

# Limitations of classical statistical models in the process of usage and possibilities of using neural networks in the field of predicting financial situation of the business

Adriana Stanková<sup>1</sup>, Anton Marci<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Economics in Bratislava  
Faculty of Economic Informatics, Department of Accounting and Auditing  
Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava, Slovakia  
E-mail: [stankova.adriana22@gmail.com](mailto:stankova.adriana22@gmail.com)

<sup>2</sup>University of Economics in Bratislava  
Faculty of Economic Informatics, Department of Accounting and Auditing  
Dolnozemska cesta 1/b, 852 35 Bratislava, Slovakia  
E-mail: [anton.marci77@gmail.com](mailto:anton.marci77@gmail.com)

**Abstract:** *Information on possible financial problems of enterprise at the time of uncertain economic development is important to investors, owners, employees and others. It is therefore important that the models used to predict future financial situation of the company are reliable. The aim of the research is to point to possible limitations in the Slovak Republic the most commonly used mathematical and statistical models, which are discriminant analysis and logistic regression and demonstrate the possibility of using neural networks. Shortcomings of mathematical and statistical models can be identified in the field of the definition of successful and unsuccessful companies, changes over time, changes in the economic environment and the selection of enterprises on which models are formed. Some of the identified deficiencies could be eliminated by using neural network instead of the most commonly used mathematical and statistical methods. Nevertheless, neural networks are still not in most cases used for the purpose of forecasting future financial conditions entities in the Slovak Republic and the usage of neural networks could be appropriate in the field of predicting the future financial situation of the company.*

*Keywords: neural networks, discriminant analysis, logistic regression*

*JEL codes: M40, M41, M49, C40, C45*

## 1 Úvod

V súčasnosti je o predikčné modely veľký záujem a to hneď z niekoľkých dôvodov. Informácia o skutočnosti, že podnikateľský subjekt smeruje k bankrotu má obrovský význam či už pre majiteľov podniku, investorov, manažment, zamestnancov, veriteľov a pod. V záujme vrcholového manažmentu je čím skôr rozpoznať slabé a silné stránky spoločnosti, aby mohli uskutočniť potrebné opatrenia vedúce k eliminácii finančných problémov a prekážok brzdiacich rozvoj podniku. Bankrot veľkých, nadnárodných spoločností, sa často týka aj zamestnancov, investorov, veriteľov a v neposlednom rade aj iných podnikov, ktorí boli s bankrotujúcou spoločnosťou v priamom alebo nepriamom kontakte. Z tohto pohľadu je predikcia finančnej situácie dôležitá nie len pre vedenie podniku ale aj pre národnú ekonomiku. Ďalším, veľmi významným dôvodom, ktorý zdôrazňuje stále väčšiu potrebu využívania predikčných modelov je momentálna nestabilita ekonomického prostredia spôsobujúca nemalé problémy mnohým podnikateľským subjektom.

V Slovenskej republike sú medzi najviac využívanými modelmi na predikciu budúcnosti finančných podmienok účtovných jednotiek modely diskriminačnej analýzy a logistickej regresie. Tieto modely sú široko využívané aj napriek faktu, že niekoľko štúdií poukazuje na ich neuspokojivé výsledky v oblasti predikcie. Tento článok je zameraný na realizačné obmedzenia využitia klasických štatistických modelov pri prognózovaní budúcej finančnej situácie podnikateľských subjektov.

## 2 Realizačné obmedzenia modelov diskriminačnej analýzy a logistickej regresie

Prognózovanie budúcej situácie podnikateľského subjektu prostredníctvom metód viacrozmernej diskriminačnej analýzy a logistickej regresie je veľmi rozsiahlo využívané, no v skutočnosti pri predikcii zlyhania spoločností majú tieto metódy určité obmedzenia, ktoré zväčša vyplývajú už z ich samotnej podstaty.

