

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
FAKULTA EKONOMIKY A MANAŽMENTU**

2119721

**VYUŽITIE LINEÁRNEHO PROGRAMOVANIA VO
VIACKRITERIÁLNO M ROZHODOVANÍ**

2011

Martina Zápražná, Bc.

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
FAKULTA EKONOMIKY A MANAŽMENTU**

**VYUŽITIE LINEÁRNEHO PROGRAMOVANIA VO
VIACKRITERIÁLNO M ROZHODOVANÍ**

Diplomová práca

Študijný program:	Kvantitatívne metódy v ekonómii
Študijný odbor:	3.3.24 Kvantitatívne metódy v ekonómii
Školiace pracovisko:	Katedra štatistiky a operačného výskumu
Školiteľ:	doc. Ing. Peter Fandel, CSc.

Nitra 2011

Martina Zápražná, Bc.

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Martina Zápražná vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Využitie lineárneho programovania vo viackriteriálnom rozhodovaní“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 15. apríla 2011

.....

Bc. Martina Zápražná

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie pánovi doc. Ing. Petrovi Fandelovi, CSc. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

Abstrakt

Cieľom práce bolo aplikovať nástroje viackriteriálneho rozhodovania pri hodnotení 20 celosvetovo používaných antivírusových programov. Ďalším cieľom bolo porovnať dostupné metódy viackriteriálneho rozhodovania a navrhnúť najvhodnejšiu metódu pre riešenie problému viackriteriálneho hodnotenia antivírusových programov.

Pri hodnotení boli použité nasledovné kritériá:

- Detekcia škodlivého softvéru
- Detekcia nových vzoriek škodlivého softvéru
- Počet falošných poplachov
- Rýchlosť skenovania
- Celkový počet testovaných vzoriek škodlivého softvéru
- Celkový počet testovaných nových vzoriek škodlivého softvéru

Metódy viackriteriálneho rozhodovania, ktoré boli v práci aplikované a porovnávané:

- Metóda váženého súčtu s normalizáciou minimalizačných a maximalizačných kritérií
- Multiplikátorový DEA model s nepresnými dátami za podmienok konštantných výnosov z rozsahu
- DEA model pre výpočet superefektívnosti
- Multiplikátorový DEA model s nepresnými dátami a s intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov

Výsledkom aplikácie štyroch vyššie spomenutých metód je poradie 20 antivírusových programov s ohľadom na všetky kritériá. Tieto výsledky sa líšia v závislosti od použitej metódy. Na základe našich skúseností odporúčame použitie modelu analýzy obalov dát s intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov (AR MIDEA) ako najvhodnejšiu metódu pre prezentovaný druh rozhodovacieho problému.

V závere navrhujeme riešiť prezentovaný druh problému AR MIDEA modelom, pretože táto metóda dostatočne odráža rozdielnosť v názoroch expertov na dôležitosť jednotlivých kritérií a zabezpečuje dostatočný stupeň diskriminácie. Značnú nevýhodu prameniaku z komplikovanosti výpočtov možno zanedbať, pretože v súčasnosti existuje široká ponuka špecializovaného softvéru.

Kľúčové slová: viackriteriálne rozhodovanie, metódy komplexného vyhodnocovania variantov, metóda váženého súčtu, metódy odhadu váh kritérií, bodovacia metóda, analýza obalov dát, analýza obalov dát s intervalovo zadanými váhami, nepresné dáta, intervalovo zadané dáta, multiplikátorový DEA model s nepresnými dátami

Abstract

The goal of the work was to apply multiple criteria decision making tools in assessment of 20 antivirus programs, which are worldwide used and well-known. Another goal was to compare available multiple criteria decision making methods and suggest the most appropriate one for the problem of multiple criteria ranking of antivirus programs.

Following criteria were used in the evaluation:

- Detection of malware
- Detection of “new” samples
- Number of false positives
- Scanning speed
- Total number of samples of malware tested
- Total number of “new” samples tested

Four multiple criteria decision making methods were applied and compared:

- Weighted sum method with normalization to maximum and minimum criteria value
- Multiplier DEA model with imprecise data
- Multiplier DEA superefficiency model with imprecise data
- Assurance region DEA model with imprecise data

The results of the application of the above four methods are ranks of the 20 antivirus programs with respect to all criteria. These results differentiate considering different methods. Based on our experience we recommend applying AR MIDEA model with imprecise data as the most suitable method for the presented kind of decision making problem.

As the conclusion we propose to solve presented kind of problems with AR MIDEA models since they sufficiently reflect variance in experts’ opinion on criteria importance and provide satisfactory degree of discrimination. The evident disadvantage resulting from complicated calculations can be neglected because there is a satisfactory offer of specialized software.

Key words: multiple criteria decision-making, ranking methods, weighted linear sum method, criteria weights estimation methods, score method, data envelopment analysis, assurance region data envelopment analysis, imprecise data, interval data, multiplier DEA with imprecise data

Obsah

Obsah	7
Zoznam skratiek a značiek.....	8
Úvod	9
1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....	10
1.1 Hodnotenie antivírusových programov	10
1.2 Metódy hodnotenia antivírusových systémov	14
1.3 Viackriteriálne rozhodovanie	16
1.4 Metódy DEA	17
2 Cieľ práce.....	18
3 Materiál a metódy práce.....	19
4 Použité metódy	21
4.1 Komplexné vyhodnocovanie variantov, metóda váženého súčtu.....	21
4.2 Metódy odhadu váh kritérií, bodovacia metóda	22
4.3 DEA modely	23
4.3.1 Multiplikátorový DEA model	23
4.3.2 Super DEA model	25
4.3.3 Model DEA s intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov.....	26
4.3.4 Nežiadúce faktory v DEA	28
4.3.5 Model DEA s nepresnými dátami	30
5 Výsledky práce	34
5.1 Použité údaje	34
5.2 Výsledky analýz	37
5.2.1 Metóda váženého súčtu	40
5.2.2 Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami.....	41
5.2.3 Model DEA pre výpočet superefektívnosti.....	46
5.2.4 Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami a intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov.....	47
5.3 Porovnanie výsledkov	49
Záver	53
Zoznam použitej literatúry	56

Zoznam skratiek a značiek

AR DEA	analýza dátových obalov s intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov (Assurance Region Data Envelopment Analysis)
atď	a tak ďalej
AV	antivírusový (-á, -é)
DEA	analýza dátových obalov (Data Envelopment Analysis)
DMU	rozhodovacia jednotka (Decision making unit)
EIDEA	obalový model dátových obalov s nepresnými dátami (Envelopment Data Envelopment Analysis with Imprecise data)
FEM	Fakulta ekonomiky a manažmentu
IDEA	analýza dátových obalov s nepresnými dátami (Data Envelopment Analysis with Imprecise data)
input	identický názov pre vstup
IT	informačné technológie
KVR DEA model	Model dátových obalov za podmienok konštantných výnosov z rozsahu
MB	megabyte
MIDEA	multiplikátorový model dátových obalov s nepresnými dátami (Multiplier Data Envelopment Analysis with Imprecise data)
napr.	napríklad
output	identický názov pre výstup
resp.	respektíve
RJ	rozhodovacia jednotka
SPU	Slovenská poľnohospodárska univerzita
t.j.	to jest
tzv.	takzvaný (-á, -é)
V	variant
VBA	Visual Basic Application
VS	vážený súčet

Úvod

V súčasnosti je problém ochrany pred počítačovými vírusmi veľmi aktuálny. S vývojom počítačov a programového vybavenia sa zrýchľuje aj nárast množstva hrozieb. Každú chvíľu sa objavujú nové vírusy a ostatné typy škodlivého softvéru a preto je veľmi dôležité vedieť ako sa pred nimi chrániť. Na trhu existuje široká ponuka antivírusových programov, no nie všetky sú kvalitné a spoľahlivé. Pre neodborníka je ťažké zorientovať sa a vybrať si ten správny produkt.

Pre uľahčenie tohto výberu existuje viacero portálov resp. organizácií, či časopisov zaoberajúcich sa testovaním a hodnotením antivírusových programov podľa rozličných kritérií. Tieto spoločnosti však málokedy berú do úvahy všetky kritériá súčasne. Väčšinou testujú a vyhodnocujú každé kritérium samostatne, resp. každému hodnotiacemu kritériu priradujú rovnakú váhu. Vedecká literatúra venujúca sa problematike komplexného hodnotenia antivírusových programov je v súčasnosti obmedzená. Inšpiráciu na nové metódy hodnotenia v uvedenej oblasti však možno nájsť v iných vedných oblastiach, predovšetkým v tých, v ktorých je bežné viackriteriálne hodnotenie.

Cieľom tejto práce je posúdiť možnosti použitia alternatívnych postupov hodnotenia antivírusových programov založených na viackriteriálnom prístupe a výsledky porovnať s výsledkami získanými renomovanými inštitúciami. Ako štandardnú metódu hodnotenia použijeme komplexné vyhodnocovanie variantov. Výsledky získané týmto nástrojom overíme sofistikovanejšími metódami založenými na analýze obalov dát. Tento moderný neparametrický metodologický nástroj umožňuje presnejšie zohľadniť tak rôznu váhu hodnotiacich kritérií, ako aj rôzny charakter premenných použitých v modeli. Navyše metódy založené na DEA umožňujú vypočítať, akým spôsobom by sa mali zaostávajúce antivírusové systémy zlepšiť, aby sa vyrovnali najlepším.

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Hodnotenie antivírusových programov

Hodnotením antivírusových produktov sa zaoberá viacero spoločností po celom svete, ktoré testujú AV produkty a na základe výsledkov týchto testov im udeľujú príslušné známky kvality. Každá z týchto spoločností používa iné testovacie metódy a kritériá.

Britská spoločnosť *Virus Bulletin* sa venuje trom hlavným oblastiam: vydáva časopis, každoročne uskutočňuje konferencie a každý druhý mesiac udeľuje certifikáty AV produktom na základe výsledkov nezávislých testov, ktoré uskutočňuje už mnoho rokov. Unikátne ocenenie VB100 je celosvetovo uznávané. Na rozdiel od iných spoločností, testuje Virus Bulletin všetky produkty zdarma. Od roku 2009 uskutočňuje Virus Bulletin aj antispamové testy, systém certifikácie VBSpam sa taktiež stal celosvetovo uznávaný v tomto priemysle.

Ocenenie VB100 sa udeľuje produktom, ktoré spĺňajú základné štandardy požadované na to, aby mohol byť produkt považovaný za legitímne a správne fungujúce riešenie problému škodlivého softvéru. Aby mohol produkt používať VB100 logo, musí:

- Byť schopný identifikovať 100 % škodlivých kódov obsiahnutých v aktuálnom zozname „In the Wild“, ktorý je zostavovaný členmi WildList Organization International
- Pri kontrole čistých súborov negenerovať falošný poplach, kedy by na základe chybnéj analýzy označili tzv. čistý súbor za infikovaný

Tieto podmienky musia byť splnené pri východiskových nastaveniach jednotlivých softvérov.

Okrem horeuvedených testov sú vykonávané aj ďalšie testy ako napríklad meranie rýchlosti skenovania alebo proaktívny test, avšak výsledky týchto sekundárnych testov neovplyvňujú ohodnotenie produktu certifikátom VB100.

Ocenenie VB100 znamená, že produkt prešiel ich testom, nič viac a nič menej. Ak produkt nedosiahne toto ocenenie neznamená to, že nemôže poskytovať dostatočnú

ochranu v reálnom svete. Virus Bulletin upozorňuje potenciálnych zákazníkov, aby sa neriadili pri výbere len tým, či produkt prešiel v ich teste alebo nie, ale odporúča, aby si tiež prečítali správu o výsledku testu.

Ako negatívum Virus Bulletin by sme uviedli, že podrobnejšie výsledky testov sú dostupné iba predplatiteľom časopisu. Bežný používateľ má prístup iba k informáciám o tom, ktorý produkt ocenenie VB100 dostal a ktorý nie.

Uvedené informácie boli čerpané z webovej stránky časopisu (<http://www.virusbtn.com/vb100/about/100procedure.xml>).

Nemecká spoločnosť *AV-Test* s 15-ročnými skúsenosťami ponúka širokú škálu rôznych testov. Pre IT bezpečnostné riešenie je analyzovaná efektívnosť rozoznania a odstránenia škodlivého softvéru, jeho správanie sa a vplyv na výkonnosť systému. Spoločnosť *AV-Test* dokáže testovať jeden produkt, technické komponenty ako aj robiť porovnávacie analýzy. Nezáleží na tom, či ide o zavedenú alebo úplne novú bezpečnostnú technológiu, softvér alebo hardvér.

