

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/118



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-4004
Naslov projekta	Kvantni kaos v kaotičnih sistemih mešanega tipa
Vodja projekta	11337 Marko Robnik
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	10854
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	176 Center za uporabno matematiko in teoretično fiziko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1540 Univerza v Novi Gorici
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.02 Teoretična fizika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

V okviru projekta smo se osredotočili na dva glavna aspekta, ki sta se izkazala za zelo naporna. Namreč, proučevali smo časovno periodične sisteme, katerih paradigma je kvantni brncani rotor (KBR), katerega klasična dinamika je opisana s standardno preslikavo Čirikova, ter časovno neodvisne sisteme (avtonomne hamiltonske sisteme), katerih paradigma so dvodimenzionalni biljardni sistemi, za katere smo kot modelski sistem uporabili t.i. Robnikov

biljard (RB) pri $\lambda=0.15$. Oba sistema sta mešanega tipa (generična hamiltonska sistema), naš pristop in metoda pa sta splošna. Uporabili smo kombinacijo analitičnega matematičnega pristopa ter numeričnih računov lastnih stanj in energij (pri biljardih) oziroma kvazienergij (pri kvantnem brčanem rotorju). Naša glavna delovna hipoteza se je v celoti potrdila. Tako smo ugotovili naslednje. V KBR smo uporabili končno-dimenzionalni model Izrailova z dimenzijo matrik do 4000, izračunali lastna stanja ter analizirali njihovo eksponentno lokalizacijo. Potrdili smo potenčno odbijanje med sosednjimi (kvazienergijskimi) nivoji, porazdelitev med sosednjimi nivoji pa je odlično opisana z Brodyjevo porazdelitvijo, empirično bolje kakor s porazdelitvijo, ki jo je predlagal Izrailev. Potrdili smo tudi skalirne lastnosti: Brodyjev parameter je enolično določen z entropijskim parametrom stopnje lokalizacije, slednji pa je enolično določen z razmerjem lokalizacijske dolžine ter dimenzije matrik. Vendar se pri tem pojavijo nepričakovano velike fluktuacije, ki so posledica novega odkritja, da je namreč lokalizacijska dolžina (v prostoru kvantnega števila vrtilne količine) porazdeljena ne le pri končni dimenziji matrik, temveč celo v limiti neskončno dimenzionalnega KBR. Izpeljali smo tudi semiklasično formulo za oceno lokalizacijske dolžine za primer anomalne difuzije (vrtilne količine), ter podrobno analizirali vlogo akceleratorovskih regij v klasičnem faznem prostoru. V primeru biljarda (RB), ki je mešanega tipa, smo izračunali lastne energije visokoležečih lastnih stanj (milijon nad osnovnim stanjem), in uporabili Poincare-Husimijeve funkcije. S pomočjo le-teh smo lahko ločili regularna in kaotična stanja, ter naredili statistiko spektrov ločeno, in tako potrdili, da so regularna stanja opisana s Poissonovo statistiko, kaotična - ki so močno lokalizirana - pa z Brodyjevo porazdelitvijo. Te ugotovitve so statistično izjemno kakovostne in signifikantne, saj smo imeli v histogramu okoli 600000 lastnih energij, potrjujejo teorijo Berry-Robnika (1984). Nadalje smo uvedli mero za kvantno lokalizacijo kaotičnih stanj, namreč entropijsko A ter korelacijsko C , ki sta linearno sorazmerni in zato ekvivalentni, ter pokazali v analogiji s KBR, da je Brodyjev spektralni parameter enolično določen z A ali C .

ANG

Within the project we have focused on two main aspects, which turned out to be very tough. Namely, we have studied the time-periodic systems, whose paradigm is the quantum kicked rotator (QKR), whose classical dynamics is described by the standard map of Chirikov, and the time-independent systems (autonomous Hamilton systems), whose paradigm are 2D billiard systems, for which we have used as a model system the so-called Robnik billiard (RB) with $\lambda=0.15$. Both systems are of the mixed-type and our approach and the method are general. We have used a combination of analytic mathematical approach and the numerical calculations of the eigenstates and eigenenergies (in billiards) or quasienergies (in the quantum kicked rotator). Our working hypothesis has been fully confirmed. We reached the following conclusions. In the QKR we have used the finite-dimensional model of Izrailev with the dimension of the matrices up to 4000, calculated the eigenstates and analyzed their exponential localization. We have confirmed the power law level repulsion between the neighbouring (quasienergies) levels, and found that the distribution of the level spacings is excellently described by the Brody distribution, empirically better than the distribution proposed by Izrailev. We have confirmed the scaling properties: the Brody parameter is uniquely determined by the entropy measure of localization, the latter one being uniquely determined by the ratio of the localization length and the matrix dimension. However, we see here unexpected large fluctuations, which are the consequence of the new discovery, namely that the localization length (in the space of the angular momentum quantum number) is distributed not only in the case of the finite dimension of the matrices, but even in the limit of the infinite-dimensional QKR. We have derived a semiclassical formula for the estimation of the localization length in the case of anomalous diffusion (of the angular momentum), and analyzed in detail the role of the acceleration modes in the classical phase space. In the case of the billiards (RB) of the mixed type, we have calculated the eigenenergies of the high-lying eigenstates (one million above the ground states) and used the Poincare-Husimi functions. With the help of the latter ones we could separate the regular and chaotic eigenstates, and performed the statistics of the spectra separately, thus confirming, that the regular states obey the Poisson statistics, while the chaotic ones - which are strongly localized - by the Brody distribution. These findings are statistically of extremely high quality and significance, as we have in the histogram about 600000 eigenenergies and confirm the Berry-Robnik theory (1984). Furthermore, we have introduced the quantum localization measure of chaotic

eigenstates, namely the entropy localization measure A and the correlation measure C , which are linearly proportional to each other and thus equivalent, and have shown in analogy with the QKR, that the Brody spectral parameter is uniquely determined by A or C .

