ОПУБЛИКОВАТЬ СТАТЬЮ

в изданиях НИЦ "Социосфера"

СОЦИОСФЕРА

- *Российский научный журнал*
- *ISSN 2078-7081*
- *РИНЦ*
- *Публикуются статьи по социально-гуманитарным наукам*

ПОДРОБНЕЕ

PARADIGMATA POZNÁNÍ

- *Чешский научный журнал*
- *ISSN 2336-2642*
- *Публикуются статьи по социально-гуманитарным, техническим и естественно-научным дисциплинам*

ПОДРОБНЕЕ

СБОРНИКИ КОНФЕРЕНЦИЙ

- *Широкий спектр тем международных конференций*
- *Издание сборника в Праге*
- *Публикуются материалы по информатике, истории, культурологии, медицине, педагогике, политологии, праву, психологии, религиоведению, социологии, технике, филологии, философии, экологии, экономике*

ПОДРОБНЕЕ

UDC 1

TEORIE KATASTROF – VYBRANÉ PROBLÉMY A PERSPEKTIVY

J. Slepecký *Docent, Ing., Ph.D., MBA* ,
e-mail: jaroslav.slepecky@gmail.com,
J. Dušek *Docent, Ing., Ph.D,*
e-mail: dusek@vsers.cz,
College of European and Regional Studies,
České Budějovice, Czech Republic

DISASTER THEORY – SELECTED PROBLEMS AND PERSPECTIVES

J. Slepecký *Associate professor,Ing., Ph.D., MBA,*
e-mail: jaroslav.slepecky@gmail.com,
J. Dušek *Associate professor, Ing., Ph.D.,*
e-mail: dusek@vsers.cz,
College of European and Regional Studies,
České Budějovice, Czech Republic

Abstract. In the article, the authors analyze the problems of the disaster theory as a very important scientific discipline, which was greatly underestimated in the past. The mathematically demanding singularity theory of smooth mapping and the theory of bifurcations of dynamical systems make it difficult to use in practice. The authors present a mathematical model of the disaster theory and suggest its potential application mainly in disaster economy.
Keywords: disaster, disaster theory, mathematical model of a disaster, singularity theory, bifurcation, economy, disaster economy

Úvod

Teorie katastrof jako specifická vědní disciplína využívající poměrně složitý matematický aparát, vznikla v 70 letech 20. století. Jak uvádí Arnoľd, v časopise Newsweek se psalo o revoluci v matematice, kterou je možné porovnat s Newtonovým objevem diferenciálního a integrálního počtu (Arnoľd, 1986).

Problémem, proč teorie katastrof přišla až tak „pozdě“ je fakt, že potřebný matematický aparát je poměrně složitý a souvisí s takovými oblastmi matematiky, jako je klasifikace jednoduchých Lieových algeber, Coxeterove krystalografické grupy, teorie copů, teorie větvení parametrických integrálů atd. Souvisí i s klasifikací pravidelných mnohostěnů v trojrozměrném euklidovském prostoru. Podle tehdejších vyjádření, teorie katastrof je univerzální metodou zkoumání skokových přechodů, zlomů a náhlých kvalitativních změn, co je pro katastrofy (černé labutě) charakteristické.

V 70. a 80 letech minulého století matematicky dopracoval teorii katastrof francouzský matematik René Thom (*1923 – +2002), který navrhl nazvat teorii singularit spolu s jejími aplikacemi teorií katastrof. Mimo jiné už v té době tvrdil, že *každá krize je zapříčiněná nedostatečnou regulací.* Posledních několik desetiletí se vedou odborné a politické diskuse na toto téma, tzn. kde je hranice optimální regulace. Různé státy a ekonomická uskupení nabízejí různá řešení (blíže viz též Kavan, Brehovská, 2016, nebo Rédl, Ondruš, Felcan, 2021). Problémy s financováním deficitních rozpočtů i vlivem narůstajících důsledků globálních katastrof, jako např pandemie COVID-19, přinášejí mnohdy zoufalá řešení.