Medzi inými ponúka spoločnosť *AV-Test* nasledovné testy:

- Detekcia škodlivého softvéru (WildList, Zoo, Ad-/Spyware, On-Demand, On-Access..)
- Testovanie falošných poplachov
- Čistenie infikovaných systémov
- Detekcia a odstraňovanie Rootkits
- Detekcia nového škodlivého softvéru heuristickými a dynamickými metódami

(http://www.av-test.org/services_and_testing)

ICSA Labs, nezávislá divízia spoločnosti Verizon Business, poskytuje dôveryhodné, nezávislé uistenie o produktoch tretích strán pre koncových používateľov a podniky počas posledných 20 rokov. V súčasnosti *ICSA Labs* poskytuje služby v troch oblastiach:

- Testovanie produktov a certifikácia programov
- Vlastné testovanie
- Akreditované vládne testovacie služby

ICSA Labs poskytuje testovanie a certifikáciu nasledovných technológií – všetky majú značne zlepšiť komerčnú počítačovú bezpečnosť a dôveru:

- Anti-spam

- Anti-spyware
- Anto-virus / Anti-malware
- Sieťový firewall
- IPSec VPN
- Ochrana pred preniknutím do siete
- Bezpečnosť koncového bodu
- PC firewally
- SSLVPN
- Firewally webových aplikácií
- Periférie pripojené do siete

(<https://www.icsalabs.com/about-icsa-labs>)

V súčasnosti patrí medzi svetovú špičku v hodnotení AV produktov rakúska nezávislá testovacia organizácia *AV-comparatives*. Chceli by sme vyzdvihnúť, že AV-Comparatives ako jedna z mála spoločností zverejňujú aj podrobné výsledky všetkých svojich testov a nie len výsledné poradia, a v našej práci budeme pracovať práve s týmito údajmi.

AV-comparatives si kladie za cieľ prezentovať nezávislé výsledky hodnotiace kvalitatívne vlastnosti vybranej skupiny popredných svetových AV systémov. Všetky produkty participujúce v ich porovnaníach sú už výberom tých najlepších AV produktov. Ak chce byť AV predajca zahrnutý do ich hlavných testov, musí splniť rôzne podmienky a minimálne požiadavky. AV-Comparatives limituje množstvo participantov vo svojich testoch na 16 až 20 a ak je to možné, zahŕňajú iba dobré a spoľahlivé produkty. Vzhľadom na toto, vytvorili rôzne požiadavky, ktoré musia byť splnené, aby tak identifikovali a vyfiltrovali nevhodných AV predajcov. Medzi tieto požiadavky patria dobré detekčné hodnoty, schopnosť skenovať databázu pri najbezpečnejších nastaveniach v rozumnom čase bez padnutia alebo iných väčších problémov, a zároveň by nemal produkovať príliš veľa falošných poplachov.

Spoločnosť zverejňuje na svojej stránke (www.av-comparatievs.org) každé tri mesiace výsledky hlavného testu. Tieto výsledky sa väčšinou rozdelia do „on demand“ a retrospektívneho testu. Detekcia škodlivého softvéru je aj naďalej jednou z najdôležitejších a najspoľahlivejších faktorov ovplyvňujúcich efektívnosť AV prostriedkov, ktoré pracujú bez používateľovej interakcie. Februárový a augustový „on

demand“ test hodnotí detekčné schopnosti produktov. Májový a novembrový retrospektívny test hodnotí rovnaké produkty proti novému a neznámemu škodlivému softvéru, aby tak zistil detekčné kapacity. Oba testy zisťujú množstvo falošných poplachov a rýchlosť skenovania.

Okrem hlavného testu uskutočňuje spoločnosť AV-Comparatives aj ďalšie testy, ako test zaťaženia systému, dynamický test, „removal/cleaning“ test a PUA (potentially unwanted applications) test.

Hlavnú časť testu „on demand“ tvorí rozsiahla množina infikovaných objektov, ktorá obsahuje počítačové vírusy pre MS Windows a iné OS, makro a skript vírusy, počítačové červy, trójske kone a backdoory. Na základe získaných výsledkov je percentuálne vypočítaná úspešnosť testovaných AV-systémov.

V retrospektívnom teste sú použité rovnaké verzie produktov ako v teste „on demand“ a výsledky ukazujú aktívne detekčné kapacity, ktoré mali produkty v čase testovania „on demand“. V tomto teste sú použité všetky nové vzorky prijaté od dátumu vykonania „on demand“ testu. Okrem testovania týchto vzoriek zahŕňa retrospektívny test AV-comparatives aj test falošných poplachov a rýchlosti skenovania.

AV-comparatives majú trojúrovňový hodnotiaci systém (STANDARD, ADVANCED, ADVANCED+). Toto hodnotenie nie je založené iba na hodnotách detekcie, ale berie do úvahy aj množstvo falošných poplachov. Spôsob udelenia známky je zobrazený v tabuľke 1 a 2. Produkty v kategórii ADVANCED+ poskytujú veľmi vysoký stupeň ochrany. Výber produktu z tejto kategórie by však nemal byť založený iba na hodnotení detekčnej schopnosti. Napríklad by mali byť pri výbere produktu zvážené tiež kvalita podpory, jednoduchosť používania a využitie systémových zdrojov pri použití produktu. Produkty v ADVANCED kategórii ponúkajú vysoký stupeň ochrany, ale o trochu nižší ako tie, ktoré sú v kategórii ADVANCED+. Produkty v STANDARD kategórii alebo nižšie sú vhodné na používanie, ak získali zároveň aj iné celosvetovo uznávané hodnotenie.

Tabuľka 1 Hodnotenie AV produktov na základe „on demand“ testu

	Detekčné hodnoty			
	< 90 %	90 - 95 %	95 - 98 %	98 - 100 %
Veľmi málo (0-15 FP)	TESTED	STANDARD	ADVANCED	ADVANCED+
Málo (16-100 FP)	TESTED	TESTED	STANDARD	ADVANCED
Veľa (101-500 FP)	TESTED	TESTED	STANDARD	STANDARD
Veľmi veľa (nad 500 FP)	TESTED	TESTED	TESTED	TESTED

Zdroj: http://www.av-comparatives.org/images/stories/test/ondret/avc_od_aug2010.pdf

Tabuľka 2 Hodnotenie AV produktov na základe retrospektívneho testu

	Proaktívne detekčné hodnoty			
	0 - 10 %	10 - 25 %	25 - 50 %	50 - 100 %
Žiadne - veľmi málo FP	TESTED	STANDARD	ADVANCED	ADVANCED+
Veľa FP	TESTED	TESTED	STANDARD	ADVANCED

Zdroj: http://www.av-comparatives.org/images/stories/test/ondret/avc_report26.pdf

1.2 Metódy hodnotenia antivírusových systémov

Problematike počítačových vírusov sa venuje pomerne veľa odborných, ako aj vedeckých časopisov. Článkov venovaných metódam komparatívneho hodnotenia efektívnosti, resp. efektivity antivírusových systémov je však poskromne. Väčšina publikovaných článkov sa venuje účinnosti AV programov pri detekcii a ochrane proti konkrétnemu typu vírusu. Inou veľkou skupinou publikácií sú články venované antivírusovej politike podnikov a spoločností.

Článok *Commercial Antivirus Software Effectiveness: An Empirical Study* prezentuje empirickú štúdiu účinnosti šiestich komerčných AV systémov (Hoe, Kim, Sukwong, 2011). Podmnožina sledovaných AV systémov uskutočňuje okrem tradičnej detekcie založenej na signatúrach i novú detekciu založenú na správaní. Štúdia ukazuje, že AV systémy dokázali identifikovať najviac 62,15% škodlivého softvéru v deň získania vzoriek. 8,61% škodlivého softvéru nebolo odhalených žiadnym zo sledovaných AV systémov ani po dobe dlhšej ako mesiac od získania vzoriek. Počas spustenia škodlivého softvéru, AV systémy s detekciou založenou na správaní poskytovali ochranu proti modifikáciám určitých častí systému a sieťové kľúče registrov, ale ponechali niektoré kľúče nechránené, čo viedlo k narušeniu bezpečnosti.

Detekcia založená na správaní taktiež zabraňuje vkladaniu kódov škodlivého správania (napr. sťahovaniu nespustiteľných súborov so spustiteľným obsahom), ale nie všetkým z nich. Empirické výsledky naznačujú, že bez ohľadu na to, či AV systém uskutočňuje detekciu založenú na správaní alebo nie, sledované AV systémy nedokázali efektívne odhaliť aktuálny škodlivý softvér. Napriek tomu AV systémy s detekciou založenou na správaní zdvihli latku pre ochranu systému. Aby sa minimalizovalo riziko nakazenia škodlivým softvérom, musia používatelia prijať preventívne opatrenia pri sťahovaním alebo otváraní neznámych súborov a udržiavať aktualizovaný systém.

Sébastien Josse (2006) v článku *How to Assess the Effectiveness of your Anti-virus?* uvádza postup, ktorého cieľom je zjednodušiť výber vhodného AV produktu. Medzi vlastnosti, ktoré možno očakávať od AV produktu, patrí optimálne využitie zdrojov a schopnosť reakcie výrobcu, týkajúca sa čiastočne aktualizácie vírusovej databázy. Ak sú tieto požiadavky signifikantné, môže sa požadovať ďalšie metodické a technické overenie, aby si jednotlivci alebo spoločnosť mohli vybrať. V spoločnom systéme hodnotiacich kritérií „Common Criteria“ je ochranný profil navrhovaný tak, aby pomohol výrobcovi softvéru navrhnuť produkt, ktorý by mal byť ohodnotený nezávislými laboratóriami. Ochranné profily sú písané v súlade s „Common Criteria“ štandardmi. Počínajúc ochranným profilom, uvádza niekoľko testov, ktoré by sa mohli vykonávať na overenie bezpečnostných požiadaviek na AV produkty. Použitie ochranného profilu aj špecifikácie testov sa zdajú byť hodnotným základom pre meranie dôveryhodnosti AV produktu.

Behaviorálna analýza pre detekciu škodlivého softvéru sa objavila prednedávnom ako nový nádejný súbor antivírusových techník: detekcia založená na funkcii je zvažovaná spolu s detekciou založenou na poradí (Filiol et al, 2007). Väčšina antivírusových vydavateľov potvrdzuje používanie behaviorálne analýzy ako marketingový argument. Ale skutočný dopad týchto nových techník sa zdá byť zmiernený, nakoľko nebol v súčasnosti spozorovaný žiadny skutočný pokrok vo všeobecnom antivírusovom boji. V článku prezentujú metodiku hodnotenia skutočných kapacít antivírusového softvéru so zreteľom na analýzu správania. Je preukázané, že v rozpore s tvrdeniami niektorých vydavateľov, behaviorálna analýza sa zatiaľ používa a realizuje veľmi okrajovo. Tieto techniky sú takmer vždy buď potvrdené, alebo závislé na klasických detekčných metódach založených na forme. V tejto súvislosti navrhujú zovšeobecnený, teoretický model detekcie, ktorý posudzuje súčasne obe metódy

detekcie založené na forme i na funkcii a udáva základné vlastnosti modelu, potrebné na dosiahnutie skutočnej detekcie založenej na správaní.

Vzhľadom na charakter problematiky hodnotenia efektívnosti AV programov, do úvahy prichádza viacero metodologických nástrojov viackriteriálneho hodnotenia. Nižšie uvedieme základný prehľad do úvahy prichádzajúcich metód, v časti použité metódy uvedieme presnú definíciu vybraných metód.

1.3 Viackriteriálne rozhodovanie

Viackriteriálne rozhodovanie možno charakterizovať tak, že rozhodovací subjekt hodnotí jednotlivé varianty podľa viacerých kritérií súčasne.

Pokiaľ je počet variantov a hodnotiacich kritérií malý, resp. ide o opakované situácie určitého typu, môže rozhodovací subjekt prijať rozhodnutie na základe intuitívnej analýzy. Ak však ide o zložitejšiu rozhodovaciu situáciu s väčším počtom hodnotiacich kritérií je intuitívna analýza komplikovaná, často nespoľahlivá, alebo i nemožná. V takýchto prípadoch treba intuitívne postupy nahradiť postupmi formalizovanými. Treba ale zdôrazniť, že formalizáciu nemožno uplatniť vo všetkých fázach rozhodovacieho procesu, ale iba v tých fázach, ktoré formalizáciu umožňujú, resp. priamo vyžadujú (Repiský, 2003).

Ako vhodné pre formalizáciu sa javí predovšetkým stanovenie váh hodnotiacich kritérií a agregácia čiastkových hodnotení do hodnotenia komplexného. Ostatné fázy rozhodovacieho procesu (identifikácia rozhodovacieho problému, vymedzenie množiny variantov, voľba kritérií hodnotenia) ostávajú spravidla mimo možnosť formalizácie.

Rozlišujeme dva rozličné prípady použitia viackriteriálneho rozhodovania:

1. Komplexné vyhodnocovanie variantov

V tomto prípade množina variantov hodnotenia je konečná a jednotlivé varianty sú explicitne formulované. Jednotlivé varianty sa posudzujú podľa konečného počtu kritérií.

