

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Disertační práce

2009

Ing. Arnoštka Netrvalová

**Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd**

MODELOVÁNÍ DŮVĚRY

Ing. Arnoštka Netrvalová

**disertační práce
k získání akademického titulu doktor
v oboru Informatika a výpočetní technika**

**Školitel: Prof. Ing. Jiří Šafařík, Ph.D.
Katedra: Katedra informatiky a výpočetní techniky**

Plzeň 2009

**University of West Bohemia
Faculty of Applied Sciences**

TRUST MODELLING

Ing. Arnoštka Netrvalová

**doctoral thesis
submitted in partial fulfillment of the requirements
for a degree of Doctor of Philosophy
in Computer Science and Engineering**

**Supervisor: Prof. Ing. Jiří Šafařík, Ph.D.
Department of Computer Science and Engineering**

Pilsen 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne

Podpis

Motto:

V životě každého člověka někdy vyhasne vnitřní oheň. A pak se znovu rozhoří setkáním s jiným člověkem. Měli bychom být vděční za ty, kteří tento oheň dokáží znovu zažehnout.

Albert Schweitzer

Poděkování

Motto v úvodu této stránky je poděkování těm, kteří mi dodali odvahu začít ještě jednou ...

Nejprve bych ráda poděkovala vedoucímu disertační práce a doufám, že mohu napsat i příteli, profesorovi Jiřímu Šafaříkovi za nápad na zpracování aktuálního a zajímavého tématu modelování důvěry, za jeho vedení, konzultace, podporu a čas, který mi věnoval v četných, i na první pohled s tématem nesouvisejících, diskuzích.

Dále chci poděkovat kolegyni doc. Ivaně Kolingerové za projevený zájem a podporu, kterou mi v souvislosti s mou prací poskytovala.

Děkuji i spolupracovníkům - členům výzkumné skupiny Distribuované systémy a simulace za jejich rady a připomínky při prezentacích parciálních výsledků práce a dalším kolegům z KIV za morální podporu.

A nakonec poděkování největší - mé rodině - manželovi Františkovi a mým dětem Arnoštce, Františkovi a Jaromírovi za jejich pochopení, povzbuzení a především za důvěru.

Abstract

Trust is a phenomenon of everyday life and plays an important role in society. In the internet age, the information technology has significant influence almost on all human activities, forms new relationships not only among humans, but also between humans and machines. This fact gives an additional impulse for researching trust. On the other hand, the methods and tools coming from computing sciences are used for study of trust.

The thesis is concerning with trust modeling. Firstly, reasons for trust modeling are described. The terms trust, trust forming, trust representation and visualization are introduced. The survey of trust models is presented, and agent based tools are evaluated for trust modeling. Areas of trust models utilization are presented with respect to information technology.

The most significant part of the work is extended trust model covering more factors effecting on trust model, including intentional intervention. The model is composed of the personal trust component, and the phenomenal trust component. With respect to intervention, the base trust element and the intervention trust element are defined. The trust forming methods and the methods of intervention effect evaluation are presented.

The multiagent system is used for intervention trust model implementation. The model has been used for verification of proposed methods using both, randomly generated as well as real data.

The method of partner selection for co-operation based on reciprocal trust and risk minimization is proposed and verified. The method can be used for forming of cooperation in a community.

Abstrakt

Důvěra je fenoménem každodenního života a hraje důležitou roli ve společnosti. V době internetu ovlivňují informační technologie téměř všechny lidské činnosti, formy nových vztahů nejen mezi lidmi, ale také mezi lidmi a stroji. Tato skutečnost vytváří další impuls ke zkoumání důvěry. Na druhé straně, metody a prostředky, které počítačové vědy přinášejí, jsou používány pro studium důvěry.

Tato práce se zabývá modelováním důvěry. Nejprve jsou popsány důvody pro modelování důvěry. Uvedeny jsou pojmy důvěra, utváření důvěry, reprezentace a vizualizace důvěry. Je uveden přehled modelů důvěry a pro modelování důvěry je provedeno hodnocení multiagentních implementačních nástrojů. Jsou uvedeny základní oblasti využití modelů důvěry s ohledem na informační technologie.

Nejdůležitější částí práce je návrh rozšířeného modelu důvěry zahrnujícího více faktorů působících na důvěru, včetně záměrné intervence. Model se skládá z komponenty personální důvěry a komponenty fenomenální důvěry. Z důvodu modelování intervence jsou definovány obecný prvek s důvěrou a intervenční prvek s důvěrou. Navrženy jsou metody pro utváření důvěry a hodnocení intervenčního vlivu.

Pro realizaci modelu důvěry s intervenčním zásahem je použit multiagentní systém. Model byl využit pro ověření navržených metod využívajících jak náhodně vygenerovaných, tak i reálných dat.

Je navržena a ověřena metoda, která umožňuje výběr partnera pro spolupráci na základě vzájemné důvěry a minimalizace rizika. Metoda může být využita pro utváření spolupráce v komunitě.

OBSAH

1	ÚVOD – ANEB: PROČ MODELOVAT DŮVĚRU?.....	1
1.1	DŮVĚRA A DISTRIBUOVANÁ UMĚLÁ INTELIGENCE.....	1
1.2	CHARAKTER DŮVĚRY.....	2
1.3	STRUČNÝ PŘEHLED PRÁCE.....	3
2	DŮVĚRA A JEJÍ MODELOVÁNÍ.....	4
2.1	ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI.....	4
2.2	PRINCIPY UTVÁŘENÍ.....	6
2.3	DEFINICE.....	7
2.4	REPREZENTACE.....	7
2.5	DŮVĚRA JAKO VZTAH MEZI SUBJEKTY A JEJÍ VIZUALIZACE.....	9
3	MODELY DŮVĚRY.....	12
3.1	FORMÁLNÍ MODELY DŮVĚRY.....	12
3.1.1	<i>Použití teorie grafů.....</i>	12
3.1.2	<i>Aplikace teorie pravděpodobnosti.....</i>	14
3.1.3	<i>Využití teorie rozhodování.....</i>	14
3.1.4	<i>Aplikace teorie her.....</i>	15
3.2	METODIKA MODELOVÁNÍ DŮVĚRY.....	15
3.2.1	<i>Funkcionalita.....</i>	16
3.2.2	<i>Třídy modelů.....</i>	16
3.2.3	<i>Metody vyhodnocení důvěry.....</i>	16
3.3	TECHNOLOGIE A IMPLEMENTAČNÍ NÁSTROJE.....	17
3.3.1	<i>JADE.....</i>	17
3.3.2	<i>RETSINA.....</i>	18
3.3.3	<i>SWARM.....</i>	18
3.4	VYUŽITÍ MODELŮ DŮVĚRY V INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍCH.....	19
3.4.1	<i>Elektronické obchodování a služby.....</i>	19
3.4.2	<i>Počítačové sítě.....</i>	20
3.4.3	<i>Počítačové systémy a programování.....</i>	20
3.4.4	<i>Intervenční zásahy v systémech.....</i>	21
4	CÍLE DISERTACE.....	22
5	MODEL DŮVĚRY S INTERVENCÍ.....	23
5.1	DEFINICE A REPREZENTACE DŮVĚRY.....	23
5.2	ZAVEDENÍ TYPŮ DŮVĚRY.....	24
5.2.1	<i>Personální důvěra.....</i>	25
5.2.2	<i>Fenomenální důvěra.....</i>	26
5.3	ÚLOHA KOMUNIKACE.....	26
5.4	OBECNÝ PRVEK S DŮVĚROU.....	27
5.4.1	<i>Struktura obecného prvku s důvěrou.....</i>	27
5.4.2	<i>Struktura zprávy zasílané obecným prvkem s důvěrou.....</i>	29
5.4.3	<i>Utváření personální důvěry.....</i>	31
5.4.4	<i>Utváření fenomenální důvěry.....</i>	33
5.5	INTERVENČNÍ PRVEK S DŮVĚROU.....	34
5.5.1	<i>Struktura intervenčního prvku s důvěrou.....</i>	35
5.5.2	<i>Struktura zprávy zasílané intervenčním prvkem s důvěrou.....</i>	36
5.6	INTERVENČNÍ ZÁSAH A NÁSLEDNÉ UTVÁŘENÍ DŮVĚRY.....	38
5.6.1	<i>Model intervenčního působení.....</i>	38
5.6.2	<i>Utváření personální důvěry po intervenci.....</i>	40
5.6.3	<i>Utváření fenomenální důvěry po intervenci.....</i>	40
5.7	STUDIE CHOVÁNÍ NAVRŽENÉHO MODELU.....	41
5.7.1	<i>Studie chování modelu personální důvěry.....</i>	41
5.7.2	<i>Studie chování modelu fenomenální důvěry.....</i>	53
5.7.3	<i>Studie chování modelu s intervenčním zásahem.....</i>	70
5.7.4	<i>Výpočet síly intervence z evoluce důvěry.....</i>	77

5.8	MULTIAGENTNÍ MODEL DŮVĚRY S INTERVENCÍ.....	80
5.8.1	<i>Návrh struktury modelu.....</i>	81
5.8.2	<i>Stručný popis platformy modelu.....</i>	82
5.8.3	<i>Postup při vytváření multiagentního modelu</i>	83
5.8.4	<i>Ověření chování agentního modelu na reálných datech</i>	84
5.9	DŮVĚRA, SPOLUPRÁCE A JEJÍ RIZIKO.....	89
5.9.1	<i>Posouzení míry rizika spolupráce partnerů</i>	89
5.9.2	<i>Před-výběr partnera na základě vzájemné důvěry</i>	90
5.9.3	<i>Výběr partnera na základě vzájemné důvěry a minimalizace rizika</i>	91
5.9.4	<i>Ověření použitelnosti před-výběru párů a konceptu opatrnosti</i>	93
6	ZÁVĚRY A DALŠÍ PRÁCE.....	97
	LITERATURA.....	99
	PUBLIKACE AUTORKY – DISERTAČNÍ VÝSTUPY.....	106
	OSTATNÍ PUBLIKACE AUTORKY.....	107
	CITOVANÉ PRÁCE AUTORKY.....	109

REJSTRÍK OBRÁZKŮ

OBR. 2.1	HYSTEREZNÍ SMYČKA DŮVĚRY	5
OBR. 2.2	GAMBETTOVA REPREZENTACE DŮVĚRY – INTERVAL $\langle 0, 1 \rangle$	8
OBR. 2.3	ÚROVNĚ DŮVĚRY PŘI REPREZENTACI FUZZY LOGIKOU [35]	8
OBR. 2.4	ČTVEREC DŮVĚRY – VIZUALIZACE DŮVĚRY DVOU SUBJEKTŮ	9
OBR. 2.5	ZÁKLADNÍ TVARY ČTVERCŮ DŮVĚRY	10
OBR. 2.6	PŘÍKLAD ZOBRAZENÍ VZÁJEMNÉ DŮVĚRY V KOMUNITĚ	10
OBR. 2.7	PŘÍKLAD SHNEIDERMANOVÝCH KRUHŮ VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ	11
OBR. 2.8	2D A 3D VIZUALIZACE DŮVĚRY UŽITÍM SHNEIDERMANOVÝCH KRUHŮ [37]	11
OBR. 2.9	PANORAMATICKÝ GRAF VÝSLEDKU FIKTIVNÍ REKLAMNÍ KAMPANĚ [39]	11
OBR. 3.1	REPREZENTACE PŘÍMÉ DŮVĚRY, DOPORUČENÍ A REPUTACE MULTIGRAFEM	13
OBR. 3.2	PŘÍKLAD PROPAGACE DŮVĚRY MEZI SUBJEKTY A A G	13
OBR. 3.3	PŘÍKLAD VÝPLATNÍ MATICE V OBECNÉM TVARU A S HODNOTAMI	15
OBR. 3.4	ARCHITEKTURA AGENTA S DEKOMPOZICÍ PODLE VYKONÁVANÝCH FUNKCÍ	17
OBR. 5.1	REPREZENTACE HODNOTY DŮVĚRY	23
OBR. 5.2	ZÁKLADNÍ KONCEPCE UTVÁŘENÍ DŮVĚRY VE SKUPINĚ	24
OBR. 5.3	GRAF ZNÁZORŇUJÍCÍ VAZBY A MÍRY DŮVĚRY MEZI JEDNOTLIVÝMI PRVKY	25
OBR. 5.4	ZÁKLADNÍ PŘEDSTAVA O FUNKCI DŮVĚRY V KOMUNIKAČNÍM PROCESU	26
OBR. 5.5	ZÁKLADNÍ PŘEDSTAVA O STAVECH ZPRÁVY V PROCESU KOMUNIKACE	27
OBR. 5.6	ZÁKLADNÍ STAVOVÝ DIAGRAM OBECNÉHO PRVKU S DŮVĚROU	30
OBR. 5.7	STAVOVÝ DIAGRAM INTERNÍHO PROCESU OBECNÉHO PRVKU S DŮVĚROU	31
OBR. 5.8	ZÁKLADNÍ STRUKTURA - INTERVENČNÍ PRVEK S DŮVĚROU	35
OBR. 5.9	STRUKTURA ZPRÁVY ZASÍLANÉ INTERVENČNÍM PRVKEM S DŮVĚROU	36
OBR. 5.10	STAVOVÝ DIAGRAM INTERNÍHO PROCESU INTERVENČNÍHO PRVKU S DŮVĚROU	37
OBR. 5.11	SCHEMA INTERVENČNÍHO PŮSOBNÍ	38
OBR. 5.12	GRAF UTVÁŘENÍ DŮVĚRY S KONTAKTY A ZASLANÝMI DOPORUČENÍMI V JEDNOTLIVÝCH KROČÍCH ...	43
OBR. 5.13	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY PŘI MĚNÍCÍ SE VELIKOSTI REPUTACE PŘÍJEMCE DŮVĚRY	44
OBR. 5.14	GRAF OVLIVNĚNÍ MÍRY DŮVĚRY PŘI MINIMÁLNÍ A MAXIMÁLNÍ REPUTACI PŘÍJEMCE DŮVĚRY	45
OBR. 5.15	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY POUZE KONTAKTY PŘI PRŮMĚRNÉ VELIKOSTI REPUTACE	46
OBR. 5.16	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY POUZE DOPORUČENÍMI PŘI PRŮMĚRNÉ VELIKOSTI REPUTACE	47
OBR. 5.17	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY POČÁTEČNÍ DŮVĚROU SUBJEKTU	48
OBR. 5.18	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY VELIKOSTÍ VÁHY REPUTACE PŘÍJEMCE DŮVĚRY	49
OBR. 5.19	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY HODNOTOU VÁHY KONTAKTŮ POSKYTOVATELE DŮVĚRY	50
OBR. 5.20	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY VELIKOSTÍ VÁHY DOPORUČENÍ	51
OBR. 5.21	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY PŘI ZAHRNUTÍ DISPOZICE DO MODELU	52
OBR. 5.22	GRAF OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY HODNOTOU VÁHY	54
OBR. 5.23	UTVÁŘENÍ FENOMÉRNÍ DŮVĚRY SUBJEKTŮ, POČET DOPORUČENÍ A REPUTACE PRODUKTŮ	55
OBR. 5.24	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_j V PRODUKTY PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI	57
OBR. 5.25	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_2 PRO JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI .	58
OBR. 5.26	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_3 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI	59
OBR. 5.27	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_4 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI	60
OBR. 5.28	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_5 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI	61
OBR. 5.29	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_5 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI	63
OBR. 5.30	VLIV POČÁTEČNÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_1 V PRODUKT p_4 PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI	64
OBR. 5.31	VLIV POČÁTEČNÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_1 V PRODUKTY PŘI DANÉM DOPORUČENÍ A REPUTACI	65
OBR. 5.32	VLIV ZMĚNY REPUTACE PRODUKTU p_2 NA DŮVĚRU SUBJEKTU s_1	66
OBR. 5.33	VLIV ZMĚNY REPUTACE PRODUKTU p_4 NA DŮVĚRU SUBJEKTU s_1	66
OBR. 5.34	VLIV ZMĚNY VÁHY REPUTACE PRODUKTU p_2 NA DŮVĚRU SUBJEKTU s_1 V TENTO PRODUKT	67
OBR. 5.35	VLIV POČTU DOPORUČENÍ NA ZMĚNU DŮVĚRY PRO VYBRANOU ŠESTICI VZTAHŮ	68
OBR. 5.36	VLIV POČTU DOPORUČENÍ NA ZMĚNU DŮVĚRY PŘI ROVNOMĚRNÉ REPUTACI PRODUKTŮ	69
OBR. 5.37	VLIV DISPOZICE DŮVĚŘOVAT NA UTVÁŘENÍ DŮVĚRY	70
OBR. 5.38	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH SUBJEKTU s_4 NA UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_1 ($\lambda=0,2$)	72
OBR. 5.39	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH SUBJEKTU s_4 ($\lambda=0,1$)	72
OBR. 5.40	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH s_4 ($\lambda=0,15, I_{12}=0,3$ A $I_{14}=0,61$)	73
OBR. 5.41	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH s_4 ($\lambda=0,15, I_{12}=0,01$ A $I_{14}=0,96$)	74
OBR. 5.42	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH s_4 ($\lambda_2=0,12 \lambda_4=0,1; I_2=0,08 I_4=0,76$)	75
OBR. 5.43	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH s_4 ($\lambda=0,15, I_2=0,08$ A $I_4=0,76$)	75

OBR. 5.44	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH SUBJEKTU S_4 ($\lambda=0,2$, PO 5 KROKŮ, $I_2=0,08$ A $I_4=0,76$)	76
OBR. 5.45	VLIV INTERVENCE VE PROSPĚCH SUBJEKTU S_4 ($\lambda=0,4$, PO 2 KROKY, $I_2=0,08$ A $I_4=0,76$)	76
OBR. 5.46	STUDIE PARAMETRU λ (UTVÁŘENÍ DŮVĚRY K SUBJEKTU S_2)	77
OBR. 5.47	STUDIE PARAMETRU λ (UTVÁŘENÍ DŮVĚRY K SUBJEKTU S_4)	77
OBR. 5.48	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY ($\lambda=0,05$)	78
OBR. 5.49	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY ($\lambda=0,1$)	78
OBR. 5.50	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY ($\lambda=0,5$)	78
OBR. 5.51	VLIV INTERVENCE ($\lambda=0,05$)	78
OBR. 5.52	VLIV INTERVENCE ($\lambda=0,1$)	78
OBR. 5.53	VLIV INTERVENCE ($\lambda=0,5$)	78
OBR. 5.54	VLIV INTERVENCE (1. KROK, $\lambda = 0,976$)	80
OBR. 5.55	IDEA MODELU DŮVĚRY S INTERVENČNÍM ZÁSAHEM	81
OBR. 5.56	IMPLEMENTACE STRUKTURY INTERVENČNÍHO PRVKU S DŮVĚROU	82
OBR. 5.57	HIERARCHICKÉ USPOŘÁDÁNÍ AGENTŮ DANÝCH TYPŮ	82
OBR. 5.58	UKÁZKA VZÁJEMNÉ KOMUNIKACE AGENTŮ	83
OBR. 5.59	PŘÍKLAD ROZLOŽENÍ FENOMENÁLNÍ DŮVĚRY KONZUMENTA	84
OBR. 5.60	ZÁVISLOST DŮVĚRY POPULACE V DOMINANTNÍ PRODUKT NA λ PŘI DANÉM M (LEDEN-DUBEN)	86
OBR. 5.61	ZÁVISLOST DŮVĚRY POPULACE V DOMINANTNÍ PRODUKT NA λ PŘI DANÉM M (LEDEN-KVĚTEN)	86
OBR. 5.62	ZÁVISLOST PARAMETRU λ NA STŘEDNÍ HODNOTĚ M MÍRY DŮVĚRY V DOMINANTNÍ PRODUKT	87
OBR. 5.63	ZÁVISLOST DŮVĚRY V POPULACI NA PARAMETRU λ PRO HODNOTY INTERVENČNÍHO ROZDĚLENÍ	87
OBR. 5.64	ZÁVISLOST MÍRY DŮVĚRY POPULACE V PRODUKTY NA PARAMETRU λ (DUBEN - KVĚTEN)	88
OBR. 5.65	KRITÉRIA PRO „PŘED-VÝBĚR“ PÁRŮ VHODNÝCH KE SPOLUPRÁCI	91
OBR. 5.66	INDEXY OPATRNOSTI PARTNERŮ ILUSTRÁČNÍHO PÁRU	93
OBR. 5.67	ROZMÍSTĚNÍ „PŘED-VYBRANÝCH“ PÁRŮ VHODNÝCH KE SPOLUPRÁCI	94

REJSTRÍK TABULEK

TAB. 2.1	PŘÍKLADY INTERVALŮ PRO ZOBRAZENÍ DŮVĚRY VE VYBRANÝCH PRACÍCH	8
TAB. 2.2	ROZVRSTVENÍ ÚROVNÍ DŮVĚRY NA INTERVALU $(-1, 1)$ V PRÁCI [10].	9
TAB. 5.1	POROVNÁNÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ (DLE SHANNONA) A "DEZINFORMAČNÍCH" POJMŮ.....	39
TAB. 5.2	POČET KONTAKTŮ A DOPORUČENÍ PRO VYBRANÉ VZTAHY SUBJEKTŮ	41
TAB. 5.3	POČÁTEČNÍ DŮVĚRA A REPUTACE PRO VYBRANÉ VZTAHY SUBJEKTŮ	41
TAB. 5.4	VÝSLEDNÉ STATISTIKY STUDIE VLIVU PRO VYBRANÉ VZTAHY DŮVĚRY SUBJEKTŮ.....	53
TAB. 5.5	REPUTACE JEDNOTLIVÝCH PRODUKTŮ U JEDNOTLIVÝCH SUBJEKTŮ	56
TAB. 5.6	POČÁTEČNÍ DŮVĚRA SUBJEKTŮ V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY	56
TAB. 5.7	ZMĚNA DŮVĚRY SUBJEKTU s_1 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÝCH DOPORUČENÍCH A REPUTACI	56
TAB. 5.8	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_2 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÝCH DOPORUČENÍCH A REPUTACI.....	58
TAB. 5.9	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_3 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÝCH DOPORUČENÍCH A REPUTACI	59
TAB. 5.10	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_4 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÝCH DOPORUČENÍCH A REPUTACI	60
TAB. 5.11	UTVÁŘENÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_5 V JEDNOTLIVÉ PRODUKTY PŘI DANÝCH DOPORUČENÍCH A REPUTACI	61
TAB. 5.12	SUBJEKT s_1 :REPUTACE A DOPORUČENÍ DANÝCH PRODUKTŮ	62
TAB. 5.13	SUBJEKT s_1 :DŮVĚRA V DANÉ PRODUKTY	63
TAB. 5.14	DOPORUČENÍ A REPUTACE DANÝCH PRODUKTŮ U JEDNOTLIVÝCH SUBJEKTŮ.....	64
TAB. 5.15	VELIKOSTI POČÁTEČNÍ DŮVĚRY SUBJEKTU s_1 DANÝM PRODUKTŮM.....	64
TAB. 5.16	HODNOTY REPUTACE DANÝCH PRODUKTŮ PRO SUBJEKT s_1	65
TAB. 5.17	ZMĚNY DŮVĚRY SUBJEKTU s_1 V PRODUKT p_2 PŘI ZMĚNĚ JEHO REPUTACE	66
TAB. 5.18	ZMĚNY DŮVĚRY SUBJEKTU s_2 V DANÉ PRODUKTY PRO ROVNOMĚRNOU ROZDĚLENOU REPUTACI.....	69
TAB. 5.19	SLEDOVANÉ STATISTIKY VLIVU DISPOZICE K DŮVĚŘE.....	70
TAB. 5.20	HODNOTY PARAMETRŮ INTERVENČNÍHO OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY.....	71
TAB. 5.21	HODNOTY PARAMETRŮ INTERVENČNÍHO OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY ($\lambda=0,15$).....	73
TAB. 5.22	HODNOTY PARAMETRŮ INTERVENČNÍHO ROZDĚLENÍ (SUBJEKT s_1)	74
TAB. 5.23	HODNOTY PARAMETRŮ SÍLY INTERVENČNÍHO OVLIVNĚNÍ DŮVĚRY	74
TAB. 5.24	HODNOTY INTERVENČNÍHO ROZDĚLENÍ	77
TAB. 5.25	HODNOTY ENTROPIE A DIVERGENCE (PRVNÍ KROK) – 1. PŘÍPAD.....	79
TAB. 5.26	HODNOTY ENTROPIE A DIVERGENCE (PRVNÍ KROK) – 2. PŘÍPAD.....	79
TAB. 5.27	HODNOTY ENTROPIE A DIVERGENCE (PRVNÍ KROK) – 3. PŘÍPAD.....	79
TAB. 5.28	HODNOTY ENTROPIE A DIVERGENCE (SUBJEKT s_1 , PRVNÍ KROK)	80
TAB. 5.29	ABSTRAKTNÍ TŘÍDY A METODY PRO VYTVÁŘENÍ MODELŮ DŮVĚRY	83
TAB. 5.30	DOPAD KRIZE NA SITUACI RESPONDENTA A JEHO RODINY - LEDEN AŽ KVĚTEN 2009 (v %)	85
TAB. 5.31	HODNOTY FENOMÉNU DOPAD KRIZE: ZMĚNA LEDEN VS. DUBEN A KVĚTEN 2009 (v %)	85
TAB. 5.32	SPOČTENÉ HODNOTY PARAMETRU λ : ZMĚNA LEDEN VS. DUBEN A KVĚTEN 2009 (v %)	86
TAB. 5.33	VÝSLEDKY SPOČTENÉ Z DAT VÝZKUMU (DUBEN – KVĚTEN 2009).....	89
TAB. 5.34	INDEX OPATRNOSTI DVOJICE $[0,78; 0,81]$ - PŘIJMUTÍ SPOLUPRÁCE	92
TAB. 5.35	INDEX OPATRNOSTI DVOJICE $[0,25; 0,47]$ - ODMÍTNUTÍ SPOLUPRÁCE.....	92
TAB. 5.36	SPOČTENÉ HODNOTY INDEXU OPATRNOSTI PRO VYBRANÉ HODNOTY VZÁJEMNÉ DŮVĚRY.....	92
TAB. 5.37	STUDIE PARAMETRU α - VÝSLEDKY 1. METODY VÝBĚRU.....	94
TAB. 5.38	STUDIE PARAMETRU α - VÝSLEDKY 2. METODY VÝBĚRU.....	95
TAB. 5.39	STUDIE PARAMETRU α - SHODA VE VÝBĚRU PÁRU	95
TAB. 5.40	STUDIE ROZPTYLU SHODY PŘI VÝBĚRU PÁRU	96
TAB. 5.41	STUDIE VLIVU VELIKOSTI SKUPINY NA SHODU PŘI VÝBĚRU PÁRU ($\alpha=5^\circ$).....	96
TAB. 5.42	STUDIE VLIVU VELIKOSTI SKUPINY NA SHODU PŘI VÝBĚRU PÁRU ($\alpha=15^\circ$).....	96

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A JEJICH PLNÉ ZNĚNÍ

AI	ARTIFICIAL INTELLIGENCE
AMS	AGENT MANAGEMENT SYSTEM
AS	AGENT SYSTEM
BDI	BELIEFS, DESIRES, INTENTIONS
DAI	DISTRIBUTED ARTIFICIAL INTELLIGENCE
DF	DIRECTORY FACILITATOR
FIPA	FOUNDATION FOR INTELLIGENT PHYSICAL AGENT
JADE	JAVA AGENT DEVELOPMENT FRAMEWORK
MAS	MULTI AGENT SYSTEM
P2P	PEER-TO-PEER
RETSINA	REUSABLE ENVIRONMENT FOR TASK-STRUCTURED INTELLIGENT NETWORKED AGENTS
SOÚ AV ČR	SOCILOGICKÝ ÚSTAV AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY
SWARM	SWARM INTELLIGENCE
TILAB	TELECOM ITALIA LAB
T3 GROUP	TRUST, THEORY AND TECHNOLOGY
2D A 3D	DVOU A TŘÍ DIMENZIONÁLNÍ

1 ÚVOD – ANEB: PROČ MODELOVAT DŮVĚRU?

Pokud někdo nedbá o pravdu v méně významných záležitostech, není možné mu důvěřovat ve velkých věcech.

Albert Einstein

Postupující globalizace světa přináší nové interakce ve společnosti. Vzájemné vztahy mezi jedinci, vztahy mezi jedincem a institucemi, mezi jedincem a společností takto nabývají nových rozměrů. V těchto vztazích hraje stále větší roli fenomén důvěry. Míra otevřenosti, vstřícnosti, ochoty a rychlosti přístupu k řešení úkolů je dána stupněm naší důvěry. Na základě důvěry v nás je naopak posuzována naše způsobilost řešit problémy, jsme na jejím základě hodnoceni a jsou nám svěřovány různě náročné úkoly. Častěji než v minulosti pak musíme projevovat naši důvěru osobám, institucím či akcím mimo naše bezprostřední okolí, kde nemůžeme vytvářet či posilovat důvěru prostřednictvím pouhého osobního kontaktu. Nadto jsou mnohdy úkoly spojeny s přístupem k důvěrným či citlivým údajům, které by mohly být snadno zneužity.

V současné době probíhá na celém světě mnoho výzkumů zaměřených na možnosti a způsoby zakomponování důvěry do virtuálních prostředí a to nejen v oblasti sociologie a ekonomie, ale i v dalších netechnických (biologie, chemie, lékařství, pedagogika) i technických oborech (strojírenství, elektrotechnika, informatika). Naopak moderní metody užívané v těchto oborech zpětně obohacují způsoby utváření důvěry. Velký rozmach v tomto snažení v posledním období zaznamenala zejména oblast informatiky a počítačů. Internet a jeho stále větší dosah, narůstající množství informací a zvýšení počtu uživatelů si používání nových metod utváření důvěry a ověřování důvěryhodnosti zdrojů přímo vyžaduje. Tato práce chce být příspěvkem k tomuto snažení.

1.1 Důvěra a distribuovaná umělá inteligence

V moderním světě mají své nezastupitelné místo systémy vybavené *umělou inteligencí (Artificial Intelligence, AI)*, např. v [1], [2]. Jako příklady, kde jsou využity metody založené na umělé inteligenci, je možno uvést internet a zejména peer-to-peer sítě, e-obchodování, e-bankovníctví, e-slужby [3], jako další pak komunikační sítě, znalostní systémy, diagnostiku, atd. Aplikace systémů umělé inteligence je nutnou podmínkou i pro použití technologie *multiagentních systémů (Multi Agent System, MAS)* v oblastech realizace rozmanitých distribuovaných systémů, jejich modelování a simulaci. Důvěra získává stále větší pole působnosti při konstrukci, testování a zabezpečování

distribuovaných systémů umělé inteligence (Distributed Artificial Intelligence, DAI), proto též roste důležitost vytváření modelů důvěry.

Modelování důvěry (Trust Modelling), reprezentace, vyčíslení a výpočet důvěry umožňuje její aplikaci v technických systémech. Inspirací zde může být lidská důvěra [4]. Ta je ve společnosti zcela normálním jevem. Lidé pomáhají druhým a věří, že někdy v budoucnu, až sami budou potřebovat, ostatní pomůžou zase jim. Toto očekávání je však zatíženo jistou mírou rizika. Vše se totiž mění s časem a tomu podléhá proměna prostředí, norem chování, schopnosti, možnosti a ochoty plnit přijaté závazky.

1.2 Charakter důvěry

Důvěra, realita každodenního života člověka, hraje obrovskou roli i v životě společnosti. Většinu rozhodnutí provádíme na základě důvěry [5]. Například v [6] se uvádí, že důvěra je založena na domněnce, že nějaký subjekt bude jednat ve prospěch jiného subjektu.

Jaký je tedy charakter důvěry? Nabízí se pohled na důvěru ze čtyř základních hledisek společenského, biologického, technologického a ekonomického.

Nejprve tedy uvažujme *společenské hledisko*. Sama existence skupin a uspořádání uvnitř těchto skupin vytváří velké množství spleťtých vztahů ovlivňujících důvěru. Vytváření modelů sociálních sítí se tak dostává do popředí zájmu [7]. Požadavek společné práce na zadaných úkolech skupinou úzce souvisí s projevem určité míry vzájemné důvěry mezi jejími členy. Možnost a nutnost pracovat společně v sobě zahrnuje jednu z forem součinnosti ve skupině – koexistence, koordinace a kooperace. S tím souvisí i nutnost jisté formy komunikace [8].

Jako další vezměme v úvahu *biologické hledisko*. Je projev důvěry v chování člověka jedinečný jev? Odpověď na tuto otázku můžeme nalézt ve světě zvířat. Je známo, že některé druhy primátů si projevují vzájemnou podporu, např. šimpanzi pomáhají jeden druhému při napadení. Intelektuální schopnosti šimpanzů jsou podstatně rozvinutější než u většiny ostatních zvířat, proto lze očekávat jistou schopnost důvěry. Zvířata pomáhají navzájem spřízněným zvířatům a tímto způsobem posilují své geny a možnost přežití druhu, např. v [9].

Na důvěru můžeme také pohlížet z *hlediska technologie*. Užití počítačů umožňuje rozšíření použití systémů umělé inteligence a vznik virtuálních společností. Příkladem může být „inteligentní“ telefonní síť, která je vytvořena z velkého množství uzlů, z nichž každý je vybaven jistou mírou inteligence a rozhodování o způsobu volby přenosu a spojení (pevná telefonní síť, mobilní síť, fax, e-mail, atd.). Tyto uzly navzájem spolupracují a tudíž je zde zapotřebí důvěry [10]. Na druhou stranu se vyskytuje stále větší počet pirátských útoků zaměřených na servery, webové stránky, elektronické obchodování či bankovníctví. Jako příklad z poslední doby z České republiky je možno uvést zneužití, které postihlo internetový bazar Aukro [11], vytvořením a umístěním falešné pozitivní reference důvěry v prodejce a provedení následných podvodů. Ochrana před takovýmto jednáním je velmi obtížná a jedním z možných řešení může být i použití modelu důvěry jako filtru před nežádoucím chováním.

Velmi důležitým hlediskem, které se zejména v poslední době dostává do popředí, je *hledisko ekonomické*. Důvěra ovlivňuje výkonnost, úspěšnost a rychlost jednání, nalezení řešení a tím i výši vynaložených nákladů. Nízká důvěra je příčinou pomalého jednání a zvyšování nákladů ve všech oblastech, ať už se jedná o vzájemné vztahy, komunikaci či rozhodování, např. „Nic neumožňuje dělat věci tak rychle a s tak nízkými náklady jako

důvěra, v libovolné situaci, za jakýchkoliv okolností.“ [12]. Schopnost vytvářet, rozvíjet, poskytovat a obnovovat důvěru tak patří k základním schopnostem nejen úspěšného manažera či podnikatele, ale i obyčejného pracovníka, který je součástí nějakého týmu pracujícího na zadaném společném úkolu.

Mnozí autoři přistupují k problematice důvěry z různých dalších hledisek, prostřednictvím mnoha disciplin a akademických domén, které umožňují vznik velkého množství užitečných teorií, experimentů a nových softwarů. T³ Group - Trust: Theory and Technology [13] se v posledních letech pokouší o uspořádání těchto příspěvků k výzkumu důvěry do přehledové tabulky Trust across the disciplines. Interpretace a teorie důvěry s jednotlivými odkazy je možno nalézt na webové stránce T³ Group.

1.3 Stručný přehled práce

V této práci, která je zaměřena na problematiku modelování důvěry, je předložen koncept pojetí modelu důvěry s intervencí. Model je doplněn komponentou se dvěma metodami pro výběr partnerů ke spolupráci založenými na využití vzájemné důvěry.

V první kapitole jsou uvedeny důvody, proč je v poslední době věnována zvýšená pozornost problematice modelování důvěry.

Ve druhé kapitole jsou popsány základní pojmy, jakými jsou důvěra, její vlastnosti a používané definice důvěry. Pak se uvádí různé pohledy na proces utváření důvěry. Následně je pozornost věnována jednotlivým způsobům reprezentace důvěry a možnostem její vizualizace.

Ve třetí kapitole jsou ukázány formalismy používané pro modelování a prostředky, jakými je možno důvěru modelovat, následně jsou popsány možnosti využití vytvořených modelů důvěry v oblasti informačních technologií.

Ve čtvrté kapitole jsou uvedeny cíle disertace.

Obsahem páté kapitoly je samotný návrh modelu důvěry s intervencí a jeho realizace. Tento model obsahuje dvě komponenty, z nichž první tvoří komponenta modelující personální důvěru a druhá je komponenta modelující fenomenální důvěru. Obě komponenty umožňují modelování utváření důvěry ovlivněné intervenčním zásahem. Model je doplněn metodami umožňujícími hodnocení ovlivnění důvěry po provedené intervenci. Takto je možno určit sílu intervence či intervenční rozložení. Součástí kapitoly je rovněž realizace navrženého modelu a provedení experimentů, potřebných pro ověření funkce a chování modelu. Poslední část kapitoly je věnována realizaci multiagentního modelu důvěry s intervencí. Jsou prezentovány výsledky provedených experimentů s využitím reálných dat a naznačen další rozvoj tohoto modelu.

Šestá kapitola je věnována možnosti spolupráce a s ní spojenému riziku. Jsou prezentovány dvě metody výběru partnerů pro spolupráci na základě vzájemné důvěry, včetně studie parametrů. Metody je možno použít například pro stanovení scénáře spolupráce či komunikace ve skupině.

Závěrečná kapitola je věnována celkovému přínosu práce, návrhu dalších směrů postupu práce a možností zdokonalení chování realizovaného modelu důvěry.

2 DŮVĚRA A JEJÍ MODELOVÁNÍ

Nejmoudřejším a nejušlechtilejším učitelem je sama příroda.

Leonardo da Vinci

Význam slova *důvěra* (*Trust*)¹ je poměrně obsáhlý. The World Book Dictionary [14] nabízí různé interpretace, z nichž je možno uvést ty nejdůležitější:

- víra v poctivost, pravdivost, právo
- naděje v dobrý výsledek
- závazek působení ve prospěch někoho či něčeho
- něco, co podporuje starost a zájem
- něco, co ovlivňuje jednání
- úmysl platit za budoucí služby
- čest (obchodní kredit)

Důvěra je dnes pro život člověka mnohem důležitějším faktorem, než tomu bylo v minulosti. Malá důvěra bývá spojena se vznikáním vzájemných sporů, je zdrojem nezdravé rivality s uvažování typu „výhra-prohra“, které přechází v obranu komunikaci, defenzivní jednání a zpomalení či znemožnění spolupráce, např. v [12].

Ale, co to vlastně znamená, když někdo řekne: „Věřím mu.“ Jaké má důvěra vlastnosti? Je dynamická? Je možno ji vytvářet, posilovat, měnit, obnovovat? Jak ji reprezentovat a jak zobrazit? Je možno důvěru měřit? A jakým způsobem? Na všechny tyto otázky se postupně pokusíme odpovědět dříve, než přistoupíme k problematice modelování důvěry a k vlastnímu návrhu modelu.

2.1 Základní vlastnosti

Někteří autoři ve svých pracích věnují vlastnostem důvěry velkou pozornost, jako např. v práci [10] se mluví o senzitivitě, subjektivitě, linearitě a transitivity. V práci [15] autorka uvádí transitivity, složitelnost (v práci *Composability*), personalizaci a asymetrii důvěry. Jiní autoři se o vlastnostech důvěry pouze krátce zmiňují.

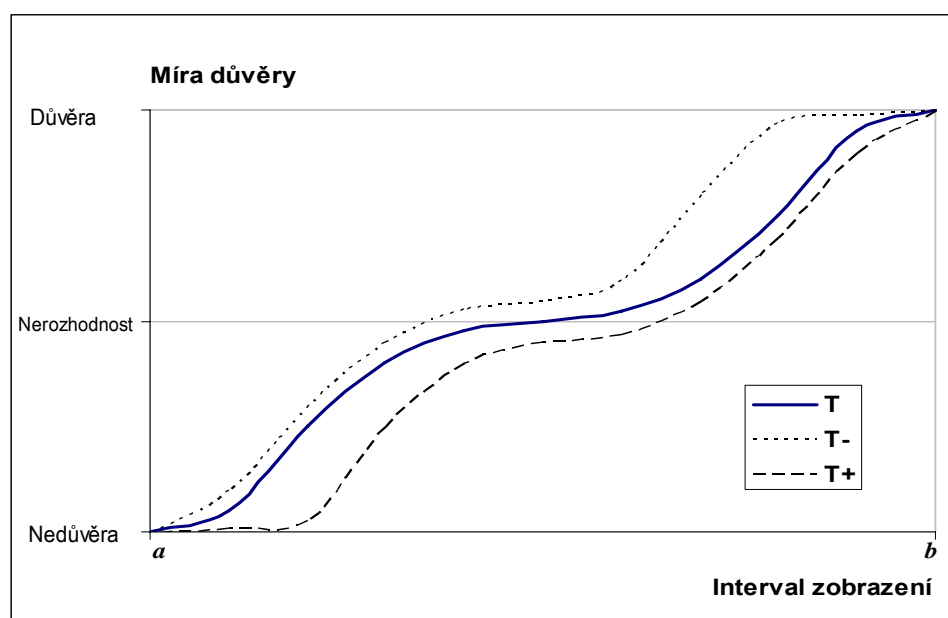
Subjekt (např. člověk) udílí důvěru podle svých dřívějších zkušeností, informací, které má k dispozici v závislosti na své schopnosti důvěřovat. Některý subjekt může být více důvěřivý, jiný méně, další je nerozhodný, dále může být subjekt optimistický, realistický či pesimistický. Některý více věří sám sobě, jiný přihlíží k radám ostatních, další přejímá jejich rozhodnutí. Lze tedy tvrdit, že důvěra je subjektivní.

¹ Kromě termínu „trust“ bývá v některých pracích používán jako obecnější pojem - „confidence“.

Ze zkušenosti víme, že pokud někomu plně důvěřujeme (nedůvěřujeme), změna důvěry na nedůvěru (a naopak) vyžaduje dlouhodobé působení, popř. závažný důvod. Přechod od důvěry k nedůvěře může mít jiný charakter, než bude mít přechod opačným směrem. Tuto vlastnost důvěry představuje tzv. hysterezní smyčka důvěry. Různé tvary včetně interpretací těchto hysterezních smyček důvěry můžeme nalézt v pracích [16] a [17].

Křivka důvěry je nakreslena na obr. 2.1. Míra důvěry je zobrazena na obecný interval $\langle a, b \rangle$, v němž jsou hodnoty mezi závislé na reprezentaci důvěry (podrobněji bude diskutováno v kapitole 2.4). Nelineární mapovací funkci popisující průběh míry důvěry T lze nahradit smyčkou důvěry. Část smyčky - křivka označená jako T_+ představuje situaci, kdy důvěra vzniká a postupně narůstá (a přináší s sebou prospěch a užitek), část označená T_- ukazuje opačnou situaci, kdy důvěra klesá (přináší zklamání a ztráty) až zcela zanikne. V prostřední části se míra důvěry mění pozvolněji, což vyjadřuje projevy neznalosti a nerozhodnosti. Protože je důvěra subjektivní, lze pro jednotlivé typy subjektů vytvářet vlastní distribuční smyčky důvěry.

Fakt, že někomu důvěřujeme, ještě neznamená, že on důvěřuje nám. Míra vzájemné důvěry bude patrně u obou subjektů jiná. To vše svědčí o asymetrii důvěry.



Obr. 2.1 Hysterezní smyčka důvěry

Důvěru buď máme nebo nemáme, nejsou to však jen dvě logické hodnoty. Toto tvrzení lze ještě blíže specifikovat. Máme různou, tj. větší či menší, míru důvěry. Existují jednotlivé úrovně důvěry, které je možno pojmenovat. Důvěru můžeme tudíž označit jako škálovatelnou.

Má-li určitý subjekt důvěru v nějaký jiný subjekt a tento jiný subjekt důvěřuje zase dalším subjektům, nic to nevypovídá o naší důvěře k těmto dalším subjektům a o její případné velikosti. Obecně tedy není důvěra transitivní. Jistou míru transitivnosti však lze připustit v případě, kdy jeden subjekt sdělí jinému subjektu informaci o své důvěře k dalšímu subjektu. Takovéto jednání může ovlivnit důvěru subjektu, kterému je informace sdělena. Utvářením důvěry se budeme podrobně zabývat v následující kapitole.

Svému sousedovi mohu důvěřovat, že dovede dobře zasklít okno, protože je vyučený sklenář, ale určitě si od něj nenechám zaplombovat zub, protože není zubař a v této oblasti mu s určitostí nedůvěřuji. Důvěra, dokonce i k jednomu a témuž subjektu, je tedy situačně závislá.

V souhrnu lze o důvěře říci, že je:

- subjektivní
- nelineární
- asymetrická
- škálovatelná
- podmíněně transitivní
- situačně závislá

Počet uváděných vlastností důvěry bývá různý a většinou závislý na využití modelu. V práci [18] je uveden výčet dokonce jedenácti vlastností, z nichž některé jsou spojeny přímo s technologickým řešením (agenty) další jsou odvozeny od posuzování různých typů důvěry v obecném slova smyslu.

2.2 Principy utváření

Na utváření důvěry má vliv celá řada faktorů, proto se mluví o různých „typech“ důvěry, ale jako vhodnější termín se jeví spíše součást či faktor důvěry. Následující řádky budou věnovány různým faktorům ovlivňujícím důvěru.

Velký vliv má skutečnost, jak dalece známe subjekt, kterému chceme důvěřovat. To je dáno tím, jakou s ním máme *zkušenost* (*Trust Acquaintance*), zda jeho informace v minulosti byly správné, či zda nám přispěl pomocí.

Tato zkušenost se vytváří na bázi četnosti vzájemných kontaktů. Čím častěji s nějakým subjektem komunikujeme, tím máme lepší příležitost tento subjekt poznat a na základě poznání si vytvořit vlastní představu o jeho *důvěryhodnosti* (*Trustworthiness*).

Důležitou úlohu při vzniku a utváření důvěry hraje i pověst, tj. *reputace* (*Trust Reputation*) dotyčného subjektu [19] a [20]. Tato reputace vzniká šířením informace v okolí subjektu, využito může být i masmédií.

Důvěra může vznikat i na jiném základě a to, pokud budeme brát v úvahu informace, které nám o tomto subjektu sdělí další subjekt, či dokonce více subjektů, které dotyčný subjekt zná, tzn., že si utváříme důvěru na základě předaného sdělení, které nazýváme *doporučení* (*Trust Recommendation*) [21] a [22]. Tato doporučení mají obecně různou váhu, opět obvykle podle důvěry v doručitele sdělení.

Tímto způsobem mohou vznikat i poměrně dlouhé řetězce známých subjektů. Mluvíme o *šíření důvěry* (*Trust Propagation*), např. v [18]. Správné vyhodnocení došlé zpětné informace je pak velmi obtížnou záležitostí.

Důvěra je určována souhrnem všech těchto principů utváření a na této bázi vzniká nová úroveň důvěry. Tak dochází k rozvoji, tj. *evoluci důvěry* (*Trust Evolution*). Evolucí důvěry se zabývá [23].

Veškeré procesy, které se podílí na utváření důvěry, probíhají v určité časové, prostorové a situační souvislosti – v *kontextu* (*Context*), v němž se subjekty pohybují a jednájí.

Utváření důvěry je bezprostředně spjato s rizikem. Výsledkem ochoty riskovat je možná ztráta nebo naopak zisk [24]. Míra odhadu možného *rizika* (*Risk*) hraje velmi důležitou úlohu.

Závěrem lze souhrnně uvést základní faktory podílející se na utváření důvěry:

- zkušenost
- důvěryhodnost
- reputace
- doporučení
- evoluce
- kontext
- riziko

Evoluci důvěry tedy umožňuje šíření důvěry na základě zejména sociální znalosti, četnosti kontaktů, reputaci a doporučení v určitém kontextu. Šíření a evoluce důvěry jsou spojeny rizikem, které s sebou může přinášet ztrátu nebo zisk.

2.3 Definice

Na základě skutečností uvedených v předchozích částech práce, je možno uvést alternativní definiční popisy pojmu důvěra.

Jedna z prvních definic důvěry byla formulována v [25]: „K důvěře v chování dochází, když jedinec vnímá neurčitý postup, jehož výsledky mohou být dobré nebo špatné a výskyt dobrého nebo špatného výsledku je závislý na jednání dalších osob; v konečné fázi pak špatný výsledek více ublíží, než dobrý výsledek prospěje. Když si jedinec zvolí takový postup, říká se o něm, že je důvěřivý, jestliže ne, pak je nedůvěřivý.“

Podobná definice byla prezentována v práci [26]: „... ztráta nebo zklamání provázející nesplnění očekávání důvěry se většinou jeví jako větší, než odměna či radost pocházející z uspokojené důvěry. Důvěra v sobě zahrnuje jako výsledek i určitý stupeň nejistoty. Ve výsledku pak projevená důvěra znamená naději nebo optimismus.“

V [27] se uvádí a zdůvodňuje jednoduchá obecná definice: „Důvěra je sázka na budoucí jednání ostatních.“ Uvažují se dvě hlavní součásti – očekávání a závazky. Očekává se, že osoby, kterým je důvěřováno, budou jednat jistým způsobem. Důvěra existuje, když je tato víra použita za základ k vytvoření závazků pro individuální jednání.

Většina prací se při definování důvěry odkazuje na formulaci definice Diega Gambetty²:

Důvěra (či analogicky nedůvěra) je konkrétní úroveň subjektivní pravděpodobnosti, se kterou agent odhadne vykonání určité akce jiného agenta či skupiny agentů ještě předtím, než takovou akci zpozoruje (či nezávisle na tom, je-li takového pozorování vůbec schopen) a v kontextu s tím provede svou vlastní akci.

V práci [28] se o důvěře mluví ve spojitosti s podmíněným očekáváním jedince ve vztahu ke schopnostem, cti, pocitům jistoty a spolehlivosti jiného jedince v daném kontextu. Je nutno poznamenat, že obecně platná definice důvěry neexistuje. Zpravidla si tvůrce modelu upravuje některou z definic důvěry podle zaměření modelu důvěry nebo si vytvoří definici vlastní. V realizační části práce bude uveden text upravené definice důvěry.

2.4 Reprezentace

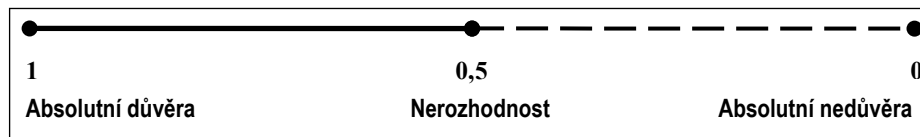
Míra (úroveň, velikost) důvěry³ (Trust Value, Trust Level) se převážně vyjadřuje spojitou veličinou, v některých případech je zvolena i diskrétní reprezentace (jako úrovně

² Gambetta svou definici formuloval jako výsledek jednotlivých příspěvků na sympoziu o důvěře, které se konalo v Cambridge (Anglie) v roce 1988.

³ V práci se na místech, kde je to z kontextu zřejmé, užívá ve stejném významu jako pojem míra důvěry pouze samotný termín důvěra.

důvěry), tato se však používá zejména ke slovnímu pojmenování míry důvěry pro zřetelnější vyjádření její úrovně. K zobrazení důvěry se často používá interval s pevnými hranicemi.

Na obr. 2.2 jsou znázorněny tři základní úrovně důvěry z práce [29], realizované na intervalu $\langle 0, 1 \rangle$ a jejich slovní označení.



Obr. 2.2 Gambettova reprezentace důvěry - interval $\langle 0, 1 \rangle$

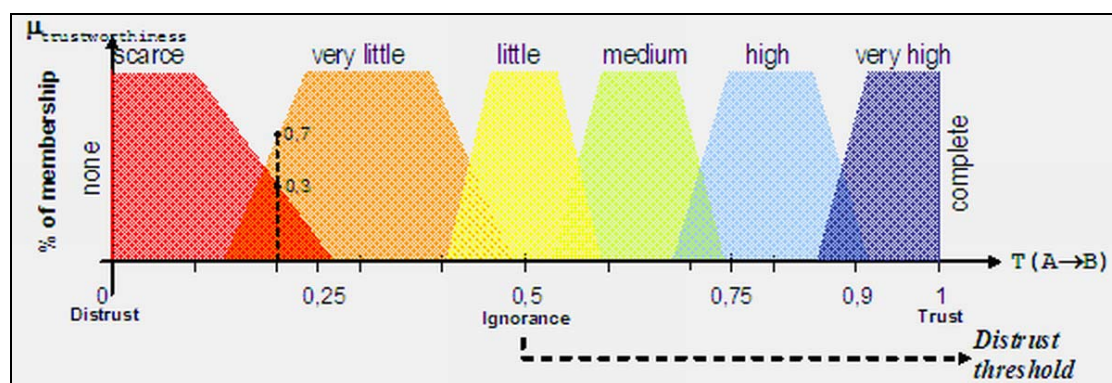
Pokud je důvěra modelována na základě pravděpodobnosti bývá používán interval $\langle 0, 1 \rangle$, další možností je binární reprezentace, např. v [30] a [31], v jiných přístupech jsou meze stanovovány individuálně [32], [33]. V tab. 2.1 jsou uvedeny odkazy na autory práce, stručný popis témat prací a rozsahy intervalů použitých pro zobrazení důvěry.