1. Teorie katastrof

Základy teorie katastrof tvoří teorie singularit hladkých zobrazení amerického matematika Hasslera Whitneye, Poincarého a Andronovova teorie bifurkací dynamických systémů.

Zobrazení plochy do roviny přiřaďuje každému bodu plochy nějaký bod v rovině. Jestliže je bod plochy určený souřadnicemi (x_1,x_2) a zodpovídající bod v rovině souřadnicemi (y_1,y_2), tak zobrazení je určené dvojicí funkcí:

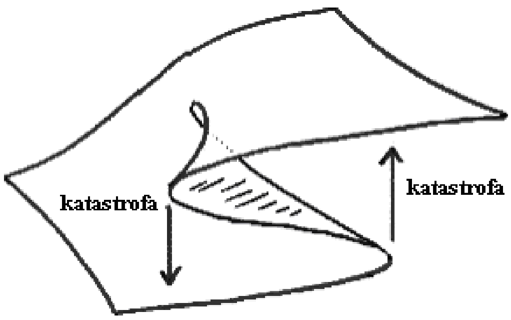
$$y_1=f_1(x_1,x_2) \quad (1.1)$$

$$y_2=f_2(x_1,x_2) \quad (1.2)$$

Zobrazení je hladké, pokud jsou funkce f_1, f_2 hladké (t.j. diferencovatelné dostatečně mnohokrát, tak jako např. polynomy).

Teorie singularit je velkolepým zevšeobecněním zkoumání maxim a minim funkcí. Ve Whitneyové teorii jsou funkce nahrazené zobrazeními, to znamená systémy několika funkcí více proměnných. Slovo bifurkace znamená rozdvojení. Používá se v širokém významu na označení různých kvalitativních přestaveb nebo metamorfóz různých objektů při změnách parametrů, od kterých tyto objekty závisí. Po Whitneyově zakladatelské práci nastal prudký rozvoj teorie singularit a v současnosti je to jedna z centrálních oblastí matematiky. René Thom navrhl nazvat teorii singularit spolu s jejími aplikacemi, „teorií katastrof“ (Thom, 1975).

Katastrofami z pohledu teorie katastrof jsou označované skokové změny vznikající jako náhlá odezva systému na pozvolnou změnu vnějších podmínek (obrázek 1).



Obrázek 1: **Možná vizualizace skokové změny – katastrofy, v 3D prostoru**

Zdroj: vlastní zpracování

Pokud stabilní rovnovážný stav vyjadřuje režim, který se v nějakém reálném systému (např. ekonomickém) už ustálil, tak při spojení tohoto stavu s nestabilním rovnovážným stavem musí systém přeskočit na celkem jiný režim. Při změně parametru rovnovážný stav ve zkoumaném okolí mizne.

Skoky takového typu vedly k termínu „teorie katastrof“.

Ztráta stability rovnovážného stavu při změně parametru není nevyhnutně spojená s bifurkací samotného rovnovážného stavu. Ten může ztratit stabilitu nejen při splynutí s jiným rovnovážným stavem, ale i samostatně.

Jak uvádí Kováčik, 1997, dynamika sociálních a vývojových procesů stále zůstává dynamikou se svými známými zákony. K nim patří i popisováni dynamických jevů prostřednictvím diferenciálních rovnic a jejich systémů.

1.1 Základní modely katastrof v teorii katastrof

V rámci teorie katastrof se používá sedm základních modelů katastrof:

- ohyb (fold),
- hrot (cusp),
- vlaštovčí ocas (swallowtail),
- motýl (butterfly),
- středový eliptický (elliptic umbilic),
- středový hyperbolický (hyperbolic umbilic),
- středový parabolický (parabolic umbilic).

a) ohyb (fold)

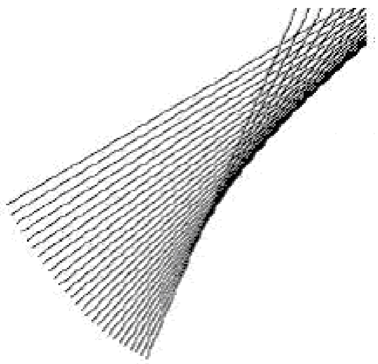
Ohyb je nejjednodušším vyjádřením katastrofy – vyjádření potenciálu je následující (obrázek 2):

$$V_a(x) = x^3/3 - a\,x$$

kde: V_a – potenciál,
x – proměnná,
a – parametr.