Zmyslom komplexného vyhodnocovania variantov je:

- vyhľadať optimálny variant,
- usporiadať varianty s prihliadnutím na jednotlivé kritériá,
- z celkovej množiny variantov vyčleniť tzv. nedominované (efektívne) varianty.

2. Vektorová optimalizácia

Postup je charakteristický tým, že množina variantov je implicitne vyjadrená sústavou obmedzujúcich podmienok. Varianty sú generované pomocou matematického modelu.

Množina variantov je nekonečná alebo taká veľká, že ju možno považovať za nekonečnú. To znamená, že množina variantov je daná množinou prípustných riešení, ktoré vyhovujú sústave obmedzujúcich podmienok. Pri vektorovej optimalizácii dostávame rôzne parciálne optimálne riešenia z hľadiska každej účelovej funkcie a úlohou je nájsť kompromisné riešenie.

Rozhodovacie situácie, keď je vopred známa konečná množina variantov, sú v ekonomickej praxi bežnejšie, ako situácie, ktoré patria do vektorovej optimalizácie. Ani veľké množstvo variantov riešenia však nemôže zaručiť, že vybraný variant nebude len najlepší zo zlých variantov, zatiaľ čo optimálny variant nájdený podľa obmedzujúcich podmienok a daných kritérií bude oveľa lepší.

Z uvedených metód pre hodnotenie AV systémov sa ako vhodná a jednoduchá metóda javí metóda komplexného vyhodnocovania variantov.

1.4 Metódy DEA

DEA je pomerne nový prístup na porovnávanie výkonnosti jednotiek, ktoré svojou činnosťou premieňajú vstupy na výstupy. Tieto jednotky môžu byť veľmi odlišného charakteru. V posledných rokoch bola využitá na analýzu rôznych činností v rôznych oblastiach života v rôznych krajinách. Bolo skúmaných mnoho typov jednotiek, ako napr. nemocnice, jednotky armády, univerzity, mestá, súdy, firmy, pobočky firiem a iné.

Ďalšou oblasťou využitia DEA je benchmarking a viackriteriálne hodnotenie variantov. Oproti štandardným postupom, tak benchmarkingu ako aj viackriteriálnemu hodnoteniu variantov, aplikácia DEA umožňuje jemnejšie zohľadniť variabilitu v názoroch na dôležitosť hodnotiacich kritérií. Množstvo variantov DEA taktiež umožňuje presnejšie modelovať charakter hodnotiacich kritérií, ako aj použitých premenných.

2 Cieľ práce

Cieľom tejto práce je vyhodnotiť 20 najkvalitnejších celosvetovo známych antivírusových programov pomocou metód umožňujúcich viackriteriálne hodnotenie variantov. Ako alternatívu k súčasne používaným metódam hodnotenia podľa parciálnych ukazovateľov si dávame za cieľ overiť možnosť použitia štandardných metód komplexného vyhodnocovania variantov (metóda váženého súčtu), ako aj sofistikovanejších postupov založených na aplikácii analýzy obalov dát (DEA).

Vzhľadom na charakter dostupných dát považujeme metódu komplexného vyhodnocovania variantov, resp. metódy váženého súčtu ako základnú a východiskovú metódu. Táto metóda vyžaduje explicitne zadané váhy kritérií, ktoré sa odhadujú zvyčajne na základe bodových odhadov expertov. V snahe vyhnúť sa nožnej chybe v hodnotení v dôsledku použitia bodového odhadu cieľom práce bude aplikovať a overiť alternatívne postupy umožňujúce pracovať s implicitnými váhami, resp. s intervalovými odhadmi váh. Takýto prístup umožňujú niektoré modely analýzy obalov dát. Cieľom preto bude overiť možnosť použitia multiplikátorových modelov DEA a modelov DEA s intervalovo zadanými váhami (AR DEA).

Ďalším cieľom práce bude overiť použiteľnosť modelov analýzy obalov dát s nepresnými dátami (IDEA), ktoré korektnejšie pracujú s dátami ordinálneho alebo intervalového charakteru.

Posledným cieľom bude urobiť porovnanie výsledkov získaných aplikovanými metodologickými postupmi s výsledkami hodnotení renomovaných svetových hodnotiteľov antivírusových programov.

3 Materiál a metódy práce

Predmetom skúmania práce je 20 celosvetovo známych antivírusových programov, ktoré testovala spoločnosť AV-comparatives vo svojom „on demand“ teste z augusta 2010 a retrospektívnom teste z novembra 2010. Ide o tieto antivírusové programy s ich vtedy aktuálnymi verziami:

avast! Free Antivirus 5.0

AVG Anti-Virus 9.0

AVIRA AntiVir Premium 10.0

BitDefender Anti-Virus Pto 2011

eScan Anti-Virus 10.0

ESET NOD32 Antivirus 4.2

F-Secure Anti-Virus 2011

G DATA AntiVirus 2011

K7 TotalSecurity 10.0

Kaspersky Anti-Virus 2011

Kingsoft Antivirus 2010

McAfee Antivirus Plus 2010

Microsoft Security Essentials 1.0

Norman Antivirus & Anti Spy-ware 8.0

Panda Antivirus Pro 2011

PC Tools Spyware Doctor with AV 8.0

Sophos Anti-Virus 9.5

Symantec Norton Anti-Virus 2011

Trend Micro AntiVirus plus AntiSpyware 2010

TrustPort AntiVirus 2010

Kritériami hodnotenia týchto variantov budú:

- Detekcia škodlivého softvéru
- Proaktívna detekcia nových vzoriek
- Počet falošných poplachov
- Rýchlosť skenovania
- Celkový počet použitých vzoriek škodlivého softvéru
- Celkový počet použitých nových vzoriek

Vyhodnocovanie uvedených antivírusových softvérov sa uskutoční pomocou viackriteriálneho vyhodnocovania variantov a metódami DEA. Pri viackriteriálnom vyhodnocovaní variantov sa predpokladá odhad váh kritérií, ktorý sa realizuje pomocou niektorej z metód odhadu váh kritérií. V tejto práci sú váhy odhadnuté pomocou bodovacej metódy. Východiskom odhadu váh boli bodové ohodnotenia kritérií získané od viacerých expertov z Katedry informatiky a Centra informačných technológií FEM SPU Nitra. Optimálny variant realizujeme pomocou komplexného vyhodnocovania variantov, konkrétne metódou váženého súčtu. Pri vyhodnocovaní pomocou metód DEA aplikujeme štandardný primárny multiplikátorový DEA model s implicitnými váhami kritérií a model DEA s intervalovo zadanými relatívnymi váhami (AR DEA), ktorého výhodou je, že sa pracuje s intervalmi váh získaných od expertov, preto je presnejší. Vo vyššie uvedených modeloch aplikujeme princípy modelov IDEA, aby sme mohli pracovať s nepresnými dátami to buď vo forme intervalovo zadaných alebo ordinálnych dát. Výsledky spomenutých metód v závere porovnáme.

4 Použité metódy

4.1 Komplexné vyhodnocovanie variantov, metóda váženého súčtu

Pomocou metód komplexného vyhodnocovania variantov je možné preferenčne usporiadať explicitne zadanú množinu antivírusových programov so zohľadnením viacerých kritérií.

Metóda váženého súčtu je najznámejšia metóda, ktorá využíva znalosti váh kritérií. Ako optimálny variant je vybraný ten, ktorý maximalizuje súčet súčinov váh s odpovedajúcimi hodnotami kritérií.

$$r_i = \sum_{j=1}^m v_j r_{ij} \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

kde: r_i celkové ohodnotenie i -teho variantu
 v_j váha j -teho kritéria
 r_{ij} čiastkové ohodnotenia i -teho variantu k j -temu kritériu
 n počet variantov
 m počet kritérií

Na základe celkového ohodnotenia variantov je potom možné určiť ich preferenčné poradie, pričom najvyššie ohodnotený variant je variantom optimálnym.

Problém je v tom, že väčšinou sú hodnoty kriteriálnej matice vyjadrené v rôznych jednotkách a stupniciach. Preto je potrebné tieto hodnoty určitým spôsobom normalizovať. Je navrhnutých niekoľko postupov pre normalizáciu prvkov kriteriálnej matice. Hodnoty maximalizačných kritérií sa normalizujú podľa vzťahu:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

kde: y_{ij} je hodnota i -teho variantu podľa j -teho kritéria
 D_j najmenšia hodnota j -teho kritéria
 H_j najväčšia hodnota j -teho kritéria.

Ak sú niektoré kritériá minimalizačného charakteru, potom ich hodnoty sa normalizujú podľa vzťahu:

$$r_{ij} = \frac{H_j - y_{ij}}{H_j - D_j}. \quad (3)$$

Predpokladom použitia tejto metódy je znalosť váh kritérií v_j . Získať tieto váhy je pomerne ťažké, ale existujú metódy, ktoré na základe jednoduchších subjektívnych informácií od zadávateľa alebo viacerých expertov umožňujú konštruovať odhady váh. V našej práci predpokladáme, že experti sú rovnako kompetentní. Pri rôznej miere kompetencií je potrebné postup modifikovať pomocou tzv. koeficientov kompetentnosti expertov.

Nevýhodou metódy váženého súčtu je, že sa predpokladá použitie bodových odhadov váh kritérií. V prípade veľkej variability relatívnych váh kritérií podľa jednotlivých expertov môže táto metóda viesť k nespoľahlivým výsledkom. Jedným z postupov, ktorý umožňuje zohľadniť variabilitu relatívnych váh kritérií je použitie analýzy dátových obalov.

4.2 Metódy odhadu váh kritérií, bodovacia metóda

Pre odhad váh kritérií hodnotenia antivírusových systémov sme zvolili bodovaciú metódu. Predpokladom aplikácie tejto metódy pri určení váh kritérií je, že experti sú schopní kvantitatívne ohodnotiť kritériá. Podľa zvolenej bodovej stupnice musí j –ty expert ohodnotiť i –te kritérium hodnotou a_{ij} . Zvolená stupnica môže byť napr. z intervalu $a_{ij} \in \langle 0,10 \rangle$. Čím je kritérium dôležitejšie, tým je bodové ohodnotenie vyššie. Bodovacia metóda umožňuje diferencovanejšie vyjadrenia subjektívnych preferencií experta ako napr. metóda poradia.

Postup aplikácie metódy je nasledovný:

Najprv sa vypočítajú váhy i –teho kritéria podľa j –teho experta zo vzťahu

$$v_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, s. \quad (4)$$

Následne sa vypočíta priemerná váha i -teho kritéria

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^s v_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s v_{ij}}, \quad (5)$$

kde: súčet individuálnych váh

$$\sum_{i=1}^n v_{ij} = 1 \text{ potom } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s v_{ij} = s \Rightarrow v_i = \frac{\sum_{j=1}^s v_{ij}}{s}. \quad (6)$$

4.3 DEA modely

Vyššie uvedené nevýhodu metódy váženého súčtu možno eliminovať použitím DEA modelov, v ktorých sa váhy kritérií odhadujú implicitne.

4.3.1 Multiplikátorový DEA model

Analýza obalov dát (DEA) je v poslednom čase jednou z najpoužívanejších metód analýzy efektívnosti rozhodovacích jednotiek. Jej základným princípom je výpočet pomeru váženej hodnoty výstupov (virtuálneho outputu) a váženej hodnoty vstupov (virtuálneho inputu) pre danú rozhodovaciu jednotku (RJ) a jeho relatívne vyjadrenie k najlepšej hodnote pomeru všetkých hodnotených rozhodovacích jednotiek. Relatívna hodnota sa zvykne označovať ako relatívna (technická) efektívnosť. Virtuálny input a output pre hodnotenú rozhodovaciu jednotku RJ_0 možno zapísať nasledovne (Fandel, 2006):

$$\text{Virtuálny input} = v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0}$$

$$\text{Virtuálny output} = u_1 y_{10} + \dots + u_s y_{s0}$$

kde v_i sú váhy inputov ($i = 1, \dots, m$)

u_r sú váhy outputov ($r = 1, \dots, s$)

x_{i0} sú inputy ($i = 1, \dots, m$) rozhodovacej jednotky RJ_0

y_{r0} sú outputy ($r = 1, \dots, s$) rozhodovacej jednotky RJ_0

Proces výpočtu miery relatívnej efektívnosti pre RJ_0 možno zapísať nasledovne (Fandel, 2006: Charnes et al., 1978):

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \theta = u_1 y_{10} + \dots + u_s y_{s0} / v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0} & (7) \\ \text{za podm.} \quad & (u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj} / v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}) \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \\ & v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \\ & u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0. \end{aligned}$$

Riešením modelu (7) možno vypočítať okrem relatívnej efektívnosti θ aj váhy všetkých vstupov a výstupov každej rozhodovacej jednotky RJ_j . Model je však svojim charakterom nelineárny a preto z hľadiska jednoduchosti riešenia je výhodné ho transformovať na lineárny model:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \theta = u_1 y_{10} + \dots + u_s y_{s0} & (8) \\ \text{za podm.} \quad & v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0} = 1 \\ & u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj} \quad (j = 1, \dots, n) \\ & v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \\ & u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0. \end{aligned}$$

Taktiež riešením modelu (8) získavame relatívnu efektívnosť j -tej rozhodovacej jednotky, pričom táto nadobúda hodnoty z intervalu $\langle 0;1 \rangle$. Rozhodovacie jednotky s mierou relatívnej efektívnosti 1 sú efektívne jednotky, ostatné sú neefektívne. Optimálne hodnoty váh v_i^* vyjadrujú dôležitosť j -teho vstupu, resp. u_r^* predstavujú dôležitosť r -teho výstupu z hľadiska maximalizácie podielu θ . Je zrejmé, že pre každú rozhodovaciu jednotku majú vstupy x_i a výstupy y_r rôzne váhy a tieto sú dané implicitne významom vstupov, resp. výstupov pre jednotlivé rozhodovacie jednotky.

