

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0439****Topologické a algebraické aspekty minimálnych dynamických systémov**Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Ľubomír Snoha, DrSc.**Príjemca **Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici - Fakulta prírodných vied**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Indiana University - Purdue University, Indianapolis (USA)
Institute of Mathematics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev (Ukrajina)
University of Science and Technology of China, Hefei (Čína)
Hefei University of Technology, Hefei (Čína)
Universidad de Murcia, Murcia (Španielsko)
Slezská univerzita v Opavě, Opava (ČR)

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Výstupy tejto kategórie neboli plánované.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. M. Dirbák: First cohomology groups of minimal flows, *Dissertationes Mathematicae*, to appear, 218 strán
2. Ľ. Snoha, X. Ye, R. Zhang: Topology and topological sequence entropy. *Sci. China Math.* 63 (2020), no. 2, 205--296.
3. M. Dirbák, R. Hric, P. Maličský, Ľ. Snoha, V. Špitalský: Minimality for actions of abelian semigroups on compact spaces with a free interval. *Ergodic Theory Dynam. Systems* 39 (2019), no. 11, 2968--2982.
4. M. Grendár, V. Špitalský: Multinomial and empirical likelihood under convex constraints: directions of recession, Fenchel duality, the PP algorithm. *Electron. J. Stat.* 11 (2017), no. 1, 2547--2612.
5. S. Kolyada, M. Misiurewicz, Ľ. Snoha: Special α -limit sets. *Dynamics: topology and numbers*, 157--173, *Contemp. Math.*, 744, Amer. Math. Soc., 2020.

Uplatnenie výsledkov projektu

Projekt patrí do oblasti základného výskumu. Tomu zodpovedá aj charakter dosiahnutých výsledkov, preto sa ich bezprostredné aplikácie v praxi v krátkodobom horizonte nemôžu očakávať. Reálne však možno predpokladať využitie výsledkov v teórii dynamických systémov, najmä v teórii minimálnych dynamických systémov, v teórii chaosu a v

rekurenčnej kvantifikačnej analýze. Budú tiež využité pri vedeckej výchove doktorandov.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Študovali sme grupové rozšírenia minimálnych tokov s hodnotami v kompaktných komutatívnych grupách z algebraického hľadiska a hľadiska teórie kategórií. Skonstruovali sme voľné grupové rozšírenia minimálnych tokov a určili niektoré ich významné charakteristiky. Vyjadрили sme prvé kohomologické grupy minimálnych tokov prostredníctvom elementárnych grúp, Pontryaginovho duálu vláknovej grupy a algebraicko-topologických charakteristík bázového toku. Skonstruovali sme minimálne grupové rozšírenia minimálnych tokov a ukázali sme, že majú bohatú algebraickú štruktúru. Pre akcie abelovských pologrúp na kompaktných Hausdorffových priestoroch s voľným intervalom sme opísali štruktúru minimálnych množín pretínajúcich voľný interval ako aj topológiu priestoru, ak je akcia minimálna. Študovali sme aj dynamiku spojitých zobrazení. Dali sme definitívnu zápornú odpoveď na otázku, či súčin minimálnych priestorov je minimálny. Našli sme veľké triedy takých priestorov Y , že pre každý minimálny systém (X, T) existuje minimálny systém v tvare $(X \times Y, T \times S)$. Metódou lepenia Cookových kontinuí sme opísali všetky možnosti pre množinu supremálnych topologických sekvenciálnych entropií na metrických kontinúách. Do topologickej dynamiky sme tak priniesli novú metódu. Tým sme splnili hlavné ciele projektu. Skúmali sme tiež rekurenčné charakteristiky niektorých minimálnych systémov a ukázali sme, že na grafoch je supremum lokálnych korelačných entropií vždy rovné topologickej entropii. Venovali sme sa aj štúdiu topologickej štruktúry špeciálnych alfa-limitných množín a vlastnosti špecifikácie. Charakterizovali sme dendrity, na ktorých generický chaos možno charakterizovať makroskopicky, v termínoch správania sa otvorených gúl pri iteráciách.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

We studied group extensions of minimal flows with values in compact abelian groups from the algebraic and categorical points of view. We have constructed free group extensions of minimal flows and determined some of their important characteristics. We also expressed first cohomology groups of minimal flows in terms of elementary groups, Pontryagin dual of the fibre group and algebraic-topological characteristics of the base flow. We have constructed minimal group extensions of minimal flows and shown that they exhibit a rich algebraic structure. For actions of abelian semigroups on compact Hausdorff spaces with free intervals, we described the structure of minimal sets intersecting the free interval, as well as the topology of the space provided the action is minimal. We studied also the dynamics of continuous maps. We gave a definitive negative answer to the question whether the product of minimal spaces is minimal. We found large classes of spaces Y such that for every minimal system (X, T) there exists a minimal system in the form $(X \times Y, T \times S)$. Using a method of gluing Cook continua, we described all possibilities for the set of supremum topological sequence entropies on metric continua. We thus brought a new method into topological dynamics. By the above, all the main goals of the project were met. We investigated also recurrence characteristics of some minimal systems and we showed that on graphs the supremum of local correlation entropies is always equal to topological entropy. We further studied special alpha-limit sets and specification property. We characterized dendrites on which generic chaos can be characterized macroscopically, in terms of behaviour of open balls under iterates.