Obrázek 2: **Příklad modelu ohybu**

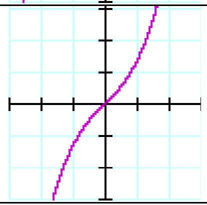
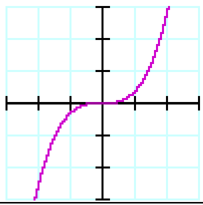
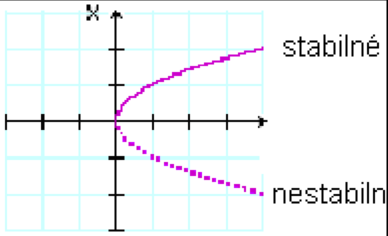
Zdroj: Palko, 2003.



Obrázek 3: **Příklad modelu ohybu (vizualizace)**

Zdroj: vlastní zpracování

V případě ohybu můžeme mít kvalitativně dvě různé křivky.

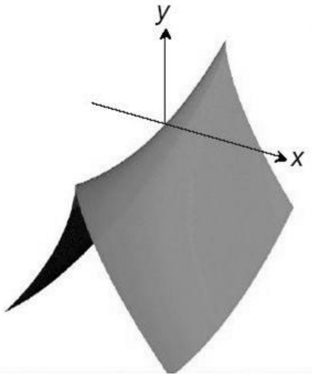
	Pokud a > 0 potom Va(x) má jedno maximum a jedno minimum. Pokud je systém řízený pravidlem zpoždění, jeho stavová proměnná zůstává na svém minimu pro x = +√(a). Pro hodnotu x = -SQR(a) by byl systém v nestabilní poloze.
	Pokud a < 0 potom Va(x) nemá ani maximum ani minimum. Hodnota x = -nekonečno.
	Hodnota a = 0 je kritická, toto zodpovídá prahové hodnotě. Pokud (a) klesá, (x) klesá s ním rychlostí zodpovídající √(a) než (a) > 0. Pokud hodnota (a) prochází nulou, (x) náhle skočí na mínus nekonečno. Tento náhlý skok nazýváme katastrofa.
	Rovnovážní hodnota (x) by mala být kreslená v závislosti na (a). Křivku nazýváme rovnovážní rozmanitostí. V tomto případě je řídící prostor jednorozměrný, a je tu jediná kritická hodnota, proto rozdvojovací množina má jediný prvek a = 0.

Obrázek 4: **Příklady modelů ohybů**

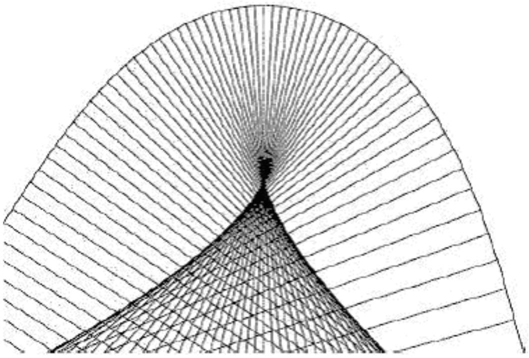
b) hrot (cusp)

Hrot je model, v kterém se rovina, prostor, rozdělí na tři oblasti pomocí speciální křivky, které tvar připomíná hrot. Po okrajích oblastí, tedy po křivce, se lineárně mění funkce, na základě které se počítá ukázkový výstup. Samotná teorie je založená na jevu překrývaní se průmětu prostorové plochy na rovinu, čím vlastně vznikne neurčitost v tom smyslu, že při přecházení průmětem není možné se jednoznačně shodnout na přesné hodnotě třetí souřadnice bez toho, abychom poznali historii vzniku. Uvedený model se hodí na prezentaci možných "přestupů" mezi překrývajícími se vrstvami. Existují tzv. stroje katastrof, kterými je možné tyto jevy namodelovat.