Analýza efektívnosti rozhodovacích jednotiek má niektoré spoločné formálne črty s problémom viackriteriálneho rozhodovania, známeho tiež ako viackriteriálne (komplexné) vyhodnocovanie variantov a preto model (8) možno za určitých predpokladov použiť ako metódu viackriteriálneho vyhodnocovania variantov. Postup tu uvádzaný preberáme z práce Fandela (2006) a je založený na nasledovných predpokladoch:

- Rozhodovacie jednotky RJ_j nahradíme vyhodnocovanými variantmi V_j
- Vstupy budú reprezentovať minimalizačné kritériá
- Výstupy budú reprezentovať maximalizačné kritériá

Za týmto účelom možno predefinovať symboliku nasledovne:

v_i sú váhy minimalizačných kritérií ($i = 1, \dots, m$)

u_r sú váhy maximalizačných kritérií ($r = 1, \dots, s$)

x_{i0} je kladná hodnota i -teho minimalizačného kritéria ($i = 1, \dots, m$) hodnoteného variantu V_0

y_{r0} je kladná hodnota r -tého maximalizačného kritéria ($r = 1, \dots, s$) hodnoteného variantu V_0

Riešením modelu (8) pre každý AV systém dostaneme taktiež mieru efektívnosti z intervalu $\langle 0;1 \rangle$. V hodnotení antivírusových systémov to znamená, že systémy s mierou relatívnej efektívnosti 1 sú najlepšie a všetky ostatné s mierou menšou ako jedna zaostávajú. Takto podľa vypočítanej θ možno tieto systémy usporiadať do kvázi poradia. Pojem kvázi usporiadanie v tomto prípade znamená, že ak je viacej efektívnych AV systémov, všetky budú mať hodnotenie rovné jednej. Tento nedostatok štandardného DEA modelu sa da riešiť aplikáciou upraveného, tzv. Andersen – Petersenovho DEA modelu pre výpočet tzv. superefektívnosti.

4.3.2 Super DEA model

V základných DEA modeloch je efektívnym jednotkám priradená jednotková miera efektívnosti. V závislosti na type zvoleného modelu, ale najmä na vzťahu medzi počtom jednotiek a počtom vstupov a výstupov, môže byť ale efektívnych jednotiek väčší počet. Kvôli možnosti klasifikácie efektívnych jednotiek bolo navrhnutých niekoľko definícií tzv. superefektívnosti. V inputovo orientovaných DEA modeloch superefektívnosti získavajú pôvodné efektívne jednotky mieru superefektívnosti vyššiu ako jedna. Táto skutočnosť umožňuje klasifikáciu efektívnych jednotiek, čo môže byť jedna z dôležitých informácií, ktoré užívateľ požaduje.

DEA model pre výpočet superefektívnosti bol pôvodne navrhnutý autormi Andersenom a Petersenom (1993) ako pomôcka pre rozlíšenie efektívnych rozhodovacích jednotiek a ich zoradenie do poradia (Majorová, 2007). Špecifickou črtou tohto modelu je, že hodnotená rozhodovacia jednotka (jej vstupy a výstupy) sa pri výpočte mier technickej efektívnosti vylúči z konvexnej kombinácie vstupov/výstupov ostatných rozhodovacích jednotiek (podmienka $j \neq 0$ v zápise modelu). Formálny zápis

multiplikátorového modelu DEA pre výpočet superefektívnosti je nasledovný (Fandel, 2006; Andersen, Petersen, 1993):

$$\max \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (9)$$

za podmienok $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1, \dots, n)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$j \neq 0$$

Pri riešení tohto modelu dosahuje efektívna rozhodovacia jednotka mieru technickej efektívnosti $\theta > 1$ a neefektívna jednotka $\theta < 1$.

4.3.3 Model DEA s intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov

V porovnaní so štandardnými postupmi, ktoré pracujú s bodovými odhadmi váh kritérií, umožňuje metóda AR DEA lepšie zohľadniť variabilitu názorov na dôležitosť použitých kritérií a tým odstrániť nevýhody použitia priemernej váhy spojenej s vysokou variabilitou.

Vo viackriteriálnom vyhodnocovaní variantov sa predpokladá, že jednotlivé kritériá majú pridelené globálne váhy. K odhadu váh možno použiť viacero metód. Tieto možno rozdeliť na metódy viacerých expertov (metóda párového porovnanie, metóda poradia, metóda bodovacia) a metódy jedného experta (Saatyho metóda) (viď Repiský, 2003). Výsledkom ich použitia je bodový odhad globálnych váh kritérií. Model DEA s vopred definovanými intervalmi váh vstupov a výstupov nevyžaduje bodové odhady váh, ale umožňuje použiť intervaly váh, ktoré môžu byť dané najnižšou a najvyššou hodnotou lokálnych váh jednotlivých expertov. Intervaly môžu byť zadané absolútne, alebo relatívne. Prvý postup publikovali Roll, Cook a Golany (Fandel, 2006; Roll, Cook a Golany, 1991) a spočíva v tom, že k modelu (8) pripojili absolútne ohraničenia pre váhy vstupov a výstupov:

$$d_i \leq v_i \leq h_i \quad (10)$$

$$D_r \leq u_r \leq H_r \quad (11)$$

Vo viackriteriálnom vyhodocovaní variantov by to potom znamenalo, že z odhadov lokálnych váh kritérií jednotlivými expertmi by sme určili dolné a horné hranice váh kritérií nasledovne:

d_i je minimálna váha priradená expertom i-temu minimalizačnému kritériu

h_i je maximálna váha priradená expertom i-temu minimalizačnému kritériu

D_r je minimálna váha priradená expertom r-temu maximalizačnému kritériu

H_r je maximálna váha priradená expertom r-temu maximalizačnému kritériu

Postup s relatívne stanovenými intervalmi váh je v DEA literatúre známy ako "assurance region method" (Fandel, 2006; Thompson et al., 1986). V tejto metóde sa predpokladá, že pre ľubovoľnú dvojicu vstupov, resp. výstupov určíme dolnú a hornú hranicu pomeru váh danej dvojice. Napríklad pre vstup 1 a vstup 2 by takýto pomer bol

$$d_{1,2} \leq v_2/v_1 \leq h_{1,2}. \quad (12)$$

Všeobecne pre všetky vstupy a výstupy:

$$v_1 d_{1,i} \leq v_i \leq v_1 h_{1,i} \quad (i = 2, \dots, m) \quad (13)$$

$$u_1 D_{1,r} \leq u_r \leq u_1 H_{1,r} \quad (r = 2, \dots, s) \quad (14)$$

Vo viackriteriálnom hodnotení variantov teda táto metóda umožňuje určiť interval pomeru váh pre ľubovoľnú dvojicu minimalizačných kritérií, resp. ľubovoľnú dvojicu maximalizačných kritérií. Nevýhodou je, že nie je možné použiť interval pomeru váh medzi vstupmi a výstupmi, resp. medzi minimalizačnými a maximalizačnými kritériami. Tento nedostatok sa dá však jednoducho odstrániť tým, že sa minimalizačné kritérium prevedie na maximalizačné kritérium podľa vzťahu:

$$y_{rj} = \max(j) x_{ij} - x_{ij} \quad (15)$$

Model AR DEA po úprave v sumačnom zápise má nasledovný tvar:

$$\max \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (16)$$

$$\text{za podm. } \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$v_1 d_{1,i} \leq v_i \leq v_1 h_{1,i}$$

$$u_1 D_{1,r} \leq u_r \leq u_1 H_{1,r}$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Riešením tejto úlohy sa získajú miery relatívnej efektívnosti pre každý hodnotený variant. Varianty s mierou relatívnej efektívnosti $\theta = 1$ sú najlepšie (efektívne) varianty. Ostatné varianty s $\theta < 1$ sú neefektívne varianty. V prípade, že viacero hodnotených variantov má výsledné hodnotenie $\theta = 1$ opäť sa aplikuje úprava pre výpočet superefektívnosti.

4.3.4 Nežiadúce faktory v DEA

Seiford a Zhu (2002) uvádzajú, že DEA meria relatívne efektívnosti rozhodovacích jednotiek pomocou inputov a outputov. Keď je raz hranica efektívnosti zistená, neefektívne rozhodovacie jednotky môžu zlepšiť ich činnosť, aby dosiahli hranicu buď nárastom ich outputov alebo znížením ich inputov. Vystupovať môžu žiaduce (dobré) i nežiaduce (zlé) faktory. Štandardný DEA model môže byť použitý na zlepšenie sa činnosti cez nárast žiaducich outputov a pokles nežiaducich outputov.

Predpokladajme, že oblasť dát DEA je vyjadrená ako

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ Y^b \\ -X \end{bmatrix}, \quad (17)$$

kde Y^g a Y^b predstavujú žiaduce (dobré) a nežiaduce (zlé) outputy.

Zvyčajne chceme, aby vzrástli Y^g a poklesli Y^b , aby sa zlepšila činnosť. V štandardnom BCC¹ modeli, sa predpokladá, že obe Y^g aj Y^b musia rásť, aby sa zlepšila činnosť. Za účelom nárastu žiaducich outputov a poklesu nežiaducich outputov, Färe et al. (1989) upravil BCC model na nasledujúci model nelineárneho programovania:

$$\max \Gamma \quad (18)$$

$$\text{za podmienok } \sum_{j=1}^n z_j x_j + s^- = x_0,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^g - s^+ = \Gamma y_0^g,$$

¹ Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., 1984

$$\sum_{j=1}^n z_j y_j^b - s^+ = \frac{1}{\Gamma} y_0^b,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j = 1,$$

$$z_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n.$$

Na základe klasifikácie nemennosti ďalej ukážeme, že k modelu môže byť vytvorená alternatíva, aby sa ochránila linearita a konvexnosť v DEA.

Najprv sa vynásobí každý nežiadúci output -1 a potom nájdeme vhodný transformačný vektor w , aby sa všetky negatívne neželané outputy zmenili na pozitívne. Potom bude oblasť dáť vyzerat' takto:

$$\begin{bmatrix} Y \\ -X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^g \\ \bar{Y}^{-b} \\ -X \end{bmatrix}, \quad (19)$$

kde j -ty stĺpec transformovaného zlého outputu je teraz $\bar{y}_j^{-b} = -y_j^b + w > 0$.

Na základe tohto sa potom model stane nasledovným modelom lineárneho programovania:

$$\max h \quad (20)$$

$$\text{za podmienok} \quad \sum_{j=1}^n z_j y_j^g \geq h y_0^g,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \bar{y}_j^{-b} \geq h \bar{y}_j^{-b},$$

$$\sum_{j=1}^n z_j x_j \leq x_0,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j = 1,$$

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.$$

Všimnime si, že tento model zvyšuje žiaduce outputy a znižuje nežiaduce outputy, tak ako je to v nelineárnom DEA modeli.

Nasledovné pravidlo zabezpečí, že optimalizované nežiaduce outputy $y_0^b = \left(w - h^* \bar{y}_0^b \right)$ nemôžu byť negatívne:

$$h^* \bar{y}_0^b \leq w$$

Štandardný DEA model potom vyzerá takto:

$$\frac{1}{\phi} = \max \theta = \sum_{r \in G} u_r y_{r0}^g + \sum_{r \in B} u_r y_{r0}^b \quad (21)$$

$$\text{Za podmienok } \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r \in G} u_r y_{rj}^g + \sum_{r \in B} u_r \bar{y}_{rj}^b - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r \in G \wedge r \in B$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$\text{Kde } \bar{y}_j^b = -y_j^b + w > 0.$$

$$r \in B$$

4.3.5 Model DEA s nepresnými dátami

V štandardnej metóde analýzy obalov dát (DEA) sa predpokladá, že hodnoty inputov a outputov hodnotených rozhodovacích jednotiek (podnikov) sú vyjadrené ako exaktné kvantitatívne dáta (Fandel, 2010). V mnohých reálnych situáciách sa však stretávame so situáciami, keď takéto dáta z rôznych dôvodov nie sú k dispozícii. Sú však dostupné v menej presnej podobe a to buď ako kvalitatívne dáta, intervalovo vyjadrené dáta, alebo dáta charakterizované poradím. Cook, Kress a Seiford (1993) boli prví, ktorí modifikovali štandardný DEA model vytvorený Charnesom, Cooperom a Rhodesom (1978) (CCR) tak, aby bolo možné použiť inputy a outputy vyjadrené namiesto kardinálnymi veličinami, veličinami ordinálnymi. Model DEA, v ktorom sú popri presných dátach prípustné aj dáta nepresné Cooper, Park a Yu vo svojej práci z roku 1999 nazvali *DEA s nepresnými dátami*, v origináli *DEA with imprecise data*, v kompaktnejšej forme *Imprecise DEA (IDEA)*. V uvedenej práci prezentujú postupy ako priamo do štandardného lineárneho CCR DEA modelu inkorporovať slabo ordinálne a intervalovo vyjadrené dáta. V podobnej práci Kim, Park a Park (1999) sa zaoberajú problémom ako použiť nielen

intervalovo zadané dáta, slabo a silne ordinálne dáta, ale aj dáta vyjadrené intervalom pomerových veličín.