Tab. 2.1 Příklady intervalů pro zobrazení důvěry ve vybraných pracích

ODKAZ	STRUČNÝ POPIS	ROZSAH
[32]	Rozšíření standardu autentikace o váhu v certifikace.	0 .. ∞
[33]	Rozšíření relační databáze o důvěryhodnost zdroje informace.	0,0 .. 1,0
[10]	Formální model důvěry pro agenty.	-1,0 .. 1,0
[34]	Návrh modelu důvěry pro JXTA P2P platformu.	-1 .. 4

Trochu složitější rozvrstvení úrovní důvěry než je na obr. 2.2 se používá v [34], kde je vytvořeno šest diskrétních úrovní důvěry v intervalu $\langle -1, 4 \rangle$. Jednotlivé úrovně jsou označeny jako nedůvěra, nerozhodnost, minimální důvěra, průměrná důvěra, prospěšná důvěra a naprostá důvěra.

Další možností je vyjádření míry důvěry pomocí fuzzy logiky [35], kde přechod mezi úrovněmi není ostrý, tj. existuje oblast překrývání (viz obr 2.3).



Obr. 2.3 Úrovně důvěry při reprezentaci fuzzy logikou [35]

Počet úrovní bývá závislý na způsobu vytvoření, zaměření a eventuálně i oblasti využití modelu důvěry a obvykle se pohybuje od tří např. v [29] do šesti úrovní např. v [35], či v některých případech bývá počet úrovní i vyšší. V práci [10] je vytvořeno dokonce dvanáct pojmenovaných úrovní důvěry na spojitém intervalu $\langle -1, 1 \rangle$. Rozmezí hodnot a slovní označení je uvedeno v tab. 2.2.

Tab. 2.2 Rozvrstvení úrovní důvěry na intervalu $(-1, 1)$ v práci [10].

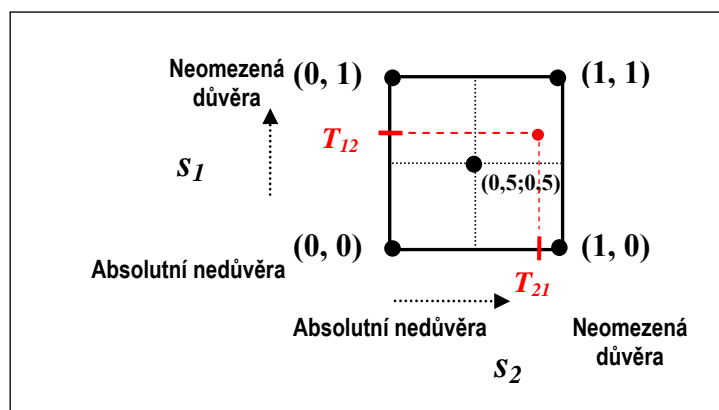
ROZSAH	OZNAČENÍ
+1	Slepá důvěra
> 0,9	Velmi vysoká důvěra
0,75 .. 0,9	Vysoká důvěra
0,5 .. 0,75	Nadprůměrná důvěra
0,25 .. 0,5	Podprůměrná důvěra
0 .. 0,25	Slabá důvěra
-0,25 .. 0	Slabá nedůvěra
-0,5 .. -0,25	Podprůměrná nedůvěra
-0,75 .. -0,5	Nadprůměrná nedůvěra
-0,9 .. -0,75	Vysoká nedůvěra
< -0,9	Velmi vysoká nedůvěra
-1	Absolutní nedůvěra

2.5 Důvěra jako vztah mezi subjekty a její vizualizace

Míra důvěry nám sama o sobě nic neřekne o vztahu mezi dvěma či více subjekty v dané komunitě. Pokud se podíváme na skupinu subjektů z hlediska důvěry, můžeme tuto skupinu vnímat jako množinu vzájemných vztahů často jen dvou subjektů, tj. dvojici (pár). Subjekt, který důvěřuje, tj. důvěru udílí, je nazýván *poskytovatel důvěry (Trustor)* a jako *příjemce důvěry (Trustee)* je označován subjekt, kterému je důvěra udělována⁴.

Z hlediska kategorií důvěry rozeznáváme důvěru mezi subjekty schopnými důvěru vytvářet, kterou nazýváme *personální důvěra (Personal Trust, Interpersonal Trust)*. Subjekty schopné vytváření důvěry mají tuto schopnost různě vyvinutou. Schopnost důvěřovat nazýváme *dispoziční důvěra (Dispositional Trust, Trust Disposition)*. Kromě toho existuje ještě *důvěra impersonální (Impersonal Trust)*, která vzniká k subjektu, jenž není schopen sám důvěru vytvářet (a opětovat). *Důvěra systémová (System Trust)* může být vytvářena mezi „neživými“ subjekty v systémech (např. mezi uzly počítačové sítě).

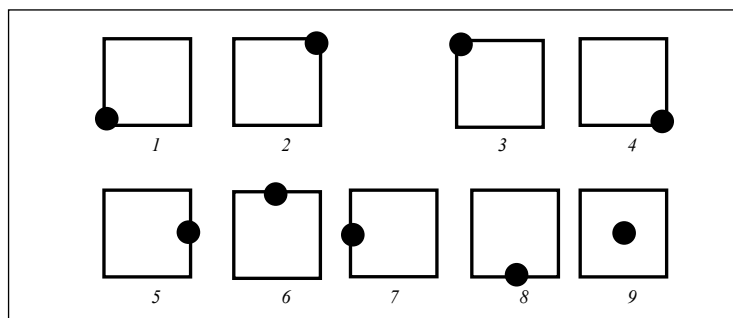
Uvažujeme-li u jednoho páru subjektů dva vzájemné vztahy a pro každý z těchto vztahů jednu hodnotu důvěry, můžeme vzájemný vztah zobrazit tzv. čtvercem důvěry [36]. Tyto hodnoty, označené T_{12} a T_{21} , představují důvěru prvního subjektu s_1 druhému subjektu s_2 a naopak. Potom můžeme nakreslit v dvourozměrném souřadném systému čtverec (obr. 2.4), kde hodnoty důvěry T_{12} a T_{21} jsou zobrazeny na kolmé strany čtverce.



Obr. 2.4 Čtverec důvěry – vizualizace důvěry dvou subjektů

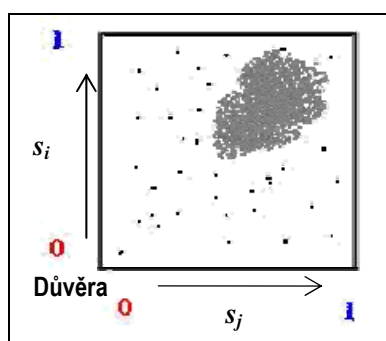
⁴ V této souvislosti je třeba upozornit na poměrně časté používání pojmů „trustor“ a „trustee“ z anglické terminologie, neboť český „terminus technicus“ patrně neexistuje (v sociologii se překládá např. jako věřitel a důvěrník, ale oba tyto pojmy jsou obecně užívány v jiném kontextu).

Průsečíkem je bod, který zobrazí důvěru ve dvojici. Vektor o dvou dimenzích je pak reprezentací vzájemné důvěry mezi dvěma subjekty. Celkem můžeme získat devět základních variant čtverců důvěry (obr. 2.5). Tímto způsobem je možno zobrazovat nejen vztahy ve dvojici, ale i vztahy v celé skupině. Čtverec č.1 zobrazuje pár se vzájemnou nedůvěrou, čtverec č.2 ukazuje dva jedince, kteří si navzájem neomezeně důvěřují. Čtverce č. 3 a č. 4 reprezentují páry, kde jeden z páru cítí k druhému absolutní nedůvěru, ale druhý mu naopak neomezeně důvěřuje. Čtverce č. 5 a č. 6 ukazují situaci, ve které jeden z dvojice neomezeně důvěřuje a druhý je nerozhodný. Čtverce č. 7 a č. 8 ukazují opačnou situaci, v níž je jeden z páru nerozhodný a druhý mu absolutně nedůvěřuje. Čtverec č. 9 vyjadřuje, že oba jedinci jsou nerozhodní nebo případ, kdy mezi nimi neexistuje žádný vzájemný vztah.



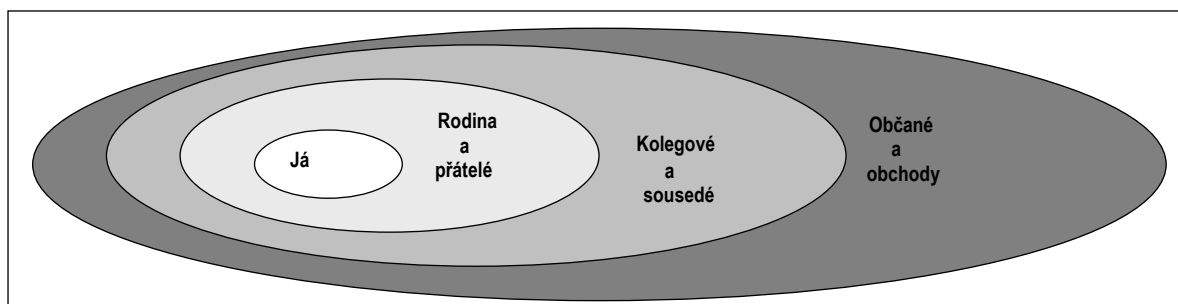
Obr. 2.5 Základní tvary čtverců důvěry

Pokud průsečík leží na diagonále (v její blízkosti), která je spojnicí levého dolního a pravého horního rohu, znamená to, že si oba subjekty navzájem stejně důvěřují (přibližně stejně). Tato situace je zajímavá zejména v případě, pokud je průsečík v blízkosti pravého horního rohu, potom jejich vzájemná důvěra je též velká a oba jedinci jsou vhodnými kandidáty pro spolupráci (viz kapitola 5.9). Čtverec s jedním zobrazeným vektorem poskytuje informaci o páru. Zajímavější je však zobrazení všech párů ve skupině do jednoho čtverce, tj. všech dvojic $[s_i, s_j]$ pro $i, j=1, \dots, n$ a $i \neq j$, kde n je počet subjektů ve skupině. Zakreslené průsečíky vytvoří světlejší a tmavší oblasti, v nichž dochází ke koncentraci dvojic s přibližně stejnou velikostí vzájemné důvěry. Takovýto příklad skupiny s přibližně stejnou a navíc poměrně velkou vzájemnou důvěrou je vidět na obr. 2.6.



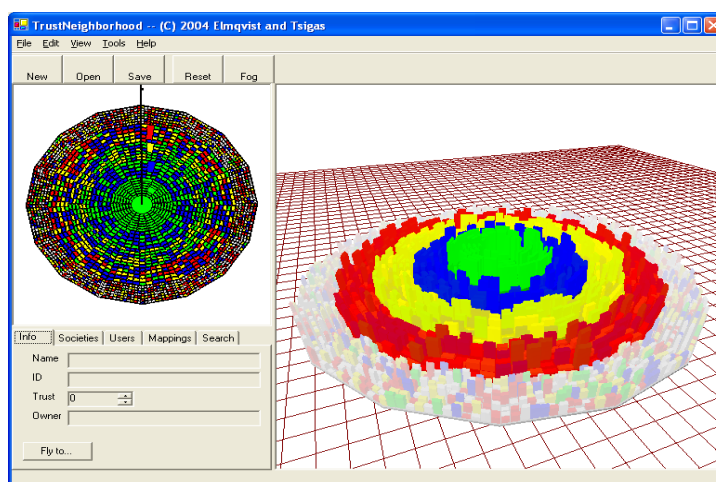
Obr. 2.6 Příklad zobrazení vzájemné důvěry v komunitě.

Další možný způsob vizualizace důvěry je rozpracován v [37]. Práce vychází ze Shneidermanových kruhů [38], které reprezentují vzájemné vztahy mezi objekty. Příklad takto vytvořených kruhů je uveden na obr. 2.7.



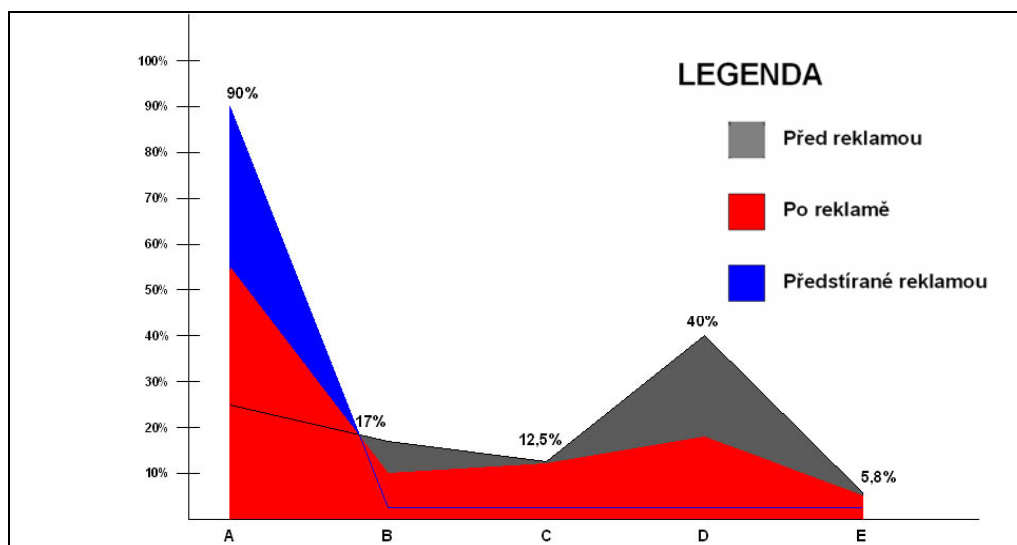
Obr. 2.7 Příklad Shneidermanových kruhů vzájemných vztahů

Na obr. 2.8 je ukázán příklad využití Shneidermanových kruhů pro zobrazení důvěry v distribuovaném systému sdílení souborů pomocí 2D a 3D vizualizace [37], která je provedena pro 100 uživatelů a 3000 souborů.



Obr. 2.8 2D a 3D vizualizace důvěry užitím Shneidermanových kruhů [37]

Míru důvěry lze zobrazit také plošnými či prostorovými grafy vytvořenými speciálně pro daný účel, např. v [39]. Na obr. 2.9 je zobrazen příklad preference výrobků *A*, *B*, *C*, *D* a *E* jako důvěra v jednotlivé výrobky před reklamou, důvěra předstíraná reklamou a důvěra po skončení působení reklamy.



Obr. 2.9 Panoramatický graf výsledku fiktivní reklamní kampaně [39]

3 MODELY DŮVĚRY

Přináším vám dar těchto dvou slov: Důvěřuji vám.

Blaise Pascal

Model důvěry je možno chápat jako metodu pro specifikaci, vytvoření a vyhodnocení vztahů mezi objekty za účelem zkoumání důvěry. V této kapitole je předložen stručný souhrn nejčastěji používaných přístupů, uvedena technologie užívaná při jejich realizaci a ukázány oblasti využití modelů důvěry.

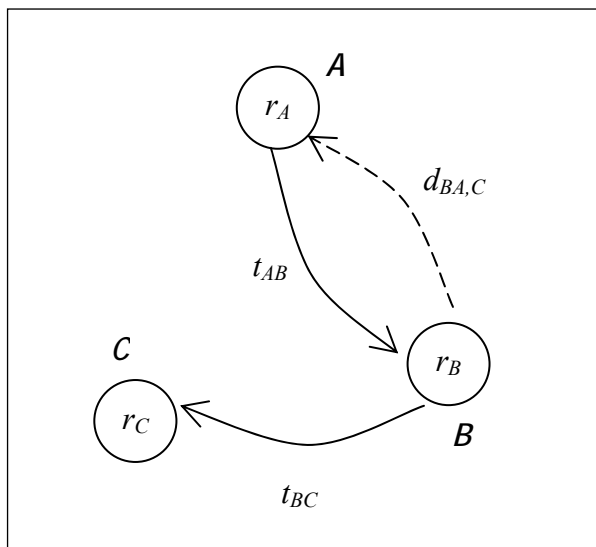
3.1 Formální modely důvěry

Základním přístupem k reprezentaci důvěry ve skupině při vytváření modelů je aplikace teorie grafů a teorie pravděpodobnosti. Společná práce, spolupráce, vytváření závazků a plnění společných úkolů pro dosažení stanoveného cíle vyžaduje volbu vhodné strategie postupu. Jednou z možností je aplikace teorie her [40]. Protože spolupráce a plnění úkolů pro dosažení cíle jsou procesy založené na možnosti volby vhodné strategie, lze rovněž využít teorii rozhodování. A pokud na zpracovávané údaje pohlížíme z hlediska informací, můžeme mezi základní použitelné teorie přiřadit též teorii pravděpodobnosti a teorii informace [41]. O vztahu teorie informace a entropie k modelování důvěry bylo pojednáno v [42]. Další možnosti mohou být modely založené na předpokladu analogie šíření informace a šíření epidemií. Tento přístup je náplní jedné z kapitol [42], kde byly uvedeny vybrané epidemiologické modely s příklady. Realizovaný příklad modelu šíření informace v internetových zdrojích a na webových stránkách je v [43].

3.1.1 Použití teorie grafů

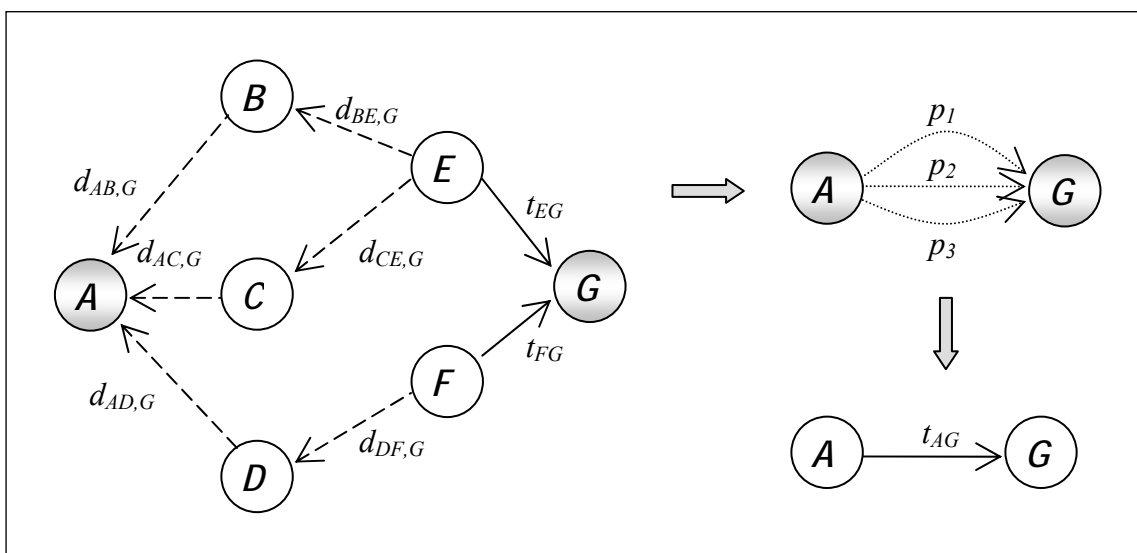
S přihlédnutím k charakteru důvěry, vyjadřovaného vzájemnými vztahy mezi subjekty, se pro její reprezentaci jeví jako vhodné především orientované ohodnocené grafy či multigrafy [44]. Vrcholy představují subjekty, orientované hrany představují směr důvěry a ohodnocení pak velikost důvěry. Příklad takového grafu reprezentujícího důvěru získanou přímým kontaktem, doporučením a reputací je uveden na obr. 3.1, kde jsou znázorněny tři subjekty A , B a C s reputacemi r_A , r_B a r_C . Subjekt A důvěřuje (znázorněno plnou čarou) subjektu B hodnotou t_{AB} a subjekt B důvěřuje subjektu C důvěrou velikosti t_{BC} . Subjekt A dostává doporučení (znázorněno přerušovanou čarou) od subjektu B o subjektu C jako hodnotu $d_{B,A,C}$.

Používané algoritmy jsou zejména prohledávání grafu (všech typů), hledání nejkratší cesty s minimálními náklady, kostry grafu, apod. Dalšími algoritmy, které jsou vytvářeny, jsou speciální metody pro vyhodnocení důvěry mezi objekty zahrnující různé faktory ovlivňující důvěru, tj. doporučení, reputaci, četnost vzájemných kontaktů, sociální znalost, atd.



Obr. 3.1 Reprezentace přímé důvěry, doporučení a reputace orientovaným ohodnoceným multigrafem

Jako další příklad úlohy můžeme uvést šíření důvěry mezi dvěma subjekty. Na obr. 3.2 je zobrazen příklad grafu doporučení (čárkovaně) mezi šesti subjekty, přičemž subjekty E a F mají se subjektem G přímou zkušenost (t_{EG} a t_{FG}). Pokud potřebujeme znát hodnotu důvěry mezi subjekty A a G (t_{AG}), je nutný výpočet, protože doporučení je vztahem mezi dvěma subjekty. Dostáváme tři hodnoty propagace (p_1 , p_2 a p_3) důvěry získané třemi cestami a z těchto hodnot dalším výpočtem dostaneme výslednou hodnotu t_{AG} .



Obr. 3.2 Příklad propagace důvěry mezi subjekty A a G

Řešením takovýchto úloh je použití metody paralelizace grafu. Jeden z možných algoritmů je uveden v [20].

3.1.2 Aplikace teorie pravděpodobnosti

Důvěra se může odvíjet i od pravděpodobnosti dosažení nějakého cíle, tj. na základě očekávání dobrých či špatných výsledků a působení nejistoty. Chování subjektů je možno popisovat v termínech teorie pravděpodobnosti [45], např. pravděpodobnost pozitivní zkušenosti. V těchto případech bývá reprezentace hodnoty důvěry v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Důvěra subjektu je pak odvozena od pravděpodobnosti. Intenzita očekávání je vyjádřena opět pravděpodobnostními výrazy, např. hustotou rozdělení důvěry. Míra důvěry může být ošetřena pravděpodobností jejího výskytu v určité toleranční odchylce, atd. Často bývá jako základní přístup (např. v [46]), používána Bayesova teorie rozhodování, která je postavena na myšlence, že pravděpodobnost budoucí události vychází z pravděpodobnosti minulé události. *Bayesovské sítě důvěry* (*Bayes's Belief Networks*) se skládají z uzlů reprezentujících jejich diskrétní stav. Orientované spoje mezi uzly vyjadřují podmíněné pravděpodobnosti. Pravděpodobnost daného stavu je výsledkem všech stavů, za předpokladu jejich existence.

3.1.3 Využití teorie rozhodování

Teorie rozhodování (*Decision Making*) je založena na racionálním výběru podle preference [47]. Rozhodování je proces, při kterém subjekt (rozhodovatel) vybírá nejlepší akci (preferenci) ze všech možných akcí. K provedení racionální preferenční volby [1] musí nejprve existovat množina rozhodnutí \mathcal{R} . Rozhodnutí mohou vést k některému z možných výsledků $v \in V$, kde V je množina výsledků, na které existuje preferenční relace \succ reprezentující určitý názor na výhodnost výsledků. Preferenční relaci lze za splnitelných podmínek nahradit užitkovou funkcí u zobrazující množinu výsledků na množinu reálných čísel, přičemž pro $v_1, v_2 \in V$ platí $u(v_1) \geq u(v_2)$ právě tehdy, když $v_1 \succ v_2$.

Jedním ze základních typů rozhodovacích problémů je rozhodování za určitosti (jistoty), při němž je každému rozhodnutí $r \in \mathcal{R}$ přiřazen výsledkovou funkcí ρ jediný výsledek $\rho(r) = v$. Vybráno je rozhodnutí $r^* \in \mathcal{R}$, které vede k nejlepšímu výsledku $v^* = \rho(r^*)$ takové, že platí $v^* \succ v$, nebo-li $u(v^*) \geq u(v)$ pro všechna v .

Dalším typem je rozhodování za rizika, při němž výsledková funkce ρ přiřazuje každému rozhodnutí $r \in \mathcal{R}$ nějaké rozložení pravděpodobností \mathcal{P} na množině V . Výsledek je pak vybrán z množiny V podle rozložení \mathcal{P} .

Jiným typem je rozhodování za neurčitosti, při kterém výsledková funkce přiřazuje každému rozhodnutí pouze podmnožinu výsledků $V_d \subset V$ a není známo, který výsledek nastane.

Ve většině reálných situací je však nutno respektovat více preferenčních relací. K řešení se používají různé přístupy, např. lexikografický (kritéria uspořádána podle důležitosti), dále metoda vektorové optimalizace (respektování všech kritérií) nebo agregační přístup (sestrojení agregované užitkové funkce). Další reálné situace se pokouší řešit rozvíjející se teorie fuzzy rozhodování založená na fuzzy množinách.

Teorie rozhodování je jedním z mnohých nástrojů často využívaných k modelování důvěry, neboť optimalizace výběru z mnoha možných variant na základě určitých předpokladů je při vytváření modelů často se vyskytujícím problémem.

3.1.4 Aplikace teorie her

Při procesu utváření důvěry má podstatný vliv také strategie chování. Tím se dostáváme do oblasti *teorie her* [40] a [48]. Nejčastěji uváděným příkladem pro studium evoluce v chování je tzv. Vězňovo dilema (*Prisoner's Dilemma*), např. v [49].

Chováním vězně může být buď přijetí (+) či odmítnutí (-) spolupráce, přičemž jsou vězňové, aby se nemohli domluvit, odděleni. Možný zisk (ztráta) vězně (hráče) přijetím či odmítnutím spolupráce je podmíněn volbou přijetí či odmítnutí spolupráce druhého vězně (jeho protihráče) a je stanoven ve výplatní matici.

Obecný tvar výplatní matice a příklad s dosazenými parametry (pro případ hry bez opakování) je uveden na obr. 3.3. Pro P, R, S, T platí: $T > R > P > S$ a $2R > (T+S)$. Těmto omezením vyhovují následující parametry: $T=5, R=3, P=1$ a $S=0$.

		Hráč B	
		+	-
Hráč A	+	R,R	S,T
	-	T,S	P,P

		Hráč B	
		+	-
Hráč A	+	3,3	0,5
	-	5,0	1,1

Obr. 3.3 Příklad výplatní matice v obecném tvaru a s hodnotami

Za předpokladu, že hráč A zvolí spolupráci, hráč B může maximalizovat svůj zisk tím, že nebude spolupracovat (5). Pokud hráč B zvolí, že nebude spolupracovat, hráč A může zvýšit svůj zisk tím, že taktéž spolupracovat nebude. Z tohoto důvodu je Nashova rovnováha⁵ v této jednorázové hře v obou případech odmítnutí spolupráce (pravý dolní roh matic). Dilema spočívá ve skutečnosti, že by pro oba subjekty byla nejlepší volbou spolupráce, ale na té by se musely předem domluvit, a navíc je tu hrozba pokušení hráče zvýšit svůj zisk porušením daného slibu (tj. spolupráce).

Další formou jsou iterační hry, ve kterých je uváděno používání čtyř druhů řešení: pokušení (první spolupráci odmítá, ale druhý ji přijímá), odměna (oba navzájem spolupracují), ztráta (oba odmítají spolupráci) a důvěřivost (první spolupracuje, zatímco druhý spolupráci odmítá). V evolučních hrách se iterační hra rozšiřuje na jednotlivé generace hráčů, které vznikají a zanikají po dobu opakování hry. Obdobně i zde můžeme stanovit obvyklé strategie: všichni spolupracují, všichni spolupráci odmítají, strategie „oko za oko“, kdy hráč na počátku spolupracuje a pak se chová podle strategie protihráče v předchozím kole, podezřívavá varianta „oko za oko“, kdy hráč na počátku spolupráci odmítá a následně se chová podle strategie protihráče v předchozím kole a nakonec hráč depresivní, který na počátku spolupracuje, ale pokud narazí na protihráče, který spolupráci odmítne, pak již stále jen odmítá spolupráci. Teorie her je velmi užívaným nástrojem pro modely důvěry umožňující spolupráci, např. v [50] a [51].

3.2 Metodika modelování důvěry

K modelování důvěry je možno použít celou řadu přístupů. Každý z těchto přístupů pak používá speciální metody respektující specifika modelování důvěry i samotného fenoménu důvěry.

⁵ Nashova rovnováha je smíšená strategie minimalizující maximální ztrátu vzhledem k možným akcím soupeře (při smíšených strategiích ve střední hodnotě).

3.2.1 Funkcionalita

Při reprezentaci důvěry se sleduje zejména funkcionalita, tj. nehledíme tolik na proměnné, jejich hodnoty a uložení, ale spíše na základní koncept důvěry a mechanismů, ovlivňujících důvěru, tj. jednak na reprezentaci důvěry a její utváření a zejména na chování modelu [52]. Proto je nutno do modelu zahrnout jistou míru racionality, rozhodnout o centralizaci či decentralizaci, stanovit pojmy důvěra (nedůvěra) a měřitelnost (a škálovatelnost) důvěry. V centralizovaných systémech si celá skupina udržuje stejnou úroveň důvěry k ostatním subjektům a tato úroveň důvěry je dána centrální autoritou. V decentralizovaných systémech, v nichž je subjektům umožněno přicházet a opouštět skupinu dynamicky, si každý subjekt vytváří osobní důvěru k ostatním členům skupiny, např. v [34]. V některých modelech neumožňuje malá důvěra rozlišení mezi nedůvěrou jako důsledkem špatné zkušenosti a mezi nedůvěrou jako důsledkem přemíry informace. K tomu je třeba volit explicitní parametry pro negativní zkušenost. Dále je nutno brát ohled i na rozdíly velikosti prostředí, např. tzv. *malé světy* (*Small Worlds*) v práci [53] a [54].

3.2.2 Třídy modelů

Možným přístupem k modelování je uvažování pouze určité součásti důvěry či zahrnutí jen některých faktorů ovlivňujících důvěru. Podle různých součástí důvěry zahrnutých do modelu lze modely důvěry rozdělit do jednotlivých tříd. Takto jsou vytvářeny modely reprezentace počáteční důvěry a jejího šíření, např. v [55], modely založené na znalosti (předchozí zkušenosti) a počtu vzájemných kontaktů, modely s utvářením důvěry na základě provedené analýzy reputace [19], modely vlivu vzájemných vztahů a jejich opětování a následné utváření důvěry, modely ovlivňování subjektu skupinou, modely vytvářející důvěru na základě doporučení, např. v [56], kde je využita metoda filtrace informace a testování na tzv. spolehlivé podmnožině skupiny, modely spolupráce, modely propagace a evoluce důvěry, např. v [57] a [58]. Další modely důvěry jsou kombinací těchto možností. Jiným přístupem může být vytváření modelů určitého typu důvěry, tj. např. personální (mezi lidmi), systémové (v technických systémech) či dispoziční důvěry (míry schopnosti důvěřovat).

3.2.3 Metody vyhodnocení důvěry

Stanovení počáteční důvěry koresponduje s používanou strategií chování ve skupině. Pro určení lze například použít počáteční důvěru některého z členů skupiny, reputaci jedince, doporučení ostatních členů nebo pozorování, spoluprací, vyjednáváním a osobní zkušeností, např. v [59]. Aktualizace (stanovení nové hodnoty) důvěry je ovlivňována prostředím a dynamikou důvěry, což umožňuje změnu důvěry na základě proměny prostředí a způsobem obdobným pro stanovení počáteční důvěry.

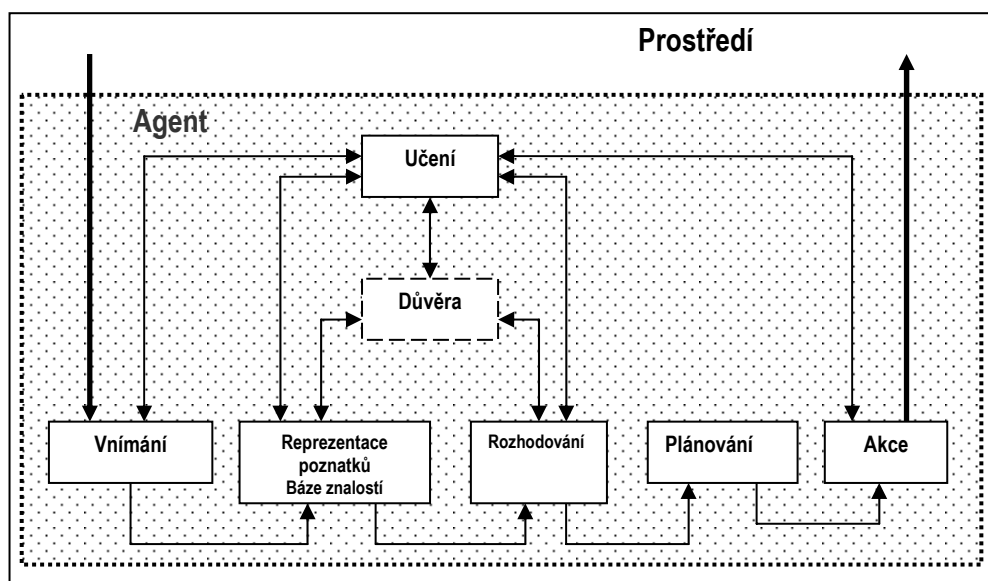
Pro stanovení a změnu důvěry jsou nutné metody, které umožňují její vyjádření (vyčíslení). Tím rozumíme proces reprezentace důvěry, ve kterém je spojitě či diskrétně vyhodnocení faktorů majících vliv na důvěru označováno jako hodnota důvěry. Záleží též na druhu důvěry, která je vyhodnocována, ale společné všem je vzájemné působení a vliv úspěchu tohoto působení. Tento úspěch ovlivňují zejména dva faktory, kterými jsou kontext a míra rizika. Metody výpočtu jsou většinou buď aproximační nebo vycházejí z dynamiky důvěry [60]. Dva faktory, které mají na utváření důvěry zásadní vliv, tj. reputace a stereotyp, umožňují vytvářet předpoklady o chování, pravidlech, ale i způsobech ochrany v komunitě. Při rozhodování je nutno mít na zřeteli i situační omezení, neboť důvěra je závislá na stavu prostředí, tj. kontextu [61]. Záměr je dalším takovým činitelem, který má vliv na utváření důvěry. Záměr, např. provedení nějaké transakce, závisí na jeho důležitosti, podle které je pak zvolena síla potřebná k jejímu uskutečnění. Do kontextu patří i způsob řízení interakcí ve skupině. Uskutečnění záměru s sebou nese ale také riziko.

Pokud existuje důvěra, existuje současně i riziko, např. riziko v poskytování služeb [62]. Z tohoto důvodu je nutné zahrnutí rizika do modelu důvěry. S tím pak souvisí i tvorba strategií vedoucích k minimalizaci vlivu tohoto faktoru.

3.3 Technologie a implementační nástroje

Technologiím používaným k realizaci modelů důvěry, tj. distribuovaná umělá inteligence a především technologie využívající multiagentní systémy, je věnován poměrně velký prostor v [42], proto je zde uveden pouze stručný přehled zkušeností s nejvýznamnějšími implementačními nástroji. Tyto zkušenosti byly získány testováním vybraných nástrojů a jsou výsledkem prací [63] a [64].

Obecně lze charakterizovat *agenta* (*Agent*) jako základní stavební jednotku multiagentních systémů funkční dekompozicí (obr. 3.4) na komponenty nakreslené plnou čarou. Každá z komponent je zodpovědná za provádění požadovaných funkcí, z nichž zpravidla dvě jsou určeny pro styk s prostředím, tj. jedna slouží pro příjem informací (*Sensors*) a druhá pro výkon příslušných akcí (*Actuators*). Pro modely s důvěrou je nutné tuto architekturu doplnit ještě o komponentu důvěry (na obrázku přerušovanou čarou), která ovlivní jak komponentu s reprezentací poznatků, tak učení (a tím i zpětně bázi znalostí) a následně také uplatní svůj vliv při rozhodování.



Obr. 3.4 Architektura agenta s dekompozicí podle vykonávaných funkcí

Mezi významné nástroje pro vytváření a modelování multiagentních systémů lze zařadit především tři nástroje – JADE, RETSINA a SWARM.

3.3.1 JADE

JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*) [65] je vývojový nástroj zaměřený na vývoj MAS a aplikací řídicích se standardy *FIPA* (*Foundation for Intelligent Physical Agent*) pro inteligentní agenty [66]. Toto vývojové prostředí je volně dostupné i s veškerou dokumentací a tutoriály. Vyvinula ho organizace *TILAB* (*Telecom Italia Lab*) [65]. Implementačním jazykem je Java. Představuje middleware, který obsahuje:

- prostředí pro agenty (*Runtime Environment, RE*)
- knihovny tříd, pro vývoj agentů
- balíček grafických nástrojů pro administraci a monitorování aktivity agentů

Agenti jsou realizováni tzv. kontejnerem, tj. běžící instancí *JADE RE (JADE Runtime Environment)*. Platforma, v níž je realizován MAS, představuje jeden nebo více vzájemně propojených kontejnerů. Správu agentů provádí *Systém správy agentů (Agent Management System, AMS)*, což je registrační služba pro agenty, která jednak provádí *pojmenování agentů (Naming Service)* a jednak provádí správu životního cyklu agenta. AMS je nazývána službou tzv. bílých stránek. *Vyhledávací služba (Directory Facilitator, DF)* provádí vyhledávání agentů, bývá označován jako služba tzv. žlutých stránek.

Základem tvorby agenta je implementace modelu JADE Agent. Agent je realizován jako třída zapouzdřující životní cyklus agenta. Její součástí jsou prostředky pro zaslání a přijímání zpráv a zjednodušenou komunikaci se systémem správy agentů a vyhledávací službou. Činnost agenta je umožněna samostatnou třídou *chování (Behaviour)*, jež má definovány základní typy chování. Další třída `jade.lang.acl.ACLMessage` poskytuje podporu pro komunikaci mezi agenty prostřednictvím konverzace (sekvence chování), při níž dochází ke spolupráci agentů a jejich vzájemnému informování o postupu plnění stanoveného cíle.

Výhodou JADE je především delší doba existence a tudíž prověřenost, funkčnost, jednoduchá použitelnost a dokumentace, nevýhodou, kterou však lze obejít, je absence prostředků pro uvažování, např. *BDI (Belief Desire Intention)* model.

3.3.2 RETSINA

RETSINA (Reusable Environment for Task-Structured Intelligent Networked Agents) [67] je architektura MAS, která byla vyvíjena několik let v Laboratořích Softwarových Agentů v Institutu Robotiky na Carnegie Mellon University a aplikována v mnoha oborech týkajících se správy finančního portfolia, webových informačních aplikací, mobilních a bezdrátových komunikací a plánování zásobování vojenských operací armády USA.

Tento nástroj určený pro vývoj agentů a MAS, více informace je např. v [68], se jmenuje *RETSINA AFC (RETSINA Agent Foundation Classes)*. K dispozici jsou dvě verze. První využívající jazyk C++ ve vývojovém prostředí MS Visual Studio 6.0. Tato verze je kompletní včetně dokumentace a umožňuje vývoj agenta jako *MFC (Microsoft Foundation Class Library)* aplikace. Druhá používá jazyk Java. Je tvořena několika balíky umožňujícími modelování agentních systémů. Tato verze (včetně dokumentace) je ve fázi vývoje (rok 2007) a dostupná na vyžádání.

Realizace praktického příkladu v [63] byla pro srovnání provedena oběma nástroji (JADE, RETSINA). Implementace nástrojem RETSINA vyžadovala vytvoření designu agenta, který byl motivačně převzat z JADE. Vytvořený agent však využíval komponenty a infrastrukturu systému RETSINA. Realizace v JADE byla bezproblémová a JADE se tak projevil jako perspektivnější pro modelování důvěry, patrně díky i jeho delší existenci, používání a kompletní dokumentaci.

3.3.3 SWARM

SWARM (Swarm Intelligence) [69] je vyvíjen Santa FE Institutem, který se zabývá tvorbou nových forem výzkumu přirozených, umělých a sociálních systémů. Tento nástroj představuje umělou inteligenci, která je založena na studiu kolektivního chování v decentralizovaných samoorganizujících se systémech. Výraz „inteligence davu“ (*Swarm Intelligence*) zavedli

Beni & Wang v roce 1989 v kontextu celulárních robotických systémů (*Cellular Robotic Systems*).

Systém SWARM vytvoří populace agentů, kteří na sebe v daném prostředí navzájem působí. Obvykle se jedná o decentralizovanou řídicí strukturu, která předepisuje individuální chování agenta. Lokální interakce mezi agenty pak vedou k těžko předvídatelnému chování celku. Takové systémy můžeme nalézt v přírodě, např. jsou to kolonie mravenců, shluky bakterií či stáda zvířat.

SWARM obsahuje softwarový balík pro simulaci komplexních systémů prostředky založenými na principech multiagentních systémů. Nástroj je použitelný pro výzkum při konstrukci a studování takových modelů. Používá knihovny, které umožňují vytvářet modely AS a jejich simulace v objektově orientovaném jazyku. Výhodou je nezávislost na zvolené platformě. Základní architekturu tvoří komunity paralelně na sebe působících agentů a jejich simulace. Takto lze implementovat širokou škálu úloh založených na principech technologie MAS. Nevýhodou je pro naše použití fakt, že Swarm není primárně vyvíjen v Javě, ale v Objective C (včetně podpory), má horší dokumentaci a nejsou k dispozici ilustrační příklady použití.

Snazší realizace praktických případů v [64] ukázala, že JADE se jeví pro naše použití jako vhodnější nástroj.

3.4 Využití modelů důvěry v informačních technologiích

Oblasti využití modelů důvěry jsou velmi různorodé, počínaje reprezentací chování společnosti (včetně např. ovlivňování mínění), přes studium ekonomických a sociálních systémů, až po možnost zlepšení zabezpečení různých digitálních systémů a webových aplikací [52]. Následně budou stručně popsány vybrané oblasti využití modelů důvěry z oblasti informačních technologií.

Narůstající důležitost aplikace důvěry při spolupráci objektů v distribuovaných systémech je patrná v elektronickém obchodování a poskytování služeb, ale i v nově vznikajících technologiích, jakými jsou např. mobilní ad hoc sítě, P2P sítích, grid virtuální systémy, kryptografické technologie, atd.

3.4.1 Elektronické obchodování a služby

Elektronické obchodování (e-Commerce) a služby jsou novou a opravdu převratnou možností, jak uskutečňovat obchodování mezi jednotlivci či institucemi. Je zde však velmi obtížné vytvářet důvěru mezi všemi součástmi systému, jimiž jsou výrobky, poskytovatelé služeb, aplikace přístupů a koncoví uživatelé. Další obtíž působí nedůvěra k používaným elektronickým systémům obchodování a kvalitě produktu (např. řešení reklamací), odlišná legislativa a zvyklosti obchodních partnerů. Nedostatečná důvěra konzumentů se jeví jako rozhodující překážka úspěchu elektronického obchodování. Hlavním důvodem zahrnutí důvěry je verifikace transakcí a zmenšení jejího rizika. Důvěra je založena na modelu reputace. Vzájemná důvěra mezi prodejcem a zákazníkem je navíc posilována službou zabezpečení a ochrany platby a vyhovujícím způsobem dodávky zboží. V modelu v [70] je obchodníkovi dostupná komponenta, umožňující ovlivnění kupce (např. ochota utracet peníze). Příkladem internetového obchodu orientovaného na e-aukce je populární e-Bay [71] či již zmiňovaný český internetový bazar Aukro [11]. Ten používá centrální databázi pro uchování a vedení tzv. skóre důvěry, ke kterému má pak nový zákazník snadný přístup.

Elektronické bankovníctví (e-Banking) je stále více užívanou formou kontaktu klienta s bankou. Důležitost důvěry v on-line systému, kterým elektronické bankovníctví

bezesporu je, souvisí s očekáváním rizika, které je závislé na skutečnosti, zda díky zranitelnosti tohoto systému nedojde k jeho zneužití [72]. Příklad, který je možno uvést jen z posledních let v České republice, je opakované napadení České spořitelny zasíláním falešných zpráv prostřednictvím elektronické pošty a přesměrováním reagujících klientů na podvodné stránky.

3.4.2 Počítačové sítě

P2P sítě (Peer-to-Peer Networks) se skládají z decentralizované samo-organizované sítě autonomních zařízení, které na sebe vzájemně působí (peer). Každý peer se chová jako klient i server a sdílí s ostatními peery zdroje. Nedostatek důvěry mezi peery je důvodem budování bezpečnosti v P2P systémech, např. v již zmíněné práci [57]. Do modelů evoluce důvěry jsou zahrnovány dva nejdůležitější faktory zkušenost a kontext. Klíčem k úspěchu je vybudování důvěry na základě spolupráce mezi systémovými peery, např. v [70]. Již uvedený *e-Bay* [71] je příkladem P2P hybridního systému, který využívá jak distribuovaného klienta (zdroje), tak centralizované servery. Tento systém se jeví uživatelsky přátelský poskytnutím určitého, ale omezeného množství dat uživatelům, na druhé straně však zpracované a poskytované informace nejsou kompletní a neposkytují tzv. „úplný obraz“.

Ad hoc sítě (Ad hoc Networks) využívají důvěru k zajištění spolehlivosti v čase a integrity předávání zpráv uzlům, neboť bezpečnost komunikace je jedním ze základních problémů, např. [46]. Hlavním rozdílem mezi klasickými a ad hoc sítěmi je nedostatek infrastruktury. Z tohoto důvodu je uzel současně v postavení routeru, serveru a klienta, který se snaží spolupracovat ve prospěch správné funkce sítě. Tato nezvyklá vlastnost ztěžuje možnost aplikace a použití protokolů vytvořených pro konvenční sítě v ad hoc sítích. Proto je nutno vytvářet protokoly speciálně pro tento typ sítí. Předpoklad, že všechny uzly se chovají podle předem definovaných specifikací protokolů však není vždy splněn. Pro takovýto distribuovaný reputační systém představují významné nebezpečí různé útoky, které mnohdy poškozují, a to zcela záměrně a hromadně, tj. po domluvě několika tzv. „útočných“ uzlů (*Malicious Nodes*), reputaci sousedních uzlů. V takovémto případě je nutno budovat důvěru společně se sousedními uzly sítě. Zavedení modelu důvěry současně s použitím kryptografických mechanismů umožňuje zvýšit bezpečnost komunikace. V poslední době nabývá významu modelování důvěry i pro mobilní sítě a zařízení, např. v mobilních ad hoc sítích [73].

3.4.3 Počítačové systémy a programování

V *multiagentních systémech (Multi Agent Systems)* je důvěra chápána ve smyslu subjektivního očekávání chování jiného agenta v budoucnosti [74]. Hlavním důvodem použití důvěry je zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti multiagentního systému, např. v [20]. Modelování důvěry se využívá zejména při detekci agentů „útočnicků“ (*Malicious Agents*), což je dáno skutečností, že agent je autonomní entita a jako taková může do skupiny agentů libovolně vstupovat a opouštět ji, měnit svou identitu a vracet se zpět či schopnost agentů migrovat. Dalšími důvody jsou pomoc při provádění rozhodování při systémovém zpracování, výběr „nejlepšího“ agenta ze skupiny kandidátů, přínos k optimalizaci systému a zdokonalování kvality služeb. Multiagentní systém s důvěrou založenou na reputaci a využívající rozhodovací procesy je uveden např. v [75].

Grid programování (Grid Computing) se stalo velice populární v uplynulých letech, díky jedinečné schopnosti organizovat kolekce heterogenních počítačů a zdrojů, umožňujících snadný přístup k odlišným zdrojům a službám. Vysoké nároky na bezpečnost jsou dány tím, že uživatelé a poskytovatelé zdrojů pocházejí z nedůvěryhodných domén a nemusí se vždy chovat prospěšně. Takový model je uveden např. v [76].

Sémantický web (Semantic Web) je možno charakterizovat jako otevřenou dynamickou síť navzájem se ovlivňujících nezávislých poskytovatelů informace s různým pohledem na svět, s různými úrovněmi znalostí a různými záměry. Z tohoto pohledu nebude jako v předchozích příkladech hlavním cílem použití důvěry bezpečnost systému, ale spíše důvěryhodnost zdrojů. Problém sémantického webu je problémem automatického (strojového, MAS) shromažďování a využívání informací z velkého množství zdrojů. Člověk může využít své znalosti a důvěru ve zdroj poskytované informace. Agenti (bez komponent obsahující důvěru a znalosti) však mohou na základě mylného předpokladu čerpat z pochybných zdrojů a činit nesprávné závěry. Pak mohou být některá tvrzení, publikovaná na sémantickém webu, brána spíše „s rezervou“ než jako korektní údaje. Pro modely důvěry, např. v práci [77], bývá používána především reputace zdroje, která před použitím zdroje nejprve pomůže ověřit jeho důvěryhodnost, což umožní agentům rozhodovat o správném výběru informačního zdroje a tím v rámci sémantického webu jednat racionálně.

3.4.4 Intervenční zásahy v systémech

Na závěr zbývá zdůraznit ještě jednu oblast využití, která zde již byla zmíněna, a která zasahuje téměř do všech uvedených příkladů použití.

Je to oblast možného ovlivňování chování, rozhodování a důvěry jedince nebo komunity, či dokonce i silové působení zaměřené na celou či jistou část komunity, jinými slovy *intervenční zásah (Intervention Effect)*, který směřuje k žádoucí reakci, např. již zmíněná komponenta pro ovlivnění chování spotřebitele v [70]. Takovými běžně se v životě vyskytujícími příklady těchto intervencí jsou např. reklamy, volební kampaně či třeba různé náborové akce, např. kampaň pro získání nových adeptů pro službu u policie.

Námětem může být i následující příklad ze školství. V posledních letech, kdy se zmenšuje počet potenciálních uchazečů o studium na vysokých školách vlivem úbytku populace v dané věkové skupině, začínají vysoké školy (a nejen ony) „soupeřit“ o studenty. Nabízí se využití takovéto formy intervence se záměrem ovlivnění výběru školy či oboru prostřednictvím např. účelově zaměřených akcí pro středoškoláky, poutavých webových stránek pro uchazeče o studium, či propagací studia příslušného oboru v masmédiích. Model ovlivnění důvěry pak může umožnit účelné vynaložení úsilí k přípravě takové kampaně i efektivní využití v kampani použitých prostředků.

4 CÍLE DISERTACE

Člověk se plně projeví teprve, když změří své síly s nějakou překážkou.

Antoine de Saint Exupery

Na základě poznatků uvedených v předcházejících kapitolách jsme zjistili, že stávající modely důvěry zohledňují malý počet faktorů ovlivňující důvěru. Rozhodli jsme se zabývat zvýšením jejich počtu, včetně faktoru záměrného vnějšího ovlivňování důvěry. Z tohoto důvodu jsme si stanovili následující cíle:

1. navrhnout model důvěry zahrnující větší počet faktorů ovlivňující důvěru, včetně metod pro utváření důvěry
2. navrhnout formální metodu pro záměrné ovlivňování důvěry a metody pro posouzení vlivu intervence
3. navrhnout a implementovat multiagentní model důvěry s intervencí
4. navrhnout metodu stanovení partnerů pro spolupráci využívající důvěru

5 MODEL DŮVĚRY S INTERVENCÍ

Je stejnou chybou věřit všem i nevěřit nikomu.

Príslovi

V této kapitole se nejprve zaměříme na vhodnou reprezentaci a posuzování (měření) důvěry, zavedeme termíny personální a fenomenální důvěra a budeme se zabývat matematickým popisem těchto zavedených typů důvěry. Bude pojednáno o významu vzájemné komunikace a proveden návrh struktury prvků (včetně struktury zpráv), které budou tvořit model. Uvedeme vztahy popisující utváření personální a fenomenální důvěry. Dále bude předložena koncepce modelu důvěry s intervenčním zásahem, popsán průběh intervenčního zásahu s následným utvářením důvěry a nakonec ukázán způsob hodnocení vlivu intervence na změnu velikosti důvěry.

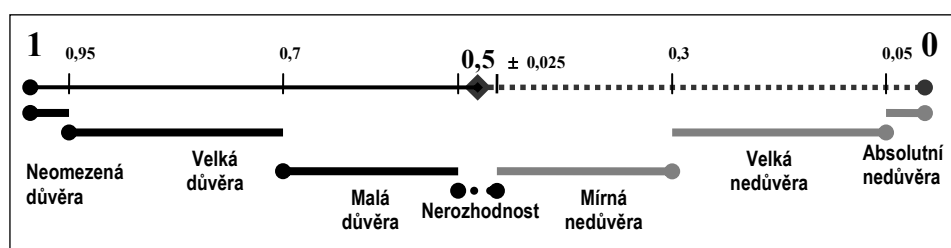
5.1 Definice a reprezentace důvěry

Dříve než se začneme zabývat reprezentací důvěry, uvedeme upravenou verzi definice důvěry, která motivačně vychází z Gambettovy definice [29] (viz též kapitola 2.3).

Definice důvěry

Důvěra je míra ochoty založená na záměru jednat v souladu s požadavky okolního prostředí podle současných schopností a možností v přesvědčení, že toto jednání přinese v budoucnosti prospěch.

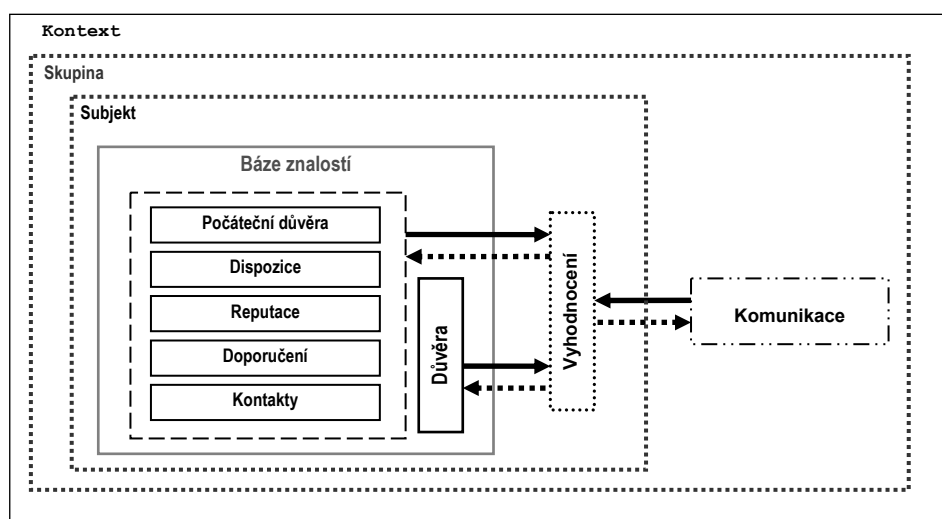
V tomto modelu budeme chápat důvěru jako spojitou veličinu, ale pro další potřeby bude zavedena i její diskrétní škálovatelná podoba, tj. kvantování do několika úrovní. Při vytváření modelu důvěry je důležité rovněž stanovit mezní hodnoty této veličiny. Pro tento případ bude, vzhledem k povaze popisu důvěry - viz dále, vhodné určení mezních hodnot následující: 0 pro *absolutní nedůvěru* (*Absolute Distrust*) a 1 pro *neomezenou důvěru* (*Blind Trust*). Stanovení jednotlivých úrovní důvěry na intervalu $\langle 0, 1 \rangle$ je znázorněno na obr.5.1.



