

**ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA**  
**Specifický vysokoškolský výzkum**

<b>Název projektu:</b>	<b>Tvorba jednoúčelové umělé neuronové sítě pro predikci budoucího vývoje časových řad cen akcií dopravní/přepravní společnosti v ČR (SVV201901)</b>
<b>Hlavní řešitel:</b>	prof. Ing. Marek Vochozka, Ph.D., MBA
<b>Další řešitelé (studenti)</b>	Bc. Kristýna Holá Bc. Patrik Gross Bc. David Matoušek Bc. Martin Klečka Bc. Michal Kamenický Bc. Marek Hrstka Bc. Eva Kalinová
<b>Další řešitelé (AP):</b>	Ing. Veronika Machová, MBA Ing. Jakub Horák

### Krátký popis projektu:

Cílem projektu je vytvoření jednoúčelové umělé neuronové sítě využitelné pro konkrétní podnik. Umělá neuronová struktura bude vytvořena na základě časových řad cen akcií daného podniku v horizontu střednědobého a dlouhodobého období (bude sledován cenový vývoj konkrétních firemních akcií u dopravní/přepravní společnosti v ČR). Pro výzkumnou část bude využito softwarového řešení programu Mathematica, přičemž významnou přidanou hodnotou projektu bude představovat hlavní výstup, a to v podobě jednoúčelové umělé neuronové sítě.

Vytvořená neuronová síť bude schopna reflektovat rychle se měnící akciový trh a poskytovat validní výsledky v kratší periodě, než je standardní doba obchodování s akciemi. Vedle technického řešení bude hlavní výstup podložen metodikou, která bude zahrnovat dílčí postupy řešení, až po komplexní přístup k vytvoření této jednoúčelové neuronové sítě. Spojení tématu hodnocení podniku a odhadu budoucího vývoje ceny akcií (tedy klasifikační analýzy s predikcí časových řad) je vlastně spojením fundamentální a technické analýzy.

Cílovou skupinu projektu (projektového týmu) budou tvořit akademičtí pracovníci Ústavu znalectví a oceňování a studenti navazujícího magisterského programu Logistické technologie. Velký význam zde představuje propojení spolupráce studentů a akademických (vědeckých) pracovníků Ústavu znalectví a oceňování, přičemž výhodou pro řešení jsou již zkušenosti u studentů, kteří se podíleli na řešení projektu Specifického výzkumu v roce 2018, je tedy zjevná motivace studentů zapojovat se do výzkumného řešení.

### Popis dosažených výsledků (popis dosažených cílů, změny oproti původnímu plánu apod.):

Hlavním cílem projektu s ohledem na výše uvedený popis projektu bylo vytvoření jednoúčelové umělé neuronové sítě využitelné pro konkrétní podnik. Pro analýzu byla vybrána společnost FedEx, která má veřejně obchodovatelné akcie a lze dohledat časovou řadu vývoje cen akcií. FedEx (dříve Federal Express) je původně americkou společností zabývající se kurýrními a logistickými službami. Založena byla roku 1971, přičemž v České republice působí od roku 1991. Byly využity konkrétní hodnoty akcií ve všech dnech, kdy se na trhu s těmito akciemi obchodovalo (mimo víkendy, svátky), a to na New Yorkské burze cenných papírů za období od 3. 1. 2011 do 3. 12. 2019.

Pro analýzu byl použit, oproti původním předpokladům (software Mathematica), software Statistica společnosti Tibco. Důvodem je aktualizace softwaru na verzi 13, díky čemuž bylo možné i v tomto uživatelsky přívětivějším softwaru vytvořit jednoúčelovou umělou neuronovou síť. Použita byla regresní analýza pomocí umělých neuronových sítí (analýza časových řad). Cílovou proměnnou byla závěrečná cena a vstupními proměnnými pak Datum, Den týdne, Den v měsíci, Měsíc a Rok. Datový soubor byl rozdělen na tři skupiny dat: trénovací (obsahující 70 % vstupních dat), testovací a validační (obsahující shodně 15 % dat). Výpočet byl proveden formou experimentu, kdy použito bylo několik variant počtu časových kroků jako vstupů (zpoždění časové řady): 1, 5 a 10. Trénováno bylo vždy 10 000 umělých neuronových sítí, z nichž 5, které vykazovaly nejlepší charakteristiky, bylo uchováno. Generovány byly dva druhy sítí, a to vícevrstvé perceptronové sítě (MLP) a sítě základní radiální funkce (RBF). Použity byly tyto typy aktivačních funkcí (ve skryté i výstupní vrstvě neuronů): identita, logistická, hyperbolický tangens, exponenciální a sinus.