Jedna výstupní souřadnice řízená dvěma parametry (obrázek 5).

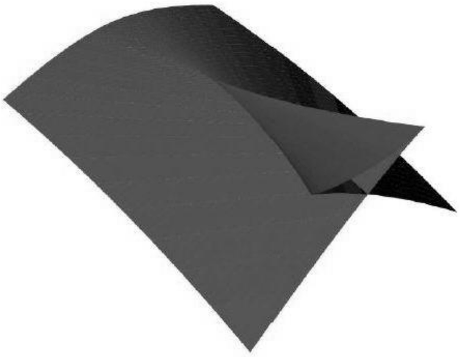


Obrázek 5: **Příklad modelu hrotu**
Zdroj: vlastní zpracování

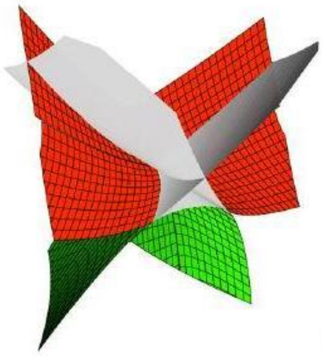


*Obrázek 6***: Příklad modelu hrotu (vizualizace)**
Zdroj: vlastní zpracování

c) vlaštovčí ocas (swallowtail)
Jeden výstup závisí od třech parametrů.



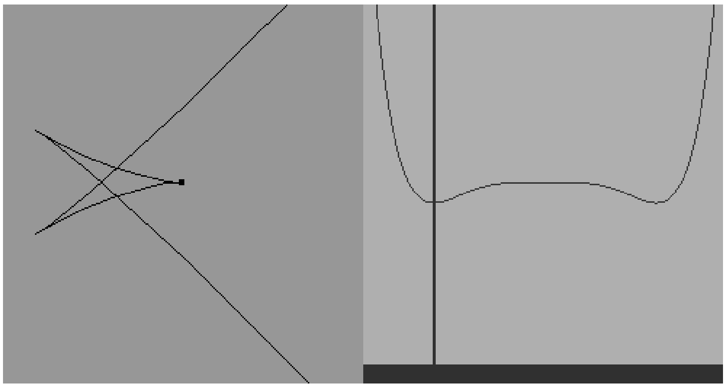
Obrázek 7: **Příklad modelu vlaštovčího ocasu**
Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 8: **Příklad modelu vlaštovčího ocasu (vizualizace)**

d) motýl (butterfly)

Čtyři parametry (motýl, sklon, rozděleni a normála) řídí jednu stavovou proměnnou. Pokud měníme rozdělení nebo normálu, posouváme v řezu index. Při změně motýla a sklonu se posouvá řez v 4D prostoru, a je možné pozorovat, že rozdvojovací množina je zkreslená, tak jako přibližuje obrázek 9.

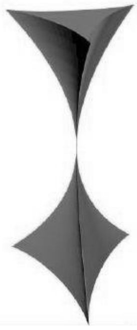


Obrázek 9: **Příklad modelu motýla**

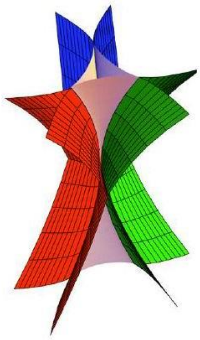
Zdroj: Palko, 2003.

e) středový eliptický (elliptic umbilic)

Uvedený typ katastrofy má dvě výstupní hodnoty, které ovlivňují tři parametry (obrázek 10).



Obrázek 10: **Příklad středového eliptického modelu**
Zdroj: vlastní zpracování

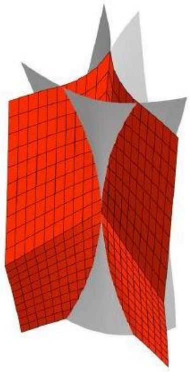


Obrázek 11: **Příklad středového eliptického modelu (vizualizace)**
Zdroj: vlastní zpracování

f) středový hyperbolický (hyperbolic umbilic)

Tři parametry mají vliv na dvě hodnoty výstupu – podobně jako středový eliptický model, jen aplikace parametru je jiná (obrázek 12).

