

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Fakulta informatiky a informačných technológií

FIIT-5220-47914

Bc. Ivan Srba

PODPORA SPOLUPRÁCE PRI ŠTÚDIU VYTVÁRANÍM RÔZNYCH  
TYPOV SKUPÍN S VYUŽITÍM KONTEXTU

Diplomová práca

Študijný program: Softvérové inžinierstvo

Študijný odbor: 9.2.5 Softvérové inžinierstvo

Miesto vypracovania: Ústav informatiky a softvérového inžinierstva, FIIT STU Bratislava

Vedúca práce: prof. Ing. Mária Bieliková, PhD.

máj 2012



## Zadanie diplomovej práce

*Meno študenta:* **Bc. Srba Ivan**

*Študijný program:* Softvérové inžinierstvo

*Študijný odbor:* Softvérové inžinierstvo

*Názov práce:* **Podpora spolupráce pri štúdiu vytváraním rôznych typov skupín s využitím kontextu**

Samostatnou výskumnou a vývojovou činnosťou v rámci predmetov Diplomový projekt I, II, III vypracujte diplomovú prácu na tému, vyjadrenú vyššie uvedeným názvom tak, aby ste dosiahli tieto ciele:

*Všeobecný cieľ:*

Vypracovaním diplomovej práce preukážte, ako ste si osvojili metódy a postupy riešenia relatívne rozsiahlych projektov, schopnosť samostatne a tvorivo riešiť zložité úlohy aj výskumného charakteru v súlade so súčasnými metódami a postupmi študovaného odboru využívanými v príslušnej oblasti a schopnosť samostatne, tvorivo a kriticky pristupovať k analýze možných riešení a k tvorbe modelov.

*Špecifický cieľ:*

Vytvorte riešenie, zodpovedúce návrhu textu zadania, ktorý je prílohou tohto zadania. Návrh bližšie opisuje tému vyjadrenú názvom. Tento opis je záväzný, má však rámcový charakter, aby vznikol dostatočný priestor pre Vašu tvorivosť.

Riadte sa pokynmi Vášho vedúceho.

Pokiaľ v priebehu riešenia, opierajúc sa o hlbšie poznanie súčasného stavu v príslušnej oblasti alebo o priebežné výsledky Vášho riešenia alebo o iné závažné skutočnosti, dospejete spoločne s Vaším vedúcim k presvedčeniu, že niečo v texte zadania a/alebo v názve by sa malo zmeniť, navrhnete zmenu. Zmena je spravidla možná len pri dosiahnutí kontrolného bodu.

*Miesto vypracovania:* Ústav informatiky a softvérového inžinierstva FIIT STU v Bratislave

*Vedúci práce:* **prof. Ing. Mária Bieliková, PhD.**

*Termíny odovzdania:*

podľa harmonogramu štúdia platného pre semester, v ktorom máte príslušný predmet (Diplomový projekt I, II, III) absolvovať podľa Vášho študijného plánu

*Predmety odovzdania:*

V každom predmete dokument podľa pokynov na [www.fiit.stuba.sk](http://www.fiit.stuba.sk) v časti: home > Informácie o > štúdiu > organizácia štúdia > diplomový projekt

V Bratislave dňa 14. 2. 2011



prof. Ing. Pavol Návrat, PhD.  
 riaditeľ Ústavu informatiky a softvérového  
 inžinierstva



## Návrh zadania diplomovej práce

Finálna verzia do diplomovej práce<sup>1</sup>

### Študent

<b>Meno, priezvisko, tituly:</b>	Ivan Srba, Bc.
<b>Študijný program:</b>	Softvérové inžinierstvo
<b>Kontakt:</b>	srba@nexta.sk, +421 918 671 872

### Výskumník:

<b>Meno, priezvisko, tituly:</b>	Mária Bieliková, prof. Ing. PhD.
----------------------------------	----------------------------------

### Projekt:

<b>Názov:</b>	Podpora spolupráce pri štúdiu vytváraním rôznych typov skupín s využitím kontextu
<b>Miesto vypracovania:</b>	Ústav informatiky a softvérového inžinierstva, FIIT STU, Bratislava
<b>Oblasť problematiky<sup>2</sup>:</b>	Webové inžinierstvo, sociálne adaptívne webové aplikácie

### Text zadania

Jedným z najvýznamnejších znakov súčasného webu, ktorý označujeme tiež ako Web 2.0, je spolupráca. Pre úspešnú a efektívnu spoluprácu je dôležitá identifikácia vhodného rozdelenia spolupracujúcich členov do sociálnych skupín. Túto úlohu rieši viacero metód, ktoré sú spravidla statické, využívajú len jeden alebo niekoľko málo zdrojov dát o potenciálnych členoch skupín a neuvažujú aktuálny kontext. Problém identifikácie sociálnych skupín sa vyskytuje v rôznych oblastiach. Jednou z nich je elektronické vzdelávanie, kde vzniká medzera medzi rýchlo sa vyvíjajúcim sociálnym softvérom a jeho nasadením v reálnych systémoch pre podporu vzdelávania. Práve v tejto oblasti, kde spolupráca pri štúdiu či riešení rôznych úloh môže zefektívniť výučbu, je dôležité efektívne vytváranie skupín študentov.

Analyzujte problematiku vytvárania skupín používateľov v prostredí Web 2.0 so zameraním na doménu vzdelávania. Navrhnite metódu vytvárania rôznych typov študijných skupín (vrátane dočasných) aj so zohľadnením kontextu jednotlivých používateľov. Skúmajte dynamické aspekty vytvorených skupín a ich vplyv na samotné učenie. Navrhnite spôsoby spolupráce s využitím vytvorených skupín. Implementujte a overte metódu v konkrétnom vzdelávacom systéme a sledujte ako vplývajú parametre rozdelenia študentov na následnú spoluprácu a riešenie problémov.

150-200 slov, ktoré opisujú výskumný problém v kontexte súčasného stavu vrátane motivácie a smerov riešenia

<sup>1</sup> Veľkosť jednotlivých polí pre vypĺňanie nemožno meniť. Vytlačiť obojstranne na jeden list papiera.

<sup>2</sup> Identifikácia oblasti v rámci odboru štúdia, na ktorú sa projekt primárne viaže

## Literatúra

- Liccardi, I., Ounnas, A. et.al.: The role of social networks in students' learning experiences. In *Working group reports on ITiCSE on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE-WGR '07)*. ACM, New York, NY, USA, 2007, 224-237.
- Wessner, M., Pfister, H.: Group formation in computer-supported collaborative learning. In *Proceedings of the 2001 International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work (GROUP '01)*, Clarence (Skip) Ellis and Ilze Zigurs (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 2001, 24-31.
- Rubens, N., Vilenius, M., Okamoto, T.: Automatic Group Formation for Informal Collaborative Learning. In *Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 03 (WI-IAT '09)*, Vol. 3. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2009, 231-234.

2-3 vedecké zdroje, každý na samostatnom riadku a s údajmi zodpovedajúcimi bibliografickým odkazom podľa normy STN ISO 690, ktoré sa viažu k téme zadania a preukazujú výskumnú povahu problému a jeho aktuálnosť (uveďte všetky potrebné údaje na identifikáciu zdroja, pričom uprednostnite vedecké príspevky v časopisoch a medzinárodných konferenciách)

Vyššie je uvedený návrh diplomového projektu, ktorý vypracoval Bc. Ivan Srba, konzultovala a osvojila si ho prof. Ing. Mária Bieliková, PhD. a súhlasí, že bude takýto projekt viesť v prípade, že bude pridelený tomuto študentovi.

V Bratislave dňa 25. 1. 2011



Podpis študenta



Podpis výskumníka

## Vyjadrenie garanta predmetov Diplomový projekt I, II, III

Návrh zadania schválený: áno /nie<sup>3</sup>

Dňa: 31.1.2011



Podpis garanta predmetov

<sup>3</sup> Nehodiace sa prečiarknite

# Anotácia

---

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
FAKULTA INFORMATIKY A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ  
Študijný program: Softvérové inžinierstvo

**Autor:** Bc. Ivan Srba

**Diplomový projekt:** Podpora spolupráce pri štúdiu vytváraním rôznych typov skupín s využitím kontextu

**Vedúca diplomovej práce:** prof. Ing. Mária Bieliková, PhD.

**Máj 2012**

Princípy Webu 2.0 sa ukázali ako úspešné a priniesli nové smerovanie do vývoja webových aplikácií. Ich stúpajúca popularita spôsobila, že sa stretáva mnoho používateľov s rozličnými záujmami a sociálnym kontextom pri používaní spoločných aplikácií. Ak chceme docieľiť, aby títo používatelia efektívne spolupracovali, musíme vedieť úspešne identifikovať skupiny používateľov a pomôcť používateľom nájsť vhodných spolupracovníkov. Táto úloha je obzvlášť dôležitá v oblasti počítačom podporovaného kolaboratívneho vzdelávania (angl. *Computer-Supported Collaborative Learning - CSCL*).

Naším hlavným cieľom je navrhnúť metódu pre vytváranie rôznych typov skupín a kolaboratívnu platformu, ktorá s využitím tejto metódy umožní efektívnu spoluprácu. Metóda uvažuje ako vstup viacerých typov charakteristík používateľov, napr. záujmy, vedomosti, ale aj ich kolaboratívne charakteristiky, napr. argumentovanie a dosahovanie konsenzu. Na vytvorenie skupín sme využili v metóde prístup *Group Technology*, ktorý sme rozšírili hneď v niekoľkých aspektoch. Kolaboratívna platforma umožňuje používateľom vo vytvorených skupinách komunikovať a spolupracovať prostredníctvom niekoľkých kolaboratívnych nástrojov. Navrhli sme ju tak, aby existoval jednoduchý spôsob ako automaticky pozorovať dynamické aspekty vytvorených skupín, predovšetkým ako študenti spolupracujú pre dosiahnutie svojich cieľov. Výsledky tohto pozorovania poskytujú spätnú väzbu metóde pre vytváranie rôznych typov skupín.

Metódu pre vytváranie rôznych typov skupín overujeme prostredníctvom implementácie navrhutej kolaboratívnej platformy, ktorú nazývame *PopCorm* (Popular Collaborative Platform). Výsledkom experimentu je zistenie, že nami navrhnutá metóda dokáže vytvoriť také rozdelenie používateľov do skupín, v ktorých dokážu pracovať efektívnejšie a dosahovať lepšie výsledky v porovnaní so skupinami vytvorenými referenčnou metódou.





# Annotation

---

Slovak University of Technology Bratislava  
FACULTY OF INFORMATICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES  
Degree course: Software Engineering

**Author:** Ivan Srba

**Diploma project:** Encouragement of Collaborative Learning Based on Dynamic Groups

**Supervisor:** Prof. Mária Bieliková

**May 2012**

Web 2.0 principles became very successful and brought a lot of energy into the development of web applications. The rising popularity of these applications caused that many users with different interests and social contexts are connected via common applications. For effective collaboration of users we need to know how to successfully identify users' groups and help the users to find appropriate collaborators. This problem is especially important in the domain of Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL).

Our main goal is to propose a method for creating different types of user groups and a collaborative platform which allows effective collaboration together with the proposed method. The method takes many types of users' characteristics as inputs, i.e. interests, knowledge but also their collaborative characteristics, i.e. argumentation and reaching consensus. In order to create these groups we will enhance *Group Technology* approach. Users in created groups are able to communicate and cooperate by means of several collaborative tools in the collaborative platform. We designed collaborative tools and the collaborative platform itself in the manner which allows simple approach to automatically observe dynamic aspects of created groups, especially how students collaborate to achieve their goals. The results of this observation provide feedback to the method for creating different types of groups.

We evaluate the method for creating different types of groups by experimenting in domain of learning. The evaluation is based on our implementation of designed collaborative platform named *PopCorm* (Popular Collaborative Platform). The result of our experiments is the observation that the proposed method is able to create groups with better results in comparison with the reference method.



# Obsah

---

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>POČÍTAČOM PODPOROVANÉ KOLABORATÍVNE VZDELÁVANIE</b> .....	<b>3</b>
2.1	Vývoj výskumu v oblasti CSCL .....	3
2.1.1	Historické smerovanie kolaboratívneho vzdelávania .....	3
2.1.2	CSCL v kontexte Webu 2.0.....	4
2.2	Výskumné úlohy v oblasti CSCL.....	5
2.3	CSCL vzdelávacie systémy .....	6
2.4	Multidisciplinárny pohľad na CSCL.....	6
<b>3</b>	<b>SKUPINY V POČÍTAČOM PODPOROVANOM KOLABORATÍVOM VZDELÁVANÍ</b> .....	<b>9</b>
3.1	Životný cyklus skupín.....	9
3.2	Formovanie skupín .....	11
3.2.1	Prístupy k vytváraniu skupín .....	11
3.2.2	Príklady existujúcich metód vytvárania skupín .....	14
3.3	Vykonávanie práce .....	17
3.3.1	Kolaboratívne nástroje .....	17
3.3.2	Metódy analýzy a vyhodnotenia kolaboratívneho vzdelávania .....	19
3.4	Spôsoby kolaboratívneho vzdelávania .....	20
3.5	Integrácia kolaborácie do vzdelávacieho kurzu .....	21
3.6	Vplyv charakteristík študentov na spoluprácu .....	21
3.7	Diskusia .....	22
<b>4</b>	<b>RÁMCOVÝ OPIS NAVRHNUTÉHO RIEŠENIA</b> .....	<b>23</b>
4.1	Aplikačná oblasť .....	23
4.2	Definovanie cieľov .....	23
4.3	Definovanie doménových entít .....	23
4.4	Základná schéma navrhnutého riešenia .....	24
4.4.1	Vytvorenie skupín.....	25
4.4.2	Realizácia kolaborácie .....	26
<b>5</b>	<b>METÓDA PRE VYTVÁRANIE RÔZNYCH TYPOV SKUPÍN</b> .....	<b>27</b>
5.1	Východiská.....	27
5.1.1	Analógia v priemyselnej výrobe .....	27
5.1.2	Použitie prístupu GT vo vzdelávaní .....	28
5.2	Opis metódy.....	29
5.2.1	Predpoklady .....	29
5.2.2	Rozdelenie charakteristík na kategórie charakteristík .....	29
5.2.3	Vstup do metódy .....	30
5.2.4	Výpočet zhlukov študentov a vzorov charakteristík .....	30
5.2.5	Výstup z metódy.....	32
5.2.6	Kombinovanie výstupov pre jednotlivé kategórie charakteristík .....	33
5.2.7	Použitie zhlukov študentov a charakteristík .....	34
5.3	Iteratívne aplikovanie metódy .....	35
<b>6</b>	<b>APLIKOVANIE METÓDY PRE VYTVÁRANIE RÔZNYCH TYPOV SKUPÍN</b> .....	<b>37</b>
6.1	Kolaboratívne úlohy .....	37
6.2	Kolaboratívne nástroje .....	38
6.2.1	Semištruktúrovaná diskusia .....	39
6.2.2	Textový editor.....	39
6.2.3	Grafický editor .....	40
6.2.4	Kategorizátor .....	41

6.3	Charakteristiky.....	42
6.4	Analýza a vyhodnotenie kvality spolupráce .....	43
<b>7</b>	<b>OVERENIE METÓDY PRE VYTVÁRANIE RÔZNYCH TYPOV SKUPÍN .....</b>	<b>47</b>
7.1	Kolaboratívna platforma PopCorm.....	47
7.1.1	Integrácia so vzdelávacím systémom .....	49
7.1.2	Použité technológie .....	49
7.2	Overenie predpokladov navrhnutej metódy .....	50
7.2.1	Definovanie experimentu.....	50
7.2.2	Vyhodnotenie experimentu.....	50
7.3	Porovnanie navrhnutej a referenčnej metódy .....	51
7.3.1	Definovanie experimentu.....	51
7.3.2	Vyhodnotenie experimentu.....	52
7.3.3	Štúdia kolaboratívneho vzdelávania.....	53
7.4	Diskusia.....	55
<b>8</b>	<b>ZHODNOTENIE .....</b>	<b>57</b>
	<b>LITERATÚRA.....</b>	<b>59</b>
	<b>POUŽITÉ SKRATKY .....</b>	<b>63</b>
	<b>PRÍLOHA A TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA .....</b>	<b>A-1</b>
A.1	Požiadavky a špecifikácia riešenia.....	A-1
A.2	Návrh vybraných častí aplikácie.....	A-3
A.3	Implementácia .....	A-8
A.4	Nasadenie aplikácie .....	A-12
	<b>PRÍLOHA B INŠTALAČNÁ DOKUMENTÁCIA.....</b>	<b>B-1</b>
	<b>PRÍLOHA C POUŽÍVATEĽSKÁ PRÍRUČKA .....</b>	<b>C-1</b>
	<b>PRÍLOHA D ZABEZPEČENIE KVALITY.....</b>	<b>D-1</b>
D.1	Funkcionálne testovanie .....	D-1
D.2	Testovanie použiteľnosti .....	D-1
D.3	Výkonnostné testovanie .....	D-1
	<b>PRÍLOHA E PRÍSPEVOK NA KONFERENCIU EC-TEL 2012 .....</b>	<b>E-1</b>
	<b>PRÍLOHA F NÁVRH ČLÁNKU DO VEDECKÉHO ČASOPISU .....</b>	<b>F-1</b>
	<b>PRÍLOHA G OBSAH ELEKTRONICKÉHO MÉDIA.....</b>	<b>G-1</b>

# 1 Úvod

---

Súčasný web charakterizuje prívlastok sociálny. Je to spôsobené predovšetkým tým, že sociálny softvér sa stal populárny v širokom spektre rozličných používateľov webu. Pri vzájomnej interakcii a spolupráci sa tak stretávajú používatelia s odlišným sociálnym kontextom. Používatelia sú navzájom rôzni svojimi charakteristikami, cieľmi, ktoré sledujú a tiež aktivitami, ktoré vykonávajú, aby svoje ciele dosiahli. To umožnilo vznik nového fenoménu, ktorým je podpora spolupráce používateľov pri dosahovaní svojich cieľov. Jednou z najdôležitejších podmienok efektívnej a úspešnej spolupráce je vhodné rozdelenie používateľov systému v určitej doméne do skupín.

Napriek existencii určitých metód na vytváranie skupín používateľov, problémom zostáva, že sú spravidla statické, využívajú len jeden alebo niekoľko málo zdrojov dát o potenciálnych členoch skupín a neuvažujú aktuálny kontext. Problém nedostatočne efektívnej spolupráce sa v súčasnosti asi najviac prejavuje v doméne vzdelávania, kde môže mať zloženie skupiny signifikantný vplyv na ďalší priebeh spolupráce a kvalitu dosiahnutého výsledku.

Hlavným cieľom tejto práce je navrhnúť metódu pre automatické vytváranie rôznych typov skupín a overiť jej vlastnosti. Rôzne typy skupín vytvárame použitím viacerých spôsobov, akými identifikujeme potencionálne zhľuky používateľov. V procese vytvárania skupín využívame dynamické kombinovanie používateľov a ich charakteristík tak, aby sme získali skupiny, v ktorých sa ich členovia počas spolupráce navzájom dopĺňajú a dosahujú tak vyššiu kvalitu spolupráce a dosahovaného výsledku. Overenie zahŕňa aplikovanie navrhutej metódy v kolaboratívnom prostredí pri riešení úloh. Takéto kolaboratívne prostredie, ktoré dynamicky vytvára skupiny a zároveň umožňuje efektívne sledovanie dynamických aspektov vytvorených skupín a jednotlivcov v nich je základným predpokladom pre experimentovanie. Pri jeho návrhu sme sa zamerali na doménu vzdelávania.

Práca sa skladá z ôsmich kapitol. V druhej kapitole sa zaoberáme analýzou počítačmi podporovaného kolaboratívneho vzdelávania, a to ako z historického hľadiska, tak aj z pohľadu súčasného Webu 2.0. V tretej kapitole analyzujeme životný cyklus skupín so zameraním na etapu vytvárania skupín a etapu realizácie samotnej práce.

V štvrtej kapitole identifikujeme ciele projektu a uvádzame rámcový opis riešenia spolu s dvoma základnými procesmi, ktoré nám poskytujú bližšie informácie o kontexte, v ktorom sa vyskytuje navrhovaná metóda pre vytváranie skupín. V piatej kapitole podrobne opisujeme návrh metódy a v šiestej kapitole jej aplikovanie v kolaboratívnom prostredí, a to konkrétne v doméne vzdelávania. Siedma kapitola obsahuje implementáciu kolaboratívnej platformy, definovanie experimentu a jeho vyhodnotenie.

Ôsma kapitola obsahuje zhodnotenie dosiahnutých výsledkov, sumarizáciu príspevkov skúmania pre danú doménu a implikácie pre ďalšiu prácu v skúmanej problémovej oblasti.

V prílohách uvádzame technickú a inštalačnú dokumentáciu, používateľskú príručku, príspevok odoslaný na medzinárodnú konferenciu o technológiách na podporu vzdelávania EC-TEL 2012 a návrh článku do vedeckého časopisu.



## 2 Počítačom podporované kolaboratívne vzdelávanie

---

Počítačom podporované kolaboratívne vzdelávanie (angl. *Computer-Supported Collaborative Learning* - CSCL) je oblasť, ktorá sa zaoberá otázkou, ako informačné a komunikačné technológie dokážu podporiť spoluprácu, t.j. vzdelávanie v študijných skupinách (lokalizovaných aj distribuovaných). Zaoberá sa analýzou a interpretáciou akcií a aktivít, ktoré sú vykonávané prostredníctvom použitých IKT (Ludvigsen, 2009).

Cieľovou skupinou CSCL aplikácií sú všetky vekové kategórie od detí v škôlke cez študentov stredných a vysokých škôl, ktorých úlohou je spolupracovať pri práci na projekte, až po dospelých, ktorí sa venujú celoživotnému vzdelávaniu. V inom pohľade CSCL systémy pokrývajú široké spektrum aplikácií od riešenia dobre definovaných problémov v malých skupinách a v krátkom čase až po veľké komunity, ktoré zdieľajú svoje znalosti počas dlhého obdobia (Dillenbourg, 2007).

Pre správne porozumenie pojmu CSCL treba rozlišovať medzi kooperatívnym (angl. *cooperative*) a spolupracujúcim (angl. *collaborative*) vzdelávaním (Stahl, 2006). Pierre Dillenbourg (Dillenbourg, 1999a) uvádza, že pri kooperatívnom vzdelávaní, si študenti rozdelia prácu na niekoľko nezávislých podúloh, ktoré riešia samostatne a následne ich spoja do jedného finálneho výsledku. Takéto delenie práce môžeme označiť ako vertikálne. Na druhej strane pri spolupracujúcom vzdelávaní si študenti delia prácu horizontálne a pracujú na riešení úloh spoločne.

Oblasť CSCL ako predmet skúmania v našom projekte je súčasťou širšej domény vzdelávania podporovaného informačnými technológiami. Na oblasť CSCL sme sa rozhodli zamerať z nasledujúcich dôvodov (Stahl, 2006). Oblasť CSCL charakterizuje predovšetkým podpora spolupráce medzi študentmi, ktorá je jej základnou vlastnosťou a zameranie nielen na distribuované vzdelávanie prostredníctvom webu, ale aj na tradičnú výučbu v triede, kde počítače tvoria podporné prostriedky pre vzdelávací proces. CSCL zdôrazňuje, že poskytnutie digitalizovaných vzdelávacích materiálov nie je dostačujúce bez ďalšej motivácie alebo interaktívneho obsahu. Tiež upozorňuje na fakt, že vzdelávanie prostredníctvom webu vyžaduje od pedagógov minimálne toľko úsilia, koľko si vyžaduje tradičné vyučovanie.

### 2.1 Vývoj výskumu v oblasti CSCL

Za počiatok výskumu v oblasti CSCL môžeme považovať tri projekty (Stahl, 2006), ktoré sa realizovali na začiatku 90-tych rokov – ENFI, CSILE a Fifth Dimension Project. Tieto projekty boli zamerané na podporu získavania zručností v oblasti písania odborných textov a riešenia zadaných problémov. Na dosiahnutie týchto cieľov boli použité osobné počítače a ďalšie moderné informačné technológie, ktoré poskytovali novú formu organizovaných sociálnych aktivít, čím bol položený základ pre vznik CSCL.

#### 2.1.1 Historické smerovanie kolaboratívneho vzdelávania

CSCL predstavuje významnú zmenu smerovania v oblasti kolaboratívneho vzdelávania oproti predchádzajúcim prístupom (Koschmann, 1996), medzi ktoré patrí napr. počítačom asistovaná výučba (angl. *computer assisted instruction*) alebo inteligentné tútorovacie systémy (angl. *intelligent tutoring systems*). Zmenu smerovania ku kolaboratívne vzdelávaniu môžeme sledovať hneď z niekoľkých pohľadov. Pokiaľ pôvodné prístupy vyžadovali účasť učiteľa, CSCL sa zameriava na vzdelávanie prostredníctvom spolupráce študentov. Vzdelávacie systémy v pôvodných prístupoch poskytovali jedinou formu komunikácie, CSCL systémy typicky poskytujú kombinácie viacerých foriem a tiež pridávajú špeciálnu funkcionálnu podporu.

Ďalšou významnou zmenou bol predmet samotného výskumu. Autori v článku (Dillenbourg, 1996) uvádzajú, že pôvodný výskum kolaboratívneho vzdelávania sa zameriaval na riešenie otázky, ako v skupinách fungujú individuálni členovia. Bolo to zapríčinené významnou pozíciou kognitívnych procesov či už v kognitívnej psychológii, alebo umelej inteligencii počas 70-tych a 80-tych rokov. Kontext sociálnej interakcie bol vnímaný viac ako pozadie pre individuálne aktivity ako predmet samotného výskumu. Na začiatku 90-tych rokov sa v CSCL samotná študijná skupina stala predmetom analýzy a záujem sa presunul na vznikajúce sociálne aspekty interakcie.

Z pohľadu empirického výskumu bol pôvodný cieľ stanoviť či a za akých podmienok je kolaboratívne vzdelávanie efektívnejšie ako individuálne vzdelávanie. Výskumníci sledovali niekoľko nezávislých premenných (napr. veľkosť a zloženie skupiny, typ riešených úloh, komunikačné médium atď.) a ich vplyv na výstupy spolupráce. Tieto veličiny však natoľko vzájomne závisia, že nebolo možné stanoviť jasné prepojenia medzi podmienkami a ich vplyvom na výsledok spolupráce. Z tohto dôvodu sa empirické štúdie začali zameriavať viac na porozumenie, akú rolu hrajú tieto premenné pri sprostredkovaní interakcie. Tento posun k viac procesne orientovanému výskumu si vyžiadala nové nástroje pre analýzu a modelovanie interakcií (Dillenbourg, 1996).