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Naše delo je bilo usmerjeno v razumevanje in analizo lokalizacijskih lastnosti kaotičnih lastnih stanj hamiltonskih sistemov mešanega tipa, to so sistemi, katerih klasični fazni prostor sestoji iz regularnih (stabilnih) območij ter kaotičnih območij. Pri tem moramo ločiti (I) časovno odvisne sisteme, namreč časovno periodične sisteme, oziroma t.i. Floquetove sisteme, ter (II) časovno neodvisne (avtonomne) sisteme. Paradigma prvih (I) je kvantni brncani rotor (KBR), drugih (II) pa dvodimenzionalni biljardni sistemi - specifično smo za naše študije uporabili pogosto in podrobno proučevani t.i. Robnikov biljard (Robnik 1983, 1984) (RB) pri parametru oblike $\lambda=0.15$, ko je približno 17.5% faznega prostora regularnega tipa. V prvem primeru (I) proučujemo lastna stanja Floquetovega operatorja ter spektralno statistiko kvazienergij, v drugem primeru pa lastna stanja kot rešitve stacionarne Schrödingerjeve enačbe ter spektralno statistiko pripadajočih lastnih energij. Naša osnovna znanstvena hipoteza, ki se je v celoti potrdila, je, da imajo sistemi (I) in (II) veliko skupnega kar se tiče lokalizacijskih lastnosti kaotičnih lastnih stanj. Namreč: v obeh primerih lahko uvedemo entropijsko mero stopnje lokalizacije kaotičnih lastnih stanj ter ugotovimo, da je porazdelitev razmikov med sosednjimi nivoji dobro opisana z Brodyjevo porazdelitvijo (bolje kakor s porazdelitvijo Izraileva), pri čemer je Brodyjev parameter (ki karakterizira odbijanje med sosednjimi nivoji, kot eksponent v potenci razmika) enolično določen z entropijsko lokalizacijsko mero. Podrobnosti teh raziskav so bile objavljene v seriji šestih glavnih spodaj navedenih obsežnih člankov (ter 4 konferenčnih prispevkov):

T. Manos and M. Robnik, Phys. Rev. E 87, 062905 (2013)
 B. Batistić and M. Robnik, J. Phys. A: Math. Theor. 46, 315102 (2013)
 B. Batistić and M. Robnik, Phys. Rev. E 88, 052913 (2013)
 B. Batistić, T. Manos and M. Robnik, Europhys. Lett. 102, 50008 (2013)
 T. Manos and M. Robnik, Phys. Rev. E 89, 022905 (2014)
 T. Manos and M. Robnik, Phys. Rev. E 90, (2015) submitted (arXiv 1501.05076)

Najprej smo proučevali KBR uporabljajoč N -dimenzionalni model Izrailova dimenzij N do 4000, in sicer za klasični parameter brncanja K v intervalu med 5 in 35, ter za številne vrednosti kvantnega parametra brncanja k v intervalu med 5 in 60. Podrobno smo si ogledali eksponentno lokalizacijo ter posplošili semiklasično oceno za lokalizacijsko dolžino l (v prostoru kvantnega števila vrtilne količine) tudi za posplošen primer anomalne klasične difuzije. Prevezli smo Izrailovovo entropijsko mero stopnje lokalizacije β , ter potrdili skalirno lastnost, kjer je β enolična funkcija skalirnega parametra $\Lambda=l/N$, in sicer za celo vrsto vrednosti K v režimu, ko je klasični fazni prostor v celoti kaotičen, tako da je velikost in vloga zelo majhnih regularnih območij - če sploh obstajajo - povsem zanemarljiva. Vendar, kljub veliki natančnosti ter statistični signifikanci števila objektov v naših ansamblih, opazimo še vedno precejšnje fluktuacije okoli skalirne krivulje. Le-te smo kasneje pojasnili v najnovjšem članku, kot je obrazloženo v spodaj navedenem nadaljevanju. Pokazali smo, da je porazdelitev razmikov med sosednjimi nivoji odlično opisana s porazdelitvijo Brodyja, opazno bolje kot s porazdelitvijo Izraileva. Brodyjev spektralni β parameter pa je enolično določen z entropijsko mero lokalizacije β . Ker se je izkazalo, da je kljub povsem kaotični naravi klasičnega brncanega rotorja (t.i. standardne preslikave, SP), difuzija vrtilne količine v klasičnem faznem prostoru pogosto lahko anomalna, smo se lotili temeljite analize le-te v SP za vrednosti K od $K=1$ pa vse do $K=70$, ter izračunali eksponent anomalne difuzije kakor tudi vrednost pripadajoče posplošene difuzijske konstante. Fazni prostor smo sistematično proučili tako s pomočjo metode GALI kakor tudi s pomočjo eksponenta anomalne difuzije, in ugotovili, da t.i. akceleratorna območja periode 1 za K večji od 2π ali pa tudi višje periode za manjše K , igrajo ključno vlogo za anomalno difuzijo, ki se seveda zrcali tudi v semiklasični

oceni za lokalizacijsko dolžino l . Struktura faznega prostora analizirana na ta dva načina je identična, pri čemer struktura določena z vrednostjo difuzijskega eksponenta vsebuje več informacije kot "pokrajina" GALI. Za porazdelitev impulza (vrtilne količine) vidimo, da bistveno odstopa od Gaussove, in je dobro opisana z Levy stabilno porazdelitvijo. Nadaljnja analiza KBR v Izrailovovi reprezentaciji je pokazala, da ima pri končnem N lokalizacijska dolžina porazdelitev l , ki je približno Gaussova z neničelno varianco. Ta porazdelitev je v tesni analogiji s porazdelitvijo končno časovnih Ljapunovih eksponentov, saj se v sliki Šepeljanskega problem lokalizacije prevede na problem Ljapunovih eksponentov določenega N -dimenzionalnega hamiltonskega problema. Vendar, naše presenetljivo in novo odkritje je, da ta porazdelitev ostaja Gaussova z neničelno varianco celo v limiti ko gre N proti neskončnosti (kar je limita eksaktnega KBR). Tukaj se torej poruši ekvivalentnost problema Andersonove lokalizacije v modelu tesne vezi (tight binding approximation) ter KBR. Slika Šepeljanskega namreč ni dovolj točna, ker v limiti N proti neskončnosti postanejo matrični elementi KBR zunaj diagonalega pasu pomembni, in jih ne moremo več zanemariti, kar pomeni, da končno-dimenzionalni hamiltonski sistem ni več dovolj dober opis sistema. Fluktuacije lokalizacijske dolžine l v skladu z Gaussovo porazdelitvijo so vzrok za velike fluktuacije v zgoraj navedenem skalirnem zakonu, in sklep je, da potrebujemo teoretično semiklasično izpeljavo porazdelitve lokalizacijske dolžine l in ne le njene povprečne vrednosti. Te ugotovitve štejem za izredno pomembne.