Všetky vyššie uvedené práce vedú k nelineárnym a nekonvexným úlohám. Zhu (2003a; 2004) ukázal, že nelineárne úlohy IDEA možno riešiť pomocou štandardného lineárneho CCR DEA modelu a to tak, že sa z nepresných inputových a outputových dát identifikujú exaktné dáta. Tento postup potom umožňuje využívať všetky dostupné DEA techniky k získaniu dodatočných informácií, ako je napr. klasifikácia hodnotených jednotiek podľa výnosov z rozsahu, identifikácia zdrojov neefektívnosti, identifikácia referenčných, resp. benchmarkových jednotiek a pod.

Existujúce IDEA postupy sú založené buď na multiplikátorovom DEA modeli, alebo na k nemu duálne združenom obalovom DEA modeli. Chen, Seiford a Zhu (2000) a Chen (2006) tieto postupy nazývajú multiplikátorová IDEA (MIDEA), resp. obalová (envelopment) IDEA (EIDEA).

Pri výklade princípov IDEA vychádzame z predpokladu, že máme množinu n navzájom porovnávaných rozhodovacích jednotiek $DMU \{DMU_j: j = 1, 2, \dots, n\}$, ktoré produkujú outputy y_{rj} ($r = 1, 2, \dots, s$) využívajúc inputy x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$). Ak na hodnotenie efektívnosti rozhodovacej jednotky DMU_o použijeme CCR DEA model, potom riešime nasledovný multiplikátorový DEA model

$$\text{Max } \pi_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (22)$$

za podmienok

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^s v_i x_{io} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

Keď y_{ij} (pre niektoré r) a x_{ij} (pre niektoré i) majú charakter nepresných dát, buď vo forme ordinálnych dát alebo intervalovo zadaných dát, model sa stáva nelineárnou a nekonvexnou úlohou a v súlade s terminológiou zavedenou v práci Cooper et al. (1999) úlohou DEA s nepresnými dátami (IDEA).

Intervalovo zadané dáta môžeme zapísať nasledovne:

$$\underline{y}_{rj} \leq y_{rj} \leq \bar{y}_{rj} \quad \text{a} \quad \underline{x}_{ij} \leq x_{ij} \leq \bar{x}_{ij} \quad \text{pre } r \in BO, i \in BI,$$

kde \underline{y}_{rj} a \underline{x}_{ij} sú dolné hranice intervalu, \bar{y}_{rj} a \bar{x}_{ij} sú horné hranice intervalu a *BO* a *BI* reprezentujú množiny intervalovo zadaných outputov resp. inputov.

Multiplikátorový IDEA model (MIDEA podľa Chen, Seiford a Zhu, 2000 a Chen, 2006) má potom nasledovný tvar:

$$\text{Max } \pi_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (23)$$

$$\text{za podmienok } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$(x_{ij}) \in \Theta_i^-$$

$$(y_{rj}) \in \Theta_r^+$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

kde $(x_{ij}) \in \Theta_i^-$ a $(y_{rj}) \in \Theta_r^+$ reprezentujú ktorúkoľvek alebo všetky z foriem nepresných dát.

Tento model je zjavne nelineárny a nekonvexný model, pretože niektoré outputy a inputy sa stali neznámymi rozhodovacími premennými. V našej práci riešime transformáciu nelineárneho modelu na lineárny podľa postupu Zhu (2003a), ktorý vyžaduje konverziu premenných. Vzhľadom na potreby našej aplikácie sa sústreďíme iba na konverziu intervalovo zadaných dát.

Zhu (2003a) dokázal, že za predpokladu hodnotenia rozhodovacej jednotky DMU_o exaktné dáta môžeme získať tak, že položíme $y_{ro} = \bar{y}_{ro}$ a $x_{io} = \underline{x}_{io}$ pre hodnotenú DMU_o a $y_{rj} = \underline{y}_{rj}$ a $x_{ij} = \bar{x}_{ij}$ pre DMU_j ($j \neq o$) a pritom model zachováva mieru efektívnosti DMU_o . Po takejto konverzii dát model už nie je nelineárny.

Multiplikátorový model s intervalovo zadanými dátami má nasledovný tvar

$$\pi_o^* = \text{Maximize } \sum_{r \in BO} u_r \bar{y}_{r0} + \sum_{r \notin BO} u_r y_{r0} \quad (24)$$

za podmienok

$$\sum_{r \in BO} u_r \underline{y}_{rj} + \sum_{r \notin BO} u_r y_{rj} - \sum_{i \in BI} v_i \bar{x}_{ij} + \sum_{i \notin BI} v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j \neq 0$$

$$\sum_{r \in BO} u_r \bar{y}_{r0} + \sum_{r \notin BO} u_r y_{r0} - \sum_{i \in BI} v_i \underline{x}_{i0} + \sum_{i \notin BI} v_i x_{i0} \leq 0$$

$$\sum_{i \in BO} v_i \underline{x}_{i0} + \sum_{i \notin BO} v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

kde y_{rj} ($r \notin BO$), a x_{ij} ($i \notin BI$) sú exaktné dáta.

5 Výsledky práce

V súlade s cieľmi práce sme uskutočnili vyhodnotenie 20 antivírusových programov, ktoré patria medzi svetovú špičku.

5.1 Použité údaje

Zoznam hodnotených antivírusových programov je uvedený v časti 3 tejto práce, nazvanej Materiál a metódy práce.

Použité kritériá hodnotenia týchto variantov sú:

- Detekcia škodlivého softvéru – hodnota detekcie počítačových vírusov pre MS Windows a iné OS, makro a skript vírusov, počítačových červov, trójskych koňov a backdoorov z celkového počtu použitých vzoriek. Je to jedno z najdôležitejších kritérií pri výbere antivírusového softvéru. Ide o maximalizačné kritérium a v DEA modeloch sa bude považovať za output.
- Detekcia nových vzoriek škodlivých kódov – množstvo odhalených vzoriek nového a neznámeho škodlivého softvéru rovnakou verziou AV produktu, aká bola použitá v „on demand“ teste. Retrospektívny test odzrkadľuje aktívne detekčné kapacity, ktoré mali produkty v čase testovania „on demand“. Toto kritérium je maximalizačného charakteru a v modeloch založených na DEA sa bude považovať za output.
- Počet falošných poplachov - falošný poplach nastane, ak AV produkt označí neškodný súbor ako infikovaný. Falošné poplachy môžu niekedy spôsobiť toľko problémov ako skutočná nákaza. Je to kritérium s klesajúcou preferenciou a v DEA modeloch sa bude považovať za neželaný output.
- Rýchlosť skenovania – AV produkty môžu vykazovať rôznu rýchlosť skenovania z rozličných príčin. Musí sa zobrať do úvahy, aké sú hodnoty detekcie AV; či používa AV produkt emuláciu kódu, či je AV produkt schopný odhaliť zložité polymorfné vírusy, či robí hĺbkovú heuristickú analýzu, aká dôkladná je rozbaľovacia a odarchivovacia podpora, či skutočne skenuje všetky typy súborov...atď. Hodnoty rýchlosti boli získané pri teste „on demand“ a sú uvedené v MB za sekundu. Skenovacia rýchlosť by sa menila v závislosti od počtu súborov,

nastavení produktu a použitého hardvéru. Na stránke AV-comparatives sú rozdelené AV produkty do troch skupín v závislosti od nameranej rýchlosti skenovania: veľmi pomalé (0-7), pomalé (7-14) a rýchle (14-18). Ide o intervalovo zadané kritérium s rastúcou preferenciou a z pohľadu DEA sa bude chápať ako intervalovo zadaný output.

- Celkový počet použitých vzoriek škodlivého softvéru – množstvo vzoriek, ktoré na tento test použila spoločnosť AV-comparatives. Ide o minimalizačné kritérium, z pohľadu DEA sa bude chápať ako input.
- Celkový počet použitých nových a neznámych vzoriek škodlivého softvéru – množstvo vzoriek použitých v teste AV-comparatives. Ide o kritérium s klesajúcou preferenciou a z pohľadu DEA sa bude chápať ako input.

Tabuľka 3 Kriteriaálna matica

Varianty	Kritériá						
	RS		DŠS	FP	DNŠS	ŠS	NŠS
	DH	HH					
AntiVir Premium	14	18	915083	10	14533	917292	27271
avast! Free Antivirus	14	18	910903	9	7845	917292	27271
AVG Anti-Virus	7	14	901603	19	9137	917292	27271
BitDefender AV	7	14	910876	4	13692	917292	27271
eScan Anti-Virus	7	14	910208	5	13652	917292	27271
F-Secure Anti-Virus	7	14	910364	2	14196	917292	27271
G DATA AntiVirus	7	14	916399	15	16536	917292	27271
K7 TotalSecurity	7	14	885674	50	13658	917292	27271
Kaspersky AV	7	14	901586	46	16087	917292	27271
Kingsoft AntiVirus	7	14	734983	45	3090	917292	27271
McAfee AntiVirus+	7	14	912147	24	10266	917292	27271
NOD32 Anti-Virus	7	14	904236	6	14207	917292	27271
Norman AV+AS	0	7	886535	98	7475	917292	27271
Norton Anti-Virus	7	14	905550	9	11794	917292	27271
Panda Antivirus Pro	14	18	909798	98	17198	917292	27271
Security Essentials	0	7	895203	3	15992	917292	27271
Sophos Anti-Virus	7	14	887516	13	8769	917292	27271
SpywareDoctor+AV	7	14	900150	7	4521	917292	27271
Trend Micro AVAS	7	14	828321	23	7038	917292	27271
TrustPort AV	7	14	915525	19	17226	917292	27271
Charakter kritéria	output - intervalovo zadaný		output	output - neželaný	output	input	Input

RS=rýchlosť skenovania
 DH=dolná hranica intervalu
 HH=horná hranica intervalu
 DŠS=detekcia škodlivého softvéru
 FP=počet falošných poplachov
 DNŠS=detekcia nových vzoriek škodlivého softvéru
 ŠS=počet testovaných vzoriek škodlivého softvéru spolu
 NŠS=počet testovaných vzoriek nového škodlivého softvéru spolu

Cieľom našej práce je simultánne posúdenie AV programov podľa všetkých vyššie uvedených kritérií prostredníctvom vhodných viacrozmerných metód. Nižšie uvádzame základnú štatistickú charakteristiku hodnotených antivírusových programov podľa uvedených kritérií.

V tabuľke 4 uvádzame základné členenie antivírusových programov podľa použitých kritérií. Ako je zrejmé z tabuľky hodnoty detekcie škodlivého softvéru sa pohybujú od 734983 do 916399. Najvyššia hodnota detekcie nových vzoriek škodlivého softvéru predstavuje päťnásobok najhoršej detekčnej hodnoty týchto nových vzoriek. Veľké rozdiely medzi maximálnymi a minimálnymi hodnotami počtu falošných poplachov i rýchlosti skenovania svedčia tiež o značných rozdieloch medzi jednotlivými antivírusovými programami.