Vytvořeny tak byly 3 sady výsledků, u nichž byla srovnávána schopnost jednotlivých uchovaných sítí prezentovat a predikovat vývoj ceny akcií vybraného podniku. Nejlepších výsledků vykazovala neuronová síť získaná výpočtem v posunu časové řady o 10 dní, a to v tomto výpočtu v pořadí třetí uchovaná síť MLP 50-11-1. Je tak vytvořena jednoúčelová umělá neuronová síť schopná rychle reflektovat měnící se akciový trh a poskytnou validní výsledky. Všechny výsledky včetně grafického vyjádření a stanovené metodiky pro tvorbu této jedinečné sítě jsou prezentovány ve vzniklé odborné monografii, která je též výstupem projektu. V dané monografii je prezentován v plném rozsahu též dílčí výstup projektu, a to literární rešerše, kde byla popsána:

- Kompletní finanční analýza daného podniku (včetně porovnání finančního stavu vybrané dopravní/přepravní společnosti s dalšími podobnými podniky v oboru).
- Problematika vývoje cen akcií a obchodování na burze.
- Časové řady a jejich predikce (obecný popis časových řad, metody pro predikci časových řad).
- Problematika využití umělé inteligence (umělých neuronových sítí), zejména pak právě pro predikci časových řad (obecný popis neuronových sítí, jejich výhody, nevýhody, využití pro predikci časových řad, konkrétní použití v praxi).
- Specifika dopravních a přepravních podniků v ČR.

Dále byl v rámci cílů projektu připraven odborný recenzovaný článek, který byl uplatněný na vědecké konferenci International Masaryk Conference for Ph.D. Students and Young Researchers 2019, vol. X (16.-18. 12. 2019). V anglickém jazyce psaný článek s názvem „Model creation for predictiong the future development of transportation companies using classification analysis with the help of artificial neural networks“ („Tvorba modelu pro predikci budoucího vývoje dopravních společností za využití klasifikační analýzy pomocí umělých neuronových sítí“) úspěšně prošel recenzním řízením a bude uveden ve sborníku konference, který by měl být také indexován v renomované světové vědecké databázi Web of Science. Sborník bude v nejbližší době zaslán autorům, kterými byli v tomto případě M. Vochozka, V. Machová a J. Horák. Výstupy v podobě odborné monografie a odborného recenzovaného článku obsahují informaci o tom, že prezentovaný výzkum byl podpořen právě projektem Specifického vysokoškolského výzkumu SVV201901.

V závislosti na stanovené výstupy projektu byl také vytvořen 3D model umělé neuronové sítě. Vzhledem k vysokému počtu vstupních a skrytých neuronů výsledné nejlepší sítě nebylo technicky možné zadat tisk 3D modelu této sítě. Vyhotoven byl proto obecný model neuronové sítě se čtyřmi vstupními neurony, pěti skrytými a jedním výstupním. Jednotlivé vrstvy byly také barevně odlišeny, viz obrázek č. 1:

Obrázek č. 1: Vytvořený 3D model umělé neuronové sítě



Zdroj: Vlastní.

Cílů projektu bylo dosaženo za spolupráce obou cílových skupin projektu, a to jak akademických pracovníků, tak vybraných studentů. Veškeré uvedené výsledky byly dosaženy dle časového harmonogramu projektu. Práce studentů i akademických pracovníků byla řízen hlavním manažerem projektu.