### 2.1.2 CSCL v kontexte Webu 2.0

Významné pokroky v počítačových a komunikačných technológiách v poslednom období rapídne zmenili úlohu IKT v CSCL. Jednou z najvýznamnejších zmien bol nástup druhej generácie webu.

Pojem *Web 2.0* ako prvý opísal v roku 2005 autor a vydavateľ Tim O'Reilly (O'Reilly, 2005). Jeho definícia je založená na niekoľkých princípoch zodpovedajúcich kľúčovým zmenám v evolúcii webu v predchádzajúcom období. Ako reakcia na Web 2.0 vznikol v roku 2005 aj ďalší pojem *E-learning 2.0* (Downes, 2005), ktorý reprezentuje CSCL aplikácie, ktoré využívajú a integrujú princípy Webu 2.0. Dôvodom takejto integrácie je, že vlastnosti tradičných vzdelávacích systémov (angl. *Learning Management Systems – LMS*) môžu byť limitujúce práve z dôvodu chýbajúcej podpory pre spoluprácu a komunikáciu študentov (Rollet, 2007). Autori v článku (Carell, 2009) analyzujú vhodnosť princípov Webu 2.0 pre CSCL a odviedli niekoľko aspektov, v ktorých môžu princípy Webu 2.0 podporiť kolaboratívne vzdelávanie:

#### 1. Spolupráca

Aktívna spolupráca je jedným z najvýznamnejších princípov Web 2.0. Aj napriek tomu, že niekoľko ľudí používa aplikáciu pre svoje vlastné ciele, svojou aktivitou vytvárajú pridanú hodnotu pre všetkých ostatných používateľov danej aplikácie. Príkladom môže byť pridávanie značiek (angl. *tags*) k rôznym zdrojom. Aplikácia môže používateľom navrhnúť pri označovaní zdrojov rovnaké značky, aké už pridali iní používatelia alebo môže pomocou nich navigovať, resp. vyhľadávať.

#### 2. Jednoduchší prístup k vzdelávaciemu scenáru

Použitie Web 2.0 princípov zabezpečuje, že aj ľudia, ktorí priamo nepatria do študijnej skupiny sa môžu ľahko pripojiť bez potreby rozsiahlej technickej znalosti. Výsledkom je jednoduchá výmena znalostí medzi expertmi a laikmi v danej problémovej oblasti.

#### 3. Participácia ako kľúčový princíp

Web 2.0 je postavený na spoluúčasti pri získavaní znalostí. Každý zúčastnený používateľ sa stáva ako producentom, tak aj spotrebiteľom znalostí a zdieľaného obsahu.

Web 2.0 priniesol rozšírenie tzv. *sociálneho softvéru*. Sociálny softvér používa web ako kolaboratívne médium, ktoré umožňuje používateľom komunikovať, spolupracovať, zdieľať a publikovať svoje názory a obsah, pričom všetky tieto aktivity sa vyznačujú vysokým stupňom sebaorganizácie (Rollet, 2007). Najvýznamnejšími predstaviteľmi sociálneho softvéru sú wiki



stránky, fóra, blogy, sociálne portály, diskusie alebo IM (angl. *Instant Messaging*) služby. Sociálny softvér predstavuje nový potenciál pre podporu efektívnej spolupráce nielen na webe ale aj vo vzdelávaní. V súčasnosti aj napriek uvedeným výhodám použitia Web 2.0 princípov v oblasti CSCL existuje medzera medzi rýchlo sa vyvíjajúcim sociálnym softvérom a jeho použitím pre potreby vzdelávania (Safran, 2007).

## 2.2 Výskumné úlohy v oblasti CSCL

V oblasti CSCL sú predmetom výskumu viaceré otázky: ako sa jednotlivci učia prostredníctvom špecifických nástrojov podporujúcich spoluprácu, ako študenti v malých skupinách spolupracujú a budujú nové znalosti, ako sa vyvíjajú vzdelávacie inštitúcie a ako vznikajú nové možnosti pre vzdelávanie (Ludvigsen, 2009).

Výskum v oblasti CSCL môžeme rozdeliť do dvoch základných prúdov (Ludvigsen, 2009):

### 1. *Systematický prístup (angl. systemic approach)*

Systematický prístup sa zaoberá vytváraním modelov, ktoré opisujú spôsob, akým špecifické vlastnosti technologických systémov podporujú alebo obmedzujú spoluprácu, argumentovanie, reprezentovanie znalostí a diskusie (Dillenbourg, 1999b). Predmetom analýzy sú samostatne konajúce a mysliace agenty a dva kognitívne procesy – ako študenti získavajú nové alebo dopĺňajú existujúce znalosti a ako študenti aplikujú naučené znalosti v súvisiacich oblastiach.

Úlohou systematického prístupu je poskytovať návod, ako sa má budovať podporný systém pre kognitívne procesy ako vytváranie hypotéz, interpretácia dát a vedecké vysvetľovanie.

### 2. *Dialogický prístup (angl. dialogical approach)*

Dialogický prístup je založený na myšlienke, že učenie je sociálne organizovaná aktivita. Predmetom analýzy sú skupiny študentov, ktorí spolupracujú, aby dosiahli spoločný cieľ. Kľúčovými konceptmi je sprostredkovanie znalostí, vlastný prínos, sociálne zručnosti, kolaboratívne nástroje a vzájomná interakcia cez tieto nástroje.

Úlohou dialogického prístupu je poskytovať nové prístupy k analýze ako študenti a učitelia interagujú v kolaboratívnom vzdelávaní. Dialogický prístup poskytuje širší pohľad na rozvoj tradičných sociálnych zručností ako schopnosť komunikácie, zdieľania informácií, spolupráce, rokovania, kritiky a robenia rozhodnutí. Úlohou dialogického prístupu je tiež navrhovať CSCL kolaboratívne nástroje tak, aby podporovali tieto aktivity.

Výskumný zámer v tejto práci spadá do novšieho dialogického výskumného prístupu, na ktorý sa zameriame aj v ďalšej analýze.

Dosiahnutie cieľov zadefinovaných v dialogickom prístupe vedie k niekoľkým základným skupinám úloh (Stahl, 2006):

#### 1. *Návrh aplikácií*

Cieľom návrhu v CSCL aplikáciách je vytváranie takých aktivít a prostredí, ktoré zlepšujú kolaboráciu študentov. Na to, aby návrh technológií podporoval kolaboratívne vzdelávanie a budovanie znalostí, musíme detailne rozumieť tomu, ako skupiny študentov dosahujú stanovené ciele prostredníctvom dostupných médií a nástrojov.

#### 2. *Analýza technologickej podpory*

Cieľom analýzy technologickej podpory je identifikovať jedinečné výhody použitia IKT v oblasti vzdelávania a získať viac informácií o tom, ako sú jednotlivé nástroje používané počas kolaborácie a ako ovplyvňujú vytváranie výsledkov.

### 3. Analýza kolaboratívneho vzdelávania

Analýza samotného vzdelávania v kolaboratívnych situáciách je odlišná od analýzy individuálneho vzdelávania, pretože študenti musia nevyhnutne vykonávať rôzne vzdelávacie aktivity ako súčasť procesu spolupráce. Tieto aktivity sú na rozdiel od individuálneho vzdelávania navonok viditeľné, čo umožňuje výskumníkom lepšie rekonštruovať proces učenia. Okrem toho sa samotná spolupráca zvyčajne odohráva v relatívne krátkom čase.

Jednotlivé skupiny úloh sa navzájom dopĺňajú a pri riešení problematiky vytvárania študijných skupín musíme riešiť parciálne úlohy z každej z týchto skupín.

## 2.3 CSCL vzdelávacie systémy

V súčasnosti existuje viacero CSCL vzdelávacích systémov, ktoré poskytujú študentom možnosť kolaboratívneho vzdelávania a štúdia prostredníctvom riešenia úloh a problémov. V nasledujúcom prehľade uvádzame niekoľko z nich:

#### 1. *Belvedere (Groupware for Learning Scientific Argumentation)*

Jadrom systému Belvedere je zdieľaný pracovný priestor určený na vytváranie informačných diagramov. Okrem toho poskytuje ďalšie nástroje ako rady inteligentného tútora alebo IM pre neštruktúrované diskusie.

#### 2. *CoVis (Learning Through Collaborative Visualization)*

Prostredie systému CoVis poskytuje nástroje pre vedecké vizualizácie, video konferencie alebo pre zapisovanie poznámok do digitálneho záznamníka.

#### 3. *WebCSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment)*

Systém WebCSILE, ktorý je tiež známy ako znalostné fórum, bol vyvinutý pre podporu internetovej komunikácie s cieľom kolaboratívneho budovania znalostí. Jeho prostredie obsahuje nástroje pre vývoj zdieľaných databáz, komunikačné nástroje a nástroje pre prehliadanie znalostí.

#### 4. *SPLACH (Support d'une p'edagogie de Projet pour L'Apprentissage Collectif Humain)*

Prostredie systému SPLACH poskytuje nástroje ako pre asynchrónnu, tak aj pre synchrónnu komunikáciu, nástroje pre zdieľanie obsahu, plánovanie a dokumentovanie.

#### 5. *L<sup>3</sup> Project (Lifelong Learning as a Utility)*

L<sup>3</sup> Project je vzdelávací projekt, na ktorého vývoji sa podieľa 20 organizácií a ktorého cieľom je vypracovať integrovanú internetovú štruktúru pre nepretržité celoživotné vzdelávanie. Študenti môžu pracovať počas vzdelávania ako individuálne, tak aj v skupinách.

Uvedené CSCL systémy boli použité ako súčasť viacerých experimentov, ktoré dokázali, že softvérová podpora kolaboratívneho vzdelávania má veľký význam a priniesla zvýšenie kvality interakcie medzi študentmi a pedagógmi a tiež medzi študentmi navzájom. Tento fakt sa potvrdil aj v tých systémoch, ktoré boli pôvodne realizované len pre individuálne vzdelávanie a funkcionality pre podporu kolaboratívneho riešenia úloh bola doplnená až dodatočne.

## 2.4 Multidisciplinárny pohľad na CSCL

Prepojenie dostupných informačných technológií a vzdelávania spôsobilo, že CSCL je oblasť, kde sa stretáva technický prístup s humanitnými disciplínami ako psychológia, filozofia a pedagogika (Lipponen, 2002). Najvýraznejší prienik má CSCL s pedagogikou, kde prebieha okrem iného komunikácia medzi softvérovými inžiniermi a pedagógmi, ktorí navrhujú jednotlivé kolaboratívne scenáre. Pre tento účel bola vytvorená špeciálna formalizácia, tzv. *Collaborative Learning Patterns*

- CLP. Okrem pedagogiky sa oblasť CSCL prelína s psychológiou, a to najmä pri vytváraní skupín na základe psychologických typov osobností (napr. Jungmanov psychologický model) alebo pri analýze kolaboratívneho správania študentov.

Z multidisciplinárneho charakteru CSCL vyplýva potreba vzájomnej spolupráce odborníkov z uvedených oblastí a to ako pri návrhu a realizácii kolaboratívnych prostredí, analýze správania členov skupiny počas jednotlivých etáp riešenia úlohy, tak aj pri vyhodnotení výsledkov získaných v experimentoch a prípadových štúdiách.



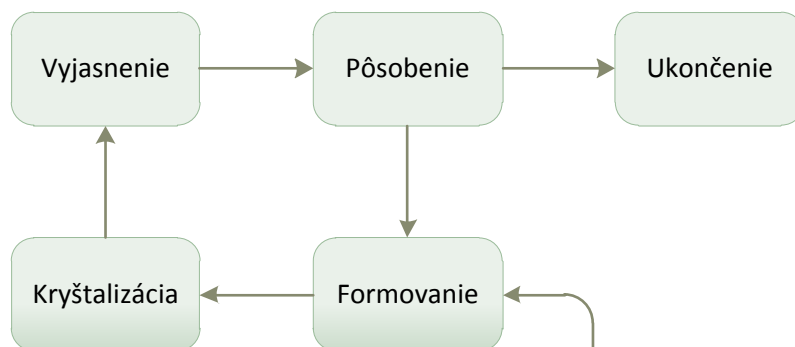
### 3 Skupiny v počítačom podporovanom kolaboratívnom vzdelávaní

Základným konceptom CSCL aplikácií je spolupráca, ktorá prebieha vždy vo viac alebo menej explicitne zadefinovaných skupinách.

#### 3.1 Životný cyklus skupín

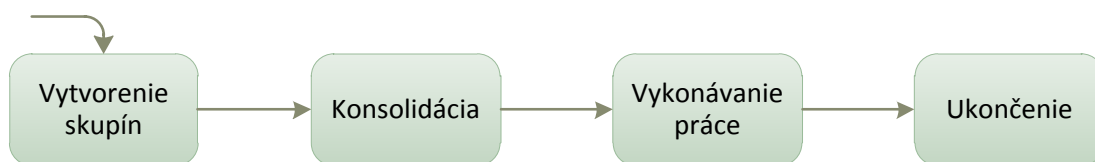
Spolupráca v skupinách bez ohľadu na to, či prebieha lokalizovane, alebo distribuovane sa nevykonáva v jednej konzistentnej etape. Skupiny používateľov vznikajú, vyvíjajú sa a nakoniec zanikajú. Tento proces môžeme opísať ako životný cyklus skupiny, pričom efektívnosť a úspešnosť skupiny závisí od rozličných podmienok počas celého jej životného cyklu (Daradoumis, 2002).

V odbornej literatúre existujú desiatky rôznych modelov životných cyklov skupín. Najcitovanejší a najanalyzovanejší je tzv. *Tuckmanov model* životného cyklu malých skupín (Tuckman, 1965). Pôvodný model navrhol autor v roku 1965 a neskôr ho v roku 1977 rozšíril o jeho piatu etapu, ktorou je ukončenie práce v skupine (Obrázok 3-1) (Tuckman, 1977).



Obrázok 3-1. Tuckmanov model životného cyklu.

Tuckmanov model životného cyklu malých skupín bol úspešne použitý v rôznych oblastiach. Autori v článku (Largent, 2010) ho aplikovali v lokalizovanom vzdelávaní v oblasti informačných technológií, pričom dosiahli pozitívne výsledky. Všeobecne je jeho použitie vhodné viac pre lokalizovane ako distribuovane pôsobiace skupiny. Jeho veľkým prínosom je, že sa stal základom mnohých ďalších modelov životných cyklov malých skupín. Jedným z nich je model životného cyklu skupín od autorov Daradoumis et al. (Obrázok 3-2) (Daradoumis, 2001; Daradoumis, 2002), ktorý bol vytvorený špeciálne pre potreby kolaboratívneho vzdelávania. Model sa sústreďuje na tie aspekty životného cyklu skupín, ktoré sú dôležité a relevantné pre oblasť CSCL.



Obrázok 3-2. Model životného cyklu podľa autorov Daradoumis et al.

Porovnanie uvedených modelov životného cyklu skupín je uvedené v tabuľke 3-1. Vzhľadom na to, že cieľom nášho výskumu je podpora kolaboratívneho vzdelávania, zameriame sa na model uvedený autorom Daradoumis et al.

Tabuľka 3-1. Porovnanie životných etáp skupiny podľa autorov Tuckman a Daradoumis, et al.

<b>Rozšírený Tuckmanov model</b>	<b>Model podľa autorov Daradoumis et al.</b>
<p><i>Formovanie (angl. forming)</i></p> <p>Etapa formovania je charakterizovaná vysokým entuziazmom a nízkou úrovňou zručnosti. Členovia skupiny sú závislí od lídra, ktorý je zodpovedný za takmer všetky rozhodnutia v skupine. V tejto etape nie sú vyriešené pozície ani zodpovednosti jednotlivých členov skupiny.</p>	<p><i>Formovanie skupín (angl. group formation)</i></p> <p>Etapa formovania skupín je komplexná viackroková úloha, ktorej výsledkom je samotný návrh priradenia členov do skupiny. Formovanie skupín ma veľký vplyv na efektívnosť pôsobenia skupiny v ďalších etapách.</p>
<p><i>Kryštalizácia (angl. storming)</i></p> <p>Začínajú sa formovať vzťahy medzi členmi skupiny a zároveň sa ujasňujú povinnosti jednotlivých členov. V tejto fáze vzniká len veľmi málo produktívnych výsledkov kvôli vznikajúcim konfliktom a hľadaniu svojej pozície v skupine.</p>	<p><i>Konsolidácia (angl. consolidation)</i></p> <p>Etapa konsolidácie slúži pre podporné procesy, predstavenie členov skupiny, vzájomné spoznanie charakteristík, znalostí alebo záujmov. Navyše by mali študenti využiť tento priestor na organizovanie a plánovanie práce.</p>
<p><i>Vyjasnenie (angl. norming)</i></p> <p>Dochádza k vyjasneniu zodpovedností a pozícií členov v rámci skupiny. Skupina začína byť produktívna a súdržná.</p>	
<p><i>Pôsobenie (angl. performing)</i></p> <p>Pre etapu pôsobenia je typická vysoká úroveň entuziazmu a zručnosti. Členovia skupiny sú motivovaní pracovať na riešení úlohy a vysoko produktívni.</p>	<p><i>Vykonávanie práce (angl. development)</i></p> <p>Najdôležitejšia etapa vykonávania práce je zameraná na samotnú realizáciu zadanej úlohy.</p>
<p><i>Ukončenie (angl. adjourning)</i></p> <p>Etapa ukončenia slúži ako podporná fáza pre úspešné uzavretie práce v skupine. Členovia majú priestor na zhodnotenie spolupráce a dosiahnutého výsledku.</p>	<p><i>Ukončenie (angl. closing)</i></p> <p>Etapa ukončenia nastáva po dosiahnutí stanovených cieľov a dáva priestor každému členovi ohodnotiť vykonanú prácu, svoje pôsobenie v skupine atď.</p>

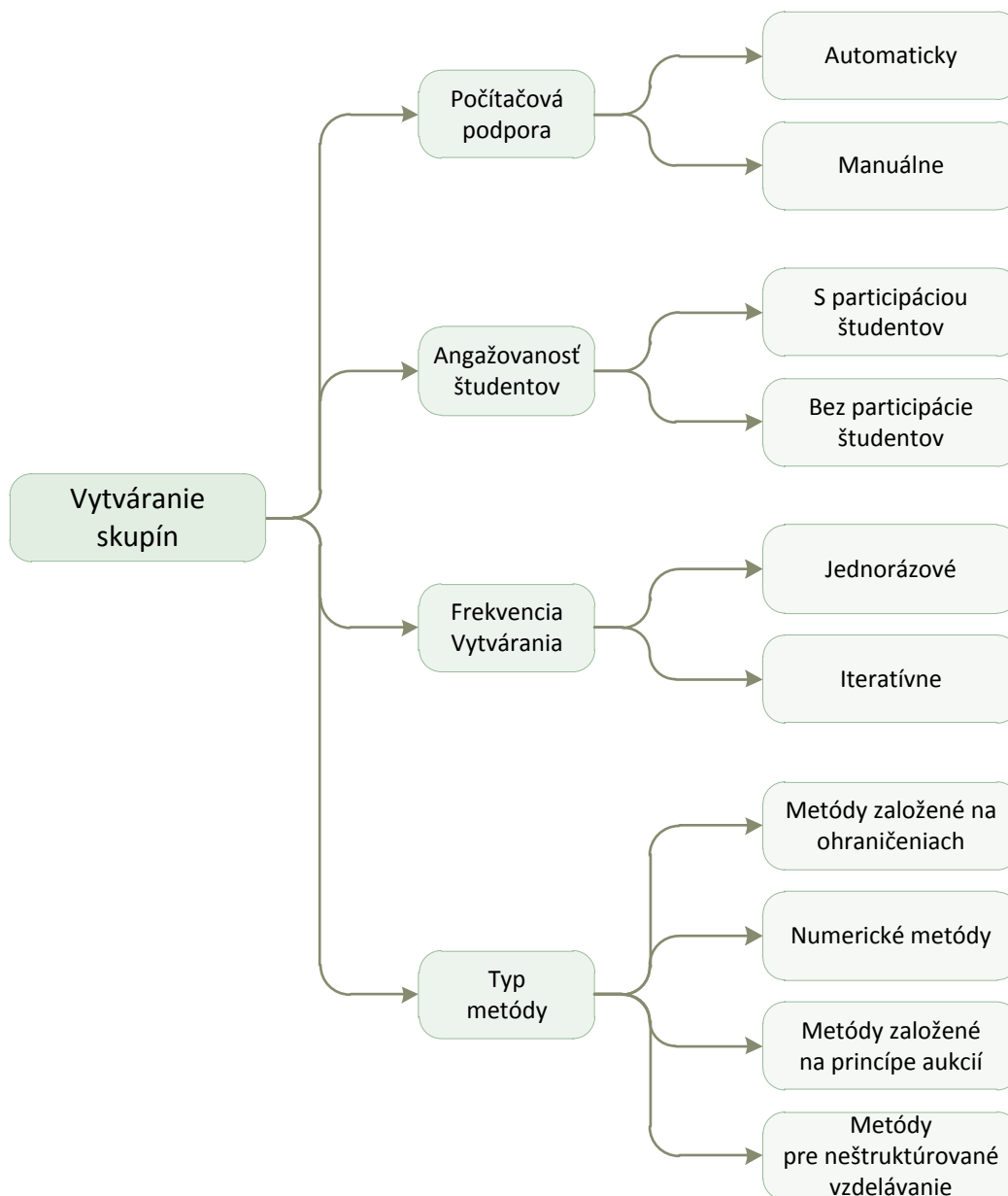
Etapa konsolidácie a ukončenia prebieha zvyčajne v malých distribuovaných skupinách len veľmi krátko, navyše sa v prípade krátkodobej spolupráce vo väčšine prípadov nevyskytuje takmer vôbec. Z pohľadu zvyšovania efektivity kolaborácie je v týchto etapách len minimálny priestor pre doplnenie technologickej podpory, ktorá by prispela k pozitívnemu výsledku samotného vykonávania práce. Študenti na realizáciu tejto etapy môžu použiť bežné kolaboratívne nástroje, ktoré sú určené primárne pre tretiu etapu životného cyklu, ktorou je vykonávanie práce. Z uvedených dôvodov sa týmito etapami podrobne nezaobráame a zameriavame sa na formovanie skupín a vykonávanie práce.

## 3.2 Formovanie skupín

Cieľom prvej etapy životného cyklu malých skupín je vyriešenie úlohy rozdelenia členov do pracovných skupín tak, aby bola dosiahnutá maximálna efektívnosť a účinnosť práce.

### 3.2.1 Prístupy k vytváraniu skupín

Prístupy vo vytváraní skupín môžeme rozdeliť na niekoľko typov podľa rôznych dimenzií (Obrázok 3-3).



Obrázok 3-3. Prehľad rôznych prístupov vytvárania skupín.

#### Na základe počítačovej podpory

Vytváranie skupín môže prebiehať mimo systému (manuálne). V tomto prístupe prebieha rozdelenie študentov do skupín len na základe informácií, ktoré sú známe pre pedagóga. Pedagóg môže pristupovať k tejto úlohe intuitívne a spájať takých študentov, od ktorých očakáva aktívnu spoluprácu. Inou možnosťou je spájať študentov náhodným spôsobom.

Alternatívou k manuálnemu vytváraníu skupín je automatické vytváranie skupín vo vnútri systému. V tomto prípade môže systém použiť pre vytvorenie skupín rozsiahle informácie a znalosti o používateľoch identifikované zo systémových záznamov.

Vytváranie skupín bez využitia systému môže byť pre pedagóga zložité a časovo náročné (Ounnas, 2008), špeciálne pre veľký počet študentov alebo v prípade, že pedagóg dostatočne nepozná charakteristiky študentov. Navyše náročnosť manuálneho rozdelenia študentov sa zväčšuje pri vytváraní heterogénnych alebo zmiešaných skupín, kde počet kombinácií usporiadania študentov môže byť značne veľký (Gogolou, 2007). V prípade vytvárania skupín s využitím systému je možné pracovať s oveľa väčším počtom študentov, použiť väčšie množstvo vstupných údajov a v konečnom dôsledku dosiahnuť často lepšie rozdelenie študentov vo výrazne kratšom čase.

### Na základe angažovanosti študentov

Ak berieme do úvahy zaangažovanie samotných členov skupín do ich vytvorenia, môžeme hovoriť o vytváraní skupín s participáciou a bez participácie študentov.

Ak o zložení skupín rozhodujú samotní študenti, vieme rozdeliť proces vytvorenia skupín do nasledujúcich krokov (Daradoumis, 2001):

#### 1. Predstavenie (*angl. introducing*)

Študenti sa navzájom predstavujú a prezentujú relevantné informácie, ktoré môžu pomôcť ich spolužiakom sa rozhodnúť, ktorí študenti budú vhodní členovia pre doplnenie ich skupín.

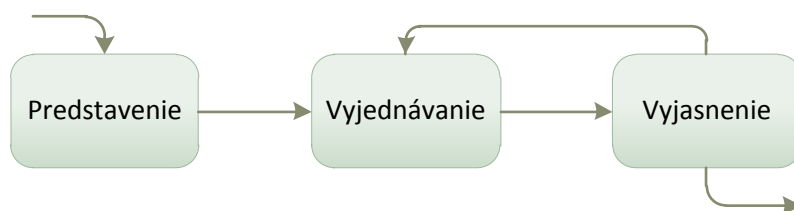
#### 2. Vyjednávanie (*angl. negotiating*)

Na základe informácií získaných počas predstavenia začína komunikácia medzi jednotlivými študentmi s cieľom vytvoriť požadované skupiny. Tento proces ovplyvňujú viaceré aspekty, napr. ciele jednotlivca alebo celej skupiny, angažovanosť členov, zodpovednosť, spôsob komunikácie, počet členov vo vytvárajúcej skupine a tiež charakteristiky, potreby alebo prania jednotlivých študentov.

#### 3. Vyjasnenie (*angl. norming*)

Výsledkom vyjednávania sú návrhy študijných skupín, ktoré však nemusia byť konečné. Aby bolo dosiahnuté definitívne a spoľahlivé rozdelenie študentov do skupín nastáva proces internej diskusie medzi členmi navrhovaných skupín. Cieľom tejto diskusie je dosiahnutie dohody o definícii pravidiel, resp. skupinovej normy (*angl. normative*), ktorá zahŕňa detaily metodológie práce, plánovania práce a tiež fungovania a štruktúry skupiny. Cieľom definovania tejto normy je zohľadniť aj ďalšie faktory, ktoré môžu ovplyvniť následnú kolaboráciu: pracovné kroky, dostupný čas, úroveň študentských znalostí, úroveň angažovanosti pedagóga atď. V prípade, že navrhovaná skupina študentov je schopná dosiahnuť dohodu, môže pokračovať do ďalšej fázy jej životného cyklu, ktorou je konsolidácia. V prípade, že nedôjde k dohode, môžu mať študenti možnosť hľadať inú vhodnejšiu skupinu a vracajú sa do druhého kroku vytvárania skupín, ktorým je vyjednávanie.