Za časovno neodvisne (avtonomne) sisteme smo razvili dokaj splošen pristop in metodo, ter vzeli kot model 2D biljarde, namreč t.i. Robnikov biljard pri $\lambda=0.15$. Pojasnili smo pomen klasičnih transportnih časov in napovedali, da kvantna ali dinamična lokalizacija nastopi, kadar je Heisenbergov čas krajši od vseh karakterističnih klasičnih transportnih časov. Ta trditev se je v celoti potrdila, ob podrobni analizi klasične dinamike. Pri biljardih z Dirichletovimi robnimi pogoji je ključna t.i. robna funkcija (boundary function), ki je normalni odvod valovne funkcije na robu, in enolično in v celoti določa valovno funkcijo v poljubni točki v notranjosti biljarda. Uvedli smo t.i. Poincare-Husimijevo porazdelitev, ki je kvadrat projekcije robne funkcije na koherentno stanje (s periodo obsega biljarda), in je torej po definiciji pozitivno definitna količina. Lahko je predstavljena tudi kot Gaussovo glajena Wignerjeva funkcija lastnega stanja. Zaradi pozitivnosti jo lahko obravnavamo kot kvaziverjetnostno porazdelitev. Zato jo lahko uporabimo za definicijo entropijske mere stopnje lokalizacije kaotičnih stanj. Predvsem pa lahko s pomočjo Poincare-Husimijeve funkcije za vsako lastno stanje odločimo, ali je regularno ali pa kaotično. Na ta način tudi ločimo pripadajoče lastne vrednosti energije, in ugotovimo z visoko stopnjo statistične signifikance, da regularni del spektra uboga Poissonovo statistiko, kaotični del pa Brodyjevo porazdelitev (daleč stran od GOE!), slednje prav zaradi kvantne oziroma dinamične lokalizacije. To je po preliminarnem poskusu (Li and Robnik 1996) prvi tako natančen ter statistično signifikanten postopek za ločitev regularnih in kaotičnih stanj in energijskih nivojev.

Nazadnje smo uspeli definirati dve lokalizacijski meri, uporabljajoč Poincare-Husimijeve porazdelitve: entropijsko mero A in korelacijsko mero C . Odkrili smo, da sta linearno sorazmerni in zato ekvivalentni. Pokazali smo tudi, da je Brodyjev beta parameter, ki določa porazdelitev razmikov med sosednjimi nivoji, enolično določen z lokalizacijsko mero A ali C . Vsa ta dognanja v celoti potrjujejo našo izhodiščno delovno hipotezo, in dokazujejo, da obstaja analogija med Floquetovimi in časovno neodvisnimi sistemi tudi glede analize kvantne lokalizacije.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Menimo, da smo dosegli glavne cilje raziskovalnega projekta, namreč temeljito analizirali kvantni brčani rotor, potrdili ter bistveno razširili in izboljšali rezultate Izraileva, ter v veliki meri sistematično raziskali vlogo akceleratorjskih območij v klasičnem faznem prostoru za anomalno difuzijo, ki ima posledice za kvantna stanja in njihovo lokalizacijo. Ko smo potrdili to sliko, smo raziskali avtonomne sisteme, namreč modelski biljardni sistem, uporabljajoč splošen pristop ter metodo, in našli vse značilnosti v analogiji s kvantnim brčanim rotorjem. Nazadnje smo prišli do zelo pomembnega odkritja, da obstaja pomembna razlika med kvantnim brčanim rotorjem ter Andersonovo lokalizacijo v modelu oziroma aproksimaciji tesne vezi (tight binding approximation), namreč lokalizacijska dožina lastnih stanj v prostoru kvantnega števila vrtilne količine ima Gaussovo porazdelitev z neničelno varianco, kar kliče po bolj natančni semiklasični izpeljavi in opisu te porazdelitvi in ne zgolj povprečne vrednosti. Menimo, da so rezultati izpolnili naša pričakovanja tega raziskovalnega projekta, ki pa hkrati odpira nova pomembna teoretična splošna in principiela vprašanja kakor tudi numerične analize.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Sprememb programa raziskovalnega projekta ter sestave projektne skupine ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	76225025	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kvantna lokalizacija kaotičnih lastnih stanj in porazdelitev razmikov med sosednjimi nivoji
		ANG	Quantum localization of chaotic eigenstates and the level spacing distribution
	Opis	SLO	Pojav kvantne lokalizacije v klasično kaotičnih lastnih stanjih je eden od glavnih tem v kvantnem kaosu (ali valovnem kaosu), in torej igra pomembno vlogo v splošni kvantni mehaniki ali celo v splošni valovni mehaniki. V tem delu predlagamo dve različni meri lokalizacije, ki karakterizirajo stopnjo kvantne lokalizacije, in proučujemo njuno povezavo z drugim temeljnim aspektom kvantnega kaosa, namreč (energijsko) spektralno statistiko. Naš pristop in metoda sta povsem splošna, in uporabimo ju v biljardnih sistemih. Eden od značilnosti lokalizacije kaotičnih lastnih stanj je ulomljeno potenčno odbijanje med sosednjimi energijskimi nivoji v smislu, da je verjetnostna gostota najti dva sosednja nivoja na razdalji S potenca $S^{-\beta}$ z eksponentom β , kjer je β med 0 in 1, in $\beta=1$ ustreza povsem razširjenim (nelokaliziranim) stanjem. Pokažemo, da obstaja jasna funkcionalna odvisnost med eksponentom β in obema, sicer različnima, lokalizacijskima merama. Prva sloni na informacijski entropiji in druga na korelacijskih lastnostih Husimijevih funkcij. Pokažemo, da sta obe definiciji linearno ekvivalentni. Pristop uporabimo na primeru biljarda mešanega tipa [M. Robnik, J. Phys. A: Math. Gen. 16, 3971 (1983)], kjer izvedemo separacijo regularnih in kaotičnih lastnih stanj.
		ANG	The phenomenon of quantum localization in classically chaotic eigenstates is one of the main issues in quantum chaos (or wave chaos), and thus plays an important role in general quantum mechanics or even in general wave mechanics. In this work we propose two different localization measures characterizing the degree of quantum localization, and study their relation to another fundamental aspect of quantum chaos, namely the (energy) spectral statistics. Our approach and method is quite general, and we apply it to billiard systems. One of the signatures of the localization of chaotic eigenstates is a fractional power-law repulsion between the nearest energy levels in the sense that the probability density to find successive levels on a distance S goes like $S^{-\beta}$ for small S , where $0 < \beta < 1$, and $\beta = 1$ corresponds to completely extended states. We show that there is a clear