Obrázek 12: **Příklad středového hyperbolického modelu**
Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 13: **Příklad středového hyperbolického modelu (vizualizace)**
Zdroj: vlastní zpracování

g) středový parabolický (parabolic umbilic)

Je nejsložitější katastrofa z výše jmenovaných: čtyři parametry určují tvar výsledku a dvě hodnoty.

1.2 Možnosti použití teorie katastrof

Vzhledem na diskusi, která s přestávkami probíhá, jsou možnosti použití teorie katastrof zejména v strukturální stabilitě jednotlivých zobrazení bifurkací. Důležité je také brát v úvahu specifické porovnání topologických charakteristik dvou jednoznačných závislostí diskontinuit v ekonomii. V těchto případech je teorie katastrof vhodnou metodou na použití s výběrem mezi komplexností moderních teorií a různorodostí dalších metod. Interaktivní části statistických modelů používaných ve fyzice mohou být dobrým příkladem. Další možnosti jsou založené na synergické myšlence. Synergický přístup má k teorii katastrof bližší vztah, než se původně předpokládalo.

Neodmyslitelnou součástí možností použití v budoucnosti je stoupající zájem o vícenásobné vyrovnání. Související modely vytvářejí možnosti pro základ vyrovnání, který tuto podobnost prostřednictvím teorie katastrof ukazuje jako možnou a použitelnou. Modely mohou produkovat dynamické diskontinuity prostřednictvím kontrolovaných parametrů, různými cestami, které ovlivňují systém prostřednictvím bifurkačních bodů a oddělují jednu vyrovnanou oblast od druhé. Uvedená teorie se opírá o vědecké poznatky z druhé poloviny 19. století, kdy ji rozpracovaly Mangoldt, 1863, Walras, 1874, a Marshall, 1890.

Teorie katastrof má za sebou jednu z nejdramatičtějších polemických diskusí ve vědecké komunitě. Diskuse o kontroverznosti teorie katastrof byly zejména na konci 70. let 20. století. Výstupem nebylo podpořeni používání teorie katastrof, ale právě naopak, až „pohrdání“ jejími možnostmi. Je třeba zdůraznit, že mezi matematikami v současnosti není jednoznačné kladné vyjádření k používání teorie katastrof. Největšími kritiky teorie katastrof byli Zahler a Sussman, kteří v roku 1977 publikovali ve vědeckém časopise Nature článek “Claims and Accomplishments of Applied Catastrophe Theory” (Zahler, Sussman, 1977) a o rok později články v časopise Synthese “Catastrophe Theory as Applied to the Social and Biological Sciences” (Sussman, Zahler, 1978a) a v časopise

Behavioral Science "A Critique of Applied Catastrophe Theory in Applied Behavioral Sciences" (Sussman, Zahler, 1978b). Mezi další kritiky patřil Kolata, který v roku 1977 publikoval článek v časopise Science pod názvem "*Catastrophe Theory: The Emperor has no Clothes*." (Kolata, 1977).

Ačkoliv některé argumenty Sussmana a Zahlera byly podložené, jejich kritika vedla k potlačení výzkumu v tomto směru. Na tento fakt upozornil ve své rozsáhlé kritice Rosser, 2007, ve své práci sumarizuje a ukazuje, že argumenty, použité proti teoriím katastrof, jsou chabé. Neexistence statistické teorie je na druhé straně problém, který způsobil, že se teorie aplikovala pouze kvalitativně. Kritici aplikace teorie katastrof argumentovali i tím, že existuje příliš mnoho nevyjasněných otázek. Empirické metody jako mnohomodální modely byly použité v ekonomii jen zatím zřídka (blíže viz např. Weidlich, Braun, 1992, nebo Slepecký, Ristvej, 2008). I kvůli diskusím se ekonomové jen sporadicky věnovali možnostem použití teorie katastrof na aplikace v ekonomii.