Kroky vyjednávania a vyjasnenia tak vytvárajú cyklický proces (Obrázok 3-4).



Obrázok 3-4. Proces vytvárania skupín s angažovaním študentov.



Ak o zložení skupín nerozhodujú samotní študenti, proces vytvárania skupín prebieha spravidla v nasledujúcich krokoch (Obrázok 3-5) (Wessner, 2001):

1. *Inicializácia (angl. initiating)*

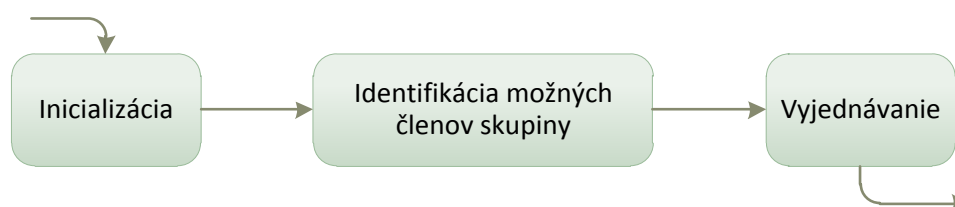
Vytváranie skupiny môže byť inicializované priamo študentom, príp. učiteľom (napr. za účelom vyriešenia konkrétneho problému). Alternatívne vzdelávací systém automaticky navrhne možnosť spolupráce študentovi, ktorý môže následne inicializovať vytváranie skupiny akceptovaním návrhu.

2. *Identifikácia možných členov skupiny (angl. identifying peer learners)*

Identifikujeme potenciálnych študentov, ktorí spĺňajú požiadavky pre participovanie vo vytváranej skupine. V prípade, že vytvorenie skupiny inicioval študent, zohľadníme aj jeho automatické zaradenie do tejto skupiny.

3. *Vyjednávanie (angl. negotiating)*

V tomto kroku komunikujeme s potenciálnymi členmi vytváranej skupiny s cieľom vytvoriť vhodnú skupinu. Od študentov môžeme požadovať potvrdenie, že majú záujem o zaradenie do navrhovanej skupiny, alebo ich môže zaradiť automaticky bez opýtania.



Obrázok 3-5. Proces vytvárania skupín bez angažovanosti študentov.

V niektorých výskumoch boli identifikované výrazné problémy, ak bol proces vytvárania skupín organizovaný samotnými študentmi (Deibel, 2005). Študenti majú tendenciu sa zoskupovať homogénne na základe podobnej úrovne znalostí (slabí študenti so slabými atď.) alebo na základe už existujúcich sociálnych vzťahov. Tento trend zabraňuje, aby sa horší študenti učili od lepších alebo aby sa šírili nové myšlienky v nových sociálnych komunitách.

Ďalším problémom môžu byť minoritní študenti (napr. študentky v oblasti informačných technológií). Ak sú izolovaní v skupinách, táto izolácia môže prispieť k silnejšiemu pocitu osamelosti, čo môže v konečnom dôsledku dospieť k ich neaktivite. Autori v článku (Daradoumis, 2002) uvádzajú, že až 21 študentov z celkového počtu 138 sa nedokázalo zaradiť do žiadnej skupiny. Vyhodnotením dotazníkov zistili, že dôvodom bolo predovšetkým to, že študenti si neuvedomili dôležitosť procesu vytvárania skupín alebo boli neskoro zaangažovaní do tohto procesu.

### **Na základe frekvencie vytvárania skupín**

Skupiny môžeme vytvárať jednorazovo alebo iteratívne (Tvarožek, 2010).

Jednorazové metódy vytvárania skupín produkujú jediné priradenie študentov do skupín podľa vopred zadaných kritérií. Skupiny sú vytvorené len raz, a preto tieto metódy neuvažujú ich nasledujúce pôsobenie.

Iteratívne metódy vytvárania skupín predpokladajú, že vytváranie skupín sa bude opakovať v niekoľkých za sebou idúcich kolách, a preto dokážu zohľadniť spätnú väzbu z predchádzajúcich rozdelení študentov. Pridelenie študentov do skupín sa vyhodnocuje po ukončení každého kola a výsledky vyhodnotenia sa použijú pre optimalizáciu rozdelenia v nasledujúcom kole.

### Na základe typu použitých metód

Pre vytváranie skupín je možné použiť niekoľko rôznych typov metód: metódy založené na ohraničeniach, numerické metódy, metódy založené na princípe aukcií a metódy pre neštruktúrované vzdelávanie.

Prvým typom metód, ktoré je možné použiť na riešenie problému vytvárania skupín sú metódy založené na ohraničeniach (Tvarožek, 2010). Študentove charakteristiky rovnako ako aj ohraničenia platné pri vytváraní skupín sa definujú často prostredníctvom ontológií. Charakteristiky študenta sú zvyčajne namodelované s využitím rozšírenia už existujúcich ontológií. Vyhodnotenie úspešnosti metód založených na ohraničeniach sa vykonáva zvyčajne subjektívne, a to prostredníctvom dotazníkov. Hlavnou nevýhodou týchto metód je silný predpoklad, že učiteľ dokáže určiť, ktoré ohraničenia vplyvajú na spoluprácu a robia ju efektívnejšou. Momentálne však nie sú známe faktory, ktoré by spôsobovali štúdium efektívnejšie. Tiež tieto metódy realizujú len jednorazové vytváranie skupín.

Iným typom metód vytvárania skupín sú numerické metódy (Tvarožek, 2010). V porovnaní s metódami založenými na ohraničeniach nepoužívajú presné pravidlá, ale skôr využívajú prístup orientovaný na dáta. Študentove charakteristiky sú reprezentované  $n$ -rozmerným vektorom, kde hodnota v každej dimenzii zodpovedá študentovej hodnote charakterizujúcej príslušnú vlastnosť. Dvomi študentmi môžeme navzájom porovnať prostredníctvom rozdielov medzi hodnotami vektorov, ktoré ich reprezentujú, a to vo všetkých dostupných dimenziách. Pre vytváranie skupín s podobnými vlastnosťami môžeme použiť rôzne metódy a techniky zhlukovania, ale aj ďalšie numerické techniky, napr. optimalizáciu na základe horolezeckého algoritmu (angl. *repeated hill-climbing optimization*) alebo optimalizáciu na základe algoritmu kolónie mravcov (angl. *ant colony optimization*). Niektoré z numerických metód majú podobnú nevýhodu ako metódy založené na ohraničeniach, a to, že pracujú len s jednorazovým vytváraním skupín a nezohľadňujú spätnú väzbu.

Problém s absenciou spätnej väzby rieši ďalší typ metód pre vytváranie skupín, ktorým sú metódy založené na princípe aukcií. Študenti sú reprezentovaní agentmi, ktorí majú možnosť sa zúčastňovať dražby, v ktorej iteratívne poskytujú ponuky o zaradenie príslušného študenta do preferovanej skupiny. Virtuálne finančné prostriedky sa určujú na základe predchádzajúcich kolaboratívnych aktivít študentov.

Uvedené typy metód predpokladajú, že vzdelávanie je istým spôsobom štruktúrované (formálne) a máme dostatok informácií jednak o študentoch, ktorí sa vzdelávajú zúčastňujú a tiež o doméne, v ktorej vzdelávanie prebieha. Na druhej strane existujú metódy pre neštruktúrované (neformálne) vzdelávanie, kde je typická žiadna alebo len veľmi malá participácia učiteľa a minimálna dostupnosť informácií o študentoch a vzdelávacích materiáloch (Rubens, 2009).

### 3.2.2 Príklady existujúcich metód vytvárania skupín

Počas analýzy problémovej oblasti sme identifikovali viacero metód pre vytváranie skupín. Relevantné z nich uvádzame v prehľadovej tabuľke 3-2.

Tabuľka 3-2. Prehľad vybraných metód pre vytváranie skupín.

<i>Pristup/Názov metódy</i>	<i>Typ</i>	<i>Algoritmus</i>	<i>Frekvencia</i>	<i>Údaje</i>	<i>Rok</i>
Metóda stavebnice (angl. <i>Jigsaw method</i> )	spĺňanie ohraničení	algoritmus spĺňania ohraničení	jednorazová	štruktúrované	2005
Sémantické vytváranie skupín	spĺňanie ohraničení	algoritmus spĺňania ohraničení	jednorazová	štruktúrované	2008
TANGOW (angl. <i>Task-based Adaptive learNer Guidance On the Web</i> )	spĺňanie ohraničení	algoritmus spĺňania ohraničení	jednorazová	štruktúrované	2004
Relax	spĺňanie ohraničení	evolučný algoritmus	jednorazová	neštruktúrované	2009
EPSO (angl. <i>Enhanced Particle Swarm Optimization</i> )	numerická	PSO	jednorazová	štruktúrované	2010
OmadoGenesis	numerická	genetický algoritmus / zhlukovanie	jednorazová	štruktúrované	2007
CAFE (angl. <i>CollAboration Formation modEl</i> )	numerická	-	jednorazová	neštruktúrované	2009
GT (angl. <i>Group Technology</i> )	numerická	zhlukovanie v poli	jednorazová	štruktúrované	2010
VALCAM	aukčná	aukčný algoritmus	iteratívna	štruktúrované	2006

### **Metóda stavebnice (angl. *Jigsaw method*)**

Ide o jednoduchú a rozšírenú metódu predovšetkým v oblasti lokalizovaného vzdelávania. Rovnako je možné však túto metódu použiť aj v distribuovanom vzdelávaní. V prvom kroku sa študenti rozdelia do niekoľkých expertných skupín podľa ich zamerania. V týchto skupinách spoločne analyzujú jednu konkrétnu separátnu podoblasť skúmaného problému. Následne študentov prerozdélite do študijných skupín, ktoré obsahujú minimálne jedného člena z každej expertnej skupiny. V týchto študijných skupinách je úlohou každého študenta poskytnúť informácie o svojej podoblasti ostatným členom skupiny. Výsledky experimentu v distribuovanom vzdelávaní s využitím tejto metódy však ukázali, že až 53% účastníkov nedosiahlo lepšie študijné výsledky pri skupinovej spolupráci oproti individuálnemu vzdelávaniu (Hinze, 2002).

### **Sémantické vytváranie skupín**

Autori v článku (Ounnas, 2008) rozšírili existujúcu FOAF (angl. *friend-of-a-friend*) ontológiu o študentove osobné, sociálne a vzdelávacie údaje a pomenovali ju *Semantic Learner Profile* - SLP. Navrhnutý systém umožňuje študentom vyplniť svoje FOAF a SLP profily a pedagógovi zvoliť, ktoré ohraničenia sa použijú pri vytváraní skupín, pričom môže určiť dva typy ohraničení: silné, ktoré musia byť splnené vo všetkých prideleniach do skupín a slabé s príslušnými prioritami, ktoré nemusia byť nevyhnutne splnené. Samotný proces vytvárania skupín následne zabezpečuje generátor založený na disjunktnom logickom programovacom systéme (angl. *disjunctive logic*

*programming system*), ktorého výstupom je niekoľko možných rozdelení študentov do skupín, z ktorých sa každé označuje ako model. Najlepší model sa vypočíta na základe slabých ohraničení, pričom sa používa pravidlo, čím viac slabých ohraničení s čím vyššou prioritou je v modeli splnených, tým model reprezentuje lepšie rozdelenie študentov do skupín. Použitím tohto prístupu sa zamedzuje vzniku tzv. osirelých študentov (angl. *orphan students*), ktorých nie je možné zvyčajne zaradiť do žiadnej skupiny.

### **TANGOW (angl. Task-based Adaptive learNer Guidance On the Web)**

Ďalšou metódou pre vytváranie skupín je rozdeľovanie študentov na základe ich štýlov štúdia. Pre získanie informácií o štýle učenia autori použili dotazníky, na základe ktorých určili tzv. *Index of Learning Styles - ILS*. Pedagóg má možnosť integrovať jednotlivé kolaboratívne úlohy priamo do kurzu a ku každej úlohe zadefinovať ohraničenia, ktoré sa majú použiť na výber študentov, ktorí budú spolupracovať na riešení danej úlohy. Obsahom týchto ohraničení sú štýly učenia, ktoré musia byť charakteristické pre zvolených študentov. (Martin, 2004)

### **Relax**

Relax (Barla, 2009) je metóda vytvorená pre kombinované automatické a manuálne vytváranie pracovných skupín. Relax vychádza z bázy znalostí o jednotlivcoch, ktorá zahŕňa nielen profilové informácie, ale aj vzájomné sociálne prepojenia. Tieto údaje dokáže aplikácia získať z niekoľkých zdrojov: priamo od používateľa, automaticky z externých zdrojov a vypočítaním. Na opísanie požadovaných typov skupín sa používajú dva typy ohraničení, a to atomické a zložené kritéria. Samotné vytváranie skupín potom prebieha evolučným algoritmom, ktorý hľadá riešenie, ktoré spĺňa čo najväčší počet ohraničení.

### **EPSO (angl. Enhanced Particle Swarm Optimization)**

Metóda PSO (angl. *particle swarm optimization*) bola prvýkrát navrhnutá v roku 1995 autormi Kennedy and Eberhart, ktorí identifikovali potenciál tejto metódy pri hľadaní optimálneho riešenia komplexných problémov. Originálny koncept bol odvodený zo simulácie sociálneho správania, v ktorom individuálne správanie nezávisí len od skúseností daného jednotlivca, ale aj od správania skupiny ako celku. Rozšírená metóda PSO (angl. *enhanced particle swarm optimization*) dokáže modelovať zloženie skupín v kurze s veľkým počtom študentov podľa viacerých kritérií určených pedagógom (Lin, 2010).

### **OmadoGenesis**

Autori sa vo výskume (Gogolou, 2007) zamerali na vytváranie homogénnych, heterogénnych a zmiešaných skupín. Každého študenta opísali vektorom v multidimenzionálnom priestore, pričom hodnota v každom rozmere pripadá konkrétnej charakteristike. Pre každý typ skupiny študentov zadefinovali funkciu vyjadrujúcu kvalitu rozdelenia. Následne tieto funkcie použili ako tzv. *fitness* funkcie v genetických algoritmoch. Okrem genetických algoritmov použili pre homogénne a heterogénne skupiny aj ďalšie algoritmy založené na zhľukovaní a porovnali ich výsledky s výsledkami genetických algoritmov. V prípade homogénnych skupín bola kvalita skupín takmer rovnaká, v prípade heterogénnych skupín boli dosiahnuté lepšie výsledky pri zhľukovaní.

### **CAFE (angl. CollAoration Formation modEl)**

Metóda CAFE (angl. *CollAoration Formation modEl*) sa zameriava na riešenie vytvárania skupín v neštruktúrovanom (neformálnom) vzdelávaní. V niektorých prípadoch môže byť vytvorenie doménového modelu a modelu používateľa veľmi časovo náročné, príp. úplne nemožné. V tejto metóde sa využíva prístup viac orientovaný na samotné údaje. V prvom kroku sa získajú informácie o študentoch a o vzdelávacích materiáloch z rôznych zdrojov ako napr. databázy, akademické publikácie, wiki stránky, sociálne siete atď. Následne sú dáta rozanalyzované a pospájané tak, aby poskytovali ucelenú informáciu. Nakoniec sú automaticky vytvorené skupiny dolovaním a odvádzaním nových faktov z dostupných údajov. (Rubens, 2009)

### **GT (angl. *Group Technology*)**

GT (Selim, 1998) je prístup inšpirovaný industriálnou výrobou, kde sa niekoľko strojov podieľa na výrobe jednej súčiastky. Cieľom je optimalizovať výrobu týchto súčiastok prostredníctvom tzv. buniek strojov (angl. *machine cells*). Riešením je zoskupovanie súčiastok do rodín podobných súčiastok a zoskupovanie strojov, ktoré sú zodpovedné za výrobu konkrétnej rodiny súčiastok, čo v konečnom dôsledku zaručí menšie časové nároky na výrobu a presun súčiastok medzi strojmi. Existuje niekoľko techník, ktoré riešia uvedený problém, napr. zhukovacie analýzy, segmentovanie grafov, umelá inteligencia alebo logické programovanie. Tento prístup bol úspešne použitý aj vo vzdelávaní (Pollalis, 2009; Cocea, 2010; Blas, 2011). Vo výskume (Pollalis, 2009) sa autori zamerali na zhukovanie študentov podľa vzdelávacích objektov na základe konceptov, ktoré sú obsiahnuté v jednotlivých vzdelávacích objektoch a konceptov, o ktorých už jednotliví študenti majú dostatočnú znalosť. Vo výskume (Cocea, 2010) sa autori zamerali na zhukovanie študentov podľa stratégií, ktoré študenti používajú pri riešení matematických úloh. V (Blas, 2011) použili autori prístup GT na identifikovanie zhukov navzájom podobných predmetov a pedagógov, ktorí tieto predmety prednášali.

### **VALCAM**

VALCAM (Soh, 2006) je dynamická metóda vytvárania skupín založená na princípe aukcií. Agent reprezentujúci učiteľa je hlavný koordinátor procesu vytvárania skupín, ktorý rozhoduje o počte členov v skupinách, dobe existencie skupín a hodnotení výsledkov skupín. Agent reprezentujúci skupinu je následne zodpovedný za jej riadenie, a to predovšetkým za monitorovanie aktivít skupiny ako celku a po splnení úloh aj za vyhodnotenie aktivít jednotlivých členov skupiny. Metóda VALCAM využíva opakované vytváranie skupín. Po ukončení jedného kola úloh na základe vyhodnotenia aktivít pridelí študentom virtuálne body, ktoré môžu ich agenti následne použiť v aukcii o zaradenie do preferovanej skupiny. Čím je študent aktívnejší, tým má možnosť získať viac virtuálnych bodov a tým má aj vyššiu šancu získať v aukcii miesto v preferovanej skupine.

## **3.3 Vykonávanie práce**

Najdôležitejšia časť životného cyklu skupín je etapa vykonávania práce, v ktorej dochádza k samotnému riešeniu stanovenej úlohy, príp. problému. Táto etapa životného cyklu skupín poskytuje najväčší priestor pre zefektívnenie spolupráce študentov. Podporu kolaboratívneho vzdelávania môžeme realizovať jednak vylepšovaním návrhu a implementácie kolaboratívnych nástrojov a tiež rôznymi metódami analýzy a vyhodnotenia kolaboratívneho vzdelávania.

### **3.3.1 Kolaboratívne nástroje**

Spolupráca študentov a jej efektívnosť vo veľkej miere závisí od dostupných kolaboratívnych nástrojov, preto musí byť pri ich návrhu a implementácii, resp. integrácii do vzdelávacieho systému venovaná dostatočná pozornosť. Pod kolaboratívnymi nástrojmi rozumieme dve skupiny nástrojov, a to komunikačné nástroje a nástroje pre interakciu.

Komunikačné nástroje slúžia na podporné aktivity, ktoré sú nevyhnutné pri spolupráci, napr. výmena informácií a znalostí alebo zdôvodňovanie rozhodnutí. Obsah takto vytvorenej komunikácie nie je priamym výstupom riešenia úlohy. Vhodnosť použitia týchto nástrojov len v minimálnej miere závisí od konkrétneho typu riešenej úlohy.

Nástroje pre interakciu slúžia na samotné vypracovanie riešenia kolaboratívnej úlohy. Na rozdiel od komunikačných nástrojov, vhodnosť ich použitia vo veľkej miere závisí od typu aktuálne riešenej úlohy. Rozdiel medzi nimi je zrejmy na príklade e-mailu. Pokiaľ je e-mail vhodný na

komunikáciu medzi členmi skupiny, pre samotnú tvorbu obsahu nie je ani efektívny, ani postačujúci (Aiken, 2005).

V oblasti CSCL bolo vypracovaných niekoľko prípadových štúdií, ktoré sa zaoberali problémom návrhu a implementácie kolaboratívnych nástrojov tak, aby umožnili efektívnu a úspešnú spoluprácu. Výsledkom týchto výskumov sú odporúčania pre ďalší vývoj kolaboratívnych prostredí (Aiken, 2005; Carell, 2009; Dillenbourg, 2007):

1. Záber a typ nástrojov musí byť prispôsobený záberu a typu vzdelávacích scenárov.
2. Prístup k aplikáciám musí byť jednotný a čo najjednoduchší.
3. Používanie nástrojov musí byť možné bez akéhokoľvek náročného zaučenia. Čím zložitejšie úlohy bude skupina riešiť, tým musia byť jednotlivé nástroje intuitívnejšie na používanie.
4. Nástroje musia byť navrhnuté tak, aby boli užitočné nielen pre riešenie zadaných úloh, ale tiež pre prácu na individuálnej úrovni.
5. Dostupné nástroje by mali umožniť súhrn medzi producentmi a prijímateľmi obsahu.
6. V prípade, že sa do vzdelávacieho scenára zapájajú aj externí členovia (napr. pedagógovia alebo študenti, ktorí neboli zaradení do skupiny pri jej vytváraní a zapájajú sa až počas jej pôsobenia) prostredie a nástroje im majú umožniť aktívnu participáciu na riešení úlohy a tým umožniť zapojiť do riešenia skupiny nový zdroj vedomostí a nápadov.
7. Kolaboratívne vzdelávanie musí byť štruktúrované. V prípade, že vzdelávanie prebieha bez akýchkoľvek obmedzení a len v réžii samotných študentov, nie je užitočné ani pre jednotlivcov, ani pre skupiny. Aby sa tomuto javu zabránilo, je potrebné použitie štruktúrovaných kolaboratívnych nástrojov.
8. Analýza spolupráce má prebiehať automaticky a v reálnom čase.

### **Komunikačné nástroje**

Nutnou podmienkou úspešnej spolupráce je potreba členov skupiny komunikovať o riešenej úlohe. Táto komunikácia môže prebiehať buď štruktúrovanou, alebo neštruktúrovanou formou. Štruktúrovanosť je možné zabezpečiť viacerými spôsobmi. Najpoužívanejším a overeným prístupom je štruktúrovanosť prostredníctvom začiatkov viet (angl. *sentence openers*). Tento prístup je možné realizovať dvoma spôsobmi. V prvom je študentom umožnené komunikovať prostredníctvom diskusie, v ktorej majú predpripravené rôzne začiatky viet a následne dopĺňajú len ich pokračovanie. V druhom je súčasťou používateľského rozhrania ponuka s výberom z niekoľkých preddefinovaných typov správ. V prípade neštruktúrovanej komunikácie majú študenti možnosť komunikovať voľne bez obmedzení vopred pripravených typov správ.

V (Baker, 1996) je porovnanie skupín pracujúcich prostredníctvom štruktúrovanej a neštruktúrovanej komunikácie. Výsledkom experimentu bolo zistenie, že skupiny komunikujúce cez štruktúrované rozhranie vykazovali väčšiu orientáciu na riešenie úloh. Na tento výsledok nadviazali v experimente (Jermann, 1997), v ktorom mali študenti k dispozícii ako štruktúrovanú diskusiu, tak aj nástroj pre voľné písanie textu. Výsledkom experimentu je potvrdenie prechádzajúceho zistenia, že je možné pozitívne ovplyvňovať diskusiu použitím štruktúrovaného používateľského rozhrania. Okrem toho autori zistili, že študenti mali väčšiu tendenciu používať štruktúrovanú komunikáciu oproti neštruktúrovanej (počet odoslaných štruktúrovaných správ tvoril 58% všetkých správ). V niektorých prípadoch však môže mať striktné štruktúrovaná komunikácia negatívny dopad na spoluprácu študentov (Matessa, 1999). Dôvodom je predovšetkým situácia, v ktorej sa počas spolupráce môže objaviť potreba napísať správu, ktorú nie je možné zaradiť do žiadnej z preddefinovaných typov správ.

## Nástroje pre interakciu

Ako nástroj pre interakciu je možné použiť ľubovoľnú aplikáciu patriacu pod sociálny softvér, ktorá umožňuje vytváranie obsahu a jeho zdieľanie medzi študentmi navzájom. V existujúcich výskumoch boli pre oblasť CSCL úspešne použité napr. wiki stránky, blogy, online komunity alebo aplikácie umožňujúce sociálne značkovanie (angl. *social tagging*). Tieto aplikácie neboli však vyvíjane pre vzdelávací proces, a preto je zvyčajne potrebná ich čiastočná úprava, aby sa stali plnohodnotnou súčasťou kolaboratívneho prostredia CSCL aplikácií.

### 3.3.2 Metódy analýzy a vyhodnotenia kolaboratívneho vzdelávania

Niektoré výskumy hodnotia kvalitu skupiny na základe výstupu z kolaborácie, ktorú považujú ako kritérium pre úspešnú spoluprácu. Tento prístup sa zameriava viac na intelektuálny výsledok vzdelávacieho procesu ako na proces samotný (Linn, 1992). Nie vždy je však skupinové vzdelávanie skutočne kolaboratívne (Collazos, 2007). Relatívne často sa v skupinách vyskytujú členovia, ktorí vyvolávajú konflikty a boj o moc pri riadení práce v skupine. Na druhej strane tiež existujú členovia, ktorí aktívne neparticipujú na spolupráci alebo diskutujú o témach nesúvisiacich s riešením úlohy, pokiaľ jeden člen vypracuje kompletne riešenie úlohy. Ďalším nežiaducim efektom môže byť, keď jeden talentovaný člen skupiny príde so všetkými nápismi, ktoré nadiktuje ostatným členom skupiny alebo ich vypracuje samostatne ignorujúc ostatných členov skupiny.

Všetky tieto javy považujeme za nežiaduce a snažíme sa im pri vytváraní skupín zabrániť. Z tohto dôvodu sa pri analýze kolaboratívneho vzdelávania zameriame na samotný proces kolaborácie, ktorého atribúty označíme ako dynamické aspekty skupín, ktoré vyhodnotíme prostredníctvom analýzy používania kolaboratívnych nástrojov.

Narastajúce používanie kolaboratívnych nástrojov prinieslo veľké množstvo údajov o aktivitách používateľov (Pepera, 2009). Analýzou týchto dát vieme získať veľké množstvo hodnotných informácií o správaní používateľov v skupine a ich efektívnosti pri riešení zadaných úloh. Pre analýzu kolaboratívneho vzdelávania sa používajú metódy dolovania v dátach alebo strojového učenia. V súčasnosti existuje takýchto metód veľké množstvo. V nasledujúcom prehľade z nich uvádzame len niekoľko najviac relevantných.

