

Mladá veda

Young Science



Špeciálne vydanie

Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 7, ročník 5., vydané v novembri 2017

ISSN 1339-3189

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: San Marino. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra verejnej ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

Mgr. Martin Hajduk (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

KOMPARACE NEURONOVÝCH SÍTÍ A REGRESNÍCH ČASOVÝCH ŘAD PŘI ODHADU VÝVOJE RANNÍCH CEN PALLADIA NA NEWYORSKÉ BURZE

COMPARISON OF NEURAL NETWORKS AND REGRESSION TIME SERIES WHEN
ESTIMATING EARLY MORNING PALLADIUM PRICES ON THE NEW YORK STOCK
EXCHANGE

Marek Vochozka, Veronika Machová¹

Marek Vochozka působí jako rektor na Vysoké škole technické a ekonomické v Českých Budějovicích. Ve svém výzkumu se zaměřuje na témata jako: Komplexní metody hodnocení podniku, umělé neuronové sítě, finanční analýza a predikce budoucího vývoje společností. Veronika Machová působí jako ředitelka Ústavu znalectví a oceňování Vysoké školy technické a ekonomické v Českých Budějovicích. Zaměřuje se na generátory hodnoty, hodnocení podniku, finanční analýzu a umělé neuronové sítě.

Marek Vochozka is a rector of Institute of Technology and Business in České Budějovice. His research focuses mainly on topics such as: methods for comprehensive evaluation of the company, artificial neural networks, financial analysis and prediction of the future development of the company. Veronika Machová is the director of the School of Expertness and Valuation at the Institute of Technology and Business in České Budějovice. Her focus is on value generators, evaluation of the company, financial analysis and artificial neural networks.

Abstract

In today's world, palladium is a relatively precious metal that is used in the production of chemical properties. The article uses regression time analysis and artificial neural networks to predict the price of this metal. Both methods are compared and the more suitable one is selected to predict electronics, industrial goods and jewellery. It is valuable thanks to its unique physical and the future development of the price of palladium on the New York Stock Exchange. The dataset contains afternoon palladium prices from a period of over 10 years. Data processing takes place in the software Statistica. Linear regression is performed using several functions and regression via neural structures. A total of 1,000 neural networks are generated, from which the five with the best characteristics are selected. Results are compared

¹ Adresa pracoviště: doc. Ing. Marek Vochozka, MBA, Ph.D., Ing. Veronika Machová, Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, Ústav znalectví a oceňování, Okružní 10, 370 01 České Budějovice
E-mail: vochozka@mail.vstecb.cz; machova@mail.vstecb.cz

on the level of the perspective and experience of an evaluator. Within linear regression, the curve obtained via the spline function comes closest to the actual development of the palladium price. In the case of regression using neural networks, all five preserved networks are potentially applicable in practice.

Key words: Palladium, linear regression, artificial neural networks, prediction, London Fix Price

Abstrakt

V dnešním světě je palladium poměrně vzácným kovem, který se využívá pro výrobu elektroniky, průmyslových produktů a šperků. Hodnotný je díky jeho jedinečným fyzikálním a chemickým vlastnostem. Příspěvek využívá regresní časové řady a umělé neuronové sítě pro predikci ceny tohoto kovu. Obě metody jsou porovnány a určena je vhodnější z nich pro predikci budoucího vývoje ceny palladia na newyorské burze. Datový soubor obsahuje odpolední ceny palladia za období delší než 10 let. Zpracování dat probíhá v softwaru Statistica. Je provedena lineární regrese s využitím několika funkcí a regrese pomocí neuronových struktur. Generováno je celkem 1000 neuronových sítí, z nichž je vybráno 5 takových, které vykazují nejlepší charakteristiky. Výsledky jsou porovnány na úrovni expertního pohledu a zkušenosti hodnotitele. Vývoji ceny palladia se v rámci lineární regrese nejvíce přibližuje křivka získaná funkcí spline, v rámci regrese pomocí neuronových sítí je všech 5 uchovaných sítí potenciálně použitelných v praxi.

Klíčová slova: Palladium, lineární regrese, umělé neuronové sítě, predikce, London Fix Price

Úvod

Dle autorů Barnes and Liu (2012) je palladium (chemická značka Pd) lesklý kov stříbrné barvy, jež má atomové číslo 46 na periodické tabulce prvků a je používán zejména ve výrobních procesech, především pro výrobu elektroniky a průmyslových produktů. Tento kov se však využívá i pro výrobu šperků. Mayer (2015) tvrdí, že palladium je nehořlavý prvek s velmi nízkou toxicitou a většina světových dodávek tohoto vzácného kovu pochází z dolů umístěných ve Spojených státech, Rusku, Jižní Africe a Kanadě. Palladium je nehořlavý prvek a má velmi nízkou toxicitu. Dle Colomba aj. (2008) je palladium lesklý, stříbrně bílý kov, jež má krychlovou strukturu. Při běžných teplotách je tento prvek silně odolný vůči korozi ve vzduchu a působení kyselin. Vytváří mnoho sloučenin a několik složitých solí. Dále autor konstatuje, že palladium má velkou schopnost pohlcovat vodík.

Palladium spolu s rhodiem, rutheniem, osmiem, iridiem a platinou tvoří skupinu prvků označovaných jako kovy platinové skupiny (Zimmermann aj., 2017) a lze ho nalézt jako volný kov zejména v Uralských horách, Austrálii, Etiopii, Severní a Jižní Americe. Největším výrobcem palladia se v uplynulých letech staly země jako Rusko, Afrika, USA a Kanada (Sotnikov aj., 2001).