Tabuľka 4 Základná štatistická charakteristika AV programov podľa použitých kritérií

Kritérium	Priemer	Štandardná odchýlka	Min	Max
RS	10,63	3,07	3,50	16,00
DŠS	892133,00	40730,66	734983,00	916399,00
FP	25,25	28,04	2,00	98,00
DNŠS	11845,60	4188,61	3090,00	17226,00
ŠS	917292,00	0,00	917292,00	917292,00
NŠS	27271,00	0,00	27271,00	27271,00

Zdroj: vlastné spracovanie

5.2 Výsledky analýz

V tejto časti uvádzame podrobnú charakteristiku a interpretáciu výsledkov viackriteriálneho vyhodnocovania antivírusových programov získaných nasledovnými metódami:

- Metóda váženého súčtu (MVS)
- Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami (MIDEA)
- Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami pre výpočet superefektívnosti
- Multiplikátorový model DEA s intervalovo zadanými váhami a intervalovo zadanými dátami (AR MIDEA)

V našej práci je jedným z kritérií hodnotenia AV systémov počet falošných poplachov, ktoré vykazujú jednotlivé antivírusové programy. Aby sme mohli náš rozhodovací problém riešiť, musíme najprv transformovať tento nežiaduci výstup s minimalizačným charakterom tak, aby mal maximalizačný charakter a mohli sme ho považovať za bežný výstup. Proces transformácie je zobrazený v tabuľke 5 a môžeme ho vyjadriť nasledovne:

$$\bar{y}_j^b = -y_j^b + w > 0,$$

$$\text{kde } w = \max(y_j) + 1.$$

Nájdeme maximálnu hodnotu falošných poplachov, následne jednotlivé hodnoty počtu falošných poplachov prenásobíme číslom -1 a nakoniec k týmto záporným hodnotám pripočítame maximálnu hodnotu zvýšenú o jednu jednotku.

Tabuľka 5 Proces transformácie nežiaduceho outputu

FP	FP * (-1)	FP * (-1) + max(FP) + 1
10	-10	89
9	-9	90
19	-19	80
4	-4	95
5	-5	94
2	-2	97
15	-15	84
50	-50	49
46	-46	53
45	-45	54
24	-24	75
6	-6	93
98	-98	1
9	-9	90
98	-98	1
3	-3	96
13	-13	86
7	-7	92
23	-23	76
19	-19	80
max		
98		

Zdroj: vlastné spracovanie

V metóde váženého súčtu sa predpokladá, že sú známe váhy kritérií. V našej práci sme uskutočnili odhad váh kritérií na základe expertných posúdení významnosti kritérií jedenástimi pracovníkmi z Katedry informatiky a Centra informačných technológií FEM na SPU. Na získanie váh jednotlivých kritérií sme aplikovali bodovaciu metódu. Vstupné informácie a odhadnuté váhy sú uvedené v tabuľkách 6 a 7.

Tabuľka 6 Bodové hodnotenie kritérií

Kritériá	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Detekcia škodlivého softvéru	8	9	10	10	10	9	10	10	10	10	10
Detekcia nových vzoriek škodlivého softvéru	9	10	8	9	10	7	8	8	8	10	10
Počet falošných poplachov	5	5	8	7	7	5	8	8	7	8	7
Rýchlosť skenovania	7	5	10	6	8	5	10	9	7	10	7
Celkový počet vzoriek škodlivého softvéru	10	9	8	5	8	8	5	10	10	10	8
Celkový počet nových vzoriek	6	10	8	5	8	8	8	8	9	9	8

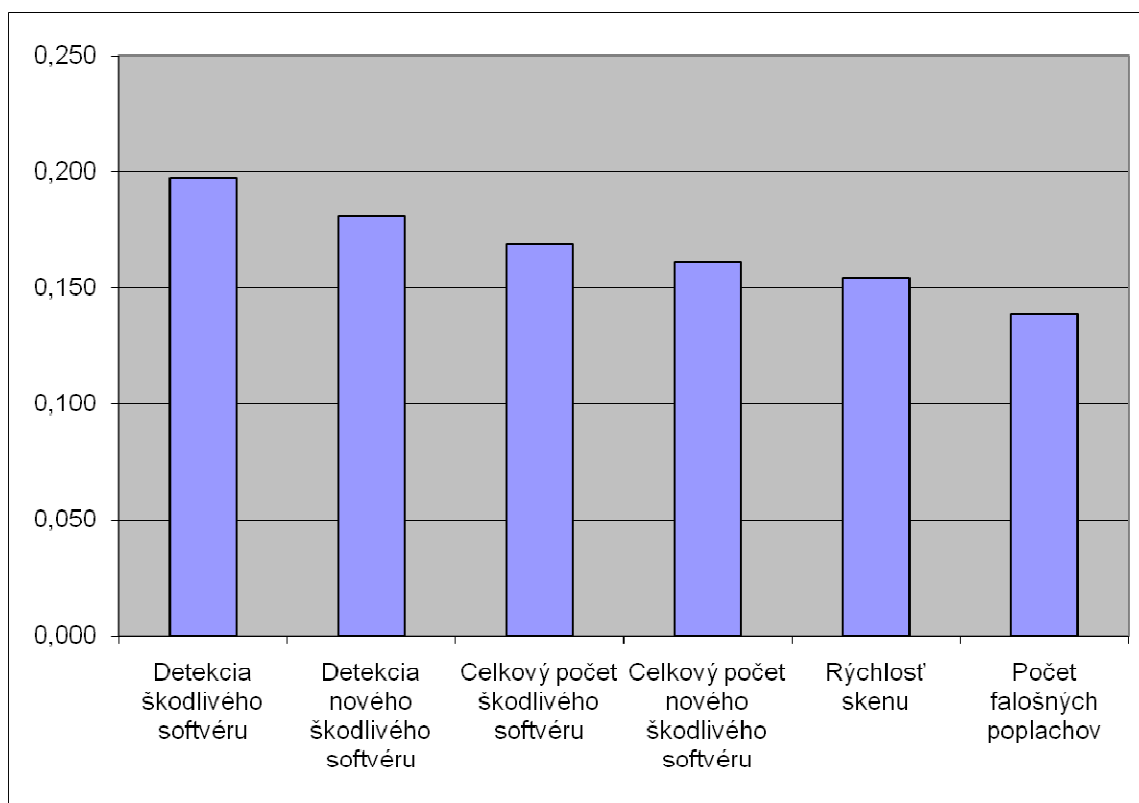
E1-E11=hodnotenie podľa prvého až jedenásteho experta

Zdroj: vlastné spracovanie

Tabuľka 7 Odhadnuté váhy kritérií

Kritériá	Váhy
Detekcia vírusov a škodlivého softvéru	0,197
Detekcia nových vzoriek škodlivého softvéru	0,181
Počet falošných poplachov	0,139
Rýchlosť skenovania	0,154
Celkový počet vírusov a škodlivého softvéru	0,168
Celkový počet nových vzoriek škodlivého softvéru	0,161

Zdroj: vlastné spracovanie



Graf 1 Zoradené váhy použitých kritérií

Z grafu 1 je zrejmé, že kritérium detekcia škodlivého softvéru má podľa expertov najvyššiu dôležitosť, kým počtu falošných poplachov prikladajú experti najmenšiu dôležitosť.

5.2.1 Metóda váženého súčtu

Metóda váženého súčtu je najčastejšie používanou metódou viackritériálneho vyhodnocovania variantov. Vzhľadom na to, že táto metóda využíva bodové odhady váh kritérií, dostatočne nezohľadňuje variabilitu názorov expertov na dôležitosť kritérií. Z dôvodu, že metóda váženého súčtu nie je prispôbená pre prácu s intervalovo zadanými dátami, sme pri výpočtoch použili stredy intervalov z hodnôt rýchlosti skenovania. Výsledky hodnotenia antivírusových programov sú uvedené v tabuľke 8.

Tabuľka 8 Poradie AV programov podľa metódy váženého súčtu

Metóda váženého súčtu		
Poradie	Antivírusové programy	Vážený súčet
1	AntiVir Premium	0,6284
2	TrustPort AV	0,5585
3	G DATA AntiVirus	0,5576
4	avast! Free Antivirus	0,5527
5	F-Secure Anti-Virus	0,5448
6	BitDefender AV	0,5369
7	eScan Anti-Virus	0,5344
8	NOD32 Anti-Virus	0,5330
9	Panda Antivirus Pro	0,5253
10	Norton Anti-Virus	0,5037
11	Kaspersky AV	0,4932
12	McAfee AntiVirus+	0,4719
13	AVG Anti-Virus	0,4563
14	Sophos Anti-Virus	0,4469
15	K7 TotalSecurity	0,4451
16	Security Essentials	0,4374
17	SpywareDoctor+AV	0,4218
18	Trend Micro AVAS	0,3547
19	Norman AV+AS	0,1987
20	Kingsoft AntiVirus	0,1870

Zdroj: vlastné spracovanie

5.2.2 Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami

Pre porovnanie s metódami komplexného vyhodnocovania variantov sme aplikovali multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu. Tento pracuje na rozdiel od predchádzajúcej metódy s implicitne zadanými váhami vstupov a výstupov.

Zápis MIDEA modelu pre antivírusový program AVP1 vyzerá nasledovne:

$$\text{Max } \pi_0 = 18u_1 + 915083u_2 + 89u_3 + 14533u_4$$

za podmienok

$$917292v_1 + 27271v_2 = 1$$

$$\text{AVP1: } 18u_1 + 915083u_2 + 89u_3 + 14533u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP2: } 18u_1 + 910903u_2 + 90u_3 + 7845u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP3: } 14u_1 + 901603u_2 + 80u_3 + 9137u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP4: } 14u_1 + 910876u_2 + 95u_3 + 13692u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP5: } 14u_1 + 910208u_2 + 94u_3 + 13652u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP6: } 14u_1 + 910364u_2 + 97u_3 + 14196u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP7: } 14u_1 + 916399u_2 + 84u_3 + 16536u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP8: } 14u_1 + 885674u_2 + 49u_3 + 13658u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP9: } 14u_1 + 901586u_2 + 53u_3 + 16087u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP10: } 14u_1 + 734983u_2 + 54u_3 + 3090u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP11: } 14u_1 + 912147u_2 + 75u_3 + 10266u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP12: } 14u_1 + 904236u_2 + 93u_3 + 14207u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP13: } 7u_1 + 886535u_2 + 1u_3 + 7475u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP14: } 14u_1 + 905550u_2 + 90u_3 + 11794u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP15: } 18u_1 + 909798u_2 + 1u_3 + 17198u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP16: } 7u_1 + 895203u_2 + 96u_3 + 15992u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP17: } 14u_1 + 887516u_2 + 86u_3 + 8769u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP18: } 14u_1 + 900150u_2 + 92u_3 + 4521u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP19: } 14u_1 + 828321u_2 + 76u_3 + 7038u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$\text{AVP20: } 7u_1 + 915525u_2 + 80u_3 + 17226u_4 - 917292v_1 - 27271v_2 \leq 0$$

$$u_1, u_2, u_3, u_4, v_1, v_2 \geq 0$$

Výpočet mier efektívnosti pomocou modelov analýzy obalov dát (DEA) je spojený s veľkým počtom opakovaných výpočtov. Pre všetky hodnotené antivírusové programy sa aplikuje ten istý model DEA s použitím tej istej množiny inputov a outputov a tej istej množiny obmedzujúcich podmienok, avšak pre každý antivírusový program sa riešia osobitné úlohy lineárneho programovania modelu DEA, ktoré sa líšia iba niektorými koeficientmi premenných v účelovej funkcii, resp. koeficientmi intervalovo zadaných premenných v obmedzujúcich podmienkach.

Zrýchlenie výpočtu možno dosiahnuť pomocou excelovskej funkcie index. Pomocou tejto funkcie možno automaticky z určenej oblasti kopírovať časť tejto oblasti na vopred určené miesto podľa nasledovnej syntaxe: INDEX(array,row_num,column_num). V našej úlohe MIDEA je to riešené tak, že v bunke B4 zadávame číslo antivírusového programu, pre ktorý chceme pomocou funkcie index kopírovať do buniek obmedzujúcich podmienok neželané outputy podľa toho, či je daný antivírusový program práve hodnotený. V bunke C8 je nasledovná funkcia if s použitím funkcie index:

```
=IF($B$4=A8;INDEX($O$8:$O$27;$B$4;1); INDEX($N$8:$N$27;A8;1)),
```

ktorá zabezpečí skopírovanie hornej hranice intervalovo zadaného outputu z bunky N8, ak hodnotíme daný antivírusový program, resp. dolnej hranice intervalovo zadaného outputu z bunky O8, ak hodnotíme iný antivírusový program.

