ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

MODEL INFORMAČNÍHO VLIVU A DEZINFORMACE

František Vávra, Pavel Nový, Martina Neumanová, Arnoštka Netrvalová

Abstrakt: Tento příspěvek se zabývá využitím konceptu dezinformace pro modelování informačního ovlivňování. Jedná se o pravděpodobnostní modely popisující reklamní presentace, volební kampaně a obdobné aktivity. Naše metodika využívá pojmů klasické shannonovské teorie informace a její, námi zavedené, modifikace.

1. Úvod

V pracích [3] a [4] jsme představili koncept dezinformace, který je založen na rozdílu mezi skutečným rozdělením pravděpodobnosti a předpokládaným modelem. Pro pojetí divergence vycházíme z „konvergence“ statistického odhadu k nějaké hodnotě. Mějme ***n*** pozorování $\{x_1,\dots,x_n\}$, iid. Pak pro triviální formu odhadu divergence platí:

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\log\frac{e(x_i)}{s(x_i)} \to \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{e(x)}{s(x)},$$

kde $p(x)$ je skutečné, nedostupné, pravděpodobnostní rozdělení, $e(x)$ je jeho model a $s(x)$ je rozdělení, proti kterému je testováno.

Označíme

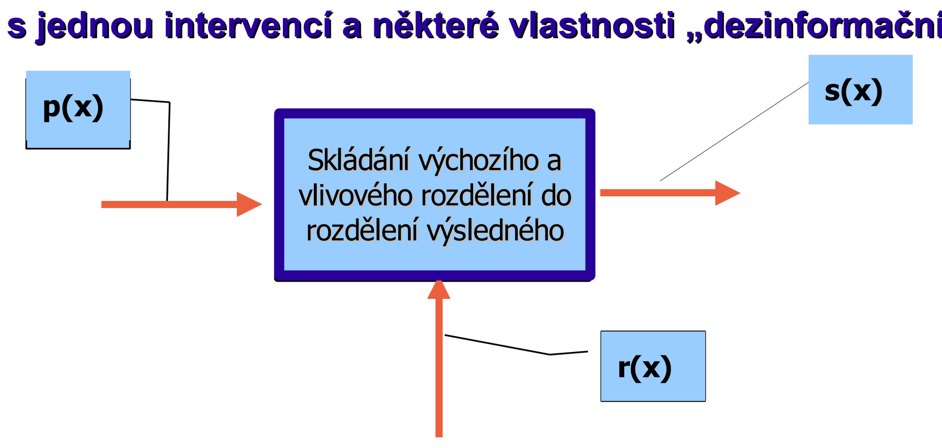
$$D(p\,||\,s;e) = \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{e(x)}{s(x)}$$

jako „dezinformační“ divergenci pravděpodobnostních modelů $p(x)$ proti $s(x)$, přičemž $p(x)$ je modelováno rozdělením $e(x)$. Porovnání klasických informačních pojmů na konečné jevové abecedě a jejich „dezinformačních“ alternativ obsahuje následující tabulka. Vedoucí rozdělení je označováno ***p(x)***, jeho model (odhad) ***e(x)***, srovnávací rozdělení (alternativa) pak ***q(x)***.

Míra	Shannonovská informační míra	Její „dezinformační“ ekvivalent
Entropie	$H(X) = -\sum_x p(x)\log p(x)$	$H(X;e) = -\sum_x p(x)\log e(x)$
(Sdílená) informace	$I(X:Y) = \sum_x\sum_y p(x,y)\log\frac{p(x,y)}{p(x)p(y)}$	$I(X:Y;e) = \sum_x\sum_y p(x,y)\log\frac{e(x,y)}{e(x)e(y)}$
Divergence pravděpodobnostních modelů	$D(p\\|q) = \sum_x p(x)\log\frac{p(x)}{q(x)}$	$D(p\\|q;e) = \sum_x p(x)\log\frac{e(x)}{q(x)}$
Symetrická divergence pravděpodobnostních modelů	$J(p\\|q) = \sum_x (p(x)-q(x))\log\frac{p(x)}{q(x)}$ $J(p\\|q) = D(p\\|q) + D(q\\|p)$	$J(p\\|q;e) = \sum_x (p(x)-q(x))\log\frac{e(x)}{q(x)}$ $J(p\\|q;e) = D(p\\|q;e) + D(q\\|e)$

Tab1.: Porovnání základních shannonovských a „dezinformačních“ pojmů.