#### Diskrétné a skryté markovovské modely

Prvým spôsobom analýzy kolaboratívneho vzdelávania je použitie metód strojového učenia založených na princípe markovovských modelov. Markovovský model je systém, ktorý sa skladá z konečného počtu stavov a prechodov medzi nimi, pričom pravdepodobnosť prechodu z jedného stavu do druhého je nezávislá od predchádzajúcej sekvencie stavov. V prípade diskretných markovovských modelov poznáme vnútornú štruktúru systému (počet stavov a pravdepodobnosť prechodu medzi nimi). V prípade skrytých markovovských modelov poznáme len pozorovania, ktoré môžu vzniknúť s vopred stanovenou pravdepodobnosťou pri navštívení každého stavu.

Autori v článku (Kock, 2010) opisujú analýzu kolaboratívneho vzdelávania s využitím diskretných markovovských modelov (angl. *Discrete Markov Models - DMM*). Výsledkom analýzy sú automaticky identifikované vzory správania získané zhlukovaním v troch úrovniach. Na prvej úrovni sa identifikovali vopred zadané štýly riešenia problémov, na druhej úrovni nové štýly riešenia v známych vzdelávacích dimenziách a na tretej úrovni nové štýly učenia v nových vzdelávacích dimenziách. Autori následne skúmali, akým spôsobom môžu byť identifikované vzory použité na rozšírenie modelu používateľa a následne na podporu spolupráce v skupinách.

Vo výskume (Jeong, 2008) vykonali autori analýzu kolaboratívneho vzdelávania s využitím skrytých markovovských modelov (angl. *Hidden Markov Models - HMM*). Podobne ako v predchádzajúcom prípade boli výsledkom identifikované vzory aktivít.

## **Zhlukovanie**

Zhlukovanie je zoskupovanie objektov do celkov (zhlukov) podľa navzájom podobných atribútov. Autori v článku (Pepera, 2009) použili dolovanie dát prostredníctvom zhľukovania vykonaných aktivít. Ako zdroj aktivít uvažovali rozličné kolaboratívne nástroje, ako napr. wiki stránky, verzionovacie systémy alebo systémy pre manažment softvérových chýb. Na základe identifikovaných zhľukov následne porovnali úspešné a menej úspešné skupiny študentov.

## **Sledovanie dimenzií kolaboratívneho správania**

Ďalším spôsobom analýzy kolaboratívneho vzdelávania je sledovanie správania prostredníctvom zadefinovaných dimenzií/indikátorov odvodených z rôznych psychologických modelov kolaboratívneho vzdelávania (Burkhard, 2009; Collazos, 2007; Spada, 2005). Jednotlivé výskumy sa navzájom odlišujú len v počte a spôsobe zadefinovania sledovaných dimenzií.

V tomto prístupe sa sledujú vopred zadefinované metriky vyjadrujúce priebeh spolupráce. Výhoda takéhoto riešenia je, že môžeme vyhodnocovať úspešnosť spolupráce nielen po jej ukončení, ale aj počas samotnej realizácie.

## **3.4 Spôsoby kolaboratívneho vzdelávania**

Kolaboratívne vzdelávanie vo všetkých etapách životného cyklu skupín môže prebiehať za odlišných podmienok, ktoré závisia okrem iného od cieľa, ktorí študenti sledujú, od postupov, ktoré sú im odporúčané, od motivácie a v neposlednom rade od stupňa angažovanosti pedagóga v procese vzdelávania. Na základe rozličných podmienok spolupráce môžeme identifikovať tri spôsoby kolaboratívneho vzdelávania (Daradoumis, 2001): vzdelávanie založené na riešení problému, vzdelávanie založené na riešení úlohy a vzdelávanie založené na prípadovej štúdii.

### **Vzdelávanie založené na riešení problému (angl. Problem-based collaborative learning)**

V tomto spôsobe kolaboratívneho vzdelávania je cieľom študentov vypracovať malý projekt, prostredníctvom ktorého dokážu, že sa naučili a porozumeli teoretickým konceptom vzdelávacieho kurzu. Riešené problémy sú našpecifikované tak, že pre jeho vyriešenie existuje niekoľko odlišných akceptovateľných riešení. Existencia viacerých riešení zabezpečí, že študenti sú motivovaní zapájať sa do aktívnej spolupráce a diskusie tak, aby počas riešenia projektu spravili tie najlepšie rozhodnutia.

Úlohou pedagóga je priebežne podporovať študentov v spolupráci prostredníctvom odporúčaní tak, aby komunikovali o rôznych variantoch riešeného problému.

### **Vzdelávanie založené na riešení úlohy (angl. Task-related collaborative learning)**

V tomto spôsobe kolaboratívneho vzdelávania je cieľom študentov navzájom spolupracovať pri riešení praktických úloh. Riešenie úloh v porovnaní s riešením problémov prebieha v kratšom období a od študentov sa vyžaduje informačne a rozsahom menší výstup.

Hlavnou úlohou pedagóga je vyhodnotenie samotného výsledku spolupráce a žiadnym alebo len minimálnym spôsobom ovplyvňuje proces spolupráce.

### **Vzdelávanie založené na prípadovej štúdii (angl. Case-based collaborative learning)**

Tento spôsob kolaborácie je určený predovšetkým pre skupiny zložené zo študentov rôznych tematických a odborných zameraní. Ich cieľom je dlhodobá práca na konkrétnej prípadovej štúdii, ktorá simuluje skutočný prípad. Prípadová štúdia je často navrhnutá tak, že študenti sú nútení použiť znalosti nielen zo svojej odbornej oblasti, ale aj z oblasti, na ktorú sa zameriavajú ostatní členovia skupiny.



Pedagóg má významnú úlohu, keďže pravidelne sleduje postup skupiny, usmerňuje vývoj riešenia skúmaného prípadu a tiež motivuje jednotlivcov, ale aj celú skupinu k ďalším výsledkom.

### 3.5 Integrácia kolaborácie do vzdelávacieho kurzu

Vzdelávací kurz je vo výučbovom systéme často realizovaný kombináciou individuálneho a kolaboratívneho učenia. V takomto prípade je potrebné vo vzdelávacom kurze identifikovať priestor, kde je vhodná spolupráca alebo komunikácia študentov navzájom. Autori v článku (Wessner, 2001) pomenovali takýto priestor ako bod spolupráce (angl. *Point of Cooperation* – PoC). Z pohľadu študenta sú body spolupráce špecifické rozhrania, ktoré znázorňujú možnosť zahájiť celý životný cyklus skupiny. Autori rozdeľujú body spolupráce do troch skupín podľa úrovne, na akej sú zaintegrované do štruktúry kurzu: generická spolupráca, spontánna spolupráca a plánovaná spolupráca.

#### Generická spolupráca

Generická spolupráca reprezentuje takú spoluprácu, ktorá nie je žiadnym spôsobom integrovaná do vzdelávacieho kurzu. Príkladom nástrojov, ktoré podporujú takúto spoluprácu sú napr. mailové alebo video konferencie, ktorých použitie nie je žiadnym spôsobom obmedzené na aktuálny študentov kontext, ktorý môžu reprezentovať napr. aktuálne študované vzdelávacie materiály.

#### Spontánna spolupráca

Spontánna spolupráca je integrovaná do príslušného vzdelávacieho kurzu, ale nie je naviazaná na konkrétny element alebo pozíciu v tomto kurze. Príkladom takejto spolupráce je požiadanie pedagóga o pomoc alebo hľadanie spolužiakov na vyriešenie problému. Nástroje realizujúce spontánnu spoluprácu vyžadujú čiastočné informácie o aktuálnom kontexte pre zvolenie vhodného pedagóga, príp. skupiny študentov.

#### Plánovaná spolupráca

Plánovaná spolupráca je logicky alebo didakticky integrovaná do kurzu na špecifickú pozíciu, pričom môže byť previazaná s ostatnými časťami kurzu rozličnými druhmi väzieb (napr. plánovaná spolupráca môže byť podmienená znalosťou určitých vzdelávacích materiálov). Jednotlivé body plánovanej spolupráce môžu byť definované množinou parametrov (Wessner, 2001), napr.:

- veľkosť skupiny, minimálny/maximálny počet členov,
- trvanie spolupráce, odporúčané minimálne/maximálne trvanie spolupráce,
- inštrukcie a materiály, ktoré môže študijná skupina použiť ako štartovací bod spolupráce,
- nástroje, ktoré môže študijná skupina použiť pre komunikáciu a spoluprácu,
- vzdelávací protokol.

### 3.6 Vplyv charakteristík študentov na spoluprácu

Skupiny študentov pri riešení kolaboratívnych úloh sa stali predmetom viacerých výskumov. V oblasti CSCL bol preskúmaný vplyv viacerých charakteristík ľudí na kolaboratívne riešenie úloh. V nasledujúcom prehľade uvádzame opis a výsledky niekoľkých takýchto štúdií.

Jednou zo skúmaných charakteristík bolo sebavedomie študentov (Wang, 2007). Počas experimentu študenti vyplnili dotazníky, na základe ktorých sa vypočítalo skóre. Nad týmto skóre bolo vykonané zhľukovanie do troch zhľukov podľa úrovne sebavedomia. Z každého zhľuku boli následne vytvorené skupiny po troch študentoch. Na základe kvantitatívnych analýz ich skupinovej spolupráce autori zistili, že sebavedomie má významný vplyv na kognitívne zručnosti a správanie skupiny. Skupiny zložené zo študentov s vyššou úrovňou sebavedomia dosahovali výrazne lepšie akademické výsledky ako skupiny zložené z menej sebavedomých študentov.

V ďalšej štúdií sa autori zamerali na vplyv charakteristík vyjadrujúcich osobnosť a inteligenciu študenta (Horreo, 2007). Na začiatku experimentu študenti vyplnili testy, na základe ktorých bol identifikovaný typ osobnosti (konkrétne jeden z nasledujúcich prívlastkov: extrovertný, neurotický, svedomitý, otvorený novému poznaniu a ochotný). Študenti dostali možnosť samostatne sa zaradiť do dvojíc, v ktorých počas semestra pracovali na štyroch praktických úlohách. Na základe analýzy vytvorených dvojíc sa ukázalo, že študenti sa majú tendenciu spájať do homogénnych skupín podľa svojho typu osobnosti. Výsledkom štúdie je zistenie, že homogénne skupiny extrovertných študentov a heterogénne skupiny študentov otvorených novému poznaniu dosahovali lepšie výsledky ako ostatné skupiny.

Ďalšou skúmanou charakteristikou je známosť jednotlivých členov študijných skupín (Janssen, 2009). V tomto prípade boli študenti rozdelení do skupín náhodne. Podobne ako v predchádzajúcom výskume študenti na začiatku semestra vyplnili dotazník, v ktorom zodpovedali niekoľko osobných otázok (napr. vek, pohlavie), vedomostných otázok a pre všetkých členov skupiny vybrali mieru známosti na štvorbodovej stupnici. Následne v týchto skupinách pracovali na riešení kolaboratívnych úloh. Vyhodnotením dát získaných počas kolaborácie boli potvrdené tri hypotézy: skupiny vytvorené s navzájom poznajúcich sa študentov vyžadujú dobre zadané pravidlá vzájomnej spolupráce, pozitívnejšie vnímajú spoluprácu, ich spolupráca je plynulejšia a efektívnejšia. Zaujímavým faktom je, že nebola potvrdená štvrtá hypotéza, že takéto skupiny dosiahnu lepšie výsledky v porovnaní s ostatnými skupinami. Práve naopak, výsledok experimentu naznačuje, že dosiahnuté výsledky sú porovnateľné a v jednom aspekte spolupráce boli dokonca výsledky navzájom sa poznajúcich študentov horšie ako navzájom nepoznajúcich sa študentov.

Z viacerých výskumov vyplýva, že výsledky lokalizovaného vzdelávania závisia od kultúrnej rozličnosti členov skupiny. Táto hypotéza sa však nepotvrdila v distribuovanom vzdelávaní (Lim, 2006). Dôvodom môže byť fakt, že komunikačné a kolaboratívne nástroje istým spôsobom znižujú vplyv rozdielnych kultúrnych charakteristík.

V rovnakom výskume (Lim, 2006) autori potvrdili hypotézu, že skupiny, ktoré obsahujú prirodzeného lídra, dosahujú vyššiu efektivitu práce a väčšiu spokojnosť s dosiahnutými výsledkami.

### **3.7 Diskusia**

V súčasnosti môžeme pozorovať v doméne kolaboratívneho vzdelávania pomerne často problémy s efektívnosťou spolupráce, ktorá sa prejavuje počas celého životného cyklu skupín, ale predovšetkým vo fáze vytvárania skupín a vykonávania práce.

V etape vytvárania skupín sme identifikovali viacero rozličných metód a prístupov, ktoré riešia jednotlivé problémové aspekty spolupráce, neposkytujú však dostatočne univerzálne a komplexné riešenie. Analyzované metódy sú spravidla statické, neuvažujú aktuálny kontext študentov a sú limitované aj v použití rozličných zdrojov informácií o študentoch. Navyše nutným predpokladom viacerých z nich je, že pedagóg dokáže rozhodnúť, ktoré aspekty robia samotnú spoluprácu efektívnou. Súčasný stav poznania v problémovej oblasti nám však neposkytuje jasnú odpoveď na túto otázku.

V etape vykonávania práce sme poukázali, že vytvorenie vhodnej skupiny nie je postačujúce pre dosiahnutie skutočne efektívnej spolupráce a je potrebné venovať dostatočnú pozornosť aj návrhu kolaboratívnych nástrojov a analýze kolaboratívneho vzdelávania.

V neposlednom rade celý životný cyklus skupiny ovplyvňujú aj ďalšie aspekty ako spôsob kolaboratívneho vzdelávania a jeho integrácia do vzdelávacieho kurzu, ktoré musíme zohľadniť pri návrhu metódy a jej aplikovaní do kolaboratívneho prostredia.

## 4 Rámcový opis navrhnutého riešenia

---

Princípy Webu 2.0 sa ukázali ako úspešné a neustále vedú k rozširovaniu sociálneho softvéru. Výsledkom je prudký nárast kolaborácie medzi používateľmi v priestore webu. Tento trend, napriek mnohým výhodám, prináša aj niekoľko problémov. Používatelia sledujú rôzne ciele, majú rozdielne znalosti a tiež existujú v rozdielnych sociálnych kontextoch. Pre úspešnú a efektívnu spoluprácu je dôležitá identifikácia vhodného rozdelenia členov do pracovných skupín.

### 4.1 Aplikačná oblasť

S problematikou vytvárania pracovných skupín, t.j. skupín ľudí, ktorí spoločne riešia nejakú úlohu, sa stretávame v celom priestore webu, ale predovšetkým:

- v akademickom prostredí, napr. podpora kolaboratívneho štúdia vo vzdelávacích systémoch alebo podpora spolupráce pri analýze článkov digitálnych knižníc,
- v biznis prostredí, napr. kolaboratívne riešenie úloh v rámci projektov (kolaboratívne programovanie),
- v oblasti zábavy a voľného času, napr. multipoužívateľské hry.

V našej práci sme sa zamerali na oblasť CSCL, v ktorej absenciu efektívnej spolupráce zvyčajne nedostatočné použitie sociálneho softvéru. Práve v tejto oblasti, kde spolupráca pri štúdiu či riešení rôznych úloh môže zefektívniť výučbu, je dôležité vhodné vytváranie skupín študentov. Návrh však nie je žiadnym spôsobom limitovaný len na túto doménu a je ľahko transformovateľný aj do ďalších odlišných oblastí, v ktorých existuje potreba vytvárania efektívne pracujúcich skupín.

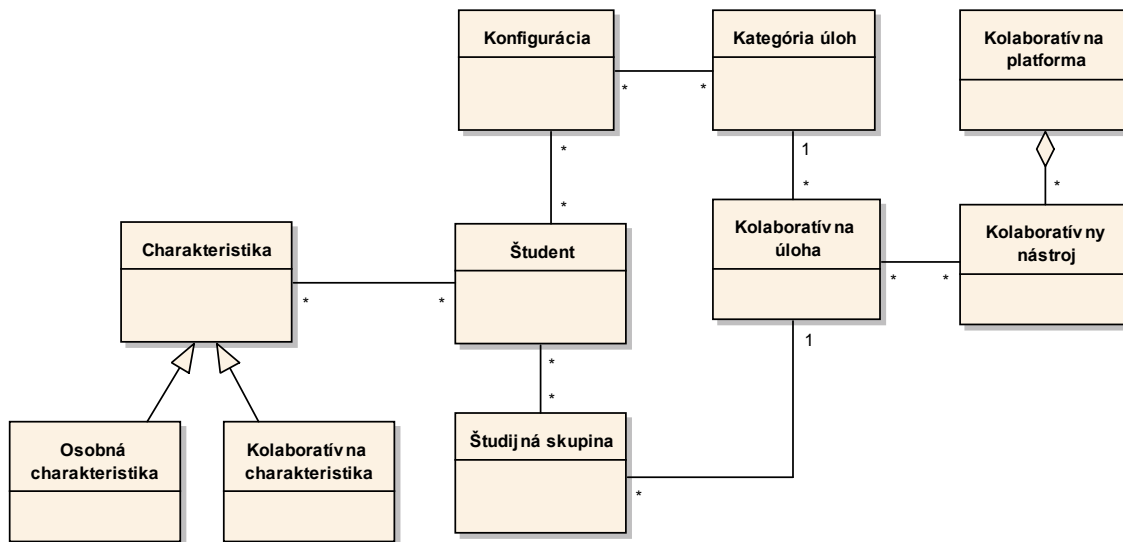
### 4.2 Definovanie cieľov

Primárnu úlohu, ktorú sme si v našom projekte stanovili, je podpora a zvýšenie efektívnosti spolupráce medzi používateľmi. Pre úspešné splnenie tejto úlohy sme na základe analýzy problémovej oblasti identifikovali potrebu dosiahnuť dva konkrétne ciele:

1. Naším prvým cieľom je navrhnúť a overiť metódu pre vytváranie rôznych typov krátkodobých skupín so zohľadnením výsledkov analýzy dynamických aspektov skupín a ďalších osobných charakteristík používateľov.
2. Naším druhým cieľom je aplikovanie navrhutej metódy pre oblasť vzdelávania. Tento cieľ chceme dosiahnuť navrhnutím kolaboratívnej platformy, ktorá s využitím metódy pre vytváranie rôznych typov skupín umožní efektívnu spoluprácu a analýzu dynamických aspektov skupín počas riešenia kolaboratívnych úloh. Zároveň táto kolaboratívna platforma slúži ako prostriedok pre overenie metódy.

### 4.3 Definovanie doménových entít

Na základe cieľov identifikovaných v časti 4.2 sme zadefinovali pre oblasť CSCL doménové entity (Obrázok 4-1), s ktorými pracujeme počas návrhu metódy pre vytváranie rôznych typov skupín a návrhu kolaboratívnej platformy.



Obrázok 4-1. Doménové entity a vzťahy medzi nimi.

*Študent* je predstaviteľom našej primárnej cieľovej skupiny. Vzhľadom na to, že navrhovaná metóda vytvára rôzne typy skupín, potrebujeme zadefinovať doménovú entitu, ktorá bude ovplyvňovať toto rozdeľovanie. Na tento účel používame *charakteristiky* študenta, ktoré ďalej delíme na *osobné* a *kolaboratívne charakteristiky*.

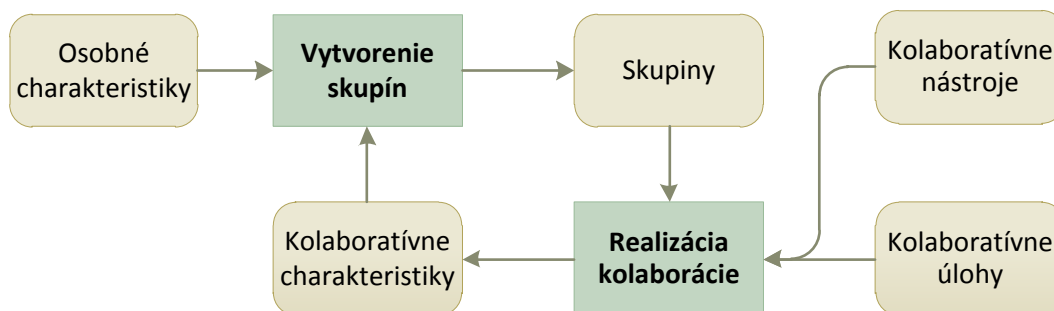
Študenti sú na základe navrhutej metódy zaradení do krátkodobých *skupín*. Každá skupina má priradenú práve jednu *kolaboratívnu úlohu*. Jednotlivé kolaboratívne úlohy sú zaradené do *kategórií úloh*, ktorým môžu zodpovedať rôzne tematické a problémové oblasti.

*Študent* má priradené *konfigurácie* (angl. *setups*), ktorým zodpovedá zaradenie do konkrétneho predmetu a ročníka. Každá konfigurácia má priradený zoznam kategórií úloh, na ktorých riešení majú študenti danej konfigurácie oprávnenie spolupracovať.

Doménové entity dopĺňajú ešte *kolaboratívne nástroje* dostupné prostredníctvom *kolaboratívnej platformy*. Každá kolaboratívna úloha má zadefinovaný zoznam kolaboratívnych nástrojov, ktoré je vhodné použiť pri jej riešení.

#### 4.4 Základná schéma navrhnutého riešenia

V navrhnutom riešení uvažujeme základnú schému, ktorá je zobrazená na obr. 4-2. Základom sú dva procesy: vytvorenie skupín a realizácia kolaborácie. Vytvorenie skupín zahŕňa prvú etapu životného cyklu skupín podľa Daradoumis et al. (2001, 2002). Realizácia kolaborácie zahŕňa druhú až štvrtú etapu životného cyklu skupín.



Obrázok 4-2. Základná schéma navrhovaného riešenia.

#### 4.4.1 Vytvorenie skupín

Vstupom do procesu vytvorenia skupín sú charakteristiky študentov. Charakteristiky môžeme rozdeliť na dve základné skupiny:

##### 1. Osobné charakteristiky

Pod osobnými charakteristikami rozumieme ľubovoľné charakteristiky, ktoré opisujú relevantné vlastnosti osobnosti študenta. Môžu to byť jeho demografické údaje (vek, pohlavie), záujmy alebo vedomosti. Ich konkrétne použitie závisí vo veľkej miere od konkrétnej aplikácie, v ktorej chceme metódu pre vytváranie rôznych typov skupín aplikovať. Napr. v prípade výučby predmetu na univerzite nemá význam uvažovať vek ako charakteristiku pretože vekový rozdiel medzi študentmi je spravidla len minimálny. Na druhej strane v prípade jazykovej školy môžu byť vekové rozdiely už výrazne väčšie a môžu mať vplyv aj na samotný priebeh spolupráce a komunikácie.

Osobné charakteristiky môžeme získať z existujúceho modelu používateľa. Druhou možnosťou je ich implicitné získanie z interných údajov o používateľovi (napr. systémové záznamy o jeho aktivite) alebo z informácií z externých zdrojov (napr. zo systému AIS, z vypracovaných záverečných prác alebo vedeckých článkov, z verejne dostupných údajov sociálnych sietí). Treťou možnosťou je ich explicitné získanie napr. z dotazníkov.

##### 2. Kolaboratívne charakteristiky

Pod kolaboratívnymi charakteristikami rozumieme tie vlastnosti študenta, ktoré ovplyvňujú jeho správanie počas spolupráce pri riešení úloh a tiež vypovedajú o jeho schopnostiach a zručnostiach spolupracovať. Môžu to byť charakteristiky opisujúce kolaboratívne správanie (napr. argumentovanie a dosahovanie konsenzu), ktoré vieme získať prostredníctvom analýzy dynamických aspektov skupín počas riešenia úloh. Navyše to môžu ďalšie charakteristiky, ako napr. intenzita vzťahu k ostatným členom skupiny, ktorú dokážeme podobne ako osobné charakteristiky automaticky získať z údajov sociálnych sietí (Srba, 2010).

Výstupom z procesu vytvorenia skupín sú rôzne typy študijných skupín vytvorené na základe týchto charakteristík. V tabuľke 4-1 je uvedený prehľad vstupno-výstupnej charakteristiky procesu vytvorenia skupín s niekoľkými typickými príkladmi vstupno-výstupných dát.

Tabuľka 4-1. Vstupno-výstupná charakteristika procesu vytvorenia skupín.

<b>Vstup do procesu</b>	Osobné charakteristiky	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Vedomosti</li><li>▪ Záujmy</li><li>▪ Iné (pohlavie, vek, atď.)</li></ul>
	Kolaboratívne charakteristiky	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Priateľstvo s ostatnými členmi skupiny</li><li>▪ Kolaboratívne správanie</li></ul>
<b>Výstup z procesu</b>	Študijné skupiny	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Aktívni študenti, ktorí sa nepoznajú</li></ul>

Jadrom procesu vytvorenia skupín je použitie vhodnej metódy pre identifikovanie členov skupín. Na základe analýzy rôznych prístupov k vytváraniu skupín (kapitola 3.2.1) so zohľadnením existujúcich metód (kapitola 3.2.2) sme identifikovali, že navrhnutá metóda by mala mať tieto vlastnosti:

1. Vzhľadom na to, že vstupom do metódy môže byť množstvo rozličných charakteristík študentov, nie je možné, aby vytváranie skupín prebiehalo bez automatickej počítačovej podpory. Navyše metóda by mala vedieť pracovať s veľkou skupinou študentov, o ktorých nemusí mať na začiatku vzdelávacieho procesu žiadne dostupné charakteristiky a ich kolaboratívne vlastnosti si bude musieť odvodiť automaticky.

2. Aby sme zabránili problémom, ktoré sa vyskytujú v prípade vytvárania skupín samotnými študentmi, rozhodli sme sa, že navrhnutá metóda má pracovať samostatne bez aktívnej angažovanosti študentov.
3. Metóda musí podporovať iteratívne vytváranie krátkodobých skupín vzhľadom na to, že chceme pri vytváraní skupín zohľadniť spätnú väzbu a na základe analýzy vykonanej spolupráce automaticky určovať kolaboratívne charakteristiky študentov.
4. V rámci dimenzie typu použitých metód by mala mať navrhnutá metóda vlastnosti zodpovedajúce kombinácii numerických metód, metód založených na princípe aukcií a metód pre neštruktúrované vzdelávanie. Z numerických metód jej zodpovedá prístup orientovaný na dáta. Absenciu spätnej väzby rieši automatickým upravovaním vstupných parametrov na základe analýzy kolaboratívneho správania študentov, ktorá je charakteristická pre metódy založené na princípe aukcií. Vzhľadom na to, že metóda nemá byť limitovaná jedným konkrétnym zdrojom údajov, ale dokáže potrebné vstupné charakteristiky implicitne odvodiť z rozličných interných aj externých zdrojov, má vlastnosti zodpovedajúce aj metódam pre neštruktúrované vzdelávanie.