Obr. 5.1 Reprezentace hodnoty důvěry

Na předchozím obrázku je znázorněno sedm úrovní důvěry od neomezené důvěry, přes velkou a malou důvěru k *nerozhodnosti* (*Ignorance*) a symetricky přes mírnou a velkou nedůvěru k absolutní nedůvěře. Intervaly představující jednotlivé úrovně důvěry jsou různě veliké.

Základní princip utváření důvěry ve skupině je zobrazen na obr. 5.2. Součástí subjektu je komponenta báze znalostí, jejíž jednou částí jsou informace o počáteční důvěře, dispozici k důvěře, reputaci, počtu kontaktů a doporučení. Prostřednictvím komunikace se skupinou dostává subjekt informace. Vše probíhá v daném kontextu. Důvěra, reputace, kontakty, doporučení a ostatní informace takto získané jsou vyhodnoceny a zpětně ovlivňují důvěru. Důvěra má větší dynamiku, na rozdíl od reputace, jejíž dynamika je pomalejší. Reputace se vytváří jednak přímou cestou, tj. vlastní zkušeností či nepřímo, tj. získáním informace zprostředkováním.



Obr. 5.2 Základní koncepce utváření důvěry ve skupině

5.2 Zavedení typů důvěry

Koncepce vytvářeného modelu předpokládá existenci dvou typů důvěry. První typ nazvaný *personální důvěra* (*Personal Trust*) představuje důvěru mezi jednotlivými subjekty schopnými tvorby důvěry a jejího opětování.

Důvěra může mít i charakter *nepersonální* (*Impersonal Trust*). Důvěru je možno mít k nějakému fenoménu. Za takový fenomén lze považovat nějaký produkt z třídy produktů obdobného charakteru. Produkt má danou vlastnost nebo souhrn několika vlastností, podle kterých si jej vybíráme. Tento druhý typ důvěry budeme nazývat *fenomenální důvěrou* (*Phenomenal Trust*). Použití termínu fenomenální důvěra v tomto případě považujeme za vhodnější než termín nepersonální důvěra.

Formulace popisu (definice) obou typů důvěry předpokládá následující úvahy. Nechť existuje autonomní (tj. samostatně jednající) prvek z množiny S všech existujících autonomních prvků $\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, kde n je jejich počet. Prvky množiny je možno chápat jako jednotlivé subjekty. Nechť dále existuje konečná množina hodnot fenoménu, reprezentovaná množinou P produktů $\{p_1, p_2, \dots, p_m\}$, kde m je počet produktů. Míru důvěry vyjádříme pravděpodobností jevu, popis důvěry odvodíme ze vztahu mezi subjekty a pro návrh modelu použijeme graf.

5.2.1 Personální důvěra

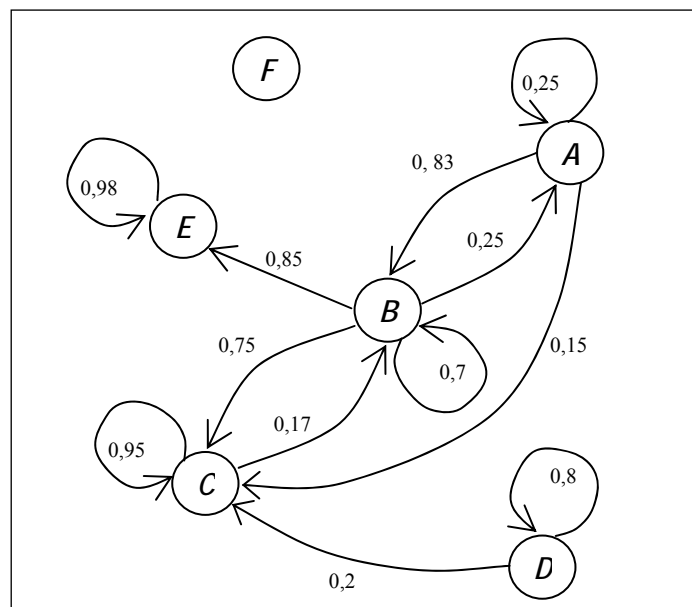
Míru personální důvěry $t(s_i, s_j)$ mezi dvěma subjekty vyjádříme jako hodnotu v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$, a pro zjednodušení zápisu budeme označovat $t(s_i, s_j) = t_{ij}$, tj. lze psát

$$t : S \times S \rightarrow \langle 0, 1 \rangle, \quad (5.1)$$

kde $i, j = 1, \dots, n$ ($i \neq j$).

Jako model (reprezentaci vztahů) je vhodné použít orientovaný ohodnocený graf. Uzly grafu představují subjekty. Hrany spojují subjekty mezi nimiž se utváří důvěra. Ohodnocení hrany udává míru důvěry mezi spojenými subjekty. Orientace hrany udává „směr“ důvěry, což vyjadřuje asymetrii důvěry, neboť obecně $t_{ij} \neq t_{ji}$ (v reálné situaci i -tý subjekt důvěřuje j -tému jinak, než důvěřuje j -tý i -tému) a není reflexivní, tj. $t_{ii} \leq 1$ (subjekt sám sobě nemusí nutně stoprocentně věřit). Ještě je nutno uvést rozdíl mezi absolutní nedůvěrou (existuje hrana s ohodnocením 0) a situací, kdy subjekty nejsou v žádném kontaktu (hrana neexistuje).

Příklad grafu znázorňujícího vzájemnou důvěru subjektů je uveden na následujícím obrázku.



Obr. 5.3 Graf znázorňující vazby a míry důvěry mezi jednotlivými prvky

Na obr. 5.3 jsou zobrazeny různé reálné situace. Subjekt, který nemá s nikým kontakt, nemůže nikomu důvěřovat a jemu též nedůvěřuje nikdo, je v grafu zobrazen izolovaným vrcholem F . Subjektu znázorněnému vrcholem E (s téměř absolutní sebedůvěrou) velmi důvěřuje subjekt B . Subjekt, který je zobrazen vrcholem D , velmi důvěřuje sám sobě, ale nedůvěřuje subjektu zobrazenému vrcholem C , s ostatními nemá kontakt. Subjekt, jenž znázorňuje vrchol C , je tzv. nedůvěřivý (sám sobě důvěřuje velkou mírou, subjektu B však nikoliv), naopak subjekt A je důvěřivý k subjektu B , ale nikoliv k C a sám sobě moc nedůvěřuje. Subjekt B velmi nedůvěřuje subjektu A , ale má velkou důvěru v subjekt C , subjekt A mu projevuje velkou důvěru, zatímco subjekt C mu velmi nedůvěřuje. Sám sobě si subjekt B velmi důvěřuje. Se subjekty D a F nemá kontakt.

Pro implementaci grafu zvolíme matici sousednosti, kterou nazveme *matice důvěry* (*Trust matrix*) a označíme jako T . Tato matice bude mít pro graf uvedený na obr. 5.3 následující tvar:

$$T = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,83 & 0,15 & -1 & -1 & -1 \\ 0,25 & 0,7 & 0,75 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 0,17 & 0,95 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 0,2 & 0,8 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0,98 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}, \quad (5.2)$$

kde prvky matice s hodnotou -1 představují „důvěru“ dvojice subjektů, které nejsou v kontaktu.

5.2.2 Fenomenální důvěra

Míru fenomenální důvěry je vhodné definovat na základě rozdělení pravděpodobnosti preference daného produktu z množiny téhož druhu. Míra fenomenální důvěry t_i^k představuje míru důvěry $t_i(p_k)$, tj. i -tého subjektu (s_i) v k -tý produkt (p_k). Pro zjednodušení zápisu označíme $t_i(p_k) = t_i^k$. Potom míru fenomenální důvěry t_i^k vyjádříme jako

$$t : S \times P \rightarrow \langle 0, 1 \rangle. \quad (5.3)$$

Pro distribuci preferencí ($t_i^1, t_i^2, \dots, t_i^m$) jednotlivých produktů (tj. jednotlivé míry důvěry i -tého subjektu v jednotlivé produkty) a je vhodné, aby platilo (normovací podmínka), že

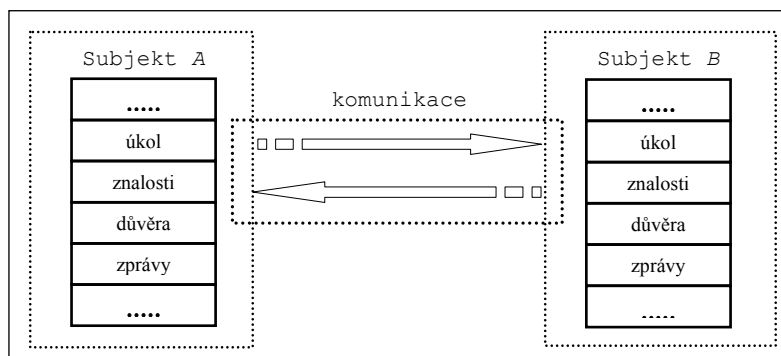
$$\sum_{k=1}^m t_i^k + t_i^0 = 1, \quad (5.4)$$

kde t_i^0 reprezentuje situaci, kdy i -tý subjekt nedůvěřuje žádnému produktu.

5.3 Úloha komunikace

Základem pro vytváření, šíření a evoluci důvěry je vzájemná komunikace subjektů. Ke komunikaci vede subjekty například nutnost *společné práce* (*Working Together*) při řešení zadaného úkolu, k čemuž subjekt využívá rovněž svou množinu znalostí, která je dána množinou tvrzení a každé z těchto tvrzení má jistou pravděpodobnost, že je pravdivé. Komunikace je umožněna zasíláním zpráv. Zprávy jsou vybírány z konečné množiny možných zpráv. Typicky může být zprávou dotaz nebo odpověď. Na základě obsahu zprávy si subjekt utváří jednak personální důvěru, tj. důvěru v odesílatele zprávy, jednak fenomenální důvěru a dále si upřesňuje množinu znalostí.

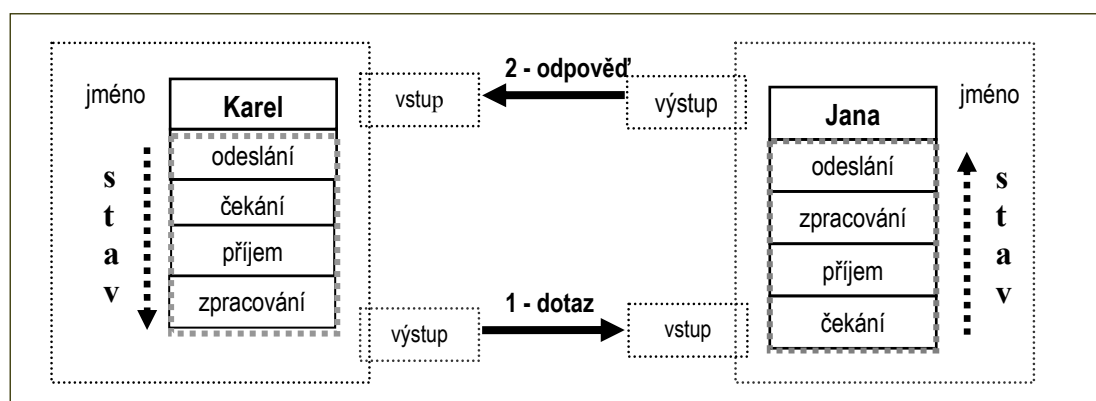
Základní představa procesu utváření důvěry mezi dvěma subjekty v procesu komunikace je znázorněna na obr. 5.4.



Obr. 5.4 Základní představa o funkci důvěry v komunikačním procesu

Subjekt je identifikován svým jménem. Zná téma řešeného úkolu a k němu má k dispozici množinu znalostí a jména dostupných subjektů (tj. jména ostatních subjektů s nimiž může komunikovat), počet uskutečněných kontaktů s těmito subjekty, počet doporučení (od jiných subjektů) a míru důvěry v jednotlivé dostupné subjekty.

Zasíláním zpráv (plnění zadaného úkolu) si může dvojice subjektů předat informaci o míře důvěry nejen v jiné subjekty, ale i o míře důvěry v nějaký fenomén. Subjekt při zpracování odpovědi upraví (zvýší či sníží) míru své důvěry v jiný subjekt nebo fenomén (např. nějaký produkt) v závislosti na faktorech podílejících se na utváření důvěry. Jak již bylo uvedeno, patří mezi nejdůležitější parametry ovlivňující důvěru míra předchozí důvěry v odesílatele, počet vzájemných kontaktů uskutečněných s odesílatelem, počet doporučení „důvěryhodných“ subjektů, obsahu došlé odpovědi a „jisté míře“ dispozice k důvěře (např. nálada či intuice). Stav subjektu je určen s ohledem na zasilání zpráv (čekání, příjem, zpracování a odeslání zprávy). Každý subjekt je nutno ještě opatřit vstupem (ve formě poštovní schránky) a výstupem (vysílač zpráv). Základní představa implementace procesu komunikace z hlediska stavu subjektu je znázorněna na obr. 5.5. Nejprve Karel odešle dotaz, Jana čeká na událost na vstupu, přijme dotaz, zpracuje dotaz a vybere odpověď, kterou odešle. Mezitím Karel čeká na událost na vstupu, přijme odpověď a zpracuje ji.



Obr. 5.5 Základní představa o stavech zprávy v procesu komunikace

5.4 Obecný prvek s důvěrou

Výsledkem těchto úvah bude návrh takové struktury, která bude v dané množině subjektů umožňovat utváření jak personální důvěry, tj. důvěry subjektu v jiný subjekt, tak i fenomenální důvěry, tj. důvěry v daný produkt. Navrhovanou strukturu nazveme *obecný prvek s důvěrou* (*Fundamental Trust Element*). Obecný prvek uchovává zprávy ve své poštovní schránce, která synchronizuje příjem zpráv externím procesem a odeslání zpráv externím procesem prvku.

5.4.1 Struktura obecného prvku s důvěrou

Shrnutím dříve uvedených faktů a doplněním struktury dalšími stavy (testování a vykonání), které byly v úvodních úvahách zahrnuty do stavu zpracování, je možno navrhnout strukturu obecného prvku s důvěrou takto:

- **jméno** prvku (*Name*)
- **téma** ze společné množiny témat – ontologie (*Ontology*)
- **množina úkolů** (*Task*) – podněcuje vznik a pokračování komunikace
- **báze znalostí** (*Knowledge*), tj. množina znalostí daného tématu reprezentovaná konečnou množinou tvrzení

- **konečná množina možných zpráv** (*Message*), která je dána tématem a zahrnuje přípustné dotazy a odpovědi
- **stav prvku** (*State*) - prvek množiny se nachází vždy v jednom z možných stavů externího či interního procesu:
 - pro externí proces
 - čekání na příchod zprávy na vstup (*Waiting*)
 - příjem zprávy (*Receive*)
 - pro interní proces
 - testování zprávy (*Pretest*)
 1. obsah schránky (přítomnost zprávy)
 2. identifikátoru zprávy
 - a) pokyn (zadání úkolu a tématu, zahájení, ukončení komunikace, žádost o data)
 - b) informace ke zpracování (dotaz, odpověď, doporučení)
 - vykonání pokynu (*Execution*)
 1. zadání úkolu a tématu
 2. zahájení komunikace
 3. žádost o data
 4. ukončení komunikace
 - zpracování (*Processing*)
 1. dotaz (adresáta)
 2. odpověď (adresáta)
 3. doporučení (důvěryhodného prvku)
 4. generování nového dotazu a adresáta (po zpracování dotazu a odpovědi)
 - odeslání zprávy (*Send*)
- **jména dostupných prvků** (*Names*), tj. takových, s nimiž může uskutečnit kontakt a pro každý z těchto prvků je dána dvojice čtveřic nazvané **Personální informace** (*Personal Information*), které slouží k utváření personální důvěry a **Fenomenální informace** (*Phenomenal Information*), které slouží k utváření fenomenální důvěry. Čtveřice Personální informace jsou tvořené:
 - mírou personální důvěry (*Personal Trust Degree*) v dostupné prvky, míra důvěry je hodnota v $\langle 0, 1 \rangle$ (0 - absolutní nedůvěra, 1- neomezená důvěra)
 - počtem doporučení (*Recommendation*) jednotlivých dostupných prvků s nejvyšší mírou důvěry jinými prvky
 - reputací (*Reputation*), tj. hodnotou pověsti prvku v $\langle 0, 1 \rangle$ (0 – špatná reputace, 1- vynikající reputace)
 - znalostí - součtem "shodných" odpovědí (*Identical Answer Sum*), tj. součtem všech odpovědí, shodujících se s bázi znalostí daného tématu (učení)
 Čtveřice Fenomenální informace jsou tvořené:
 - mírou fenomenální důvěry (*Phenomenal Trust Degree*) v jednotlivé produkty, míra důvěry je určena hodnotou v $\langle 0, 1 \rangle$ (0 - absolutní nedůvěra, 1- neomezená důvěra)
 - počtem doporučení (*Recommendation*) fenoménu – pro náš případ jednotlivých produktů
 - reputací (*Reputation*), tj. hodnotou pověsti produktu v $\langle 0, 1 \rangle$ (0 – špatná reputace, 1- vynikající reputace)
 - znalostí - součtem "shodných" odpovědí (*Identical Answer*), tj. odpovědí shodujících se s bázi znalostí daného tématu (učení)
- **počet uskutečněných kontaktů** (*Contacts*) s jednotlivými dostupnými prvky (oběma směry, tj. započítán je došlý dotaz i odpověď na něj)
- **čítače** (*Counters*) uchovávající počet všech (došlých):
 - dotazů (*Question Sum*)
 - odpovědí (*Answer Sum*)
 - doporučení (*Recommendation Sum*)
 - kontaktů (*Contact Sum*)
- **vstup** (*Input*)
- **výstup** (*Output*)

5.4.2 Struktura zprávy zasílané obecným prvkem s důvěrou

Zprávy, které si vyměňují obecné prvky s důvěrou, pak mají následující strukturu⁶:

- typ zprávy (dotaz /odpověď/doporučení)
- odesílatel (jméno)
- adresát (jméno)
- téma
- úkol
- identifikátor zprávy
- obsah zprávy (dle typu zprávy – otázka/ tvrzení/jméno)

Obsahem zprávy může být otázka vygenerovaná v rámci daného tématu (podle zadaného úkolu), tvrzení vybrané na základě porovnání dotazu s množinou znalostí, dotaz na doporučení prvku s největší mírou důvěry nebo jméno doporučovaného prvku.

Dále je zaveden pojem "prázdná zpráva", jenž nám dovolí podle hodnoty identifikátoru (obsah zprávy je prázdný) provedení potřebných pokynů:

- zadání úkolu a tématu
- zahájení komunikace
- ukončení komunikace
- žádost o výstupní data

Zpracování informace v obsahu zprávy dle jejího typu předpokládá nejprve identifikaci jednoho ze tří typů zprávy:

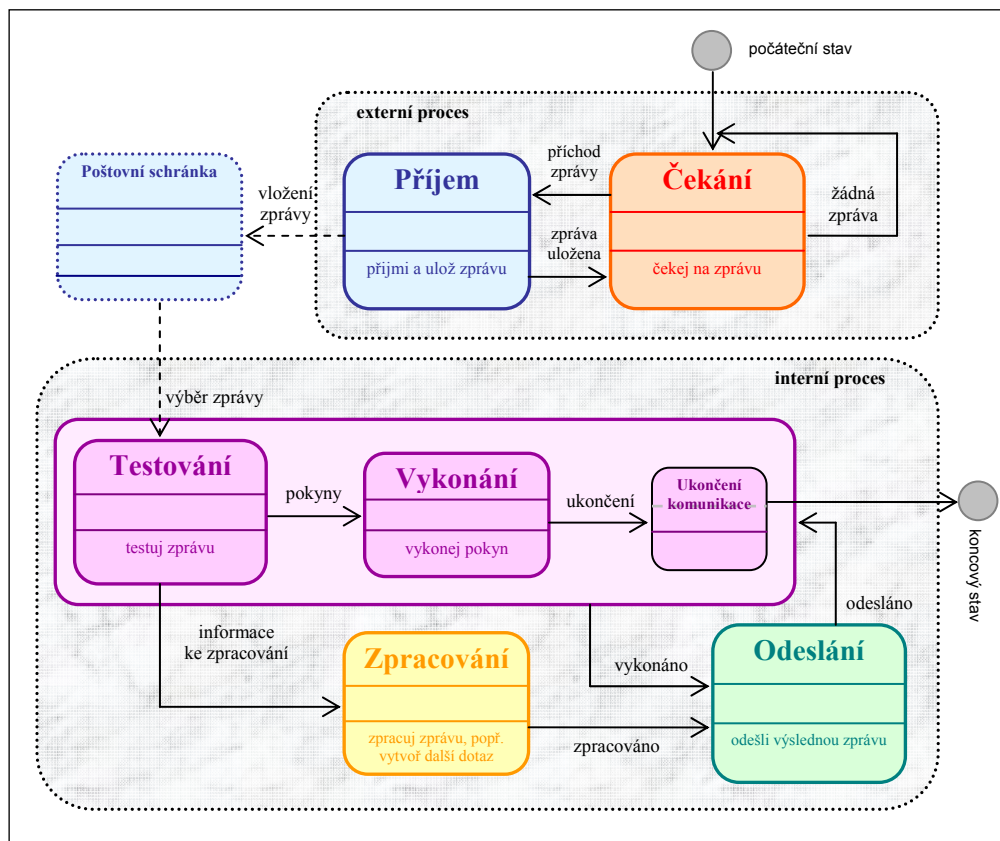
- dotaz
- odpověď
- doporučení

což znamená v případě:

- došlého dotazu nějakého adresáta - výběr a zaslání jedné z možných odpovědí (včetně jejího odmítnutí), případně výběr doporučení vhodného prvku
- došlé odpovědi na dotaz - zpracování této odpovědi (ovlivnění znalosti a míry důvěry, zvýšení počtu kontaktů, atd.) a pokračování generováním dalšího dotazu zvolenému adresátovi
- došlého doporučení - zpracování doporučení (ovlivnění znalosti a míry důvěry, zvýšení počtu kontaktů, zvýšení počtu doporučení označeného prvku, atd.) a pokračování generováním dalšího dotazu zvolenému adresátovi
- prázdné schránky - generování a odeslání doporučení, dotazu adresátovi, výběr dotazu a adresáta

Nyní stručně popíšeme jednotlivé stavy procesů (a průchod těmito stavy) obecného prvku s důvěrou. Externí a interní procesy prvku komunikují a současně jsou synchronizovány pomocí poštovní schránky. V externím procesu se střídají dva stavy [čekání na příchod zprávy, příjem zprávy], v interním procesu se střídají čtyři stavy [testování, vykonání, zpracování, odeslání]. Odeslán je výsledek zpracování zprávy, tj. dotaz, doporučení nebo odpověď. V případě, že není žádná zpráva v poštovní schránce, pokračuje se generováním nového dotazu a výběrem vhodného adresáta. Případný souběh akcí je možné řešit doplněním priorit. Základní stavový diagram obecného prvku s důvěrou je zobrazen na obr.5.6.

⁶ symbol "/" znamená "nebo"



Obr. 5.6 Základní stavový diagram obecného prvku s důvěrou

Po inicializaci prvek testuje svůj vstup a čeká na příchod zprávy. V okamžiku příchodu zprávy prvek přejde do stavu příjem. Došlá práva je uložena do poštovní schránky.

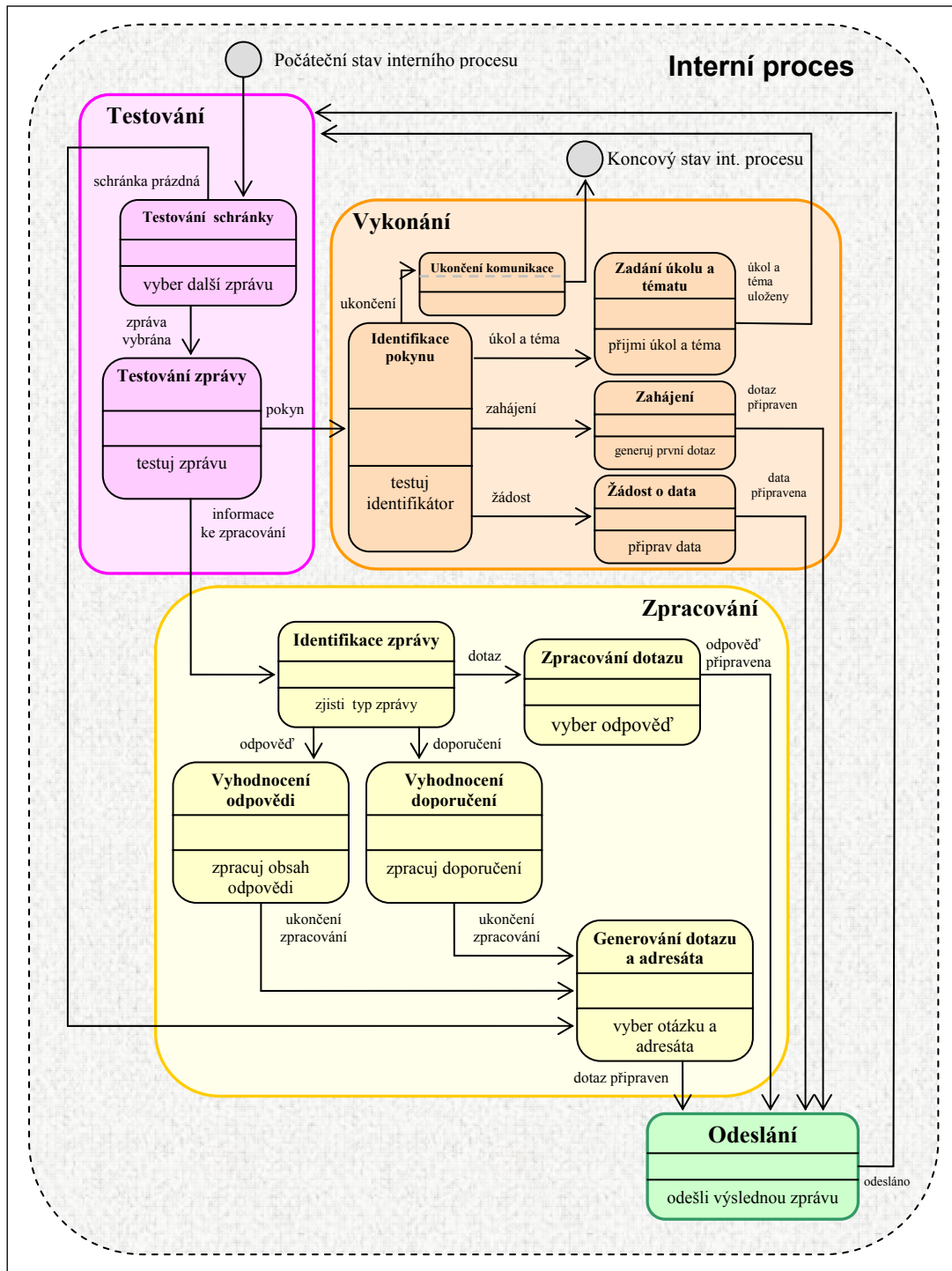
Testování zprávy začíná, pokud je nějaká zpráva ve schránce a je vybrána ta, která je na řadě (fronta dle pořadí příchodu zpráv) a otestován identifikátor zprávy. Jeho hodnota určí, zda se provede nějaký pokyn nebo zda se jedná o informaci ke zpracování.

Vykonání pokynu se může provést až po jeho identifikaci. Podle vyhodnocení identifikátoru zprávy se provede buď zadání úkolu a tématu, zahájení či ukončení komunikace nebo na žádost o data se provede příprava výstupních dat. Pokračuje se odesláním výsledku příslušného úkonu, v případě zadání úkolu a tématu se pokračuje testováním, pokud je ve schránce zpráva.

Zpracování začíná zjištěním typu zprávy pro další zpracování. Podle typu zprávy se provádí vyhodnocení odpovědi, vyhodnocení doporučení (následně výběr nového dotazu a adresáta), zpracování dotazu s výběrem odpovědi.

Po ukončení zpracování dojde k odeslání příslušného výsledku zpracování, tj. dotazu, odpovědi či doporučení. Po odeslání následuje testování, pokud je ve schránce nějaká zpráva. Pokud je schránka prázdná, tj. není-li připravena další zpráva ke zpracování, provádí se výběr dalšího dotazu nebo doporučení a jeho adresáta.

Ukončení experimentu je provedeno v první fázi zprávou s identifikátorem žádosti o zaslání výstupních dat, která je po zaslání odpovědi s požadovanými daty následována zasláním zprávy s identifikátorem ukončení komunikace. Stavový diagram interního procesu obecného prvku s důvěrou je znázorněn na obr 5.7. Počáteční a koncový stav označuje zahájení a ukončení experimentu.



Obr. 5.7 Stavový diagram interního procesu obecného prvku s důvěrou

5.4.3 Utváření personální důvěry

Jak již bylo uvedeno, rozlišují se dva typy důvěry. Prvním typem je personální důvěra, kterou představuje důvěra jednoho subjektu v jiný subjekt. Druhým typem je fenomenální důvěra, která je dána důvěrou v nějaký fenomén.

V reálném životě se míra důvěry k subjektu vytváří v závislosti na tom, jak velká důvěra byla doposud tomuto subjektu projevována (tj. na míře předchozí důvěry), jak tento subjekt znám (tj. na počtu vzájemných kontaktů), na tom, co je o subjektu známo zprostředkováním jinými subjekty (tj. na počtu doporučení), na tom, zda-li např. pomoc subjektu byla

v minulosti účelná (tj. na sociální znalosti), na všeobecně známé pověsti (reputaci) subjektu v okolí či masmédiích a na intuici, důvěřivosti či situaci (tj. dispozici k akceptaci informací).

V navrhovaném modelu důvěry se bude při zpracování odpovědi uvažovat závislost utváření personální důvěry mezi příjemcem důvěry a poskytovatelem důvěry, na míře předchozí vzájemné důvěry, na počtu uskutečněných kontaktů s příjemcem důvěry, na počtu doporučení daného příjemce jinými subjekty, na reputaci příjemce a na jeho dispozici důvěřovat.

Potom je možno míru důvěry i -tého subjektu (poskytovatele) v j -tý subjekt (příjemce) zapsat

$$T_{ij} = F \left(t_{ij}, t_{ji}, c_{ij}, d_{ij}, r_{ij}, g_{ij(\alpha,\beta)} \right), \quad (5.5)$$

kde:

t_{ij} je původní míra důvěry i -tého subjektu v j -tý subjekt

t_{ji} je původní míra důvěry j -tého subjektu v i -tý subjekt

c_{ij} je počet vzájemných kontaktů i -tého a j -tého subjektu

d_{ij} je počet doporučení j -tého subjektu i -tému jinými subjekty

r_{ij} je reputace j -tého subjektu u i -tého (hodnota v intervalu (0, 1))

$g_{ij(\alpha,\beta)}$ je dispozice k důvěře, představující míru přijetí informace danou náladou, intuicí, atd., kde: $0 \leq \alpha < \beta \leq 1$

Výslednou (aktualizovanou) míru personální důvěry T_{ij} vytváří dvě složky, první složkou je předchozí míra důvěry t_{ij} a druhou je její změna, tj. přírůstek (úbytek) Δt_{ij} , což je možno zapsat

$$T_{ij} = t_{ij} + \Delta t_{ij}. \quad (5.6)$$

Přírůstek (úbytek) míry důvěry i -tého subjektu v j -tý subjekt (po vyhodnocení) se stanoví takto:

$$\Delta t_{ij} = \sqrt{t_{ij} t_{ji}} \left(\frac{\Delta c_{ij}}{w_{ci}} + \frac{\Delta d_{ij}}{w_{di}} \right) \frac{r_{ij}}{w_{ri}} \frac{g_{ij(\alpha,\beta)}}{w_{gi}}, \quad (5.7)$$

kde:

výraz pod odmocninou je obecně $f(t_{ij}, t_{ji})$ - zde geometrický průměr jako trend vývoje vztahu

Δc_{ij} je relativní přírůstek (úbytek) počtu kontaktů i -tého a j -tého subjektu, $\left(\frac{c_{ij}^{[l]} - c_{ij}^{[l-1]}}{n-1} \right)$, kde l představuje krok v procesu utváření důvěry

Δd_{ij} je relativní přírůstek (úbytek) počtu doporučení j -tého subjektu i -tému subjektu, $\left(\frac{d_{ij}^{[l]} - d_{ij}^{[l-1]}}{n-1} \right)$, kde l představuje l -tý krok utváření důvěry

w_{ci} je váhový koeficient ohodnocení počtu kontaktů i -tého subjektu

w_{di} je váhový koeficient ohodnocení počtu doporučení i -tému subjektu j -tého subjektu

w_{ri} je koeficient ohodnocení vlivu reputace j -tého subjektu u i -tého subjektu

w_{gi} je koeficient vlivu dispozice k důvěře.

Tudíž výslednou míru personální důvěry lze zapsat

$$T_{ij} = t_{ij} + \sqrt{t_{ij} t_{ji}} \left(\frac{\Delta c_{ij}}{w_{ci}} + \frac{\Delta d_{ij}}{w_{di}} \right) \frac{r_{ij}}{w_{ri}} \frac{g_{ij}(\alpha, \beta)}{w_{gi}} \quad \text{a} \quad 0 \leq T_{ij} \leq 1, \quad (5.8)$$

kde:

váha w_{ri} je předem zvolená konstanta

váha w_{ci} je hodnota součtu všech kontaktů i -tého subjektu $w_{ci} = \sum_{j=1, i \neq j}^n c_{ij}$

váha w_{di} je hodnota součtu všech doporučení j -tého subjektu i -tému subjektu

a $w_{di} = \sum_{j=1, i \neq j}^n d_{ij}$.

5.4.4 Utváření fenomenální důvěry

Již v kapitole 5.2 pojednávající o typech důvěry se uvádí, že je možno míru důvěry popsat na základě rozdělení míry preference hodnot fenoménu. Míra důvěry v nějakou hodnotu fenoménu (produkt) závisí na dosavadní míře důvěry, na počtu doporučení, na reputaci a na dané dispozici k důvěře.

Podle předpokladů uvedených v kapitole o typech důvěry, je subjekt součástí skupiny subjektů téhož typu $(s_1, s_2, \dots, s_n) \in S$, kde n je počet subjektů a fenomén je složen ze skupiny hodnot fenoménu (produktů) téhož typu $(p_1, p_2, \dots, p_m) \in P$, kde m je počet produktů. Míru důvěry i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu budeme zapisovat jako t_i^k a nově spočtenou (aktualizovanou) míru důvěry T_i^k .

Pak je možno zapsat míru důvěry i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu

$$T_i^k = F \left(t_i^k, t_{i^0}^k, d_i^k, r_i^k, g_i^k(\alpha, \beta) \right), \quad \text{pro} \quad 0 \leq \alpha < \beta \leq 1, \quad (5.9)$$

kde:

t_i^k je míra důvěry i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu

$t_{i^0}^k$ je počáteční míra důvěry i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu

d_i^k je počet všech doporučení k -té hodnoty fenoménu i -tému subjektu

r_i^k je reputace k -té hodnoty fenoménu u i -tého subjektu, pro reputaci platí:

$$r_i^k \in \langle 0, 1 \rangle \quad \text{a} \quad \sum_{k=1}^m r_i^k = 1 \quad (5.10)$$

$g_{i(\alpha,\beta)}^k$ je opět dispozice k důvěře, zahrnující náladu, intuici, atd.

Změnu míry důvěry i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu lze vyjádřit (analogicky jako u personální důvěry)

$$T_i^k = t_i^k + \Delta t_i^k \quad \text{a} \quad 0 \leq T_i^k \leq 1, \quad (5.11)$$

kde Δt_i^k je přírůstek (úbytek) fenomenální důvěry i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu.

Tento přírůstek (úbytek) vyjádříme jako

$$\Delta t_i^k = \sqrt{t_{0_i}^k t_i^k} \frac{\Delta d_i^k}{w_{d_i}} \frac{r_i^k}{w_{r_i}} \frac{g_{i(\alpha,\beta)}^k}{w_{g_i}}, \quad (5.12)$$

kde:

$\sqrt{t_{0_i}^k t_i^k}$ je reprezentace trendu ve vývoji důvěry v k -tý produkt u i -tého subjektu

Δd_i^k je relativní přírůstek (úbytek) počtu doporučení k -tého produktu i -tému subjektu, $\left(\frac{d_i^{k[l]} - d_i^{k[l-1]}}{m} \right)$, kde l představuje krok v procesu utváření důvěry a m je počet hodnot fenoménu

w_{d_i} je váha ohodnocení faktoru počtu doporučení k -tého produktu i -tému subjektu

w_{r_i} je váha ohodnocení faktoru reputace k -té hodnoty fenoménu i -tému subjektu.

Váha w_{r_i} je předem stanovená hodnota a váha w_{d_i} se vyjádří jako hodnota součtu všech doporučení k -té hodnoty fenoménu i -tému subjektu

$$w_{d_i} = \sum_{k=1}^n d_i^k. \quad (5.13)$$

Výslednou míru důvěry (tj. míru preference) i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu lze zapsat

$$T_i^k = t_i^k + \sqrt{t_{0_i}^k t_i^k} \frac{\Delta d_i^k}{w_{d_i}} \frac{r_i^k}{w_{r_i}} \frac{g_{i(\alpha,\beta)}^k}{w_{g_i}}, \quad 0 \leq \alpha < \beta \leq 1, \quad 0 \leq T_i^k \leq 1. \quad (5.14)$$

Je samozřejmé, že přírůstek (úbytek) důvěry způsobí změnu důvěry i v ostatní hodnoty fenoménu. I tento přírůstek (úbytek) je nutno rozdělit mezi ostatní hodnoty fenoménu. Protože počet těchto hodnot, tj. počet produktů, nebývá velký, je v tomto případě možno zvolit rozdělení na všechny produkty a to buď rovnoměrně nebo nerovnoměrně (např. náhodně).

5.5 Intervenční prvek s důvěrou

Pokud je prvek s důvěrou součástí hierarchického systému, musí být vybaven i možností působení na prvky v hierarchii jemu podřazené. Takovýto prvek je schopen uskutečnit intervenční zásah na jiné prvky, tj. prvky jemu podřízené. Budeme ho nazývat *intervenční*

prvek s důvěrou (Intervention Trust Element). Podřízené prvky, na které bude intervence působit, jsou volitelné a velikost působení intervence na různé prvky bude rovněž volitelná.

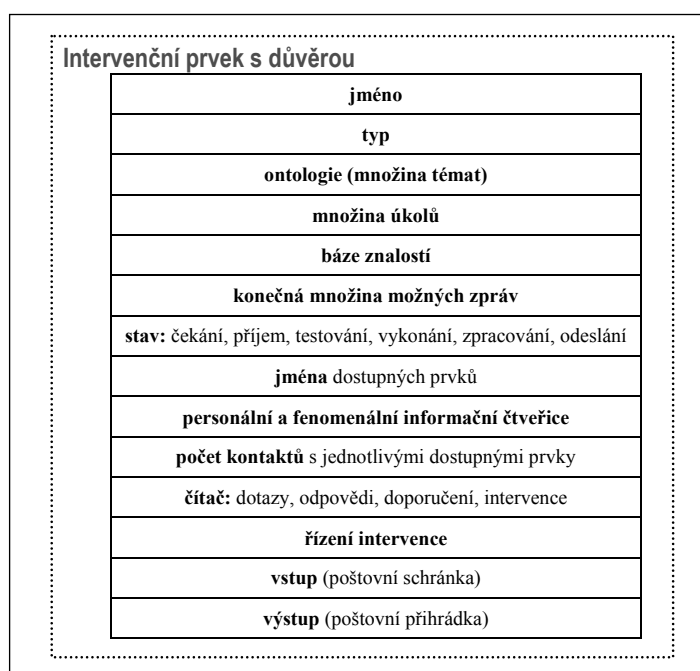
5.5.1 Struktura intervenčního prvku s důvěrou

Uvažujme intervenční prvek s důvěrou a upravme již navrženou strukturu obecného prvku s důvěrou tak, aby umožnil zahrnout působení intervenčního zásahu. Znamená to přidat do stávající struktury prvku s důvěrou položku typ prvku a to pro všechny prvky, ať již budou intervenční či nikoliv. Typ je dán úrovní zařazení prvku do hierarchie systému. Prvky, které jsou v hierarchii úplně dole, nemají schopnost intervenčního zásahu (viz dále). Rovněž je třeba do struktury přidat položku řízení intervence, tj. určit, na které prvky bude působeno a jak velké budou hodnoty intervence na tyto vybrané prvky.

Zavedení hierarchie prvků a úprava struktury prvku vyžaduje též další změny i ve struktuře zprávy. Dosud byly uvažovány jako možné typy zprávy dotaz (z konečné množiny dotazů), doporučení nebo odpověď na došlý dotaz (z konečné množiny odpovědí). Nyní je třeba zavést další typ zprávy. Novým typem je intervence nadřazeného prvku zaslaná podřízenému prvku (umožnění řízení). Rozšíření struktury obsahuje (kromě komponent uvedených v 5.4.1) navíc následující součásti:

- **typ** prvku (*Type*)
- **stav** prvku (*State*)
 - **zpracování** (*Processing*)
intervence nadřazeného prvku
- **čítače** (*Counters*) uchovávající počet všech (došlých)
 - intervencí (*Intervention Sum*)
- **řízení intervence** (*Engineering*), kde: $e = 0$ znamená, že na dostupný podřízený (v hierarchii nižší) prvek nebude působeno a $e = \delta$ znamená, že na dostupný prvek bude působeno velikostí δ intervenčního zásahu (*Intervention*), kde $\delta \in \langle 0, 1 \rangle$.

Za základní strukturu budeme dále považovat intervenční prvek s důvěrou, pokud prvek nebude mít intervenční schopnost, bude to známo již z jeho typu a položka řízení intervence může být prázdná. Základní struktura tohoto prvku je znázorněna na obr. 5.8.



Obr. 5.8 Základní struktura - intervenční prvek s důvěrou

5.5.2 Struktura zprávy zasílané intervenčním prvkem s důvěrou

Ve struktuře zprávy zasílané intervenčním prvkem s důvěrou dojde ke dvěma úpravám. První úpravou je přidání typu adresáta a odesílatele a druhou přidání nového typu zprávy - intervence. Nová struktura tedy bude následující (podtržením jsou vyznačeny změny a symbol "/" má význam slova "nebo"):

- typ zprávy (dotaz /odpověď/doporučení /intervence)
- odesílatel (jméno, typ)
- adresát (jméno, typ)
- téma
- úkol
- identifikátor zprávy
- obsah zprávy (dle typu zprávy – otázka/tvrzení/jméno/intervenční data)

V identifikátoru zprávy je hodnota určující, zda se bude vyhodnocována informace v obsahu zprávy nebo se provede pokyn.

Mezi pokyny se řadí:

- zadání úkolu a tématu
- zahájení komunikace
- ukončení komunikace
- žádost o výstupní data

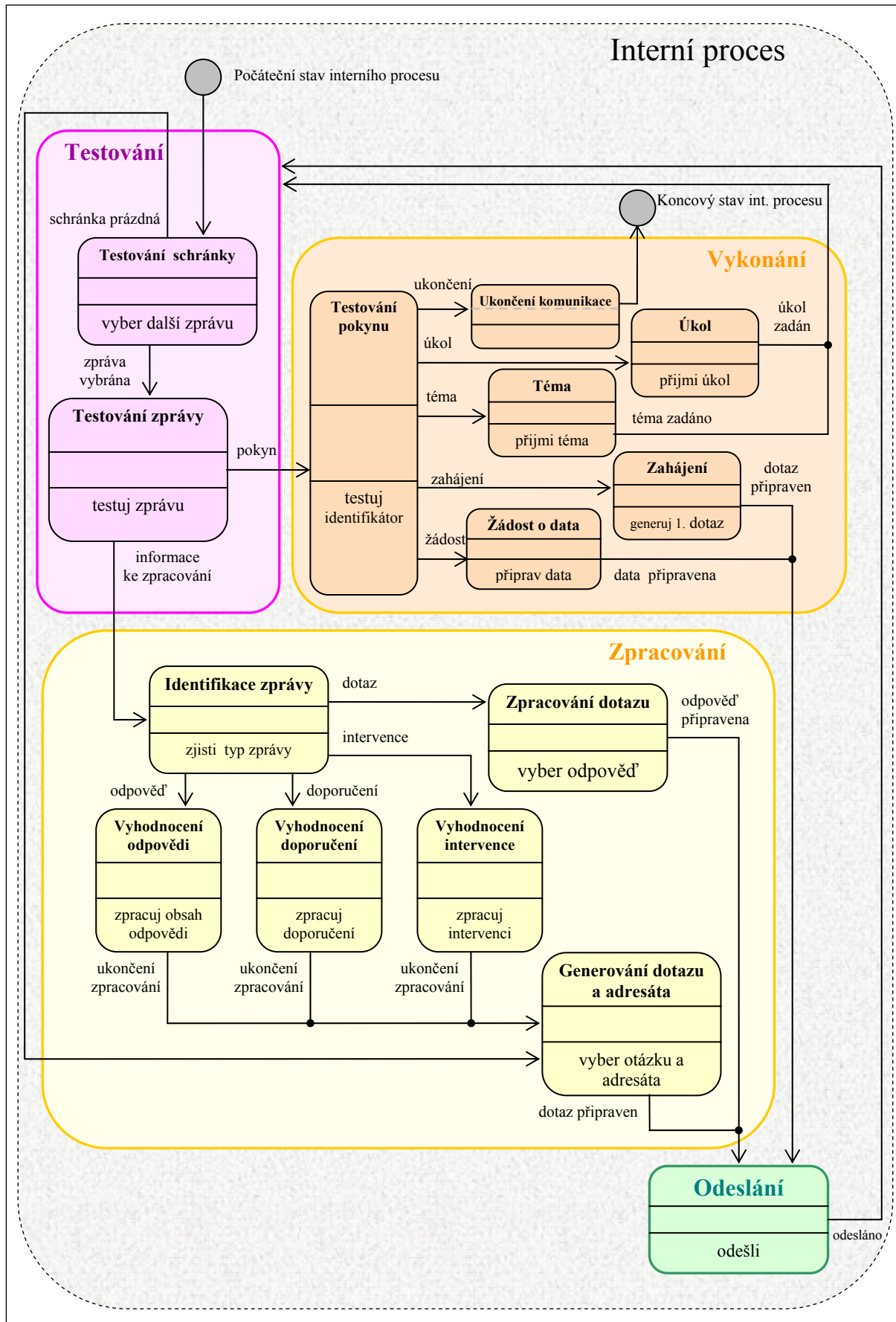
Struktura zprávy zasílané intervenčním prvkem s důvěrou je znázorněna na obr. 5.9.

TYP ZPRÁVY	ODESÍLATEL	ADRESÁT	TÉMA	ÚKOL	IDENTIFIKÁTOR	OBSAH
dotaz	typ	typ				otázka
odpověď						tvrdění
doporučení	jméno	jméno				jméno
intervence						intervenční data

Obr. 5.9 Struktura zprávy zasílané intervenčním prvkem s důvěrou

Zbývá ještě úprava stavového diagramu z obr. 5.8 pro intervenční prvek s důvěrou. Stavový diagram externího procesu zůstává nezměněn (viz obr. 5.7), změna se týká interního procesu, v němž je při *zpracování* v identifikaci zprávy doplněno zjištění, zda se jedná o intervenci (typ intervence) a provede se její zpracování (obr. 5.10).

Experiment končí zasláním zprávy s pokynem k odeslání výsledných dat a ukončení komunikace.



Obr. 5.10 Stavový diagram interního procesu intervenčního prvku s důvěrou

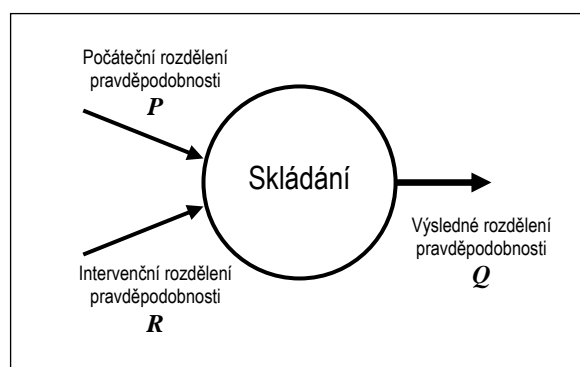
5.6 Intervenční zásah a následné utváření důvěry

Intervence v sobě zahrnuje působení dvou faktorů. Prvním faktorem je vlastní síla intervence a druhým její účinnost, tj. stupeň, jakým se přenese tato síla intervence do nějakého vztahu nebo jevu, což je dáno intervenčním rozdělením.

Intervenční zásah může být směřován k ovlivnění personální i fenomenální důvěry. Směřováním do personální důvěry může ovlivnit míry důvěry všech nebo pouze vybraných subjektů ve skupině (tj. intervence směřovaná k subjektu). V hierarchii výše postavený subjekt může změnit důvěru podřízeného subjektu v jiný subjekt na stejné hierarchické úrovni. Pokud je intervence směřována k ovlivnění fenomenální důvěry, pak působí ve prospěch zpravidla jedné hodnoty fenoménu, tj. produktu. Cílem je posílení důvěry v tento produkt.

5.6.1 Model intervenčního působení

Základní idea intervenčního působení [78], tj. modelu intervence, je schematicky znázorněna na obr. 5.11. Počáteční rozdělení pravděpodobnosti P modeluje stav před intervenčním působením, Q je popisem stavu po takové intervenční kampani a R je modelem intervenčního působení (vlivu kampaně). Jednotlivé jevy, které jsou navenek pozorovány, mohou být např. některé tržní produkty a jim přiřazené pravděpodobnosti, které mohou reprezentovat frekvence prodeje nebo nabídky těchto produktů.



Obr. 5.11 Schéma intervenčního působení

Prostředkem, jak posuzovat sílu působení nějakého intervenčního zásahu (např. reklamy nebo volební kampaně) na lidskou důvěru, může být vytvoření modelu intervenčního vlivu [79] a [80]. Pro měření takového vlivu je vhodné využít entropii, relativní entropii (tj. divergenci), symetrickou relativní entropii (tj. symetrickou divergenci), popř. místo klasické divergence použít koncept dezinformační divergence [78].

Nejprve je nutno uvést definice základních pojmů – *entropie* $H(X)$ diskrétní náhodné proměnné X a *logaritmické míry relativní entropie (Relative Entropy)*, neboli *divergence (Divergence)*⁷ $D(P\|Q)$, zavedené v teorii informace např. v [44], [81], v případě pravděpodobností $P(x)$ a $Q(x)$

$$H(X) = - \sum_{x \in X} P(x) \cdot \log P(x) \quad (5.15)$$

$$D(P\|Q) = \sum_{x \in X} P(x) \lg \frac{P(x)}{Q(x)},$$

⁷ V práci je přednostně používán termín divergence.

kde $P(x)$ je skutečné rozdělení a $Q(x)$ je testované rozdělení. V modelu důvěry budeme za pozorované (skutečné) rozdělení považovat prvotní míru důvěry (personální či fenomenální, přesněji jejich projev) před intervenčním zásahem a za testované (srovnávací) rozdělení výslednou míru důvěry po skončení působení intervence.

Koncept dezinformace je založen na rozdílu mezi skutečným rozdělením pravděpodobnosti a rozdělením předpokládaným modelem. Pro pojetí divergence vycházíme z "konvergence" statistického odhadu k nějaké hodnotě. Máme-li n pozorování (x_1, \dots, x_n) , potom pro triviální formu odhadu divergence platí:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \frac{E(x_i)}{Q(x_i)} \rightarrow \sum_{x \in X} P(x) \lg \frac{E(x)}{Q(x)}, \quad (5.16)$$

kde $P(x)$ je skutečné, nedostupné, pravděpodobnostní rozdělení, $E(x)$ je jeho model a $Q(x)$ je rozdělení vůči němuž je testováno.

Označíme

$$D(P \parallel Q; E) = \sum_{x \in X} P(x) \lg \frac{E(x)}{Q(x)} \quad (5.17)$$

jako "dezinformační" divergenci pravděpodobnostních modelů $p(x)$ proti $q(x)$, přičemž $p(x)$ je modelováno rozdělením $e(x)$. Porovnání klasických informačních pojmů na konečné množině jeví a jejich „dezinformačních“ alternativ obsahuje tab. 5.1.

Tab. 5.1 Porovnání základních pojmů (dle Shannona) a "dezinformačních" pojmů.