		functional relation between the exponent β and the two different localization measures. One is based on the information entropy and the other one on the correlation properties of the Husimi functions. We show that the two definitions are surprisingly linearly equivalent. The approach is applied in the case of a mixed-type billiard system [M. Robnik, J. Phys. A: Math. Gen. 16, 3971 (1983)], in which the separation of regular and chaotic eigenstates is performed.
	Objavljeno v	Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics.; Physical review. E, Statistical, nonlinear and soft matter physics; 2013; Vol. 88, no. 5; str. 052913-1 - 052913-7; Impact Factor: 2.326; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; A': 1; Avtorji / Authors: Batistić Benjamin, Robnik Marko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	75147009 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Dinamična lokalizacija kaotičnih lastnih stanj v sistemu mešanega tipa: spektralna statistika v biljardnem sistemu po separaciji regularnih in kaotičnih lastnih stanj</p> <p><i>ANG</i> Dynamical localization of chaotic eigenstates in the mixed-type systems: spectral statistics in a billiard system after separation of regular and chaotic eigenstates</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Proučujemo kvantno mehaniko biljarda (Robnik 1983 J. Phys. A: Math. Gen. 16 3971) v režimu klasičnega faznega prostora mešanega tipa (parameter oblike $\lambda=0.15$) pri zelo visokih energijah, začenši pri okoli 1.000.000tem stanju in vključujoč 587654 zaporednih lastnih stanj. Uporabimo normirane Poincaré-Husimijeve funkcije lastnih stanj in jih primerjamo s strukturo klasičnega faznega prostora, ter uvedemo kriterij prekrivanja, ki nam omogoči ločiti regularna in kaotična lastna stanja in njihove energije, z veliko natančnostjo in zanesljivostjo. Kaotična stanja so vsa lokalizirana, kar pomeni, da ne zasedajo vsega razpoložljivega območja klasičnega faznega prostora, temveč so lokalizirana na pravi podmnožici. Ugotovimo, z do sedaj nedosegljivo natančnostjo in statistično zanesljivostjo, da regularni nivoji sledijo Poissonovi statistiki, kaotična stanja pa Brodyjevi porazdelitvi, kot je bilo domnevano oziroma pričakovano v nedavnem članku Batistića in Robnika (2010 J. Phys. A: Math. Theor. 43 215101), kjer smo ugotovili, da celoten spekter zadošča Berry-Robnik-Brody statistiki. Pri tem nimamo efektov tuneliranja v tem režimu, saj le-ti pojemajo eksponentno z inverzno efektivno Planckovo konstanto, ki je proporcionalna kvadratnemu korenu energije.</p> <p><i>ANG</i> We study the quantum mechanics of a billiard (Robnik 1983 J. Phys. A: Math. Gen. 16 3971) in the regime of mixed-type classical phase space (the shape parameter $\lambda = 0.15$) at very high-lying eigenstates, starting at about 1.000.000th eigenstate and including the consecutive 587654 eigenstates. By calculating the normalized Poincaré-Husimi functions of the eigenstates and comparing them with the classical phase space structure, we introduce the overlap criterion which enables us to separate with great accuracy and reliability the regular and chaotic eigenstates, and the corresponding energies. The chaotic eigenstates appear all to be dynamically localized, meaning that they do not uniformly occupy the entire available chaotic classical phase space component, but are localized on a proper subset. We find with unprecedented precision and statistical significance that the level spacing distributions of the regular levels obey the Poisson statistics, and the chaotic ones obey the Brody statistics, as anticipated in a recent paper by Batistić and Robnik (2010 J. Phys. A: Math. Theor. 43 215101), where the entire spectrum was found to obey the Berry-Robnik-Brody statistics. There are no effects of dynamical tunneling in this regime, due to the high energies, as they decay</p>

		exponentially with the inverse effective Planck constant which is proportional to the square root of the energy.
	Objavljeno v	IOP Publishing; Journal of physics. A, Mathematical and theoretical; 2013; Vol. 46, no. 31; str. 315102-1-315102-17; Impact Factor: 1.687; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; WoS: UI, UR; Avtorji / Authors: Batistič Benjamin, Robnik Marko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	74771713 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Dinamična lokalizacija v kaotičnih sistemih: spektralna statistika in lokalizacijska mera v brčanem rotorju kot paradigma časovno odvisnih sistemov</p> <p><i>ANG</i> Dynamical localization in chaotic systems: spectral statistics and localization measure in the kicked rotator as a paradigm for time-dependent and time-independent systems</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Proučujemo brčani rotor v klasično povsem kaotičnem režimu uporabljajoč Izrailevov N-dimenzionalni model za različne $N \leq 4000$, ki v limiti $N \rightarrow \infty$ teži k kvantnemu brčanemu rotorju. Obravnavamo ne le primer $K=5$, kot je bilo prej, temveč tudi številne druge vrednosti klasičnega parametra brčanja $5 \leq K \leq 35$ in številne druge vrednosti kvantnega parametra $5 \leq k \leq 60$. Opišemo lastnosti dinamične lokalizacije kaotičnih lastnih stanj kot paradigmo drugih časovno odvisnih ter časovno neodvisnih (avtonomnih) povsem kaotičnih hamiltonskih sistemov, ali pa sistemov mešanega tipa. Posplošimo skalirno spremenljivko $\Lambda = l_\infty / N$ za primer anomalne difuzije v klasičnem faznem prostoru z izpeljavo lokalizacijske dolžine l_∞ za primer posplošene klasične difuzije. Bistveno izboljšamo natančnost ter statistično zanesljivost numeričnih računov, in pridemo do naslednjih zaključkov: (1) Porazdelitev razmikov med sosednjimi nivoji lastnih faz (ali kvazienergij) je zelo dobro opisana z Brodyjevo porazdelitvijo, sistematično bolje kakor z drugimi predlaganimi modeli, za različne Brodyjeve parametre β_{BR}. (2) Proučujemo lastne funkcije Floquetovega operatorja in karakteriziramo njihove lokalizacijske lastnosti s pomočjo informacijsko entropijske mere, ki je po normiranju označena z β_{loc} v intervalu $\{0,1\}$. Parameter odbijanja med nivoji β_{BR} in β_{loc} sta skoraj linearno povezana, blizu identitete. (3) Pokažemo obstoj skalirnega zakona med β_{loc} in relativno lokalizacijsko mero Λ, sedaj vključujoč režime anomalne difuzije. Ta spoznanja so pomembna tudi za kaotična lastna stanja v časovno neodvisnih sistemih [Batistič and Robnik J. Phys. A: Math. Gen. 43 215101 (2010); arXiv:1302.7174 (2013)], kjer je Brodyjeva porazdelitev potrjena do zelo velike natančnosti za dinamično lokalizirana lastna stanja, celo v sistemih mešanega tipa (po separaciji regularnih in kaotičnih lastnih stanj).</p> <p><i>ANG</i> We study the kicked rotator in the classically fully chaotic regime using Izrailev's N-dimensional model for various $N \leq 4000$, which in the limit $N \rightarrow \infty$ tends to the quantized kicked rotator. We do treat not only the case $K=5$, as studied previously, but also many different values of the classical kick parameter $5 \leq K \leq 35$ and many different values of the quantum parameter $k \in [5,60]$. We describe the features of dynamical localization of chaotic eigenstates as a paradigm for other both time-periodic and time-independent (autonomous) fully chaotic or/and mixed-type Hamilton systems. We generalize the scaling variable $\Lambda = l_\infty / N$ to the case of anomalous diffusion in the classical phase space by deriving the localization length l_∞ for the case of generalized classical diffusion. We greatly improve the accuracy and statistical significance of the numerical calculations, giving rise to the following conclusions: (1) The level spacing distribution of the eigenphases (or quasienergies) is very well described by the Brody distribution, systematically better than by other proposed models, for</p>