S úpadkem povědomí o teorii katastrof vzniklo několik alternatívních metod modelování dynamických diskontinuit v ekonomii, některé však měly a mají spojení s teorií katastrof, jako například analýza vícenásobné rovnováhy dynamických systémů publikovaná v roku 1978 (Skiba, 1978).

Závěr

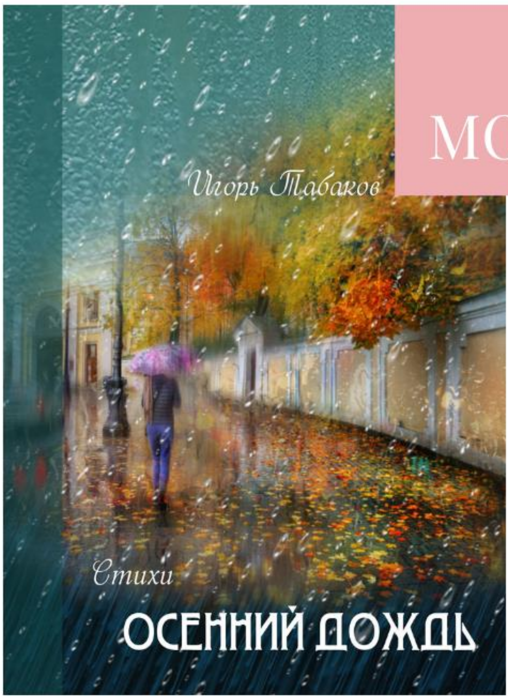
Faktem zůstává, že použití teorie katastrof v ekonomii má svoje omezení, ale i přesto by ekonomové neměli zatracovat možnosti použití teorie katastrof na studium dynamických diskontinuit. Rozumný základ teorie katastrof by se mohl a měl použít, protože teorie katastrof opisuje prudké změny chování systémů v závislosti od plynulých a malých změn veličin, které na daný systém působí, co se v současnosti stává stále častěji.

Podle našeho názoru a v důsledku pokroku ve vědě, je třeba skloubit poznatky z teorie katastrof a dalších disciplín, jako např. ekonomie a přispět pomocí vědeckých metod k řešení současných narůstajících důsledků globálních katastrof.

Literatura

1. ARNOĽD, V. I. 1986. *Teória katastrof.* Bratislava: Alfa, 1986. 107 p.
2. KAVAN, Š., BREHOVSKÁ, L. 2016. Spolupráce Jihočeského kraje a přeshraničních regionů se zaměřením na ochranu obyvatelstva. In *Proceedings of the Conference on 19th International Colloquium on Regional Sciences. Conference Proceedings (Čejkovice, June 15–17, 2016)*. Brno: Masarykova univerzita, 2016. pp. 907–914. ISBN 978–80–210–8273–1. DOI: 10.5817/CZ.MUNI.P210-8273-2016-117.
3. KOLATA, G. B. 1977. Catastrophe Theory: The Emperor Has No Clothes. In *Science*, Vol. 196, 1977, Issue 4287. ISSN 0036-8075, pp. 287–351.
4. KOVÁČIK, O. 1997. Niektoré aspekty teórie stability a teórie katastrof. In *Riadenie v krízových situáciách: 2. vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou, Žilina, 21. a 22.1.1997. Zborník.* Žilina: Vojenská fakulta ŽU, 1997. pp. 110–123. ISBN 80-888-2916-X.
5. MANGOLDT, H. K. E. 1863. *Grundriss der Volkswirtschaltslehre*. Stuttgart: J. Engelhorn, 1863. 224 p.
6. MARSHALL, A. 1890. *Principles of Economics*. London: Macmillan, 1890. 754 p.
7. PALKO, M. 2003. *Teória katastrôf* [online]. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2003 [cit. 2006-01-20]. Available at WWW: <http://alife.tuke.sk/~palkom/bio-nove/katastrofy/>.
8. RÉDL, M., ONDRUŠ, J., FELCAN, M. 2021. Using Measuring System Viewpointsystem© by Perception of Road Accident. In *Proceedings of 25th International Scietific Conference. Transport Means 2021 (Kaunas, October 6–8)*. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2021. pp. 812–817. ISSN 1822-296X.
9. ROSSER Jr., J. B. 2007. The Rise and Fall of Catastrophe Theory Applications in Economics: Was the Baby Thrown Out with the Bath Water? In *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 31, 2007, No. 10. ISSN 0165-1889, pp. 3255-3280.
10. SKIBA, A. K. 1978. Optimal Growth with a Convex-Concave Production Function. In