Výroba vzácných kovů je klíčovým tématem udržitelného rozvoje kvůli rostoucí poptávce a snižování přírodních zdrojů. Palladium je jedním z nejrozšířenějších vzácných kovů a v současné době roste zájem o jeho využití. Způsoby výroby palladia často zahrnují procesy rafinace, ve kterých musí být kov získáván z kyselého výluhu (Di Natale aj., 2017). Stejně jako ostatní platinové kovy je palladium poměrně vzácné. Má také krásnou lesklou

povrchovou úpravu, která se snadno nepoškozuje. Tyto vlastnosti jsou žádoucí při výrobě šperků a uměleckých předmětů (Bindl aj., 2013).

Kendall (2004) konstatuje, že palladium je vzácný kov, který je v současné době vzácnější než zlato či stříbro, jelikož je ho na světě podstatně méně. V posledních několika letech se platina postupně nahrazuje právě palladiem, jelikož je mnohem levnější než platina i přesto, že oba kovy mají jednoznačně srovnatelnou výrobní kvalitu (Grdeň, 2008).

Dle Ranganai and Kubheka (2016) je Jihoafrická republika hnízdem kovů platinové skupiny, a to zejména tedy palladia. Tento kov má mnoho jedinečných chemických a fyzikálních vlastností, které ho činí naprosto výjimečným. V dnešní době je zcela nepostradatelnou složkou pro mnohé technologie, průmysl, trh či lékařskou oblast. Vysoká poptávka po kovech platinové skupiny v průmyslu vyvolává rostoucí zájem o jejich zdroje (Bazarkina aj., 2014).

Predikce vývoje ceny palladia je proto velmi důležitá. K tomuto odhadu mohou sloužit například umělé neuronové sítě. Ty mohou být použity pro regresi, klasifikaci, apod. Jejich výhodou je zejména schopnost pracovat s velkými daty, přesností výsledků nebo s jednoduchostí využitím získané neuronové sítě. Hlavní nevýhodou je způsob vytváření jednotlivých modelů umělých neuronových sítí (Rowland and Vrbka, 2016).

Neuronové sítě mají mnoho výhod oproti běžným metodám. Mají poměrně snadné použití a jsou využívány zejména pro komplexní problémy a prognózy. Neuronové sítě jsou tedy snadno použitelné a srozumitelné ve srovnání se statistickými metodami (Zhu aj., 2014). Jsou schopny rychle a s vysokou přesností analyzovat složité vzory a jsou flexibilní v jejich samotném využití (Santin, 2008). Nevýhodou neuronových sítí je jejich požadavek na velké údaje o vzorku, protože pro vytvoření takového množství dat, je zapotřebí provést spoustu zkušebních pozorování, což je pro uživatele velmi nepohodlné (Suka aj., 2007 and Hossain aj., 2017).

Cílem článku je provést regresní analýzu vývoje tzv. ranní ceny palladia na newyorské burze pomocí lineární regrese a umělých neuronových sítí. Obě tyto metody následně porovnat a určit přijatelnější z nich pro případnou predikci budoucího vývoje ceny palladia na newyorské burze.

Metodika

Data pro analýzu jsou k dispozici na webových stránkách newyorské burzy, případně Světové banky atd. Klíčová hodnota pro stanovení referenční ceny palladia je tzv. London Fix Price (London Fix). Tato cena je vyhlášována dvakrát denně ve dnech, kdy se s palladiem v Londýně obchoduje. Ranní (dopolední) je označována jako AM a je vyhlášována v 09:45 londýnského času, přičemž odpolední cena vyhlášovaná v 14:00 se označuje jako PM. Stanovování probíhá každý pracovní den kromě 24. prosince – tedy pokud je tento den pracovním dnem – a 31. prosince (pokud je pracovním dnem, není stanovena odpolední cena). Proces stanovení London Fix Price je jasně daný. Předsedající fixingové komise nejprve navrhne otevírací cenu, která se pohybuje v blízkosti spotové ceny. Jednotliví členové komise poté kontaktují svá obchodní oddělení a řeší, kdo a jaké množství palladia bude za danou cenu prodávat a nakupovat. Mohou přitom mírně korigovat cenu tak, aby nabídka a poptávka po palladiu těchto pěti obchodníků byla srovnána a nebyl mezi nimi žádný převis poptávky či

nabídky. Následně je stanoven London Fix. Celý tento proces trvá obvykle pouze 10-20 minut, přičemž cena je stanovována v amerických dolarech (USD), britských librách (GBP) a eurech (EUR) za jednu trojskou unci (značka Oz, odpovídá 31,1034807 gramům).

