «*Астероиди, мали камени светови*», о којој је било речи на претходној конференцији *Развој астрономије код Срба* (Тодоровић 2019).

3. УКЉУЧИВАЊЕ САРАДНИКА И ПРОШИРИВАЊЕ РЕЗУЛТАТА

Почетком 2019. године, по завршетку изложбе о астероидима, настављено је истраживање непознатих структура у Сунчевом систему⁷. Наредни експеримент је показао да тест објекти (измишљени астероиди) постављени на ове структуре, могу да напусте Сунчев систем за свега 12 година! Још једно изненађење. Имајмо у виду да су се у претходним истраживањима, времена за које би неко тело природно могло да напусти Сунчев систем, мерила милионима година. Стога је овај радикално другачији резултат захтевао озбиљну и систематску проверу. У њу се најпре упустио Виктор Радовић са Математичког факултета у Београду. Користећи

⁶ Превод наслова на српски је «Фина структура хаоса у Сунчевом систему».

⁷ Овде се десила једна неповољна околност. Наиме суперрачунар «Ферми» на коме је вршен рачун, је због несугласица око расподеле просторија на опсерваторији, 2018. године премештен на институт у Винчи, где је опет због одређених несугласица био ван функције преко две године. За рачун који је на Фермију трајао пар сати, на десктоп рачунару трајао је око десет дана, што је значајно отежало и успорило рад Н. Тодоровић.

исте објекте (измишљене астероиде), сличне параметре, и други програмски пакет, добио је сличне, али не и идентичне резултате.

Средином 2019. године Н. Тодоровић се обратила др Арону Розенгрину, који је тада био ангажован као професор на Универзитету у Таксону у Аризони. Розенгрин се у својим истраживањима такође бавио мапирањем (али области у близини Земље), био је неко коме је енглески језик матерњи, а уз то и надарен за писање, због чега је Н. Тодоровић сматрала да би он могао бити од помоћи у писању чланка. Међутим, Розенгрин, скептичан према овом резултату, није одмах прихватио позив. Гледање у Сунчев систем за време од свега 100 година и напуштање истог за 12 година, чинило се као бесмислица. Користећи све расположиве методе, у проверу резултата се, поред Розенгринина укључио и његов студент Ди Ву. Резултати су потврђени, али је сумња и даље била присутна.

Розенгрин се обратио многим познаницима, међу којима је било и знаменитих астронома, но сви су били скептични по питању овако рапидних брзина природног транспорта у свемиру. Сумњу је коначно разбио еминентни грчки астроном, Христос Ефтимиопулос, који је одмах препознао да се ради о могућим *стабилним ИМ* које извиру из Лагранжевих тачака Јупитера L1 и L2. Уз то, он је дао и одговарајућу литературу, како би се ИМ боље могле разумети у контексту актуелних истраживања. Установљено је да су почетком 2000тих година, ИМ већ биле препознате као могуће руте за интерпланетарни транспорт, али су због своје сложености оне лоциране само у малој околини Јупитера. Оно што нико није могао да очекује, је да се оне протежу до самих граница Сунчевог система, и да као такве имају кључну улогу у транспорту комета.



Слика2: Аутори чланка «Лукови хаоса у Сунчевом систему, Наташа Тодоровић (лево), Ди Ву (у средини) и Арон Розенгрин (десно).

Динамичка мапа је накнадно проширена до чак 30 АЈ (део од 3 до 26 АЈ приказан је на слици 1). Ту је „диновско слово V“ добило свој продужетак у виду великог лука, да би се као низ лучних форми протегло све даље и даље до иза планете Нептун. Показано је и да свака планета генерише своје лучне форме, које ношене планетом са које потичу орбитирају око Сунца. Највеће

лукове производи најмасивнија планета Јупитер, с тим да у току једне револуције планете, настаје један лук. На примеру неколицине комета са хаотичним путањама показано је да и комете леже на сличним структурама као на слици 1.