MÍRA	SHANNONOVA MÍRA	DEZINFORMAČNÍ EKVIVALENT
ENTROPIE	$H(X) = -\sum_x P(x) \lg P(x)$	$H(X; E) = -\sum_x P(x) \lg E(x)$
(SDÍLENÁ) INFORMACE	$I(X:Y) = \sum_x \sum_y P(x,y) \lg \frac{P(x,y)}{P(x)P(y)}$	$I(X:Y; E) = \sum_x \sum_y P(x,y) \lg \frac{E(x,y)}{E(x)E(y)}$
DIVERGENCE PRAVDĚPODOBNOSTNÍCH MODELŮ	$D(P \parallel Q) = \sum_x P(x) \lg \frac{P(x)}{Q(x)}$	$D(P \parallel Q; E) = \sum_x P(x) \lg \frac{E(x)}{Q(x)}$
SYMETRICKÁ DIVERGENCE PRAVDĚPODOBNOSTNÍCH MODELŮ	$J(P \parallel Q) = \sum_x (P(x) - Q(x)) \lg \frac{P(x)}{Q(x)}$ $J(P \parallel Q) = D(P \parallel Q) + D(Q \parallel P)$	$J(P \parallel Q; E) = \sum_x (P(x) - Q(x)) \lg \frac{E(x)}{Q(x)}$ $J(P \parallel Q; E) = D(P \parallel Q; E) + D(Q \parallel E)$

Skutečné rozdělení je označováno $P(x)$, jeho model (odhad) $E(x)$, srovnávací rozdělení (alternativa) pak $Q(x)$.

"Dezinformační" divergence $D(P \parallel Q; E)$ je nejen užitečným statistickým pojmem, ale i dobrým prostředkem pro modelování informačního působení (intervenční zásah). Vhodnou mírou pro měření intervenčního působení je však i klasická divergence $D(P \parallel Q)$. Tu je možno dekomponovat do dvou složek:

$$D(P \parallel Q) = D(P \parallel R) + D(P \parallel Q; R). \quad (5.18)$$

První člen součtu popisuje vztah mezi ovlivňovaným rozdělením (původní míra důvěry) a ovlivňujícím rozdělením (intervence). Druhý člen je modelem odlišnosti mezi ovlivňovaným (původní míra důvěry) a výsledným rozdělením (míra důvěry po skončení intervence), přičemž ovlivňované je substituováno ovlivňujícím rozdělením. Tento člen může

být interpretován jako míra korekce očekávaného působení intervenčního rozdělení. Přitom první člen je mírou očekávaného působení takové „intervence“.

Uvedený způsob měření efektu intervenční kampaně předpokládá libovolnou operaci skládání výchozího a intervenčního rozdělení v rozdělení výsledné. Jednou z možných realizací (v [78]) je

$$Q(x) = (1 - \lambda)P(x) + \lambda R(x) \quad \text{a} \quad 0 < \lambda \leq 1. \quad (5.19)$$

Výsledné rozdělení je tudíž směsí rozdělení výchozího a intervenčního a λ ($0 < \lambda \leq 1$) je vlastně modelem pro tu část populace, která přijme intervenci za svou (nebo pro sílu působení intervenčního vlivu). Samozřejmě toto zjednodušení je modelem pro kampaně více či méně pozitivní. Takový model není tak, jak je formulován, popisem kampaní negativních ($\lambda < 0$). Máme-li dáno výsledné rozdělení $Q(x)$, lze nalézt metodou nejmenších čtverců nejlepší λ odpovídající aproximační směsí $Q(x) = (1 - \lambda)P(x) + \lambda R(x)$, pokud takové λ existuje. Potom (v případě aproximace neznámé operace skládání směsí):

$$\lambda = \frac{\sum_{x \in X} (Q(x) - P(x))(R(x) - P(x))}{\sum_{x \in X} (R(x) - P(x))^2}, \quad (5.20)$$

pokud platí $0 < \lambda \leq 1$.

Podmínky existence lze přepsat do tvaru

$$\sum_{x \in X} (R(x) - P(x))(Q(x) - R(x)) \leq 0 \quad \text{a} \quad \sum_{x \in X} (R(x) - P(x))(Q(x) - P(x)) \geq 0. \quad (5.21)$$

Pro negativní kampaně musíme připustit i jiné formy "skládání" rozdělení. V některých případech je však v takové situaci přijatelná i směs. To proto, že pro λ je nutno splnit pouze omezení $0 \leq (1 - \lambda)P(x) + \lambda R(x) \leq 1; \forall x \in X$. Model je statický a popisný, proto je tedy použitelný k měření efektivity již realizované kampaně. Model byl rovněž použit pro zpracování reálných dat v [82].

5.6.2 Utváření personální důvěry po intervenci

Součástí intervence tedy může být i změna důvěry jiných subjektů. Pokud na i -tý subjekt využitím (5.19) působí intervenční síla velikosti λ_{ij} , kde $\lambda_{ij} \in (0, 1)$ s intervenčním rozdělením I_{ij} , pak je možno výslednou míru důvěry v j -tý subjekt zapsat

$$T_{ij} = (1 - \lambda_{ij}) t_{ij} + \lambda_{ij} I_{ij} \quad \text{a} \quad 0 \leq T_{ij} \leq 1, \quad (5.22)$$

pro $0 \leq T_{ij} \leq 1$ a $\sum_{j=1}^n T_{ij} \leq 1$.

K této změně důvěry i -tého subjektu v j -tý subjekt dochází po intervenčním zásahu do již vytvořené personální důvěry mezi subjekty, tj. část původní důvěry se promění v důvěru intervenovanou.

5.6.3 Utváření fenomenální důvěry po intervenci

Pokud na subjekt působí intervenční síla velikosti λ_i^k , kde $\lambda_i^k \in (0, 1)$, ve prospěch k -té hodnoty fenoménu (k -tého produktu) s intervenčním rozdělením I_i^k , dochází ke změně fenomenální důvěry. Produkt je součástí skupiny produktů stejného typu $(p_1, p_2, \dots, p_n) \in P$ (kde m je počet produktů). V době intervenčního zásahu má subjekt určitou důvěru v k -tou hodnotu fenoménu (i např. nulovou). Potom opět využitím (5.19) dostaneme

$$T_i^k = (1 - \lambda_i^k) t_i^k + \lambda_i^k I_i^k \quad (5.23)$$

pro $0 \leq T_i^k \leq 1$ a $\sum_{k=1}^m T_i^k \leq 1$. K této změně důvěry i -tého subjektu v k -tou hodnotu fenoménu dochází po intervenčním zásahu.

5.7 Studie chování navrženého modelu

Ověření chování modelu a grafické zobrazení⁸ výsledků experimentů jednotlivých studií bylo rozděleno do čtyř částí – první byla zaměřena na personální důvěru, druhá na fenomenální důvěru, třetí na ovlivnění důvěry intervenčním zásahem a čtvrtá na posouzení vlivu intervence.

5.7.1 Studie chování modelu personální důvěry

Matice vzájemné důvěry ($n \times n$), kde n je počet subjektů, byla vygenerována automaticky, rovněž tak matice reputací subjektů ($n \times n$) generátorem náhodných čísel (standardně používaným v Javě 1.6). Ze souboru provedených experimentů byl proveden výběr šesti reprezentativních vztahů důvěry subjektů s počáteční důvěrou t_{ij} , při zvolených počtech kontaktů c_{ij} a doporučení d_{ij} a reputaci partnera r_{ij} (tab. 5.2 a tab. 5.3), kde i představuje index poskytovatele důvěry, j představuje index příjemce důvěry. Byla provedena simulace pěti kroků (iterací) při použití stejné hodnoty reputace. Na této vybrané šestici vztahů je ukázáno chování modelu a diskutovány výsledky.

Tab. 5.2 Počet kontaktů a doporučení pro vybrané vztahy subjektů

KROK	c_{12}	c_{14}	c_{25}	c_{32}	c_{34}	c_{54}
0	0	0	0	0	0	0
1	2	1	1	2	0	0
2	4	1	0	0	0	0
3	0	2	0	0	0	0
4	0	2	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	3

KROK	d_{12}	d_{14}	d_{25}	d_{32}	d_{34}	d_{54}
0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1
2	3	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0
4	0	2	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	2

Tab. 5.3 Počáteční důvěra a reputace pro vybrané vztahy subjektů

t_{12}	t_{14}	t_{25}	t_{32}	t_{34}	t_{54}
0,97	0,35	0,41	0,55	0,03	0,31
r_{21}	r_{41}	r_{52}	r_{23}	r_{43}	r_{45}
0,27	0,14	0,34	0,84	0,74	0,79

Jako ilustrační vztahy mezi subjekty je prezentováno šest vztahů, tj. $s_1 \rightarrow s_2$, $s_1 \rightarrow s_4$, $s_2 \rightarrow s_5$, $s_3 \rightarrow s_2$, $s_3 \rightarrow s_4$, $s_5 \rightarrow s_4$, kde $s_i \rightarrow s_j$, představuje důvěru i -tého subjektu v j -tý subjekt.

⁸ Ačkoliv v provedených experimentech byly vždy počítány diskrétní hodnoty důvěry, v grafech byly tyto hodnoty propojeny lomenou čarou, která výrazněji ukazuje trend vývoje důvěry.

V následujících experimentech byl zkoumán vliv pouze při neměnicí se reputaci. Zahrnutí změny reputace není problematické, po proběhnutí požadovaného (potřebného či zvoleného) počtu iterací je možno uplatněním difference reputace po sobě dvou jdoucích kroků (analogicky jako u doporučení a kontaktů) pozměnit velikost reputace a v další iteraci počítat s její nově nastavenou hodnotou. To umožní měnit důvěru subjektu při rostoucí (klesající) reputaci, aniž přicházejí doporučení, či při pasivitě subjektu neúčastnícího se komunikace, tj. při nulovém či velmi malém počtu kontaktů s ostatními subjekty tak, jak k tomu dochází i v realitě.

Byly provedeny následující studie chování modelu personální důvěry:

- P1: Utváření personální důvěry
- P2: Vliv velikosti reputace
- P3: Vliv maximální a minimální velikosti reputace
- P4: Vliv počtu kontaktů
- P5: Vliv počtu doporučení
- P6: Vliv velikosti počáteční důvěry
- P7: Vliv váhy reputace
- P8: Vliv váhy kontaktů
- P9: Vliv váhy doporučení
- P10: Působení a vlivu dispozice na akceptaci informace

P1: Utváření důvěry

Výsledky studie jsou pro zmíněnou šestici ilustračních vztahů důvěry znázorněny v grafu na obr. 5.12.

Vztah $s_1 \rightarrow s_2$: subjekt s_1 má velkou počáteční důvěru t_{012} v subjekt s_2 (0,97 – viz tab. 5.3), ale reputace r_{21} partnera s_2 je malá (0,27 viz tab. 5.3). Tím je dána velikost ovlivnění důvěry, subjekt s_1 má v prvním kroku dva a ve druhém čtyři kontakty c_{12} se subjektem s_2 (tab. 5.2), počet doporučení d_{12} subjektu s_2 je v prvním kroku pouze jedině, v druhém je počet doporučení roven třem (tab. 5.2). Zvýšení důvěry t_{12} subjektu s_1 v subjekt s_2 se projevilo v prvním a druhém kroku.

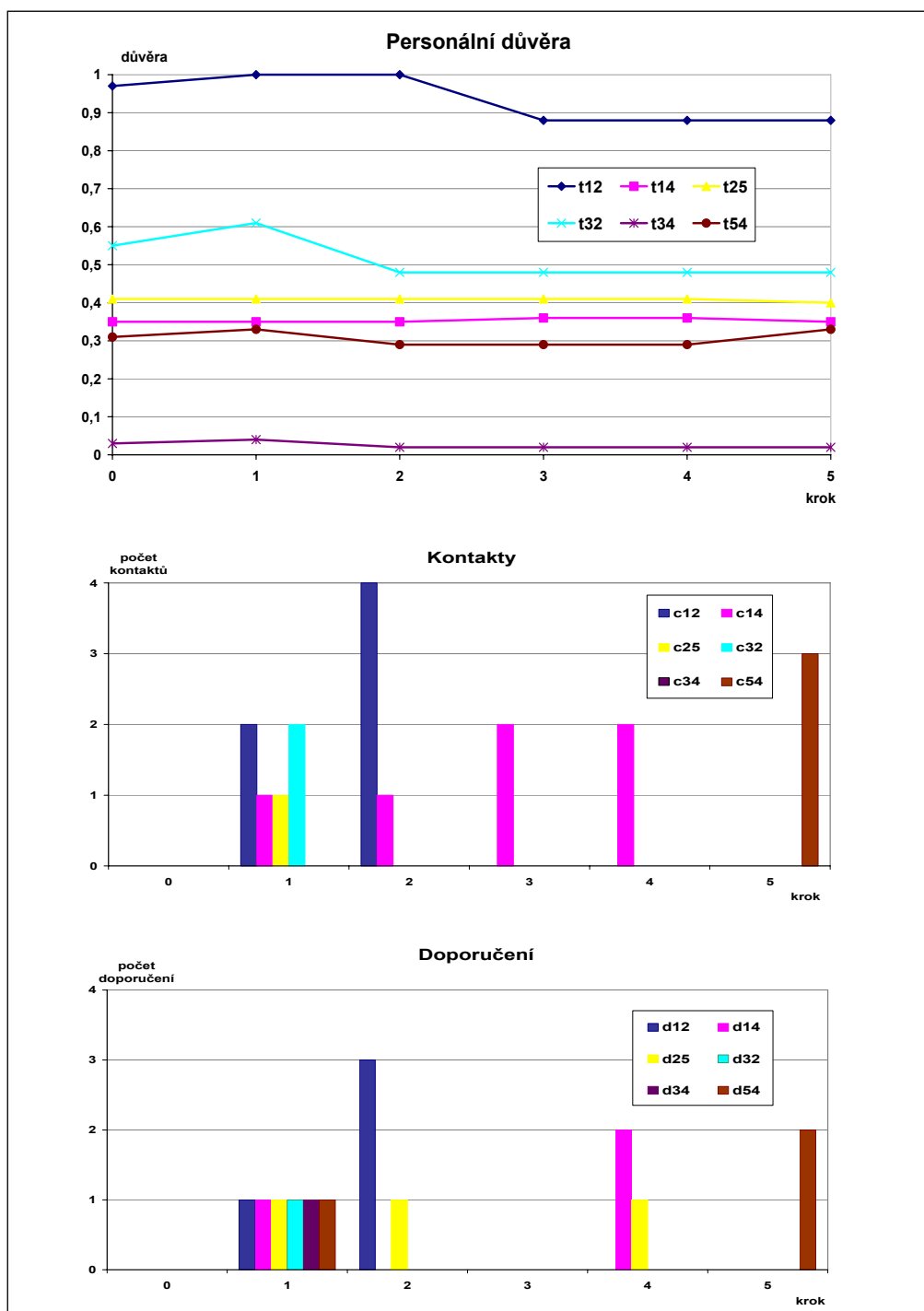
Vztah $s_1 \rightarrow s_4$: subjekt s_1 s počáteční velkou nedůvěrou v subjekt s_4 a velmi nízkou reputací partnera, počtem kontaktů v prvním a druhém kroku po jednom, v následujících dvou krocích po dvou je ukázkou vlivu dynamiky. Protože je použita difference počtu kontaktů a doporučení mezi dvěma po sobě jdoucími kroky viz (5.7), míra důvěry bude ovlivněna pouze většími přírůstky (úbytky) počtu kontaktů či doporučení. V tomto případě došlo pouze k minimálnímu nárůstu míry důvěry t_{14} ve třetím a jejímu poklesu v pátém kroku.

Vztah $s_2 \rightarrow s_5$: subjekt s_2 s mírnou nedůvěrou v partnera, s podprůměrnou reputací partnera, pouhým jediným kontaktem v prvním kroku a jedním doporučením v prvních čtyřech krocích nevykázal žádnou změnu důvěry.

Vztah $s_3 \rightarrow s_2$: u subjektu s_3 s malou počáteční důvěrou, vysokou reputací partnera, dvěma kontakty a jedním doporučením (obojí v prvním kroku) došlo v prvním kroku k znatelnému vzrůstu míry důvěry (též vlivem reputace) a následně v dalším kroku k jejímu poklesu, jelikož subjekt již neměl žádný další kontakt ani nedostal žádné doporučení.

Vztah $s_3 \rightarrow s_4$: subjekt s_3 , má na počátku k partnerovi absolutní nedůvěru (reputace partnera je však velká) a jediné doporučení v prvním kroku. Vysoká reputace a doporučení se projeví přiměřeným vzrůstem míry důvěry v prvním kroku.

Vztah $s_5 \rightarrow s_4$: míra důvěry subjektu s_5 s mírnou počáteční nedůvěrou, vysokou reputací partnera, počtem kontaktů rovným třem v pátém kroku, jedním doporučením v prvním a dvěma doporučeními v pátém kroku vzrostla po prvním kroku, v dalším kroku poklesla a stagnovala až v pátém kroku opět vzrostla.

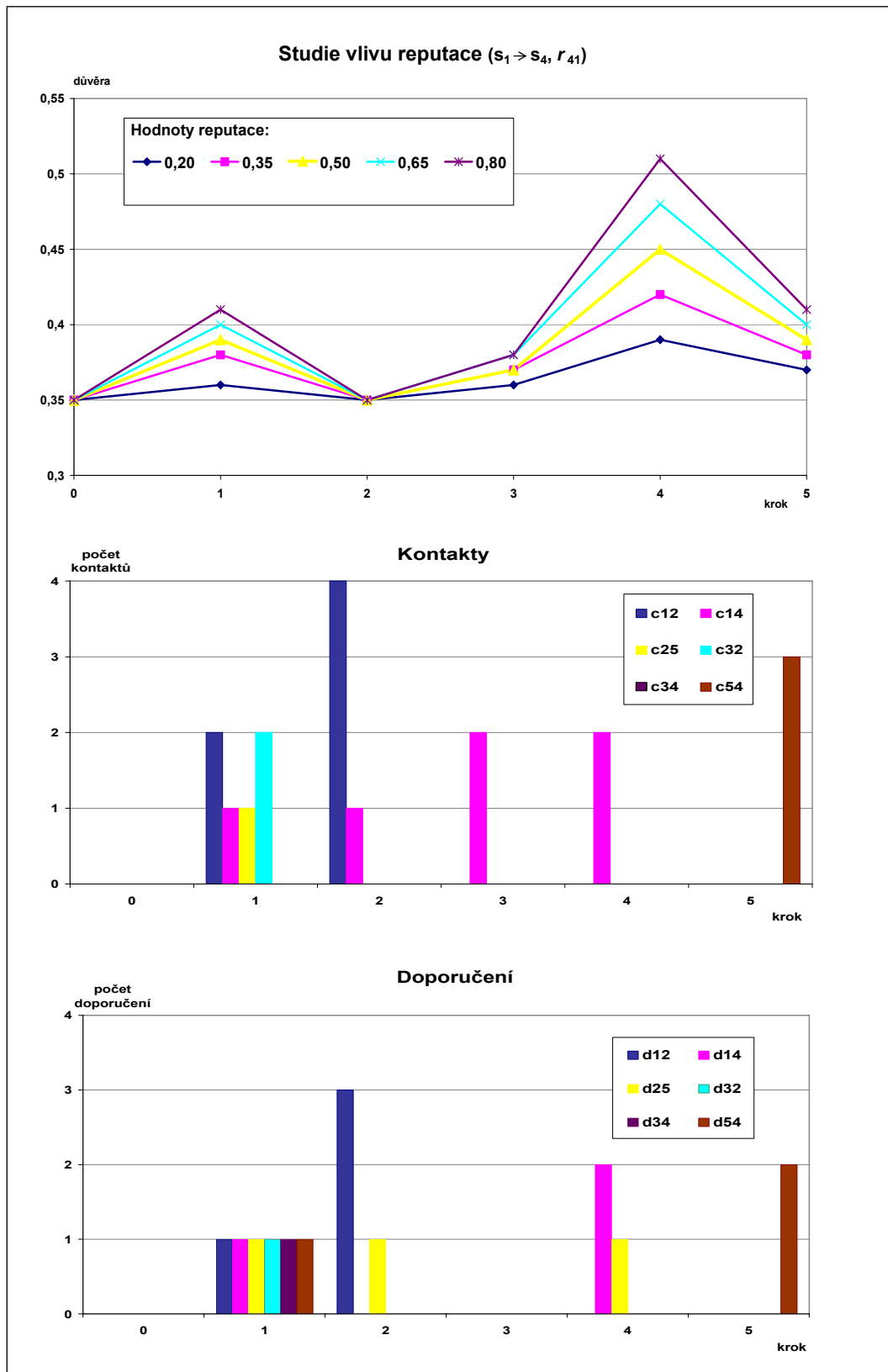


Obr. 5.12 Graf utváření důvěry s uskutečněnými kontakty a zaslányi doporučeními v jednotlivých krocích

Míra důvěry rostla, stagnovala, klesala úměrně počtu kontaktů a doporučení. Počáteční nedůvěra a malá reputace tento vliv snižovaly, naopak velká počáteční důvěra a vysoká reputace vliv počtu doporučení a kontaktů zesilovaly.

P2: Vliv reputace

Výsledky studie vlivu reputace na důvěru t_{14} subjektu s_1 v subjekt s_4 ($s_1 \rightarrow s_4, r_{41}$) jsou znázorněny v grafu na obr. 5.13.



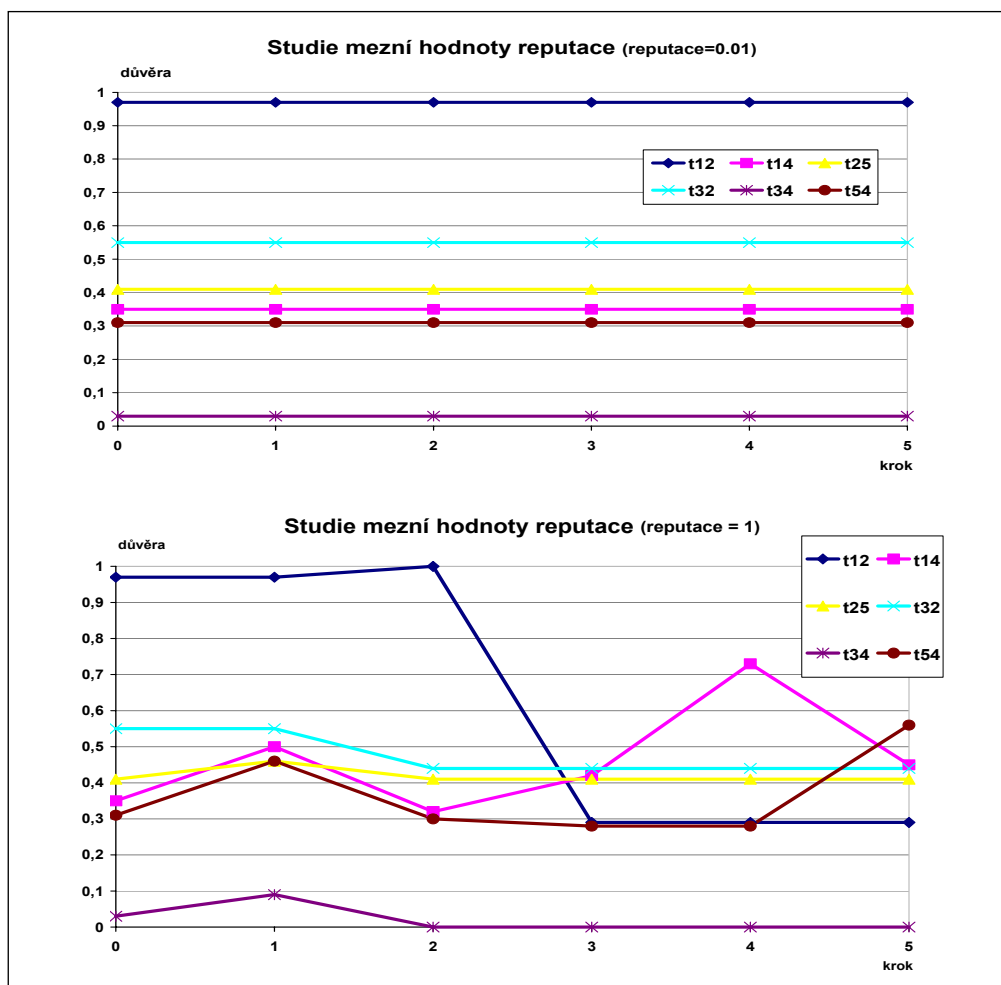
Obr. 5.13 Graf ovlivnění důvěry při měnící se velikosti reputace příjemce důvěry

Bylo použito následujících pět hodnot reputace partnera r_{41} : 0,2 0,35 0,5 0,65 a 0,8.

Studie byla provedena se stejnými parametry, tj. stejnou maticí důvěry, zvoleným počtem kontaktů a doporučení (tab. 5.2 a tab. 5.3). Počáteční stav byl dán mírnou nedůvěrou t_{014} (0,35 – viz tab. 5.3) a velmi malou reputací partnera r_{41} (0,14 – viz tab. 5.3), počet kontaktů d_{14} byl v prvním a druhém kroku po jednom, v následujících dvou krocích po dvou (tab. 5.2). Velikost reputace r_{41} byla postupně nastavována na zvolené hodnoty. Podle předpokladu se projevila pozitivní změna, tj. reputaci úměrná změna důvěry.

Rovněž byla provedena studie vlivu minimální a maximální velikosti reputace pro vztahy důvěry dříve uvedené šestice subjektů a její výsledky jsou znázorněny v grafu na obr. 5.14. velikost reputace byla zvolena minimální (hodnota blízká nule) a maximální (hodnota rovna jedné), ostatní parametry zůstaly nezměněny. Při takřka nulové reputaci se neprojevila žádná změna důvěry, tj. důvěra zůstala na stejné úrovni. Při maximální velikosti reputace se projevily úměrné změny (zmenšení, zvětšení) míry důvěry úměrné počáteční důvěře, počtu kontaktů a doporučení; ve vztahu důvěry $s_1 \rightarrow s_2$ se projevila razantní změna, shora omezená v růstu hodnotou 1 a pak výrazný pokles.

Velikost reputace výrazně ovlivňuje míru důvěry, tj. je základní hybnou silou při její změně. Pro dlouhodobější sledování by bylo vhodné doplnit model po skončení sekvence kroků o mezikrok, ve kterém by docházelo k aktualizaci míry důvěry v případě razantní změny reputace.



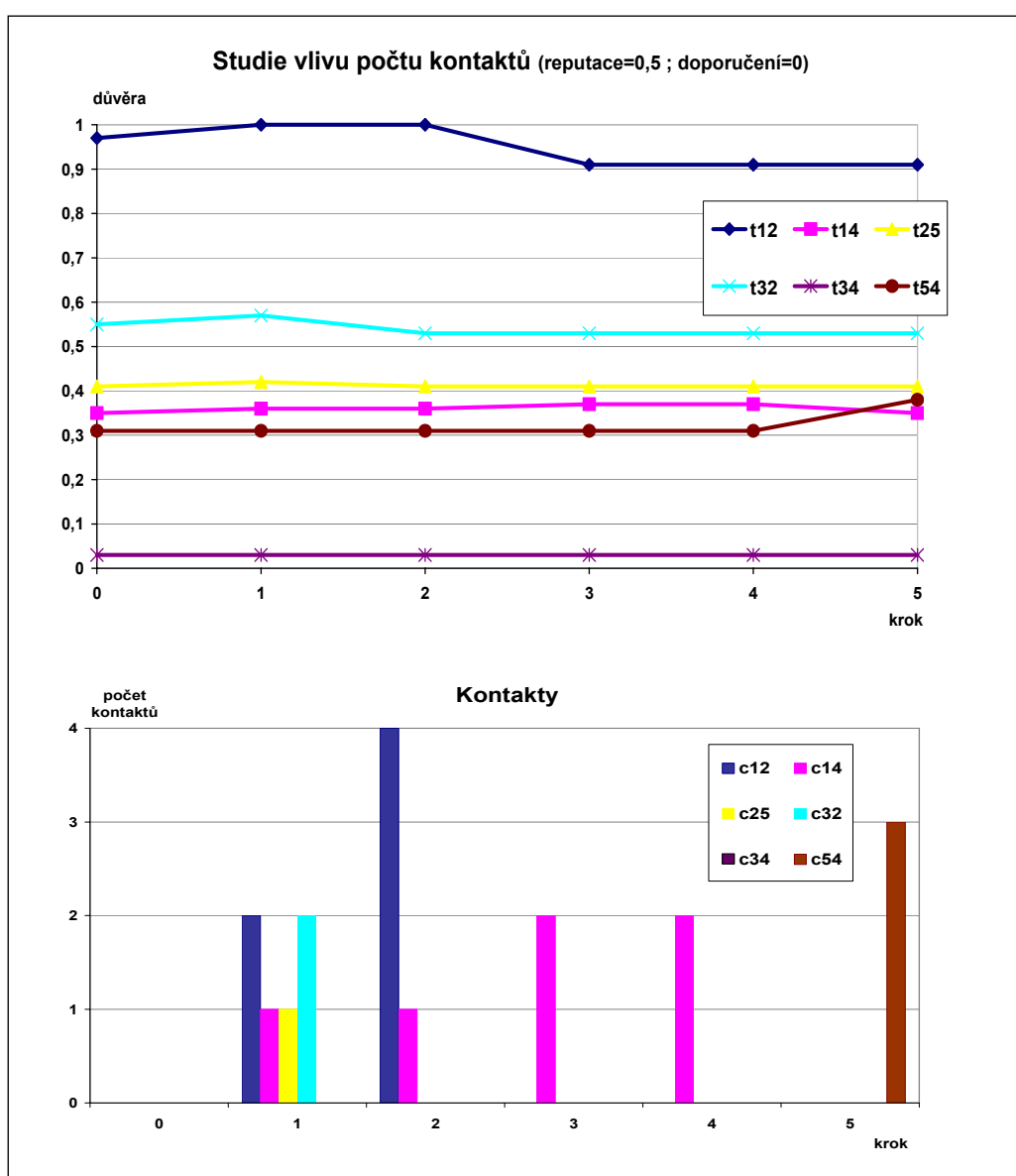
Obr. 5.14 Graf ovlivnění míry důvěry při minimální a maximální velikosti reputace příjemce důvěry

P3: Vliv počtu kontaktů

Výsledky studie jsou pro šestici vztahů důvěry znázorněny v grafu na obr. 5.15. Reputace byla pro všechny příjemce důvěry nastavena na hodnotu 0,5 a byl uvažován pouze počet kontaktů, doporučení nebyla uvažována. Nastavení ostatních parametrů zůstalo beze změn.

Vztah $s_1 \rightarrow s_2$: subjekt má na počátku absolutní důvěru t_{012} (viz tab. 5.3), v prvním kroku má dva a ve druhém čtyři kontakty c_{12} (viz tab. 5.2). Charakter křivky důvěry byl podobný jako v případě studie utváření důvěry (viz studie P1, obr. 5.12). I křivky důvěry zbývajících vztahů jevíly obdobný charakter jako studie utváření důvěry v těchto vztazích.

Změny důvěry v ostatních vztazích vykazovaly obdobný charakter změn míry důvěry jako ve studii utváření důvěry (viz studie P1). Projevilo se pouze zdůraznění vlivu počtu kontaktů. Pouze tam, kde míru důvěry ovlivňovala ve studii P1 doporučení, tam ke změně míry důvěry nedocházelo.



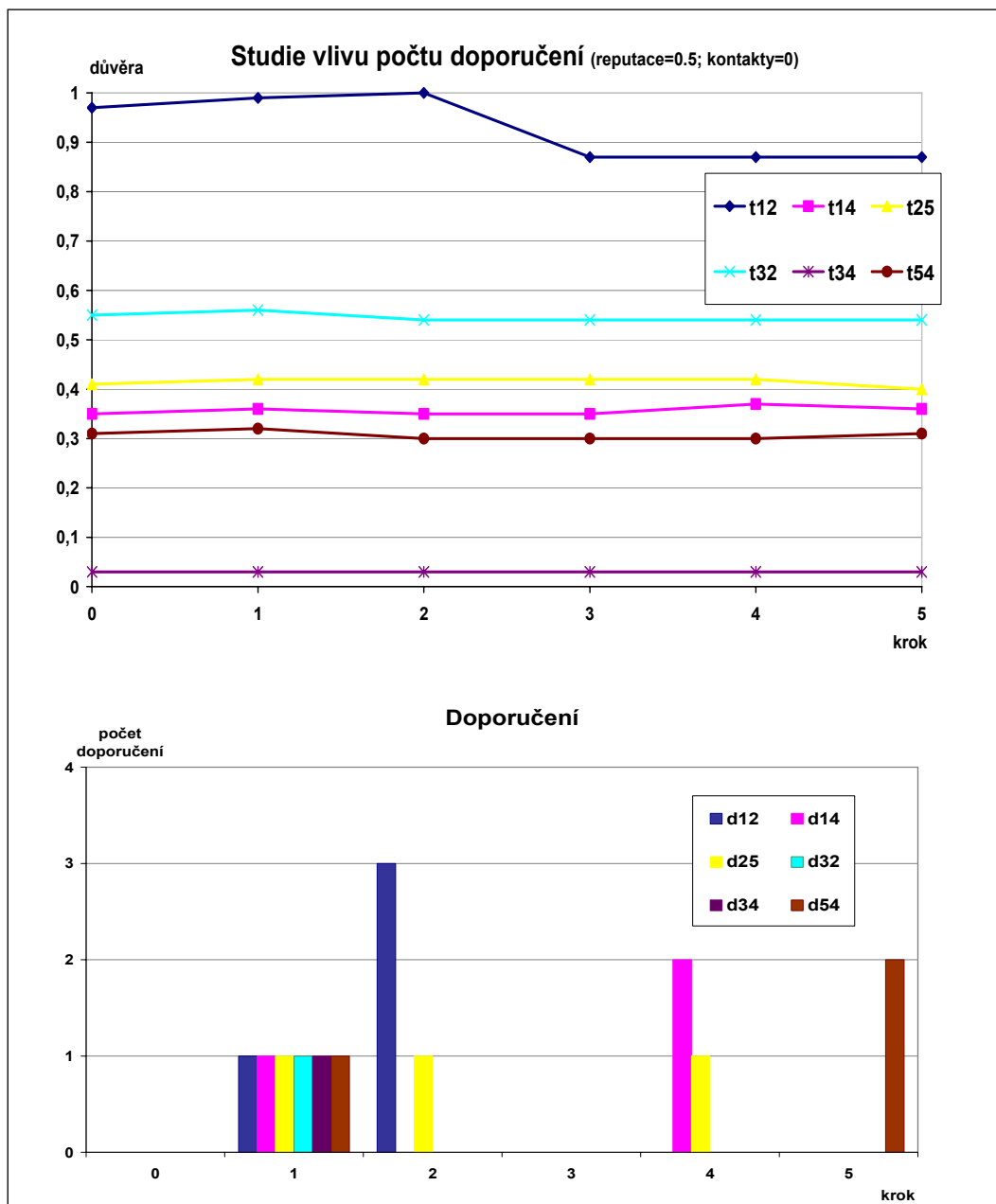
Obr. 5.15 Graf ovlivnění důvěry pouze kontakty při průměrné velikosti reputace

P4: Vliv počtu doporučení

Výsledky studie jsou pro šestici vztahů důvěry znázorněny v grafu na obr. 5.16. Reputace byla pro všechny příjemce důvěry opět nastavena na hodnotu 0,5 a byl uvažován pouze počet doporučení, kontakty nebyly uvažovány. Nastavení ostatních parametrů zůstalo beze změn.

Vztahy $s_1 \rightarrow s_2$ a $s_2 \rightarrow s_5$: důvěra subjektů s_1 a s_2 nevykazuje žádné změny oproti základním případu utváření důvěry (viz studie P1, obr. 5.12). Pro zbývající vztahy subjektů, tj. $s_1 \rightarrow s_4$, $s_3 \rightarrow s_2$, $s_3 \rightarrow s_4$, $s_4 \rightarrow s_5$, je změna míry důvěry úměrná počtu doporučení a charakter křivek důvěry opět obdobný studii P1.

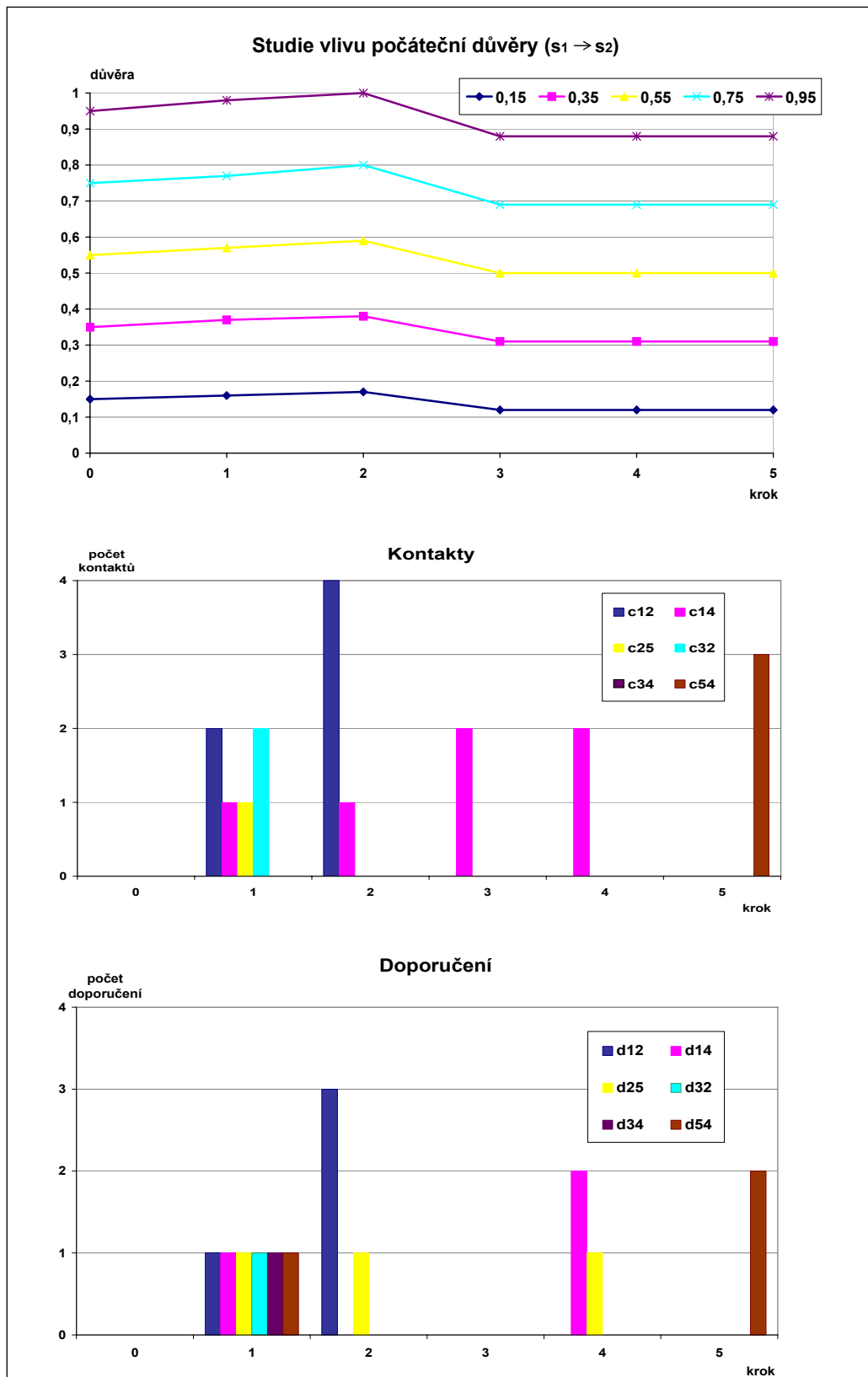
Změny důvěry vybraných vztahů odpovídají charakteru křivek studie utváření důvěry (viz studie P1), změny jsou ale menší, protože je uvažován pouze počet doporučení a nikoliv počet kontaktů.



Obr. 5.16 Graf ovlivnění důvěry pouze doporučeními při průměrné velikosti reputace

P5: Vliv počáteční míry důvěry

Výsledky studie pro vybraný vztah důvěry subjektů $s_1 \rightarrow s_2$ a různé hodnoty počáteční důvěry $t_{0,2}$: 0,15 0,35 0,55 0,75 a 0,95 jsou znázorněny v grafu na obr. 5.17.

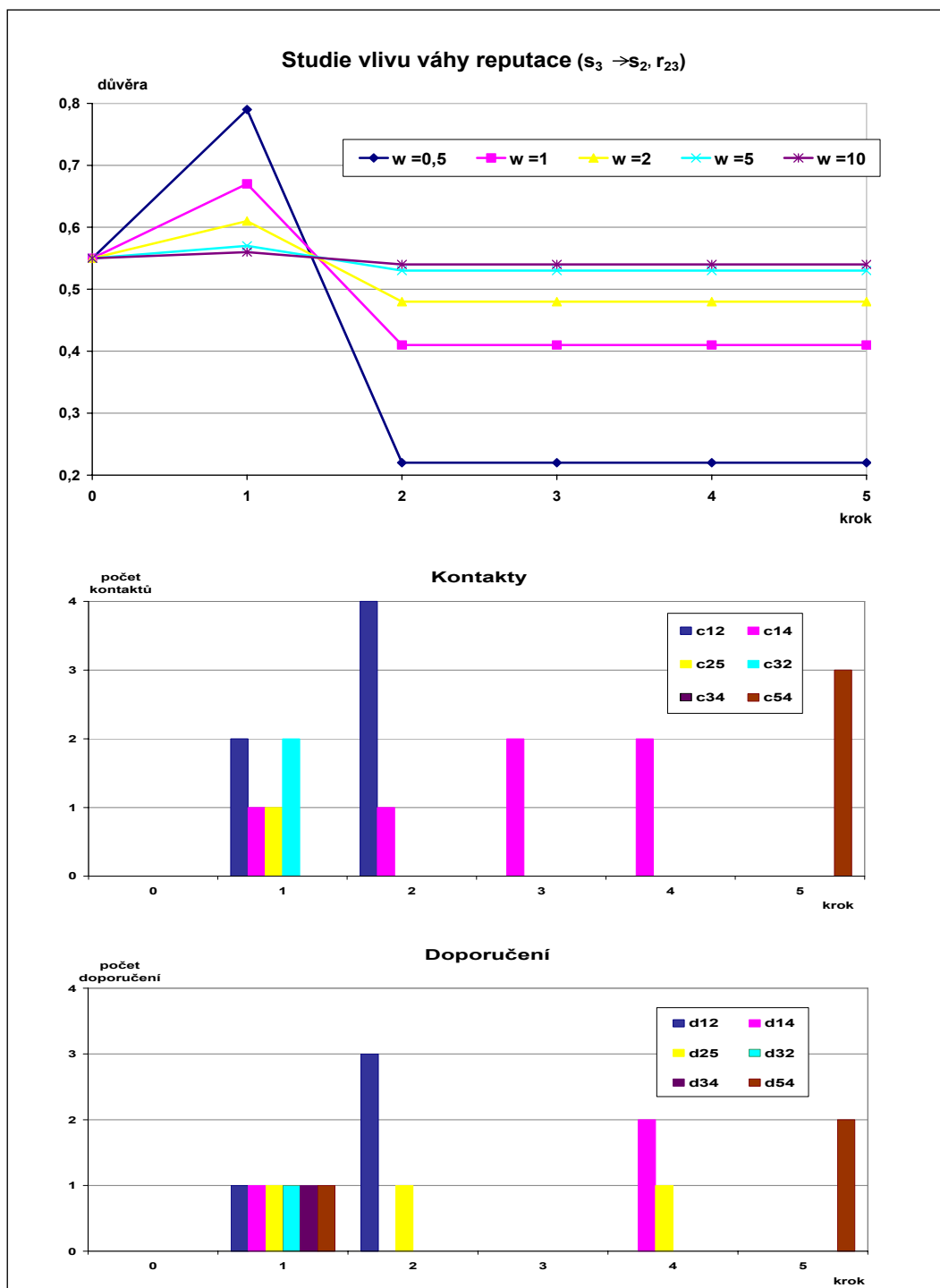


Obr. 5.17 Graf ovlivnění důvěry počáteční důvěrou subjektu

Vliv počáteční hodnoty důvěry je po reputaci dalším zásadním faktorem ovlivňujícím míru důvěry. Zobrazené křivky důvěry jednotlivých vztahů odpovídají svým charakterem charakteru křivek míry důvěry vybraných vztahů ve studii P1 a je úměrný velikosti počáteční důvěry.

P6: Vliv váhy reputace

Výsledky studie pro vybraný vztah důvěry $s_3 \rightarrow s_2$ s počáteční důvěrou $t_{0,32} = 0,55$ (tab. 5.3), reputací partnera $r_{23} = 0,84$ (tab. 5.3) a pro různé velikosti váhy reputace partnera $w_{r_{32}}$: 0,5 1 2 5 a 10 jsou znázorněny v grafu na obr. 5.18.



Obr. 5.18 Graf ovlivnění důvěry velikostí váhy reputace příjemce důvěry

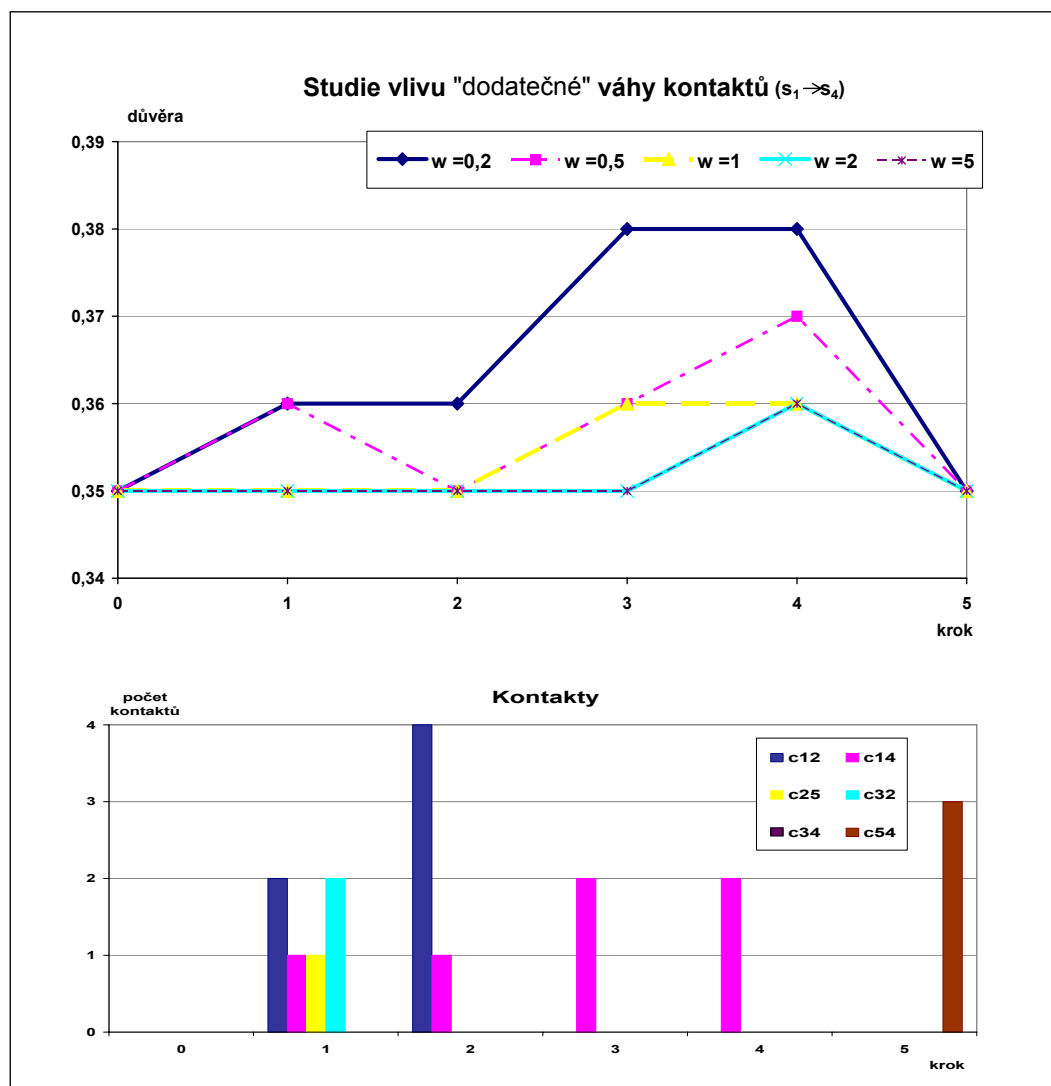
Pro subjekt s_3 s vysokou reputací partnera r_{23} byla provedena studie velikosti váhy. Za rozumnou hodnotu pro používání v dalších experimentech byla vzata váha $\hat{w}_r = 2$ (popř. $\hat{w}_r = 3$, nebo v případě s velkým důrazem na reputaci $\hat{w}_r = 1$), též vzhledem k vahám ostatních parametrů (viz další provedené studie vah).

Vyšší hodnoty váhy reputace neměly téměř vliv na výslednou hodnotu důvěry, nižší hodnoty naopak velmi ovlivňovaly výslednou míru důvěry.

P7: Vliv váhy kontaktů

Výsledky studie pro vybraný vztah důvěry $s_1 \rightarrow s_4$ s počáteční důvěrou $t_{0,4} = 0,35$ (tab. 5.3), reputací partnera $r_4 = 0,64$ (tab. 5.3) a pro různé hodnoty váhy vzájemných kontaktů s partnerem $w_{c_{14}}$: 0,2 0,5 1 2 a 5 jsou znázorněny v grafu na obr. 5.19.

Hodnota základní váhy kontaktů je vztažena k celkovému počtu subjektů a spočtena tak, jak je uvedeno v kapitole 5.4.3. Aby se vliv počtu kontaktů rozumně promítl do výsledné důvěry a i vzhledem k nastavení ostatních vah, se zdá zcela postačující spočtená hodnota základní váhy. Za rozumnou „dodatečnou korekci“ váhy pro zesílení vlivu počtu kontaktů lze považovat hodnotu $\hat{w}_c = 0,2$ či $\hat{w}_c = 0,5$.



Obr. 5.19 Graf ovlivnění důvěry hodnotou váhy kontaktů poskytovatele důvěry

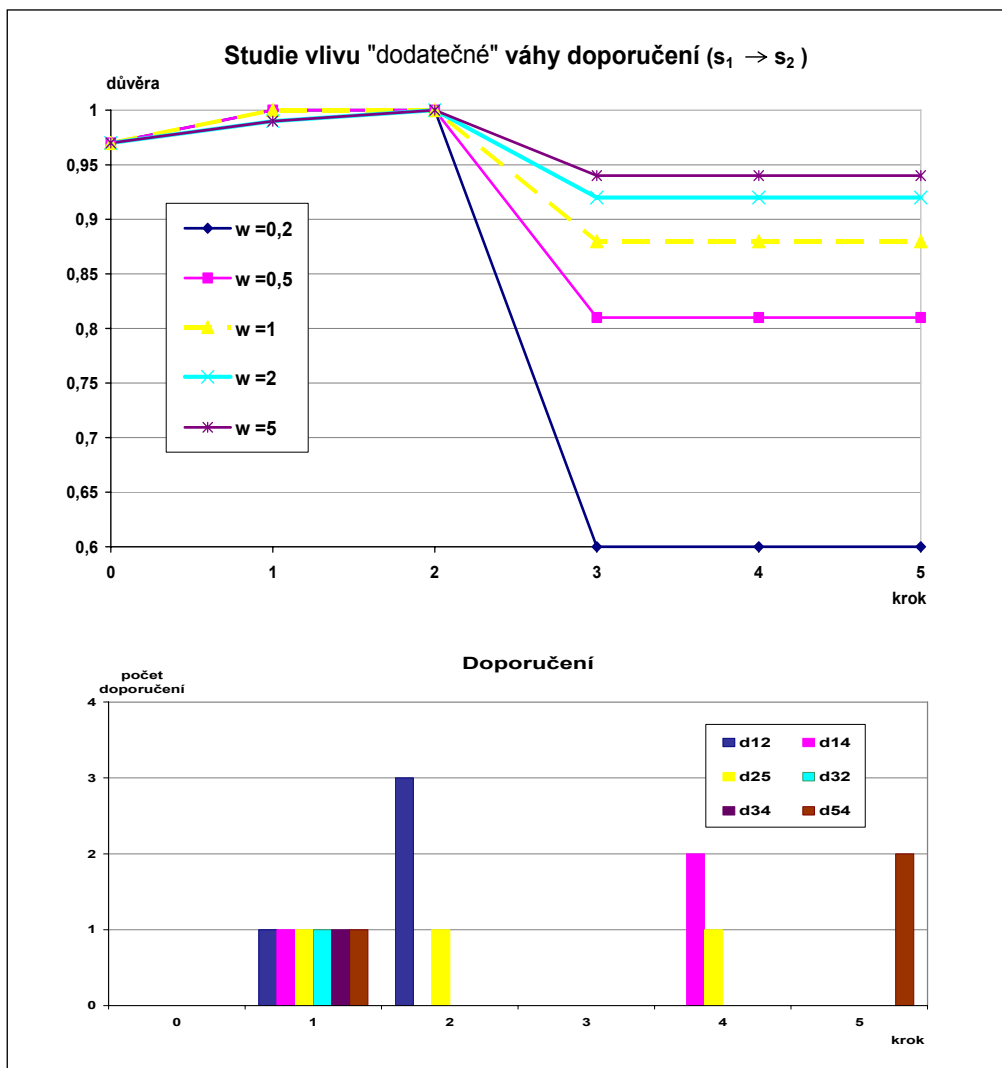
Menší hodnoty váhy kontaktů zvyšují vliv počtu kontaktů na míru důvěry, se zvětšující se vahou vliv počtu kontaktů klesá, pro vybraný vztah se při $w_c > 2$ už vliv neprojeví.