Pomocou funkcie index meníme i hodnoty premenných v rovnici účelovej funkcie podľa toho, ktorý antivírusový program je momentálne hodnotený. Táto funkcia má pre jednotlivé bunky tvar:

```
C5: =+INDEX(C8:C27;$B$4;1)
```

```
D5: =+INDEX(D8:D27;$B$4;1)
```

```
E5: =+INDEX(E8:E27;$B$4;1)
```

```
F5: =+INDEX(F8:F27;$B$4;1)
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1																
2			Váhy													
3		AV program	u1	u2	u3	u4	v1	v2	UF							
4		20	0	1E-06	0,0007	2E-06	1,1E-06	0	1,0000000							
5		Max THETA	7	915525	80	17226										
6									LS	Rel	PS				RS	
7		Normalizácia					917 292	27 271	1,000000	=	1				DH	HH
8	1	AV1	18	915083	89	14533	-917 292	-27 271	0,000000	<=	0			AV1	14	18
9	2	AV2	18	910903	90	7845	-917 292	-27 271	-0,017463	<=	0			AV2	14	18
10	3	AV3	14	901603	80	9137	-917 292	-27 271	-0,030750	<=	0			AV3	7	14
11	4	AV4	14	910876	95	13692	-917 292	-27 271	-0,001894	<=	0			AV4	7	14
12	5	AV5	14	910208	94	13652	-917 292	-27 271	-0,003316	<=	0			AV5	7	14
13	6	AV6	14	910364	97	14196	-917 292	-27 271	0,000000	<=	0			AV6	7	14
14	7	AV7	14	916399	84	16536	-917 292	-27 271	0,002124	<=	0			AV7	7	14
15	8	AV8	14	885674	49	13658	-917 292	-27 271	-0,058038	<=	0			AV8	7	14
16	9	AV9	14	901586	53	16087	-917 292	-27 271	-0,034446	<=	0			AV9	7	14
17	10	AV10	14	734983	54	3090	-917 292	-27 271	-0,228548	<=	0			AV10	7	14
18	11	AV11	14	912147	75	10266	-917 292	-27 271	-0,021281	<=	0			AV11	7	14
19	12	AV12	14	904236	93	14207	-917 292	-27 271	-0,008766	<=	0			AV12	7	14
20	13	AV13	7	886535	1	7475	-917 292	-27 271	-0,102481	<=	0			AV13	0	7
21	14	AV14	14	905550	90	11794	-917 292	-27 271	-0,014528	<=	0			AV14	7	14
22	15	AV15	18	909798	1	17198	-917 292	-27 271	-0,059029	<=	0			AV15	14	18
23	16	AV16	7	895203	96	15992	-917 292	-27 271	-0,011990	<=	0			AV16	0	7
24	17	AV17	14	887516	86	8769	-917 292	-27 271	-0,041476	<=	0			AV17	7	14
25	18	AV18	14	900150	92	4521	-917 292	-27 271	-0,033753	<=	0			AV18	7	14
26	19	AV19	14	828321	76	7038	-917 292	-27 271	-0,110679	<=	0			AV19	7	14
27	20	AV20	7	915525	80	17226	-917 292	-27 271	0,000000	<=	0			AV20	7	14
28																
29			u1	u2	u3	u4	v1	v2	UF							
30		AV1	0,0011	1E-06	5E-05	0	1,1E-06	0	1,0000							
31		AV2	0	1E-06	0,0006	0	1,1E-06	0	0,9963							
32		AV3	0	1E-06	5E-05	0	1,1E-06	0	0,9849							
33		AV4	0	1E-06	0,0006	0	1,1E-06	0	0,9993							
34		AV5	0	1E-06	0,0006	0	1,1E-06	0	0,9980							
35		AV6	0,0008	8E-07	0,0019	8E-06	1,1E-06	0	1,0000							
36		AV7	0	1E-06	0,0007	2E-06	1,1E-06	0	1,0021							
37		AV8	0	1E-06	0	0	1,1E-06	0	0,9674							
38		AV9	0	1E-06	0	0	1,1E-06	0	0,9848							
39		AV10	0	1E-06	0	0	1,1E-06	0	0,8028							
40		AV11	0	1E-06	0	0	1,1E-06	0	0,9963							

Obrázok 1 Úloha DEA v excelovskej tabuľke

Našu úlohu MIDEA riešime v prostredí tabuľkového programu Excel pomocou makra napísaného vo VBA. Napriek tomu, že v súčasnosti je k dispozícii široká škála špecializovaného DEA softvéru, je užitočné poznať postupy efektívneho výpočtu v Exceli, nakoľko pri kombinácii rôznych typov modelov DEA ako v našom prípade má špecializovaný softvér obmedzené možnosti.

Pre vyššie uvedený problém má makro nasledovnú štruktúru :

Sub midea()

'Deklarujme AVP ako celé číslo. Toto číslo reprezentuje hodnotený antivírusový program 1, 2, ..., 5

Dim AVP As Integer

For AVP = 1 To 20

'Nastavme hodnotu bunky B4 rovnú číslu AVP (1, 2,..., 20)

Range("B4") = AVP

'Riešme model Solverom. Funkciu UserFinish nastavme na hodnotu True,

'aby sa výsledkové okno Solvera 'Solver Results' nezobrazovalo

SolverSolve UserFinish:=True

'Označme bunky obsahujúce mieru efektívnosti a hodnoty premenných

Range("C4:I4").Select

'Skopírujme vybranú hodnotu a hodnoty premenných

Selection.Copy

'Vložme skopírované hodnoty a hodnoty premenných do riadku "29 + AVP"

'(to jest do riadku 13, 14, ..., 17)

Range("C" & 29 + AVP).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues

Next AVP

End Sub

Tabuľka 9 Poradie AV programov podľa metódy MIDEA KVR

MIDEA KVR		
Poradie	Varianty	Miera efektívnosti
1	AntiVir Premium	1,0000
1	avast! Free Antivirus	1,0000
1	AVG Anti-Virus	1,0000
1	BitDefender AV	1,0000
1	eScan Anti-Virus	1,0000
1	F-Secure Anti-Virus	1,0000
1	G DATA AntiVirus	1,0000
1	K7 TotalSecurity	1,0000
1	Kaspersky AV	1,0000
1	Kingsoft AntiVirus	1,0000
1	McAfee AntiVirus+	1,0000
1	NOD32 Anti-Virus	1,0000
1	Norton Anti-Virus	1,0000
1	Panda Antivirus Pro	1,0000
1	Security Essentials	1,0000
1	Sophos Anti-Virus	1,0000
1	SpywareDoctor+AV	1,0000
1	Trend Micro AVAS	1,0000
1	TrustPort AV	1,0000
2	Norman AV+AS	0,9675

Zdroj: vlastné spracovanie

Vzhľadom na to, že v základnom MIDEA modeli pracujeme s implicitne zadanými váhami, antivírusové programy, ktoré majú veľa kritérií s nízkou váhou si polepšili a naopak, antivírusové programy s vysokým počtom kritérií s vysokými váhami si pohoršili. Môžeme to vidieť v tabuľke 9.

5.2.3 Model DEA pre výpočet superefektívnosti

Z dôvodu, že základný MIDEA model nedáva jednoznačné poradie antivírusových programov, sme aplikovali i jeho upravenú verziu pre výpočet superefektívnosti. Výsledné poradie antivírusových programov sú uvedené v tabuľke 10.

Tabuľka 10 Poradie AV programov podľa metódy MIDEA KVR po výpočte superefektívnosti

MIDEA KVR superefektívnosť		
Poradie	Varianty	Superefektívnosť
1	AntiVir Premium	1,3340
2	Panda Antivirus Pro	1,2857
3	avast! Free Antivirus	1,2857
4	TrustPort AV	1,1156
5	G DATA AntiVirus	1,0839
6	F-Secure Anti-Virus	1,0772
7	BitDefender AV	1,0549
8	Security Essentials	1,0510
9	eScan Anti-Virus	1,0455
10	NOD32 Anti-Virus	1,0369
11	Kaspersky AV	1,0210
12	SpywareDoctor+AV	1,0192
13	Norton Anti-Virus	1,0055
14	AVG Anti-Virus	1,0000
15	K7 TotalSecurity	1,0000
16	Kingsoft AntiVirus	1,0000
17	McAfee AntiVirus+	1,0000
18	Sophos Anti-Virus	1,0000
19	Trend Micro AVAS	1,0000
20	Norman AV+AS	0,9675

Zdroj: vlastné spracovanie

5.2.4 Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami a intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov

Poslednou aplikovanou metódou viackriteriálneho hodnotenia variantov je metóda založená na aplikácii AR MIDEA modelu. Ide o taký variant modelu MIDEA, v ktorom je možné explicitne vyjadriť váhy kritérií, či už v absolútnej hodnote, alebo relatívnej podobe. Na rozdiel od metódy váženého súčtu je možné váhy vyjadriť intervalovo a tým zohľadniť variabilitu v názoroch expertov na dôležitosť kritérií.

Pri výpočte relatívnych intervalov váh kritérií sme vychádzali z tabuľky 6 (Bodové hodnotenie kritérií). Pri výpočte intervalov lokálnych váh sme aplikovali vzťah

$$v_1 d_{1,i} \leq v_i \leq v_1 h_{1,i} \quad (i = 2, \dots, m)$$

$$u_1 D_{1,r} \leq u_r \leq u_1 H_{1,r} \quad (r = 2, \dots, s)$$

Pomery váh vstupov a výstupov a intervaly pomerov váh sú uvedené v tabuľke 11.

Tabuľka 11 Pomery váh vstupov a výstupov a intervaly pomerov váh

Pomery váh vstupov a výstupov												min	max
v2/v1	0,600	1,111	1,000	1,000	1,000	1,000	1,600	0,800	0,900	0,900	1,000	0,600	1,600
u2/u1	1,125	1,111	0,800	0,900	1,000	0,778	0,800	0,800	0,800	1,000	1,000	0,778	1,125
u3/u1	0,625	0,556	0,800	0,700	0,700	0,556	0,800	0,800	0,700	0,800	0,700	0,556	0,800
u4/u1	0,875	0,556	1,000	0,600	0,800	0,556	1,000	0,900	0,700	1,000	0,700	0,556	1,000
u3/u2	0,556	0,500	1,000	0,778	0,700	0,714	1,000	1,000	0,875	0,800	0,700	0,500	1,000
u4/u2	0,778	0,500	1,250	0,667	0,800	0,714	1,250	1,125	0,875	1,000	0,700	0,500	1,250
u4/u3	1,400	1,000	1,250	0,857	1,143	1,000	1,250	1,125	1,000	1,250	1,000	0,857	1,400

Zdroj: vlastné spracovanie

Výsledky hodnotenia antivírusových programov metódou AR MIDEA sú uvedené v tabuľke 12. Ako je zrejme z mier efektívnosti, poradie antivírusových programov je jednoznačne určené bez potreby použitia princípu výpočtu superefektívnosti.

Tabuľka 12 Poradie AV programov podľa metódy AR MIDEA s pomermi váh

AR MIDEA		
Poradie	Antivírusové programy	Miera efektívnosti
1	G DATA AntiVirus	1,00000
2	TrustPort AV	0,99999
3	AntiVir Premium	0,99751
4	Panda Antivirus Pro	0,99378
5	BitDefender AV	0,99250
6	F-Secure Anti-Virus	0,99222
7	McAfee AntiVirus+	0,99201
8	eScan Anti-Virus	0,99176
9	avast! Free Antivirus	0,98937
10	Norton Anti-Virus	0,98571
11	NOD32 Anti-Virus	0,98560
12	Kaspersky AV	0,98373
13	AVG Anti-Virus	0,98000
14	Security Essentials	0,97679
15	SpywareDoctor+AV	0,97594
16	K7 TotalSecurity	0,96521
17	Sophos Anti-Virus	0,96457
18	Norman AV+AS	0,96276
19	Trend Micro AVAS	0,89962
20	Kingsoft AntiVirus	0,79653

Zdroj: vlastné spracovanie

5.3 Porovnanie výsledkov

Porovnanie výsledkov hodnotenia antivírusových programov jednotlivými metódami ukazuje, že ohodnotenie kritérií váhami má významný vplyv na konečné poradie AV programov. Toto dokumentujeme v tabuľke 13, kde porovnávame poradia jednotlivých antivírusových programov podľa jednotlivých metód.

Tabuľka 13 Porovnanie poradí AV programov podľa jednotlivých metód

Antivírusové programy	AR MIDEA	MVS	MIDEA	MIDEA super
G DATA AntiVirus	1	3	1	5
TrustPort AV	2	2	1	4
AntiVir Premium	3	1	1	1
Panda Antivirus Pro	4	9	1	2
BitDefender AV	5	6	1	7
F-Secure Anti-Virus	6	5	1	6
McAfee AntiVirus+	7	12	1	17
eScan Anti-Virus	8	7	1	9
avast! Free Antivirus	9	4	1	3
Norton Anti-Virus	10	10	1	13
NOD32 Anti-Virus	11	8	1	10
Kaspersky AV	12	11	1	11
AVG Anti-Virus	13	13	1	14
Security Essentials	14	16	1	8
SpywareDoctor+AV	15	17	1	12
K7 TotalSecurity	16	15	1	15
Sophos Anti-Virus	17	14	1	18
Norman AV+AS	18	19	2	20
Trend Micro AVAS	19	18	1	19
Kingsoft AntiVirus	20	20	1	16

Zdroj: vlastné spracovanie

Pohľad na tabuľku 13 ukazuje rozdiely v poradí antivírusových programov podľa hodnotenia rôznymi metódami. V poradí podľa KVR MIDEA modelu bez superefektívnosti je na prvom mieste až 19 antivírusových programov. Tento model neposkytuje dostatočnú mieru diferencie a nie je teda vhodný na riešenie daného rozhodovacieho problému.

Na základe výsledných poradí AV programov podľa jednotlivých metód sme vypočítali priemerné poradia, ktoré sú uvedené v tabuľke 14.

Tabuľka 14 Priemerné poradia AV programov

Priemerné poradie		
Poradie	Antivírusové programy	Priemerné poradie
1	AntiVir Premium	1,50
2	TrustPort AV	2,25
3	G DATA AntiVirus	2,50
4	Panda Antivirus Pro	4,00
5	avast! Free Antivirus	4,25
6	F-Secure Anti-Virus	4,50
7	BitDefender AV	4,75
8	eScan Anti-Virus	6,25
9	NOD32 Anti-Virus	7,50
10	Norton Anti-Virus	8,50
11	Kaspersky AV	8,75
12	McAfee AntiVirus+	9,25