Jedným zo základných predpokladov viacrozmernej diskriminačnej analýzy a logistickej regresie je dichotomická závislá premenná. Čo vyžaduje, aby skupiny spoločností s dobrou finančnou situáciou a neuspokojivou finančnou situáciou boli jednoznačne definované a zreteľne odlišiteľné. V praktickej aplikácii sa však tento predpoklad realizuje len veľmi ťažko. Problémom je samotná definícia zlyhávajúcich spoločností, od ktorej je závislá klasifikácia spoločností, na základe ktorých je predikčný model vytvorený. Altman poukazuje na fakt, že väčšina modelov využíva vzorku zloženú z dvoch prioritných skupín „neúspešné“ a „úspešné“ firmy. V závislosti od inklinácie výskumníka alebo od lokálnych podmienok sa môže definícia neúspechu líšiť. (Altman, Narayanan, 1997). V mnohých štúdiách sa využíva právna definícia bankrotu, respektíve zlyhania spoločnosti (Ooghe a Joos, 1990; Ward a Foster, 1997; Van Caillie, 1999; Dirickx a Van Landeghem, 1994; Danubie a Meskens, 2002; Charitou a kol., 2004), čo charakterizuje spoločnosť za zlyhávajúcu, pokiaľ je takto špecifikovaná určitým právnym statusom. To umožňuje ľahko rozdeliť vzorku spoločností do dvoch skupín a presne určiť aj okamih zmeny tohto statusu. Tento prístup však má aj určité obmedzenia. Prvým je skutočnosť, že moment právneho zlyhania spoločnosti často nezodpovedá momentu, kedy spoločnosť skutočne zlyhala a v dôsledku toho dochádza k významnému časovému rozdielu medzi týmito dvoma momentmi. Okrem toho môže spoločnosť vykazovať veľa charakteristík zlyhávajúcej spoločnosti a pritom nemusí dôjsť aj k zmene právneho statusu a naopak zo špecifických strategických dôvodov môže aj finančne stabilná spoločnosť podať návrh na konkurz alebo začať proces reštrukturalizácie. A v neposlednom rade je definícia zlyhania spoločnosti rôzna v závislosti od legislatívy krajiny, v ktorej má podnik svoje sídlo. Táto skutočnosť so sebou prináša aj obmedzenie využívania modelu v inej krajine ako v krajine, v ktorej model vznikol a taktiež obmedzenie použitia v prípade legislatívnych zmien. Vzhľadom na uvedené skutočnosti niektorí autori preferujú skôr prístup predikcie *finančnej tiesne* (Keasey a Watson, 1991; Grice a Dugan, 2001; Platt a Platt, 2002). To síce niektoré z vyššie uvedených problémov skutočne rieši, avšak problém nejednoznačnej definície finančne stabilnej spoločnosti a finančne nestabilnej spoločnosti je v tomto prípade omnoho vypuklejší a to z toho dôvodu, že definícia finančnej tiesne je skutočne založená len na subjektívnom názore autora modelu. Je potrebné poznamenať, že rozdelenie vzorky spoločnosti medzi spoľahlivé a zlyhávajúce je zásadné pre tvorbu predikčného modelu a ovplyvňuje výber pomerových ukazovateľov. V tejto súvislosti sa nezdá byť najvhodnejšie zostavovať model na predikciu zlyhania spoločnosti na základe týchto metód.

Modely skonštruované na základe viacrozmernej diskriminačnej analýzy a logistickej regresie sú podmienené splnením predpokladu stacionarity a stability vstupných dát. Stacionarita predpokladá, že vzťahy medzi závislou a nezávislými premennými musia byť stabilné v čase. V situáciách, v ktorých existuje korelácia medzi nezávislými premennými v modely viacrozmernej diskriminačnej analýzy, by mala byť táto korelácia stabilná v čase. Je zrejmé, že stabilita a stacionarita sú úzko prepojené. Viacero publikácií (Barnes, 1987; Richardson a Davidson, 1984; Mensah, 1984; Dambolena a Khoury, 1980) poukazuje na skutočnosť, že vzťahy medzi finančnými pomerovými ukazovateľmi sú nestabilné v čase a to napr. v dôsledku zmien v oblasti inflácie, ekonomických cyklov v danej krajine, úrokových mier. Porušenie predpokladu stacionarity či stability pri predikcii budúcej finančnej situácie podniku má za následok zníženie predikčnej schopnosti modelu v čase a jeho použitie v nasledujúcich časových obdobiach (od vzniku modelu), respektíve pri použití na vzorke firmami z iného časového obdobia môže viesť k chybným predikčným klasifikáciám. Dátová nestabilita v priebehu času ďalej vedie k zmenám v stanovených koeficientoch pomerových ukazovateľov, prípadne k zmenám v

hraničných klasifikačných hodnotách. Tieto skutočnosti by teda mali viesť k pravidelnému testovaniu modelu a prípadne aj k jeho úpravám.