P8: Vliv váhy doporučení

Výsledky studie pro vybraný vztah důvěry $s_1 \rightarrow s_2$ s počáteční důvěrou $t_{0,2} = 0,97$ (tab. 5.3), reputací partnera $r_{21} = 0,27$ (tab. 5.3) a pro různé hodnoty váhy doporučení w_d : 0,5 1 2 a 5 jsou znázorněny v grafu na obr. 5.20.

Hodnota základní váhy doporučení je vztažena k celkovému počtu subjektů a spočtena tak, jak je uvedeno v kapitole 5.4.3. Jako rozumnou „dodatečnou korekci“ váhy pro zesílení vlivu počtu doporučení se zdá být dostatečná hodnota $\hat{w}_d = 0,5$. Aby se vliv počtu doporučení rozumně promítl (ze sociologického hlediska by měl být tento silnější než vliv počtu kontaktů) do výsledné důvěry, i vzhledem k nastavení ostatních vah, je zcela postačující spočtená hodnota základní váhy.

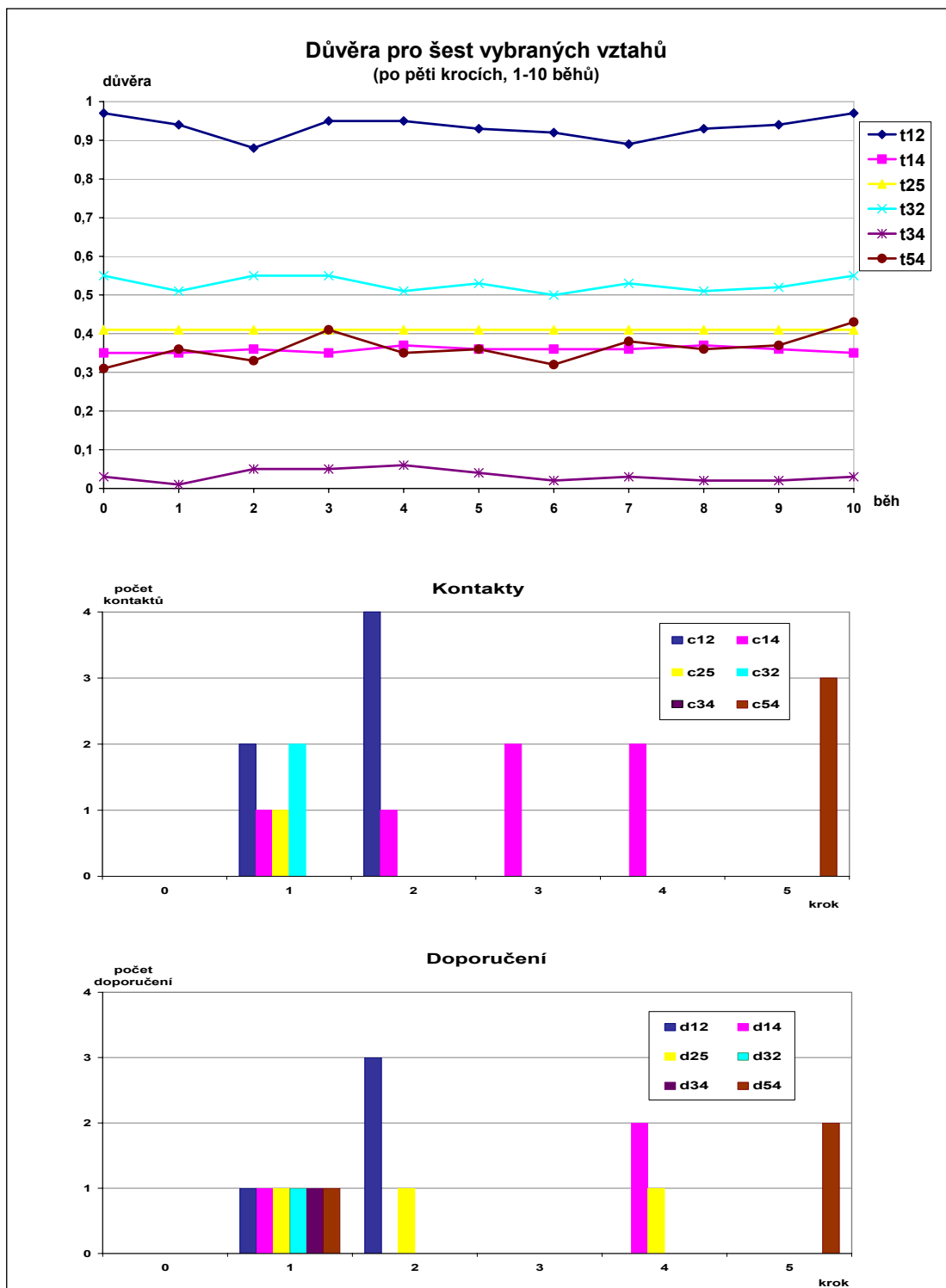
S rostoucí vahou doporučení klesá vliv počtu doporučení na míru důvěry, pro $w_d > 5$ je již vliv váhy pro tento stav minimální.



Obr. 5.20 Graf ovlivnění důvěry velikostí váhy doporučení

P9: Vliv dispozice k důvěře

Výsledky studie pro šestici vztahů důvěry subjektů jsou znázorněny v grafu na obr. 5.21. Váhy reputace, počtu kontaktů a doporučení byly nastaveny na základní hodnoty, které byly stanoveny v předchozích studiích, ostatní parametry zůstaly beze změn.



Obr. 5.21 Graf ovlivnění důvěry při zahrnutí dispozice do modelu

Byla vygenerována náhodná hodnota reprezentující míru akceptace působení, pro každý subjekt vždy jediná pro všechny jeho partnery. Bylo provedeno deset běhů programu,

při kterých byla zaznamenána důvěra na počátku a na konci (po pěti krocích) a byly sledovány tři statistické veličiny. Získané výsledné hodnoty jsou zapsány do tab. 5.4.

Tab. 5.4 Výsledné statistiky studie vlivu pro vybrané vztahy důvěry subjektů

SLEDOVANÁ STATISTIKA / VZTAH	$s_1 \rightarrow s_2$	$s_1 \rightarrow s_4$	$s_2 \rightarrow s_5$	$s_3 \rightarrow s_2$	$s_3 \rightarrow s_4$	$s_5 \rightarrow s_4$
ARITMETICKÝ PRŮMĚR	0,94	0,35	0,41	0,53	0,03	0,33
KVADRATICKÁ ODCHYLKA	0,0126	0,0001	0,0000	0,0090	0,0002	0,0028
MAXIMÁLNÍ DIFERENCE	0,08	0,01	0,01	0,06	0,01	0,05

Dispozice k důvěře měla podle kritérií kvadratické odchylky a maximální diference největší vliv u vztahů důvěry $s_1 \rightarrow s_2$, $s_3 \rightarrow s_2$, $s_5 \rightarrow s_4$.

P10: Vliv váhy dispozice k důvěře

Výsledky studie pro vybraný vztah důvěry $s_5 \rightarrow s_4$ s počáteční důvěrou $t_{0s_4} = 0,31$ (tab. 5.3), reputací partnera $r_{45} = 0,79$ (tab. 5.3) a pro akceptaci (schopnost důvěřovat) jsou pro různé hodnoty váhy $w_g : 0,2 \ 0,5 \ 1 \ 2$ a 5 znázorněny v grafu na obr. 5.22 (viz následující strana).

Jako rozumná hodnota pro používání v experimentech je pro tento vztah považována váha $\hat{w}_g = 1$ či $\hat{w}_g = 2$ podle požadované síly vlivu (též vzhledem k vahám ostatních parametrů). Pro zesílení vlivu (tj. akceptace hodnot reputace, počtu kontaktů a počtu doporučení) je možno pro tento vztah použít hodnoty vah $\hat{w}_g = 0,5$ nebo $\hat{w}_g = 0,2$.

Se vzrůstající vahou klesá vliv dispozice k důvěře a naopak. Pro hodnotu $\hat{w}_g > 5$ je vliv dispozice důvěřovat v tomto případě již zanedbatelný.

5.7.2 Studie chování modelu fenomenální důvěry

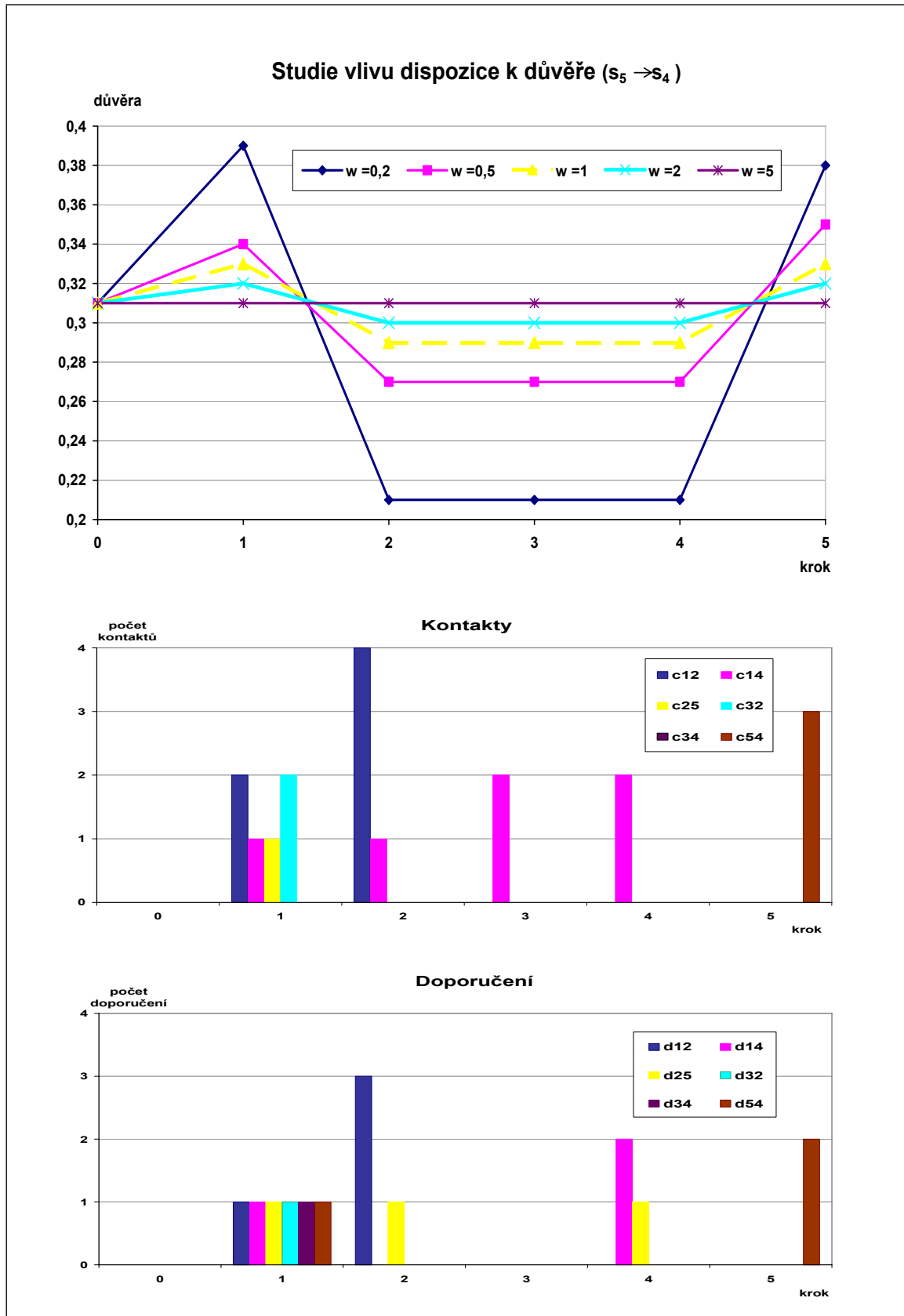
Matice fenomenální důvěry ($n \times m$) a matice reputací ($n \times m$), kde n je počet subjektů, v jednotlivé hodnoty fenoménu, kde m je počet hodnot fenoménu (tj. počet produktů), byly vygenerovány podle požadavků stanovených v kapitole 5.4.4.

Byly provedeny následující studie chování modelu fenomenální důvěry:

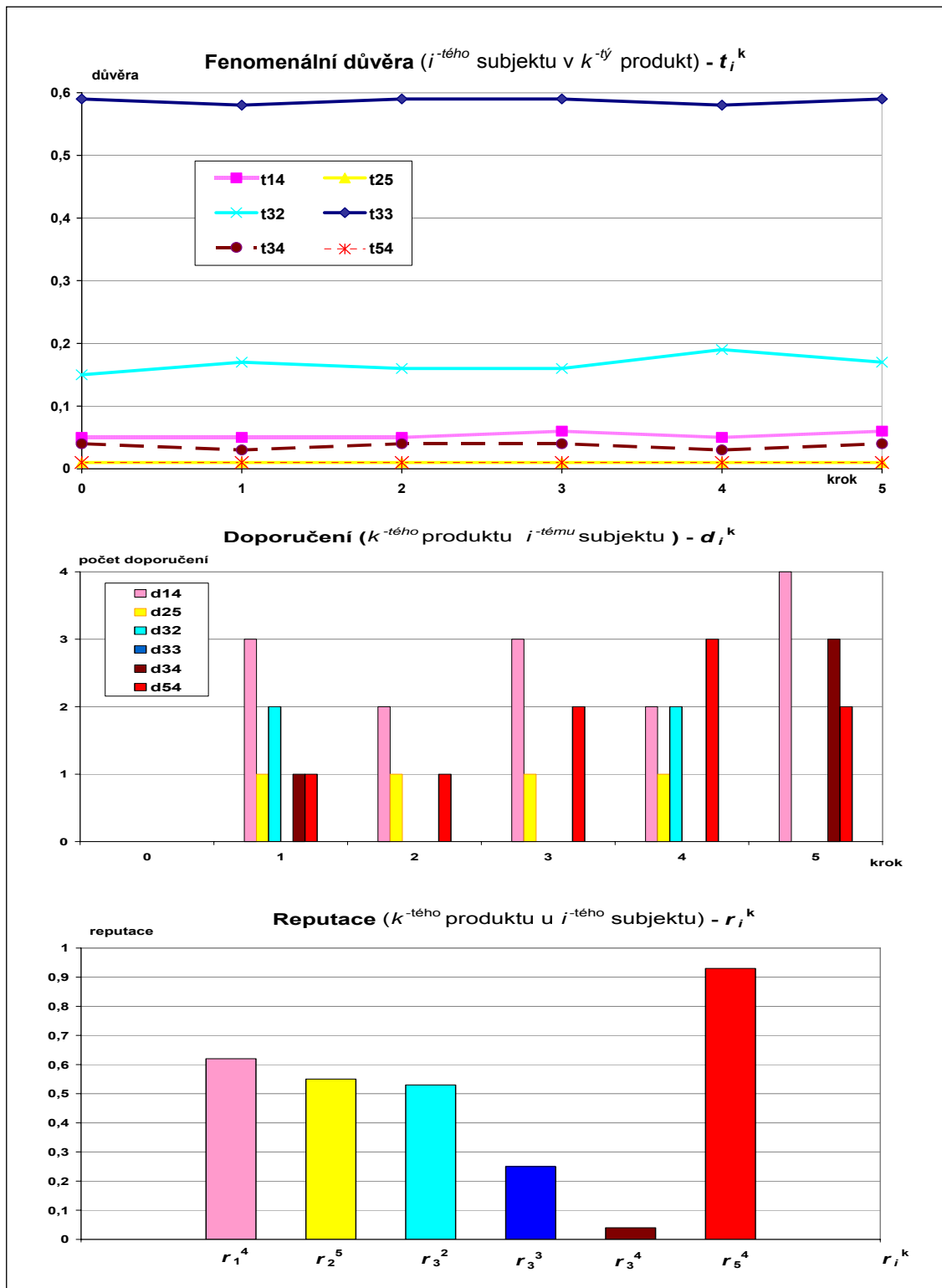
- F1: Utváření fenomenální důvěry - vybrané případy
- F2: Utváření fenomenální důvěry jednotlivých subjektů v dané produkty
- F3: Vliv velikosti počáteční důvěry
- F4: Vliv velikosti reputace
- F5: Vliv váhy reputace
- F6: Vliv počtu doporučení
- F7: Vliv dispozice na akceptaci informací

F1: Utváření fenomenální důvěry

Nejprve byl proveden výběr šesti reprezentativních vztahů důvěry subjektů v produkty s počáteční důvěrou t_{0i}^k , počtem doporučení d_i^k a reputací r_i^k , kde i označuje i -tý subjekt a k zastupuje k -tý produkt, na kterých je ukázáno chování modelu a diskutovány výsledky. Byly zvoleny hodnoty počtu doporučení takové, aby reprezentovaly reálné vzorové situace. simulace proběhla v pěti krocích. Utváření fenomenální důvěry, počty doporučení a reputace produktů v jednotlivých krocích jsou zobrazeny v grafu na obr. 5.23 (str. 55).



Obr. 5.22 Graf ovlivnění důvěry hodnotou váhy



Obr. 5.23 Utváření fenomenální důvěry vybraných subjektů, počet doporučení a reputace vybraných produktů

Důvěra t_1^4 subjektu s_1 v produkt p_4 při reputaci $r_1^4 = 0,62$ (viz obr. 5.23) se průběžně měnila vlivem počtu doporučení. Obdobné změny vykazovaly rovněž míry důvěry t_2^5 a t_3^2 .

U důvěry t_3^4 nastal ve čtvrtém kroku pokles, neboť v tomto kroku byl subjektu s_3 doručen stejný počet doporučení produktu p_4 i produktu p_5 , jehož vysoká reputace oproti zanedbatelné reputaci p_4 (viz obr. 5.23) způsobila nárůst důvěry v p_5 a pokles důvěry v p_2 .

Míra důvěry t_3^3 je odrazem projevu poklesu či růstu důvěry v ostatní produkty, i když subjekt s_3 nedostal žádné doporučení produktu p_3 (obr. 5.23). U produktu p_2 došlo k nárůstu důvěry (zesílen větší reputací produktu), ale tento nárůst byl doprovázen poklesem důvěry v neprospěch produktů p_3 a p_4 .

Výsledky této studie ukázaly funkčnost modelu utváření fenomenální důvěry. Změny důvěry byly úměrné nastavení parametrů.

F2: Utváření důvěry jednotlivých subjektů v dané produkty

Studie byla provedena v závislosti na počtu doporučení produktů subjektům a na reputaci vybraných produktů. Přehled reputací produktů je uveden v tab. 5.5. Kromě subjektu s_4 , u něhož žádný z produktů nemá velkou reputaci, u zbývajících subjektů dominuje (tj. je výrazně vyšší než ostatní) více či méně výrazně reputace jednoho z produktů.

Tab. 5.5 Reputace jednotlivých produktů u jednotlivých subjektů

REPUTACE SUBJEKT / PRODUKT	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
s_1	0,01	0,04	0,05	0,62	0,28
s_2	0,11	0,12	0,14	0,08	0,55
s_3	0,08	0,53	0,25	0,04	0,1
s_4	0,15	0,25	0,14	0,39	0,07
s_5	0,01	0,03	0,02	0,93	0,01

V tab. 5.6 jsou přehledně uvedeny počáteční míry důvěry subjektů v jednotlivé produkty. Kromě subjektu s_4 , který nemá vyhraněnou preferenci pouze jednoho produktu (tj. výrazně větší míru důvěry v jeden produkt), ostatní subjekty preferují méně či více výrazně pouze jeden produkt. Nevyhraněná preference nebývá v reálných situacích nijak častá, neboť například člověk má oblíben jeden výrobek, který kupuje, a pouze v případě, že tento není dosažitelný, koupí jednorázově jiný, případně zkusí nějakou novinku, ale tyto volby nejsou zpravidla statisticky významné, přesto i tato situace byla do studie zahrnuta.

Tab. 5.6 Počáteční důvěra subjektů v jednotlivé produkty

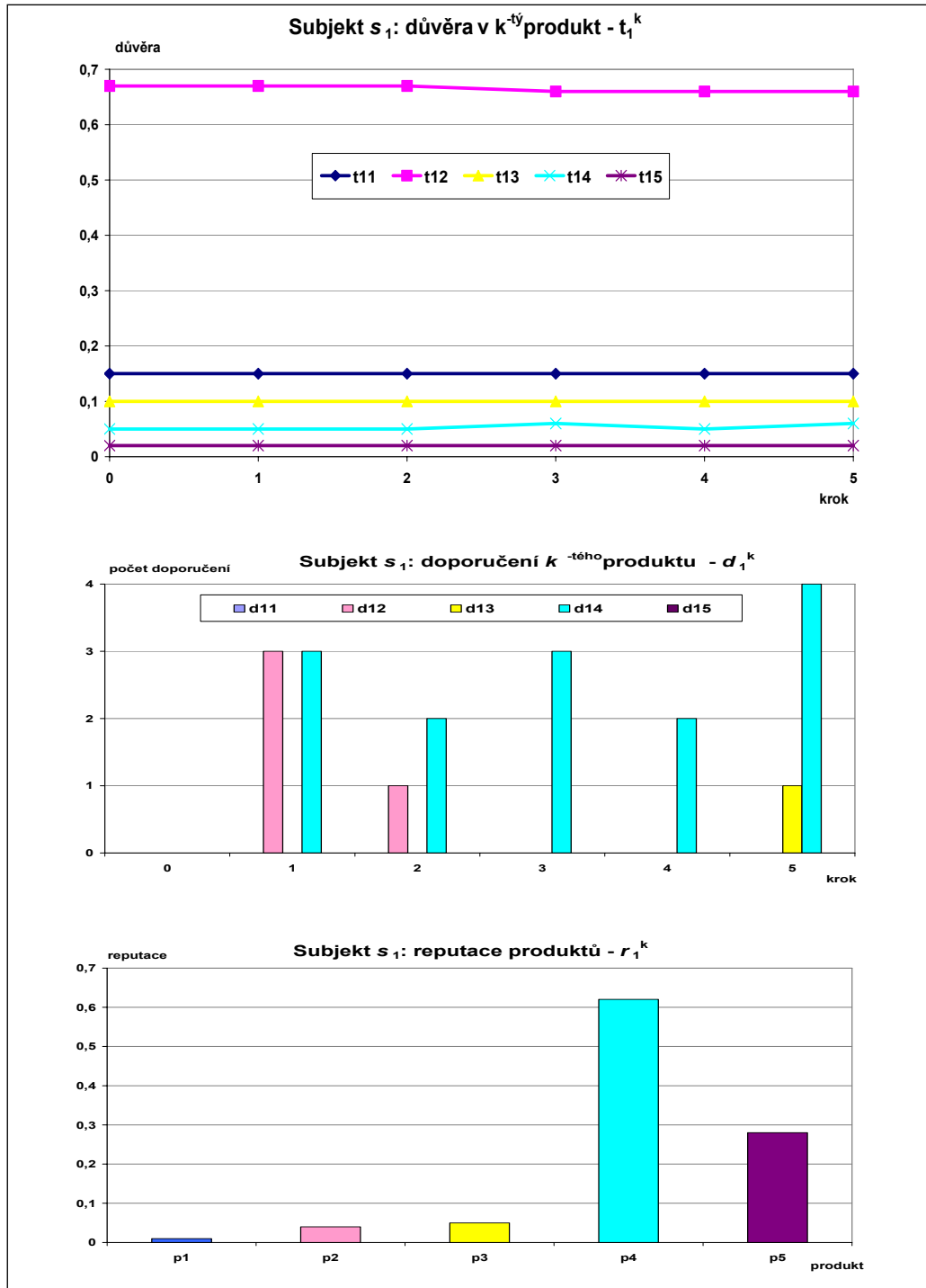
POČÁTEČNÍ DŮVĚRA SUBJEKT / PRODUKT	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
s_1	0,15	0,67	0,1	0,05	0,02
s_2	0,77	0,04	0,11	0,06	0,01
s_3	0,02	0,15	0,59	0,04	0,19
s_4	0,29	0,06	0,19	0,34	0,08
s_5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96

Výsledky všech experimentů této studie jsou uloženy v tabulkách (tab. 5.7 – tab. 5.11) po jednotlivých krocích a jsou zobrazeny v grafech na obrázcích (obr. 5.24 – obr. 5.28).

Tab. 5.7 Změna důvěry subjektu s_1 v jednotlivé produkty při daných doporučeních a reputaci

KROK/ t_1^k	t_1^1	t_1^2	t_1^3	t_1^4	t_1^5
0	0,15	0,67	0,1	0,05	0,02
1	0,15	0,67	0,1	0,05	0,02
2	0,15	0,67	0,1	0,05	0,02
3	0,15	0,66	0,1	0,06	0,02
4	0,15	0,66	0,1	0,05	0,02
5	0,15	0,66	0,1	0,06	0,02

KROK/ d_1^k	d_1^1	d_1^2	d_1^3	d_1^4	d_1^5
0	0	0	0	0	0
1	0	3	0	3	0
2	0	1	0	2	0
3	0	0	0	3	0
4	0	0	0	2	0
5	0	0	1	4	0

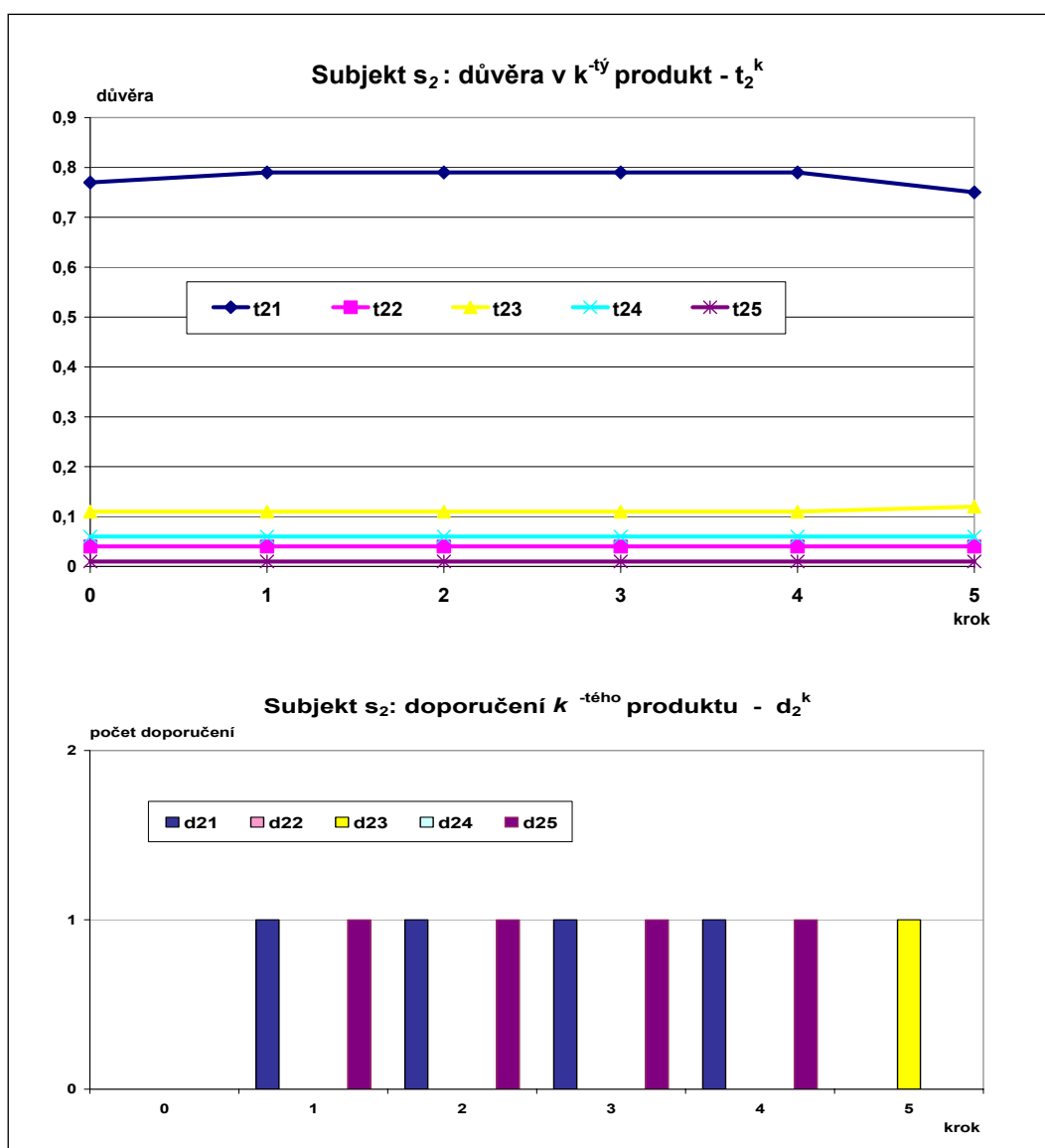


Obr. 5.24 Utváření důvěry subjektu s_1 v produkty při daném doporučení a reputaci

Tab. 5.8 Utváření důvěry subjektu s_2 v jednotlivé produkty při daných doporučeních a reputaci

KROK/ t_2^k	t_2^1	t_2^2	t_2^3	t_2^4	t_2^5
0	0,77	0,04	0,11	0,06	0,01
1	0,79	0,04	0,11	0,06	0,01
2	0,79	0,04	0,11	0,06	0,01
3	0,79	0,04	0,11	0,06	0,01
4	0,79	0,04	0,11	0,06	0,01
5	0,75	0,04	0,12	0,06	0,01

KROK/ d_2^k	d_2^1	d_2^2	d_2^3	d_2^4	d_2^5
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	1
3	1	0	0	0	1
4	1	0	0	0	1
5	0	0	1	0	0

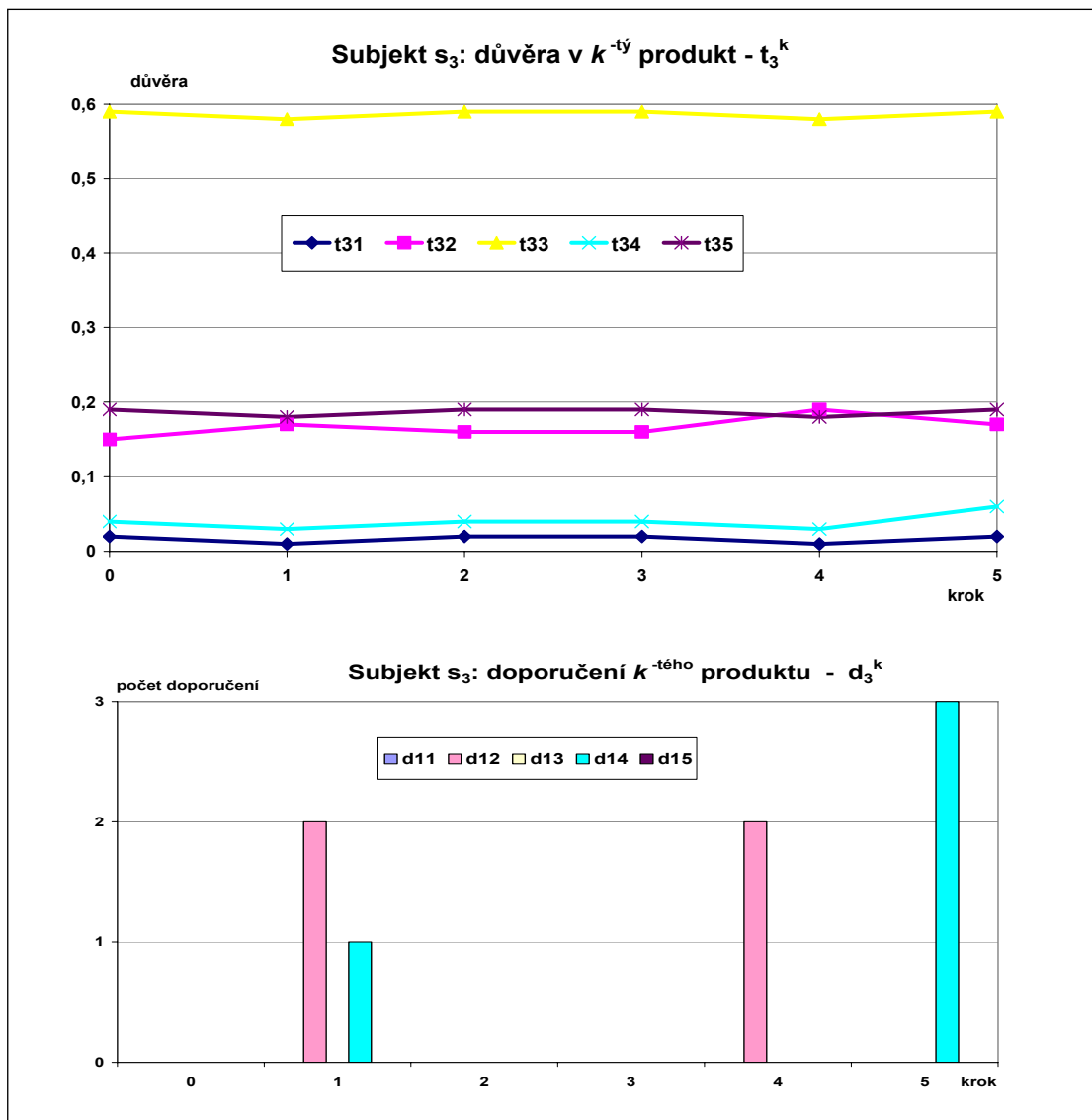


Obr. 5.25 Utváření důvěry subjektu s_2 pro jednotlivé produkty při daném doporučení a reputaci

Tab. 5.9 Utváření důvěry subjektu s_3 v jednotlivé produkty při daných doporučeních a reputaci

KROK / t_3^k	t_3^1	t_3^2	t_3^3	t_3^4	t_3^5
0	0,02	0,15	0,59	0,04	0,19
1	0,01	0,17	0,58	0,03	0,18
2	0,02	0,16	0,59	0,04	0,19
3	0,02	0,16	0,59	0,04	0,19
4	0,01	0,19	0,58	0,03	0,18
5	0,02	0,17	0,59	0,06	0,19

KROK / d_3^k	d_3^1	d_3^2	d_3^3	d_3^4	d_3^5
0	0	0	0	0	0
1	0	2	0	1	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	2	0	0	0
5	0	0	0	3	0

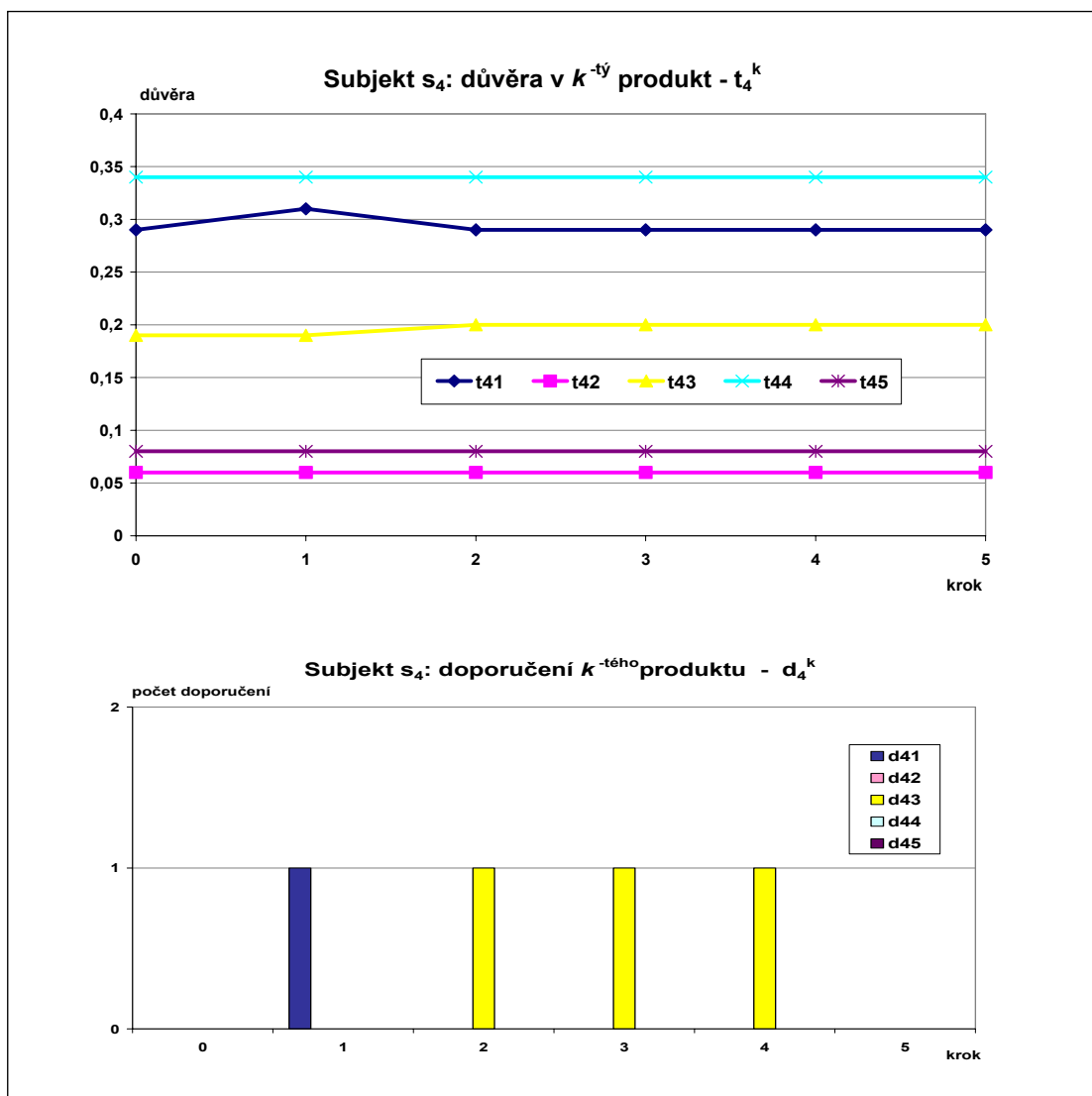


Obr. 5.26 Utváření důvěry subjektu s_3 v jednotlivé produkty při daném doporučení a reputaci

Tab. 5.10 Utváření důvěry subjektu s_4 v jednotlivé produkty při daných doporučeních a reputaci

KROK/ t_4^k	t_4^1	t_4^2	t_4^3	t_4^4	t_4^5
0	0,29	0,06	0,19	0,34	0,08
1	0,31	0,06	0,19	0,34	0,08
2	0,29	0,06	0,2	0,34	0,08
3	0,29	0,06	0,2	0,34	0,08
4	0,29	0,06	0,2	0,34	0,08
5	0,29	0,06	0,2	0,34	0,08

KROK/ d_4^k	d_4^1	d_4^2	d_4^3	d_4^4	d_4^5
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0

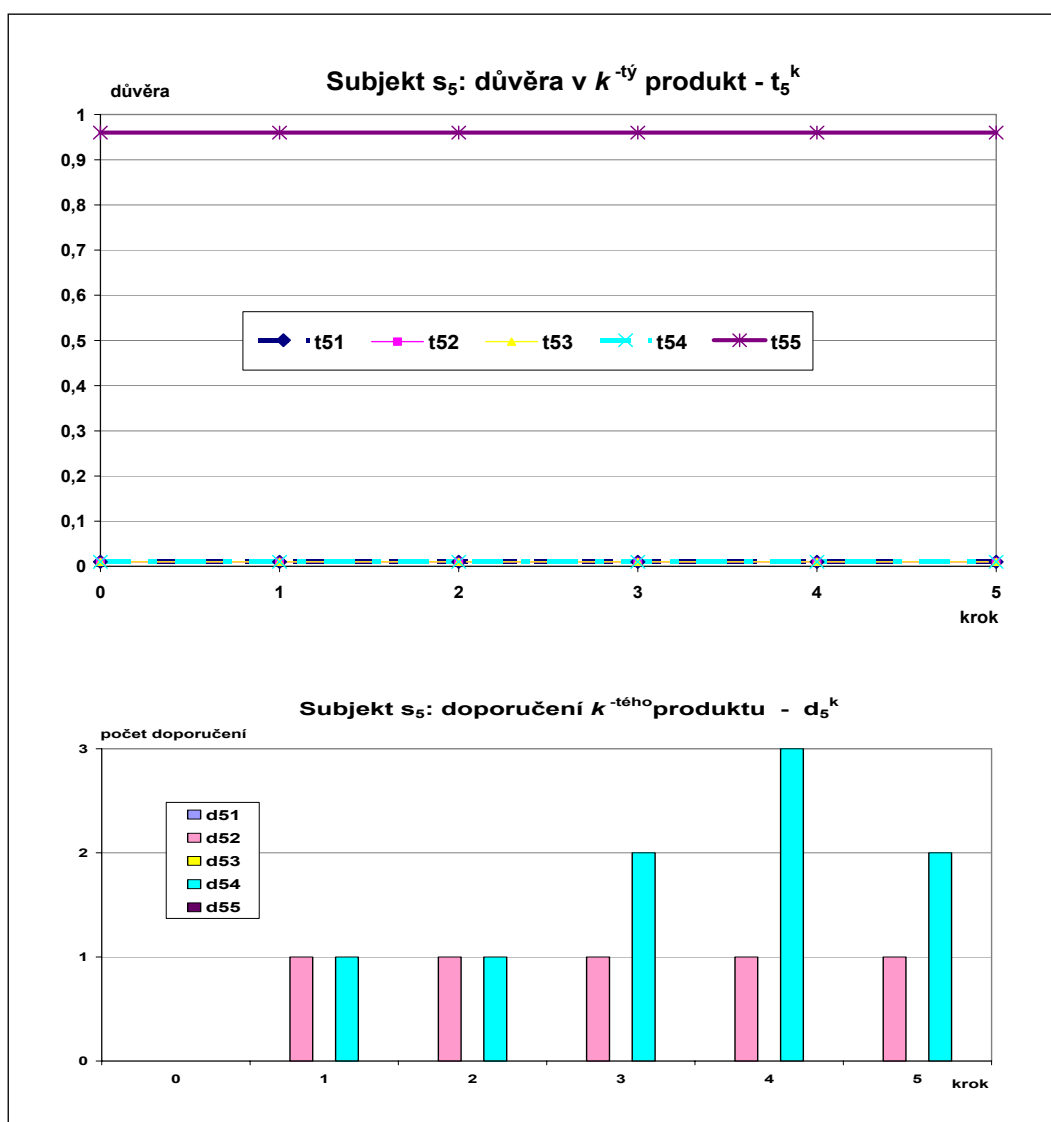


Obr. 5.27 Utváření důvěry subjektu s_4 v jednotlivé produkty při daném doporučení a reputaci

Tab. 5.11 Utváření důvěry subjektu s_5 v jednotlivé produkty při daných doporučeních a reputaci

KROK/ t_5^k	t_5^1	t_5^2	t_5^3	t_5^4	t_5^5
0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96
1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96
2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96
3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96
4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96
5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,96

KROK/ d_5^k	d_5^1	d_5^2	d_5^3	d_5^4	d_5^5
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
2	0	1	0	1	0
3	0	1	0	2	0
4	0	1	0	3	0
5	0	1	0	2	0



Obr. 5.28 Utváření důvěry subjektu s_5 v jednotlivé produkty při daném doporučení a reputaci

Subjekt s_1 preferuje produkt p_2 s doporučením v prvním a druhém kroku, ale s minimální reputací produktu (viz tab. 5.7) neumožňuje výraznou změnu důvěry v tento produkt, míra důvěry vykazuje navíc mírný pokles ve třetím kroku (obr. 5.24). Tento pokles je způsoben nárůstem důvěry v produkt p_2 , který má vysokou reputaci a několik doporučení v každém kroku. Subjekt má však v tento produkt minimální počáteční důvěru, proto je tento nárůst mírný. Ostatní produkty díky takřka nulové reputaci či počáteční důvěře nevykazují žádné změny důvěry.

Subjekt s_2 preferuje produkt p_1 , který má velmi malou reputaci a po jednom doporučení v prvním až čtvrtém kroku (viz tab. 5.8). Důvěra vykazuje vzestup v těchto krocích, v pátém kroku poklesne na původní hodnotu. Míra důvěry v ostatní produkty se takřka nemění (viz obr. 5.25), jelikož počáteční důvěra i reputace dosahují nízkých hodnot, s výjimkou produktu p_3 , u kterého se zvětšila jen mírně vlivem jednoho doporučení tohoto produktu.

Subjekt s_3 preferuje produkt p_3 , jehož reputace je podprůměrná, produkt nemá žádná doporučení (viz tab. 5.9), proto se míra důvěry mění minimálně pouze jako důsledek vzestupu důvěry v produkt p_2 , který má průměrnou reputaci a je doporučován v prvním a čtvrtém kroku (viz tab. 5.9). Malý vzestup důvěry (obr. 5.26) vlivem doporučení vykazuje v prvním a pátém kroku též produkt p_4 . Změny důvěry ostatních produktů (poklesy, vzestupy) jsou vyvolané změnou míry důvěry v p_2 a p_4 .

Subjekt s_4 nepreferuje žádný z daných produktů výhradně, produkty p_1 , p_3 a p_4 mají přibližně shodnou počáteční důvěru, jejich reputace jsou $r_4^1 = 0,15$, $r_4^3 = 0,14$ a $r_4^4 = 0,39$. Doporučení má pouze produkt p_3 ve druhém, třetím a čtvrtém kroku a p_1 v prvním kroku (viz tab. 5.10). Důvěra v produkt p_1 vzrostla v prvním kroku a pak opět klesla na původní hodnotu. Důvěra v produkt p_3 vzrostla a na této úrovni zůstala i v pátém kroku. Důvěra v ostatní produkty zůstala nezměněna (obr. 5.27).

Subjekt s_5 preferuje výhradně produkt p_5 , který však nemá žádné doporučení a jehož reputace je takřka nulová. Důvěru v ostatní produkty nemá s_5 téměř žádnou, i když reputace produktu p_4 je vysoká (0,93). Doporučení je pouze u produktů p_2 a p_4 (tab. 5.11). V důsledku čehož se důvěra v žádné z produktů nezměnila (obr. 5.28).

Na závěr jsou uvedeny výsledky jednoho typu reálné situace. Subjekt s_1 preferuje produkt p_4 ($t_1^4 = 0,67$; $r_1^4 = 0,62$) a produkt p_5 ($t_1^5 = 0,3$; $r_1^5 = 0,28$) je dalším do úvahy pro volbu přicházejícím produktem. Jejich počáteční důvěra se blíží jejich reputaci. Dosud preferovaný produkt p_4 však nedostává žádné doporučení a naopak produkt p_5 dostává v každém kroku (vyjma posledního) stále více doporučení. V tab. 5.12 jsou uvedeny reputace produktů, jejich doporučení. Výsledkem je pokles důvěry preferovaného produktu a nárůst důvěry doporučovaného produktu. V tab. 5.13 jsou zapsány vypočtené hodnoty fenomenální důvěry.

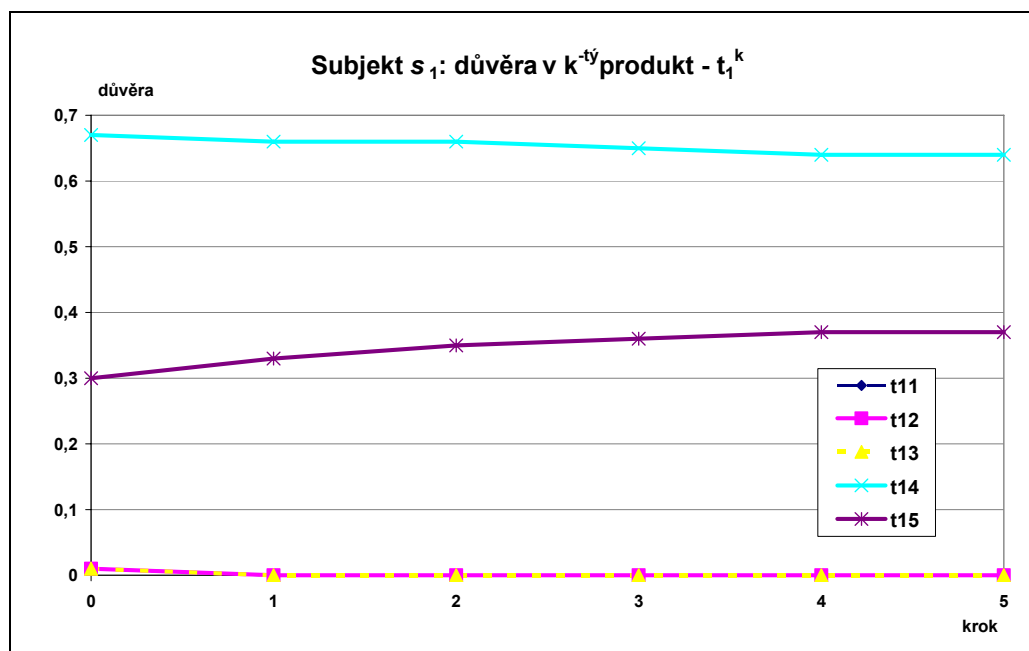
Tab. 5.12 Subjekt s_1 :reputace a doporučení daných produktů

REPUTACE	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
s_1	0,01	0,04	0,05	0,62	0,28
KROK /DOPORUČENÍ	d_1^1	d_1^2	d_1^3	d_1^4	d_1^5
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	3
3	0	0	0	3	4
4	0	0	0	2	5
5	0	0	0	0	5

Tab. 5.13 Subjekt s_1 : důvěra v dané produkty

KROK / DŮVĚRA	t_1^1	t_1^2	t_1^3	t_1^4	t_1^5
0	0,01	0,01	0,01	0,67	0,3
1	0	0	0	0,66	0,33
2	0	0	0	0,66	0,35
3	0	0	0	0,65	0,36
4	0	0	0	0,64	0,37
5	0	0	0	0,64	0,37

Graf znázorňující fenomenální důvěru v dané produkty je zobrazen obr. 5.29.



Obr. 5.29 Utváření důvěry subjektu s_1 v jednotlivé produkty při daném doporučení a reputaci

Pokud by se měl doporučovaný produkt p_5 stát preferovaným, bylo by nutno vícero iterací včetně změny reputace obou produktů. Další možností by mohlo být ovlivnění důvěry intervenčním zásahem směřovaným ve prospěch tohoto produktu (viz kapitola 5.7.3).

V této studii bylo provedeno mnoho variací parametrů ovlivňujících fenomenální důvěru, z nichž některé zkoumaly chování modelu i v situacích, které se v realitě méně často vyskytují, či dokonce realitě odporujících. Jako poslední byla modelována „typická“ reálná situace. Dosažené výsledky, tj. změny míry důvěry, odpovídaly našim předpokladům o utváření důvěry v těchto situacích.

F3: Vliv velikosti počáteční důvěry

Studie byla provedena v závislosti na počtu doporučení produktů subjektům a na reputaci produktů (viz tab. 5.14).

Pro ukázkou vlivu byl vybrán subjekt s_1 a produkt p_4 . Byly zvoleny následující hodnoty počáteční důvěry $s_1 \rightarrow p_4$: 0,35 0,5 0,65 0,8 0,95 a spočteny míry důvěry k zbývajícím produktům. Tyto hodnoty jsou přehledně zapsány do tabulky (tab. 5.15). Hodnoty ostatních parametrů zůstaly nezměněny. Výsledný graf vlivu počáteční důvěry subjektu s_1 v produkt p_4 je zobrazen na obr. 5.30.