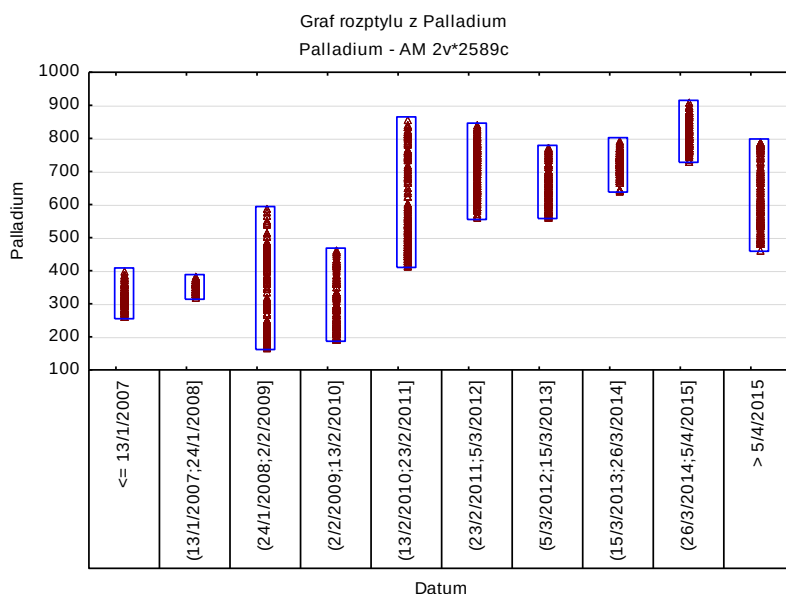
V tomto případě jsou využita data London Fix Price AM v době od 3. ledna 2006 do 15. dubna 2016. Celkem se jedná o 2589 údajů o ranní ceně palladia. Popisné charakteristiky dat jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Popisná charakteristika	Hodnota v USD
Minimální hodnota	168
Maximální hodnota	909
Průměrná hodnota	541
Rozptyl	40358

Tabulka 1 - Charakteristiky datového souboru

Zdroj: Autoři

Na obrázku č. 1 je uveden rozptyl hodnot v jednotlivých periodách sledovaného časového období. Můžeme tak sledovat velmi zajímavý vývoj ceny palladia v čase.



Obrázek 1 - Graf rozptylu ceny palladia (London Fix AM)

Zdroj: Autoři

Pro zpracování dat bude využit software Statistica ve verzi 12 společnosti DELL. Provedena bude nejprve lineární regrese, následovat bude regrese provedená pomocí umělých neuronových sítí. Nejprve bude spočítán korelační koeficient, tedy závislost ceny palladia na čase. Hladina významnosti bude na úrovni 0,95. Lineární regrese bude provedena na zkoumaném vzorku dat pro tyto funkce:

- Lineární,
- Polynomiální,
- Logaritmickou,
- Exponenciální,
- Mnohočlen vážených vzdáleností,

- Mnohočlen negativně-exponenciální vyhlazování,
- Spline.

Následovat bude regrese pomocí neuronových sítí. Generovány budou vícevrstvé perceptronové sítě (dále jen MLP – Multi-Layer Perceptron) a síť základní radiální funkce (dále jen RBF – Radial Basis Function). Nezávislou proměnnou bude čas, závislou proměnnou pak cena palladia. Časová řada bude přitom rozdělena na tři soubory, a to trénovací, testovací a validační. V trénovacím souboru, který slouží k vygenerování neuronové struktury, bude 70 % vstupních údajů. Testovací a validační soubor budou obsahovat shodně 15 % vstupních údajů. Slouží pro ověření spolehlivosti nalezené neuronové struktury (modelu). Zpoždění časové řady bude na hodnotě 1. Generováno bude celkem 1000 neuronových sítí, z nichž 5, které budou vykazovat nejlepší charakteristiky, bude uchováno. Při výběru nejvhodnějších sítí budeme vycházet z metody nejmenších čtverců. Generování sítí bude ukončeno, pokud nebude docházet ke zlepšení, tedy ke snižování hodnoty součtu čtverců. Uchovány budou tedy ty neuronové struktury, jejichž součet čtverců reziduí ku skutečnému vývoji palladia bude co nejmenší (ideálně nula). Ve skryté vrstvě MLP sítí budou nejméně dva neurony, maximálně ovšem 20 neuronů. V případě RBF sítí bude ve skryté vrstvě nejméně 21 neuronů, nejvýše pak 30. Pro MLP síť budou uvažovány tyto distribuční funkce ve skryté i výstupní vrstvě:

- Identita,
- Logistickou,
- Atanh,
- Exponenciální,
- Sinus.

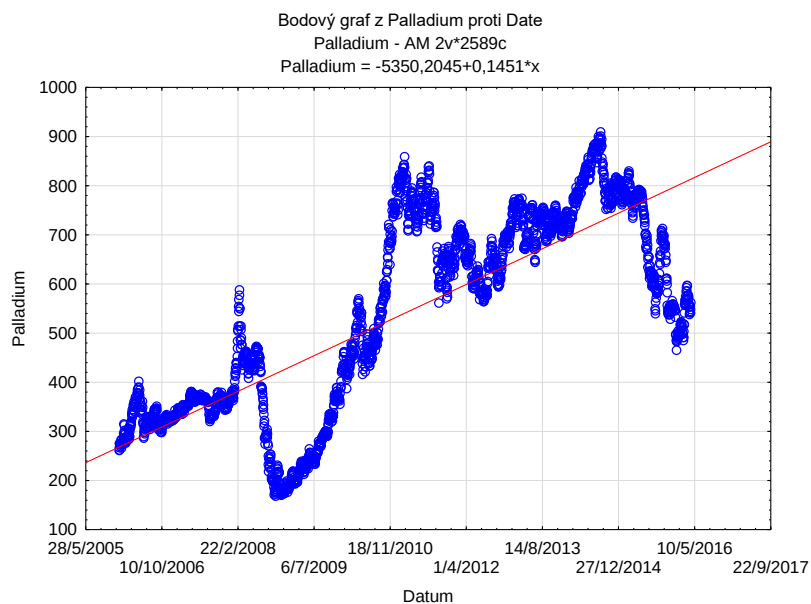
Ostatní nastavení ponecháme dle nástroje ATS – automatická tvorba sítí defaultní. V závěru poté budou porovnány výsledky lineární regrese a regrese pomocí neuronových sítí. Porovnání nebude probíhat formou analýzy reziduí (minimální, maximální hodnoty, rozptyl reziduí atd.), ale na úrovni expertního pohledu a zkušenosti hodnotitele, tedy ekonoma.