2. Model kampaně s jednou intervencí a některé vlastnosti „dezinformační divergence“



Obr.1. Schéma kampaně jedním informačním interventem.

„Dezinformační“ divergence $D(p\,||\,s;e)$ je nejen užitečným statistickým pojmem, ale i dobrým prostředkem pro modelování informačního působení (reklamy, politické kampaně, …). Situace informačního působení jednoho interventa je schématicky zobrazena na obr.1. Zde rozdělení ***p(x)*** modeluje stav bez informačního působení, ***s(x)*** je popisem stavu po takové kampani a ***r(x)*** je modelem vlivového působení (kampaně).

$x\in X$ jsou jednotlivé jevy, kterými se modelované uspořádání projevuje navenek (je pozorováno). X je (konečnou) abecedou těchto jevů. Jednotlivé jevy mohou být některé tržní produkty a jim přiřazené pravděpodobnosti mohou reprezentovat frekvence prodeje nebo nabídky těchto produktů. Vhodnou mírou pro efekt informačního působení je klasická divergence $D(p\,||\,s)$. Tu lze dekomponovat do dvou složek:

$$D(p\,||\,s) = D(p\,||\,r) + D(p\,||\,s;r)$$

První člen součtu popisuje „vztah“ mezi ovlivňovaným a ovlivňujícím rozdělením. Druhý člen je modelem odlišnosti mezi ovlivňovaným a výsledným rozdělením, přičemž ovlivňované je substituováno ovlivňujícím rozdělením. Tento člen může být interpretován jako míra korekce očekávaného (projektovaného) působení intervenčního rozdělení. Při tom první člen je mírou projektovaného působení takové „informační intervence“. Pro presentaci uvádíme modelový příklad v tabulce 2.

Prací prášek	Pravděpodobnost koupě před reklamou p(x)	Pravděpodobnost koupě předstíraná reklamou r(x)	Pravděpodobnost koupě po reklamě s(x)
VyZíráte	0,250	0,900	0,550
PereSám	0,167	0,025	0,100
BíláBudeBělejší	0,125	0,025	0,120
ObyčenýPrášek	0,400	0,025	0,180
VypereVše	0,058	0,025	0,050

Tab.2.: Demonstrační příklad, *X={VyZíráte, PereSám, BíláBudeBělejší, ObyčenýPrášek, VypereVše}*

K tomuto příkladu je nezbytné poznamenat, že intervenční rozdělení ***r(x)*** má nenulové (i když malé) pravděpodobnosti i u nepropagovaných sortimentů. To reprezentuje skutečnost, že každou reklamou je propagován nejen konkrétní produkt konkrétního výrobce, ale i sortiment jako celek. Například reklama na prací prášek ***VyZíráte*** upozorní vnímavého diváka i na skutečnost, že vůbec nějaké prací prášky existují.

Výše uvedený vztah $D(p\,||\,s) = D(p\,||\,r) + D(p\,||\,s;r)$ má triviální důkaz:

$$D(p\,||\,s) = \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{p(x)}{s(x)} = \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{p(x)}{s(x)}\frac{r(x)}{r(x)} = \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{p(x)}{r(x)} + \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{r(x)}{s(x)}.$$

Z tohoto odvození je zřejmé, že tento vztah platí pro všechna $r(x)\neq 0; s(x)\neq 0; \forall x\in X$. Vztah $D(p\,||\,s) = D(p\,||\,r) + D(p\,||\,s;r)$ můžeme přepsat do tvaru $D(p\,||\,s) - D(p\,||\,s;r) = D(p\,||\,r)$. Odtud a z faktu, že $D(p\,||\,r)\geq 0$ [1, 2] plyne:

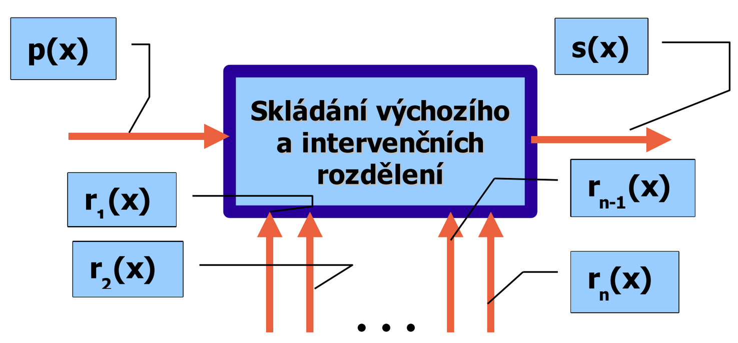
$$D(p\,||\,s) \geq D(p\,||\,s;r) \qquad (1)$$

Tedy divergence dvou pravděpodobnostních rozdělení je větší nebo rovna „dezinformační divergenci“ při libovolném modelu $r(x)$ a rovnost nastává pro $r(x) = p(x)\forall x\in X$. Využijeme-li relace $\frac{x-1}{\ln 2}\geq \log x$, dostáváme pro „dezinformační divergenci“ omezení:

$$\frac{1}{\ln 2}\left(1-\sum_{x\in X} p(x)\frac{s(x)}{r(x)}\right) \leq D(p\,||\,s;r) \leq \frac{1}{\ln 2}\left(\sum_{x\in X} p(x)\frac{r(x)}{s(x)} - 1\right) \qquad (2)$$

Zde je namístě poznamenat, že vztah $D(p\,||\,s)\geq 0$ nemá pro $D(p\,||\,s;r)$ obdobu, tedy může být i $D(p\,||\,s;r) < 0$.

3. Model kampaně s více intervencemi



Obr.2. Schéma kampaně s ***n*** informačními intervencemi.

Tato modifikace je modelem soutěže více subjektů o „vhodnou“ transformaci výchozího rozdělení na pravděpodobnostní rozdělení po uplatnění vlivů všech interventů. Pro takovou situaci platí:

$$D(p\,||\,s) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[D(p\,||\,r_i) + D(p\,||\,s;r_i)\right] \qquad (3)$$

Důkaz:

$$D(p\,||\,s) = \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{p(x)}{s(x)} = \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{p(x)}{s(x)}\frac{r_1(x)}{r_1(x)} = \sum_{x\in X} p(x)\log\frac{p(x)}{r_1(x)}\frac{r_1(x)}{s(x)} =$$

$$= \sum_{x\in X} p(x)\log\left[\frac{p(x)}{r_1(x)}\frac{r_1(x)}{s(x)}\prod_{i=2}^{n}\left(\frac{p(x)}{r_i(x)}\frac{r_i(x)}{s(x)}\frac{s(x)}{p(x)}\right)\right] = \sum_{i=1}^{n}\left[D(p\,||\,r_i) + D(p\,||\,s;r_i)\right] + \sum_{x\in X} p(x)\log\left(\frac{s(x)}{p(x)}\right)^{n-1} = \sum_{i=1}^{n}\left[D(p\,||\,r_i) + D(p\,||\,s;r_i)\right] - (n-1)D(p\,||\,s).$$

Srovnáním počátečního a koncového výrazu dostaneme dokazovanou rovnost. Ta samozřejmě platí za předpokladů $\forall x\in X$ je $p(x)\neq 0$, $s(x)\neq 0$ a $\forall i = 1\dots n\,\forall x\in X$ je $r_i(x)\neq 0$. Splnění těchto předpokladů pro rozdělení $p(x)$ a $s(x)$ je při konečné abecedě elementárních jevů přirozené. Pro intervenční rozdělení $r_i(x)$ musíme přidat předpoklad, že každá reklama na konkrétní produkt vlastně také trochu propaguje všechny srovnatelné produkty. Samozřejmě totéž platí i pro předvolební kampaně. Zdá se, že i pro tyto dodatečné předpoklady můžeme přijmout fakt jejich přirozenosti.

Shrnutí: Výsledný efekt více-intervenční kampaně je průměrem efektů všech působitelů (informačních interventů).