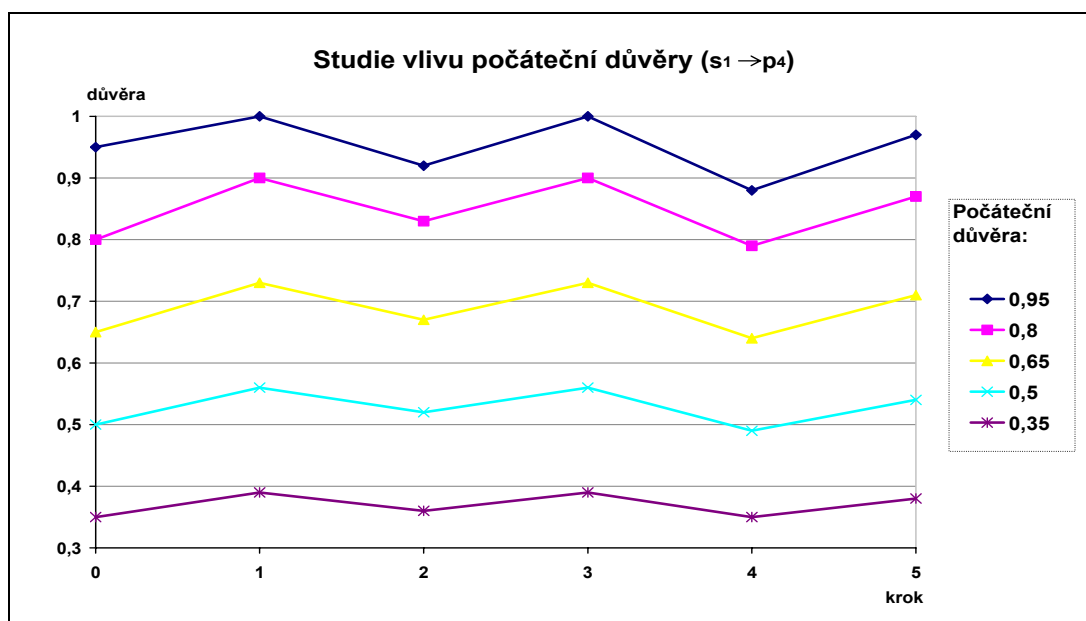
Tab. 5.14 Doporučení a reputace daných produktů u jednotlivých subjektů

KROK / d_1^k	d_1^1	d_1^2	d_1^3	d_1^4	d_1^5
0	0	0	0	0	0
1	0	3	0	3	0
2	0	1	0	2	0
3	0	0	0	3	0
4	0	0	0	2	0
5	0	0	1	4	0

r_1^k	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
s_1	0,01	0,04	0,05	0,62	0,28

Tab. 5.15 Velikosti počáteční důvěry subjektu s_1 daným produktům

VARIANTA / to_1^k	to_1^1	to_1^2	to_1^3	to_1^4	to_1^5
1	0,01	0,01	0,01	0,95	0,01
2	0,05	0,05	0,05	0,80	0,05
3	0,08	0,08	0,08	0,65	0,09
4	0,12	0,12	0,12	0,50	0,13
5	0,16	0,16	0,16	0,35	0,16



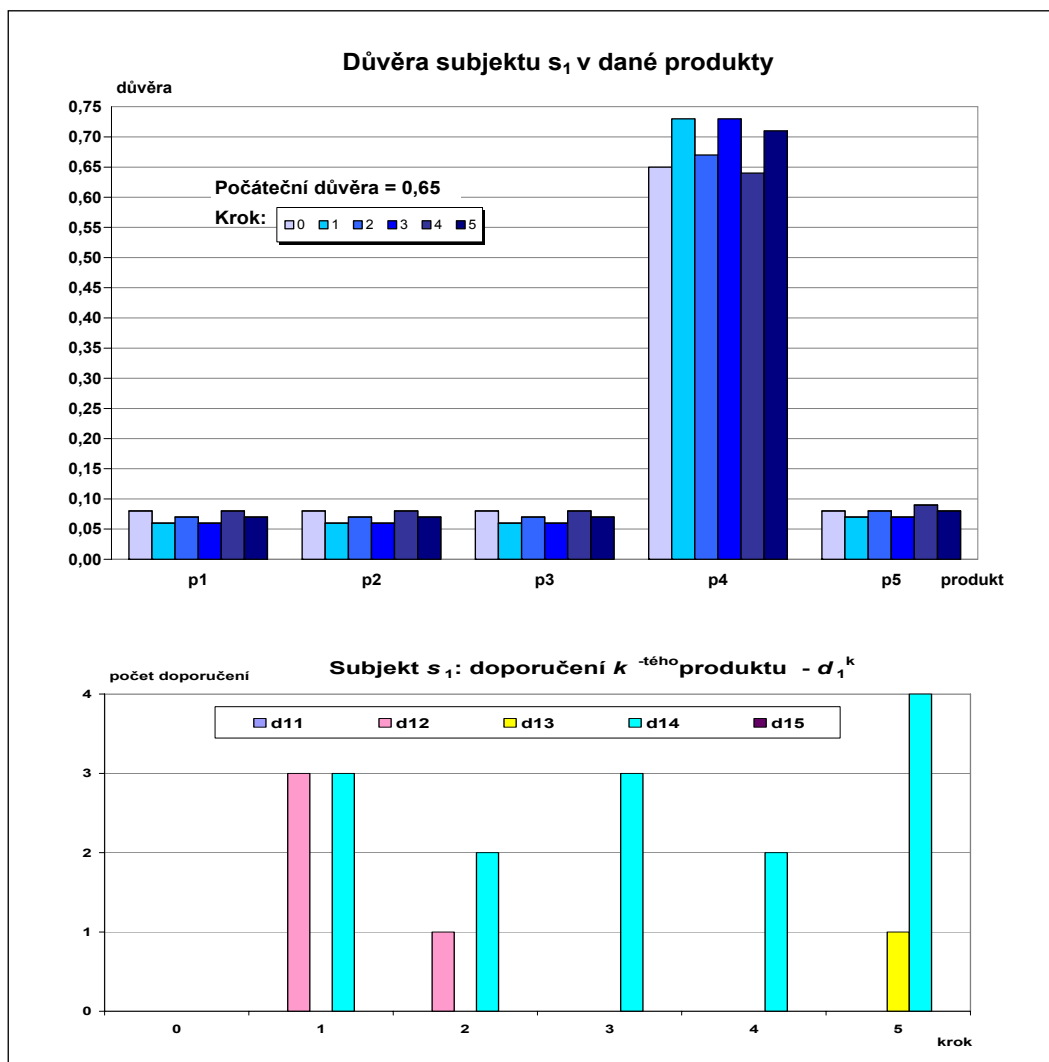
Obr. 5.30 Vliv počáteční důvěry subjektu s_1 v produkt p_4 při daném doporučení a reputaci

Z grafu na obr. 5.30 je patrná závislost na velikosti počáteční důvěry, se stoupající hodnotou počáteční důvěry roste i velikost změn míry důvěry zejména v důsledku působení počtu doporučení a velikosti reputace.

Další graf (obr. 5.31) ukazuje nejen hodnotu počáteční důvěry to_1^4 , ale i počáteční míru důvěry ve zbývajících produkty a míry důvěry subjektu s_1 ve všechny produkty v jednotlivých krocích.

Změna míry důvěry je úměrná velikosti počáteční důvěry a záleží na velikosti reputace a počtu doporučení, při počáteční nedůvěře se vliv doporučení a reputace projeví v malé míře,

se zvětšující se počáteční důvěrou se zvětšují i projevy vlivu počtu doporučení a velikosti reputace.



Obr. 5.31 Vliv počáteční důvěry subjektu s_1 v produkty při daném doporučení a reputaci

F4: Vliv velikosti reputace

Studie sledovala vliv reputace produktů na změnu důvěry subjektů v dané produkty. Z dosažených výsledků bylo vybráno ovlivnění důvěry subjektu s_1 velikostí reputace daných produktů.

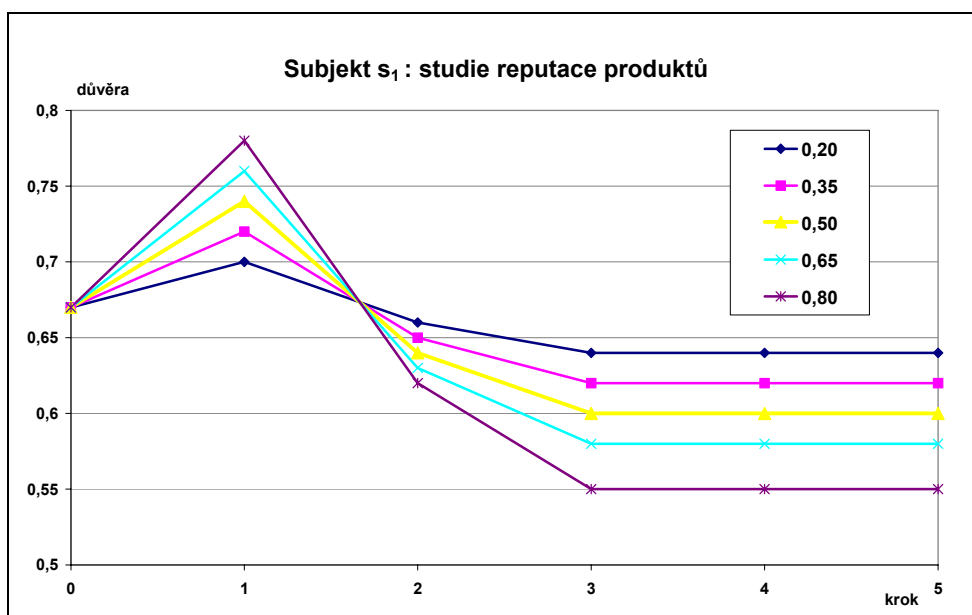
Hodnoty reputace produktů pro subjekt s_1 jsou uvedeny v tab. 5.16. Sledováno bylo ovlivnění důvěry zásadní změnou reputace produktu p_2 . V důsledku této změny byla upravena velikost reputace zbývajících produktů. Ostatní parametry zůstaly nezměněny. Výsledky studie jsou přehledně zapsány v tab. 5.17 a graficky znázorněny na obr. 5.32.

Tab. 5.16 Hodnoty reputace daných produktů pro subjekt s_1

VARIANTA/ r_1^k	r_1^1	r_1^2	r_1^3	r_1^4	r_1^5
1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2	0,16	0,35	0,17	0,16	0,16
3	0,125	0,5	0,125	0,125	0,125
4	0,09	0,65	0,08	0,09	0,09
5	0,05	0,8	0,05	0,05	0,05

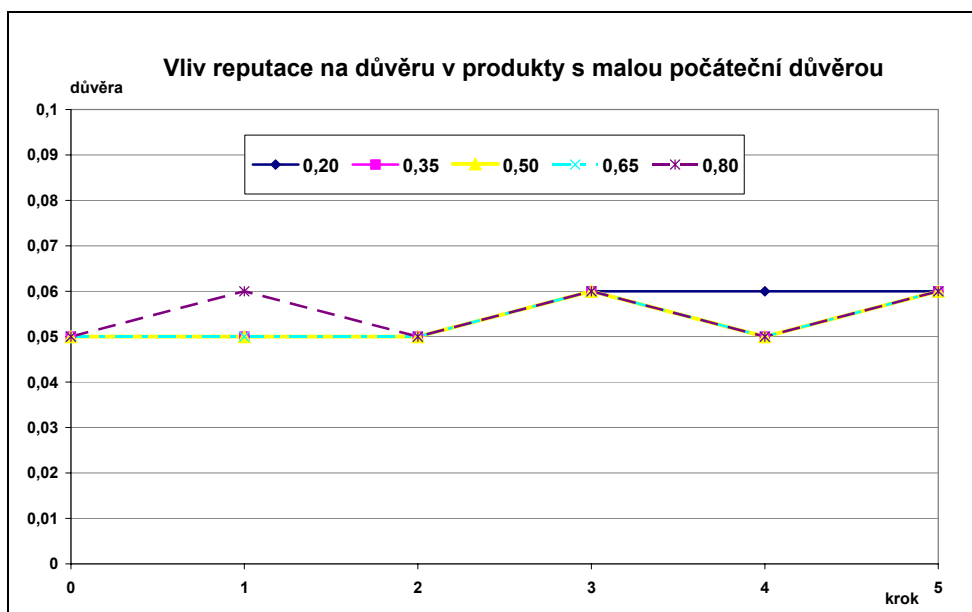
Tab. 5.17 Změny důvěry subjektu s_1 v produkt p_2 při změně jeho reputace

DŮVĚRA KROK /REPUTACE	0,2	0,35	0,5	0,65	0,8
0	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
1	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78
2	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62
3	0,64	0,62	0,6	0,58	0,55
4	0,64	0,62	0,6	0,58	0,55
5	0,64	0,62	0,6	0,58	0,55



Obr. 5.32 Vliv změny reputace produktu p_2 na důvěru subjektu s_1

Z grafu na obr. 5.32 je patrné, že reputace silně ovlivňuje důvěru v preferovaný produkt. Naopak důvěra v ostatní produkty se mění minimálně, jak je patrné z grafu na obr. 5.33.

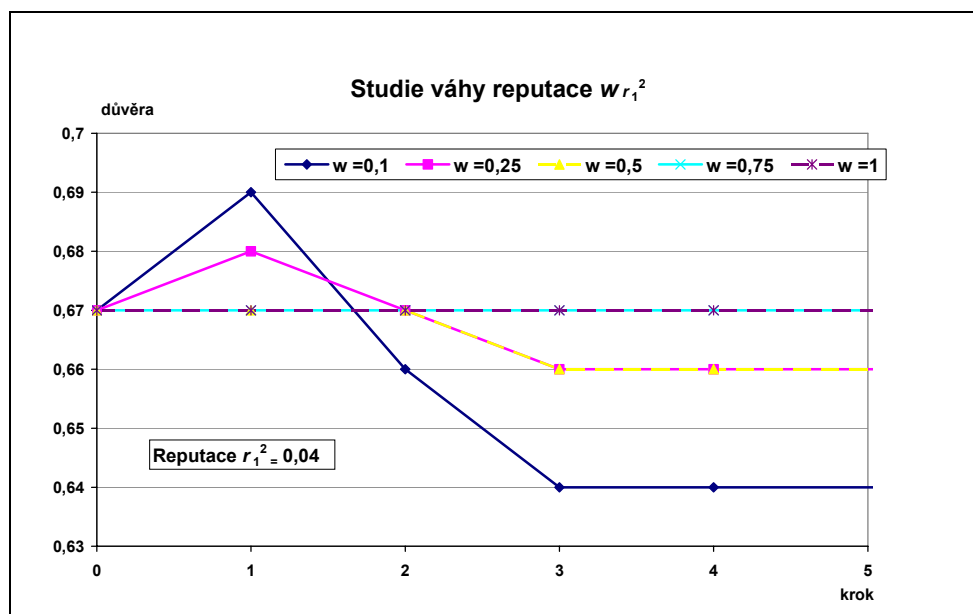


Obr. 5.33 Vliv změny reputace produktu p_4 na důvěru subjektu s_1

Změny důvěry v produkt, který není preferován, je možno dosáhnout pouze současným působením více faktorů ovlivňujících fenomenální důvěru, dále posílením váhy reputace nebo intervenčním zásahem.

F5: Vliv váhy reputace

Ovlivnění míry důvěry váhou reputace bylo námětem další studie. Použití váhy umožní posílení (zeslabení) vlivu reputace. Váha reputace byla nastavována postupně na následující hodnoty w_r : 0,1 0,25 0,5 0,75 a 1. Pro porovnání změny důvěry byl stejně jako při studii vlivu reputace zvolen subjekt s_1 a produkt p_2 (obr. 5.34).



Obr. 5.34 Vliv změny váhy reputace produktu p_2 na důvěru subjektu s_1 v tento produkt

Z grafu na obr. 5.34 je patrná možnost ovlivnění důvěry váhy reputace i pro takřka nulovou velikost reputace produktu. V daném případě se jeví jako rozumné ovlivnění vahou $0,1 < \hat{w}_r < 0,5$. Při menších velikostech váhy dosáhlo ovlivnění už nereálných hodnot a na obr. 5.34 není zakresleno.

Váha reputace umožňuje rozumným způsobem ovlivnit výslednou míru důvěry i v případech velmi malé reputace. Váhu reputace je tak možno použít v případech, kdy je z nějakého důvodu nutné posílit či zeslabit účinek reputace.

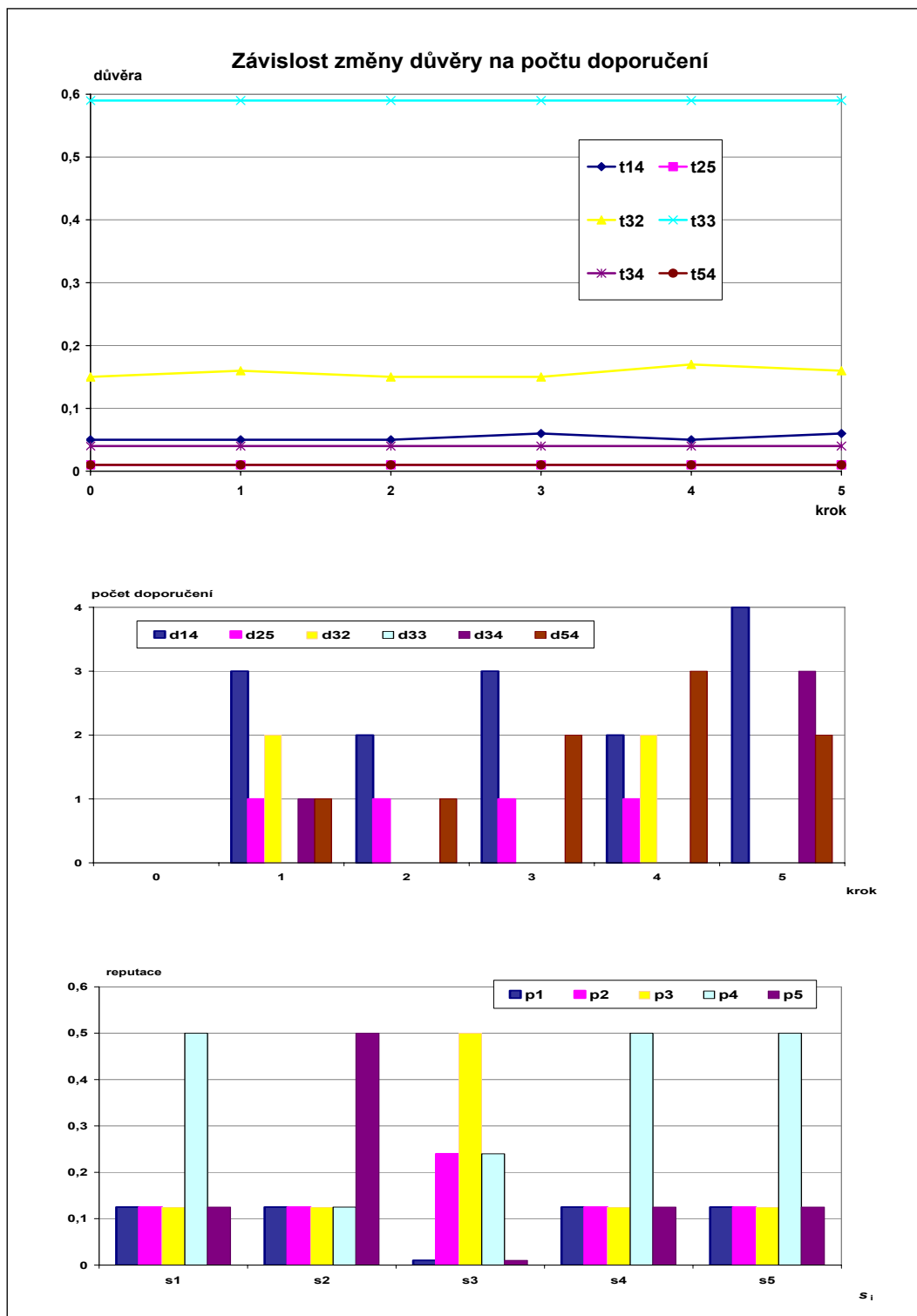
F6: Vliv počtu doporučení produktů

Pro studium vlivu počtu doporučení byla použita tatáž šestice vybraných vztahů subjektů a produktů (viz F1, obr. 5.23). Reputace produktu s preferencí byla změněna na hodnotu 0,5 a zbývající reputace byly nastaveny úměrně původní velikosti reputace daného produktu.

Výsledný graf ovlivnění fenomenální důvěry je znázorněn na obr. 5.35. Z obrázku je patrné, že subjekt s_3 preferuje produkt p_3 , avšak protože nedostal žádné doporučení tohoto produktu, míra důvěry zůstává beze změny. Subjekt s_3 důvěřuje jako druhému a třetímu v pořadí produktům p_2 a p_4 . Ve prospěch produktu p_2 působí (oproti produktu p_4) větší počáteční důvěra při srovnatelném počtu doporučení, proto jeho dvě doporučení v prvním a čtvrtém kroku způsobí v těchto krocích nárůst důvěry, zatímco u produktu p_4 se jedno doporučení v prvním a tři v pátém kroku neprojeví.

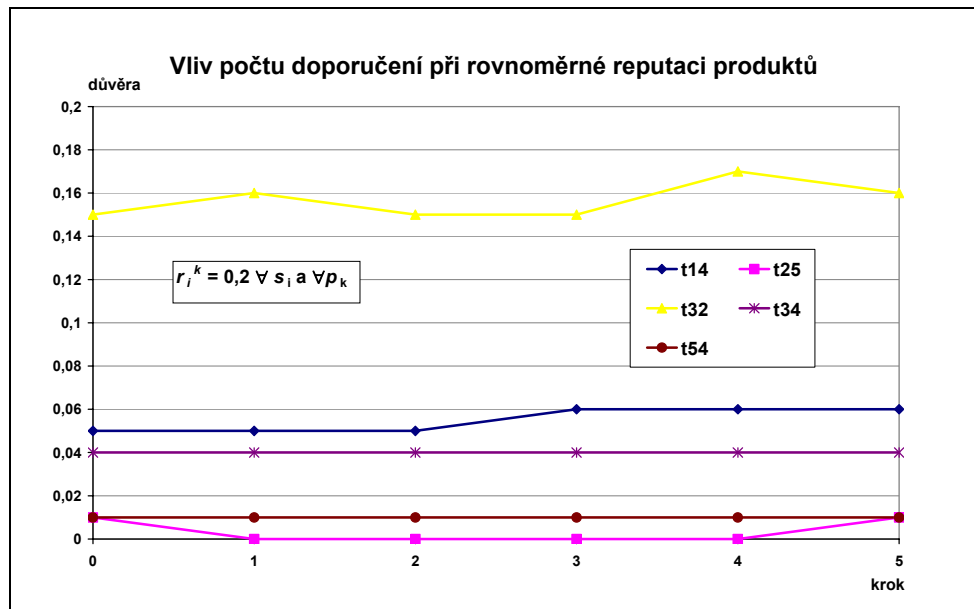
Subjekt s_1 má téměř absolutní počáteční nedůvěru v produkt p_4 , více doporučení přicházejících v každém kroku a velká reputace produktu umožňují adekvátní, i když velmi malou, změnu důvěry.

Absolutní počáteční nedůvěra subjektu s_5 v produkt p_4 způsobila, že ani vliv větší reputace a došlých doporučení nepřispěly ke změně důvěry. Totéž je možno napsat o subjektu s_2 a jeho důvěře v produkt p_5 .



Obr. 5.35 Vliv počtu doporučení na změnu důvěry pro vybranou šestici vztahů

Dále byl proveden experiment s toutéž šesticí vztahů, ale při rovnoměrném rozdělení reputace mezi všechny produkty. Ovlivnění důvěry šesticí vztahů v dosud preferovaný produkt je ukázán na obr. 5.36 (průběh t_3^3 nezobrazen – důvěra se nezměnila). Pokles důvěry s_2 v p_5 byl způsoben vlivem velké počáteční důvěry a projevil se vzrůstem důvěry s_2 v p_1 (není zakreslen v grafu, důvodem je použití vhodného měřítka pro zobrazení míry důvěry v ostatní produkty), ale je zřejmý z tab. 5.18.



Obr. 5.36 Vliv počtu doporučení na změnu důvěry při rovnoměrné reputaci produktů

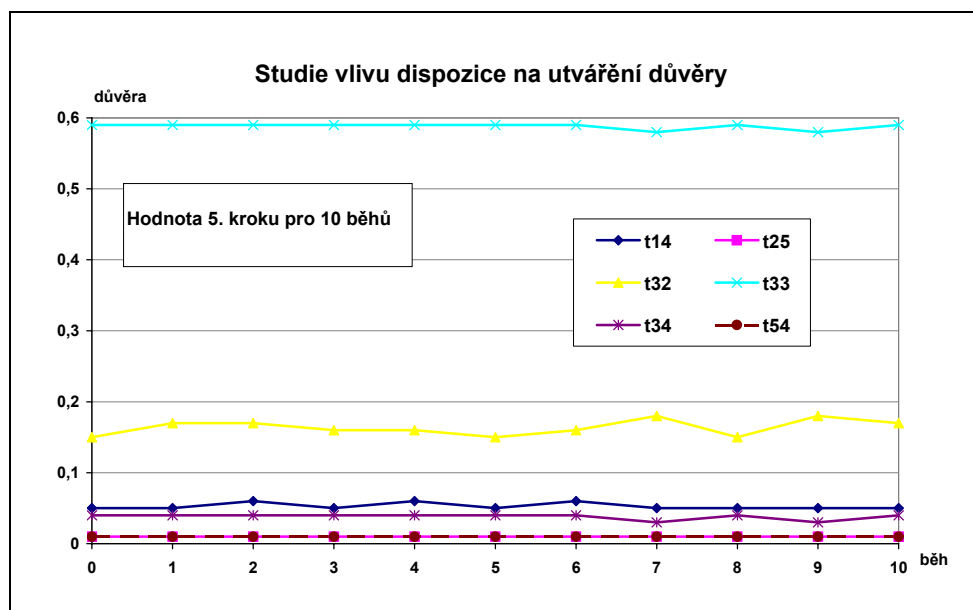
Tab. 5.18 Změny důvěry subjektu s_2 v dané produkty pro rovnoměrnou rozdělenou reputaci

DŮVĚRA KROK / PRODUKT	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
0	0,77	0,04	0,11	0,06	0,01
1	0,8	0,03	0,1	0,05	0
2	0,8	0,03	0,1	0,05	0
3	0,8	0,03	0,1	0,05	0
4	0,8	0,03	0,1	0,05	0
5	0,74	0,05	0,13	0,07	0,01

Velikost vlivu počtu doporučení produktů na výslednou míru důvěry závisí především na velikosti počáteční důvěry a reputace produktu. Se zvyšujícími se hodnotami těchto faktorů roste i vliv počtu doporučení daného produktu. Pokud je velikost jednoho z faktorů zanedbatelná, vliv počtu doporučení se projeví velmi málo, nebo se dokonce neprojeví vůbec.

F7: Vliv dispozice k důvěře

Pro každý subjekt a míru důvěry v produkt byla vygenerována generátorem náhodných čísel hodnota v intervalu $\langle \alpha, \beta \rangle$, kde $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$, představující dispozici důvěřovat. Výsledné míry důvěry pro vybranou šesticí vztahů jsou zobrazeny v grafu na obr. 5.37. Zakreslena je hodnota v pátém kroku. Celkem bylo zaznamenáno deset běhů. Další možností, jak ovlivnit (zesílit/zeslabit) vliv dispozice, je použití váhy w_g . V provedené studii byla váha $w_g = 1$.



Obr. 5.37 Vliv dispozice důvěřovat na utváření důvěry

Tab. 5.19 uvádí tři statistiky experimentu - aritmetický průměr spočtených hodnot důvěry, střední kvadratická odchylka a největší odchylka od počáteční hodnoty.

Tab. 5.19 Sledované statistiky vlivu dispozice k důvěře

STATISTIKA / VZTAH	$s_1 \rightarrow p_4$	$s_2 \rightarrow p_5$	$s_3 \rightarrow p_2$	$s_3 \rightarrow p_3$	$s_3 \rightarrow p_4$	$s_5 \rightarrow p_4$
ARITMETICKÝ PRŮMĚR	0,05	0,01	0,17	0,59	0,04	0,01
STŘEDNÍ KVADRATICKÁ ODCHYLKA	0,0002	0,0000	0,0011	0,0002	0,0002	0,0000
NEJVĚTŠÍ ODCHYLKA	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00

Dispozice k důvěře měla podle kritérií kvadratické odchylky a maximální diference největší vliv u vztahu důvěry $s_3 \rightarrow p_2$.

Závěrem je nutno poznamenat, že model fenomenální důvěry je poměrně silně závislý na velikosti počáteční důvěry (tj. preferenci většinou jediného produktu). Tento vliv, pokud by byl považován za příliš velký, by bylo možno redukovat přidáním váhy té části vztahu (odmocnina) výrazu pro výpočet přírůstku fenomenální důvěry (viz vztah (5.12) v kapitole 5.4.4).

5.7.3 Studie chování modelu s intervenčním zásahem

Nejen možnost, ale i potřeba ovlivnění důvěry ve prospěch jednoho či skupiny subjektů nebo produktů intervenčním zásahem, byla zmíněna již v předchozích kapitolách. Pro ověření funkčnosti navrženého způsobu ovlivnění důvěry byla provedena studie intervenčního vlivu na důvěru s využitím uvedeného modelu personální důvěry. Z této studie je v této práci prezentováno několik případů ovlivnění důvěry. Pro srovnání je uvedeno i utváření důvěry bez intervenčního působení.

Byly provedeny následující studie chování modelu s intervencí:

- I1: Utváření důvěry bez intervence v porovnání s intervenčním zásahem
- I2: Vliv intervenčního rozdělení při stejné velikosti síly intervence
- I3: Vliv intervenčního rozdělení při různé velikosti síly intervence
- I4: Vztah síly intervence a doby jejího působení
- I5: Velikost síly intervence λ

I1: Utváření důvěry bez intervence a s intervenčním zásahem

Pro ukázkou vlivu intervence byla provedena porovnávací studie utváření důvěry bez intervenčního zásahu a s intervenčním zásahem při stejném nastavení parametrů.

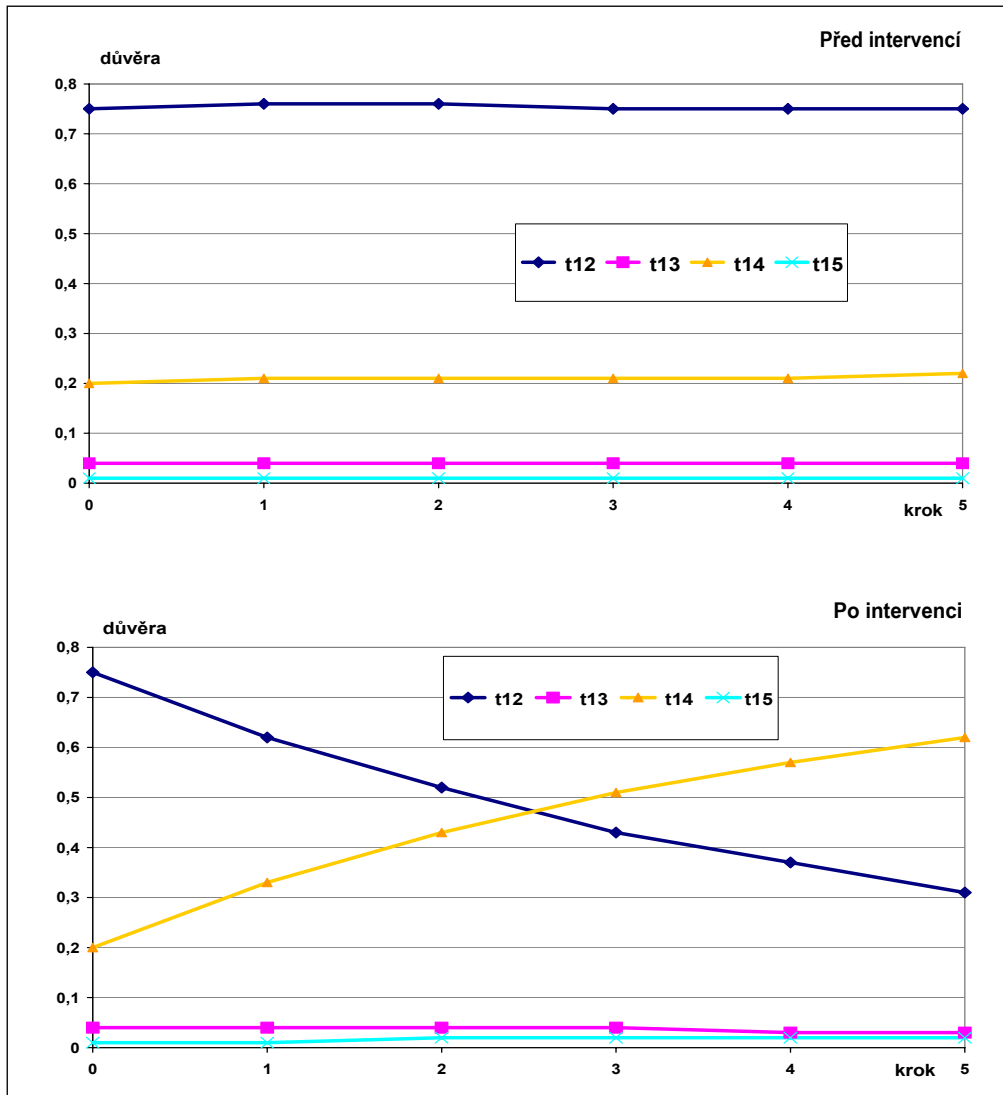
Počáteční míra důvěry subjektu s_1 vůči ostatním subjektům byla nastavena ve prospěch subjektu s_2 (preferovaného na počátku), dále byly nastaveny parametry počet vzájemných kontaktů i doporučení a intervenční rozdělení ve prospěch s_4 (má se stát nově preferovaným), reputace původně preferovaného i nově preferovaného subjektu byly přibližně shodné. Dále byla pro každý vztah nastavena velikost dispozice k důvěře. Nastavení všech parametrů je přehledně zapsáno do tab. 5.20.

Výsledné změny personální důvěry ve prospěch pozitivně intervenovaného subjektu s_4 jsou zobrazeny v grafu na obr. 5.38.

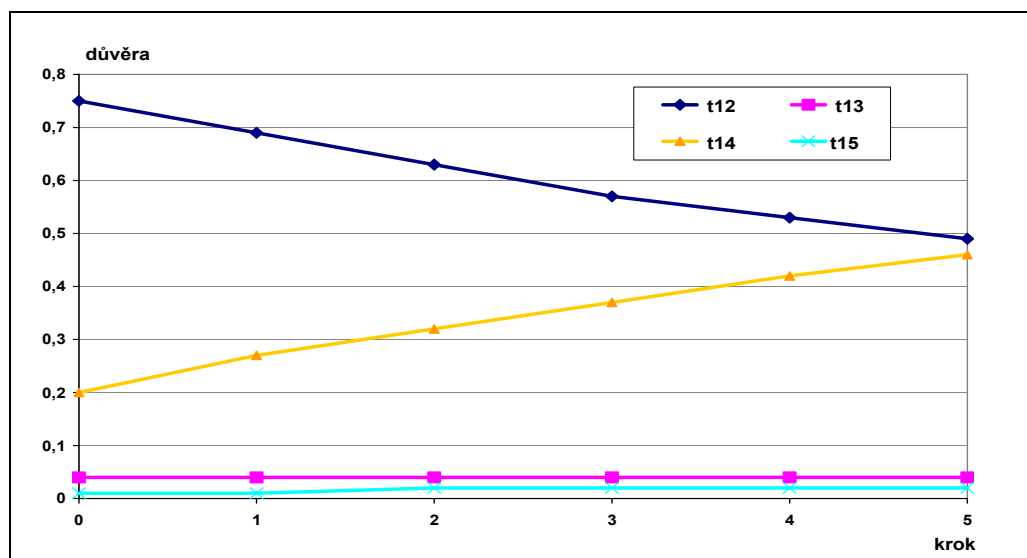
Tab. 5.20 Hodnoty parametrů intervenčního ovlivnění důvěry

POČÁTEČNÍ DŮVĚRA	t_{12}	t_{13}	t_{14}	t_{15}
	0,75	0,04	0,2	0,01
KROK/ KONTAKTY	c_{12}	c_{13}	c_{14}	c_{15}
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	1	0	1	0
3	1	0	2	0
4	0	0	2	0
5	0	0	3	0
KROK / DOPORUČENÍ	d_{12}	d_{13}	d_{14}	d_{15}
0	0	0	0	0
1	1	0	1	0
2	1	0	2	0
3	0	0	3	0
4	0	0	2	0
5	0	1	4	3
REPUTACE	r_{21}	r_{31}	r_{41}	r_{51}
	0,25	0,23	0,3	0,14
DISPOZICE (K DŮVĚŘE)	g_{12}	g_{13}	g_{14}	g_{15}
0	0,5	0,5	0,5	0,5
1	0,55	0,88	0,85	0,34
2	0,74	0,92	0,67	0,65
3	0,82	0,62	0,67	0,65
4	0,71	0,56	0,76	0,35
5	0,76	0,78	0,56	0,91
INTERVENČNÍ ROZDĚLENÍ	l_{12}	l_{13}	l_{14}	l_{15}
	0,1	0,04	0,81	0,05

Míra důvěry t_{14} subjektu s_1 v subjekt s_4 (nově preferovaný) vzrostla trojnásobně (obr. 5.38), při síle intervence $\lambda=0,2$ a hodnotě intervenčního rozdělení $I_{14} = 0,81$ (viz tab. 5.20). Pokles míry důvěry t_{12} kompenzoval nárůst míry důvěry t_{14} (pokles o více než polovinu původní úrovně), což koresponduje s odpovídajícími hodnotami intervenčního rozdělení ($I_{12}= 0,81$ a $I_{14}= 0,1$ - viz tab. 5.20). Výsledek studie se stejnými parametry, ale pro poloviční velikost síly intervence $\lambda=0,1$, je zobrazena na obr. 5.39.



Obr. 5.38 Vliv intervence ve prospěch subjektu s_4 na utváření důvěry subjektu s_1 k subjektu s_4 ($\lambda=0,2$)



Obr. 5.39 Vliv intervence ve prospěch subjektu s_4 ($\lambda=0,1$)

Důvěra rostla a klesala pozvolněji, adekvátně menší síle intervence. Změna důvěry se neprojevila ve vztazích k subjektům s_3 a s_5 , neboť jejich počáteční důvěra byla v oblasti absolutní nedůvěry.

Provedená intervence ve prospěch subjektu s_4 byla úspěšná a velikost ovlivnění míry důvěry se projevila (rostla) v závislosti na velikosti síly intervence. V důsledku tohoto nárůstu poklesla míra důvěry v subjekt s_2 . Subjekt s_4 se stal při použití síly intervence $\lambda = 0,2$ a nastaveném intervenčním rozdělení (tab. 5.20) preferovaným subjektem.

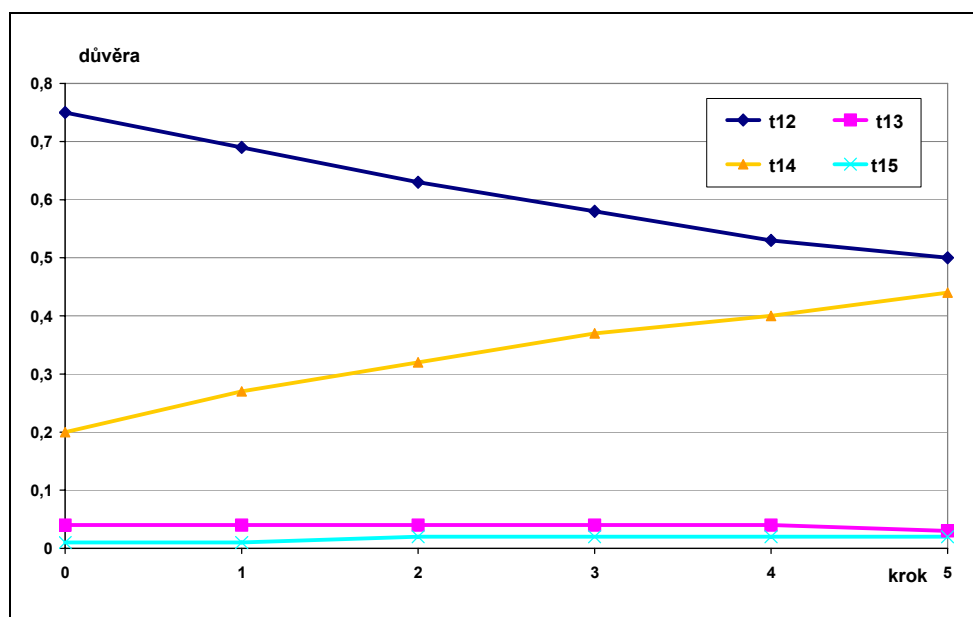
I2: Vliv intervenčního rozdělení při dané velikosti síly intervence

Dále byl prověřován vliv intervenčního rozdělení na utváření důvěry. Tab. 5.21 udává hodnoty pro dva případy při použité síle intervence $\lambda = 0,15$. Intervence opět působí ve prospěch subjektu s_4 , to znamená v neprospěch subjektu s_2 . V prvním případě jsou hodnoty intervenčního rozdělení rovnoměrněji distribuovány mezi subjekty s_2 a s_4 než v druhém případě, kdy je hodnota I_{12} extrémně nízká a I_{14} extrémně vysoká. Vzrůst a pokles důvěry je při těchto extrémních hodnotách v druhém případě mnohem strmější. Výsledné průběhy utváření důvěry jsou prezentovány na obr. 5.40 a obr. 5.41.

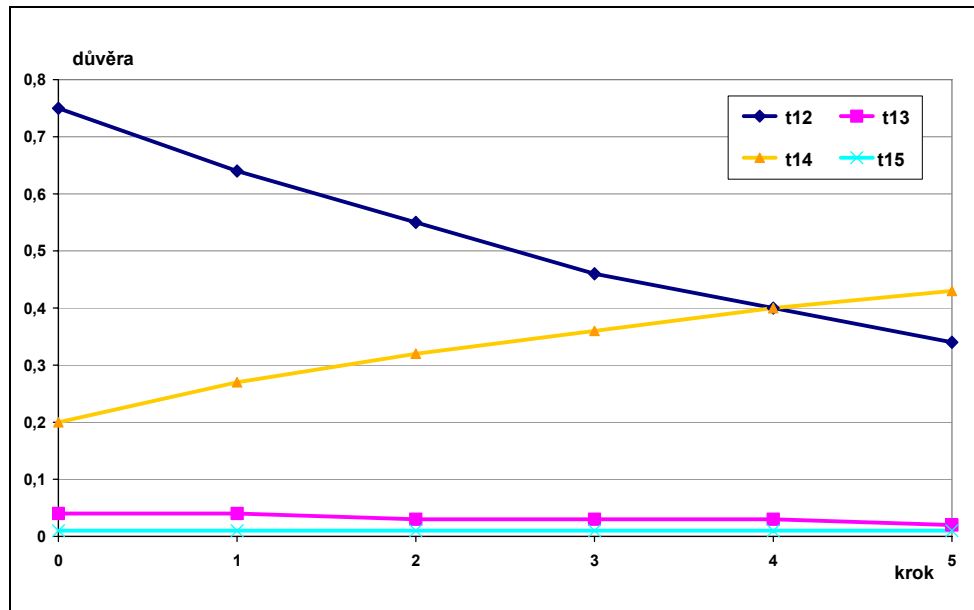
Tab. 5.21 Hodnoty parametrů intervenčního ovlivnění důvěry ($\lambda=0,15$)

INTERVENČNÍ ROZDĚLENÍ	$s_1 \rightarrow s_2$	$s_1 \rightarrow s_3$	$s_1 \rightarrow s_4$	$s_1 \rightarrow s_5$
1. případ	0,3	0,04	0,61	0,05
2. případ	0,01	0,01	0,96	0,02

Intervence opět působí ve prospěch subjektu s_4 , to znamená v neprospěch subjektu s_2 . V prvním případě jsou hodnoty intervenčního rozdělení rovnoměrněji distribuovány mezi subjekty s_2 a s_4 než v druhém případě, kdy je hodnota I_{12} extrémně nízká a I_{14} extrémně vysoká. Vzrůst a pokles důvěry je při těchto extrémních hodnotách v druhém případě mnohem strmější. Výsledné průběhy utváření důvěry jsou prezentovány na obr. 5.40 a obr. 5.41.



Obr. 5.40 Vliv intervence ve prospěch s_4 ($\lambda=0,15$, $I_{12}=0,3$ a $I_{14}=0,61$)



Obr. 5.41 Vliv intervence ve prospěch s_4 ($\lambda=0,15$, $I_{12}=0,01$ a $I_{14}=0,96$)

Intervenčním rozdělením je modelována cílová míra důvěry, již má být dosaženo. Jak rychle (počet kroků) bude tohoto stavu dosaženo závisí na velikosti síly intervence. S měnícím se intervenčním rozložením a působící silou intervence se adekvátně jejich hodnotám měnila míra důvěry.

I3: Vliv intervenčního rozdělení při různé velikosti síly intervence

V dalším experimentu byly nastaveny hodnoty intervenčního rozdělení a preferovaný subjekt s_4 , ostatní subjekty se o zbytek podělily rovnoměrně dle tab. 5.22. V prvním případě byla provedena studie velikosti parametru λ , jehož hodnoty byly různé pro jednotlivé subjekty a jsou zobrazeny v tab. 5.23.

Tab. 5.22 Hodnoty parametrů intervenčního rozdělení (subjekt s_1)

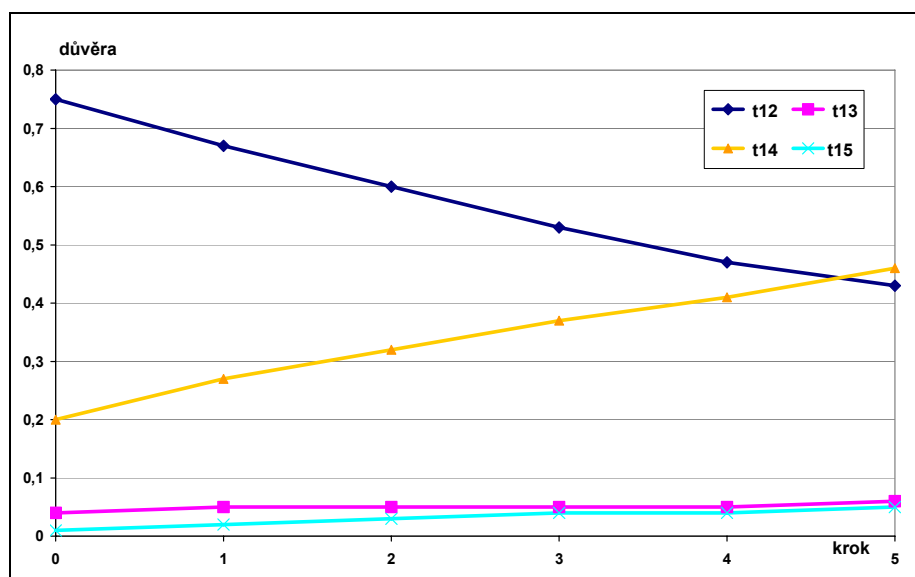
INTERVENČNÍ ROZDĚLENÍ	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
	0,08	0,08	0,76	0,08

Tab. 5.23 Hodnoty parametrů síly intervence pro ovlivnění důvěry

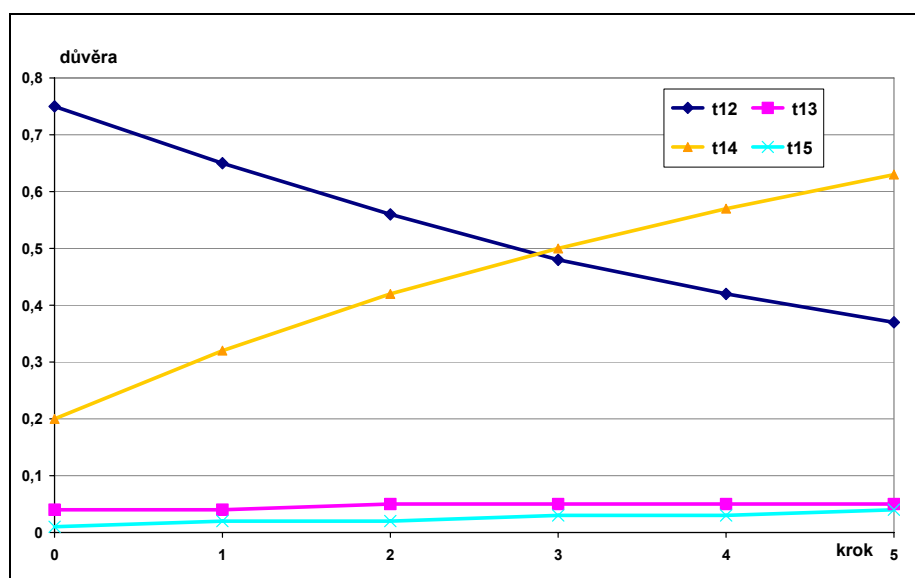
SÍLA INTERVENCE	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}
	0,12	0,35	0,1	0,25

Pro srovnání byla dále provedena tatáž studie, ve které byla ovšem síla intervence pro všechny subjekty shodná ($\lambda = 0,15$). Výsledné křivky důvěry jsou prezentovány na obr. 5.42 a obr. 5.43.

Pokles a vzestup důvěry byl v druhém případě rychlejší, neboť síla intervence byla při konstantní hodnotě $\lambda = 0,15$ pro všechny subjekty vyšší, než byla v prvním případě pro subjekt s_2 ($\lambda_2 = 0,12$) a subjekt s_4 ($\lambda_4 = 0,1$). Byla rovněž provedena studie pro případ, kdy se parametr λ měnil v jednotlivých krocích a to tak, že počáteční hodnota parametru $\lambda_4 = 0,1$ každým krokem rostla o 10 %, zatímco počáteční hodnota parametru $\lambda_2 = 0,15$ v každém kroku klesala o 7 %. Výsledky i v tomto případě odpovídaly nastaveným hodnotám a příliš se od předcházejících dvou nelišily, proto výsledný graf není uveden.



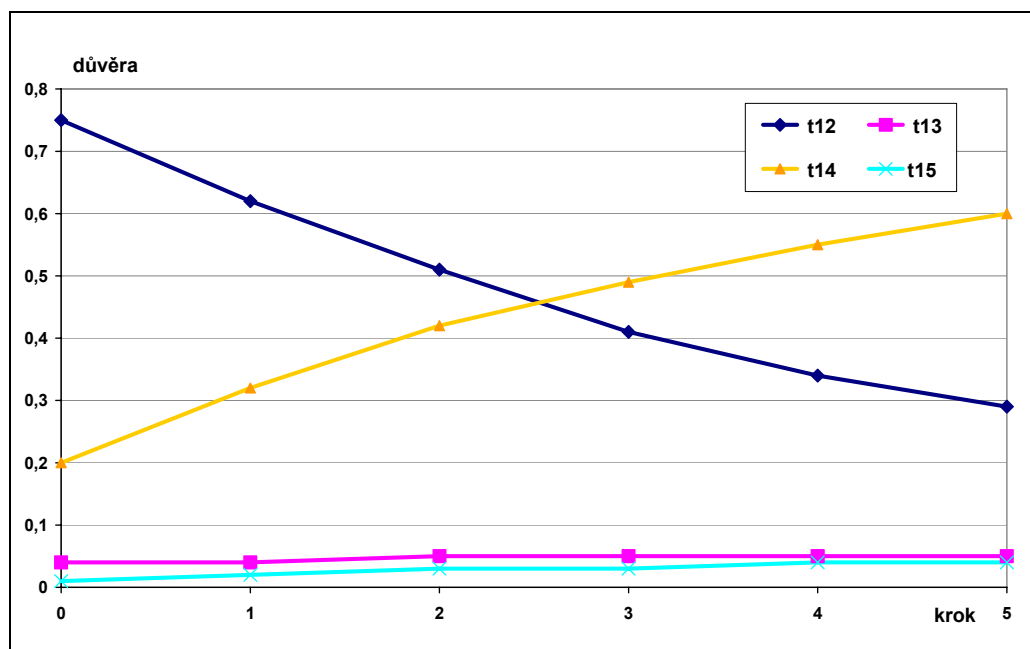
Obr. 5.42 Vliv intervence ve prospěch s_4 ($\lambda_2=0,12$ $\lambda_4=0,1$; $I_2=0,08$ $I_4=0,76$)



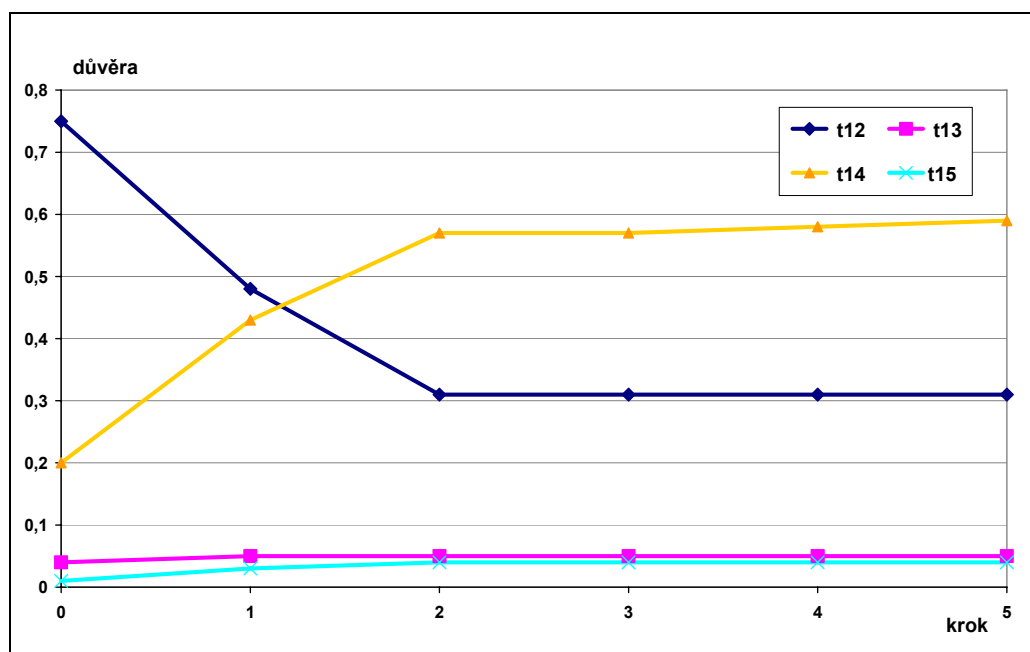
Obr. 5.43 Vliv intervence ve prospěch s_4 ($\lambda=0,15$, $I_2=0,08$ a $I_4=0,76$)

Další experiment byl zaměřen na zkoumání vztahu velikosti síly intervence a délky jejího působení, tzn. působení menší silou intervence po delší dobu, tj. větší počet kroků ($\lambda = 0,2$ po dobu pěti kroků) a působení větší silou intervence kratší dobu, tj. menší počet kroků ($\lambda = 0,4$ po dobu dvou kroků). Výsledné průběhy utváření důvěry jsou zobrazeny v grafech na obr. 5.44 a obr. 5.45.

Ve druhém případě (tj. při působení větší silou intervence po kratší dobu) došlo na konci experimentu k dosažení téměř stejné míry důvěry jako v prvním případě. Takováto studie může napomoci rozhodnout se v situaci, kdy zvýšení síly intervence má nižší náklady než prodlužování intervenční kampaně (či naopak) a o použití efektivní varianty řešení.