Výsledky

Dle stanovené metodiky bude nejprve provedena lineární regrese. Následovat bude regrese pomocí umělých neuronových sítí.

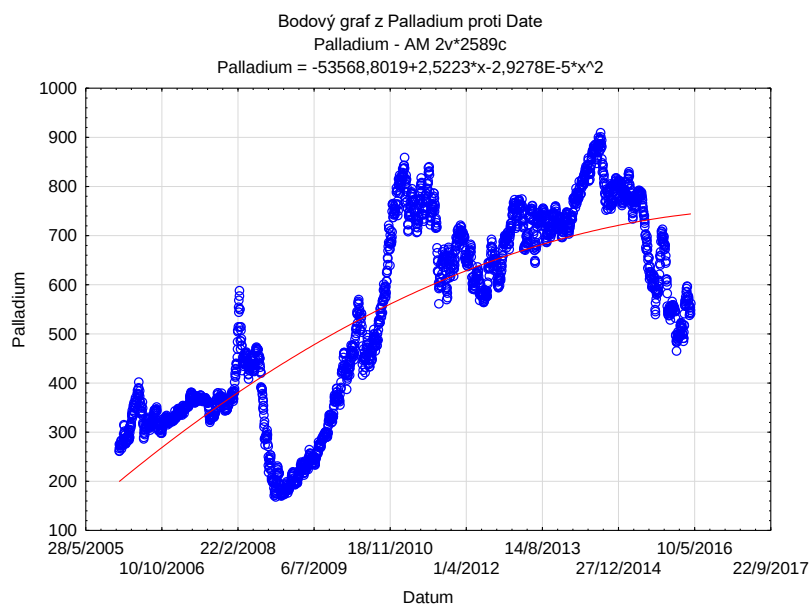
a) Lineární regrese

Korelační koeficient vychází 0,7826. Naznačuje tak významnou statistickou závislost palladia na vývoji v čase. Jako první byl sestaven bodový graf, kdy jednotlivé body byly proloženy regresní křivkou, v tomto případě lineární. Parametry přímky jsou patrné z obrázku č. 2. Plná čára představuje v následujících obrázcích vždy regresní funkci.



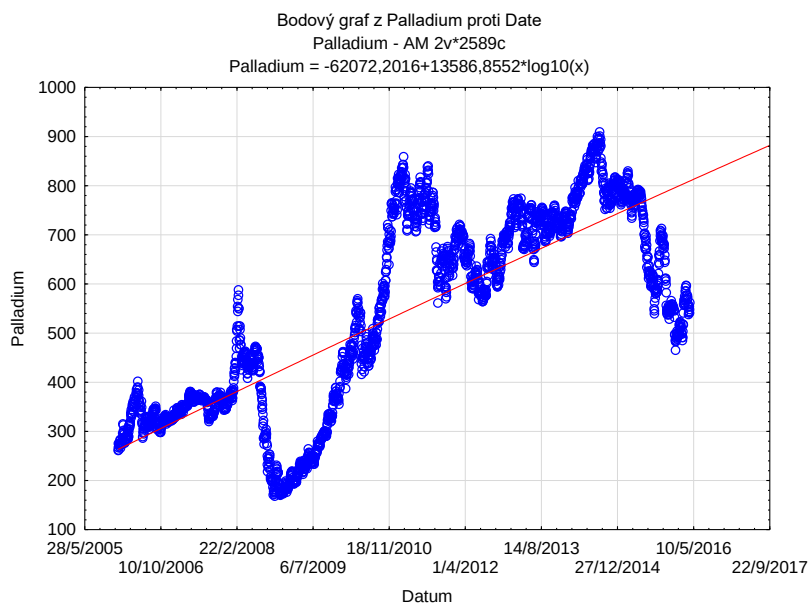
Obrázek 2 - Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou - lineární funkcí
Zdroj: Autoři

Obrázek č. 3 představuje proložení bodového grafu polynomiální funkcí.



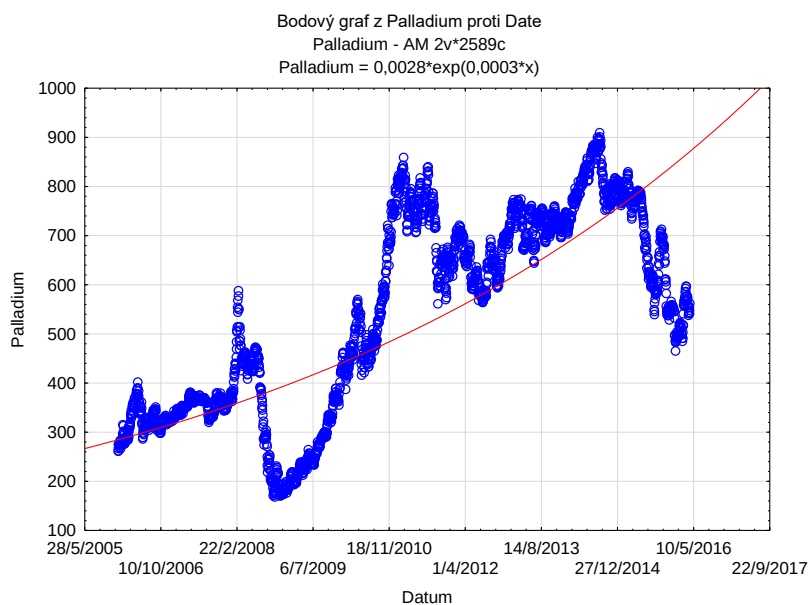
Obrázek 3 - Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou - polynomiální funkcí
Zdroj: Autoři