4. Efektivní měření kampaně s jednou intervencí

V předchozích kapitolách uvedený způsob měření efektu informační kampaně předpokládal libovolnou operaci skládání výchozího a intervenčního rozdělení v rozdělení výsledné. Situaci zjednodušíme na

$$s(x) = (1-\lambda)p(x) + \lambda\, r(x).$$

Tedy výsledné rozdělení je směsí rozdělení výchozího a intervenčního a λ $(0\leq\lambda\leq 1)$ je vlastně modelem pro tu část populace, která přijme informační intervenci za svou. Samozřejmě toto zjednodušení je modelem pro informační kampaně více či méně positivní. Takový model není, tak jak je formulován, popisem kampaní negativních ($\lambda < 0$).

Máme-li dáno výsledné rozdělení $s(x)$, můžeme nalézt metodou nejmenších čtverců nejlepší λ odpovídající aproximační směsi $s(x) = (1-\lambda)p(x) + \lambda r(x)$, pokud takové λ existuje. Pak:

$$\lambda = \frac{\sum_{x\in X}(s(x)-p(x))(r(x)-p(x))}{\sum_{x\in X}(r(x)-p(x))^2}, \qquad (4)$$

samozřejmě, pokud platí $0\leq\lambda\leq 1$. Podmínky existence lze přepsat do tvaru:

$$\sum_{x\in X}(r(x)-p(x))(s(x)-r(x))\leq 0 \text{ a} \qquad (4a)$$

$$\sum_{x\in X}(r(x)-p(x))(s(x)-p(x))\geq 0 \text{ a} \qquad (4b)$$

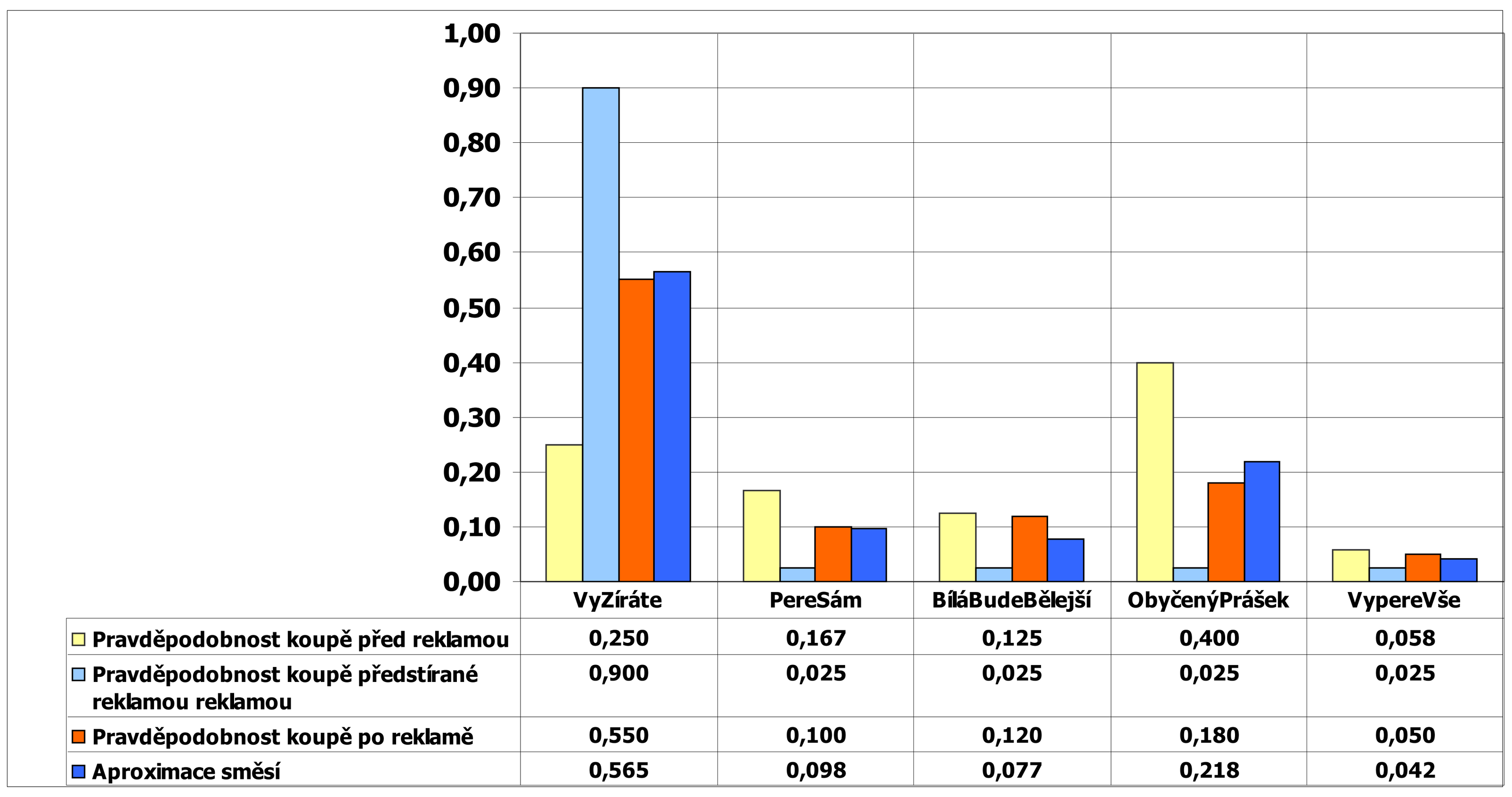
Obě nerovnosti lze přepsat do tvaru skalárních součinů $\langle r-p; s-r\rangle\leq 0$ a $\langle r-p; s-p\rangle\geq 0$. To umožňuje pak geometrickou interpretaci podmínek existence positivní charakteru informačního působení (úhlové podmínky, skalární součin po vhodném normování je vlastně cosinem úhlu svíraného oběma vektory).