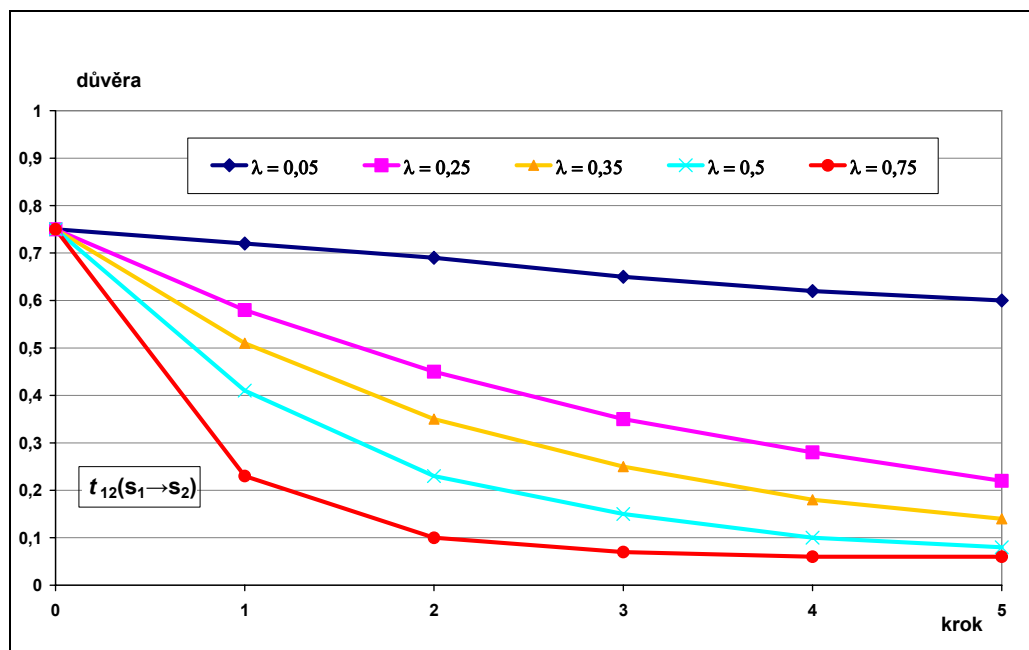
Obr. 5.44 Vliv intervence ve prospěch subjektu s_4 ($\lambda=0,2$, po 5 kroků, $I_2=0,08$ a $I_4=0,76$)



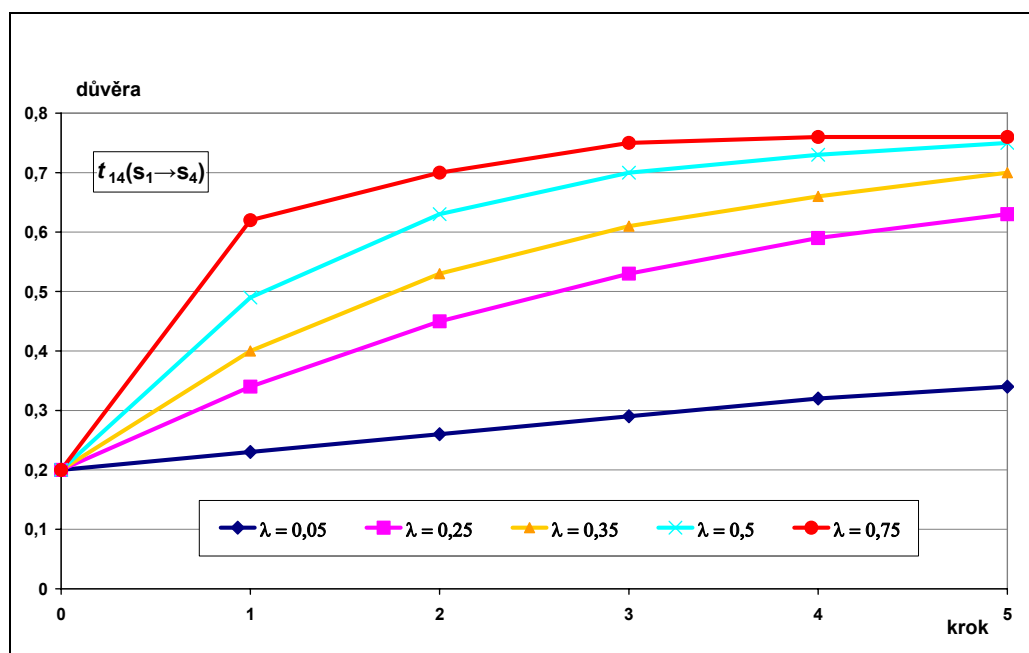
Obr. 5.45 Vliv intervence ve prospěch subjektu s_4 ($\lambda=0,4$, po 2 kroky, $I_2=0,08$ a $I_4=0,76$)

Další experiment byl zaměřen na studium vlivu velikosti síly intervence při zachování nezměněných ostatních parametrů.

Hodnoty parametru λ byly zvoleny následující: 0,05; 0,25; 0,35; 0,5; 0,75. S těmito hodnotami byly provedeny studie utváření důvěry subjektu s_1 v subjekty s_2 a s_4 . Z výsledků (obr. 5.46 a obr. 5.47) je patrné, že důvěra roste či klesá s rostoucí či klesající silou intervence.



Obr. 5.46 Studie parametru λ (utváření důvěry k subjektu s_2)



Obr. 5.47 Studie parametru λ (utváření důvěry k subjektu s_4)

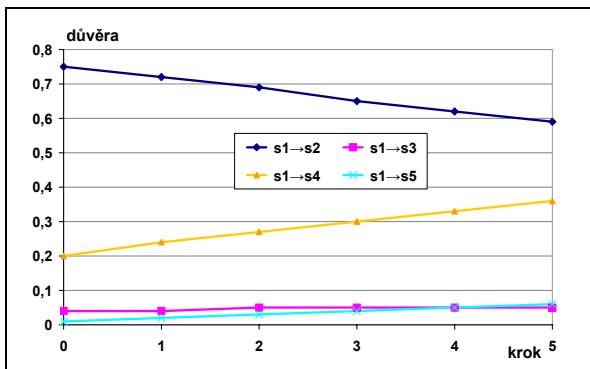
5.7.4 Výpočet síly intervence z evoluce důvěry

Na následujícím příkladu je ukázán způsob výpočtu síly intervence pro dané subjekty, pokud známe důvěru před započítáním a po ukončení intervence. Hodnoty intervenčního rozdělení použité při simulaci evoluce důvěry jsou zapsány v tab. 5.24.

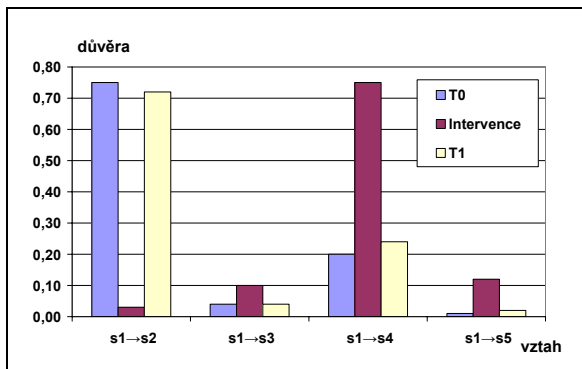
Tab. 5.24 Hodnoty intervenčního rozdělení

INTERVENČNÍ ROZDĚLENÍ	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}
	0,03	0,05	0,75	0,12

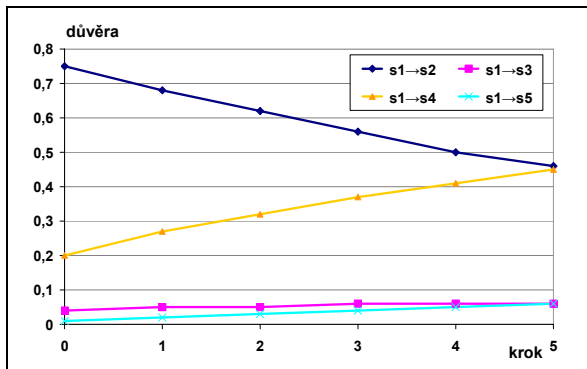
Pro každý ze tří následujících srovnávaných případů byla použita jiná velikost síly intervence: v prvním případě $\lambda = 0,05$, ve druhém $\lambda = 0,1$ a ve třetím $\lambda = 0,5$. Ostatní parametry zůstaly nezměněny. Sledován byl subjekt s_1 a jeho míra důvěry ke zbývajícím subjektům. Výsledné grafy utváření důvěry pro pět kroků jsou na obrázcích vlevo (obr. 5.48, obr. 5.49, obr. 5.50). Důvěra před intervencí (T_0) a po prvním kroku působení (T_1), společně s intervencí (I) jsou uvedeny (obr. 5.51, obr. 5.52, obr. 5.53).



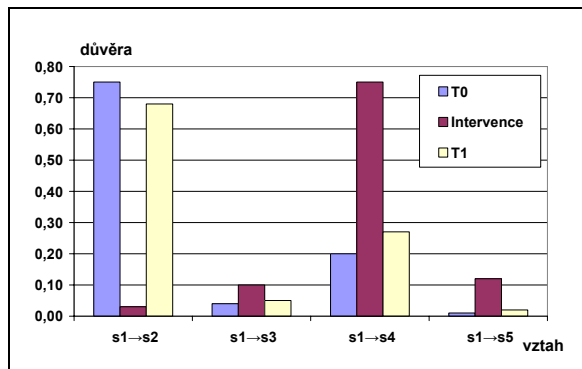
Obr. 5.48 Utváření důvěry ($\lambda=0,05$)



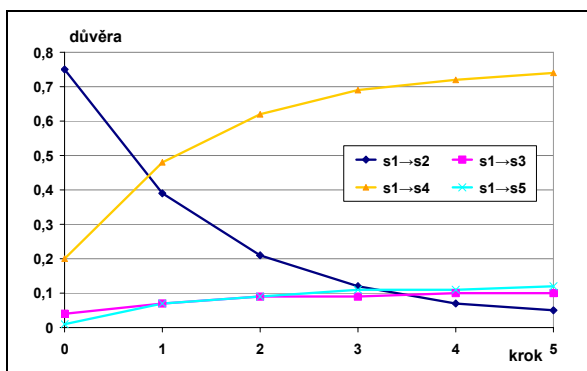
Obr. 5.51 Vliv intervence ($\lambda=0,05$)



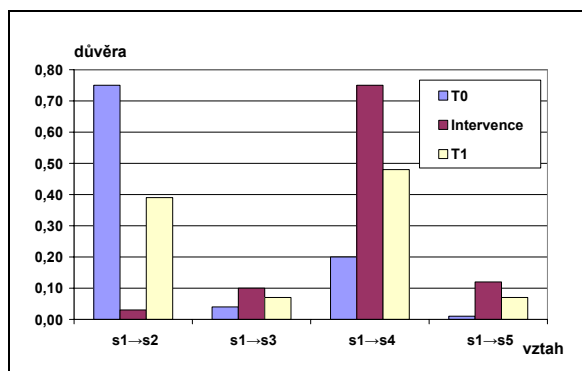
Obr. 5.49 Utváření důvěry ($\lambda=0,1$)



Obr. 5.52 Vliv intervence ($\lambda=0,1$)



Obr. 5.50 Utváření důvěry ($\lambda=0,5$)



Obr. 5.53 Vliv intervence ($\lambda=0,5$)

Intervence byla zaměřena na posílení důvěry $s_1 \rightarrow s_4$. Toto posílení míry důvěry způsobilo úbytek míry důvěry $s_1 \rightarrow s_2$, neboť platí vztah (5.22).

Pro posouzení intervenčního vlivu byl použit výpočet hodnoty entropie a divergence způsobem uvedeným v kapitole 5.6. Spočtena byla velikost síly intervence λ . Hodnoty entropie $H(T_0)$, $H(I)$ a $H(T_1)$ a divergence D_1 a D_2 a jejich součet, představující kritéria posouzení intervenčního vlivu byly pro jednoduchost opět spočteny pouze pro první krok

a jsou přehledně zapsány v následujících třech tabulkách (tab. 5.25, tab.5.26 a tab. 5.27) pro všechny tři případy, tj. tři hodnoty λ .

Tab. 5.25 Hodnoty entropie a divergence (první krok) – 1. případ

VZTAH/ENTROPIE A DIVERGENCE	$H(T_0)$	$H(I)$	$H(T_1)$	$D_1(T_1 T_0)$	$D_2(T_0 T_1)$
$s_1 \rightarrow s_2$	0,3113	0,1518	0,3412	0,0442	-0,0424
$s_1 \rightarrow s_3$	0,1858	0,3322	0,1858	0,0000	0,0000
$s_1 \rightarrow s_4$	0,4644	0,3113	0,4941	-0,0526	0,0631
$s_1 \rightarrow s_5$	0,0664	0,3671	0,1129	-0,0100	0,0200
Σ	1,0279	1,1624	1,1340	-0,0184	0,0407
λ SPOČTENÁ = 0,0534				$D_1 + D_2 =$	0,0223

Tab. 5.26 Hodnoty entropie a divergence (první krok) – 2. případ

VZTAH/ENTROPIE A DIVERGENCE	$H(T_0)$	$H(I)$	$H(T_1)$	$D_1(T_1 T_0)$	$D_2(T_0 T_1)$
$s_1 \rightarrow s_2$	0,3113	0,1518	0,3783	0,1060	-0,0961
$s_1 \rightarrow s_3$	0,1858	0,3322	0,2161	-0,0129	0,0161
$s_1 \rightarrow s_4$	0,4644	0,3113	0,5100	-0,0866	0,1169
$s_1 \rightarrow s_5$	0,0664	0,3671	0,1129	-0,0100	0,0200
Σ	1,0279	1,1624	1,2173	-0,0035	0,0569
λ SPOČTENÁ = 0,1083				$D_1 + D_2 =$	0,0534

Tab. 5.27 Hodnoty entropie a divergence (první krok) – 3. případ

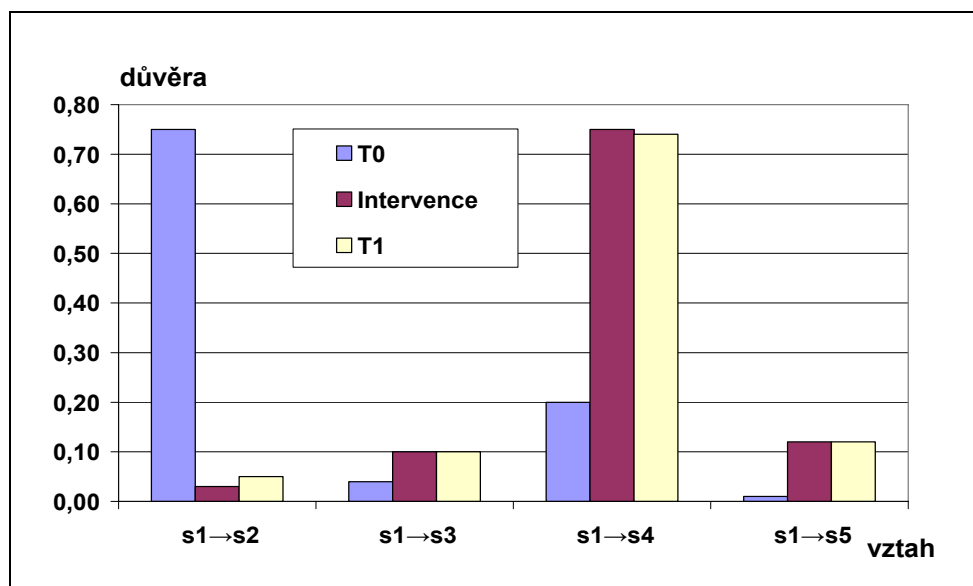
VZTAH/ENTROPIE A DIVERGENCE	$H(T_0)$	$H(I)$	$H(T_1)$	$D_1(T_1 T_0)$	$D_2(T_0 T_1)$
$s_1 \rightarrow s_2$	0,3113	0,1518	0,5298	0,7076	-0,3679
$s_1 \rightarrow s_3$	0,1858	0,3322	0,2686	-0,0323	0,0565
$s_1 \rightarrow s_4$	0,4644	0,3113	0,5083	-0,2526	0,6063
$s_1 \rightarrow s_5$	0,0664	0,3671	0,2686	-0,0281	0,1965
Σ	1,0279	1,1624	1,5753	0,3946	0,4914
λ SPOČTENÁ = 0,5039				$D_1 + D_2 =$	0,8860

V prvním případě (obr. 5.48) bylo působeno velice malou silou intervence, vzrůst úrovně důvěry v subjekt s_4 byl malý, stejně jako pokles důvěry v subjekt s_2 . Entropie vzrostla z hodnoty 1,02 na hodnotu 1,13 (tab. 5.25). Vzhledem ke skutečnosti, že maximum entropie při rovnoměrném rozdělení je 2 [bit], je důvěra před intervencí rozdělena nerovnoměrně, po intervenci entropie vzrostla, tj. intervencí došlo k vyrovnávání úrovní.

V druhém případě (obr. 5.49) způsobila síla intervence v pátém kroku „vyrovnání důvěry“ u subjektů s_2 a s_4 , tj. důvěra v s_2 klesla na úroveň, na kterou vzrostla důvěra v s_4 , což může v praxi představovat požadovaný stav. Divergence vzrostla oproti minulému případu na hodnotu 1,22 (tab. 5.26). Důvěra před intervencí byla opět rozdělena nerovnoměrně, po intervenci entropie vzrostla, tj. intervencí došlo ke srovnávání úrovní.

Ve třetím případě (obr. 5.50) se jednalo o poměrně silné ovlivnění, při němž se úrovně důvěry k oběma subjektům vyrovnaly již v prvním kroku, po skončení pátého kroku došlo k „výměně“ úrovní důvěr mezi subjekty s_2 a s_4 . O síle intervence svědčí vzrůst symetrické divergence z hodnoty 0,88 na 4,22 (tab. 5.27). Takto silná intervence by však patrně byla v reálné situaci hůře dosažitelná (působení intervence po delší období).

Zajímavou možností i z hlediska nákladnosti realizace intervence je působení intervence po kratší období, ale se zvětšenou silou. Inspiraci k takovému postupu je možno nalézt v předchozím experimentu. Stejněho výsledného efektu (úrovně důvěry), kterého bylo dosaženo ve třetím případě po pátém kroku, by bylo možno dosáhnout již v prvním kroku, pokud by došlo ke zvětšení síly intervence na hodnotu $\lambda_{spočet} = 0,976$ (spočteno při simulačním výpočtu). obr. 5.54 a tab. 5.28 ukazují výsledky této simulace.

Obr. 5.54 Vliv intervence (1. krok, $\lambda = 0,976$)Tab. 5.28 Hodnoty entropie a divergence (subjekt s_1 , první krok)

VZTAH / ENTROPIE A DIVERGENCE	$H(T_0)$	$H(I)$	$H(T_1)$	$D_1(T_1 T_0)$	$D_2(T_0 T_1)$
$s_1 \rightarrow s_2$	0,3113	0,1518	0,2161	2,9302	-0,1953
$s_1 \rightarrow s_3$	0,1858	0,3322	0,3322	-0,0529	0,1322
$s_1 \rightarrow s_4$	0,4644	0,3113	0,3215	-0,3775	1,3968
$s_1 \rightarrow s_5$	0,0664	0,3671	0,3671	-0,0358	0,4302
Σ	1,0279	1,1624	1,2369	2,4640	1,7639
$\lambda=0,9762$				$D_1+D_2 =$	4,2279

Poslední případ (obr. 5.54) je prezentací úplné ztráty důvěry v subjekt s_2 , kdy byla posílána důvěra i v méně významné subjekty (s_3 a s_5).

Důležitou součástí rozhodnutí o volbě jedné z variant intervenčního působení, tj. menší silou po delší dobu či větší silou po kratší období, by bylo provedení analýzy ekonomické náročnosti realizace obou z variant.

Hodnota entropie nám dává dobrou informaci o rozložení důvěry mezi danými subjekty, avšak při intervenčním působení na důvěru nám blíže nepotvrzuje, zda je působeno správným směrem. Hodnota divergence poskytuje informaci o větším či menším ovlivnění důvěry intervenčním zásahem. V žádném případě nelze hovořit o úspěchu intervence, neboť tento je souhrnem působení mnoha faktorů a musí být definován cílem, který má být dosažen (např. dominantní postavení vybraného subjektu ve skupině).

5.8 Multiagentní model důvěry s intervencí

V předcházející části jsme navrhli a ověřili model důvěry s intervencí na vzorku pěti subjektů. Nyní se budeme zabývat modelem fenomenální důvěry s intervencí pro rozsáhlou skupinu subjektů a několik produktů.

Pro jeho realizaci jsme zvolili multiagentní technologii, jak bylo uvedeno v kapitole 3.3. Multiagentní model byl realizován nástrojem JADE, jehož výběr byl zdůvodněn rovněž v kapitole 3.3.

5.8.1 Návrh struktury modelu

V hierarchickém modelu uvažujeme čtyři množiny subjektů. Každá z množin představuje jeden druh subjektů. První množinu nazveme *konzumenti* (*Consumers*), druhou množinu *producenti* (*Producers*) a třetí *analyzátor* (*Analyzer*) a poslední *vládce* (*Dominator*).

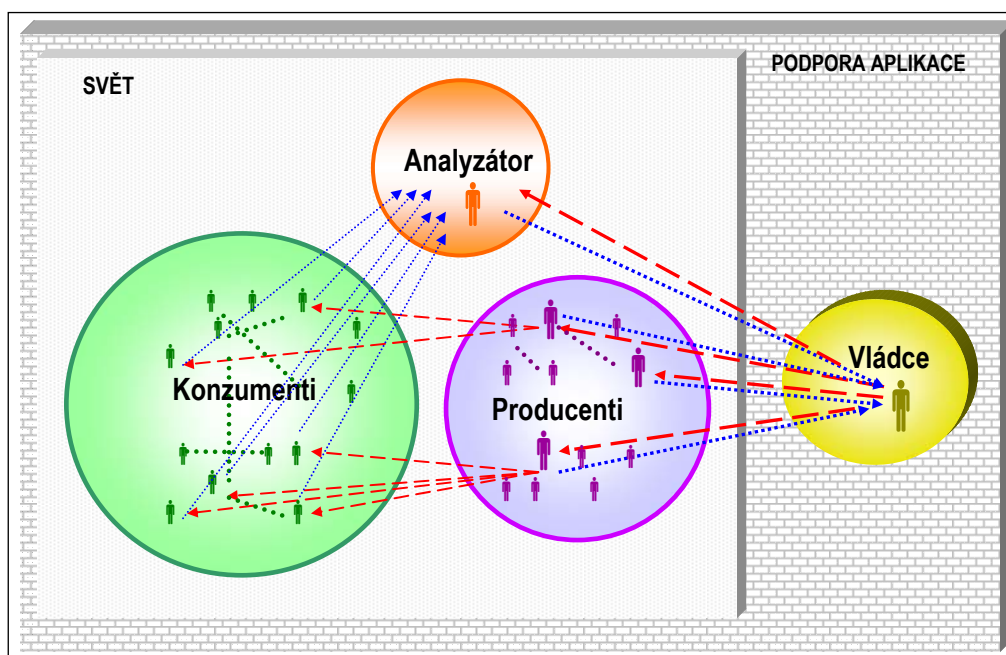
Konzument je subjekt v hierarchii nejnižší. Odpovídá obecnému prvku s důvěrou (viz kapitola 5.5.1). Při plnění zadaného úkolu mohou konzumenti spolu komunikovat, předávat informaci o míře důvěry v jiné konzumenty a produkty, měnit svou míru personální a fenomenální důvěry.

Producent, tj. intervent, je subjekt v hierarchii o jednu úroveň výše. Je realizován intervenčním prvkem s důvěrou. Má schopnost cíleně působit na všechny nebo na vybrané konzumenty (podle požadavků vládce) určenou silou intervence.

Analyzátor je specializovaný subjekt (na stejné úrovni v hierarchii jako producent) určený vládcem, jenž má schopnost podle požadavků vládce provádět vyhodnocení průběhu intervence. Po skončení intervenčního zásahu z výstupních dat konzumentů provede analýzu a předá výsledky vládci.

Vládce je subjekt postavený v hierarchii nejvýše. Je realizován intervenčním prvkem s důvěrou a má na starosti řízení celého experimentu. Je schopen ovlivnit vstupní parametry intervenčního zásahu. Vládce vybírá producenty a zadává parametry intervenčního zásahu. Prostřednictvím analyzátoru provádí výsledné zhodnocení vlivu jednotlivých intervencí a intervence jako celku.

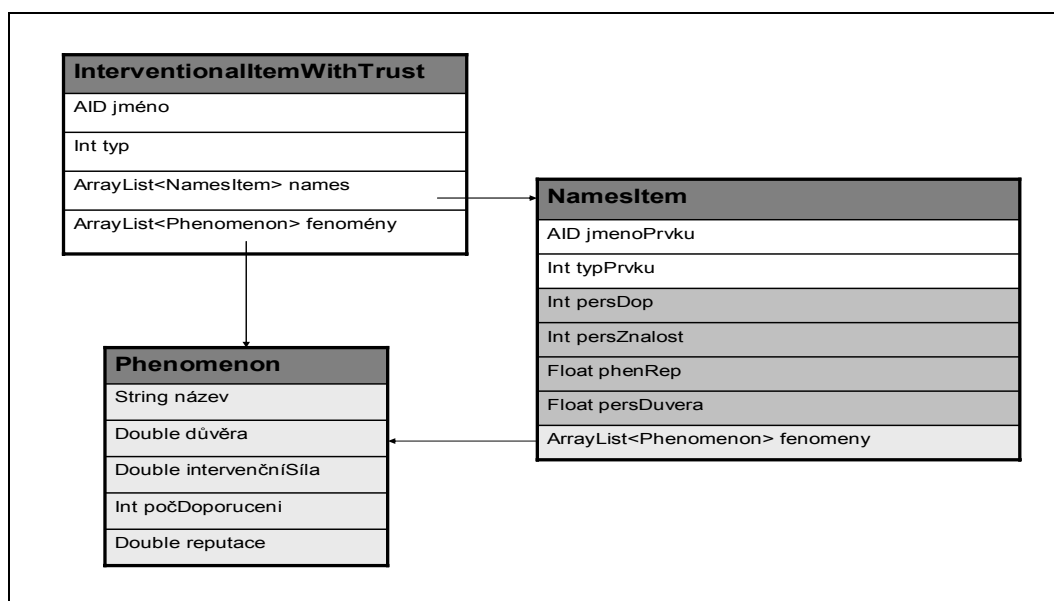
Uvedená myšlenka modelu důvěry s intervenčním zásahem je znázorněna na obr. 5.55. Zvolení producenti (interventi), vybraní konzumenti jsou vykresleni větším fontem, sběr dat je značen tečkovanou orientovanou čarou, řízení čárkovaně orientovanou čarou a tok informace v komunitě tučnou tečkovanou čarou. Evoluce důvěry je započata vládcem, který určí parametry intervence a předá je producentům, kteří vyberou konzumenty, na které budou intervenovat. Konzumenti sledují přicházející zprávy a komunikují s dostupnými subjekty, tj. dotazem a zpracováním došlé odpovědi či doporučení (utváření důvěry) a vlastními odpověďmi a dotazy jiným (šíření důvěry).



Obr. 5.55 Idea modelu důvěry s intervenčním zásahem

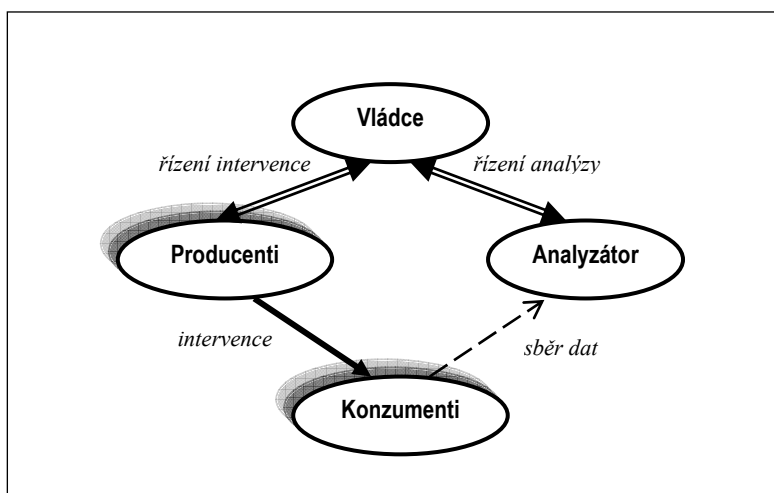
5.8.2 Stručný popis platformy modelu

Multiagentní platforma modelu důvěry využívá agentů realizovaných jako intervenční prvek s důvěrou, jehož implementace je znázorněna na obr. 5.56.



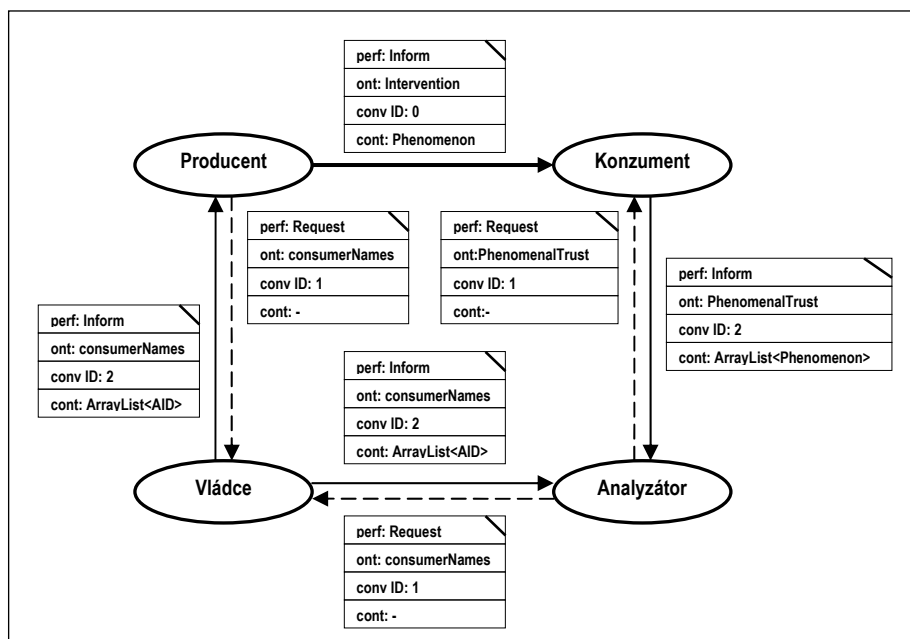
Obr. 5.56 Implementace struktury intervenčního prvku s důvěrou

Jednotlivé úrovně s odpovídajícími typy agentů a jejich funkcemi v hierarchické struktuře jsou vyobrazeny na obr. 5.57.



Obr. 5.57 Hierarchické uspořádání agentů daných typů

Typy zpráv ve vzájemné komunikaci mezi agenty jsou ukázány na obr. 5.58. Zprávy jsou součástí komunikačního protokolu, jenž definuje pravidla pro výměnu zpráv. Komunikační protokol je definován mezi dvojicemi agentů konzument – analyzátor (analyzátor zašle žádost o zaslání důvěry a konzument odpoví zasláním požadovaných dat), vládce – producent a vládce – analyzátor mají shodně definovaný protokol (vládce zašle příkaz k zahájení operace, producent se dotáže na seznam konzumentů, vládce zašle seznam výběru konzumentů, producent zašle zprávu o ukončení operace).



Obr. 5.58 Ukázka vzájemné komunikace agentů

Abstraktní třídy a jejich metody implementující jednotlivé typy agentů jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 5.29).

Tab. 5.29 Abstraktní třídy a metody pro vytváření modelů důvěry

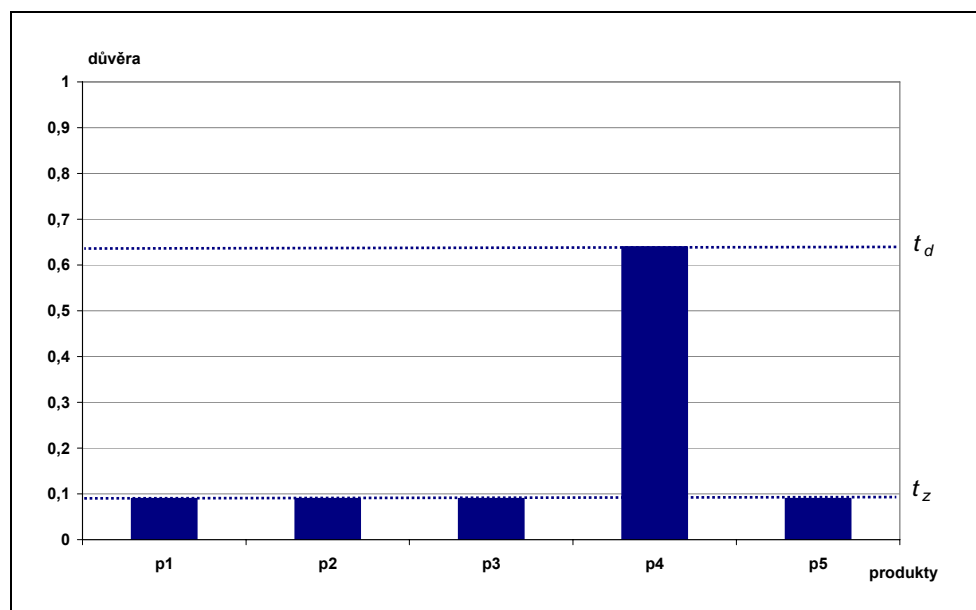
NÁZEV TŘÍDY	NÁZEV METODY
AbstractConsumer	analyze () intervention (Object content)
AbstractProducer	intervention () getDominantPhenomenon ()
AbstractAnalyzer	Analyze (HashMap<AID, Object>consumersData)
AbstractDominator	namesOfConsumers () getTrustModel () getGui ()
AbstractTrustModel	getModelName () getConsumersCount () getPhenomena () getProducers () getConsumers () getAnalyzer () importTrustModelFromFile (String filename)

5.8.3 Postup při vytváření multiagentního modelu

Model fenomenální důvěry a jejího ovlivnění tak, jak byl popsán v předchozích kapitolách se skládá z množiny konzumentů K ($|K|=n$) a množiny producentů P ($|P|=m$), propagujících jednotlivé produkty, tj. hodnoty fenoménu.

Nejprve uvedeme popis počátečního rozložení fenomenální důvěry konzumenta. Předpokládáme, že konzument si ke každému z produktů vytváří jistou míru důvěry. Pokud existuje alespoň jeden produkt, kterému konzument důvěřuje mnohem více než zbývajícím, nazveme tento produkt dominantním produktem konzumenta. Dále předpokládáme, že konzument důvěřuje zbývajícím produktům stejnou měrou. Pokud tedy označíme důvěru konzumenta v dominantní produkt t_d , potom pro zbývající důvěru (označenou t_z) v ostatní

produkty je $t_z = \frac{1-t_d}{m-1}$. Příklad rozložení fenomenální důvěry konzumenta s dominantním produktem (p_4) je znázorněn na obr. 5.59.



Obr. 5.59 Příklad rozložení fenomenální důvěry konzumenta

Populaci konzumentů lze rozdělit do tříd podle toho, který produkt preferují. Relativní četnost tříd je potom považována za rozložení míry důvěry populace konzumentů v danou skupinu produktů. Pokud populace preferuje nějaký produkt mnohem více než ostatní produkty, označíme takovou míru důvěry v dominantní produkt populace t_D . Na tuto míru důvěry pak pohlížíme jako na náhodnou veličinu s normálním pravděpodobnostním rozdělením, střední hodnotou μ a směrodatnou odchylkou σ ($t_D \sim N(\mu, \sigma^2)$).

Producenti, vytvoření na základě množiny produktů, zasílají v intervenční zprávě konzumentům, kteří jsou vybráni vládcem, intervenční data. Konzumenti reagují na tato intervenční data provedením změny míry své fenomenální důvěry.

Při experimentech s ovlivňováním důvěry, a v praxi vůbec, je zajímavější fakt, že v populaci existuje dominantní produkt, než v jaké míře je dominantní, např. pro zisk výrobce či prodejce je důležité dominantní postavení výrobku na trhu.

5.8.4 Ověření chování agentního modelu na reálných datech

Vytvořený multiagentní model důvěry je založen na předpokladu, že intervenční kampaň ovlivňuje důvěru v produkty reprezentované určitým počtem tvrzení, tj. možnou odpovědí na položenou otázku, stejného typu. Ovlivnění důvěry je směřováno ve prospěch produktu (pozitivní intervenční kampaň), v této aplikaci agentního modelu působí intervenční zásah ve prospěch ovlivňovaného produktu. Bylo provedeno několik studií, ve kterých byla použita reálná data. Data byla získána z tiskových zpráv Sociologického ústavu Akademie věd České republiky [83].

Studie vycházejí z výsledků šetření: Finanční krize očima české veřejnosti, z něhož byl jako fenomén vybrán „dopad krize na situaci respondenta a jeho rodiny“.

Otázka šetření zněla: „Domníváte se, že finanční krize bezprostředně ovlivní nebo neovlivní vaši osobní situaci, případně situaci vaší domácnosti?“

Možné odpovědi byly: „rozhodně ovlivní“, „spíše ovlivní“, „spíše neovlivní“, „rozhodně neovlivní“ a „nevím“. Sledovaná období s hodnocením jsou uvedena v tab. 5.30.

Tab. 5.30 Dopad krize na situaci respondenta a jeho rodiny - leden až květen 2009 (v %)

ODPOVĚĎ	01/2009	04/2009	05/2009
ROZHODNĚ OVLIVNÍ	24	25	29
SPIŠE OVLIVNÍ	34	37	40
SPIŠE NEOVLIVNÍ	27	23	21
ROZHODNĚ NEOVLIVNÍ	2	4	4
NEVÍM	13	11	6

Tab. 5.30 byla zjednodušena - pozitivní odpovědi (první dvě) byly sjednoceny v jeden produkt, negativní odpovědi (druhé dvě) do druhého produktu, třetí produkt byl reprezentován odpovědí „nevím“. Vstupní data pro model vycházejí z hodnot šetřených v lednu a dosaženy mají být stavy zjištěné šetřeními v dubnu a květnu 2009 (tab. 5.31).

Tab. 5.31 Hodnoty fenoménu dopad krize: změna leden vs. duben a květen 2009 (v %)

PRODUKT	01/2009	04/2009	05/2009
OVLIVNÍ	58	62	69
NEOVLIVNÍ	29	27	25
NEVÍM	13	11	6

Úměrně počtu respondentů (1038) byl v modelu zvolen počet agentů ($n = 1000$). Hodnota intervenčního rozdělení I_D dominantního produktu populace byla zvolena podle hodnoty zjištěné v průzkumu. Pro zbývající produkty byla použita hodnota intervenčního rozdělení

$$I_Z = \frac{1 - I_D}{m - 1}.$$

Byly provedeny následující studie agentního modelu na reálných datech:

- A1: Závislost míry důvěry populace v dominantní produkt na parametru λ
- A2: Závislost parametru λ na střední hodnotě μ důvěry populace v dominantní produkt
- A3: Závislost parametru λ na hodnotě intervenčního rozdělení
- A4: Závislost míry důvěry v jednotlivé produkty na parametru λ

První tři studie byly provedeny pro dominantní produkt v populaci (tj. tvrzení „ovlivní“), čtvrtá studie byla provedena pro jednotlivé produkty a jejich porovnání. Studie byly zaměřeny zejména na sledování vlivu síly intervence, která představuje souhrn faktorů působících na představu respondenta o vlivu negativního dopadu krize na jeho osobní situaci. Mezi nejvýznamnější takovéto faktory uváděné respondenty patří snížení finančního příjmu, ztráta zaměstnání, snížení sociálních výdajů státu a znehodnocení či ztráta úspor.

A1: Závislost míry důvěry populace v dominantní produkt na parametru λ

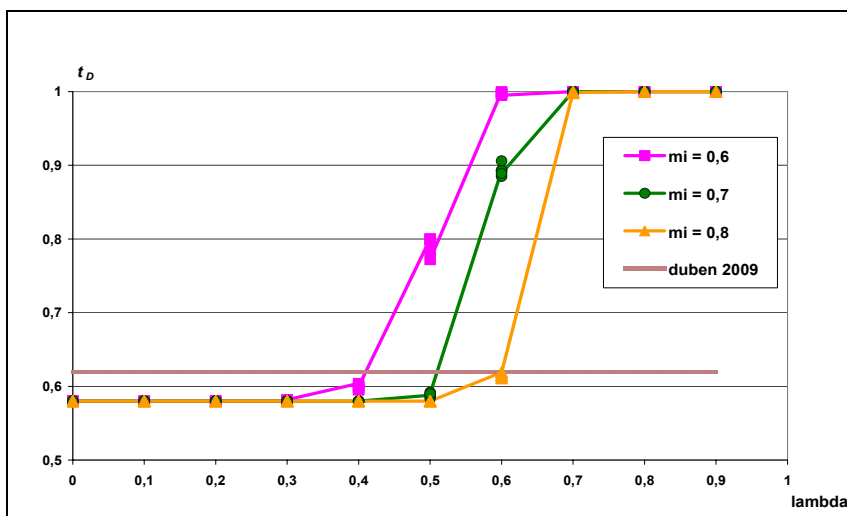
V této studii byla zjišťována závislost míry důvěry populace v dominantní produkt na parametru λ a jeho velikost tak, aby míra důvěry v dominantní produkt (tvrzení „ovlivní“) odpovídala hodnotám zjištěných výzkumem.

Pro vstupní hodnoty rozložení důvěry v populaci byly použity výsledky šetření získané v lednu 2009. Hodnota intervenčního rozdělení dominantního produktu v populaci I_D je zvolena tak, aby simulací byly dosaženy výsledky šetření v měsících dubnu a květnu téhož roku. Obr. 5.60 ukazuje závislost důvěry populace v dominantní produkt na parametru λ po provedené intervenci ($I_D = 0,6$) pro výsledná data zjištěná v měsíci dubnu. Obr. 5.61 ukazuje tuto závislost ($I_D = 0,7$) pro data získaná v měsíci květnu. V obou případech byly použity střední hodnoty míry důvěry v dominantní produkt μ : 0,6 0,7 a 0,8 (pro $\sigma = 0,05$).

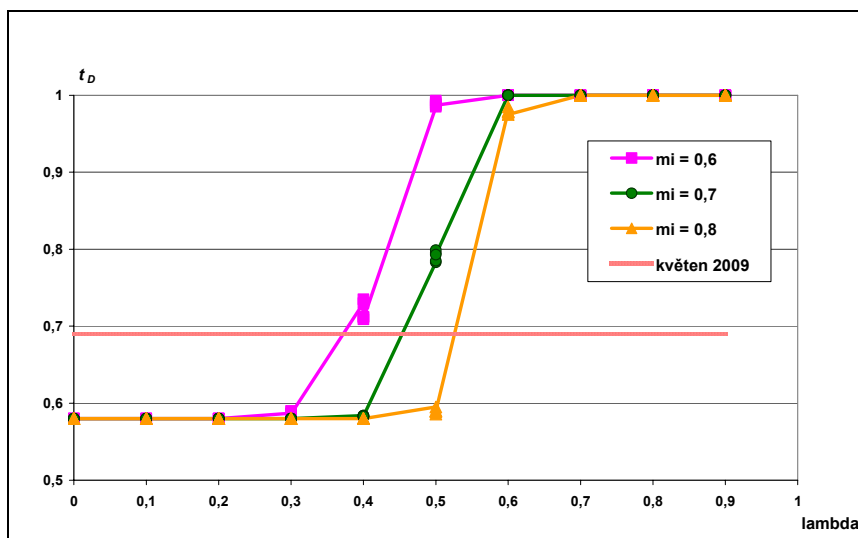
Velikost střední hodnoty μ reprezentuje „sílu přesvědčení“ konzumentů ve svou volbu. Každá ze tří křivek na obrázcích odpovídá příslušné střední hodnotě μ náhodné veličiny t_D ⁹. Hodnoty míry důvěry populace v dominantní produkt zjištěné šetřením v dubnu a květnu jsou zobrazeny přímkami. Hledaný parametr λ je dán průsečíkem křivky míry důvěry populace t_D s hodnotou důvěry zjištěnou šetřením. Spočtené hodnoty síly intervence jsou pro období leden - duben ($I_D = 0,6$) a leden - květen ($I_D = 0,7$) zapsány v tab. 5.32.

Tab. 5.32 Spočtené hodnoty parametru λ : změna leden vs. duben a květen 2009 (v %)

μ	$\lambda_{\text{leden-duben}}$	$\lambda_{\text{leden-květen}}$
0,6	0,37	0,41
0,7	0,45	0,51
0,8	0,53	0,60



Obr. 5.60 Závislost důvěry populace v dominantní produkt na λ při daném μ (leden-duben)



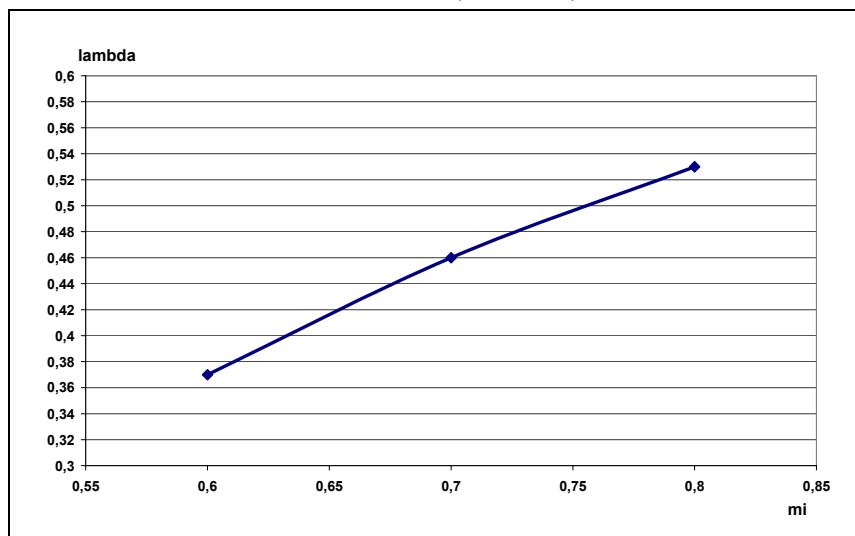
Obr. 5.61 Závislost důvěry populace v dominantní produkt na λ při daném μ (leden-květen)

⁹ Vypočtené hodnoty t_D jsou zobrazeny včetně jejich rozptylu.

Z grafů (obr. 5.60 a obr. 5.61) je patrné, že s rostoucí střední hodnotou μ míry důvěry v dominantní produkt roste parametr λ potřebný pro dosažení požadované míry důvěry.

A2: Závislost parametru λ na střední hodnotě μ důvěry populace v dominantní produkt

Tato studie závislosti λ na μ pro hodnoty μ : 0,6 0,7 a 0,8 byla provedena pro výchozí data, která byla získána v lednu a výsledkem byla míra důvěry populace dosažená v měsíci květnu, tj. pro hodnotu intervenčního rozdělení $I_D = 0,7$ ($\sigma = 0,05$).

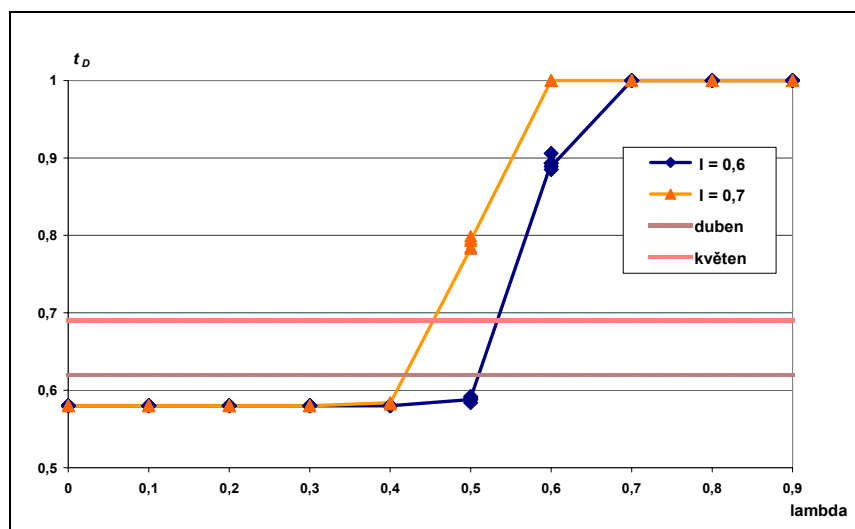


Obr. 5.62 Závislost parametru λ na střední hodnotě μ míry důvěry v dominantní produkt

Z grafu na obr. 5.62 je patrná mírně nelineární závislost, s rostoucí střední hodnotou μ míry důvěry v dominantní produkt roste síla intervence λ , potřebná k dosažení požadované míry důvěry v dominantní produkt.

A3: Závislost parametru λ na velikosti hodnoty intervenčního rozdělení

V této studii bylo provedeno porovnání dříve (ve studii A1) užitých hodnot intervenčního rozdělení $I_D = 0,6$ a $I_D = 0,7$ pro zvolené hodnoty $\mu = 0,7$ a $\sigma = 0,05$. Výsledek této studie je znázorněn na obr. 5.63.



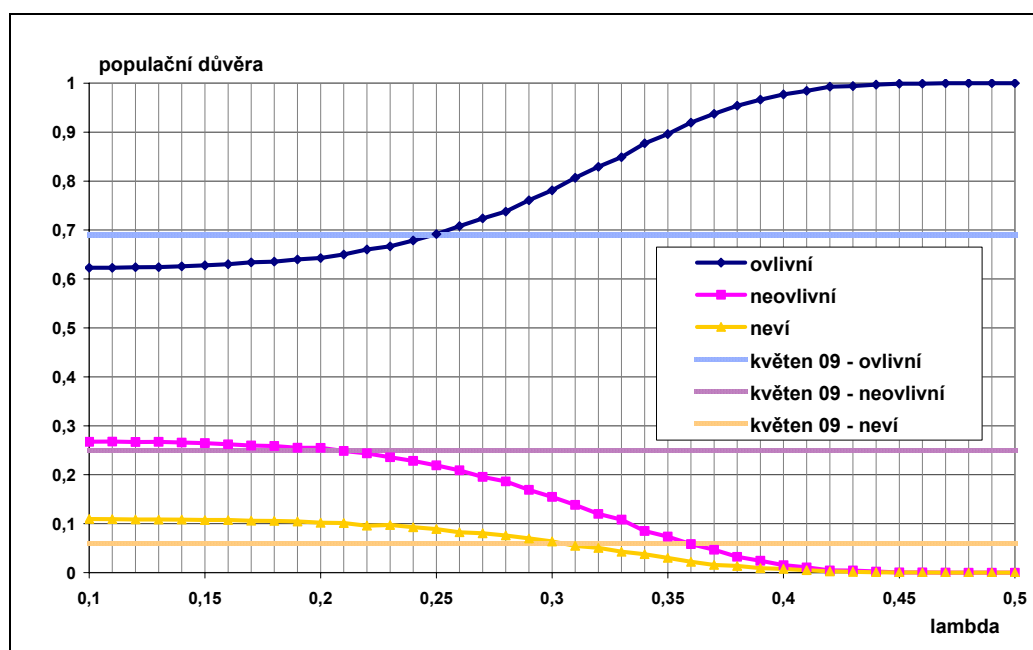
Obr. 5.63 Závislost míry důvěry v populaci na parametru λ pro dané hodnoty intervenčního rozdělení

Spočtené hodnoty parametrů $\lambda = 0,45$ pro $I_D = 0,7$ a $\lambda = 0,51$ pro $I_D = 0,6$ vycházely z dat výzkumů provedených v dubnu a květnu 2009.

Z grafu na obr. 5.63 je vidět, že s rostoucí hodnotou intervenčního rozdělení dominantního produktu se snižuje velikost parametru λ potřebného k dosažení dané úrovně důvěry. Další možností využití výsledků této simulace by byla predikce různých směrů vývoje negativního dopadu krize pro cíleně zvolené hodnoty I_D .

A4: Závislost míry důvěry populace v jednotlivé produkty na parametru λ

Dosud uvedené výsledky simulací se týkaly pouze důvěry populace v dominantní produkt. Pro představu, jak je tomu s důvěrou ve zbývající produkty, byla provedena srovnávací studie míry důvěry v jednotlivé produkty. Vycházela z dat získaných v dubnovém průzkumu roku 2009 a dosahována byla míra důvěry populace v produkty zjištěná v měsíci květnu 2009. Na obr. 5.64 jsou uvedeny průběhy míry důvěry v populaci pro všechny produkty (tvrzení „ovlivní“, „neovlivní“ a „neví“) fenoménu „dopad krize“ (duben - květen) v závislosti na síle intervence λ pro hodnotu intervenčního rozdělení $I_D = 0,7$ a $I_Z = 0,15$ při „průměrné síle“ důvěry populace ($\mu=0,5$) a pro $\sigma=0,05$. Z grafu na obrázku je vidět, že k největší změně ovlivnění důvěry populace dochází při hodnotách parametru $\lambda \in \langle 0,2; 0,4 \rangle$.



Obr. 5.64 Závislost míry důvěry populace v produkty na parametru λ (duben - květen)

Výsledný graf by bylo možno taktéž využít pro predikci budoucího stavu pro ostatní hodnoty fenoménu. Velikost síly intervence pro jednotlivé produkty se pohybovala v rozmezí hodnot $\lambda \in \langle 0,22; 0,32 \rangle$, proto pro orientační zjištění hodnot by bylo možno použít spočtenou hodnotu λ pro dominantní produkt, i když se dá očekávat, že na každou skupinu subjektů (respondentů) preferujících určitý produkt působí dopad krize jinou silou. Takto bychom mohli určit pro spočtené hodnoty síly intervence jednotlivých produktů λ_i ($i = 1, 2, 3$) počty respondentů k příslušným tvrzením. Simulací byly spočteny hodnoty pro tvrzení „neovlivní“ 22% (v průzkumu zjištěno 25%) a pro tvrzení „neví“ 9% (v průzkumu zjištěno 6%). Tyto odchylky jsou způsobeny tím, že důvěra v ostatní produkty byla při návrhu multiagentního modelu rovnoměrně rozdělena, tj. došlo k podhodnocení a nadhodnocení míry

důvěry ve zbývající produkty. To lze ale odstranit rozdělením důvěry ve zbývající produkty úměrně jejich počáteční velikosti.