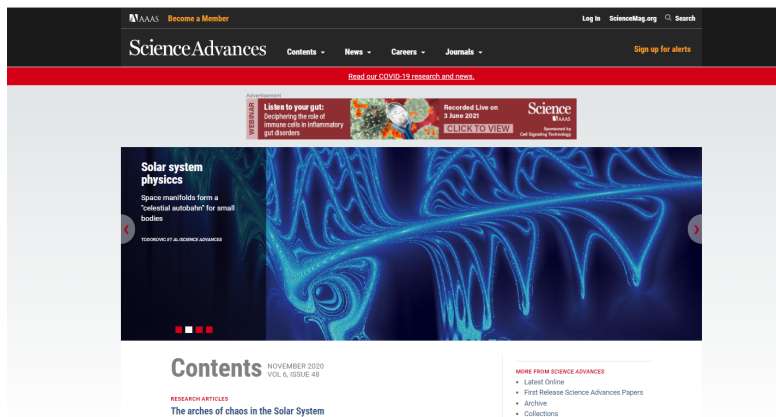
Овде би аутор желео да истакне чињеницу да се ни Розенгрин ни Ву претходно нису срели са ИМ. Заинтигирани резултатима, за кратко време савладали су методологију којом се оне детектују, и изучили литературу о њима. Др Ефтимиопулос, је услед немогућности да математички докаже да је извор ових многострукости у Јупитеровим Лагранжевим тачкама L1 и L2, повукао ауторство, мада је његов допринос за интерпретацију и разумевање резултата био значајан.

4. ПРОЦЕС ПУБЛИКОВАЊА

Чланак «The arches of chaos in the Solar System» је најпре послат у реномирани часопис *Nature*, на православни Божић, 7. јануара 2020. године. Необично је било то да је у тренутку слања, Тодоровић остала без интернета. У тим тренуцима Розенгрин био у авиону, те је он покренуо процес слања у току лета, да би рад био послат са аеродрома. Уредник је убрзо јавио да постоји интересовање да чланак буде објављен и да је прошао у 8% од укупног броја послатих радова, који се уопште разматрају за публикавање. Рад је након два месеца и три рецензије ипак одбијен. Два рецензента су се изјаснила против, јер није било математичког доказа о пореклу структура, док је трећи био за објављивање без икаквих корекција.

Након мањих модификација, чланак је послат у други реномирани журнал *Science*, али је 'због попуњености' њиховог садржаја убрзо одбијен. Ту се потврдило да је тешко ако не и немогуће објавити чланак у реномираном часопису, ако аутори нису реномирани. То је показала и једна студија објављена управо у једном од ових часописа (Callier 2018).

У трећем покушају, у јуну 2020, чланак је послат у *Science Advances*, нешто мање реномиран бочни огранак часописа *Science*, и ту прошао у наредни круг за рецензију. И овде је један од рецензента тражио експлицитан математички доказ да се заиста ради о многострукостима Лагранжевих тачака Јупитера, или да аутори бар дају образложење зашто такав доказ не постоји. Аутори су илустровали да је проблем изузетно сложен и да је ван домена познате математике. Рад је коначно прихваћен на јесен 2020, али уз ембарго на резултате до тренутка објављивања, тј. није било дозвољено нигде у јавности (на конференцијама, семинарима и сл.), поменути ниједан од изложених резултата. Чланак је коначно угледао светлост дана 25. новембра 2020. године у 14 часова по источно-америчком времену, и при том одабран за насловну страну као истакнути резултат за тај број (слика 3).