Klasické štatistické modely poskytujú výsledky v podobe fixného skóre, ktoré je nezávislé na čase a teda je potlačená skutočnosť, že podniky sa v priebehu času menia a pretvárajú. V skutočnosti viacrozmerná diskriminačná analýza skôr odpovedá na otázku, či je analyzovaná spoločnosť viac podobná spoločnostiam v úpadku alebo spoločnostiam v dobrej finančnej situácii. V štúdiách sa často zdôrazňujú skutočnosť, že pomerové ukazovatele použité v modeloch majú rozlišovaciu schopnosť jednotlivé podniky správne klasifikovať, ale nie je preukázané, že majú aj predikčnú silu. Pri využívaní viacrozmernej diskriminačnej analýzy a logistickej regresie nie je možné bližšie špecifikovať moment zlyhania spoločnosti a to so sebou prináša určité obmedzenia pri aplikácii modelu, pretože na základe získaného výsledku môžeme len konštatovať, že sa úpadok dá alebo nedá očakávať, no vôbec neodpovedajú na otázku kedy. Tieto statické modely taktiež pristupujú ku zlyhaniu spoločnosti ako k určitej jednorazovej udalosti a nie ako k procesu, ktorý sa skladá z rôznych fáz, od ktorých je chovanie niektorých pomerových ukazovateľov závislé. Vo väčšine štúdií sú modely založené na vzorke krachujúcich spoločností, ktoré sa nachádzajú rok alebo dva pred bankrotom (tzn. Podniky v poslednej fáze úpadku) a to môže predstavovať obmedzenie ak by sme predikovali finančné zdravie podniku viac rokov pred jeho krachom. Potláčaný je aj aspekt „veku spoločnosti“ a teda, či ide o novozaloženú spoločnosť alebo o spoločnosť s dlhoročným pôsobením. Modely taktiež predpokladajú, že jednotlivé podniky zlyhávajú jednotným postupom, čo je samozrejme v rozpore s realitou a tak má model lepšiu predikčnú schopnosť u podnikov, ktorých zlyhanie postupuje podobne (no najlepšie rovnako) ako u podnikov, ktoré boli použité vo vzorke na zostavenie modelu.

Pri tvorbe modelu je základom výber vhodnej vzorky spoločností, na ktorej je model vytvorený. Tvorba tejto vzorky je založená na predpoklade, že podniky sú vybrané náhodne. V skutočnosti sa ale pri tvorbe modelov predikcie budúcej finančnej situácie využíva vzorka zostavená na základe nenáhodného výberu, ktorá dostatočne neodzrkadľuje zloženie spoločností v reálnom svete. Pokiaľ skúmaná vzorka spoločností, ktorá bola použitá k tvorbe modelu má určité charakteristiky ako veľkosť podnikov, odvetvie, a podobne, môže tento model pri predikcii finančného zdravia či úpadku podávať nepresné výsledky u spoločností, ktoré tieto charakteristiky nespĺňajú. Okrem toho tieto charakteristiky predstavujú aj určitý obmedzujúci faktor pri výbere spoločností, pretože veľa bankrotujúcich spoločností je malých a ak je zadané kritériu týkajúce sa práve veľkosti, musia byť niektoré z nich zo vzorky vylúčené. Autori modelov taktiež vynechávajú nekonzistentné alebo neúplné dáta, čo môže mať za následok tiež určité skreslenie modelu, keďže bankrotujúce spoločnosti poskytujú informácie, ktoré často nie sú úplné. Modely viacrozmernej diskriminačnej analýzy sú vytvorené na vzorke podnikov, ktorá bola vybraná párovaním. Tieto skutočnosti, tak ako uviedol vo svojej publikácii Zmijewski (1984), môžu viesť k ovplyvneniu konečnej klasifikácie podniku. No na druhej strane Jones (1987) konštatuje, že pokiaľ by vzorka spoločností použitá k tvorbe modelu bola vybraná náhodne, model určený na predikciu by v skutočnosti rozlišoval medzi veľkými a malými firmami, prípadne medzi jednotlivými odvetviami, vzhľadom na fakt, že bankrotujúce spoločnosti sú zvyčajne malé a podnikajú v utlmenom odvetví a tak by vznikali veľké rozdiely z hľadiska veľkosti a zamerania spoločností. Každopádne je veľmi pravdepodobné, že pri vyváženej vzorke sú určité vlastnosti zastúpené príliš a iné sú podhodnotené alebo nie sú zastúpené vôbec, a to vedie k presnejšej predikcii pri spoločnostiach, ktoré disponujú rovnakými vlastnosťami a možným chybám v predikcii spoločností, ktorých vlastností sú odlišné. Je vidieť, že veľmi záleží na vzorke podnikov, na ktorej je platnosť indexu overovaná a to nie len z hľadiska veľkosti vzorky a podielu prosperujúcich a neprosperujúcich podnikov v nej, ale i z hľadiska veľkostnej a odvetvovej štruktúry (Neumaierová, Neumaier, 2013). Túto skutočnosť potvrdzujú vo svojej publikácii aj Hyránek, Fetisovová, Grell a Nagy (2014), keď konštatujú, že neexistuje všeobecný predikčný model, ktorý by bol vhodný na predikovanie finančného zdravia všetkých podnikateľských subjektov. Aplikovateľnosť akéhokoľvek modelu v praxi je totiž podmienená súladom toho ekonomického prostredia, obdobia a segmentu, v