Příklad:

Prací prášek	Pravděpodobnost koupě před reklamou p(x)	Pravděpodobnost koupě předstíraná reklamou r(x)	Pravděpodobnost koupě po reklamě s(x)
VyZíráte	0,250	0,900	0,350
PereSám	0,167	0,025	0,150
BíláBudeBělejší	0,125	0,025	0,120
ObyčenýPrášek	0,400	0,025	0,300
VypereVše	0,058	0,025	0,080

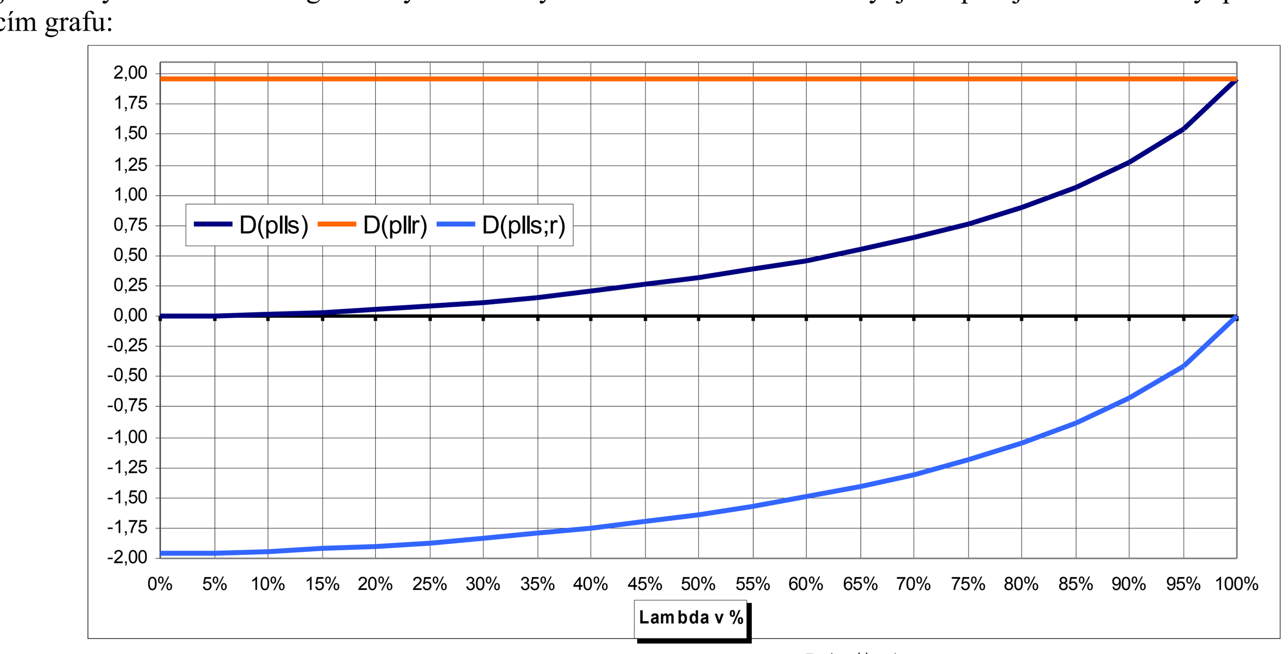
$$D(p\,||\,s) = 0{,}0508;\ D(p\,||\,r) = 1{,}9557;\quad D(p\,||\,s;r) = -1{,}9049;\ \lambda = 0{,}1761$$