Na obrázku č. 4 je představen bodový graf London Fix Price proložený logaritmickou funkcí.



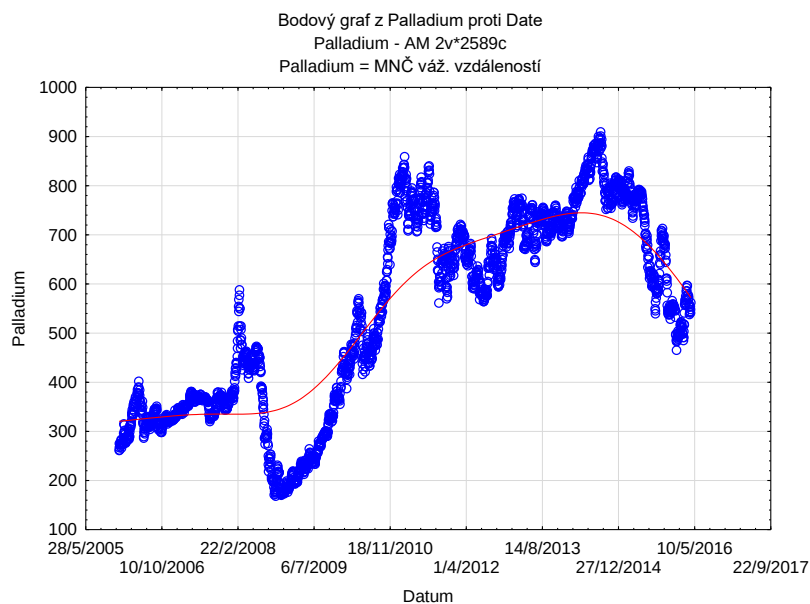
Obrázek 4: Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou - logaritmickou funkcí
Zdroj: Autoři

Obrázek č. 5 nabízí bodový graf proložený exponenciální funkcí.



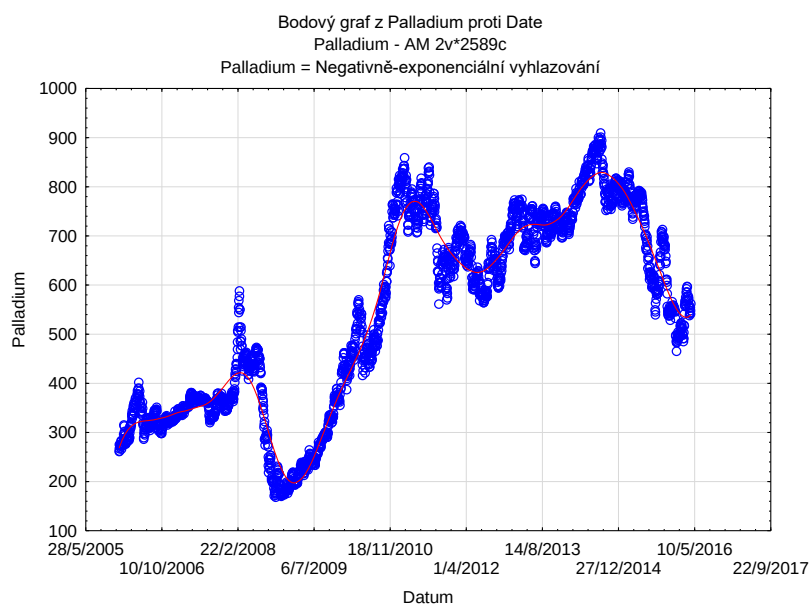
Obrázek 5 - Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou - exponenciální funkcí
Zdroj: Autoři

Obrázek č. 6 zobrazuje bodový graf vývoje cen palladia proložený funkcí získanou metodou nejmenších čtverců vážených vzdáleností.



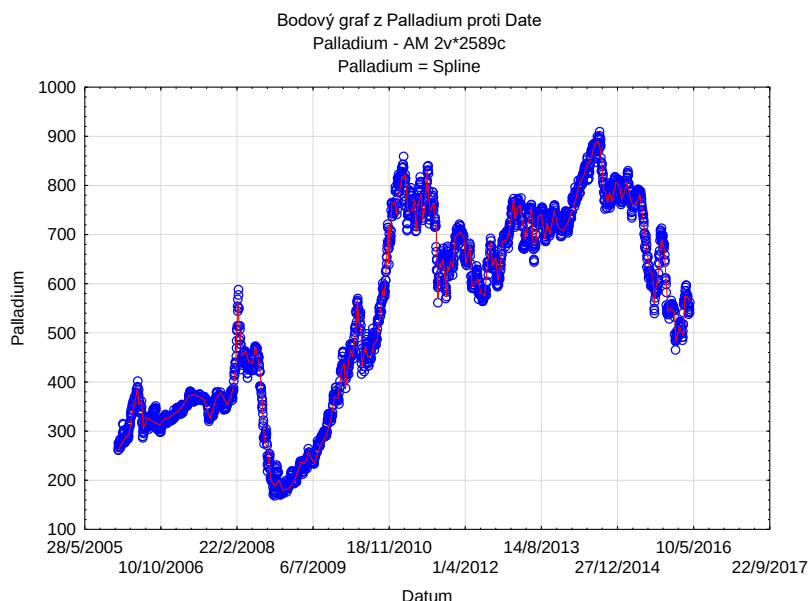
Obrázek 6 - Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou - funkcí MNČ vážených vzdáleností
Zdroj: Autoři