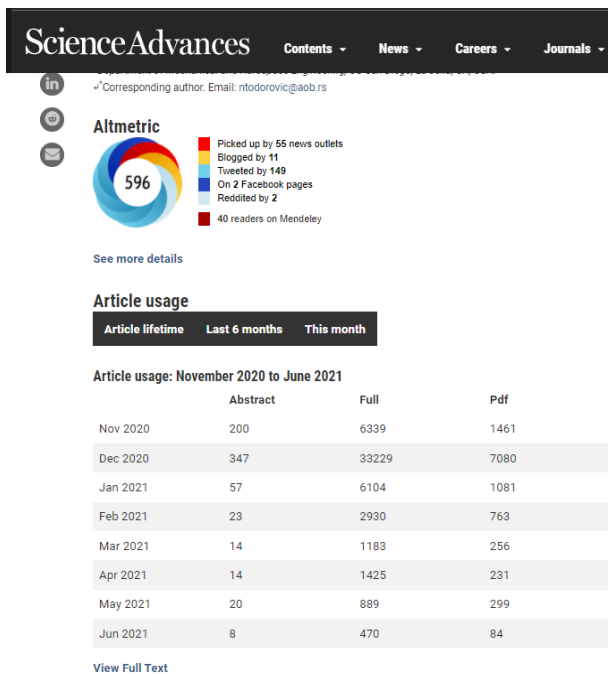
Слика 3: Снимак насловне стране часописа *Science Advances*, на којој је рад «*The arches of chaos in the Solar System*», приказан као истакнути резултат за тај број.

5. МЕДИЈСКИ ЖИВОТ

Свега два дана након објаве чланка, у интернет магазину «*Physics world*» («*Свет физике*»)⁸, резултат о лучним структурама хаоса проглашен је за научно откриће године. Потом је Универзитет у Калифорнији на свом интернет порталу објавио краћи текст о овом открићу⁹. Тек након овог текста, резултат добио већи публицитет. Уследили су бројни интервјуи, и небројени позиви и поруке ауторима са најразличитијих страна света. На слици 4 је приказ са интернет странице *Science Advances*, где су дате статистике о читаности и другим објавама чланка «*The arches of chaos in the Solar System*». Судећи по овим подацима, чланак је у јуну 2021 имао преко 50 000 читања и више од 11 000 преузимања.

⁸ <https://physicsworld.com/a/arches-of-chaos-in-the-solar-system-luxury-watch-has-bits-of-stephen-hawkings-desk/>

⁹ Можда је управо из тог разлога већи број објава у свету ово откриће у целости приписало научницима са Калифорнијског универзитета, прећутавши име Н. Тодоровић, Астрономске опсерваторије и Србије. Ту се највише истакао извесни Рајан Морисон (Ryan Morrison), новинар британског листа Дејли Мејл, који је након интервјуа са ауторима, објавио текст који је имао преко 57 000 дељења (на-слов текста је у табели 1 наведен под редним бројем 44), а у коме нису поменути ни српски ни кинески аутор. Одговоре на његова питања које је дала Н. Тодоровић, приписао је Розенгрину (што је и за самог Розенгрину било изненађујуће и непријатно искуство).



Слика 4: Приказ преузет са интернет странице *Science Advances*, где су дате статистике о чланку «*The arches of chaos in the Solar System*». У периоду од новембра 2020. до јуна 2021. чланак је прочитан 52 569 пута (збир бројева у трећој колони табеле), и имао је укупно 11255 преузимања (збир бројева у четвртој колони). У горњем делу слике приказане су бројке о медијским објавама на ову тему.

Резултат је имао 149 објава на друштвеној мрежи Твитер, а забележено је и близу 70 објава на различитим медијским порталима широм света. Списак тих објава наводимо у *Табели 1*, с тим да су прве 62 објаве преузете са интернет странице часописа¹⁰. Објаве 63-68, нису наведене на поменутој интернет адреси, него су добијене из других извора (лична комуникација са новинарима или са познаницима). Приметимо да се на поменутој интернет страници (коју највероватније генерише алгоритам) налазе само објаве из земаља: САД, Велика Британија, Бразил, Француска, Индија, Јапан, Катар, Шпанија, Португал, Немачка, Русија, Колумбија. Објаве са наших простора, нису видљиве на овом линку, па ћемо њих навести засебно у наредном делу текста.