Econometrica, Vol. 46, 1978, No. 3. ISSN 0012-9682, pp. 527–539.
SLEPECKÝ, J., RISTVEJ, J. 2008. *Ekonomické dôsledky katastrof*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2008. 136 p. ISBN 978-80-8070-830-6.
11. SUSSMAN, H. J., ZAHLER, R. 1978a. Catastrophe Theory as Applied to the Social and Biological Sciences. In *Synthese*, Vol. 37, 1978, No. 2. ISSN 0039-7857, pp. 117–216.
12. SUSSMAN, H. J., ZAHLER, R. 1978b. A Critique of Applied Catastrophe Theory in Applied Behavioral Sciences. In *Behavioral Science*, Vol. 23, 1978, No. 4. ISSN 1099-1743, pp. 383–389.
13. THOM, R. 1975. Catastrophe Theory: Its Present State and Future Perspectives. In MANNING, A. (ed.). *Dynamical Systems – Warwick 1974. Lecture Notes in Mathematics*. Vol. 468. Berlin: Springer-Verlag, 1975. pp. 366–389.
14. WALRAS, L. 1874. *Éléments D'économie Politique Pure*. Lausanne: L. Corbaz, 1874. 407 pgs.
15. WEIDLICH, W., BRAUN, M. 1992. The Master Equation Approach to Nonlinear Economics. In *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 2, 1992, No. 3. ISSN 0936-9937, pp. 233–265.
16. ZAHLER, R., SUSSMAN, H. J. 1977. Claims and Accomplishments of Applied Catastrophe Theory. In *Nature*, Vol. 269, 1977, No. 10. ISSN 0028-0836, pp. 759–763.

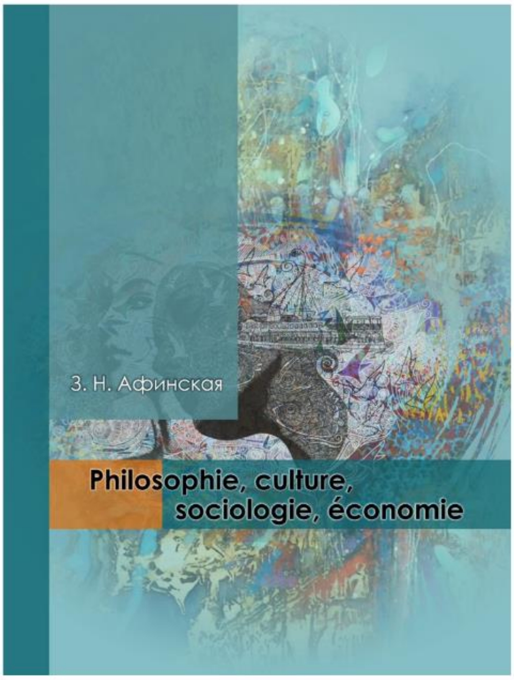


СРОЧНОЕ ИЗДАНИЕ МОНОГРАФИЙ И ДРУГИХ КНИГ

Два места издания Чехия или Россия.
В выходных данных издания
будет значиться
Прага: Vědecko vydavatelské centrum "Sociosféra-CZ"
или
Пенза: Научно-издательский центр "Социосфера"

РАССЧИТАТЬ СТОИМОСТЬ

- Корректура текста
- Изготовление оригинал-макета
- Дизайн обложки
- Присвоение ISBN



У НАС ДЕШЕВЛЕ

- Печать тиража в типографии
- Обязательная рассылка
- Отсулка тиража автору