ktorom bol vytváraný a toho, v ktorom sa má reálne použiť. Môžeme teda konštatovať, že neexistuje taký univerzálny predikčný model, ktorý by bol nezávislý od času a ekonomického prostredia. (Hyránek, Fetisovová, Grell, Nagy, 2014).

Účtovná závierka, ktorá plní funkciu hlavného zdroja informácií, neposkytuje všetky relevantné informácie. Je preukázané, že nefinančné a kvalitatívne údaje by mohli byť vhodné pri analýze zlyhania spoločnosti. Je nevyhnutné poznamenať, že podnikateľský subjekt nie je samostatná a oddelená jednotka, ale práve naopak je súčasťou celku. Vzhľadom na túto skutočnosť by mohol model dosiahnuť vyššiu predikčnú presnosť, keby do neho boli zahrnuté aj informácie z vonkajšieho prostredia. Významné ekonomické ukazovatele (ako napr. aktuálne úrokové sadzby) môžu mať významný vplyv na predikciu pravdepodobnosti bankrotu (Atyia, 2001). Štúdia Swanson a Tybout (1981) rozanalyzovala vplyv rôznych makroekonomických ukazovateľov na bankrot spoločnosti a výsledkom ich analýz je skutočnosť, že výška úrokových sadzieb a existencia tzv. *úverových šokov* patria k ukazovateľom s podstatným vplyvom. Okrem toho modely neodzrkadľujú zmeny a odlišnosti vo vykazovaní v účtovnej závierke, ktoré sú spôsobené jednak legislatívnymi zmenami v rámci jednej krajiny a jednak osobitosťami jednotlivých krajín. Vďaka podobným podmienkam českého a slovenského ekonomického prostredia sa ale predpokladá, že model IN05 na klasifikáciu slovenských podnikov medzi solventné alebo insolventné je vhodnejší než iné modely, hoci postupom času sa v dôsledku legislatívnych zmien zvyšuje potreba aktualizácie váh použitých pri jeho výpočte.

### 3 Záver

Klasické štatistické modely sú veľmi často využívané pri prognózovaní budúcej finančnej stability podnikateľských subjektov. A to aj vzhľadom na skutočnosť, že pri predikcii zlyhania spoločností majú tieto metódy určité obmedzenia, ktoré zväčša vyplývajú už z ich samotnej podstaty. Z tohto dôvodu je podstatné nájsť nové spôsoby predikcie vývoja a potenciálnych problémov účtovných jednotiek v súčasnom nestabilnom ekonomickom prostredí. V súlade so zisteniami nedávnych zahraničných štúdií v oblasti predikcií budúcnosti finančných podmienok účtovných jednotiek pôsobí uspokojivejšie využitie neurónových sietí v porovnaní s matematicko-štatistickými metódami. Základom neurónovej siete je imitácia schopností neurónov modelovať súvislosti medzi individuálnymi indikátormi a výsledkami. Sú populárne najmä vďaka ich jednoduchosti, výkonnosti a prispôsobivosti používania. Napriek tomu stále nie sú vo väčšine prípadov využívané na účely predikcií budúcnosti finančných podmienok účtovných jednotiek v Slovenskej republike.

### Zoznam použitej literatúry

- Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*. Ročník 23, číslo 4, s. 589-609.
- Altman, E.I., (1983). *Corporate financial distress*. New York : John Wiley & Sons.
- Altman, E. I. (2005). An emerging market credit scoring system for corporate bonds. *Emerging Markets Review*. Ročník 6., číslo 4. s. 311-323.
- Altman, E. I. (2006). Corporate financial distress and bankruptcy. *Hoboken : John Wiley & Sons*. ISBN 978-0-471-69189-1.
- Altman, E. I., Haldeman, R., Narayanan, P. (1977). Zeta analysis: A new model to identify bankruptcy risk of corporations. *Journal of Banking and Finance*. Ročník číslo 1, s 29-54. ISSN 0378-4266.
- Altman, E. I., Hartzell, J., Peck, M. (1998). Emerging market corporate bonds – a scoring system. *Emerging Market Capital Flows*. S. 341-400. ISBN 0-7923-9976-5.
- Altman, E. I., Narayanan, P. (1997). An international survey of business failure classification models. *Financial Markets, Institution & Instruments*. Ročník 6, číslo 2, s. 1-57
- Atyia, A. (2001). Bankruptcy prediction for credit risk using neural networks: a survey and new results. *IEEE Transactions on Neural Networks*. Vol. 12, No. 4.