Pri návrhu metódy sme sa rozhodli vychádzať z prístupu Group Technology (GT), ktorý je možné aplikovať v našej doménovej oblasti a zároveň umožní navrhnutej metóde splniť všetky požadované vlastnosti.

#### 4.4.2 Realizácia kolaborácie

Vstupom do procesu realizácie kolaborácie sú skupiny vytvorené navrhnutou metódou, kolaboratívne nástroje a kolaboratívne úlohy. Vhodnosť použitia kolaboratívnych nástrojov vo veľkej miere závisí od konkrétnej problémovej oblasti, kde spolupráca prebieha. Pre vzdelávanie v oblasti informačných technológií sme navrhli použitie štyroch kolaboratívnych nástrojov, ktorými sú textový a grafický editor, kategorizátor a semištruktúrovaná diskusia. Rovnako sme pre túto oblasť navrhli niekoľko odlišných typov úloh, ktorých riešenie je vhodné pre malé distribuované pôsobiace skupiny.

Vytvoreným skupinám študentov umožníme spolupracovať pri riešení zadaných úloh s dostupnými kolaboratívnymi nástrojmi. Následne sa zameriame na spôsob, akým rôzne typy skupín študentov nadväzujú spoluprácu a ako efektívne postupujú pri riešení úloh. Výsledkom analýzy spolupráce študentov je vyhodnotenie kvality ich spolupráce a kolaboratívne charakteristiky, ktoré slúžia ako spätná väzba pre metódu vytvárania skupín.

V tabuľke 4-2 je prehľad vstupno-výstupnej charakteristiky procesu realizácie kolaborácie s uvedením niekoľkých typických príkladov.

Tabuľka 4-2. Vstupno-výstupná charakteristika procesu realizácie kolaborácie.

<b>Vstup do procesu</b>	Skupiny	▪ Aktívni študenti, ktorí sa nepoznajú
	Kolaboratívne úlohy	▪ Diskutujte ▪ Porovnajte
	Kolaboratívne nástroje	▪ Textový editor ▪ Grafický editor
<b>Výstup z procesu</b>	Kolaboratívne charakteristiky	▪ Kolaboratívne správanie

## 5 Metóda pre vytváranie rôznych typov skupín

---

V rámcovom návrhu nášho riešenia sme identifikovali ako prvý cieľ navrhnúť a overiť metódu pre vytváranie rôznych typov skupín. Na základe stanovených vlastností, ktoré kladieme na túto metódu sme sa rozhodli vychádzať z prístupu Group Technology.

### 5.1 Východiská

Group Technology (GT) je prístup pochádzajúci z výrobného a inžinierskeho manažmentu, v ktorom pomáha zvládnuť nežiaducu diverzifikáciu užitočnosťou podobnosti medzi výrobnými aktivitami a vyrábanými produktmi (Selim, 1998). V kontexte priemyselnej výroby môžeme GT zdefinovať ako identifikovanie navzájom podobných súčiastok a ich zoskupovanie do rodín súčiastok s cieľom využiť podobnosti medzi nimi pri návrhu a výrobe.

#### 5.1.1 Analógia v priemyselnej výrobe

Jednou z aplikácií prístupu GT v priemyselnej výrobe je tzv. výroba v bunkách (angl. *cellular manufacturing* - CM), ktorá sa zaoberá návrhom rozmiestnenia strojov, ktoré sa podieľajú na výrobe rodín podobných súčiastok (Selim, 1998). Idea tejto aplikácie je založená na riešení problému, ktorým je optimalizácia produkcie rodiny súčiastok budovaním buniek strojov (angl. *cell formation*). To znamená, že sa snažíme umiestňovať skupiny strojov do tesnej blízkosti tak, aby sa podieľali na výrobe jednej konkrétnej rodiny súčiastok a minimalizoval sa tým čas potrebný na presun súčiastok medzi strojmi, a teda aj celkový čas potrebný na výrobu (Cocea, 2010).

Na dosiahnutie takéhoto riešenia je potrebné zoskupovať:

1. súčiastky do rodín podobných súčiastok,
2. stroje do buniek spolupracujúcich strojov.

Na vyriešenie tohto problému bolo navrhnutých veľké množstvo metód, ktoré je možné rozdeliť do nasledujúcich kategórií (Selim, 1998):

- deskriptívne procedúry (angl. *Descriptive procedures*),
- procedúry založené na analýzach zhlukov (angl. *Procedures based on cluster analysis*),
- prístupy segmentovania grafov (angl. *Graph partitioning approaches*),
- prístupy umelej inteligencie (angl. *Artificial intelligence approaches*),
- prístupy matematického programovania (angl. *Mathematical programming approaches*).

My sme sa zamerali na procedúry založené na analýzach zhlukov, ktoré sa ešte ďalej klasifikujú na techniky (Selim, 1998):

- zhlukovania v poli (angl. *Array-based clustering techniques*),
- hierarchického zhlukovania (angl. *Hierarchical clustering techniques*),
- nehierarchického zhlukovania (angl. *Non-hierarchical clustering techniques*).

Z uvedenej klasifikácie pre našu aplikačnú oblasť najviac vyhovujú techniky zhlukovania v poli. V tejto technike sa používa *koincidenčná matica* súčiastok a strojov, ktorej hodnoty sú binárne a vyjadrujú či daná súčiastka musí v rámci výrobného procesu navštíviť príslušný stroj. Aplikovaním zhlukovania nad touto maticou meníme poradie riadkov a stĺpcov tak, že na hlavnej diagonále získavame bloky jednotiek, ktoré reprezentujú jednotlivé zhluky súčiastok a strojov.

Pre získanie koincidenčnej matice súčiastok a strojov je zvyčajne potrebné zdefinovať dve pomocné matice: *maticu priradenia* a *maticu podobnosti*. Matica priradenia reprezentuje previazanosť medzi súčiastkami a strojmi (potrebu súčiastky navštíviť daný stroj). Matica podobnosti reprezentuje podobnosť medzi súčiastkami navzájom (zaradenie do rovnakej rodiny súčiastok).

### 5.1.2 Použitie prístupu GT vo vzdelávaní

Prístup GT bol použitý v troch výskumných projektoch s cieľom vytvárania skupín študentov, resp. pedagógov podľa rozličných doménových entít, ktoré zodpovedali pôvodnej analógii strojov a súčiastok (Tabuľka 5-1).

Tabuľka 5-1. Porovnanie výskumných projektov používajúcich prístup GT vo vzdelávaní.

<i>Projekt</i>	<i>Kategória</i>	<i>Matica priradenia</i>	<i>Matica podobnosti</i>	<i>Koincidenčná matica</i>
(Pollalis, 2009)	Analýza zhlukov	Študentova znalosť konceptov	Výskyt konceptov v rámci jedného vzdelávacieho objektu	Vhodnosť vzdelávacieho objektu pre študenta
(Cocea, 2010)	Analýza zhlukov	Používanie stratégií študentom	Podobnosť stratégií navzájom	Známosť stratégie pre študenta
(Blas, 2011)	Umelá inteligencia			Vzťah pedagóga a predmetov, ktoré učí

Prístup GT sa dá použiť na odporúčanie vzdelávacích objektov jednotlivým skupinám študentov na základe ich aktuálnej znalosti konceptov (Pollalis, 2009). Pre tento cieľ bola koincidenčná matica vypočítaná z dvoch pomocných matíc: matica priradenia reprezentovala aktuálnu študentovu znalosť konceptov, matica podobnosti reprezentovala podobnosť, resp. vzájomnú previazanosť dvoch konceptov na základe ich spoločného výskytu v rámci jedného vzdelávacieho objektu. Koincidenčná matica potom zobrazovala vhodnosť vzdelávacích objektov pre jednotlivých používateľov. Vykonaním zhlukovania nad touto maticou autori získali zhľuky používateľov a priradenie im odporúčaných vzdelávacích objektov.

Na vytváranie skupín študentov použili GT aj v (Cocea, 2010). Ich cieľom bolo nájsť také skupiny študentov, ktoré pre riešenie matematických úloh používali navzájom podobné stratégie. Podobne ako v predchádzajúcom prípade autori vypočítali koincidenčnú maticu z dvoch pomocných matíc, matica priradenia reprezentovala používanie stratégií študentmi a matica podobnosti vopred definovanú podobnosť stratégií navzájom. Výsledná koincidenčná matica potom predstavovala známosť jednotlivých stratégií pre každého študenta. Výsledkom zhlukovania tak boli zhľuky študentov a im priradené skupiny stratégií. Skupine je následne možné známe stratégie použiť na výber úlohy tak, aby pri jej riešení mohli študenti tieto stratégie aplikovať.

Prístup GT je možné použiť aj ako metódu zhlukovania. V (Blas, 2011) ju úspešne použili na zoskupenie pedagógov a predmetov do tematických skupín. Namiesto pomocných matíc pracovali priamo s koincidenčnou maticou, ktorá reprezentovala pedagógov na jednej z fakúlt na Univerzite de Alcalá v Madride, Španielsko, a ich vzťah k predmetom, ktoré prednášali. Na túto maticu aplikovali hybridný zoskupovací algoritmus, pomocou ktorého získali zhľuky pedagógov a skupiny navzájom súvisiacich predmetov.

Pozitívne výsledky dosiahnuté vo všetkých troch uvedených výskumoch poukazujú na fakt, že použitie prístupu GT môže vo vzdelávaní nájsť svoje uplatnenie a má význam pokračovať vo



výskume zaoberajúcom sa otázkou, akým spôsobom dokážeme použitím rôznych metód inšpirovaných GT prístupom prispieť k efektívnemu vzdelávaniu študentov.

V uvedených výskumoch však autori pracovali len s jednorazovým vytváraním skupín a žiadnym spôsobom neuvažovali spätnú väzbu odvodenú na základe dosiahnutej kolaborácie. Navyše metódy používali len veľmi obmedzené vstupné údaje (napr. používanie vopred definovaného zoznamu stratégií), ktoré nie je možné rozšíriť o ďalšie atribúty a ktoré môžu ovplyvniť kolaboráciu študentov. V našom prístupe sme navrhli metódu vytvárania skupín tak, aby odstránila uvedené nedostatky.

## 5.2 Opis metódy

Navrhnutá metóda je založená na prístupe GT a konkrétne na procedúrach založených na analýzach zhlukov s využitím techník zhlukovania v poli. V rámci analógie s pôvodným použitím prístupu GT v industriálnej výrobe používame nasledujúce mapovanie doménových entít:

- stroj reprezentuje študenta, analogicky bunky strojov sú študijné skupiny,
- súčiastka reprezentuje charakteristiku, analogicky rodina súčiastok zodpovedá skupine charakteristík, ktorých kombinácia má pozitívny vplyv na spoluprácu študentov,
- stroj vyrába konkrétne súčiastky, študent má konkrétne charakteristiky,
- výroba zodpovedá kolaboratívne riešeniu úloh.

Rovnako vieme namapovať ciele. Pokiaľ v industriálnej výrobe optimalizujeme časovú efektívnosť výroby, my optimalizujeme efektívnosť spolupráce študentov pri riešení kolaboratívnych úloh.

### 5.2.1 Predpoklady

Pri návrhu metódy predpokladáme, že spoluprácu študentov ovplyvňujú ich charakteristiky, ktoré vytvárajú prirodzené zhluky navzájom súvisiacich charakteristík. Metóda vyžaduje, aby boli explicitne zadefinované charakteristiky, ktoré má zohľadniť pri vytváraní skupín, nepotrebuje však poznať zaradenie charakteristík do zhlukov súvisiacich charakteristík.

Ďalším predpokladom správneho fungovania metódy je, že zhluky navzájom súvisiacich charakteristík ovplyvňujú pozitívne alebo naopak negatívne spoluprácu, jej efektívnosť a kvalitu dosahovaného výsledku.

### 5.2.2 Rozdelenie charakteristík na kategórie charakteristík

Vstupom do procesu vytvorenia skupín môže byť veľké množstvo charakteristík študentov, ktoré sme v rámcovom návrhu rozdelili do dvoch základných skupín – osobné a kolaboratívne charakteristiky. Výsledkom viacerých štúdií analyzovaných v kapitole 3.6 je zistenie, že vplyv kombinácie praveľmi odlišných charakteristík na priebeh a výsledok spolupráce je len veľmi malý. Ako príklad môžeme uviesť kombináciu veku a záujmov študentov, ktoré samé o sebe majú významný vplyv na spoluprácu, ale ich kombinovanie má zanedbateľný vplyv na spoluprácu. Pri vytváraní skupín však chceme zohľadniť čo najširšie spektrum charakteristík. Rozdelili sme preto všetky charakteristiky do kategórií súvisiacich charakteristík, v rámci ktorých dokážeme vytvárať kombinácie charakteristík so významným vplyvom na proces spolupráce, napr.:

- podľa veku na študentov základných, stredných, vysokých škôl a dospelých venujúcich sa celoživotnému vzdelávaniu,
- podľa vedomostí na jednotlivé tematické oblasti, ktoré zodpovedajú konkrétnej oblasti vzdelávania,

- podľa spôsobu kolaborácie na základe aktivít, ktoré používajú študenti počas spolupráce.

### 5.2.3 Vstup do metódy

Vstupom do metódy vytvárania skupín sú dve matice. Matica mapovania charakteristík a matica priradenia charakteristík študentom. Každý kategórií súvisiacich charakteristík zodpovedá jedna matica mapovania charakteristík. Metódu aplikujeme na každú maticu zvlášť.

#### Matica mapovania charakteristík

Prvou vstupnou maticou je vzájomné mapovanie charakteristík v rámci jednej kategórie charakteristík (napr. záujmy), ktoré chceme navzájom spájať. Maticu môžeme zapísať ako množinu charakteristík  $C = \{c_j\}$ , kde  $j = 1, 2, \dots, n$  a  $n$  sa rovná celkovému počtu charakteristík. Pre každú charakteristiku definujeme vektor binárnych hodnôt  $c_j = (c_j^1, c_j^2, \dots, c_j^n)$ , kde:

$$c_j^i = \begin{cases} 1 & \text{ak chceme charakteristiku } c_j \text{ spájať s charakteristikou } c_i \\ 0 & \text{ak nechceme charakteristiku } c_j \text{ spájať s charakteristikou } c_i \end{cases} \quad (5.1)$$

Matica mapovania charakteristík môže byť definovaná buď staticky, alebo sa môže dynamicky meniť na základe vyhodnotenia výsledkov skupín.

#### Matica priradenia charakteristík študentom

Druhou vstupnou maticou je priradenie charakteristík študentom. Maticu môžeme zapísať ako množinu študentov  $L = \{l_k\}$ , kde  $k = 1, 2, \dots, m$  a  $m$  sa rovná celkovému počtu používateľov. Každý používateľ potom môže byť reprezentovaný vektorom binárnych hodnôt  $l_k = (l_k^1, l_k^2, \dots, l_k^n)$ , kde:

$$l_k^i = \begin{cases} 1 & \text{ak je charakteristika } c_n \text{ typická pre študenta } l_k \\ 0 & \text{ak nie je charakteristika } c_n \text{ typická pre študenta } l_k \end{cases} \quad (5.2)$$

Matica priradenia charakteristík študentom je dynamická matica, ktorá sa časom mení tak, aby zodpovedala aktuálnemu stavu priradenia charakteristík študentovi.

### 5.2.4 Výpočet zhlukov študentov a vzorov charakteristík

Výpočet zhlukov študentov a vzorov charakteristík sme rozdelili do štyroch krokov:

1. Výpočet hodnôt porovnania vektorov.
2. Výpočet koeficientu podobnosti a koeficientu vhodnosti.
3. Vytvorenie matice skupinovej kompatibility.
4. Zhlukovanie nad maticou GCM.

#### Výpočet hodnôt porovnania vektorov

Pre každý vektor študenta  $l_k \in L$  a každý vektor charakteristiky  $c_j \in C$  definujeme tri hodnoty:

1. Hodnota  $a$ , ktorá reprezentuje počet prvkov vo vektoroch, ktorých hodnota je rovná jednej v oboch vektoroch súčasne. To znamená počet charakteristík, ktoré patria danému študentovi a aj sa majú spájať s danou charakteristikou.
2. Hodnota  $b$ , ktorá reprezentuje počet prvkov vo vektoroch, ktorých hodnota je vo vektore  $c_j$  rovná nule a vo vektore  $l_k$  rovná jednej. Reprezentuje teda počet charakteristík, ktoré sú typické pre daného študenta, ale nemajú sa spájať s danou charakteristikou.
3. Hodnota  $c$ , ktorá reprezentuje počet prvkov vo vektoroch, ktorých hodnota je vo vektore  $c_j$  rovná jednej a vo vektore  $l_k$  rovná nule. Reprezentuje teda počet charakteristík, ktoré nie sú typické pre daného študenta, ale majú sa spájať s danou charakteristikou.

## Výpočet koeficientu podobnosti a koeficientu vhodnosti

S využitím hodnôt porovnania vektorov môžeme vypočítať koeficienty podobnosti (angl. *Similarity Coefficient - SC*) medzi všetkými študentmi  $l_k \in L$  a všetkými charakteristikami  $c_j \in C$ .

$$SC(l_k, c_j) = \frac{a}{a + b + c} \quad (5.3)$$

Vzťah 5.3 predstavuje často používaný Jaccardov koeficient podobnosti. Hodnota koeficientu podobnosti medzi charakteristikou a študentom narastá s počtom charakteristík, ktoré sú typické pre daného študenta a zároveň chceme, aby sa daná charakteristika s nimi spájala. Naopak hodnota koeficientu klesá s počtom charakteristík, ktorým chceme zabrániť, aby sa vzájomne spájali, a to v prípade či už ich má daný študent, alebo charakteristika navyše.

Pre všetkých študentov  $l_k \in L$  a charakteristiky  $c_j \in C$  vypočítame koeficienty vhodnosti (angl. *Relevance Coefficient - RC*).

$$RC(l_k, c_j) = \frac{a}{a + b} \quad (5.4)$$

Koeficient vhodnosti charakteristiky pre študenta narastá podobne ako koeficient podobnosti s počtom charakteristík, ktoré chceme vzájomne spájať. Koeficient klesá s počtom charakteristík, ktoré sú typické pre daného študenta, ale zároveň chceme zabrániť, aby sa spájali s danou charakteristikou.

## Vytvorenie matice skupinovej kompatibility

V štvrtom kroku vytvoríme maticu skupinovej kompatibility, ktorú označujeme ako GCM (angl. *Group Compatibility Matrix*). Hodnoty matice vypočítame ako:

$$GCM = (a_{ij}), \text{ kde } i \in [1, n], j \in [1, m] \quad (5.5)$$

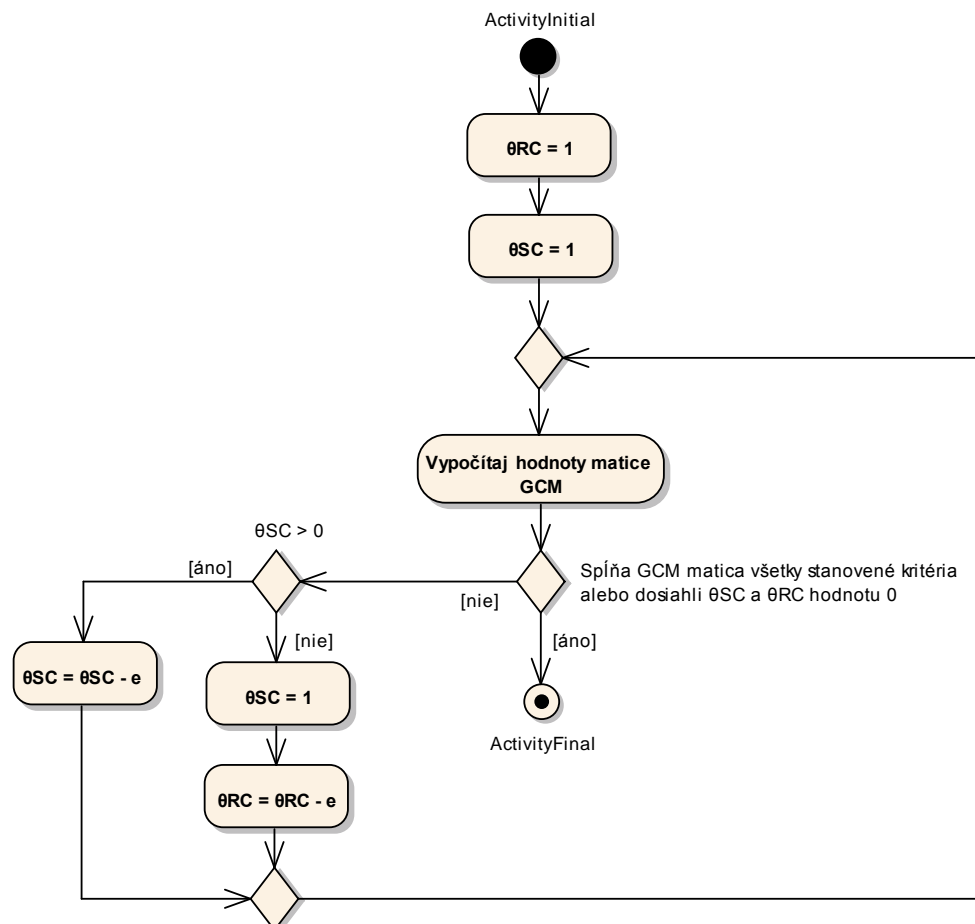
$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ak } SC \geq \theta^{SC} \text{ a zároveň } RC \geq \theta^{RC} \\ 0 & \text{inak} \end{cases} \quad (5.6)$$

Hodnoty  $\theta^{SC}, \theta^{RC} \in (0,1)$  predstavujú ohraničenia pre minimálne hodnoty koeficientov podobnosti a vhodnosti. Pre rôzne hodnoty ohraničení  $\theta^{SC}$  a  $\theta^{RC}$  získame rôzne tvary matice GCM. Aby však bolo možné nad maticou vykonať zhlukovanie a zároveň získať optimálne výsledky rozdelenia študentov do zhlukov a charakteristík do vzorov, musia byť splnené kritéria a podmienky uvedené v tabuľke 5-2.

Tabuľka 5-2. Tabuľka kritérií a podmienok kladených na maticu GCM.

Názov	Opis
Konzistencia matice GCM	Nutnou podmienkou je, aby bola matica GCM konzistentná, t.j. aby mal každý študent priradenú aspoň jednu charakteristiku. V opačnom prípade by nebolo možné vykonať nad maticou zhlukovanie.
Maximalizácia ohraničenia $\theta^{RC}$	Hodnotu ohraničenia $\theta^{RC}$ sa snažíme maximalizovať, čím sa minimalizuje počet spojení študentov s charakteristikami, ktoré nie sú pre nich vhodné.
Maximalizácia ohraničenia $\theta^{SC}$	Hodnotu ohraničenia $\theta^{SC}$ sa snažíme maximalizovať, čím sa minimalizuje celkový počet spojení charakteristík, ktoré sme zadefinovali ako nežiaduce.
Minimálna hustota matice	Matica musí spĺňať minimálnu hustotu matice, ktorej hodnotu môžeme zadefinovať ľubovoľným spôsobom v závislosti od počtu požadovaných zhlukov a od celkového počtu študentov a charakteristík (napr. počet požadovaných zhlukov x počet používateľov na zhluk x počet charakteristík na zhluk).

Algoritmus na získanie optimálnej matice GCM (Obrázok 5-1) nastaví hodnoty oboch ohraničení na hodnotu 1. Následne sa v cykle snaží nájsť takú maticu GCM, ktorá spĺňa všetky uvedené kritéria. V prípade neúspechu zníži hodnotu  $\theta^{SC}$  o malú hodnotu  $e$ , až pokiaľ je hodnota menšia alebo rovná nule. V tom prípade ju opäť nastaví na hodnotu 1 a zníži hodnotu  $\theta^{RC}$  o malú hodnotu  $e$ . Generovanie GCM matíc a znižovanie hodnôt ohraničení pokračuje až do okamihu, kým sa nepodarí nájsť vhodnú maticu. Zložitosť algoritmu v najhoršom prípade je teda  $(1/e)^2$ .



Obrázok 5-1. Algoritmus nájdenia optimálnej matice GCM.

### Zhlukovanie nad maticou GCM

Po získaní vhodnej matice GCM je potrebné nad ňou vykonať zhlukovanie, ktorého výsledkom sú už identifikované zhľuky používateľov a vzory správania. Na dosiahnutie tohto cieľa môžeme použiť ľubovoľnú metódu zhlukovania v poli. Viacero výskumov využívajúcich prístup GT odporúča použiť metódu *Modified Rank Order Clustering* (MODROC). Metóda MODROC vychádza z usporadúvania riadkov a stĺpcov podľa klesajúcej hodnoty binárnych váh.

#### 5.2.5 Výstup z metódy

Výstupom z metódy GT je po ukončení zhlukovania koincidenčná GCM matica v tvare, v ktorom sa jednotlivé zhľuky sústreďujú okolo hlavnej diagonály (príklad v tabuľke 5-3). Priradenie študenta k zhľuku charakteristík znamená, že niektoré z týchto charakteristík sú pre neho typické (a boli mu priradené v rámci matice priradenia charakteristík) alebo sú mu blízke (chceme, aby sa spájali podľa matice priradenia charakteristík).

Tabuľka 5-3. Príklad zhukov identifikovaných vo výstupnej matici metódy GT.

	Študent 1	Študent 2	Študent 3	Študent 4	Študent 5
Charakteristika 1	1	1	0	0	0
Charakteristika 2	1	1	0	0	0
Charakteristika 3	0	0	1	1	0
Charakteristika 4	0	0	1	1	0
Charakteristika 5	0	0	1	0	0
Charakteristika 6	0	0	0	0	1

Pre získanú koincidenčnú GCM maticu dokážme vypočítať úspešnosť zhukovania prostredníctvom kvalitatívneho ohodnotenia, ktoré sa označuje ako zoskupovacia účinnosť (angl. *grouping efficacy*) (Kumas, 1990):

$$\tau = \frac{e - e_0}{e + e_v} \quad (5.7)$$

Kde  $e$  predstavuje celkový počet jednotiek v identifikovaných zhukoch,  $e_v$  je počet chýb (počet núl v identifikovaných zhukov) a  $e_0$  je počet výnimiek (počet jednotiek mimo identifikovaných zhukov).