Proložení funkcí získanou pomocí metody nejmenších čtverců negativně – exponenciálním vyhlazováním lze spatřit na obrázku č. 7.



Obrázek 7: Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou - funkcí MNČ negativně exponenciální vyhlazování
Zdroj: Autoři

Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou, tentokrát ovšem funkcí spline, nabízí obrázek č. 8.



Obrázek 8 - Bodový graf ceny palladia proložený regresní křivkou - spline
Zdroj: Autoři

Již výše bylo konstatováno, že korelační koeficient naznačuje poměrně významnou statistickou závislost cílové proměnné na vývoji v čase. Při zhodnocení výsledků pouze optickým srovnáním vývoje London Fix Price AM a tvaru regresní křivky (zároveň je potřeba brát v úvahu jednoduchou lineární regresi) lze konstatovat, že nejbližší se vývoji přibližuje křivka získaná funkcí spline. V pořadí následují křivka získaná metodou nejmenších čtverců – negativně-exponenciálním vyhlazováním a další křivka stanovená metodou nejmenších čtverců, tentokrát vážených vzdáleností. Všechny tyto křivky kopírují základní vývoj ceny palladia. Křivky získané metodou nejmenších čtverců se minimálně vzdalují od skutečného vývoje a vystihují globální extrémy. Křivka získaná funkcí spline ovšem sleduje i lokální extrémy tohoto vývoje. Ostatní křivky se poměrně dost odlišují od skutečného vývoje. Funkce spline se tak jeví z hlediska možné predikce London Fix Price AM efektivně, byť ještě poněkud ve výsledku nepřesně.

b) Umělé neuronové sítě

Na základě postupu, který byl uveden v metodice, bylo vygenerováno celkem 1000 neuronových sítí, z nichž 5 sítí, které vykazují nejlepší charakteristiky, bylo uchováno. Přehled těchto sítí, i s jejich parametry, je uveden v tabulce č. 2.

	Jméno sítě	Trén. výkon	Test. výkon	Valid. výkon	Trén. chyba	Test. chyba	Valid. chyba	Trén. algoritmus	Chybová funkce	Aktivace skrvt vr	Výstupní akt fce
1	MLP 1-12-1	0,998659	0,998654	0,998564	53,88437	55,20330	58,16876	BFGS (Quasi- Newton) 102	Sum. čtvr.	Logistic.	Exponen.
2	MLP 1-4-1	0,998658	0,998663	0,998562	54,00258	54,82962	57,87038	BFGS (Quasi- Newton) 17	Sum. čtvr.	Exponen.	Identita
3	MLP 1-7-1	0,998660	0,998661	0,998563	53,85048	54,94723	58,19574	BFGS (Quasi- Newton) 207	Sum. čtvr.	Tanh	Tanh
4	MLP 1-3-1	0,998660	0,998663	0,998565	53,82481	54,86254	58,11831	BFGS (Quasi- Newton) 865	Sum. čtvr.	Logistic.	Tanh
5	MLP 1-6-1	0,998655	0,998647	0,998566	54,02720	55,48451	58,10171	BFGS (Quasi- Newton) 145	Sum. čtvr.	Exponen.	Exponen.

Tabulka 2: Přehled uchovaných sítí

Zdroj: Autoři

Všechny uchované neuronové struktury jsou MLP síť s jednou skrytou vrstvou. Ve vstupní vrstvě je jediná proměnná, a to čas. Skrytá vrstva obsahuje od 4 do 10 neuronů. Ve výstupní vrstvě je logicky jediný neuron s jednou výstupní proměnnou – cenou palladia. U všech struktur byl aplikován trénovací algoritmus Quasi-Newton. Síť je vzájemně liší ještě druhem použitých aktivačních funkcí ve skryté i výstupní vrstvě neuronů. Zajímavým je rozhodně také trénovací, testovací a validační výkon. Obecně totiž hledáme takovou síť, která má výkon ve všech množinách dat (nutno zde připomenout náhodné rozdělení dat do množin) ideálně stejný a dostatečně vysoký, přičemž chyba by měla být co nejmenší. Takový výkon jednotlivých množin dat lze vyjádřit v podobě korelačního koeficientu (viz tabulka č. 3).