Pro ověření výsledků této simulační studie byl proveden výpočet síly intervence z dat výzkumu podle vztahu (5.22) uvedeného v kapitole 5.6.2. Kromě tohoto výpočtu byly ještě spočteny hodnoty entropie podle vztahu (5.15) uvedeného v kapitole 5.6.1. Výsledky těchto výpočtů jsou uvedeny v tab. 5.33. Výpočet hodnoty λ oběma způsoby se shoduje. Mírný rozdíl hodnot ($\lambda_{\text{simulovaná}} = 0,25$ a $\lambda_{\text{spočtená z výzkumu}} = 0,27$) je možno vysvětlit faktem, že v případě simulace byla míra důvěry populace v dominantní produkt realizována náhodnou veličinou $N(\mu, \sigma^2)$. Pokles součtu entropie z hodnoty spočtené v dubnu na hodnotu spočtenou v květnu (v tab. 5.33 vyznačeno tučně) ukazuje, že rozložení míry důvěry v jednotlivé produkty v květnu je méně rovnoměrné než v dubnu, což potvrzuje i květnový nárůst míry důvěry populace v dominantní produkt a pokles míry důvěry populace ve zbývající dva produkty.

Tab. 5.33 Výsledky spočtené z dat výzkumu (duben – květen 2009)

PRODUKT	T_{DUBEN}	I	$T_{\text{KVĚTEN}}$	$H(T_{\text{DUBEN}})$	$H(I)$	$H(T_{\text{KVĚTEN}})$
Ovlivní	0,62	0,70	0,69	0,4276	0,3602	0,3694
Neovlivní	0,27	0,15	0,25	0,5100	0,4105	0,5000
Neví	0,11	0,15	0,06	0,3503	0,4105	0,2435
Σ	1,00	1,00	1,00	1,2879	1,1813	1,1129
$\lambda_{\text{SPOČTENÁ Z VÝZKUMU}} = 0,2679$						

5.9 Důvěra, spolupráce a její riziko

Nemůžeme jeden druhému důvěřovat? Pak, si také nemůžeme navzájem pomoci!

Josef Čapek

V předchozích kapitolách jsme navrhli nejen model utváření důvěry ve skupině (kapitola 5.4), ale modelovali jsme důvěru v populaci, v níž existovaly malé či větší skupiny subjektů (kapitola 5.8) s podobným chováním. Pro takovéto subjekty, které mohou mít společné zájmy, bude výhodné navázání vzájemná spolupráce. Výběr subjektu vhodného ke spolupráci lze provést na základě stanovení kritérií výběru. Ne všechny subjekty, které mají společný zájem, je vhodné využít ke spolupráci. Pokud je do modelu zakomponována důvěra, může být při rozhodování využita. V tomto případě si subjekt ke spolupráci může vybrat za partnery takové subjekty, jimž nejvíce důvěřuje. Záleží však i na tom, jakou měrou vybírané subjekty důvěřují subjektu, který si je pro spolupráci vybírá, tj. na vzájemné důvěře subjektů. Dá se předpokládat, že subjekty důvěřující si „přibližně stejně“ budou pro spolupráci vhodné, zejména pokud bude tato důvěra vysoká.

Výběr partnera pro spolupráci může být prováděn různým způsobem. Náhodný výběr je jednou z takovýchto možností [84]. Často bývá výběr založen na nějakém modelu, provádějícím rozhodování [85], [86] a [87]. Dále je možno použít rozhodování na základě strategických her. Novým konceptem při modelování výběru partnera pro spolupráci je zahrnutí faktoru rizika [88]. Protože v této práci vycházíme z předpokladu dostupnosti vzájemné důvěry, použijeme ji k výběru partnera pro spolupráci.

5.9.1 Posouzení míry rizika spolupráce partnerů

Vhodným kritériem pro výběr partnerů se jeví míra rizika plynoucího ze spolupráce. Boyle a Bonacich v [24] popsali efektivní metodu pro vyjádření míry rizika použitím teorie her, varianty hry dvou hráčů se dvěma strategiemi a nulovým součtem (*2-Players*,

2-Strategies, Non-zero-sum Game), jejíž podstata je založena na výplatní matici hry (viz kapitola 3.1.4). Uvažujme následující maticovou strukturu

$$\begin{array}{cc}
 & \text{Prvek B} \\
 & S \quad O \\
 \text{Prvek A} & S \quad x, x \quad w, z, \\
 & O \quad z, w \quad y, y
 \end{array} \quad (5.24)$$

kde S označuje přijetí spolupráce prvkem a O představuje její odmítnutí daným prvkem. Tudiž pro dva prvky existují dvě výplatní matice následujících tvarů

$$A = \begin{pmatrix} x & w \\ z & y \end{pmatrix} \text{ a } B = \begin{pmatrix} x & z \\ w & y \end{pmatrix}. \quad (5.25)$$

Koeficient x představuje výplatní hodnotu v případě, že oba prvky budou spolupracovat, koeficient y představuje výplatní hodnotu v případě, že oba odmítají spolupráci, w výplatní hodnotu v případě, že prvek A chce spolupracovat a prvek B odmítá spolupráci a koeficient z výplatní hodnotu v případě, že prvek A odmítá spolupráci a prvek B spolupráci přijímá.

V práci [24] jsou definovány následující veličiny. Riziko rozhodnutí z přijetí spolupráce v případě, že protivník spolupráci odmítne, je vyjádřeno

$$r = (y-z). \quad (5.26)$$

V kontrastu s možnými ztrátami v souvislosti s tímto rozhodnutím je zisk vyjádřen

$$g = (x-y). \quad (5.27)$$

Z důvodu možného rizika se objevuje pokušení odmítnout spolupráci, které lze zapsat

$$t = (w-x). \quad (5.28)$$

Myšlenka odmítnutí spolupráce je důležitá. Čím vyšší je pokušení odmítnout spolupráci, tím je spolupráce méně vhodná. To se odráží v menší míře důvěry. Boyle a Bonacich intuitivně navrhli tzv. „*index opatrnosti*“ (*Caution Index*), který je dán vztahem

$$c = \frac{\sqrt{rt}}{g}. \quad (5.29)$$

Z uvedeného vyplývá, že s rostoucím g roste ochota ke spolupráci. Čím vyšší je index opatrnosti, tj. čím menší je g , tím menší je očekávání spolupráce nebo důvěry.

5.9.2 Před-výběr partnera na základě vzájemné důvěry

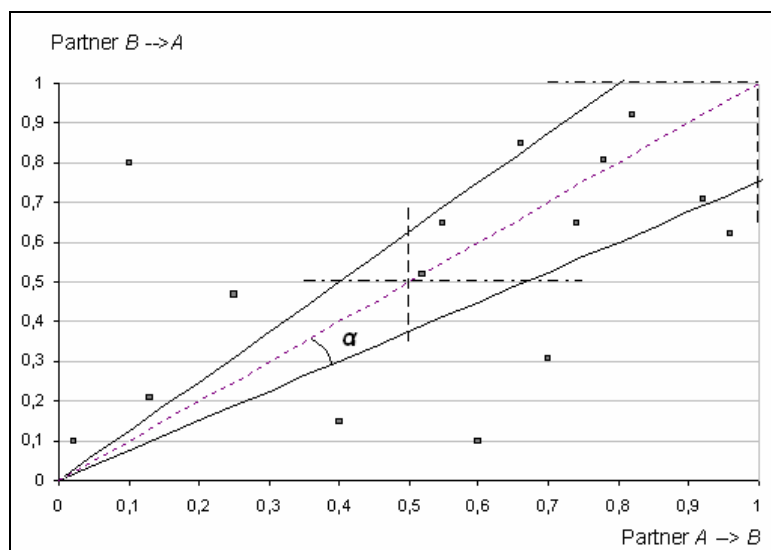
V reálné situaci se často stává, že jeden z dvojice je na základě své důvěry ochotný spolupracovat, ale druhý, opět na základě své důvěry, tuto spolupráci odmítá. Takovéto dvojice prvků, které nejsou vhodné ke spolupráci, je možno ze skupiny všech dvojic prvků předem vyloučit. Tím bude redukována množina dvojic prvků určená k selekci kritériem výpočtu a posouzení rizika plynoucího ze spolupráce. Ukážeme (v kapitole 5.9.3), že by tyto dvojice byly vyloučeny i výpočtem indexu opatrnosti. Na obr. 5.65 je znázorněn postup při „před-výběru“ dvou prvků (včetně kritérií) vhodných ke spolupráci.

Každý bod (čtvercový tvar), jehož souřadnice jsou dány vzájemnou důvěrou, zobrazuje dvojici potenciálních partnerů. Partneri, kteří mají stejnou míru vzájemné důvěry, jsou zobrazeni na diagonále (znázorněno přerušovanou čarou). Pro před-výběr páru vhodného pro spolupráci je třeba splnit následující dva požadavky

- vzájemná důvěra partnerů přibližně stejná s upřednostněním větší důvěry
- dostatečně velká vzájemná důvěra každého z partnerů.

První z požadavků je splněn výběrem páru uvnitř výseče tvaru V (značeno plnou čarou) s parametrem α , který určuje úhel otevření V -sektoru. Důvodem použití V -sektoru je zahrnutí více dvojic v oblasti vyšší důvěry. Druhý požadavek je splněn omezením V -sektoru shora i zdola (čerchovaná čára) a zleva i zprava (čárkovaně) intervaly $\langle u_1, u_2 \rangle$. Hodnoty parametrů jsou $u_1 > 0,5$ a $u_2 < 1$, protože hodnoty menší než u_1 už spadají do oblasti nerozhodnosti a nedůvěry, hodnota parametru u_2 je omezena hodnotou slepé důvěry.

Uvnitř takto vymezené oblasti zůstávají páry vhodné pro spolupráci. Tyto páry nazveme množinou před-vybraných párů a budeme je značit P_p .



Obr. 5.65 Kritéria pro „před-výběr“ párů vhodných ke spolupráci

Zbývá najít způsob, kterým vybereme optimální pár. Spolupráci většinou podněcuje možnost prospěchu a zisku, za který je však nutno zaplatit jistou mírou rizika a přiměřenými náklady. Riziko se spoluprací úzce souvisí. Pro jeho vyjádření, jak již bylo dříve napsáno, lze použít teorii her. Ta umožňuje jak posouzení rizika, tak i nalezení dominantní strategie, která je žádoucí (viz již zmíněné „Dilema vězňů“).

5.9.3 Výběr partnera na základě vzájemné důvěry a minimalizace rizika

Pokud vezmeme za kritérium výběru páru pro spolupráci index opatrnosti (5.29), je nutno určit ještě hodnoty prvků výplatní matice. Použijeme-li zavedené označení pro personální důvěru t_{ij} (jak i -tý prvek důvěřuje j -tému), je možno analogicky jako v teorii her určit hodnoty prvků výplatní matice takto

$$x = t_{ij} t_{ji} , \quad (5.30)$$

$$w = t_{ij} (1 - t_{ji}) , \quad (5.31)$$

$$z = (1 - t_{ij}) t_{ji} , \quad (5.32)$$

$$y = (1 - t_{ij}) (1 - t_{ji}) . \quad (5.33)$$

kde: x představuje situaci dvou partnerů ochotných spolupracovat, w určuje hodnotu páru, v němž první spolupracuje a druhý nikoliv, z je opačný případ k předcházejícímu a y představuje situaci, v níž oba partneři spolupráci odmítají.

V následujícím příkladu jsou spočteny pro dva páry hodnoty koeficientů x, y, w, z (prvky výplatní matice) a předchozí parametry r, g, t a c . Vypočtené hodnoty u páru s poměrně vysokou vzájemnou důvěrou $[0,78; 0,81]$ ukazuje tab.5.34. Tytéž výpočty pro jiný pár, ve kterém má jeden z partnerů nízkou úroveň důvěry a druhý důvěru v oblasti nerozhodnosti $[0,25; 0,47]$, jsou prezentovány v tab. 5.35. Oba případy, první pár vhodný a druhý pár nevhodný ke spolupráci, byly vybrány z grafu na obr. 6.65.

Hodnoty indexů opatrnosti c potvrdily očekávání. Páry vhodné ke spolupráci ($t_{ij} > 0,5$ či $t_{ji} > 0,5$) mají index opatrnosti kladný (vyjadřuje riziko spolupráce), páry nevhodné ke spolupráci by měly hodnotu indexu zápornou. Uvedené dva subjekty se vzájemnou důvěrou $[0,25; 0,47]$ by však jako nevhodné pro spolupráci odhalilo již kritérium před-výběru (tj. nedostaly by se do množiny před-vybraných párů), neboť by se jako potenciální pár objevily mimo V -sektor, jak je patrné z obr. 5.65.

Tab. 5.34 Index opatrnosti dvojice $[0,78; 0,81]$ - přijetí spolupráce

x	y	w	z
0,63	0,04	0,18	0,15
r	g	t	c
-0,11	0,59	-0,45	0,37

Tab. 5.35 Index opatrnosti dvojice $[0,25; 0,47]$ - odmítnutí spolupráce

x	y	w	z
0,12	0,40	0,35	0,13
r	g	t	c
0,27	-0,28	0,24	-0,89

Hodnoty indexu opatrnosti vypočtené pro několik hodnot vzájemné důvěry z intervalu $(0,5, 1)$ jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 5.36).

Tab. 5.36 Spočtené hodnoty indexu opatrnosti pro vybrané hodnoty vzájemné důvěry

$c[t_{AB}; t_{BA}]$	t_{AB}				
t_{BA}	0,55	0,60	0,75	0,90	0,95
0,55	0,50	0,66	0,83	0,88	0,90
0,60	0,33	0,49	0,70	0,78	0,80
0,75	0,14	0,25	0,43	0,53	0,56
0,90	0,07	0,12	0,23	0,30	0,32
0,95	0,04	0,08	0,16	0,21	0,22

V tabulce 5.36 uvedené hodnoty indexu opatrnosti $c[t_{AB}; t_{BA}]$ odpovídající situaci, kdy partner A vybírá pro spolupráci partnera B na základě vzájemné důvěry t_{AB} a t_{BA} . Na intervalu $(0,5, 1)$, kde má výpočet indexu opatrnosti smysl, je vidět klesající hodnotu indexu opatrnosti partnera A (vůči partneru B) s rostoucí mírou důvěry partnera B (v partnera A). Podobně je tomu při výpočtu indexu opatrnosti partnera B , který vybírá partnera A na základě vzájemné důvěry $c[t_{BA}; t_{AB}]$. Vzhledem k asymetrii vzájemné důvěry se tyto hodnoty liší.

Na obr. 5.66 je zobrazena vzájemná důvěra obou partnerů, obě výplatní matice a ostatní parametry potřebné pro výpočet indexů opatrnosti obou partnerů, v prvním případě, pokud A vybírá B a v druhém případě, jestliže B vybírá A (značeno $A \rightarrow B, B \rightarrow A$). Z obrázku je vidět, že vyšší riziko podstupuje partner A , což se při znalosti vzájemné důvěry dalo předpokládat, protože míra důvěry partnera A partnerovi B je mnohem vyšší než naopak míra důvěry partnera B partnerovi A . Z toho plyne, že případná spolupráce je výhodnější pro partnera B , což potvrzuje intuici.

Dostáváme tedy $|P_p|$ dvojic indexů opatrnosti pro množinu před-vybraných párů P_p .

A→B				Vzájemná důvěra	
x	y	w	z	A	B
0,54	0,04	0,06	0,36	0,90	0,60
r	g	t	c	Výplatní matice	
-0,32	0,50	-0,48	0,78	A	
B→A				0,54	0,36
x	y	w	z	0,06	0,04
0,54	0,04	0,36	0,06	Výplatní matice	
r	g	t	c	B	
-0,02	0,50	-0,18	0,12	0,54	0,06
				0,36	0,04

Obr. 5.66 Indexy opatrnosti partnerů ilustračního páru

Dále uvedeme stanovení výběru páru ze všech již dříve před-vybraných párů. Často používáme k takovýmto hodnocením průměrný a nejhorší případ. Z toho vychází návrh následujících dvou metod, které provádějí výběr na základě stanovení

1. minima z průměrů obou rizik dvojic
2. minima z maxim z obou rizik dvojic.

Takto může být oběma metodami vybrán buď jeden a tentýž pár a nebo to mohou být dva různé páry. Tato skutečnost a její zkoumání jsou náplní následující kapitoly.

5.9.4 Ověření použitelnosti před-výběru párů a konceptu opatrnosti

Pro ověření a potvrzení správnosti předchozího způsobu výběru partnerů byla provedena řada experimentů, zaměřených na studium parametrů ovlivňujících před-výběr a na testování vlivu různých okolností na shodnost výběru, tj. výběru téhož páru oběma metodami.

Nejprve bylo provedeno vytvoření skupiny n subjektů. Pro každý subjekt byla náhodně vygenerována na intervalu $\langle 0, 1 \rangle$ míra důvěry k ostatním subjektům skupiny s respektováním asymetrie, nelinearity a mapovací funkce.

Byly provedeny následující studie výběru párů:

- V1: Rozložení před-vybraných párů na množině párů
- V2: Vliv parametru α na výběr páru
- V3: Vliv parametru α na shodnost výběru páru
- V4: Vliv použité metody výběru na shodnost výběru páru
- V5: Vliv velikosti skupiny na shodnost výběru páru

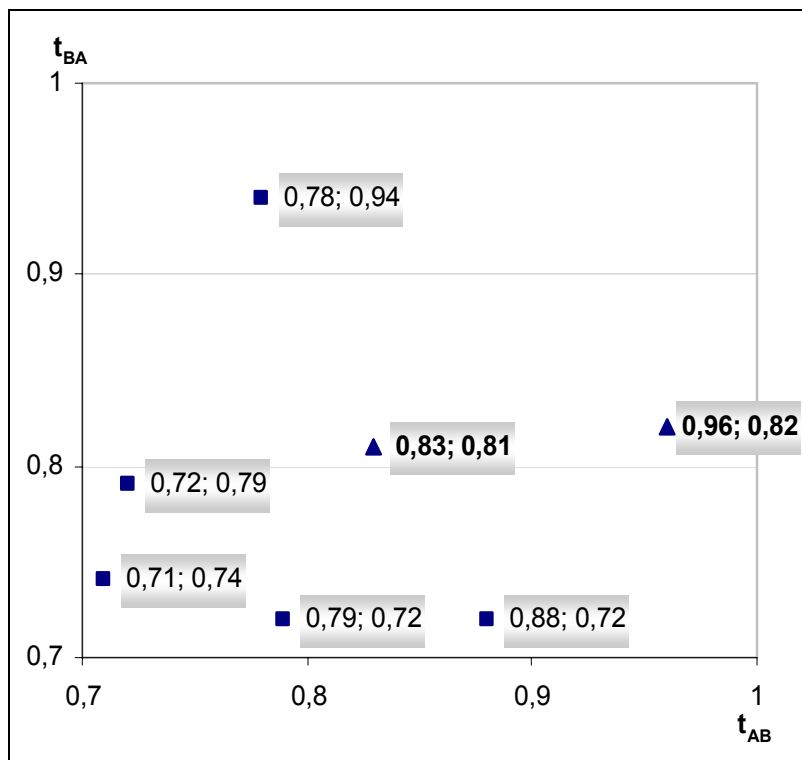
V1: Rozložení před-vybraných párů na množině párů

Nejprve jsme sledovali, jakým způsobem jsou před-vybrané páry rozloženy na množině párů. Ukázka rozmístění párů, reprezentovaných vzájemnou důvěrou na příslušném sektoru, je uvedena na obr. 5.67 ($n=15$, $\alpha=10^\circ$).

Vzájemné míry důvěry párů vybraných oběma metodami jsou zobrazeny body tvaru trojúhelníků. První metodou byl vybrán pár $[0,96; 0,82]$ a spočtený index opatrnosti činil 0,30. Druhá metoda zvolila pár $[0,83; 0,81]$, jehož vypočtený index opatrnosti byl 0,40. První

metoda tedy více preferuje větší míru vzájemné důvěry, zatímco druhá metoda více preferuje faktor přibližné shodnosti vzájemné důvěry.

Umístění vybraných párů je v souladu s našimi dřívějšími předpoklady o výběru partnera pro spolupráci.



Obř. 5.67 Rozmístění „před-vybraných“ párů vhodných ke spolupráci

V2: Vliv parametru α na výběr páru

Dále jsme zkoumali vliv velikosti V -sektoru, tj. velikosti úhlu α na výběr páru. Pokud úhel α klesne pod hodnotu $(\pi/4 - \arctg 0,5)$, tj. přibližně 18° , snížení počtu možných partnerů pro spolupráci využitím V -sektoru (V -sektor je příliš „široký“) nebude možno aplikovat.

Příklad výsledků získaných oběma metodami pro 15-člennou skupinu je přehledně zapsán ve dvou tabulkách (tab. 5.37 a tab. 5.38). Pokud byl pár vybrán, tj. úhel α nebyl příliš malý a tím pádem V -sektor příliš úzký, byl vybírán oběma metodami sice odlišný, ale v rámci jedné metody stále stejný pár.

Tab. 5.37 Studie parametru α - výsledky 1. metody výběru

α	PÁR	DŮVĚRA	INDEX OPATRNOSTI
0	0	0	0
5	0	0	0
10	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]
15	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]
20	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]
25	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]
30	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]
35	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]
40	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]
45	[0,6]	[0,96;0,82]	0,30 [0,45;0,15]

Tab. 5.38 Studie parametru α - výsledky 2. metody výběru

α	PÁR	DŮVĚRA	INDEX OPATRNOSTI
0	0	0	0
5	0	0	0
10	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]
15	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]
20	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]
25	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]
30	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]
35	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]
40	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]
45	[12,14]	[0,83;0,81]	0,40 [0,40;0,36]

Čím je index opatrnosti menší, tím je prováděn výběr vhodnějšího páru pro spolupráci. V tomto experimentu byl dosažen lepší výsledek první metodou, neboť index opatrnosti páru vybraného touto metodou je 0,30, narozdíl od indexu opatrnosti páru vybraného druhou metodou, která vybere pár s mírně vyšší hodnotou indexu ($c = 0,4$).

Výsledky ukázaly, že dokonce i malá hodnota úhlu α (10°) byla dostatečná pro výběr partnerů oběma metodami, při větší hodnotě se již výběr nemění, je tedy na její velikosti nezávislý. Tento výsledek umožňuje volit malou hodnotu úhlu α k dosažení redukce párů a urychlení dalších výpočtů.

V dalších experimentech jsme věnovali pozornost konceptu opatrnosti a ověření oprávněnosti jeho použití, zejména studii vlivu různých faktorů na shodnost výběru téhož páru.

V3: Vliv parametru α na shodnost výběru páru

Sledovali jsme shodnost výběru jednoho a téhož páru oběma metodami využívajícími index opatrnosti při výběru z před-vybraných párů.

Studie závislosti výběru téhož páru na velikosti parametru α je zachycena v tab. 5.39. Pro každou hodnotu parametru α a velikost skupiny $n = 50$ je simulace vykonána 1000×. Výsledky studie potvrdily nezávislost shodnosti výběru páru na velikosti úhlu α .

Tab. 5.39 Studie parametru α - shoda ve výběru páru

α	POČET SHOD	[%]
0	0	0
5	656	65,6
10	673	67,3
15	661	66,1
20	668	66,8
25	659	65,9
30	655	65,5
35	665	66,5
40	657	65,7
45	648	64,8

V4: Vliv použité metody výběru na shodnost výběru páru

Pro posouzení obou metod byl zjišťován rozptyl shody při výběru páru. Výsledky deseti spočtených hodnot shod výběru, z nichž každá hodnota byla spočtena pro 1000 běhů, skupinu $n = 100$ členů a úhel $\alpha = 10^\circ$, je znázorněn v tab. 5.40. Vypočtený aritmetický průměr je 66,5 %, průměrná odchylka je 1,008 % a směrodatná odchylka je 1,32 %.

Provedené experimenty potvrdily malou průměrnou odchylku shod pro obě použité metody.

Tab. 5.40 Studie rozptylu shody při výběru páru

ČÍSLO POKUSU	POČET SHOD	[%]
1	678	67,8
2	648	64,8
3	644	64,4
4	660	66,0
5	671	67,1
6	665	66,5
7	661	66,1
8	671	67,1
9	692	69,2
10	664	66,4

V5: Vliv velikosti skupiny na shodnost výběru páru

Dále jsme zkoumali vliv počtu subjektů tvořících skupinu na shodu ve výběru páru vhodného pro spolupráci a to opět pro obě metody výběru.

Studie opakovaných simulací (opět 1000) byla provedena pro měnící se velikost skupiny. Za reprezentativní velikosti skupiny byly zvoleny hodnoty $n = 15, 50, 100, 500$ a 1000 . Ve dvou níže uvedených tabulkách (tab. 5.41 a tab. 5.42) jsou zapsány výsledky experimentů provedených pro dvě hodnoty úhlů $\alpha = 5^\circ$ a $\alpha = 15^\circ$.

Tab. 5.41 Studie vlivu velikosti skupiny na shodu při výběru páru ($\alpha=5^\circ$)

VELIKOST SKUPINY	POČET SHOD	[%]
15	695	69,5
50	679	67,9
100	664	66,4
500	668	66,8
1 000	652	65,2

Tab. 5.42 Studie vlivu velikosti skupiny na shodu při výběru páru ($\alpha=15^\circ$)

VELIKOST SKUPINY	POČET SHOD	[%]
15	669	66,9
50	659	65,9
100	663	66,3
500	672	67,2
1 000	662	66,2

Provedené experimenty ukazují, že navržené metody jsou stabilní a vykazují shodu v cca 66% případech.

Z výsledků všech uvedených studií je možno usuzovat, že koncept opatrnosti je úspěšně použitelný pro výběr páru ke spolupráci založený na využití vzájemné důvěry partnerů.

6 ZÁVĚRY A DALŠÍ PRÁCE

Důvěra je jako velmi jemná květinka - dlouho jí trvá než rozkvetne a snadno se zašlápne. Manfred De Vries

Fenomén důvěry patří k jevům, jimž je v poslední době věnována značná pozornost nejen v sociologii, ale i v technických vědách. Obsah důvěry sice zůstává stejný, formy jejího projevu se však přetvářejí spolu se změnami charakteru společnosti. Na přelomu 20. a 21. století bývají proměny důvěry spojovány zejména s rizikem, nejistotou a narůstající rychlostí společenských změn, což bývá námětem sociologických prací, např. [89] a [90]. Pohled sociologa a jeho spolupráce při vytváření modelu důvěry se jeví jako důležitá součást návrhu modelu i v technických oblastech, právě z důvodu rostoucího počtu aplikací modelů důvěry v technických vědách a v technické praxi. V důsledku takovéto potřeby vznikají i monografie věnované formalizaci důvěry a návrhům modelů důvěry, např. [91]. Analýza přístupu k modelování důvěry byla publikována v [D1] a [D2].

Za původní přínosy práce naplňující stanovené cíle považujeme:

1. model personální a fenomenální důvěry zahrnující následující faktory

- počáteční míra důvěry
- předchozí míra důvěry
- počet vzájemných kontaktů (personální důvěra)
- počet doporučení
- reputace
- dispozice k důvěře

ovlivňující důvěru, včetně metody pro utváření důvěry (publikováno v [D3], [D4])

2. model intervenčního zásahu metodou směsi počátečního rozdělení důvěry a intervenčního rozdělení, včetně návrhu posouzení intervence použitím entropie, divergence (relativní entropie) a symetrické divergence entropie (publikováno v [D5])
3. multiagentní model důvěry s intervencí a jeho aplikace na reálná data
4. metodu výběru partnera pro spolupráci založenou na vzájemné důvěře partnerů a posouzení rizika spolupráce využitím indexu opatrnosti (publikováno v [D6])

Nejdůležitějším směrem další práce bude testování multiagentního modelu fenomenální důvěry s intervencí a případné rozšíření o další varianty modelu včetně rozdělení populace agentů.

Pokračování v započaté spolupráci se sociology umožní konzultovat chování modelu personální důvěry, fenomenální důvěry a multiagentního modelu s intervenčním zásahem a podle připomínek provést úpravu jejich parametrů.

Jednou z dalších možností úpravy modelu důvěry může být vytvoření samostatných komponent reputace a doporučení, propojení všech komponent, případně doplnění komponentou umožňující učení.

Rozšíření metody výběru partnerů pro spolupráci je dalším možným směrem zdokonalení modelu. Otázkou a námětem je vyřešení situace, v níž není známa vzájemná důvěra obou partnerů či neexistuje partner s vyšší důvěrou než je hodnota nerozhodnosti (tj. míra důvěry větší než 0,5). Nabízí se použití např. vlastní reputace jako míry vzájemné důvěry, neboť reputace by měla být „v souladu“ s předpokládanou mírou důvěry partnera. Výběr partnerů na základě vzájemné důvěry je vhodné využít při realizaci kooperace agentů ve skupině, ale i například při vytváření komunikačního scénáře skupiny agentů v multiagentním modelu důvěry.

Literatura

- [1] Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. a kol.: *Umělá inteligence*, Academia, Praha, 2001.
- [2] Návrat P., Bielíková M., Kapustník I., Unger M.: *Umelá inteligencia*. Slovenská technická univerzita, Bratislava, 2002.
- [3] Yang Y.: *A Trust Profiling Framework to Assess Trust and Transitivity of Trust of Web-based Services in a Heterogeneous Web Environment*, Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of New South Wales, Australian Defense Force Academy, Canberra, Australia, 2004
- [4] Velloso P., Laufer R., Duarte O., Pujolle G.: HIT: A Human-inspired Trust Model, in *IFIP International Federation for Information Processing*, Volume 211, ed. Pujolle, G., Mobile and Wireless Communication Network, (Boston Springer), pp. 35-46, 2006.
- [5] Luhmann N.: *Trust and Power*, Chichester [etc.] : Wiley, USA, 1979.
- [6] Yamamoto Y.: *A Morality Based on Trust*, Philosophy East & West, vol. 40, no. 4, University of Hawai's Press 1990.
- [7] Buskens V.: Trust in Triads: Effects of Exit, Control and Learning, *Games and Economic Behavior* 42, pp. 235-252, Elsevier Science, USA, 2003.
- [8] Hertzberg L.: *On the Attitude of Trust*, Scandinavian University Press, Oslo, vol. 31, pp. 307-322, 1988.
- [9] Dawkins R.: *The Selfish Gene*, Oxford University Press Inc., New York, USA, 1989.
- [10] Marsh S.: *Formalising Trust as a Computational Concept*, Ph.D. Thesis, Department of Mathematics and Computer Science, University of Stirling, 1994.
- [11] Aukro.cz – Aukce OnLine. Dostupné z: <<https://ssl.aukro.cz/>>, [cit. 2008-05-12], <<http://www.aukro.cz/>>, [cit. 2009-08-11]
- [12] Covey S. M. R., Merrill R. R.: *The Speed of Trust. The One Thing That Changes Everything*, Covey Link, LLC, Free Press, New York, USA, 2006
- [13] T3Group: Trust Across Discipline. Dostupné z: <<http://www.istc.cnr.it/T3/map/index.html>>, [cit. 2008-10-12]
- [14] The World Book Dictionary, World Book, Inc. a Scott Fetzer company, The World Book Encyclopaedia, Chicago, USA, 1988.
- [15] Golbeck J.: *Computing and Applying Trust in Web-based Social Networks*, Dissertation in partial fulfillment of the requirements for Ph.D. degree, University of Maryland, USA, 2005

- [16] Galloway L.: *Hysteresis: A Model of Consumer Behaviour*, *Managing Service Quality*, Volume 9, and Issue 5, pgs. 360-370, 1999. Dostupné z: <<http://www.emeraldinsight.com/10.1108/09604529910267127>>, [cit. 2008-09-12]
- [17] Changing Mind. Dostupné z: <<http://ChangingMind.org/trust.htm>>, [cit. 2008-07-16]
- [18] Abdul-Rahman A.: *A Framework for Decentralized Trust Reasoning*, Dissertation in partial fulfillment of the requirements for Ph.D. degree, Department of Computer Science, University College London, 2005.
- [19] Sabater J., Siera C.: Review on Computational Trust and Reputation Models, in *Artificial Intelligence Review*, 24:33-60, Springer, 2005.
- [20] Mui L.: Computational Model of Trust and Reputation: *Agents, Evolutionary Games, and Social Networks*, Ph.D. Thesis, Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, USA, 2002.
- [21] Wang Y., Varadharajan V.: Role-based Recommendation and Trust Evaluation, *The 9th IEEE International Conference on E-Commerce Technology and The 4th IEEE International Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services*, Tokyo, 2007.
- [22] Abdul-Rahman A., Hailes S.: Supporting trust in Virtual Communities, in *Proceedings of 33rd International Conference on System Sciences*, Hawaii, 2000.
- [23] Berg J., Dickhaut J., McCabe K.: Trust, Reciprocity, and Social History, *Games and Economic Behavior* 10, pp. 122-142, Academic Press, USA, 1995.
- [24] Boyle R., Bonacich P.: The Development of Trust and Mistrust in Mixed-Motive games, in journal *Sociometry*, 33, 123-139, 1970.
- [25] Deutsch M.: Cooperation and Trust: Some Theoretical Notes, in *Proceedings Nebraska Symposium on Motivation*, Nebraska University Press, 1962.
- [26] Golembiewski R. T., McConkie M.: *The Centrality of Interpersonal Trust in Group Processes*, *Theories of Group Processes*, Wiley, 1975.
- [27] Sztompka P.: *Trust: A Sociological Theory*, Cambridge, Cambridge University Press, England, 1999.
- [28] Grandison T., Sloman M.: A Survey of Trust in Internet Applications, *IEEE Communications and Survey*, 4th Quarter, 3(4), pp. 2-16, 2000.
- [29] Gambetta D.: *Can We Trust Trust?*, in *Trust :Making and Breaking Cooperative Relations*, electronic edition, Department of Sociology, University of Oxford, chapter 13, pp. 213-237, 1970. Dostupné z: <<http://www.sociology.ox.ac.uk/papers/gambetta213-237.pdf>>, [cit. 2008-10-23]

- [30] Burrows M., Abadi M., Needham R.: Logic of Authentication, *ACM Transactions on Computer Systems*, 8(1), February 1990.
- [31] Jøsang A.: Algebra for Assessing Trust in Certification Chains. In *Proceedings Network and Distributed Systems Security*, 1999.
- [32] Tarah A., Huitema CH.: Associating Metrics to Certification Paths, in *European Symposium on Research in Computer Science (ESORICS)*, 1992.
- [33] Jamil H., Sadri F.: Recognizing Credible Experts in Inaccurate Databases, in *Eight's International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems (ISMIS)*, 1994.
- [34] Sun Microsystems. JXTA Technology: *Creating Connected Communities*, 2004. Dostupné z: <<http://www.jsta.org/projec/twww/docs/JXTA-Exec-Brief.pdf>>, [cit. 2007-07-24].
- [35] Almenarez F., Marín A., Díaz D., Sanchez J.: Developing a Model for Trust Management in Pervasive Devices. In proceedings of *PerSec 2006 (Third IEEE International Workshop on Pervasive Computing and Communication Security Held in conjunction with IEEE PerCom 2006)*, Pisa, Italy, 2006.
- [36] Urbánek Š.: *Modelling and Simulation of Trust Evolution in Complex Systems*, Master Thesis, STU – Faculty of Informatics and Information Technologies, Bratislava, 2004.
- [37] Elmquist N., Tsigas F.: *Trust Neighbourhoods: Visualizing Trust in Distributed File Sharing Systems*, Technical Report no. 2005-12. Department of Computer Science & Engineering, Chalmers University of Technology and Göteborg University, Göteborg, Sweden, 2005
- [38] Shneiderman B.: *Leonardo's Laptop: Human Needs and the New Computing Technologies*, Massachusetts Institute of Technology, MIT Press, USA, 2002.
- [39] Nebeský J.: *Vizualizace dat z měření důvěry*, bakalářská práce, Katedra informatiky a výpočetní techniky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, 2008.
- [40] Osborne M.: Draft chapter from: *An Introduction to Game Theory*. Dostupné z: <<http://www.socsci.mcmaster.ca/~econ/faculty/osborne>>, [cit. 2007-05-21]
- [41] Shannon C.: *A Mathematical Theory of Communication*, The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379-423, 623-656, July, October, 1948.
- [42] Netrvalová A.: *Modelling and Simulation of Trust Evolution*, The State of the Art and Concept of PhD. Thesis, Technical Report No. DCSE/TR-2006-02, University of West Bohemia, Pilsen, 2006.
- [43] Lande D.V.: *Model of Information Diffusion*. EIVisti Information Centre, Kiev, Ukraine, 2008. Dostupné z: <<http://www.informatik.uni-trier.de/~ley/db/journals/corr/corr0806.html#abs-0806-0283>>, [cit. 2008-09-19]

- [44] Bondy J., Murty U.: *Graph Theory with Applications*, Springer New York, USA, 2008. Dostupné z: <http://www.ecp6.jussieu.fr/pageperso/bondy/books/gtwa/gtwa.html>, [cit. 2008-08-21]
- [45] Zhai C. X.: *Essential Probability and Statistics*, Department of Computer Science, University of Illinois, Urbana Champaign, Lecture for CS397-CXZ Algorithms in Bioinformatics, USA, 2004.
- [46] Ganerival S., Srivastava M. B.: Reputation-based Framework for High Integrity Sensor Networks, *Proceedings of the ACM Security for Ad-Hoc and Sensor Networks*, pp. 66-67, 2004
- [47] Roberts F. S.: *Measurement Theory with Applications to Decision-making, Utility and Social Science*, in *Encyclopedia of Mathematics and Its Applications*, vol. 7, Addison Wesley Publishing Company, USA, 1979
- [48] Ratliff J.: *Game Theory Course*. Dostupné z: <http://virtualperfection.com/gametheory>, [cit. 2008-01-21]
- [49] Poundstone W.: *Prisoner's Dilemma*, Anchor Books, New York, USA, 1993.
- [50] Herold F.: *The Evolution of Reciprocity, Trust, and Separation of Powers*, Thesis (Dr. oec. publ.), Ludwig - Maximilians -Universität München, Germany, 2004.
- [51] Yan Z., Holtmanns S.: Trust Modeling and Management: From Social Trust to Digital Trust, book chapter of *Computer Security, Privacy and Politics: Current Issues, Challenges and Solutions*, IGI Global, 2007.
- [52] A. Karahasanovic, J. Vanttenhoven, B. Lievens et al.: Ensuring Trust, Privacy, and Etiquette in WEB 2.0 Applications, IEEE Computer Society, *Computer- Innovative Technology for Computer Professionals*, Vol. 42, No. 8, pp. 42-49, 2009.
- [53] Gray E., Seigneur J-M., Chen Y., Jensen Ch.: Trust Propagation in Small Worlds, In *Proc. of 1st Int. Conf. on Trust Management, iTrust'03*. Dostupné z: <http://www.cs.tcd.ie/publications/tech-reports/.reports.03/TCD-CS-2003-14.pdf>, [cit. 2008-06-30]
- [54] Watts D., Stroganz S.: Collective Dynamics of "Small World" Networks, *Nature*, vol. 363, no. 6684, 1998, pp. 440-442.
- [55] Babak E., Sanjay Ch.: On How Agents Make Friends: Mechanisms for Trust Acquisition. In *proceedings 4th Workshop on Deception, Fraud and Trust In Agent Societies*, Montreal, 2001.
- [56] O'Donovan J., Smyth B.: Trust in Recommender Systems. In *proceedings of IUI'05*, San Diego, California, USA, 2005

- [57] Wang Y., Tao Y., Yu P., Xu F., Lü J.: *A Trust Evolution Model for P2P Networks*, State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Jiangsu, China, LNCS 4610, pp. 216-225, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [58] Macy M., Skvoretz J.: The Evolution of Trust and Cooperation Between Strangers: A Computational Model, *American Sociological Review*, vol. 63, (October: 638-660), 1998.
- [59] Wojcik M., Venter H., Eloff J.: Trust Model Evaluation Criteria: A Detailed Analysis of Trust Evaluation, *The South African Telecommunications Networks and Applications Conference (SATNAC)*, Cape Town, Republic of South Africa, 2006.
- [60] Salam A.F., Iyer L., Palvia P., Singh R.: Trust in e-commerce, *Communications of the ACM* 48(2), 73-77, 2005.
- [61] Camp L. J., Friedman A., Genkina A.: *Embedding Trust via Social Context in Virtual Spaces*. Dostupné z: <<http://www.ljean.com/files/NetTrust.pdf>>, [cit. 2008-07-20]
- [62] Zhu M., Liu L., Jin Z.: *A Social Trust for Services*. AWRE, Adelaide, Australia, 2006.
- [63] Hruška V.: *Průzkum implementačních nástrojů pro modelování agentních systémů*, bakalářská práce, Katedra informatiky a výpočetní techniky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, 2007.
- [64] Pischek R.: *Testování vybraných implementačních nástrojů pro modelování agentních systémů*, bakalářská práce, Katedra informatiky a výpočetní techniky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, 2008.
- [65] JADE. Dostupné z: <<http://jade.tilab.com>>, [cit. 2008-08-19]
- [66] FIPA. Dostupné z: <<http://www.fipa.org>>, [cit. 2008-08-19]
- [67] RETSINA - The Robotics Institute Carnegie-Mellon University, Dostupné z: <<http://www.cs.cmu.edu/~softagents>>, [cit. 2008-08-19]
- [68] Sycara K., Giampapa J., Langley B., Paolucci M.: *The RETSINA MAS, a Case Study*, The Robotic Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2005.
- [69] Swarm Development Group. Dostupné z: <<http://www.swarm.org/>>, [cit. 2008-08-19],
Swarm Intelligence. Dostupné z: <<http://www.santafe.edu/swarm>>, [cit. 2008-08-19]
- [70] Chen R., Yeager W.: *A Distributed Trust Model for Peer-to-Peer Networks*, Sun Microsystems. Dostupné z: <http://gnunet.org/papers/jxtatrust.pdf>, [cit. 2008-09-25]
- [71] E-Bay Inc. (US). Dostupné z: <<http://www.ebay.com>>, [cit. 2008-05-15]

- [72] Oppliger R., Rytz R., Holderegger T.: Internet Banking: Client-Side Attacks and Protection Mechanisms, IEEE Computer Society, *Computer - Innovative Technology for Computer Professionals*, Vol. 42, No. 8, pp. 27-33, 2009.
- [73] Mejia M., Pena N., Munoz J., Esparza O.: A Review of Trust Modeling in Ad Hoc Networks, in journal *Internet Research*, vol. 19, Issue 1, 88-104, 2009.
- [74] Bower A., Garber S., Watson J.: Learning about a Population of Agents and the Evolution of Trust and Cooperation, *International Journal of Industrial Organization*, Elsevier Science, vol. 15, pp. 165-190, 1996.
- [75] Samek J., Zbořil F.: Agent Reasoning Based On Trust And Reputation. In: *Proceedings MATHMOD 09, ARGESIM*, Vienna, Austria, s. 538-544, 2009.
- [76] Baolin M., Jizhou S., Ce Y.: Reputation-based Trust Model in Grid Security System, *Journal of Communication and Computer*, Volume 3, No.8 (Serial No.21), 2006.
- [77] Waguih H.: A.: Proposed Trust Model for the Semantic Web, *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 11, February 2006.
- [78] Vávra F., Nový P.: *Informace a dezinformace*, přednáška na Seminári z aplikované matematiky, Katedra aplikované matematiky, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Brno, 2004.
- [79] Kotlíková M., Mašková H., Netrvalová A., Nový P., Vávra F., Zmrhal D.: Informace a dezinformace – statistický pohled, sborník konference ROBUST, Třešť, 2004.
- [80] Vávra F., Nový P., Neumanová M., Netrvalová A.: Model informačního vlivu a dezinformace. Sborník konference Robust 2006, Lhota nad Rohanovem, 2006.
- [81] Cover T., Thomas J.: *Elements of Information Theory*, J. Wiley & Sons, Inc., United States of America, 1991.
- [82] Křepelka P.: *Modelování důvěry a její ovlivňování*, bakalářská práce, Katedra informatiky a výpočetní techniky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, 2009.
- [83] Sociologický ústav Akademie věd České republiky. Dostupné z: <<http://www.soc.cas.cz/articles/cz/20011/Tiskove-zpravy.html>>, [cit. 2009-06-26]
- [84] Fort H.: Cooperation with random interactions and without memory or tags, in *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 6, no. 2, 2003. Dostupné z: <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/4.html>>, [cit. 2008-03-09]
- [85] Rettinger A., Nickles M., Tresp V.: *Learning Initial Trust among Interacting Agents*, M. Klusch et al. (Eds.), Springer -Verlag Berlin, LNAI 4676, pp. 313-327, Heidelberg, 2007.

-
- [86] Yu T., Winslett M.: Policy Migration for Sensitive Credentials in Trust Negotiation, WPES '03. Proceedings of the 2003 *ACM workshop on Privacy in the electronic society*, ACM Press, pp. 9-20, New York, 2003.
- [87] Yu T., Winslett M., Seamons K.: Interoperable Strategies in Automated Trust Negotiation, CCS '01, in Proceedings of the *8th ACM Conference on Computer and Communication Security*, ACM Press, pp. 146-155, New York, 2001.
- [88] Josang A., Lo Presti S: *Analyzing the Relationship between Risk and Trust*, C. D. Jensen et al.(Eds.): *iTrust 2004*, LNCS 2995, Springer-Verlag Berlin, pp. 135-145, Heidelberg, 2004.
- [89] Sedláčková M.: *Fenomén důvěry ve společnosti*, Diplomová práce, Katedra sociologie, Filozofická fakulta, Karlova Univerzita, Praha, 2001.
- [90] Ryšavý D.: *Důvěra v přerodu*, Disertační práce, Katedra sociologie, Fakulta sociálních studií, Masarykova Univerzita, Brno, 2001.
- [91] Cofta P.: *Trust, Complexity and Control: Confidence in a Convergent World*, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, West Sussex, England, 2007.

Publikace autorky – disertační výstupy

- [D1] Netrvalová A., Šafařík J.: Human Trust Modeling. In proceedings of *Aplimat 2006, 5th International Conference*, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU Bratislava, Slovakia, February 2006, ISBN 80-967305-7-6.
- [D2] Netrvalová A.: Trust, Beliefs and Disinformation. In proceedings of *Aplimat 2007, 6th International Conference*, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU Bratislava, Slovakia, February 2007, ISBN 978-80-969562-8-9.
- [D3] Netrvalová A., Šafařík J.: Interpersonal Trust Model. In proceedings of *MathMod 2009, 6th Vienna International Conference on Mathematical Modelling*, Vienna University of Technology - Vienna, Austria, February 11- 13, 2009, ISBN 978-3-901608-34-6.
- [D4] Netrvalová A., Šafařík J.: Phenomenal Trust Model. In proceedings of *ECMS 2009, 23rd European Conference on Modelling and Simulation*, Rey Juan Carlos Universidad, Madrid, Spain, June 9th-12th, 2009, ISBN 978-0-955301-8-9.
- [D5] Netrvalová A., Šafařík J.: Modelling of Intervention Effect on Trust. In proceedings of *ESM 2009, The European Conference Simulation*, Leicester, October 26th-28th, United Kingdom, 2009, ISBN 978-9077381-52-6.
- [D6] Netrvalová A., Šafařík J.: Selection of Partners for Co-operation Based on Interpersonal Trust. In proceedings of *HSI'08, IEEE Conference on Human System Interaction*, University of Information Technology and Management, Rzeszow, May 25-27, Krakow, Poland, 2008, ISBN 1-4244-1543-8.

Ostatní publikace autorky

- [1] Franta V., Ledvinová¹⁰ A., Šimečková B.: Analýza pneumotachogramů, *Automatizace*, č.9, str. 240-242, 1976.
- [2] Ledvinová A.: Simulace tepelných procesů v lékařství. *Sborník referátů semináře Simulace netechnických systémů*, str. 13-28, ČSVTS, Dobřichovice, 1977.
- [3] Kuneš J., Ledvinová A.: Simulation of the Biothermal Process in the Body of a Foundry Workman. *Sborník referátů 1. mezinárodní konference Simulation of Systems in Biology and Medicine*, str. 118-125, ČSVTS, Praha, 1978.
- [4] Ledvinová A., Krasl J., Vítík J.: Zpřesněný model biotermického procesu v lidském těle. *Sborník referátů semináře Simulace systémů v biologii a medicíně*, str. 129-138, ČSVTS, Praha, 1979.
- [5] Kuneš J., Ledvinová A., Vavroch O.: Simulation of the Thermal Barrier Influence on the Thermal Process in Human Body. *Sborník referátů 2. mezinárodní konference Simulation of Systems in Biology and Medicine*, str. 219-228, ČSVTS, Praha, 1980.
- [6] Kotrč V., Skala V., Ledvinová A., Dudáček K., Dundálek J.: Simulační systém MODYS, *Sborník referátů semináře Simulace systémů*, str. 232-233, ČSVTS, Vsetín, 1980.
- [7] Ledvinová A.: *Základní informace pro cvičení z předmětu Analogové a hybridní počítače*, Pomocný učební text, Ediční středisko VŠSE, Plzeň, 1980.
- [8] Ledvinová A.: Kompartmentový model LTS. *Sborník referátů semináře Lékařská informatika*, str. 41-42, Praha, 1981.
- [9] Ledvinová A., Andrlová D.: Použití počítače ke stanovení diagnózy u pacientů s onemocněním jater. *Sborník referátů semináře Využití počítačů v lékařství a zdravotnictví*, str. 125-127, ČSVTS, Nové Město na Moravě, 1981.
- [10] Ledvinová A.: Použití kompartmentových modelů LTS pro simulaci biotermických procesů v lidském těle. *Sborník referátů semináře Simulace systémů v biologii a medicíně*, str. 113 - 118, ČSVTS, Praha, 1981.
- [11] Netrvalová A.: Anal - systém pro přípravu studentských úloh ze základů programování analogových počítačů. *Sborník referátů semináře Simulace systémů*, ČSVTS, Šumperk, 1982.
- [12] Netrvalová A.: Simulation of the Physiological Temperature Regulation in a Man by the Segmented Compartmental Model. *Sborník referátů 3. mezinárodní konference Simulation of Systems in Biology and Medicine*, ČSVTS, Praha, 1982.

¹⁰ Netrvalová, rodné příjmení Ledvinová

-
- [13] Vávra F., Nový P., Kotlíková M., Mašková H., Netrvalová A., Zmrhal D.: Application of Insurance Methods in Power Engineering. In proceedings of *Aplimat 2003, 2nd International Conference*, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU, Bratislava, Slovakia, February 2003, ISBN 80-227-1813-0.
- [14] Vávra F., Nový P., Mašková H., Kotlíková M., Netrvalová A.: Morphological Filtration for Time Series. In proceedings of *Aplimat 2004, 3rd International Conference*, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU, Bratislava, Slovakia, February 2004, ISBN 80-227-1995-1.
- [15] Vávra F., Nový P., Kotlíková M., Mašková H., Netrvalová A., Spíralová D., Zmrhal D.: Informace a dezinformace – statistický pohled. Sborník konference *Robust 2004*, Třešť, červen 2004, ISBN 80-7015-972-3.
- [16] Netrvalová A., Mašková H.: Přírůstkové statistické modely časových řad. *Managing and Modeling of Financial Risks 2004, 2nd International Conference*, Department of Finance, Faculty of Economics, VŠB – TU Ostrava, September 2004, ISBN 80-248-0618-5.
- [17] Vávra F., Nový P., Mašková H., Netrvalová A.: Distortion of Probability Models. In proceedings of *Aplimat 2005, 4th International Conference*, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU, Bratislava, Slovakia, February 2005, ISBN 80-969264-3-8.
- [18] Vávra F., Nový P., Neumanová M., Netrvalová A.: Model informačního vlivu a dezinformace. Sborník konference *Robust 2006*, Lhota nad Rohanovem, leden 2006, ISBN 80-7015-073-4.
- [19] Netrvalová A., Šafařík J.: Human Trust Modeling. In proceedings of *Aplimat 2006, 5th International Conference*, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU, Bratislava, Slovakia, February 2006, ISBN 80-967305-7-6.
- [20] Vávra F., Nový P., Netrvalová A., Neumanová M., Vokáčová K.: Transformation and Probability Models. In proceedings of *Aplimat 2006, 5th International Conference*, Department of Mathematics, Faculty of Mechanical Engineering, STU, Bratislava, Slovakia, February 2006, ISBN 80-967305-7-6.

Citované práce autorky

- Ledvinová A.: Simulace tepelných procesů v lékařství. Sborník referátů semináře *Simulace netechnických systémů*, str. 13-28, ČVTS, Dobřichovice, 1977.
- Kuneš J., Ledvinová A.: Simulation of the Bio-thermal Process in the Body of a Foundry Workman. Sborník referátů *1. mezinárodní konference Simulation of Systems in Biology and Medicine*, str. 118-125, ČSVTS, Praha, 1978.
- Kuneš J., Ledvinová A., Vavroch O: Simulation of the Thermal Barrier Influence on the Thermal Process in Human Body, Sborník referátů *2. mezinárodní konference Simulation of Systems in Biology and Medicine*, str. 219-228, ČSVTS, Praha, 1980.

v publikaci:

Kuneš J., Veselý Z., Honner M.: Tepelné bariéry, Academia – nakladatelství Akademie věd České republiky, Praha, 2003, ISBN 80-200-1218-4.