¹⁰ То је линк који се отвара кликом на црвени квадратић на слици 4.
<https://scienceadvances.altmetric.com/details/94929459/news>

Табела 1: Листа иностраних медијских објава о чланку «*The arches of chaos in the Solar System*». Прве 62 објаве преузете су са интернет странице часописа *Science Advances*, а референце на објаве од броја 63 до 68 добијене су из других извора.

	Медијски портал, наслов чланка и датум објаве	Земља
1.	Olhar Digital, Pesquisadores mapeiam “autoestradas” do Sistema Solar, 08 Feb 2021	Бразил
2.	Madrid, Astrónomos descubren una nueva ruta para salir del sistema solar, 08 Jan 2021	Шпанија
3.	Futura-Sciences, Découverte d'autoroutes interplanétaires pour les sondes spatiales, 01 Jan 2021	Француска
4.	Aljazeera, اكتشاف شبكة من الطرق السريعة للتنقل داخل المجموعة الشمسية, Aljazeera, 22 Dec 2020	Катар
5.	Post Online Media, New superhighway system discovered in Solar System, 22 Dec 2020, Croatia	САД Хрватска
6.	Times of India, Ultra-Fast Space Travel Possible After Scientists Discover Hidden Super-Highways, 18 Dec 2020	Индија
7.	Sciences et Avenir, Un réseau d"autoroutes interplanétaires" mis en évidence dans notre Système solaire, 17 December 2020	Француска
8.	Canaltech, "Atalhos espaciais" poderiam ajudar naves a irem mais longe em menos tempo, 16 Dec 2020	Бразил
9.	Futura-Sciences, Le chaos produit des autoroutes pour les sondes dans le Système solaire, 16 Dec 2020	Француска
10.	Salon, A newfound "celestial autobahn" could lead to faster space travel in the future, 16 Dec 2020 By NICOLE KARLIS	САД
11.	News story from 20minutes on Tuesday 15 December 2020	Швајцарска
12.	Gigazine, 惑星の重力を利用して物体を高速移動させる「宇宙空間のスーパーハイウェイ」が発見される, 15 Dec 2020	Јапан
13.	News Week Japan, 太陽系を高速で移動できる「天体の高速道路」が発見される, 15 Dec 2020	Јапан
14.	NewsBeezer, Astronomers find cosmic “highways” NewsBeezer, 14 Dec 2020 (News)	САД
15.	SlashGear, Scientists discover a superhighway network to travel the solar system, 14 Dec 2020	САД
16.	Digital Journal Essential Science: Solar System’s first superhighway mapped out, 14 Dec 2020	Глобални медиј
17.	Dailyhunt, Astronomers Discover Unique 'cosmic Superhighways' Through Jupiter to Neptune, 14 Dec 2020	Индија
18.	Republic, Astronomers discover unique 'cosmic superhighways' through Jupiter to Neptune, 14 Dec 2020	Индија
19.	Engadget Japan, 太陽系を高速移動できる「宇宙ハイウェイ」を研究	Јапан