### 5.2.6 Kombinovanie výstupov pre jednotlivé kategórie charakteristík

Aplikovaním metódy na každú kategóriu charakteristík dostávame niekoľko GCM matic, z ktorých každá obsahuje zhuky študentov a príslušných vzorov charakteristík. Každý študent je teda zaradený do toľkých zhukov charakteristík (vzorov charakteristík), koľko sme zadefinovali kategórií charakteristík. V tabuľke 5-4 uvádzame pre ilustráciu príklad zaradenia študenta  $l_1$  do identifikovaných zhukov charakteristík a študentov v troch kategóriách charakteristík.

Tabuľka 5-4. Príklad zaradenia používateľa do zhukov charakteristík podľa kategórií charakteristík.

Kategória	Zhluk charakteristík	Zhluk študentov
Odborné zameranie	Webové aplikácie, Databázové systémy	$l_1, l_4, l_6$
Znalosť programovacích jazykov	Vysoká znalosť HTML, Priemerná znalosť CSS, Vysoká znalosť JS	$l_1, l_3, l_6, l_7$
Spôsob kolaborácie	Komunikatívny, Aktívny	$l_1, l_2, l_3, l_6, l_7$

Pri požiadavke o vytvorenie skupiny pre študenta  $l_1$  môžeme použiť rôzne prístupy, ktoré nám umožňujú kombinovanie vytvorených zhukov študentov a charakteristík.

1. Môžeme zohľadniť aktuálny kontext študenta vo vzdelávacom systéme a použiť len tie zhuky študentov vytvorené z kategórií charakteristík, ktoré má význam uvažovať v jeho aktuálnom kontexte. Napr. v prípade štúdia vzdelávacieho objektu zameraného na návrhové vzory môžeme použiť kategóriu charakteristík s odborným zameraním. Dosiachneme tým, že študenti budú vedieť diskutovať o použití návrhových vzorov v rovnakej doménovej oblasti.
2. Môžeme zohľadniť typ úlohy, ktorú ma skupina riešiť. Napr. v prípade, že skupina má implementovať konkrétny program, môžeme použiť kategóriu znalosti programovacích

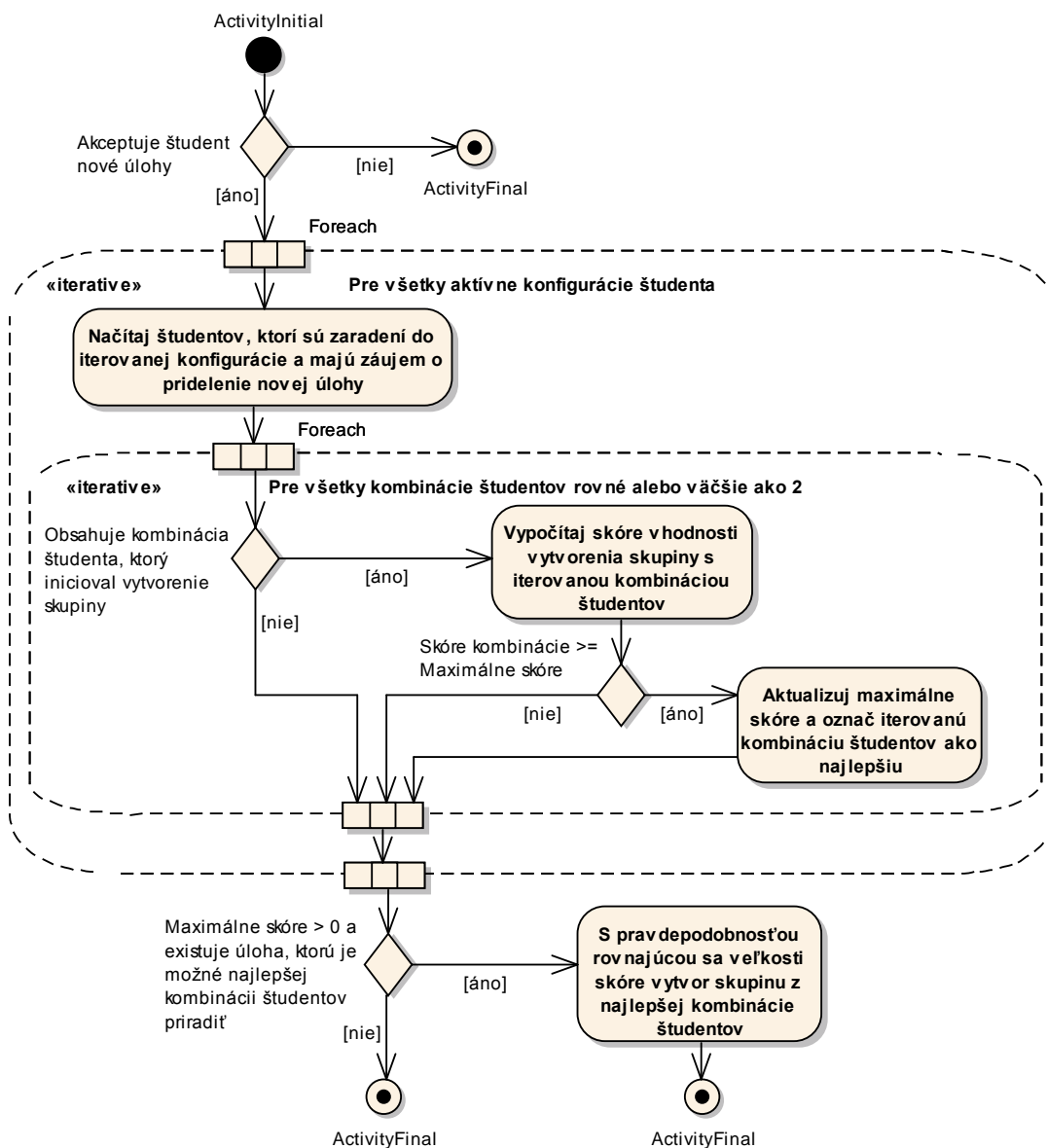
jazykov, aby sme získali skupinu, ktorá sa jednoduchým spôsobom zhodne na programovacom jazyku, v ktorom zrealizujú implementáciu.

3. Môžeme vytvoriť skupinu bez ohľadu na význam konkrétnej kategórie charakteristík a pri výbere vhodných spolupracovníkov budeme uvažovať len tých študentov, s ktorými má študent  $l_1$  spoločné všetky kategórie ( $l_6$ ) alebo aspoň dve kategórie ( $l_3, l_6, l_7$ ). V niektorých prípadoch nám môže postačovať aby sa nachádzali aspoň v jednom spoločnom zhluku bez ohľadu na to o akú kategóriu ide ( $l_2, l_3, l_4, l_6, l_7$ ).

Zvolenie vhodného prístupu pre kombinovanie výstupov z metódy závisí od konkrétnej oblasti, v ktorej metódu aplikujeme a od požiadaviek, ktoré kladieme na vlastnosti vytvorenej skupiny.

### 5.2.7 Použitie zhlukov študentov a charakteristík

Použitie prístupu GT a kombinovanie rôznych zhlukov podľa kategórií charakteristík nám zabezpečí optimalizáciu vytvárania skupín na globálnej úrovni. V nasledujúcom kroku je potrebné z takto identifikovaných zhlukov vytvoriť konkrétne skupiny študentov, ktoré budú pracovať na riešení pridelenej úlohy. Návrh tohto procesu je zachytený na obrázku 5-2.



Obrázok 5-2. Proces vytvorenia novej skupiny.

Pre lokálnu optimalizáciu používame atribút *skóre vhodnosti vytvorenia skupiny*, ktoré vypočítame pre všetky kombinácie dostupných študentov. Výpočet skóre vhodnosti vytvorenia skupiny je doménovo závislá operácia, ktorá môže zohľadniť ľubovoľné doménové preferencie a obmedzenia, napr. obmedzenie vytvárania rovnakých skupín alebo preferencia úlohy, ktorú daná kombinácia študentov ešte neriešila. Hodnota skóre sa môže pohybovať v intervale  $\langle 0,100 \rangle$ , kde vyššia hodnota reprezentuje vhodnejšiu kombináciu študentov ako kandidáta na vytvorenie skupiny.

Pre vytvorenie konkrétnej skupiny sa vyberie taká kombinácia študentov, ktorá dosiahla najvyššie skóre spomedzi všetkých kombinácií a vytvorí sa s pravdepodobnosťou rovnajúcou sa hodnote dosiahnutého skóre. Toto obmedzenie nám zabezpečí, že pri každej požiadavke študenta o zaradenie do skupiny, budú vhodné skupiny vytvárané s vyššou pravdepodobnosťou a menej vhodné skupiny budú čakať na potenciálne lepšie skupiny, ktoré môžu vzniknúť napríklad prihlásením nového študenta a jeho požiadanim o pridelenie nových úloh.

### 5.3 Iteratívne aplikovanie metódy

Základná verzia prístupu GT je jednorazová a nezohľadňuje spätnú väzbu. My pri návrhu metódy uvažujeme iteratívne aplikovanie metódy na rovnakú množinu študentov. Takéto rozšírenie nám umožňuje na základe analýzy dynamických aspektov pozorovaných počas samotnej spolupráce študentov ovplyvňovať hodnoty v oboch vstupných maticiach.

#### Použitie viacerých matic mapovania charakteristík

V navrhutej metóde vytvárania rôznych typov skupín uvažujeme hneď niekoľko rôznych matic mapovania charakteristík. V každej matici vieme povedať, ktoré charakteristiky sa majú spájať a ktoré sa majú ignorovať. Dokážeme tak vytvoriť širokú paletu navzájom rôznych výstupných GCM matic, ktoré nám umožňujú ešte viac rozšíriť možnosti vytvárania rôznych typov skupín.

Maticu mapovania charakteristík môžeme zdefinovať staticky, a to intuitívne na základe toho, ktoré charakteristiky chceme navzájom spájať a od ktorých spojenia očakávame zvýšenie efektivity spolupráce. Príkladom takéhoto intuitívneho spojenia charakteristík je spojenie pozorného študenta so študentom, ktorý často pri riešení úloh robí chyby.

#### Dynamická matica mapovania charakteristík

Na základe súčasného stavu poznania nevieme jednoznačne povedať, ktoré charakteristiky zabezpečia úspešnú a efektívnu spoluprácu. Ako riešenie tohto problému sme navrhli použitie dynamickej matice mapovania charakteristík. Vzájomné spájanie charakteristík v tomto prípade nebude vyjadrené binárnou hodnotou, ale reálnym číslom, ktoré určuje silu, ktorou chceme tieto charakteristiky spájať. Vytváranie skupín môžeme začať s náhodnými slabými silami, ktoré následne môžeme upravovať na základe vyhodnotenia procesu a výsledkov spolupráce. Po každom ukončení práce v skupine upravíme hodnotu reprezentujúcu silu vzájomného spájania všetkých tých kombinácií charakteristík, ktoré sú typické pre používateľov tvoriacich skupinu, a to o hodnotu zodpovedajúcu kvalite spolupráce a dosiahnutého výsledku. Aby mohlo byť vzájomné mapovanie charakteristík použité v prístupe GT je nutná konverzia reálnej hodnoty na binárnu, čo môžeme zabezpečiť napr. porovnaním s priemerom.

#### Dynamické priradenie charakteristík študentom

Podobne ako v prípade matice mapovania charakteristík môžeme po ukončení riešenia úlohy aktualizovať priradenie charakteristík študentom. Sila pridelenia v tomto prípade je celé číslo, ktoré zodpovedá počtu výskytov danej charakteristiky u používateľa. Matica môže zo začiatku obsahovať náhodné pridelenie charakteristík, ktoré sa bude každou iteráciou spresňovať. V metóde tak neustále prebieha učenie sa študentových charakteristík, ktoré sa môžu meniť aj v závislosti s naberaním nových skúseností počas riešenia úloh.





## 6 Aplikovanie metódy pre vytváranie rôznych typov skupín

Druhý cieľ, ktorý sme identifikovali v rámcovom návrhu nášho riešenia, je aplikovať navrhnutú metódu v kolaboratívnom prostredí, ktoré využíva metódu pre vytváranie krátkodobých skupín a umožní efektívnu spoluprácu a analýzu dynamických aspektov skupín počas riešenia kolaboratívnych úloh. V tejto kapitole uvádzame príklad konkrétnej aplikácie metódy vytvárania skupín. Oblasť nasadenia zodpovedá jednosemestrálnemu kurzu prednášanému na vysokej škole a ktorý patrí do odboru informačných technológií. Spolupráca prebieha v malých, krátkodobých a distribuovane pôsobiacich skupinách.

### 6.1 Kolaboratívne úlohy

Na základe analýzy v kapitole 3.4 sme sa rozhodli definovať ako spôsob kolaborácie študentov riešenie krátkodobých úloh, čo nám umožní iteratívne aplikovanie metódy, ktoré by nebolo možné pri dlhodobej spolupráci, napr. pri riešení prípadových štúdií alebo rozsiahlych problémov.

Typ a zadanie kolaboratívnych úloh musí umožňovať aktívnu participáciu všetkých členov skupiny. V tabuľke 6-1 uvádzame prehľad rôznych typov úloh, ktoré sú vhodné pre zadefinovanú oblasť nasadenia.

Tabuľka 6-1. Typy kolaboratívnych úloh.

Názov	Veľkosť (min/max)	Odhadované trvanie (min/max)	Odhadovaný rozsah riešenia (min/max)
Skupinová diskusia	2/4	15 min / 20 min	150 slov / 200 slov
Vysvetlite	2/3	5 min / 15 min	50 slov / 75 slov
Navrhňte	2/3	10 min / 25 min	150 slov / 200 slov
Vymenujte	2/3	5 min / 15 min	1/4 kategórie x 5/10 položiek
Porovnajte	2/3	5 min / 10 min	2 kategórie x 5/7 položiek
Uveďte výhody/nevýhody	2/3	5 min / 10 min	2 kategórie x 5/7 položiek
Pre/Proti	2/2	5 min / 15 min	4 kategórie x 5/7 položiek

Pre každý typ úlohy sme pripravili krátky opis a niekoľko typických príkladov, ktoré boli vytvorené na základe vzdelávacích materiálov pre predmet Princípy softvérového inžinierstva (druhý ročník bakalárskeho štúdia, odbor Informatika), ktorý zodpovedá oblasti, do ktorej aplikujeme metódu.

#### Skupinová diskusia

Typ úloh riešiacich ľubovoľný všeobecný problém. Príklad:

- Diskutujte kedy je výhodné (v akom type projektov) vyvíjať softvér agilne. Uveďte príklady projektov, kde to je vhodné a kde nie.

#### Vysvetlite

Typ úloh, v ktorom je cieľom študentov vysvetliť význam konkrétneho pojmu. Príklad:

- Vysvetlite, čo znamená kompozícia (angl. composition) v modelovaní údajov.

### Navrhňte

Typ úloh, v ktorých je cieľom študentov navrhnúť špecifické riešenie. Príklad:

- Systémy pre manažment chýb (angl. *Issue Tracking Systems*) implementujú rôzne zložité procesy opravenia chyby v softvérovom systéme. Navrhňte a opíšte stavy, ktoré by ste použili v stavovom diagrame pre proces opravenia chyby.

### Vymenujte

Typ úloh, v ktorom je cieľom študentov vymenovať zoznam určitých vlastností. Príklad:

- Vymenujte aspoň 7 vlastností softvéru a zorad'te ich podľa dôležitosti, akú by ste im priradili pri návrhu aplikácie zabezpečujúcej elektronické bankovníctvo.

### Porovnajte

Typ úloh, v ktorých dostanú študenti dve rôzne entity a ich úlohou bude vypísať dve kategórie zoznamov, a to spoločných a rozdielnych vlastností. Príklad:

- Porovnajte typy softvéru COTS a MOTS.

### Uved'te výhody/nevýhody

Typ úloh, v ktorých dostanú študenti jednu konkrétnu entitu a ich úlohou bude vypísať dve kategórie zoznamov, a to výhody a nevýhody praktického použitia tejto entity. Príklad:

- Uved'te princíp a použitie techniky body prípadov použitia (angl. *use case points*).

### Pre/Proti

Typ úloh, v ktorých si dvaja študenti navzájom oponujú použitie riešenia, ktoré bolo danému študentovi priradené. Príklad:

- Porovnajte dva rôzne modely životného cyklu softvéru. Prvý študent obhajuje vodopádový model, druhý obhajuje iteratívny model životného cyklu softvéru.

## 6.2 Kolaboratívne nástroje

Na základe analýzy v kapitole 3.3.1 a so zohľadnením rôznych typov úloh opísaných v kapitole 6.1 sme identifikovali potrebu do kolaboratívnej platformy zaintegrovať jeden komunikačný kolaboratívny nástroj, ktorým je semištrukturovaná diskusia a tri kolaboratívne nástroje pre interakciu: textový editor, grafický editor a kategorizátor (Tabuľka 6-2). Pri ich návrhu vychádzame z analýzy existujúcich kolaboratívnych nástrojov, ktorých použitie je vhodné po menších úpravách aj v našej aplikačnej oblasti.

Tabuľka 6-2. Prehľad kolaboratívnych nástrojov.

Názov	Typ
Diskusia	Komunikačný nástroj
Textový editor	Nástroj pre interakciu
Grafický editor	Nástroj pre interakciu
Kategorizátor	Nástroj pre interakciu

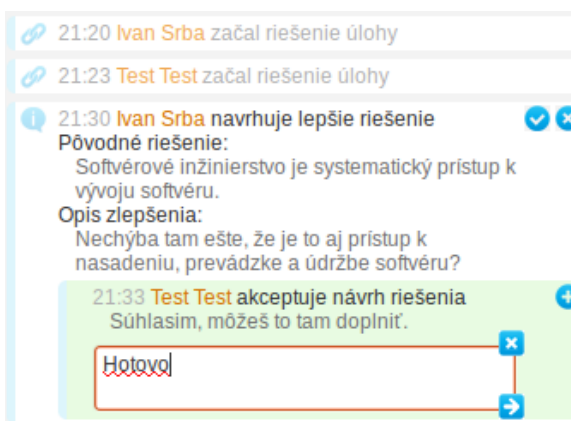
## 6.2.1 Semištruktúrovaná diskusia

Semištruktúrovaná diskusia predstavuje generický komunikačný nástroj, ktorý umožňuje študentom diskutovať o riešenom probléme bez ohľadu na konkrétny typ a zadanie riešenej úlohy.

Na základe analýzy komunikačných kolaboratívnych nástrojov (kapitola 3.3.1) sme sa rozhodli použiť semištruktúrovaný prístup. Štruktúrovanosť diskusie sme zabezpečili prístupom začiatkov viet (angl. *sentence openers*). Aby sme umožnili odosielanie správ, ktoré nie je možné zaradiť do žiadnej z preddefinovaných typov správ, rozšírili sme diskusiu navyše o možnosť odosielania všeobecných správ a komentárov bez ďalšieho obmedzenia ich obsahu.

Zavedenie štruktúrovanosti diskusie nám umožnilo aj ďalší významný prvok návrhu, ktorým je automatická identifikácia kolaboratívnych aktivít na základe typu odoslanej správy. Autori v článku (Aiken, 2005) zdôrazňujú, že automatická analýza kolaborácie je kľúčovým faktorom pre úspešnosť kolaboratívneho prostredia.

Správa v diskusii sa môže skladať z dvoch častí. Prvú nazývame kontext a opisuje podrobnejšie informácie o okolnostiach alebo o predmete, ktorého sa správa týka. Kontextová časť správy je nepovinná. Druhou povinnou časťou je samotný text správy. Príkladom kontextu môže byť pôvodné riešenie, kým textom je navrhovaný opis zlepšenia (Obrázok 6-1). Podobne môžeme v kontexte špecifikovať komu udeľujeme pochvalu, ktorej samotný obsah sa nachádza v textovej časti správy.

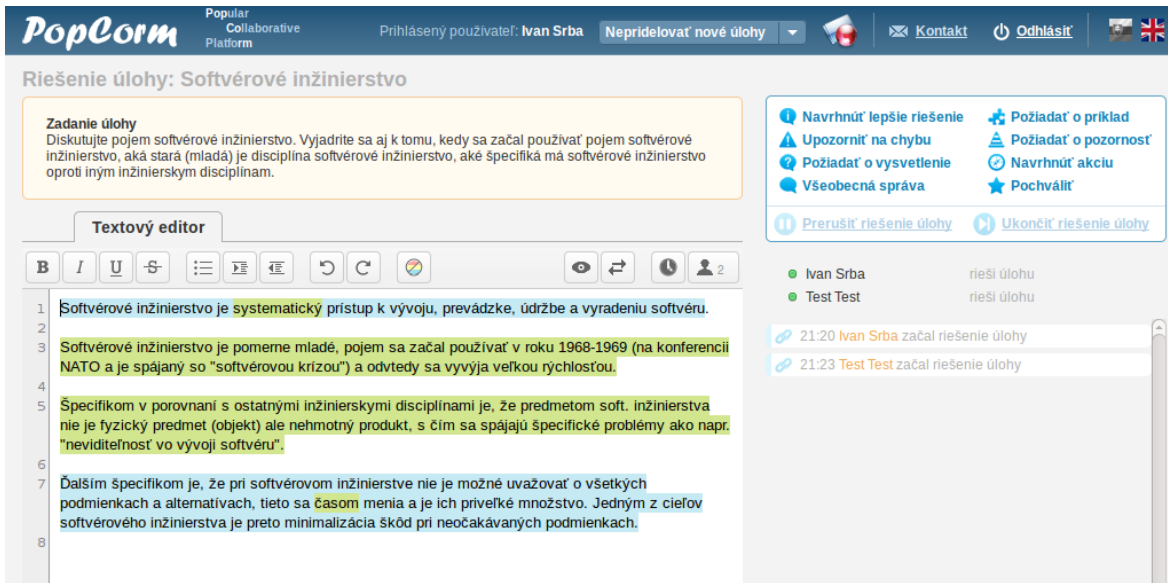


Obrázok 6-1. Návrh používateľského rozhrania semištruktúrovanej diskusie.

## 6.2.2 Textový editor

Úlohou prvého kolaboratívneho nástroja pre interakciu, ktorým je textový editor, je kolaboratívna editácia voľného textu (Obrázok 6-2). Od textového editora požadujeme predovšetkým možnosť paralelnej editácie písaného textu niekoľkými používateľmi v rovnakom čase, a to vrátane riešenia konfliktov v prípade editácie rovnakej časti textu viacerými používateľmi naraz. Pre potreby nami zadaných typov úloh je postačujúca funkcionálnosť pre základné formátovanie textu.

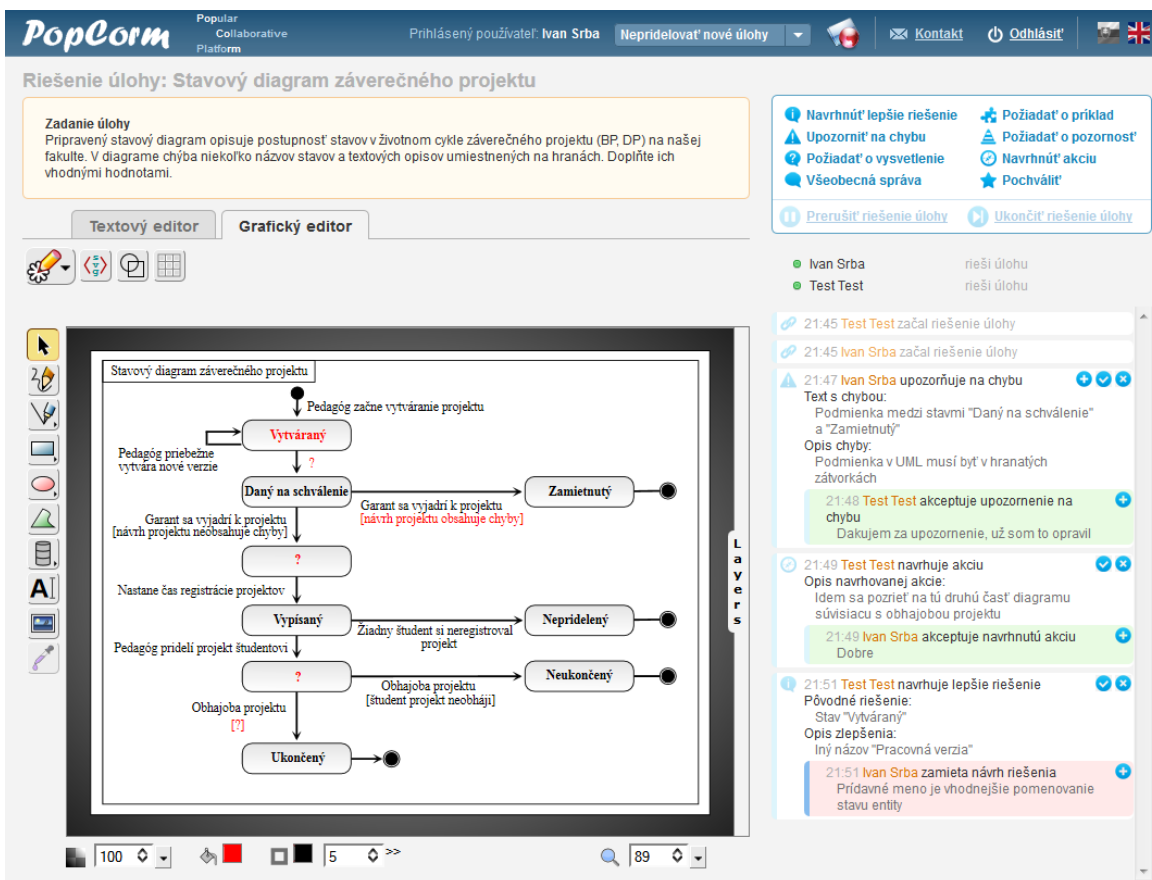
V textovom editore navrhujeme integráciu so semištruktúrovanou diskusiou pre priamu tvorbu správ prostredníctvom rýchleho menu, ktoré sa zobrazí po vyznačení časti textu. Tento spôsob práce s textom je typický pre textové editory z kancelárskych balíkov a je teda pre používateľov známy. Vyznačený text sa automaticky prednastaví ako kontextová časť správy a umožní tak používateľovi efektívne pridať novú správu (napr. nahlásenie chyby) bez potreby akéhokoľvek opisovania časti dokumentu, ktorého sa napísaná správa týka.



Obrázok 6-2. Návrh používateľského rozhrania textového editora.