Tedy, v tomto případě, kampaň měla positivní efekt a 17,6% populace „podlehla“ jejímu působení (z praktických poznatků poměrně úspěšná kampaň).



Obr.3. „Účinkující“ a výsledná rozdělení k předcházejícímu příkladu.

V situacích, kdy je přijatelný předpoklad o tom, že je výsledné rozdělení směsí $s(x) = (1-\lambda)p(x) + \lambda\, r(x)$, bude zajímavé sledovat průběhy jednotlivých složek divergence výchozí – výsledné rozdělení na λ. Ty jsou pro jeden modelový příklad zobrazeny na následujícím grafu:



Obr. 4. Závislost jednotlivých složek $D(p\,||\,s)$ na λ.

5. Závěr a další rozvoj

V předcházejícím textu je naznačen jeden způsob modelování a měření vlivu při informačních kampaních. Tento přístup má některá omezení. První z nich je to, že vlivové působení pracuje se shodnou abecedou jevů jako ovlivňované. Předložený model „tvorby“ výsledného rozdělení pomocí směsi výchozího a ovlivňujícího má možnost modelovat jen „positivní“ působení. Pro negativní kampaně musíme připustit i jiné formy „skládání“ rozdělení. Samozřejmě v některých případech je v takové situaci přijatelná i směs. To proto, že pro λ potřebujeme splnit pouze omezení $0\leq(1-\lambda)p(x) + \lambda\, r(x)\leq 1;\ \forall x\in X$. Je tu také další „zúžení“. Model je statický a popisný. Model tedy měří efektivitu již realizované kampaně. Další rozvoj půjde několika směry:

- Studium možných operací skládání výchozího a ovlivňujícího rozdělení nebo jejich aproximací. Zajímavý bude případ více informačních intervencí.
- Studium podmínek, při kterých je informační kampaň výsledkově negativní. To však také předpokládá vymezení pojmu negativní informační kampaň pomocí jazyka pravděpodobnosti a teorie informace.
- Studium operací skládání výchozího a ovlivňujících rozdělení za předpokladu, že u interventů může „působit“ jiná abeceda (obsahující či neobsahující za svou část abecedu ovlivňovaných jevů).
- Studium modelů, u kterých jejich struktura připustí popsat některé dynamické jevy (alespoň na úrovni před a po).
- …..

Reference

[1] Vajda, I. (1982) *Teória informácie a štatistického rozhodovania*. Alfa Bratislava 1982.
[2] Cover, T. M., Thomas, J.A. (1991) *Elements of Information Theory*. Wiley 1991.
[3] Vávra, F., Nový P. (2004) *Informace a dezinformace.* Seminář z aplikované matematiky. Katedra aplikované matematiky, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity, Brno 13.4.2004.
[4] Kotlíková, M., Mašková, H., Netrvalová, A., Nový, P., Spíralová, D., Vávra, F., Zmrhal D. (2004) *Informace a dezinformace - statistický pohled.* ROBUST'2004, JČMF 2004. Třešť 2004.
[5] Netrvalová, A., Šafařík, J. (2006) *HUMAN TRUST MODELLING*, Aplimat 2006, 5th International Conference, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU, Bratislava, Slovakia, February 2006.

Poděkování: Tato práce by nebyla vytvořena nebýt instituce IWRS a grantu IWRS 2004-2008.

Adresa: František Vávra, Pavel Nový, Martina Neumanová, Arnoštka Netrvalová,
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI,
Fakulta aplikovaných věd
Katedra informatiky a výpočetní techniky
Univerzitní 22
306 14 Plzeň

E-mail: vavra@kiv.zcu.cz, novyp@kiv.zcu.cz, mneumano@kiv.zcu.cz, netrvalo@kiv.zcu.cz