13	Security Essentials	9,75
14	AVG Anti-Virus	10,25
15	SpywareDoctor+AV	11,25
16	K7 TotalSecurity	11,75
17	Sophos Anti-Virus	12,50
18	Kingsoft AntiVirus	14,25
19	Norman AV+AS	14,25
20	Trend Micro AVAS	14,75

Zdroj: vlastné spracovanie

Môžeme skonštatovať, že metóda AR MIDEA zohľadňujúca váhy vstupov a výstupov je najobjektívnejšou z použitých metód a teda výsledky získané jej aplikáciou považujeme za naj dôveryhodnejšie. Z toho dôvodu sme sa rozhodli v závere porovnať poradie AV programov podľa metódy AR MIDEA a poradia spoločnosti AV-comparatives. Keďže spoločnosť AV-comparatives vo svojom testovaní neberie do úvahy všetky kritériá súčasne, ale testujú a vyhodnocujú každé kritérium samostatne, v tabuľke 15 sú uvedené parciálne poradie podľa jednotlivých kritérií.

Tabuľka 15 Porovnanie poradí podľa AR MIDEA a AV-comparatives

AR MIDEA		Parciálne poradia AV-comparatives			
Poradie	Antivírusové programy	DŠS*	DNŠS*	FP*	RS*
1	G DATA AntiVirus	1	3	11	13
2	TrustPort AV	3	1	13	17
3	AntiVir Premium	2	6	9	2
4	Panda Antivirus Pro	9	2	20	3
5	BitDefender AV	6	9	3	8
6	F-Secure Anti-Virus	8	7	1	9
7	McAfee AntiVirus+	4	13	15	7
8	eScan Anti-Virus	7	10	4	18
9	avast! Free Antivirus	5	16	7	1
10	Norton Anti-Virus	10	12	8	4
11	NOD32 Anti-Virus	11	8	5	16
12	Kaspersky AV	13	4	17	14
13	AVG Anti-Virus	12	14	12	5
14	Security Essentials	15	5	2	19
15	SpywareDoctor+AV	14	19	6	15
16	K7 TotalSecurity	18	11	18	10
17	Sophos Anti-Virus	16	15	10	12
18	Norman AV+AS	17	17	19	20
19	Trend Micro AVAS	19	18	14	6
20	Kingsoft AntiVirus	20	20	16	11

Zdroj: vlastné spracovanie

DŠS* - poradie AV-comparatives podľa hodnôt detekcie škodlivého softvéru

DNŠS* - poradie podľa AV-comparatives podľa hodnôt detekcie nových vzoriek

RS* - poradie AV-comparatives podľa rýchlosti skenovania

FP* - poradie AV-comparatives podľa počtu falošných poplachov

Záver

Cieľom tejto práce bolo pomocou viackriteriálnych rozhodovacích metód vyhodnotiť 20 antivírusových programov, ktoré sú celosvetovo známe, a to z hľadiska viacerých kritérií. Ďalším cieľom bolo porovnať vhodnosť alternatívnych metodologických prístupov viackriteriálneho vyhodnocovania variantov pre podobné analýzy ako bola táto.

Ako kritériá k hodnoteniu antivírusových programov boli použité nasledovné ukazovatele:

- Detekcia škodlivého softvéru
- Detekcia nových vzoriek škodlivého softvéru
- Počet falošných poplachov
- Rýchlosť skenovania
- Celkový počet použitých vzoriek škodlivého softvéru
- Celkový počet použitých nových vzoriek škodlivého softvéru

Uvedené kritériá boli v spolupráci s odborníkmi ohodnotené podľa dôležitosti a na základe toho boli odhadnuté ich váhy, ktoré boli použité v ďalších analýzach. Samotné viackriteriálne vyhodnotenie antivírusových programov sme uskutočnili s použitím týchto metód:

- Metóda váženého súčtu
- Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami
- DEA model pre výpočet superefektívnosti
- Multiplikátorový DEA model s intervalovo zadanými dátami a intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov

Prvá metóda predstavuje štandardné postupy viackriteriálneho vyhodnocovania variantov, ktoré sú jednoduché z hľadiska výpočtu.

Ďalšie tri metódy sú kombináciou viacerých DEA modelov, ktoré sme museli použiť vzhľadom na charakter dát, s ktorými sme pracovali. Tieto metódy sú výpočtovo náročnejšie, pretože pre každý hodnotený antivírusový program je potrebné spočítať lineárny matematický model. Ide však o metódy, ktoré v poslednom čase získavajú na

dôležitosti a popularite a stávajú sa štandardnými metódami nielen pri hodnotení efektívnosti, ale aj štandardnými metódami pre viackriteriálne hodnotenie variantov.

Metódou váženého súčtu sme získali nasledovné poradie troch najlepších antivírusových programov:

1. AntiVir Premium
2. TrustPort AV
3. G DATA AntiVirus

Poradie podľa multiplikátorového DEA modelu s intervalovo zadnými dátami (MIDEA):

1. AntiVir Premium, avast! Free Antivirus, AVG Anti-Virus, BitDefender AV, eScan Anti-Virus, F-Secure Anti-Virus, G DATA AntiVirus, K7 TotalSecurity, Kaspersky AV, Kingsoft AntiVirus, McAfee AntiVirus+, NOD32 Anti-Virus, Norton Anti-Virus, Panda Antivirus Pro, Security Essentials, Sophos Anti-Virus, SpywareDoctor+AV, Trend Micro AVAS, TrustPort AV
2. Norman AV+AS

Poradie podľa multiplikátorového DEA modelu s intervalovo zadnými dátami s výpočtom superefektívnosti:

1. AntiVir Premium
2. Panda Antivirus Pro
3. avast! Free Antivirus

Poradie podľa multiplikátorového DEA modelu s intervalovo zadnými dátami a intervalovo zadanými váhami vstupov a výstupov (AR MIDEA):

1. G DATA AntiVirus
2. TrustPort AV
3. AntiVir Premium

Výsledkom analýzy antivírusových programov uvedenými metódami sú poradia antivírusových programov zohľadňujúce všetky použité kritériá. Tieto výsledky sa líšia vzhľadom k rôznym postupom jednotlivých metód. Na základe skúseností, ktoré sme nadobudli aplikáciou týchto metód, odporúčame metódu AR MIDEA, ktorá vzhľadom na to, že pracuje s intervalovými odhadmi váh, lepšie zohľadňuje variabilitu názorov expertov na dôležitosť kritérií. Toto je prednosťou oproti metódam, založeným na

výpočte váženého súčtu, v ktorom sa používajú bodové odhady váh, čo pri veľkej variabilite môže viesť k nesprávnym výsledkom.

Praktické skúsenosti z riešenia práce vedú k záveru a odporúčaniu, že na riešenie vyššie uvedeného typu rozhodovacích resp. vyhodnocovacích problémov sa ako najvhodnejšia javí AR MIDEA metóda. Dostatočne zohľadňuje názory posudzovateľov a dáva výsledky s dostatočnou úrovňou diskriminácie. Jej zjavná nevýhoda v náročnosti výpočtov môže byť prekonaná použitím špecializovaného softvéru.

Zoznam použitej literatúry

ANDERSEN, P. – PETERSEN, N.C. 1993. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. In *Management Science*, roč.39, 1993, č.10, s.1261-1264.

AV-COMPARATIVES. [online] aktualizované 2011. Dostupné na Internete: <<http://www.av-comparatives.org>>

AV-TEST. [online] aktualizované 2011. Dostupné na Internete: <http://www.av-test.org/services_and_testing>

BANKER, R.D. – CHARNES, A. – COOPER, W.W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis. In *Management Science*, roč.39, 1984, č.10, s.1265-1273.

COOPER, W.W. – SEIFORD, L.M. – TONE, K. 2000. Data Envelopment Analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software. Boston: Kluwer Academic Press, 2000. 318 s. ISBN 0-7923-8693-0

COOPER, W.W. - PARK, K.S. - YU, G., 1999. IDEA and AR-IDEA: Models for dealing with imprecise data in DEA. In *Management Science*, roč. 45, 1999, s. 597–607.

COOPER, W.W. - PARK, K.S. - YU, G. 2001a. An illustrative application of IDEA (imprecise data envelopment analysis) to a Korean mobile telecommunication company. In *Operations Research*, roč. 49, 2001, s. 807–820.

COOPER, W.W. - PARK, K.S. - YU, G. 2001b. IDEA (imprecise data envelopment analysis) with CMDs (column maximum decision making units). In *Journal of the Operational Research Society*, roč. 52, 2001, 176–181.

DESPOTIS, D.K. - SMIRLIS, Y.G. 2002. Data envelopment analysis with imprecise data. In *European Journal of Operational Research*, 2002, roč. 140, s. 24–36.

FANDEL, P. 2006. Možnosti použitia DEA vo viackriteriálnom rozhodovaní s intervalovo zadanými váhami kritérií. In *Acta oeconomica et informatica*, roč.9, 2006, s.32-37.

FANDEL, P. – FANDEL, I. 2011. Metodologické prístupy k analýze efektívnosti za predpokladu nepresných dát: hodnotenie vplyvu IKT na efektívnosť podnikov . In *Acta oeconomica et informatica*, roč.14, 2011, s.13-18.

- FÄRE, R. - GROSSKOPF, S. - LOVELL, C. A. K. - PASURKA, C., 1989. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics* 71, s. 90-98.
- FILIOL, E. – JACOB, G. – LE LIARD, M. 2007. Evaluation methodology and theoretical model for a behavioural detection strategies. In *Computer Virology*, 2007, roč. 3, č. 1, s. 23-37.
- HOE, J. – KIM, H. – SUKWONG, O. 2011. Commercial Antivirus Software Effectiveness: An Empirical Study. In *Computer Virology*, March 2011, roč. 44 č. 3, s. 63-70.
- CHARNES, A. – COOPER, W. – RHODES, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. In *European Journal of operations research*, roč. 2, 1978, s.429-444.
- CHEN, Y., 2007. Imprecise DEA – Envelopment and multiplier model approaches. In *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, roč. 24, 2007, s. 279-291.
- CHEN, Y. – SEIFORD, L. M. – ZHU J. 2000, Imprecise data envelopment analysis, Unpublished paper, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, 2000
- ICSA labs. [online] aktualizované 2011. Dostupné na Internete: <<https://www.icsalabs.com/about-icsa-labs>>
- JOSSE, S. 2006. How to Assess the Effectiveness of your Anti-virus? In *Journal in Computer Virology* , August 2006, roč. 2, č. 1, s. 51-65.
- MAJOROVÁ, M. 2007: Referenčné materiály k predmetu Optimálne programovanie II (časť DEA – Analýza dátových obalov).
- PARK, K.S. 2007. Efficiency bounds and efficiency classifications in DEA with imprecise data. In *Journal of the Operational Research Society*, roč. 58, 2007, s. 533–540.
- REPISKÝ, J. 2003: Teória rozhodovania. Nitra: SPU, 2003. 146 s. ISBN 80-8069-149-5
- ROLL, Y. – COOK, W.D. – GOLANY, B. 1991. Controlling Factor Weights in Data Envelopment Analysis. In *IIE Transactions*, roč.23, 1991, č.1, s.2-9.
- SEIFORD, L.M. – ZHU, J. 2002. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. In *European Journal of Operational Research*, roč.142, 2002, s.16–20.

THOMPSON, R.G. – SINGLETON, F.D. – THRALL, R.M. – SMITH, B.A. 1986. Comparative Site Evaluation for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas. In *Interfaces*, roč.16, 1986, č.6, s.5-49.

VB100 (virus) test procedures. In *Virus Bulletin* [online]. [cit. 2011-03-28]. Dostupné na Internetu: <<http://www.virusbtn.com/vb100/about/100procedure.xml>>

ZHU, J., 2003a. Imprecise data envelopment analysis (IDEA): A review and improvement with an application. In *European Journal of Operational Research*, roč. 144, 2003, s. 513–529.

ZHU, J., 2003b. Efficiency evaluation with strong ordinal input and output measures. In *European Journal of Operational Research*, roč. 146, 2003, s. 477–485.

ZHU, J., 2004. Imprecise DEA via standard linear DEA models with a revisit to a Korean mobile telecommunication company. In *Operations Research*, roč. 52, 2004, s. 323–329.