### 6.2.3 Grafický editor

Grafický editor by mal poskytovať možnosť vizuálnej spolupráce, a to konkrétne kreslenie náčrtov riešenia alebo návrhov schém (Obrázok 6-3). Na grafický editor kladieme podobné požiadavky ako na textový editor, nie je však nevyhnutná funkcionálna pre pokročilé riešenie konfliktov vzhľadom na to, že nepredpokladáme v prípade grafických náčrtov takú intenzívnu editáciu obsahu ako v prípade textu.



Obrázok 6-3. Návrh používateľského rozhrania grafického editora.

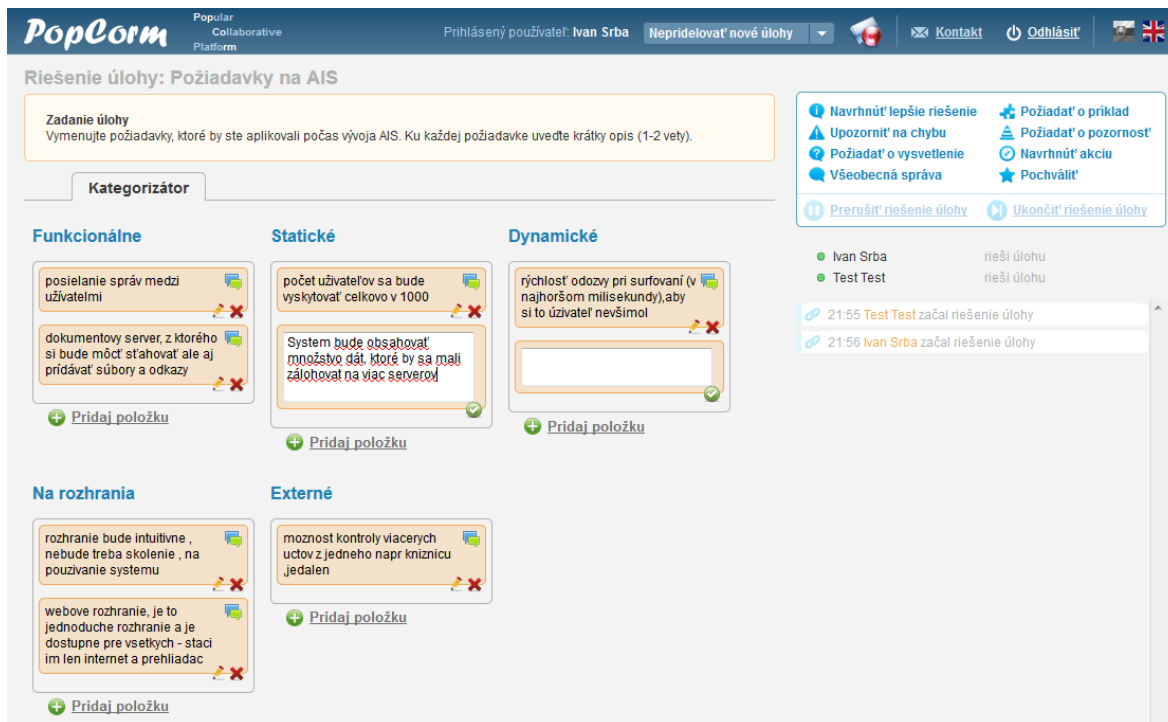
Grafický editor má poskytovať širokú paletu nástrojov pre všetky bežné úlohy, s ktorými sa môžeme stretnúť pri kreslení rôznych vektorových obrázkov. Požadovaná funkcionálna zahŕňa tvorbu tvarov (rôzne typy čiar, obdĺžniky, elipsy, mnohoúhelníky), ich formátovanie (ukončenie čiar šípkami, výplň tvarov, orámovanie tvarov, priehľadnosť), písanie textov, vkladanie rastrových obrázkov a iných predpripravených vektorových tvarov. Okrem toho by mal mať editor podporu pre prácu s objektmi v niekoľkých vrstvách, čo nám umožňuje vytvárať komplikovanejšie schémy. Napriek pomerne rozsiahlej funkcionalite by mala byť práca s grafickým editorom dostatočne intuitívna a umožňovať rýchle načrtnutie rozličných typov schém.

## 6.2.4 Kategorizátor

Kategorizátor je špeciálny typ nástroja, vhodný pre úlohy, ktorých výsledkom má byť vymenovanie určitých charakteristík (Obrázok 6-4). Študentom by mal umožniť vytvárať zoznam, resp. viacero kategorických zoznamov, manipulovať s týmito zoznamami a položky v rámci nich usporadúvať podľa kritérií zadaných v texte zadania.

Kategorizátor by mal poskytovať funkcionálnu v troch režimoch. V prvom režime neumožňuje pridávanie, editáciu ani odstraňovanie existujúcich kategórií a položiek. Používatelia môžu položky medzi kategóriami len presúvať a v rámci kategórií usporadúvať. V druhom režime, ktorý rozširuje prvý režim je dovolené používateľom kompletne manipulovať s položkami (pridávanie, editácia, odstránenie), nemôžu však manipulovať s kategóriami. V poslednom treťom režime pribúda používateľom možnosť aj plnej manipulácie s kategóriami.

Kategorizátor by mal plne podporovať prácu v reálnom čase, ktorá zahŕňa okrem iného animovanie presunu položky v prípade, že niektorý z používateľov ju presunie do inej kategórie. Rovnako by mali mať používatelia možnosť sledovať vytváraný alebo editovaný text v názvoch kategórií a položiek už počas jeho písania. Zamedzí sa tak duplicitnej práci dvoch používateľov naraz a zvýši sa tým efektívnosť práce. Ako súčasť kategorizátora podobne ako v textovom editore navrhujeme možnosť priamo vytvárať správy, ktorých kontextová časť sa automaticky prednastaví na text položky, nad ktorou bolo pridanie správy vyvolané.



Obrázok 6-4. Návrh používateľského rozhrania kategorizátora.

## 6.3 Charakteristiky

Aplikácia metódy závisí vo veľkej miere od charakteristík, ktoré sa rozhodneme použiť pri rozdeľovaní študentov do skupín. Pri návrhu charakteristík sme sa rozhodli zamerať výhradne na kolaboratívne charakteristiky. Dôvodov pre toto rozhodnutie je niekoľko. Predovšetkým študenti majú približne rovnaký vek a pre oblasť IT je v našich pomeroch typické silne prevažujúce mužské pohlavie. Pokiaľ spájanie študentov so spoločnými záujmami má význam na základnej škole, pri vysokoškolskom štúdiu má však len veľmi malý zanedbateľný vplyv. Tiež v tejto aplikačnej oblasti neexistujú také univerzálne osobné charakteristiky, o ktorých vieme, že dokážu zefektívniť spoluprácu. Navyše by osobné charakteristiky ovplyvnili zaraďovanie študentov do skupín, čo by viedlo k ťažšie interpretovateľným výsledkom, keďže jedným z našich cieľov je vyhodnotiť efektívnosť kolaboratívnych charakteristík.

Kolaboratívne charakteristiky študentov definujeme v rámcovom návrhu ako výsledok pozorovania správania študentov počas spolupráce na riešení zadanej úlohy. Z procesu spolupráce študentov počas riešenia úloh vieme každú charakteristiku odvodzovať z vykonaných kolaboratívnych aktivít, ktorých výskyt poukazuje na priradenie tejto charakteristiky študentovi. Samotné aktivity zase automaticky identifikujeme na základe správ odoslaných v semištruktúrovanej diskusii. Takéto riešenie prináša aj jednu nevýhodu, ktorou je problém studeného štartu (angl. *cold start problem*). Zo začiatku procesu vytvárania skupín nepoznáme žiadne charakteristiky a metóda sa ich učí v nasledujúcich iteráciách. Tento problém však vieme vyriešiť pomerne jednoducho tým, že začneme vytvárať skupiny náhodne a už po 2-3 iteráciách budeme mať zaznamenané dostatočné množstvo aktivít pre odvodenie kolaboratívnych charakteristík.

Kolaboratívne aktivity sme navrhli na základe existujúcej a overenej taxonómie zručností kolaboratívneho vzdelávania podľa autorov McManus a Aiken (1995). V tabuľke 6-3 uvádzame návrh kolaboratívnych aktivít spolu s mapovaním na zručnosti, typy zručností a akcie z uvedenej taxonómie. Posledný stĺpec obsahuje mapovanie na metriky, ktoré navrhujeme pre analýzu a vyhodnotenie kolaboratívneho správania v kapitole 6.4 a ku ktorým výskyt danej aktivity prispieva.

Tabuľka 6-3. Definovanie kolaboratívnych aktivít.

Názov aktivity	Zručnosť	Typ zručnosti	Akcia	Metriky
Navrhnutie lepšieho riešenia	Kreatívny konflikt	Argumentácia	Navrhnutie alternatívy	M3, M8
Súhlas s návrhom	Kreatívny konflikt	Argumentácia	Súhlas	M4, M8
Nesúhlas s návrhom	Kreatívny konflikt	Argumentácia	Nesúhlas	M5, M8
Upozornenie na chybu	Kreatívny konflikt	Argumentácia	Pochybnosť	M3, M8
Súhlas s upozornením	Kreatívny konflikt	Argumentácia	Súhlas	M4, M8
Nesúhlas s upozornením	Kreatívny konflikt	Argumentácia	Nesúhlas	M5, M8
Požiadanie o vysvetlenie	Aktívne učenie	Požiadavka	Vysvetlenie	M2, M8
Vysvetlenie	Aktívne učenie	Informovanie	Vysvetlenie	M3, M8
Akceptovanie vysvetlenia	Konverzácia	Potvrdenie	Akceptovanie	M1, M8
Poslanie všeobecnej správy				M8
Požiadanie o uvedenie príkladu	Aktívne učenie	Požiadavka	Ilustrácia	M2, M8
Uvedenie príkladu	Aktívne učenie	Informovanie	Vysvetlenie	M1, M8
Požiadanie o pozornosť	Konverzácia	Podpora	Žiadosť o pozornosť	M6, M8

Navrhnutie akcie	Konverzácia	Podpora	Navrhnutie akcie	M6, M8
Súhlas s návrhom	Konverzácia	Potvrdenie	Akceptovanie	M6, M8
Nesúhlas s návrhom	Konverzácia	Potvrdenie	Zamietnutie	M6, M8
Pochválenie	Aktívne učenie	Motivácia	Povzbudenie	M7, M8
Komentovanie				M3

## 6.4 Analýza a vyhodnotenie kvality spolupráce

Posledným problémom, ktorý sme riešili pri návrhu kolaboratívnej platformy je spôsob analýzy a vyhodnotenia kvality spolupráce počas kolaboratívneho vzdelávania. Na základe rôznych prístupov k vyriešeniu tohto problému identifikovaných v kapitole 3.3.2 sme sa rozhodli použiť sledovanie kolaboratívneho vzdelávania prostredníctvom dimenzií. Pre potreby nášho projektu vychádzame z návrhu siedmich dimenzií z (Burkhard, 2009), ktoré sú len miernym upravením dimenzií zadaných v (Spada, 2005):

1. Udržovanie vzájomného porozumenia.
2. Výmena informácií.
3. Argumentovanie a dosahovanie konsenzu.
4. Manažment úloh a časového plánovania.
5. Udržovanie angažovanosti.
6. Rovnomernosť rozdelenia úloh.
7. Plynulosť spolupráce.

Hodnotenie kvality procesu spolupráce podľa týchto dimenzií navrhujeme tak, aby sme ho vedeli odvodiť priamo z dát zozbieraných počas procesu kolaboratívneho vzdelávania. Pre potreby odvodzovania sme si zadefinovali sadu metrik (Tabuľka 6-4).

Tabuľka 6-4. Definovanie metrik pre analýzu a vyhodnotenia kolaboratívneho vzdelávania.

<i>Identifikátor</i>	<i>Opis metriky</i>
M1	Počet aktivít s poskytnutím pozitívnej spätnej väzby
M2	Počet aktivít s poskytnutím negatívnej spätnej väzby
M3	Počet aktivít so zdieľaním informácií
M4	Počet aktivít s pozitívnym argumentovaním a rozhodovaním
M5	Počet aktivít s negatívnym argumentovaním a rozhodovaním
M6	Počet aktivít s časovým plánovaním a rozdeľovaním úloh
M7	Počet aktivít s motivovaním ostatných členov tímu
M8	Celkový počet aktivít
M9	Celkový počet príspevkov v kolaboratívnych nástrojoch
M10	Veľkosť časovej medzery medzi dvoma za sebou nasledujúcimi aktivitami
M11	Veľkosť časovej medzery medzi príspevkami v kolaboratívnych nástrojoch

Pre každú metriku odlišujeme či sa týka celej skupiny (označujeme dolným indexom G, napr.  $M1_G$ ), alebo len konkrétneho používateľa v danej skupine (označujeme dolným indexom Uj, kde j identifikuje index používateľa v danej skupine, napr.  $M1_{U1}$ ).

Prostredníctvom metrík definujeme spôsob výpočtu hodnôt reprezentujúcich kvalitu spolupráce podľa všetkých siedmich dimenzií:

1. *Udržovanie vzájomného porozumenia (angl. Sustaining mutual understanding)*

Prvá dimenzia zachytáva informáciu o tom, či sa snažia študenti vytvárať obsah zrozumiteľný pre ostatných členov skupiny a či si navzájom poskytujú spätnú väzbu.

Kvalita spolupráce podľa tejto dimenzie narastá s počtom poskytnutí pozitívnej spätnej väzby a naopak, klesá s počtom negatívnej spätnej väzby.

$$D1 = \frac{M1_G}{M1_G + M2_G} \quad (6.1)$$

2. *Výmena informácií (angl. Information exchanges for problem solving)*

Výmena predovšetkým takých informácií, ktoré neboli dosiaľ medzi členmi zdieľané sa považuje za kritický aspekt úspešného kolaboratívneho vzdelávania a budovania znalostí. Výmena informácií sa realizuje prostredníctvom aktivít ako odpovedanie na otázky alebo podávanie vysvetlenia. Všetci študenti sa majú snažiť prispieť maximálnym množstvom informácií, ktoré pomôžu ostatným členom skupiny pri dosahovaní stanoveného cieľa. Nové informácie však musia byť podané na adekvátnej úrovni zložitosti a je vhodné ich doplniť konkrétnym príkladom.

Kvalitu spolupráce na základe výmeny informácií vyjadríme ako podiel aktivít, v ktorých sa navzájom zdieľajú informácie voči všetkým aktivitám.

$$D2 = \frac{M3_G}{M8_G} \quad (6.2)$$

3. *Argumentovanie a dosahovanie konsenzu (angl. Argumentation and reaching consensus)*

V ideálnom prípade by rozhodovaniu mal predchádzať proces kritického vyhodnocovania informácií, zbierania argumentov a kritického zhodnotenia z rôznych perspektív. Tento proces má vyústiť do kreatívneho konfliktu, ktorý sa považuje za veľmi dôležitý pre kolaboratívne vzdelávanie (Dillenbourg, 1996). Študenti však majú tendenciu sa vyhýbať akýmkoľvek konfliktom a namiesto toho presadzujú svoje nápady bez potrebnej diskusie. Z tohto dôvodu je sledovanie tejto dimenzie problematické a musí mu byť venovaná zvýšená pozornosť.

Kvalita spolupráce podľa argumentovania a dosahovania konsenzu narastá s počtom pozitívnych reakcií pri rozhodovaní a naopak, klesá s počtom negatívnych reakcií.

$$D3 = \frac{M4_G}{M4_G + M5_G} \quad (6.3)$$

4. *Manažment úloh a časového plánovania (angl. Task and time management)*

Manažment úloh a časového plánovania vo všeobecnosti zahŕňa potrebu rozdeliť požadovaný cieľ na niekoľko menších cieľov, na základe ktorých vieme priradiť úlohy jednotlivým členom skupiny. Z pohľadu kolaboratívneho vzdelávania by bolo ideálne, keby študenti pred začiatkom riešenia úlohy venovali krátky čas takémuto rozdeleniu a plánovaniu. Časový manažment môže byť obzvlášť dôležitý, ak študenti budú mať na vyriešenie úlohy dostupný len veľmi krátky čas.



Kvalitu spolupráce vzhľadom na manažment úloh a časového plánovania odhadneme ako podiel aktivít zahrňajúci rozdeľovanie úloh a časové plánovanie voči všetkým aktivitám.

$$D4 = \frac{M6_G}{M8_G} \quad (6.4)$$

#### 5. Udržovanie angažovanosti (angl. *Sustaining commitment*)

Cieľom piatej dimenzie udržovania angažovanosti je sledovanie takých aktivít a procesov, ktoré sú nevyhnutné pre zachovanie vysokého stupňa zainteresovanosti a motivácie každého člena skupiny. Existuje niekoľko stratégií ako dosiahnuť tento cieľ. Študenti si rozdelia úlohy a následne po ich úspešnom ukončení vzájomne zhodnotia ich prínos pre celkové dosiahnutie cieľa. V prípade straty motivácie niektorého z členov skupiny, môžu ho ostatní členovia skupiny motivovať zdôraznením pozitívneho prínosu vyriešením priradenej úlohy pre celú skupinu.

Kvalitu spolupráce na základe udržovania angažovanosti odhadneme ako podiel aktivít, ktoré vedú k zvyšovaniu motivácie voči všetkým aktivitám.

$$D5 = \frac{M7_G}{M8_G} \quad (6.5)$$

#### 6. Rovnomernosť rozdelenia úloh (angl. *Shared task alignment*)

Predmetom sledovania šiestej dimenzie je rovnomernosť rozdelenia aktivít medzi študentmi navzájom. Pod tieto aktivity zaraďujeme prispievanie správami do diskusie, používanie nástrojov, podieľanie sa na manažmente úloh a na rozhodovaní. Skupina dosahuje svoj maximálny potenciál, keď sa všetci študenti aktívne zapájajú do riešenia úlohy (Soller, 2001).

Kvalitu spolupráce na základe rovnomerného rozdelenia úloh odhadneme ako doplnok do 1 zo súčtu podielu smerodajnej odchýlky a celkového počtu správ a podielu smerodajnej odchýlky a celkového počtu príspevkov v kolaboratívnych nástrojoch.

$$D6 = 1 - \left( \frac{\sigma_{M8}}{M8_G} + \frac{\sigma_{M9}}{M9_G} \right)$$

$$D6 = 1 - \left( \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (M8_{Uj} - \overline{M8_U})^2}}{M8_G} + \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (M9_{Uj} - \overline{M9_U})^2}}{M9_G} \right) \quad (6.6)$$

#### 7. Plynulosť spolupráce (angl. *Fluidity of collaboration*)

Siedma dimenzia odráža plynulosť a kontinuitu spolupráce. V prípade verbálnej diskusie by táto dimenzia zachytávala ako si študenti navzájom odovzdávajú slovo. V prípade neverbálnej komunikácie môžeme sledovať použitie nástrojov v čase.

Kvalitu spolupráce podľa jej plynulosti odhadneme ako doplnok do 1 zo súčtu podielu smerodajnej odchýlky časových medzier medzi aktivitami v diskusii a celkového času nečinnosti v diskusii a podielu smerodajnej odchýlky časových medzier medzi príspevkami v kolaboratívnych nástrojoch a celkového času nečinnosti v kolaboratívnych nástrojoch.

$$D7 = 1 - \left( \frac{\sigma_{M10}}{M10_G} + \frac{\sigma_{M11}}{M11_G} \right)$$

$$D7 = 1 - \left( \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (M10_{Uj} - \overline{M10_U})^2}}{M10_G} + \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (M11_{Uj} - \overline{M11_U})^2}}{M11_G} \right) \quad (6.7)$$

Uvedených sedem dimenzií odráža len vyhodnotenie kvality procesu spolupráce a nezachytáva správnosť a kvalitu samotného vypracovania zadania úlohy. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli doplniť ôsmu dimenziu.

#### 8. Výstup riešenia úlohy

Výstup riešenia úlohy dopĺňa pôvodných sedem procesne zameraných dimenzií o hodnotenie samotného výsledku spolupráce. Hodnotu tejto dimenzie určíme manuálne, a to na 5-hodnotovej stupnici: výborný výsledok spolupráce (hodnotenie A,  $D8 = 1$ ), nadpriemerný výsledok spolupráce (hodnotenie B,  $D8 = 0.75$ ), priemerný výsledok spolupráce (hodnotenie C,  $D8 = 0.5$ ), podpriemerný výsledok spolupráce (hodnotenie D,  $D8 = 0.25$ ) a veľmi slabý výsledok spolupráce (hodnotenie E,  $D8 = 0$ ). Vzhľadom na to, že pri vzdelávaní sa výstupy práce študentov zvyčajne hodnotia manuálne, nemalo by byť získanie hodnotenia podľa tejto dimenzie veľmi náročné.

Pri celkovom vyhodnotení kvality spolupráce v skupine  $R$  zohľadníme ako hodnotenie samotného procesu spolupráce, tak aj samotný výstup. Aby boli obe zložky navzájom vyvážené kladieme manuálnemu hodnoteniu pedagóga vyššiu váhu v porovnaní s ostatnými automaticky vypočítanými dimenziami.

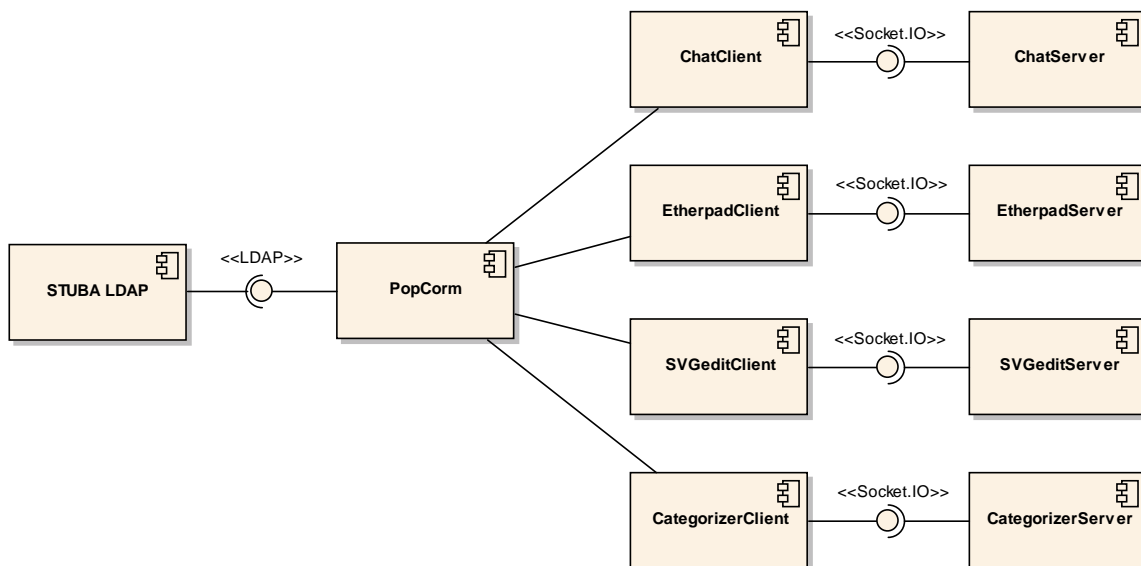
$$R = \frac{\sum_{i=1}^7 Di + 4D8}{11} \quad (6.8)$$

## 7 Overenie metódy pre vytváranie rôznych typov skupín

Návrh metódy (kapitola 5) a jej aplikovanie v kolaboratívnom prostredí (kapitola 6) sme pre potreby overenia zrealizovali a implementovali v podobe kolaboratívnej platformy, ktorú sme pomenovali PopCorm (**Pop**ular **Coll**aborative **Pl**atform). Platformu PopCorm sme použili ako prostriedok pre realizáciu dvoch experimentov. Cieľom prvého experimentu bolo overiť predpoklady navrhutej metódy. V druhom experimente sme porovnali dosiahnutú spoluprácu a výsledky medzi skupinami vytvorenými navrhnutou a referenčnou metódou.

### 7.1 Kolaboratívna platforma PopCorm

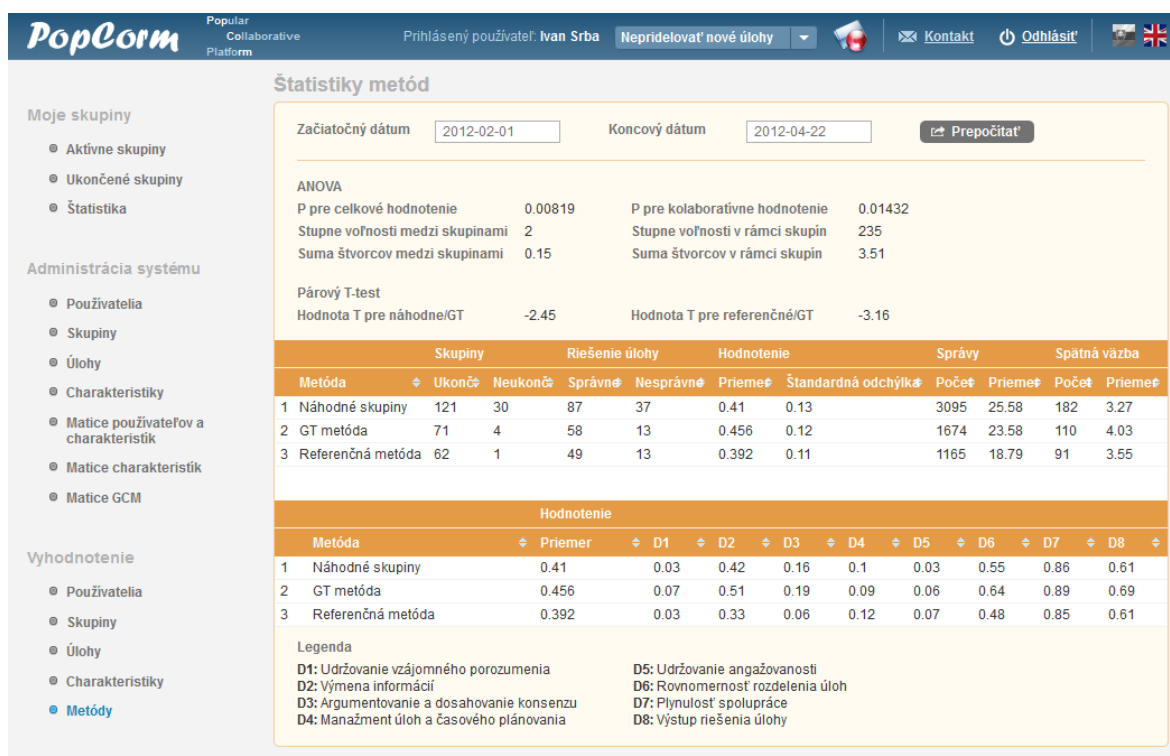
Realizácia kolaboratívnej platformy PopCorm vychádza z návrhu metódy pre vytváranie skupín a z návrhov jednotlivých zložiek kolaboratívnej platformy pre konkrétnu oblasť v doméne vzdelávania. Aplikáciu sme na základe tohto návrhu rozdelili na niekoľko navzájom previazaných komponentov (Obrázok 7-1).