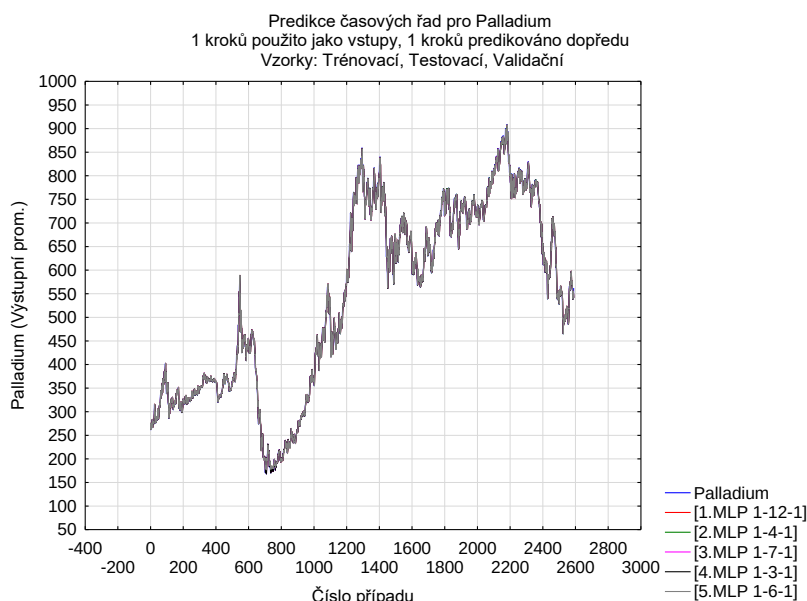
	Palladium Trénovací	Palladium Testovací	Palladium Validační
1.MLP 1-12-1	0,998659	0,998654	0,998564
2.MLP 1-4-1	0,998658	0,998663	0,998562
3.MLP 1-7-1	0,998660	0,998661	0,998563
4.MLP 1-3-1	0,998660	0,998663	0,998565
5.MLP 1-6-1	0,998655	0,998647	0,998566

Tabulka 3: Korelační koeficienty

Zdroj: Autoři

Z uvedených informací vyplývá, že výkon všech uchovaných neuronových sítí je přibližně totožný, nepatrné rozdíly nemají na výkon jednotlivých struktur žádný vliv.

Na obrázku č. 9 je zobrazen spojnicový graf, který určuje skutečný vývoj ceny palladia (na obrázku označeno jako Palladium) a zároveň vývoj predikcí pomocí jednotlivých vygenerovaných sítí (označeny pořadovým číslem a počtem neuronů v jednotlivých vrstvách).



Obrázek 9: Spojnicový graf - vývoj cen palladia predikovaný neuronovými sítěmi
v porovnání se skutečnou cenou ve sledovaném období
Zdroj: Autoři

Z grafu je patrné, že všechny uchované neuronové sítě predikují vývoj dopolední ceny palladia obdobně. Důležitá ovšem není podobnost předpovědí jednotlivých sítí, ale podobnost se skutečným vývojem ceny palladia. I v tomto ohledu lze konstatovat, že neuronové sítě vypadají na první pohled velmi zajímavě. Respektují totiž globální extrémy křivky hodnotící vývoj ceny palladia, ale mají tendenci registrovat i lokální extrémy.

Závěr

Všeobecně platí, že každá predikce je dána určitou mírou pravděpodobnosti, s níž se vyplní. Ve chvíli, kdy předpovídáme budoucí vývoj jakékoli proměnné, snažíme se na základě dat minulých období, odhadnout budoucí vývoj této proměnné. I přesto, že dokážeme do modelu zahrnout většinu faktorů ovlivňujících cílovou veličinu, vždy dochází ke zjednodušení reality. Vždy ovšem pracujeme s určitou mírou pravděpodobnosti, že se nějaký námi predikovaný scénář naplní. Lineární regrese, ale i regrese pomocí neuronových sítí, způsobila zjednodušení, a to poměrně podstatné. Dáno je to především tím, že pracujeme pouze se dvěma veličinami – vstupní (časem) a výstupní (cenou palladia). Naprosto tedy odhlížíme od jiných vstupních veličin, které samozřejmě mají na konečnou cenu palladia podstatný vliv (např. Vývoj národního hospodářství, politická situace státu, právní prostředí či překážky trhu). Přesto, ba právě proto, že existuje nepřeberné množství faktorů ovlivňujících cenu palladia, musíme přemýšlet, zda práci s časovými řadami nezjednodušujeme vývoj cílové proměnné příliš, nebo naopak jsou ostatní veličiny tak nepodstatné, že nám vstupní veličina – čas – a výstupní veličina – cena palladia – plně postačují. Vzhledem k tomu, že není možné predikovat vznik mimořádných situací a jejich vliv na cenu palladia (maximálně v krátkém časovém horizontu ano, v dlouhém určitě nikoli), je zjednodušení a tvorba relativně jednoduchého modelu na místě a výsledek je užitečný.

London Fix Price (cenu palladia) lze stanovit na základě statistických metod, kauzálních metod a metod intuitivních. Tento příspěvek se věnoval srovnání statistických metod. Tyto nám však daly pouze možný rámec vývoje ceny palladia. Velice důležité je následně pracovat s informacemi o možném budoucím vývoji ekonomického, politického nebo právního prostředí. Pokud budeme schopni predikovat vývoj těchto prostředí, můžeme jej promítnout právě i do ceny palladia. Velmi důležitá je ovšem také osobnost hodnotitele, tedy ekonoma, který na základě svých znalostí a zkušeností koriguje cenu stanovenou rámcově statistickými metodami a upřesněnou na základě kauzálních vazeb.