- Barnes, P. (1987). The analysis and use of financial ratios: A review article. *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol. 14, č. 4, 1987, str. 449–461.
- Dambolena, I., Khoury, S. (1980). Ratio stability and corporate failure. *Journal of Finance*, Vol. 33, č. 4, str. 1017–1026.
- Daubie, M., Meskens, N. (2002). Business failure prediction : a review and analysis of the literature. *Working Paper, Department of Productions and Operations Management, Catholic University of Mons, Belgium*, str. 1–15.
- Dirickx, Y., Van Landeghem, G. (1994). Statistical failure prevision problems. *Tijdschrift voor Economie en Management*, Vol. 39, č. 4, str. 429–462.
- Hyránek, E., Fetisovová, E., Grell, M., Nagy, L. (2014). Vývoj modelov prognózovania finančnej situácie podnikov. *Nové trendy v oblasti rozpočtovo-kapitálových a finančných rozhodnutí a ich vplyv na hodnotu podniku : zborník vedeckých statí*. S. 9-22. ISBN 978-80-225-3955-5 .
- Grice, J. S., Dugan, M. T. (2001). The Limitations of Bankruptcy Prediction Models: Some Cautions for the Researcher. *Review of Quantitative Finance and Accounting*. Ročník. 17, s. 151-166.
- Grice, J. S., Dugan, M. T. (2003) Re-estimations of the Zmijewski and Ohlson bankruptcy prediction models. *Advances in Accounting*. Ročník 20, s. 77-93. ISBN 0-7623-1066-9.
- Charitou, A., Neophytou, E., Charalambous, C. (2004). Predicting corporate failure: empirical evidence for the UK. *European Accounting Review*, Vol. 13, č. 3, září 2004, str. 465–497.
- Jones, F. L. (1987). Current techniques in bankruptcy prediction. *Journal of Accounting Literature*, Vol. 6, str. 131–164.
- Keasey, K., Watson, R. (1991). Financial distress models: a review of their usefulness. *British journal of Management*, Vol. 2, č. 2, júl 1991, str. 89–102.
- Mensah, Y. M. (1984). An examination of the stationarity of multivariate bankruptcy prediction models: A methodological study. *Journal of Accounting Research*, Vol. 22, č. 1, str. 380–395.
- Neumaier, I., Neumaierová, I. (2005). Index IN 05. In: *Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference „Evropské finanční systémy“*. Brno. 2005. S. 143-148. ISBN 80-210-3753-9.
- Neumaier, I., Neumaierová, I. (2013). Vypovídací schopnost indexu IN05. In: *Sborník z mezinárodní vědecké konference „Ekonomika v pohybu“*. S. 169-176. Praha. ISBN 978-80-245-1943-2.
- Ohlson, J. A. (1980). Financial ratios and probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*. Ročník 18, číslo 1, s. 109-131. ISSN 0021-8456.
- Ooghe, H., Joos, P. (1990). *Failure prediction, explanation of misclassifications and incorporation of other relevant variables: result of empirical research in Belgium*.
- Platt, H. D., Platt, M. B. (2002). Predicting corporate financial distress: reflections on choice based sample bias. *Journal of Economics and Finance*, Vol. 26, č. 2, 2002, str. 184–199.
- Richardson, F. M., Davidson, L. F. (1984). On linear discrimination with accounting ratios. *Journal of Business Finance and Accounting*, Vol. 11, č. 4, Winter 1984, str. 511–525.
- Vancaillie, D. (1999). Business failure prediction models: what is the theory looking for? *Paper presented at the Second International Conference on Risk and Crisis Management*, máj 1999, Liège, Belgie, s. 1–14.
- Vochozka, M. (2011). *Metody komplexního hodnocení podniku*. Praha. GRADA Publishing. 2011. ISBN 978-80-247-3647-1.
- Ward, T. J., Foster, B. P. (1997). A note on selecting a response measure for financial distress. *Journal of Business Finance and Accounting*, Ročník 24, číslo 6, s. 869–879.
- Zmijewski, M. E. (1984). Methodological issues related to the estimation of financial distress prediction models. *Journal of Accounting Research*. Ročník 22, s. 59-82.