		various Brody exponents β_{BR} . (2) We study the eigenfunctions of the Floquet operator and characterize their localization properties using the information entropy measure, which after normalization is given by β_{loc} in the interval $[0,1]$. The level repulsion parameters β_{BR} and β_{loc} are almost linearly related, close to the identity line. (3) We show the existence of a scaling law between β_{loc} and the relative localization length Λ , now including the regimes of anomalous diffusion. The above findings are important also for chaotic eigenstates in time-independent systems [Batistić and Robnik J. Phys. A: Math. Gen. 43 215101 (2010); arXiv:1302.7174 (2013)], where the Brody distribution is confirmed to a very high degree of precision for dynamically localized chaotic eigenstates, even in the mixed-type systems (after separation of regular and chaotic eigenstates).
	Objavljeno v	Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics.; Physical review. E, Statistical, nonlinear and soft matter physics; 2013; Vol. 87, iss. 6; str. 062905-1 - 062905-17; Impact Factor: 2.326;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; A': 1; Avtorji / Authors: Manos Thanos, Robnik Marko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	74806017 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Prehodna statistika nivojev v dinamično lokaliziranih kaotičnih lastnih stanjih
		<i>ANG</i> The intermediate level statistics in dynamically localized chaotic eigenstates
	Opis	<i>SLO</i> Pokažemo, da so sosednji nivoji energije ali kvazienenergije v dinamično lokaliziranih kaotičnih lastnih stanjih odlično opisani s porazdelitvijo Brodyja, in izkazujejo ulomljeno potenčno odbijanje nivojev. To pokažemo v dveh paradigmatičnih sistemih, namreč za povsem kaotična lastna stanja brcanega rotorja pri $K=7$, in za kaotična lastna stanja v biljardnem sistemu mešanega tipa (Robnik 1983), potem ko smo ločili regularna in kaotična lastna stanja s pomočjo Poincare Husimijevih funkcij, pri zelo visokih energijah z veliko statistično zanesljivostjo (587654 lastnih stanj, začeni pri okoli 1000000 stanju nad osnovnim stanjem). Ta separacija potrjuje sliko Berryja-Robnika, in je izvedena prvič pri tako visokih energijah.
		<i>ANG</i> We demonstrate that the energy or quasienergy level spacing distribution in dynamically localized chaotic eigenstates is excellently described by the Brody distribution, displaying the fractional power law level repulsion. This we show in two paradigmatic systems, namely for the fully chaotic eigenstates of the kicked rotator at $K = 7$, and for the chaotic eigenstates in the mixed-type billiard system (Robnik 1983), after separating the regular and chaotic eigenstates by means of the Poincaré Husimi function, at very high energies with great statistical significance (587654 eigenstates, starting at about 1000000 above the ground state). This separation confirms the Berry-Robnik picture, and is performed for the first time at such high energies.
	Objavljeno v	Les Ed. de physique; Europhysics letters; 2013; Vol. 102, no. 5; str. 50008-1-50008-6; Impact Factor: 2.269;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.852; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Batistić Benjamin, Manos Thanos, Robnik Marko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	77280257 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Pregled vloge akceleratorских območij pri anomalni difuziji
		<i>ANG</i> Survey on the role of accelerator modes for anomalous diffusion
		Izvedemo obširno in podrobno analizo posplošenih difuzijskih procesov v