- 者が発見。探査機の燃料節約にも応用可能, 13 Dec 2020
20. Scinexx "Super-Highways" durchs Sonnensystem - Schwerkraft-Resonanzen erzeugen bogenförmige Schnell-Routen für Asteroiden und Raumsonden, 13 Dec 2020 Немачка
 21. Syfy Wire, Go Space Truckin' On This Newly Paved Celestial Superhighway, 13 Dec 2020 САД
 22. Pplware, Astrónomos descobrem uma nova “estrada” de saída do sistema solar, 13 Dec 2020 Португал
 23. MSN Astronomers Just Found Cosmic 'Superhighways' For Fast Travel Through The Solar System, 13 Dec 2020 Латинска Америка
 24. LabRoots, Superhighways in Space Enable Super Fast Travel Between Planets, 13 Dec 2020 САД
 25. ABC de sevilla, Astrónomos descubren una nueva ruta para salir del sistema solar, 13 Dec 2020 Шпанија
 26. La Voz Digital Astrónomos descubren una nueva ruta para salir del sistema solar, 13 Dec 2020 Шпанија
 27. ABC.es Astrónomos descubren una nueva ruta para salir del sistema solar, 13 Dec 2020 Шпанија
 28. Newser, Astronomers: There's a Space 'Superhighway' Newser, 12 Dec 2020 САД
 29. Scitech Daily, Arches of Chaos: New Superhighway Network Discovered to Travel Through the Solar System Much Faster, 12 Dec 2020 САД
 30. Newsland, В Солнечной системе обнаружены скоростные магистрали, 12 Dec 2020 Русија
 31. AlKhaleej Today, Celestial highways: discover new routes to travel faster through the solar system, 12 Dec 2020 Колумбија
 32. AlKhaleej Today, Discovering a “celestial highway” that can accelerate travel through our solar..., 11 Dec 2020 Колумбија
 33. Sputnik News, Descubren una red de superautopistas espaciales para viajar a través del Sistema Solar Sputnik News, 11 Dec 2020 Спутњик на шпанском
 34. Sign of the Times, New super highway network discovered in the Solar System, 11 Dec 2020 САД
 35. News story from The Express on Friday 11 December 2020 Уједињено Краљевство
 36. Kopalnia Wiedzy Nowe kosmiczne superautostrady mogą znacznie skrócić czas podróży w Układzie Słonecznym, 11 Dec 2020 Пољска
 37. ZAP Descuberta uma "autoestrada" cósmica no Sistema Solar, 11 Dec 2020 Португал
 38. Science Alert, Astronomers Just Found Cosmic 'Superhighways' For Fast Travel Through The Solar System, 11 Dec 2020 САД
 39. RT Network, Descubren una "autopista celestial" que podría acelerar drásticamente los viajes espaciales, 11 Dec 2020 RT на шпанском

ИЗВОРИШТЕ БРЗИХ СВЕМИРСКИХ РУТА

- | | |
|---|----------------------|
| 40. Express Informer, New gravitational 'superhighway' system is discovered in the Solar System, 10 Dec 2020 | глобални |
| 41. Big Think, Fast superhighway through the Solar System discovered, 10 Dec 2020 | САД |
| 42. MSN Un réseau d'autoroutes interplanétaires découvert, 10 Dec 2020 | Канада |
| 43. ICI.Radio-Canada.ca Un réseau d'autoroutes interplanétaires découvert dans le système solaire, 10 Dec 2020 | Канада |
| 44. Daily Mail, New gravitational 'superhighway' is discovered in the Solar System that could make interplanetary spaceflight much faster than was previously thought possible on Thursday 10 December 2020 | Уједињено Краљевство |
| 45. RT Network Astronomers discover 'celestial highway' that could rapidly speed up travel through our Solar System, 10 Dec 2020 | РТ на енглеском |
| 46. Muy Interesante, Descubren un sistema de autopistas cósmicas en nuestro sistema solar, 10 Dec 2020 | Шпанија |
| 47. La Opinión Málaga, Superautopistas cósmicas permitirán recorrer el Sistema Solar en tiempo récord, 10 Dec 2020 | Шпанија |
| 48. Space Daily, Researchers discover a new superhighway system in the Solar System, 10 Dec 2020 | САД |
| 49. Eurasia Review, News story from Eurasia Review on Thursday 10 December 2020 | Арапске земље |
| 50. Sci-News, Astronomers Discover New 'Celestial Autobahn' in Solar System, 09 Dec 2020 | САД |
| 51. 7th Space Family Portal, Researchers discover a new superhighway system in the Solar System, 09 Dec 2020 | САД |
| 52. ScienMag, Researchers discover a new superhighway system in the Solar System, 09 Dec 2020 | САД |
| 53. Phys.org, Accessing the arches of chaos in the solar system for fast transport Phys.org, 09 Dec 2020 | Уједињено Краљевство |
| 54. Newswise, Researchers discover a new superhighway system in the Solar System, 09 Dec 2020 | САД |
| 55. Nanowerk, Researchers discover a new superhighway system in the Solar System, 09 Dec 2020 | САД |
| 56. Sciencenewsnet.in Researchers discover a new superhighway system in the Solar System, 09 Dec 2020 | Индија |
| 57. EurekAlert! Researchers discover a new superhighway system in the Solar System, 09 Dec 2020 | САД |
| 58. physicsworld, Arches of chaos in the solar system, luxury watch has bits of Stephen Hawking's desk, 27 Nov 2020 | Уједињено Краљевство |
| 59. Revue de presse, décembre 2020 Images des mathématiques, 01 Jan 2021 | Француска |
| 60. Brinkwire, Arches of Chaos: New Superhighway Network Discovered to Travel Through the Solar System Much Faster, 12 Dec 2020 | Уједињено Краљевство |
| 61. Tech Explorist, A new superhighway network to travel through the Solar | Непознато |