### Způsob zapojení studentů:

Vybraní studenti se podíleli ve velké míře na zpracování dílčího cíle, a to zpracování odborné rozsáhlé literární rešerše. Seznámili se tak s metodou umělých neuronových sítí, problematikou akcí a obchodování na burze, časovými řadami a jejich predikcí. Přidali také informace o specifikách dopravních/přepravních podniků. Při řešení projektu tak využívali své dosavadní znalosti ze studijního n\_MGR programu a propojili tyto znalosti s novými, spíše ekonomicky zaměřenými informacemi. Získali tak jiný pohled na problematiku, které se věnují během svého studia. Studenti se díky zpracování obsáhlé literární rešerše seznámili s renomovanými vědeckými databázemi Web of Science a Scopus, ale i s dalšími tematicky vhodnými publikacemi. Jsou tak bez větších problémů schopni najít patřičné kvalitní informace. Tuto zkušenost využijí i v průběhu dalšího studia (při zpracování seminárních a semestrálních prací či při tvorbě diplomových prací). Studenti se také podíleli na zajištění a úpravě dat pro výpočet a identifikaci jedinečné neuronové struktury a finálním návrhu a úpravě odborné monografie. Seznámili se částečně též s 3D tiskem, kdy vyhledávali vhodný .stl formát pro tisk 3D modelu neuronové struktury.

### Popis nákladových položek:

POPIS POLOŽKY		Plán	Skutečnost	Rozdíl
<b>A</b>	<b>Mzdy zaměstnanců</b>	<b>70 600</b>	<b>70 604,70</b>	<b>-4,7</b>
1 A	<i>jméno</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>
	Prof. Ing. Marek Vochozka, MBA, Ph.D. (odměna)	8 579,30	8 579,30	0
	Ing. Veronika Machová, MBA (odměna)	6 012,7	6 012,7	0
	Ing. Jakub Horák (odměna)	6 008	6 012,7	-4,70
	Bc. Kristýna Holá	6 500	6 500	0
	Bc. Patrik Gross	6 500	6 500	0
	Bc. David Matoušek	6 500	6 500	0
	Bc. Martin Klečka	6 500	6 500	0
	Bc. Michal Kamenický	6 500	6 500	0
	Bc. Marek Hrstka	6 500	6 500	0
	Bc. Eva Kalinová	12 500	12 500	0

POPIS POLOŽKY		Plán	Skutečnost	Rozdíl
<b>B</b>	<b>Ostatní osobní náklady</b>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>
1 B	<i>jméno</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>
...				
<b>C</b>	<b>Stipendia</b>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>
1 C	<i>jméno</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>
<b>D</b>	<b>Provozní náklady (cestovné, materiál, kancelářské potřeby)</b>	<b>35 000</b>	<b>33 161,13</b>	<b>1 838,37</b>
1 D	<i>název</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>
	NTB	17 000	16 790	210
	Odborná literatura	18 000	16 371,13	1 628,37
<b>Celkem</b>				
<b>E</b>	<b>Investiční náklady</b>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>
1 E	<i>název</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>
2 E				
...				
<b>F</b>	<b>Služby</b>	<b>44 000</b>	<b>45 770</b>	<b>- 1 770</b>
1 F	<i>název</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>
2 F	Nákup dat Albertina	6 000	6 500	-500
...	Překlad článku včetně korekce	5 000	4 500	500
	Konferenční poplatek	0	1 900	-1900
	Tisk a vydání odborné monografie vč. grafické úpravy	30 000	32 870	-2 870
	Tisk neuronové sítě	3 000	0	3 000
<b>G</b>	<b>Další náklady projektu</b>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>	<i>Částka celkem</i>
1 G	<i>název</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>	<i>Částka v Kč</i>
2 G				
...				
<b>CELKEM</b>		<b>149 600</b>	<b>149 535,83</b>	<b>64,17</b>



**Komentář k rozpočtu:**

V průběhu řešeného projektu došlo k přesunu financí v rámci položek sekce F služby a dále k přesunu ze sekce D do sekce F. Došlo k vytvoření položky konferenční položky, která souvisela s přípravou článku jako jednoho výstupu projektu. Rozpočet byl takřka vyčerpán s ohledem na stanovené cíle projektu – nedočerpaná částka 64,17 Kč.

V Českých Budějovicích dne 10. 1. 2020

*prof. Ing. Marek Vochozka, MBA, Ph.D.*

*v. r.*