Opis	SLO	determinističnih preslikavah, ki ohranjajo površino, v nekompaktnem faznem prostoru, na primeru standardne preslikave, s posebnim poudarkom na razumevanju anomalne difuzije, ki se poraja zaradi akceleratorских območij. Akceleratorська območja in njihova neposredna okolica so vzrok za balistični transport v faznem prostoru, pa tudi njihova širša okolica je pod njihovim precejšnjim vplivom (je povlečena za njimi), kar je vzrok ne-Gaussovi (pospešeni) difuziji. Sistematični pristop sloni na naslednjih aplikacijah: metoda GALI za detekcijo regularnih in kaotičnih območij in s tem za podroben opis strukture faznega prostora, opis porazdelitve impulza s pomočjo Levy stabilnih porazdelitev, in numerični izračun difuzijskega eksponenta ter pripadajoče difuzijske konstante. Ta pristop uporabimo za podrobno in sistematično analizo standardne preslikave za vse vrednosti parametra brcanja K , vse do $K=70$. Vse kompleksne lastnosti anomalne difuzije so dobro pojasnjene z vlogo akceleratorских območij, v glavnem s periodo 1 za K večji od 2π , pa tudi za višje periode (2,3,4,...) pri manjših vrednostih K , manjših od 2π .
	ANG	We perform an extensive and detailed analysis of the generalized diffusion processes in deterministic area preserving maps with noncompact phase space, exemplified by the standard map, with the special emphasis on understanding the anomalous diffusion arising due to the accelerator modes. The accelerator modes and their immediate neighborhood undergo ballistic transport in phase space, and also the greater vicinity of them is still much affected (dragged) by them, giving rise to the non-Gaussian (accelerated) diffusion. The systematic approach rests upon the following applications: the GALI method to detect the regular and chaotic regions and thus to describe in detail the structure of the phase space, the description of the momentum distribution in terms of the Levy stable distributions, and the numerical calculation of the diffusion exponent and of the corresponding diffusion constant. We use this approach to analyze in detail and systematically the standard map at all values of the kick parameter K , up to $K = 70$. All complex features of the anomalous diffusion are well understood in terms of the role of the accelerator modes, mainly of period 1 at large $K > 2\pi$, but also of higher periods (2,3,4, . . .) at smaller values of $K < 2\pi$.
Objavljeno v	Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics.; Physical review. E, Statistical, nonlinear and soft matter physics; 2014; Vol. 89, iss. 2; str. 022905-1 - 022905-12; Impact Factor: 2.326; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; A': 1; Avtorji / Authors: Manos Thanos, Robnik Marko	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	78561025	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Soočimo se s kaosom skozi nelinearno dinamiko, 9. mednarodna poletna šola in konferenca, 22. junij - 6. julij 2014 (organizator, predsednik)	
	ANG	Let's face chaos through nonlinear dynamics, 9th International Summer School and Conference, 22 June - 6 July 2014 (organizer, chair)	
Opis	SLO	9. svetovno vrhunska ter tradicionalna mednarodna poletna šola in konferenca z 38 vabljenimi predavatelji iz vsega sveta ter 28 drugimi aktivnimi udeleženci, dva delovna tedna. Vse podrobnosti se dobi na www.camtp.uni-mb.si	
		9th world-top traditional international summer school and conference with	

		ANG	38 invited speakers and lecturers from all over the world and about 28 other active participants, two working weeks. All details can be found at www.camtp.uni-mb.si
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	CAMTP, Center for Applied Mathematics and Theoretical Physics; 2014; 95 str.; Avtorji / Authors: Robnik Marko	
	Tipologija	2.25	Druge monografije in druga zaključena dela
2.	COBISS ID	71244801	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Soočimo se s kaosom skozi nelinearno dinamiko, 8. mednarodna poletna šola in konferenca, 26. junij - 10. julij 2011 (organizator, predsednik, in urednik zbornika predavanj pri založbi American Institute of Physics Conference Proceedings)
		ANG	"Let's Face Chaos through Nonlinear Dynamics", 8th international summer school and conference, 26 June - 10 July 2011 (organizer, chair, and editor of the proceedings with the publisher American Institute of Physics Conference Proceedings)
	Opis	SLO	8. svetovno vrhunska ter tradicionalna mednarodna poletna šola in konferenca z okoli 45 vabljenimi predavatelji iz vsega sveta ter okoli 40 drugimi aktivnimi udeleženci, dva delovna tedna. Vse podrobnosti se dobi na www.camtp.uni-mb.si
		ANG	8th world-top traditional international summer school and conference with about 45 invited speakers and lecturers from all over the world and about 40 other active participants, two working weeks. All details can be found at www.camtp.uni-mb.si
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	American Institute of Physics; 2012; Avtorji / Authors: Robnik Marko, Romanovski Valery	
	Tipologija	2.31	Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
3.	COBISS ID	69766401	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	1. Konferenca izven škatle (koordinatorski in predsednik OO)
		ANG	1st Out of the Box Conference (coordinator and president of OC)
	Opis	SLO	Prva t.i. Out of the Box Conference, izrazito interdisciplinarna, s 30 eminentnimi predavatelji iz vsega sveta, med njimi *** trije Nobelovi nagrajenci ***, 15.-17- maj 2012. Moto konference je bil podnaslov "Innovative ways to improve the culture of living". Vabljeni predavanja so se dotikala vseh aspektov: ekonomskih, tehničnih, znanstvenih, pedagoških, medicinskih, humanitarnih, političnih, filozofskih in estetskih itd. Vse podrobnosti se najde na www.obc2012.outofthebox.si
		ANG	First Out of the Box Conference, extremely interdisciplinary, with 30 eminent speakers from all over the world, among them *** three Nobel Prize Laureates ***, 15-17 May 2012. The motto of the conference was the subtitle "Innovative ways to improve the culture of living". Invited lectures touched upon all aspects: economical, technical/engineering, scientific, educational, medical, humanitarian, political, philosophical and estetical, etc. All details can be found at www.obc2012.outofthebox.si
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	COBISS in internet (www.obc2012.outofthebox.si)	
	Tipologija	2.31	Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci

4.	COBISS ID	80529921	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Organizator in urednik Zbornika povzetkov 13. Božičnega simpozija fizikov, december 2014, pred tem pa vsako leto v decembru, 2010-2014	
	ANG	Organizer and editor of the Book of abstracts and program book of the 13th Christmas symposium of physicists, December 2014, and before that every year 2010-2014	
Opis	SLO	Organizator vsakoletnega t.i. Božičnega simpozija fizikov, ki je predvsem elitno nacionalno srečanje, vendar z ugledno mednarodno udeležbo. Vsakokrat imamo okoli 45 udeležencev, v treh delovnih dneh. Vse podrobnosti se dobi na www.camtp.uni-mb.si	
	ANG	Organizer of the annual s.c. Christmas symposium of physicists, which is predominantly an elitist national meeting, but with strong and distinguished international participation. Each time we have about 45 participants, in three working days. All details can be found on www.camtp.uni-mb.si	
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja		
Objavljeno v	CAMTP; 2014; 71 str.; Avtorji / Authors: Robnik Marko, Prapotnik Brdnik Anita		
Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela		
5.	COBISS ID	69181441	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Številni drugi dosežki: organizacija številnih drugih konferenc, ter član mednarodnih uredniških odborov mednarodnih revij NPCS, DDNS in OSID; *** izvoljen za člana European Academy of Sciences and Arts (Salzburg) 9. nov. 2012 ***; ustanovitelj in direktor CAMTP; veliko vabljenih predavanj na mednarodnih konferencah ter univerzah in inštitutih.	
	ANG	Numerous other achievements: organizer of many further conferences and member of international editorial boards of three international journals NPCS, DDNS and OSID; *** elected member of the European Academy of Sciences and Arts (Salzburg) on 9 Nov. 2012 ***; founder and director of CAMTP; many invited talks at international conferences and universities and institutes.	
Opis	SLO	Razen zgoraj navedenih konferenc pod točkami 1-4, je Robnik organiziral še vrsto drugih vrhunskih srečanj, kot n.pr. vsako leto Božični simpozij fizikov (2010,2011,2012, 2013, 2014, 14. po vrsti 2015 v pripravi), ter Japonsko-Slovenske seminarje o nelinearni znanosti (2010,2014; 15. po vrsti 2015 v pripravi), 1st International Spring School in Physics (junij 2013), in druga srečanja (Kundtov simpozij okt. 2011), ter soorganizator: Symbolic Computation and its Applications (2010), Computer Algebra in Scientific Computing (2012), Dynamical Systems and Applications (2013). Vse podatke se dobi na internetu www.camtp.uni-mb.si . Robnik je tudi član mednarodnih uredniških odborov treh mednarodnih revij NPCS, DDNS in OSID: Nonlinear Phenomena in Complex Systems, Discrete Dynamics in Nature and Society, Open systems and Information Dynamics. Imel je vabljen plenarna predavanja na mednarodnih konferencah in univerzah: Marburg (Nemčija), Bad Hofgastein (Avstrija), Maribor (2x), Graz (2x), Ljubljana (3x), TUW Dunaj, Stuttgart, Thessaloniki (Grčija), Heraklion (Grčija), Tokio, Osaka, Kjoto, Nara (Japonska), Minsk (Belorusija, 3x), Hamburg, Duisburg, Homburg/Saar, Bremen/Delmenhorst (Nemčija), Novacella (Italija), Lancaster (UK), in druga. Robnik je bil izvoljen za člana EASC (European Academy of Sciences and Arts, Salzburg) 9. nov. 2012. Robnik je ustanovitelj in direktor CAMTP od leta 1989.	
		Apart from the top conferences listed under the entries 1-4, Robnik has organized a series of other top conferences, e.g. every year the Christmas symposium of physicists (2010,2011,2012, 2013,2014; the 14th 2015 in preparation), and Japan-Slovenia Seminars on Nonlinear Science (2010,	

	ANG	2014; the 15th 2015 in preparation), 1st International Spring School in Physics (June 2013), and other meetings (Kundt Symposium Oct. 2011), etc, and coorganizer: Symbolic Computation and its Applications (2010), Computer Algebra in Scientific Computing (2012), Dynamical Systems and Applications (2013). All data is available on internet www.camtp.uni-mb.si . Also, Robnik is a member of international editorial boards of three international journals NPCS, DDNS and OSID: Nonlinear Phenomena in Complex Systems, Discrete Dynamics in Nature and Society, Open systems and Information Dynamics. He also delivered plenary invited lectures at international conferences and at universities: Marburg (Germany), Bad Hofgastein (Austria), Maribor (2x), Graz, Ljubljana (3x), TUW Vienna, Stuttgart, Thessaloniki (Greece), Heraklion (Greece), Tokyo, Osaka, Kyoto, Nara (Japan), Minsk (Belarus, (3x), Hamburg, Duisburg, Homburg-Saar, Bremen/Delmenhorst (Germany), Novacella (Italy), Lancaster (UK), and others. Robnik was elected Member of the European Academy of Sciences and Arts (Salzburg) on 9 Nov 2012. Robnik is the founder and director of CAMTP since 1989.
Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
Objavljeno v	CAMTP; 2011; [18] str.; Avtorji / Authors: Robnik Marko	
Tipologija	2.30	Zbornik strokovnih ali nerecenziranih znanstvenih prispevkov na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Prof.Dr. Marko Robnik je bil izvoljen za rednega člana Evropske akademije znanosti in umetnosti (European Academy of Sciences and Arts - EASA, Salzburg) 12. nov. 2012.

Dr. Benjamin Batistić (raziskovalec in doktorski študent) je doktoriral iz fizike na FMF UL 16. febr. 2015.

Dr. Thanos Manos (podoktorski sodelavec, raziskovalec) je v septembru 2014, po izteku uspešno zaključenega projekta, dobil in sprejel ponudbo za "tenure track" pozicijo na Forschungszentrum Juelich, Nemčija, v skupini Prof.Dr. Petra Tassa.

Prof.Dr. Valery Romanovski je prejel Zoisovo priznanje v novembru 2011.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Naša dognanja in rezultati prispevajo k zakladnici znanja v temeljnih raziskavah na področju teoretične fizike, namreč na področju nelinearne dinamike, dinamičnih sistemov ter klasičnega in kvantnega kaosa. V obdobju 2011-2014 smo skupno objavili 10 obsežnih in pomembnih izvirnih člankov v uglednih mednarodnih revijah, odzivnost naših del pa se zrcali v skupnem kumulativnem številu citatov, ki dosega število okoli 4000. Člani projektne skupine smo imeli veliko število vabljenih plenarnih predavanj na uglednih mednarodnih konferencah ter na univerzah in inštitutih po vsem svetu. Poleg tega CAMTP organizira kar sedem serij znanstvenih srečanj, v organizacijo katerih je bila vključena projektna skupina, in skoraj vsa so mednarodna svetovno vrhunska srečanja, kar prispeva k širjenju znanstvene informacije, vzgoji mladih znanstvenikov ter stimulaciji novih znanstvenih idej in paradigem ter sodelovanj v svetovnem prostoru. Izvajamo namreč kar sedem naslednjih serij znanstvenih srečanj: (1) mednarodne poletne šole in konference Let's Face Chaos through Nonlinear Dynamics, (2) Božični simpoziji fizikov, (3) Japonsko-Slovenski Seminarji, (4) SOCRATES delavnice, (5) European Advanced Studies Conferences, (6) Dinamični sistemi in simbolični račun, ter (7) Out of the Box Conferences. Pri slednji (maj 2012) smo imeli med 30 vabljenimi predavatelji kar 3 Nobelove

nagrajence. Pri tem posvečamo posebno pozornost razvoju in negovanju odličnih znanstvenih stikov in sodelovanj s kolegi v sosednjih državah naše mednarodne regije, to so Avstrija, Madžarska, Italija in Hrvaška, širše pa predvsem Nemčija ter Japonska, Kitajska, ZDA in Rusija.