- System, 12 Dec 2020
- | | |
|--|-------------------------------|
| 62. Science Bulletin, New superhighway system discovered in the Solar System, 16 Dec 2020 | САД |
| 63. Metro World News, Gravitational ‘superhighways’ could make star travel faster, Јануар 2021 by Daniel Garcia Casillas | Глобални
Бразил |
| 64. TO VIMA Science, Οι «λεωφόροι» του Διαστήματος, Κυριακή 17 Ιανουαρίου 2021, Panos Tsimboukis | Грчка |
| 65. BBC globo, A fascinante descoberta da rede de 'estradas celestiais' que poderia revolucionar viagens espaciais, 8 fevereiro 2021 | ВВС за
Латинску
Америку |
| 66. Cool, 太空 INTO SAPCE太阳系搭车指南
太空中存在着神秘的通道,在这些通道里飞船可以不用燃料,缓慢地飞向遥远的外星。
文 甄晓晖
插图 郝鹏飞 | Кина |
| 67. Ilha do Conhecimento, Rede de “estradas celestiais” no espaço é revelada, 12 Feb 2021 | Бразил |
| 68. I love the universe, Astronomers Just Discovered Cosmic ‘Superhighways’ - for Fast Travel Through the Solar system, Dec 2020 | |
-

И у Србији је вест о овом резултату објављена на бројним порталима. Овде наводимо само оне текстове који су настали из комуникације са аутором Н. Тодоровић, јер су остали портали углавном преузимали готове текстове. Наводимо их хронолошки по реду појављивања, а одговарајући линкови на објаве дати су у фуснотама.

Први српски медиј који је пренео ову вест био је дневни лист *Еспресо*, који је 14. децембра 2020 на свом интернет порталу објавио је чланак „СРПСКА НАУЧНИЦА ОТКРИЛА АУТО-ПУТ КРОЗ СУНЧЕВ СИСТЕМ: Наташа Тодоровић за *Еспресо* о свом открићу“¹¹. Чланак је написао уредник *Еспреса*, Игор Ђузовић. Два дана касније, 16. децембра 2020, интернет портал за српску дијаспору *Сербиан тајмс*, објавио је чланак „НАУЧНО ОТКРИЋЕ ГОДИНЕ: Српкиња открила мрежу ‘ауто-путева’ кроз Сунчев систем!“¹². Дневни лист *Блиц* је у интернет издању из 18. децембра 2020, објавио чланак „О овом открићу прича свет, а потекло је из Астрономске опсерваторије у Београду: Наташа је открила АУТОПУТ КРОЗ СУНЧЕВ СИСТЕМ“¹³, аутор чланка је била Јована Кузминац. Наредене недеље, 20. децембра 2020, су два водећа дневна