Cílem tohoto článku bylo provést regresní analýzu vývoje dopolední ceny palladia na newyorské burze pomocí lineární regrese a neuronových sítí, následně obě metody porovnat a určit vhodnější z nich pro případnou predikci budoucího vývoje této ceny. Opticky se nejlépe jevila z lineární regrese křivka získaná funkcí spline. Z neuronových sítí se ukázaly jako v praxi použitelné všechny uchované struktury. Pokud se podíváme na výkon z pohledu koeficientu korelace, zůstávají nám k použití pouze neuronové sítě, mezi nimiž není prakticky žádného rozdílu. Zajímavá by byla určitě také analýza reziduí. Pomohla by bezesporu určit nejlepší z uchovaných neuronových sítí. To však nebylo cílem tohoto článku a analýza reziduí tak může být předmětem dalšího výzkumu.

*Tento článek doporučil k publikování ve vědeckém časopise Mladá veda:
prof. Ing. Jan Váchal, CSc.*

Seznam literatury

1. BARNES, S. J. a W. LIU, 2012. Pt and Pd mobility in hydrothermal fluids: Evidence from komatiites and from thermodynamic modelling. *Ore Geology Reviews*. Roč. 44, s. 49-58. ISSN 0169-1368.
2. BAZARKINA, E. F., G. S. POKROVSKI a J.-L. HAZEMANN, 2014. Structure, stability and geochemical role of palladium chloride complexes in hydrothermal fluids. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Roč. 146, s. 107-131. ISSN 0016-7037.
3. BINDI, L., F. ZACCARINI, G. GARUTI a N. ANGELI, 2013. The solid solution between platinum and palladium in nature. *Mineralogical Magazine*. Roč. 77, č. 3, s. 269-274. ISSN 0026-461x.
4. COLOMBO, C., C. J. OATES, A. J. MONHEMIUS a J. A. PLANT, 2008. Complexation of platinum, palladium and rhodium with inorganic ligands in the environment. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. Roč. 8, č. 1, s. 91-101. ISSN 1467-7873.
5. DI NATALE, F., M. OREFICE, F. LA MOTTA, A. ERTO a A. LANCIA, 2017. Unveiling the potentialities of activated carbon in recovering palladium from model leaching solutions. *Separation and Purification Technology*. Roč. 174, s. 183-193. ISSN 1383-5866.
6. GRDEŇ, M., M. ŁUKASZEWSKI, G. JERKIEWICZ a A. CZERWIŃSKI, 2008. Electrochemical behaviour of palladium electrode: Oxidation, electrodisolution and ionic adsorption. *Electrochimica Acta*. Roč. 53, č. 26, s. 7583-7598. ISSN 0013-4686.
7. HOSSAIN, M. S., Z. CH. ONG, Z. ISMAIL, S. NOROOZI a S. Y. KHOO, 2017. Artificial neural networks for vibration based inverse parametric identifications: A review. *Applied Soft Computing*. Roč. 52, s. 203-219. ISSN 1568-4946.
8. KENDALL, T., 2004. The London Platinum and Palladium Market: The role of the LPPM in the daily price fixings of platinum and palladium prices. *Platinum Metals Review*. Roč. 48, č. 1, s. 13-14. ISSN 0032-1400.
9. MAYER, B., N. WITTIG, M. HUMAYUN a I. LEYA, 2015. Palladium isotopic evidence for nucleosynthetic and cosmogenic isotope anomalies in IVB iron meteorites. *The Astrophysical Journal*. Roč. 809, č. 2, s. 180-188. ISSN 1538-4357.

10. RANGANAI, E. a S. B. KUBHEKA, 2016. Long memory mean and volatility models of platinum and palladium price return series under heavy tailed distributions. *SpringerPlus*. Roč. 5, č. 1, s. 1-20. ISSN 2193-1801.
11. ROWLAND, Z. aj. VRBKA, 2016. Using artificial neural networks for prediction of key indicators of a company in global world. *16th International Scientific Conference on Globalization and its Socio-Economic Consequences*. Inst Technol & Business Ceske Budejovice, Okruzni 10, Ceske Budejovice, Czech Republic, s. 1896-1903. ISBN 978-80-8154-191-9.
12. SANTIN, D., 2008. On the approximation of production functions: a comparison of artificial neural networks frontiers and efficiency techniques. *Applied Economics Letters*. Roč. 15, č. 8, s. 597-600. ISSN 1350-4851.
13. SOTNIKOV, V. I., A. N. BERZINA, M. ECONOMOU-ELIOPOULOS a D. G. ELIOPOULOS, 2001. Palladium, platinum and gold distribution in porphyry Cu±Mo deposits of Russia and Mongolia. *Ore Geology Reviews*. Roč. 18, č. 1-2, s. 95-111. ISSN 0169-1368.
14. SUKA, M., S. OEDA, T. ICHIMURA a J. TAKEZAWA, 2007. Advantages and disadvantages of neural networks for predicting clinical outcomes. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*. Hong Kong, China, s. 839-844. ISBN 978-988-98671-4-0.
15. ZHU, Q.-J., L.-CH. TIAN, X.-H. YANG, L.-F. GAN, N. ZHAO a Y.-Y. MA, 2014. Advantages of Artificial Neural Network in Neutron Spectra Unfolding. *Chinese Physics Letters*. Roč. 31, č. 7. ISSN 0256-307x.
16. ZIMMERMANN, S., C. WOLFF a B. SURES, 2017. Toxicity of platinum, palladium and rhodium to *Daphnia magna* in single and binary metal exposure experiments. *Environmental Pollution*. Roč. 224, s. 368-376. ISSN 0269-7491.