ANG

Our findings and results contribute to the wealth of knowledge in the basic research in the field of theoretical physics, namely in the field of nonlinear dynamics, dynamical systems and classical and quantum chaos. In the period 2011-2014 we have published jointly 10 extensive important original papers in renowned international journals, the impact of our works is mirrored in our joint cumulative number of citations, which is about 4000. All above listed members of the research project group have a great number of invited plenary lectures at renowned international conferences and universities and institutes all around the world. In addition, CAMTP organizes even seven series of scientific meetings, almost all of them are internationally and worldwide top meetings, which contributes to the dissemination of scientific information, education of young scientists and stimulations of new scientific ideas, paradigms and collaborations in the world. We carry out the following seven series of scientific meetings: (1) International summer schools and conferences Let's Face Chaos through Nonlinear Dynamics, (2) Christmas symposia of physicists, (3) Japan-Slovenia Seminars, (4) SOCRATES Workshops, (5) European Advanced Studies Conferences, (6) Dynamical systems and symbolic computation, and (7) Out of the Box Conferences. In the latter one (May 2012) we had among the 30 invited speakers 3 Nobel Prize Winners. In doing so we pay special attention to the development and maintaining of excellent scientific contacts and collaborations with the colleagues in the neighbouring countries of our international area, namely in Austria, Hungary, Italy and Croatia, and in the broader area in particular in Germany and Japan, China, USA and Russia.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Dognanja in rezultati našega raziskovalnega projekta prispevajo ne le k svetovni zakladnici znanja, temveč še prav posebej bogatijo znanstveno delo v Sloveniji na najvišji ravni. Z izjemo delovne skupine Prof. Tomaža Prosen na FMF UL, ki pa se lepo dopolnjuje z našimi raziskovalnimi dejavnostmi, v Sloveniji ni drugih raziskovalcev na tem področju znanosti. Raven našega dela je razvidna iz podatka, da imamo skupaj kumulativno okoli 240 izvernih člankov ter okoli 4000 citatov, h-indeks pa okoli 30 (MR), 15 (VR). Poleg tega uspešno vzgajamo nove mlade raziskovalce in druge doktorande, ki so podiplomski študenti tako na FMF UL, kakor tudi na FNM UM (doslej je bilo 8 doktoratov), in sodelujemo v pedagoškem procesu Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru na vseh treh bolonjskih stopnjah študija fizike in matematike. Vzgajamo tudi podoktorske raziskovalce iz Slovenije in tujine. Tujci, ki se vračajo v tujino, nastopajo kot ambasadorji slovenske znanosti v svetu. Nadalje smo izjemno aktivni na področju organizacije elitnih nacionalnih ter mednarodnih srečanj. Od leta 1993 smo organizirali več kot 50 konferenc, na leto kar 2-4 konference, pretežno na področju fizike, nekaj pa tudi na področju matematike (do sedaj 3). Izvajamo namreč kar sedem serij znanstvenih srečanj: (1) mednarodne poletne šole in konference Let's Face Chaos through Nonlinear Dynamics, (2) Božični simpoziji fizikov, (3) Japonsko-Slovenski Seminarji, (4) SOCRATES delavnice, (5) European Advanced Studies Conferences, (6) Dinamični sistemi in simbolični račun, ter (7) Out of the Box Conferences. Pri slednji (maj 2012) smo imeli med 30 mednarodno uglednimi vabljenimi predavatelji kar 3 Nobelove nagrajence. Pri tem posvečamo posebno pozornost razvoju in negovanju odličnih znanstvenih stikov in sodelovanj s kolegi v sosednjih državah naše mednarodne regije, to so Avstrija, Madžarska, Italija in Hrvaška, širše pa predvsem Nemčija ter Japonska, Kitajska, ZDA in Rusija. Vse to bistveno prispeva k promociji slovenske znanosti v tujini, oziroma po vsem svetu.

ANG

The findings and results of our research program contribute not only to the worldwide wealth of knowledge, but enrich the scientific work in Slovenia on the highest level. With the exception of the research group of Prof. Tomaž Prosen at the Faculty of Mathematics and Physics of the University of Ljubljana (FMF UL), which however nicely complements our research activities, there are practically no other researchers in Slovenia in this field of science. The level of our work is evident from the data that we jointly have about 240 original papers and about 4000 citations, h-index about 30 (MR), 15 (VR). In addition we successfully educate young

researchers and other PhD students both at FMF UL and at the Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of Maribor (FNM UM) (so far we had 8 awarded PhD degrees) and take part in the pedagogical process of FNM UM in physics and mathematics at all three stages of the Bologna system. We educate also postdoctoral students from Slovenia and abroad. The foreign researchers, who return to foreign countries, play the role of the ambassadors of the Slovenian science in the world. Furthermore, we are exceptionally active in organizing the elitist national and international meetings. Since 1993 we have organized more than 50 conferences, per year even 2-4 conferences, mainly in the field of physics, some in the field of mathematics (so far 3). We carry out seven series of scientific meetings: (1) International summer schools and conferences Let's Face Chaos through Nonlinear Dynamics, (2) Christmas symposia of physicists, (3) Japan-Slovenia Seminars, (4) SOCRATES Workshops, (5) European Advanced Studies Conferences, (6) Dynamical systems and symbolic computation, and (7) Out of the Box Conferences. In the latter one (May 2012) we had among the eminent internationally renowned 30 invited speakers 3 Nobel Prize Winners. In doing so we pay special attention to the development and maintaining of excellent scientific contacts and collaborations with the colleagues in the neighbouring countries of our international area, namely in Austria, Hungary, Italy and Croatia, and in the broader area in particular in Germany and Japan, China, USA and Russia. All this contributes in an essential way to the promotion of Slovenian science abroad, in fact in the entire world.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer			
1.	Naziv			
	Naslov			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra		
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
	Ocena			

13.Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

--

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Center za uporabno matematiko in
teoretično fiziko

Marko Robnik

ŽIG

Kraj in datum:

Maribor

3.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/118

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov,

vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepišite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

DC-E4-9F-73-73-22-29-79-75-0A-EA-7F-77-D0-9A-51-73-9B-BF-18