¹¹ <https://www.espresso.co.rs/vesti/drustvo/683081/nasa-naucnica-otkrila-auto-put-kroz-suncev-sistem-natasa-todorovic-za-espresso-o-svom-otkricu>

¹² (<https://serbiantimes.info/naucno-otkrice-godine-srpkinja-otkrila-mrezu-auto-puteva-kroz-suncev-sistem-foto/>)

¹³ <https://www.blic.rs/slobodno-vreme/o-ovom-otkricu-prica-svet-a-poteklo-je-iz-astronomске-opservatorije-u-beogradu-natasa/gjrs22v>

листа у Србији, *Политика* и *Вечерње Новости*, објавили чланке и у штампаном и у интернет издању. На деветој страни *Политике*, из пера Димитрија Буквића изашао је чланак „Свемирски ауто-пут као галактичка прециза“¹⁴. *Вечерње новости* су ову вест објавиле на насловној страни уз текст „СРПКИЊА ОТКРИЛА АУТО-ПУТ КРОЗ СВЕМИР! О раду др Наташе Тодоровић брује светски научници; до најдаљих планета за 10 година“, а на страни 10 и 11 овог издања објављен је и опширан интервју са Н. Тодоровић, аутора Бранке Борисављевић.¹⁵ Сенка Милош је на интернет порталу *Спутњик*, 23. децембра 2020, објавила чланак сличног наслова, „Спектакуларно светско откриће српске научнице: Мрежа брзих „ауто-путева“ кроз свемир“¹⁶, који је по речима ове новинарке, имао рекордну читаност мерену десетинама хиљада кликова. *Астрономски часопис „Планета“*, посветио је цео број првог тромесечја у 2021. години малим телима Сунчевог система. У овом броју је на странама 18 и 19 објављен опширан текст концизног наслова „Лукови хаоса“, а аутор текста је била Дубравка Матић.

Овде ћемо се кратко осврнути и на реакције читалаца поменутих листова. Поред оптимистичних прогноза о будућим свемирским путовањима, стручних и мање стручних мишљења, у коментарима се пројавило много радости, честитки, и једна врста националног поноса. Са друге стране, овакви наслови су код неких читалаца изазвали дозу неверице, а често и подсмеха, те су збијане шале, углавном на тему путарине за „свемирске ауто-путеве“.

У даљем тексту наводимо емисије снимљене на ову тему, које су емитоване на радију, телевизији и на јутјубу. Наташа Тодоровић је поводом свог открића 24. 12. 2020. гостовала у јутарњем програму телевизије „К1“, у емисији „Уранак“. Истог дана Н. Тодоровић је имала укључење у „Радио Београд 1“. На телевизији „Нова С“, такође у јутарњем програму, Тодоровић је гостовала 27. 12. 2020. Телевизија „БН“ је средином марта 2020 емитовала десетоминутни прилог на ову тему. Регионална телевизија „Ал Цазира“ је 1. 1. 2020. емитовала разговор са Н. Тодоровић и са још два госта, о најзначајнијим достигнућима са ових простора у 2020. Нешто касније, 19. јануара 2021, Н. Тодоровић је разговарала са Сузаном Манчић у њеној ауторској емисији „Сузанин избор“. Научна телевизија „Браинз“ је у јануару 2020. на Астрономској опсерваторији снимила разговор са Н. Тодоровић, у коме је детаљније описан резултат. Из овог разговора настала је једночасовна емисија која је емитована у јуну исте године уз више реприза.

На интернет простору, поменућемо гостовање А. Ц. Розенгрини и Д. Вуа 21.1.2021. у емисији „*Weekly Space Hangout*“ на каналу „*Universe Today*“,

¹⁴ <https://www.politika.rs/scc/clanak/469337/Sveirski-auto-put-kao-galakticka-preciza>

¹⁵ <https://www.novosti.rs/c/vesti/reportaze/946726/srpkinja-otkrila-auto-put-kroz-sveir-radu-natase-todorovic-bruje-svetski-naucnici-najdaljih-planeta-10-godina>

¹⁶ <https://sptnkne.ws/EJX5>

који има преко 300.000 пратилаца, као и подкаст Колемана Луца (Kolemann Lutz) у коме је 29. марта 2021. гостовао Розенгрин. Издвојили бисмо и емисију емитовану 28.12.2020, на популарном научном јутјуб каналу Антона Петрова. Емисија посвећена новооткривеним свемирским многострукостима „*Space Manifolds In the Solar System Create Gravity Superhighways*“ је у тренутку писања ових редова забележила преко 183 000 прегледа.

Упркос чињеници да је резултат стекао велику популарност у широј јавности, морамо приметити да је научна јавност још увек резервисана према овом открићу. То у великој мери илуструје податак да за више од пола године, колико је прошло од објављивања, рад има само два цитата (што је мало имајући у виду број читања и преузимања рада). Оправдање би могло бити у томе да модерни приступ небеској механици стоји на темељима дугорочних времена која се мере стотинама хиљада и милиона година, те би овај резултат који третира Сунчев систем у времену које се мери деценијама, могао оповргнути бројна досадашња истраживања. То што је рад први пут наведен у докторској дисертацији младог студента, могао би бити леп наговештај да ће долазећа генерација астронома имати више интересовања да унапреди и примени резултат о брзим рутама у свемиру. Леп наговештај који треба оправдати.

6. ЗАКЉУЧЦИ

У изложеном раду је описано откриће мреже брзих транспортних рута у Сунчевом систему, које је настало на Астрономској опсерваторији у Београду. Чланак насловљен са «*The arches of chaos in the Solar System*», прошао је кроз трновит пут, пре него што је објављен у америчком часопису *Science Advances*. Аутор би желео да потврди објаву поједних медија да се овде ради о једном од најзначајнијих открића у 2020. години. На свету можда не, али у животу Н. Тодоровић засигурно да.

Аутор би такође желео да се захвали др Милану Димитријевићу на позиву за учешће на конференцији *Развој астрономије код Срба*, као и на предложеној теми за излагање.

Литература

- Callier, V.: 2018, Yes, it is getting harder to publish in prestigious journals if you haven't already, *Science*, doi:10.1126/science.caredit.aaw3380.
- Todorović, N.: 2018, The dynamical connection between Phaethon and Pallas, *MNRAS*, **475(1)**, 601-604.
- Тодоровић, Н., Милић-Житник, И.: 2019, *Изложба "Астероиди, мали камени светови" њен повод, садржај и последице*, Зборник радова конференције "Развој астро-номије код Срба X (на српском).
- Todorović, N., Novaković, B.: 2015, Testing the FLI in the region of the Pallas asteroid family, *MNRAS*, **451(2)**, 1637-1648.
- Todorović, N., Wu, D., Rosengren, J. A.: 2020, The arches of chaos in the Solar System, *Science Advances*, **6(48)**, eabd1313.

THE ASTRONOMICAL OBSERVATORY AS A SOURCE OF SPACE HIGHWAYS

At the end of 2020, the American magazine *Science Advances* published an article entitled «*The arches of chaos in the Solar System*», illustrating the previously unknown structure of chaos caused by gravitational interactions between the Sun and the planets. At the same time, these structures are sources of very fast transport routes, a kind of "space highways". Using these routes, we could explain the origin and unusual behavior of certain comets. Also, they could potentially be used for spacecraft navigation, which could reach unimaginable speeds along them. Here we will first describe the way in which the first results were obtained at the Astronomical Observatory in Belgrade in 2017, how the collaboration with co-authors from the United States came about, and then the long and arduous journey of the paper before its publication. Finally, we will look at the repercussions that this article had in the domestic and world media.

Key words: Solar System, chaos, fast transport, invariant manifolds