Obrázok 7-1. Rozdelenie kolaboratívnej platformy PopCorm na komponenty systému.

Základ celej platformy tvorí komponent PopCorm (Obrázok 7-2), ktorý zabezpečuje hlavnú funkčnosť aplikácie, predovšetkým autentifikáciu a autorizáciu používateľov, administráciu doménových entít, implementáciu metódy pre vytváranie skupín a používateľské rozhranie, ktoré jednotným spôsobom integruje všetky kolaboratívne nástroje na jednom mieste. Pre potreby autentifikácie používateľov komponent komunikuje s univerzitným LDAP serverom. Súčasťou platformy sú ďalej integrované klienty kolaboratívnych nástrojov a k nim prislúchajúce servery. Pri implementácii komponentov zodpovedajúcim kolaboratívnym nástrojom sme sa snažili o maximálne znovupoužitie existujúcich aplikácií.

Podrobnejšie informácie k špecifikácii požiadaviek, návrhu, implementácii a nasadeniu kolaboratívnej platformy sú dostupné v prílohe A. Inštalčná dokumentácia je dostupná v prílohe B a používateľská príručka v prílohe C.



Obrázok 7-2. Používateľské rozhranie kolaboratívnej platformy PopCorm.

## Semištruktúrovaná diskusia

Vzhľadom na to, že návrh semištruktúrovanej diskusie (kapitola 6.2.1) je veľmi špecifický, nepodarilo sa nám nájsť existujúce riešenie, ktoré by bolo možné priamo zintegrovat' do kolaboratívnej platformy. Z tohto dôvodu sme semištruktúrovanú diskusiu vyvinuli tak, aby spĺňala náš návrh.

## Textový editor

Ako textový editor sme sa rozhodli integrovat' existujúce riešenie Etherpad Lite<sup>1</sup>. Editor priamo poskytuje všetku funkcionálnosť, ktorú sme navrhli v kapitole 6.2.2. Navyše umožňuje chronologicky zobrazovať revízie dokumentu, ktoré sa automaticky vytvárajú počas spolupráce a import/export dokumentov z viacerých bežných formátov textových dokumentov. Existujúcu funkcionálnosť sme mierne upravili pre potreby integrácie so semištruktúrovanou diskusiou.

## Grafický editor

Ako základ pre implementáciu grafického editora sme sa rozhodli použiť existujúcu aplikáciu SVG-edit<sup>2</sup>. Štandardná funkcionálnosť editora SVG-edit je jednopoužívateľská a pre potreby nášho projektu sme museli dopracovať podporu kolaborácie v reálnom čase, ktorá sa ukázala ako veľmi problematická vzhľadom na to, že zdieľanie vizuálneho obsahu medzi používateľmi musí prebiehať relatívne často a s veľmi krátkym oneskorením.

## Kategorizátor

Pri analýze existujúcich kolaboratívnych nástrojov sa nám nepodarilo nájsť žiadnu aplikáciu, ktorá by umožňovala potrebnú funkcionálnosť, ktorú sme identifikovali v návrhu pre kategorizátor

<sup>1</sup> <http://beta.etherpad.org/>

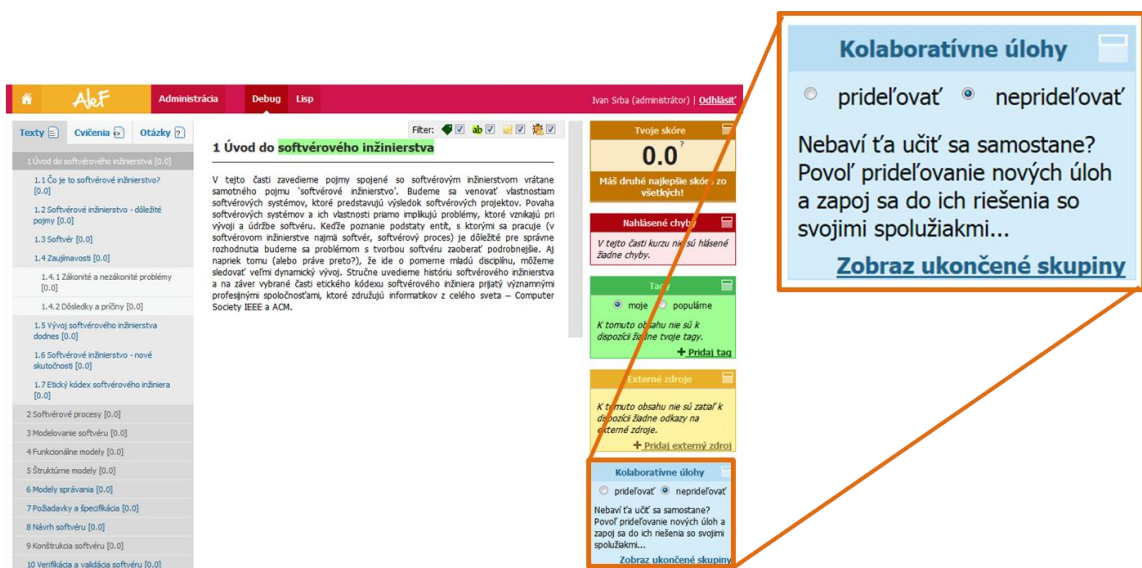
<sup>2</sup> <http://code.google.com/p/svg-edit/>

(kapitola 6.2.4). Preto podobne ako v prípade diskusie sme nemohli vychádzať z existujúceho riešenia, ale sme zabezpečili celý vývoj.

### 7.1.1 Integrácia so vzdelávacím systémom

Vzhľadom na to, že kolaboratívna platforma je samostatná aplikácia, riešili sme jej integráciu so vzdelávacím systémom. Pre túto úlohu sme vytvorili rozhranie API, ktoré poskytuje informácie o aktuálnom stave študenta a riešenia jeho úloh v kolaboratívnej platforme.

Kolaboratívnu platformu PopCorm sme prepojili so vzdelávacím systémom ALEF (Adaptive LEarning Framework) (Bieliková, 2010; Šimko, 2010). Na základe analýzy uvedenej v kapitole 3.5 sme sa rozhodli kolaboratívne riešenie úloh zaintegrovať do vzdelávacieho kurzu prostredníctvom spontánnej spolupráce. Takúto integráciu sme v systéme ALEF zabezpečili prostredníctvom pridania nového komponentu, ktorý sa zobrazuje v pravej časti používateľského rozhrania (Obrázok 7-3).



Obrázok 7-3. Používateľské rozhranie vzdelávacieho systému ALEF.

Komponent umožňuje študentom pracujúcim so systémom ALEF:

1. Nastaviť záujem/nezáujem o pridelenie novej úlohy.
2. Zobrazit' informáciu o aktuálnom počte pridelených úloh v kolaboratívnej platforme.
3. Zobrazit' upozornenie v prípade, že sa podarilo vytvorit' skupinu, do ktorej je používateľ zaradený. Súčasťou upozornenia je priamo odkaz na otvorenie kolaboratívnej platformy PopCorm v novej záložke prehliadača.

### 7.1.2 Použité technológie

Na implementáciu kolaboratívnej platformy PopCorm sme použili viacero moderných technológií, ktoré umožňujú kolaboráciu v reálnom čase.

Na implementáciu samotného komponentu PopCorm sme použili pracovný rámec *Ruby on Rails*. Na prezentačnej vrstve sme použili *HTML5* v kombinácii s *CSS* kaskádovými štýlmi, ktoré sme zapisovali v jazyku *Sass*. Dynamickosť používateľského rozhrania sme zabezpečili použitím programovacieho jazyka *JavaScript* rozšíreného o pracovný rámec *jQuery*. Dátovú vrstvu tvorí databáza *MySQL*.

Implementácia serverov všetkých kolaboratívnych nástrojov je postavená na programovacom jazyku *NodeJS*. Klientské knižnice využívajú opäť rovnakú kombináciu technológií ako komponent PopCorm: *HTML5*, *CSS* a *JavaScript* rozšírený o pracovný rámec *jQuery*. Komunikáciu medzi klientmi a servermi kolaboratívnych nástrojov zabezpečuje technológia *web sockets*.

## 7.2 Overenie predpokladov navrhutej metódy

V prvej etape experimentu sme formou krátkodobého riadeného experimentu overovali predpoklady navrhutej metódy. Overenie predpokladov bolo potrebné pre pokračovanie v druhej fáze experimentu.

### 7.2.1 Definovanie experimentu

Ako participantov experimentu sme zvolili päť študentov prvého a druhého ročníka inžinierskeho štúdia na Fakulte informatiky a informačných technológií Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Študentom sme pripravili sadu jedenástich úloh z oblasti softvérového inžinierstva.

Študenti dostali pokyn prirodzeným spôsobom spolupracovať na riešení kolaboratívnych úloh, aby sme získali neovplyvnený priebeh spolupráce. Zároveň boli účastníci vyzvaní, aby komentovali intuitívnosť používania jednotlivých komponentov kolaboratívnej platformy.

#### Hypotéza

Ako hypotézu v krátkodobom experimente sme stanovili overenie predpokladu správneho fungovania navrhutej metódy, ktorým je vlastnosť, že aktivity vytvárajú prirodzené zhľuky (vzory správania), ktoré pozitívne/negatívne vplyvajú na spoluprácu a výsledok riešenia.

### 7.2.2 Vyhodnotenie experimentu

Študenti boli v krátkodobom experimente počas troch hodín zaradení do 12 skupín. Celkovo bolo zaznamenaných 117 aktivít, pričom každá aktivita zodpovedala jednej odoslanej správe prostredníctvom semištruktúrovanej diskusie.

Aj napriek relatívne malému počtu vyriešených úloh a zaznamenaných aktivít sa podarilo overiť, že aktivity vytvárajú prirodzené zhľuky (vzory správania). Navrhnutá metóda dokázala pomerne jednoznačne so zoskupovacou účinnosťou až 88,2% identifikovať signifikantné charakteristiky a vytvorila 3 zhľuky aktivít a používateľov (Tabuľka 7-1). Na základe týchto výsledkov považujeme stanovenú hypotézu sa potvrdenú.

Tabuľka 7-1. Výsledná GCM matica z prvej fázy experimentu.

Aktivita	Študent 1	Študent 2	Študent 3	Študent 4	Študent 5
Upozornenie na chybu	1	1	0	0	0
Akceptovanie upozornenia na chybu	1	1	0	0	0
Napísanie komentára	1	0	0	0	0
Napísanie všeobecnej správy	0	0	1	0	0
Požiadanie o vysvetlenie	0	0	0	1	1
Podanie vysvetlenia	0	0	0	1	1
Navrhnutie akcie	0	0	0	1	1
Akceptovanie akcie	0	0	0	1	1
Napísanie pochvaly	0	0	0	1	0

Krátkodobý experiment sme využili nielen na potvrdenie hypotézy, ale aj na overenie správnosti implementácie navrhnutej metódy a analýzy dynamických aspektov skupín. Navyše sme od participantov získali hodnotné pripomienky k používateľskému rozhraniu a k používaniu kolaboratívnych nástrojov. Na základe týchto pripomienok sme zlepšili intuitívnosť používania platformy a tiež sme vypracovali pokyny vo forme interaktívnej nápovedy, ako používať niektoré prvky kolaboratívnych nástrojov.

## **7.3 Porovnanie navrhnutej a referenčnej metódy**

Druhú etapu experimentu zameranú na porovnanie navrhnutej a referenčnej metódy sme sa rozhodli realizovať formou dlhodobého kombinovaného riadeného a neriadeného experimentu. Pre účely porovnania vychádzame z vyhodnotenia kolaboratívneho vzdelávania na základe analýzy a vyhodnotenia kvality spolupráce tak, ako sme ju navrhli v kapitole 6.4.

### **7.3.1 Definovanie experimentu**

Dlhodobý experiment sme realizovali v rámci predmetu Princípy softvérového inžinierstva (PSI), ktorý sa prednáša počas letného semestra v druhom ročníku na Fakulte informatiky a informačných technológií Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Výučby predmetu PSI sa v akademickom roku 2011/2012 zúčastňovalo celkovo 165 študentov.

Riadenú časť experimentu sme pôvodne plánovali realizovať ako súčasť výučby na prednáškach predmetu PSI, čo však nebolo možné z dôvodu technologických obmedzení v prednáškovej sále (WIFI prístupový bod limitoval počet paralelne pripojených zariadení na 64). Z tohto dôvodu sme riadenú časť realizovali alternatívnou formou, kde sme spoločne so študentmi stanovili čas, nedeľu večer, kedy sme študentov skoorinovali a vo väčšom počte si aktivovali pridelovanie nových úloh. Vzhľadom na obmedzenú dobu, ktorú sme mali každý týždeň k dispozícii pre riadenú časť experimentu, priradzovali sme študentom len krátkodobé a strednodobé úlohy s odhadovaným trvaním riešenia do 15 minút. Riadená časť experimentu prebiehala od tretieho do šiesteho týždňa semestra.

Neriadená časť experimentu prebiehala od tretieho do jedenásteho týždňa semestra popri individuálnej práci so systémom ALEF, kedy mali študenti možnosť prostredníctvom integrácie s kolaboratívnou platformou PopCorm požiadať o pridelovanie nových úloh. V prípade, že im bola nová úloha pridelená, boli presmerovaní do kolaboratívnej platformy a po jej vyriešení mali opäť možnosť pokračovať vo svojom individuálnom štúdiu.

### **Hypotéza**

Ako hypotézu v dlhodobom experimente sme vyslovili tvrdenie, že skupiny vytvorené nami navrhnutou metódou dokážu dosahovať vyššie ohodnotenie kvality spolupráce a jej výsledku ako kontrolné skupiny. Kontrolné skupiny sme vytvárali s použitím referenčnej metódy.

### **Definícia referenčnej metódy**

Ako referenčnú metódu sme si zvolili vytvorenie zhlučkov študentov pomocou metódy zhlučovania k-means. Táto metóda je dostatočne overená a jej vlastnosti sú dostatočne známe na to, aby mohla byť použitá ako referenčná metóda a aby sme dokázali vyhodnotiť porovnanie výsledkov dosiahnutých týmito metódami. Vstupom do metódy nebolo na rozdiel od prístupu GT binárne priradenie charakteristík študentom, ale celé číslo reprezentujúce silu priradenia týchto charakteristík používateľom (počet výskytov aktivít, ktoré prispievajú k týmto charakteristikám).

Ako počet zhlučkov, ktorý je nutným vstupom pre metódu k-means sme použili rovnakú hodnotu, ako je počet zhlučkov, ktorý bol identifikovaný nami navrhnutou metódou. Výstupom z referenčnej

metódy k-means boli zhľuky používateľov, ktoré sme následne použili rovnakým spôsobom (kapitola 5.2.7) ako zhľuky identifikované v navrhnujetej metóde.

### 7.3.2 Vyhodnotenie experimentu

Na začiatku experimentu sme o študentoch nemali žiadne informácie o ich kolaboratívnych charakteristikách. Problém studeného štartu sme vyriešili náhodným vytváraním skupín a podľa očakávaní sme už po druhej iterácii (po vytvorení dvoch skupín pre daného študenta) mali dostatok zaznamenaných aktivít, aby sme na ich základe mohli odvodiť študentove kolaboratívne charakteristiky. Následne sme počas troch týždňov aplikovali ako navrhnutú, tak aj referenčnú metódu. Prehľadová štatistika druhej fázy experimentu je uvedená v tabuľke 7-2.

Tabuľka 7-2. Štatistika druhej fázy experimentu.

	<i>Hodnota</i>	<i>Poznámka</i>
Počet študentov	110	Počet študentov, ktorí boli zaradení aspoň do jednej skupiny
Počet skupín	254	Počet úspešne ukončených skupín, v prípade ďalších 35 skupín sa študentom nepodarilo začať spoluprácu
Počet úloh	69	Počet rôznych úloh, ktoré mohli študenti riešiť
Priemerné hodnotenie skupiny	0,41	Štandardná odchýlka 0,13
Priemerné trvanie riešenia úlohy	11 minút	Trvanie riešenia však dosahovalo štandardnú odchýlku až 11 minút
Počet zaznamenaných aktivít	3763	Každá aktivita zodpovedá jednej odoslanej správe v semištruktúrovanej diskusii
Počet odoslání spätnej väzby	383	Študenti v spätnej väzbe subjektívne hodnotili priebeh spolupráce
Priemerné hodnotenie spolupráce	3,55	Na 5-bodovej škále

V tabuľke 7-3 sa nachádza porovnanie výsledkov získaných pre skupiny vytvorené navrhnutou metódou, referenčnou metódou a náhodne.

Tabuľka 7-3. Porovnanie výsledkov pre jednotlivé typy skupín.

<i>Skupiny vytvorené</i>	<i>Počet</i>	<i>Hodnotenie</i>		<i>Spätná väzba</i>	
		<i>Priemer</i>	<i>Štandardná odchýlka</i>	<i>Počet</i>	<i>Priemer</i>
Navrhnutou metódou	71	0,456	0,12	110	4,03
Referenčnou metódou	62	0,392	0,11	91	3,55
Náhodne	121	0,410	0,13	182	3,27

Skupiny vytvorené navrhnutou metódou dosahovali v priemere najvyššie hodnotenie. Skupiny vytvorené referenčnou metódou získali naopak najnižšie hodnotenie. Na základe týchto hodnôt môžeme odvodiť zistenie, že použitie metódy pre vytváranie skupín môže priniesť pozitívne výsledky v porovnaní s náhodným vytváraním skupín. Záleží však aký prístup použijeme, pretože v prípade niektorých štandardných metód (ako je napr. k-means) môžu skupiny dosahovať rovnaké



alebo dokonca horšie výsledky. Tento výsledok vieme odôvodniť tým, že referenčná metóda vytvárala striktné homogénne skupiny v porovnaní s ostatnými dvoma prístupmi.

Aby sme overili nakoľko významné sú rozdiely medzi získanými hodnoteniami jednotlivých typov skupín, použili sme štatistickú metódu ANOVA. Ako výsledok metódy ANOVA sme získali hodnotu  $P = 0,00819$ . Tento výsledok môžeme interpretovať ako pravdepodobnosť rovnú 8,19%, že rozdiely medzi hodnoteniami skupín nie sú dôsledkom použitia rôznych metód a sú teda náhodné. Na základe tejto pravdepodobnosti môžeme prehlásiť porovnanie metód a odvodené zistenia za vysoko významné<sup>3</sup>.

V ďalšom kroku sme vyhodnotili explicitnú spätnú väzbu získanú od študentov, v ktorej mali možnosť subjektívne ohodnotiť priebeh spolupráce. Získanú spätnú väzbu môžeme považovať ako významnú, keďže po ukončení riešenia ju poskytli študenti v takmer 70 percentách prípadov. Najvyššiu priemernú spätnú väzbu poskytovali študenti skupín vytvorených navrhnutou metódou. Predpokladáme, že výrazne vyššiu hodnotu v porovnaní s ostatnými skupinami spôsobilo kombinovanie študentov takým spôsobom, že ich charakteristiky sa navzájom dopĺňali a preto mali subjektívne lepší dojem z priebehu spolupráce.

Vzhľadom na to, že skupiny vytvorené nami navrhnutou metódou dosahovali s vysokou významnosťou najvyššie hodnotenie a najvyššiu spätnú väzbu, považujeme hypotézu za splnenú.

### 7.3.3 Štúdia kolaboratívneho vzdelávania

Počas druhej etapy experimentu sme okrem porovnania hodnotení skupín vytvorených podľa jednotlivých metód získali veľké množstvo údajov aj o ďalších doménových entitách: používateľoch, skupinách, úlohách a charakteristikách. S využitím získaných údajov sme vypracovali štúdiu kolaboratívneho vzdelávania, z ktorej v nasledujúcom prehľade uvádzame len niekoľko najzaujímavejších výsledkov. Kompletné výsledky štúdie kolaboratívneho vzdelávania sú dostupné formou prehľadov, ktoré sú priamo súčasťou kolaboratívnej platformy PopCorm.

#### Používatelia

Študenti dosahovali priemerné hodnotenie na skupinu 0,39 (štandardná odchýlka 0,1). Pre každého študenta sme vypočítali celkové hodnotenie ako súčet parciálnych hodnotení za všetky skupiny, v ktorých bol zaradený. Celkové hodnotenie v priemere dosahovalo hodnotu 2,27 (štandardná odchýlka 2,02). Štandardná odchýlka pre celkové hodnotenie je výrazne vyššia v porovnaní s priemerným hodnotením, čo zodpovedá rôznemu počtu vyriešených úloh jednotlivými študentmi.

Analyzovali sme aj koreláciu medzi váženým študijným priemerom (VŠP) a dosahovaným hodnotením študentov. Priemerné hodnotenie a VŠP korelovalo mierne negatívne (-0,25), naopak, celkové hodnotenie korelovalo s VŠP mierne pozitívne (0,24). To znamená, že lepší študenti (s nižším VŠP) vyriešili síce menej úloh, ale dosahovali v nich lepšie výsledky v porovnaní s ostatnými študentmi. Študenti s vyšším VŠP dosahovali vyššie celkové hodnotenie vplyvom, že vyriešili väčší počet úloh aj keď s nižšou kvalitou. Tento výsledok môžeme odôvodniť vplyvom motivácie, ktorou bolo získanie bonusových bodov pre študentov, ktorí sa aktívne zapojili do realizácie experimentu a dosiahli v ňom najlepšie výsledky. Aj napriek tomuto nežiaducemu vplyvu je dôležité zistenie, že lepší študenti dosahovali pri riešení úloh lepšie výsledky.

#### Skupiny

Počas experimentu bolo vytvorených 208 skupín skladajúcich sa z dvoch členov a 46 skupín skladajúcich sa z troch členov. Trojice dosahovali vyššie priemerné hodnotenie (0,442) v porovnaní

---

<sup>3</sup> V štatistike sa všeobecne za významné považujú výsledky s hodnotou  $P$  menšou ako 5%

s dvojicami (0,408). Vyššie hodnotenie spôsobila predovšetkým intenzívnejšia spolupráca ovplyvňujúca dimenzie ako argumentovanie a dosahovanie konsenzu alebo manažment úloh a časového plánovania.

V rámci skupín sme vyhodnotili do akej miery koreluje manuálne hodnotenie pedagóga so siedmimi automaticky vypočítavanými dimenziami. Relatívne najviac koreluje plynulosť spolupráce (0,35), udržovanie vzájomného porozumenia (0,18), argumentovanie a dosahovanie konsenzu (0,18) a rovnomernosť rozdelenia úloh (0,16). Na základe týchto poznatkov môžeme vyvodit' niekoľko záverov. Úspešnejšie boli tie skupiny, v ktorých si študenti dokázali rozdeliť zadanú úlohu na niekoľko menších častí a následne ich vypracovali približne s rovnomerným podielom a aj rovnomerne v čase. Navyše ku kvalite dosahovaného výsledku prispieva snaha vytvárať obsah tak, aby bol zrozumiteľný pre všetkých členov skupiny a kritické hodnotenie vytváraného výsledku. Predovšetkým vplyv dimenzie argumentovania a dosahovania konsenzu hodnotíme veľmi pozitívne, pretože študenti sa počas riešenia úloh snažili vyjadrovať svoj súhlas, príp. nesúhlas s navrhovanými vylepšeniami riešenia. Tento záver je v kontraste s výsledkom niektorých podobných výskumov, v ktorých mali študenti tendenciu sa vyhýbať kritickému hodnoteniu.

### **Úlohy**

Priemerné hodnotenie skupín na úlohu dosahovalo hodnotu 0,4 s relatívne nízkou štandardnou odchýlkou 0,08. Na základe nízkej štandardnej odchýlky vieme odvodiť zistenie, že úlohy boli približne rovnomerne náročné. Zároveň sme zistili, že v priemere trvalo vyriešenie každej úlohy 11 minút, pričom priemerná štandardná odchýlka na úlohu dosahovala až 8 minút.

Počas experimentu sme sa snažili úlohy deliť do troch kategórií podľa odhadovanej doby trvania. Vzhľadom na výraznú štandardnú odchýlku doby trvania pre jednotlivé kategórie však takéto delenie nemalo pre náš experiment praktický význam. Zistili sme, že výrazný vplyv na trvanie riešenia úloh malo samotné zloženie skupiny. Toto tvrdenie podporuje aj spätná väzba vo forme emailovej správy od jednej zo študentiek, ktorá sa aktívne zapojila do experimentu: „Bola som v jednej skupine skladajúcej sa z troch ľudí, kde sme 5 minútovú úlohu riešili asi 45 minút, a v ďalších dvoch išli podobné úlohy omnoho rýchlejšie.“ Okrem toho na trvanie riešenia úloh mali vplyv aj ďalšie okolnosti, napr. študenti sa na začiatku experimentu zoznamovali s novým kolaboratívnym prostredím, s ktorým sa nemali možnosť vo svojom predchádzajúcom vzdelávaní stretnúť. V ďalšej práci preto navrhujeme kategorizovať úlohy predovšetkým na základe odhadovaného rozsahu riešenia a odhadovaný čas riešenia použiť len ako doplnkovú informáciu.

### **Charakteristiky**

V rámci charakteristík a aktivít, ktoré k nim prispievajú sme sa najprv zamerali na zistenie, ako veľmi súvisia jednotlivé aktivity s kvalitou dosahovaného výsledku. S manuálnym hodnotením pedagóga relatívne najviac korelovalo napísanie pochvaly (0,28), navrhnutie akcie (0,23) a upozornenie na chybu (0,20). Zamerali sme sa tiež na počet študentov, ktorí využívali jednotlivé typy aktivít. Najviac študentov využívalo akceptovanie akcie (55), napísanie pochvaly (47) a navrhnutie akcie (40). Z týchto hodnôt môžeme odvodiť zaujímavý záver. K pozitívnemu výsledku spolupráce študentov prispievala ich samoregulácia. Bez potreby explicitnej kontroly pedagóga boli študenti schopní samostatne riadiť svoju spoluprácu, upozorňovať na prípadné nedostatky vo vypracovaní úloh a vylepšovať tak svoje riešenie. Kladne hodnotíme aj zistenie, že študenti sa dokázali vzájomne motivovať napísaním pochvaly za dobre vypracovaný príspevok do riešenia zadanej úlohy.

## 7.4 Diskusia

V oboch fázach experimentu sme získali pozitívne výsledky a podarilo sa overiť splnenie stanovených hypotéz. Celkovo považujeme dosiahnuté výsledky za veľmi pozitívne aj so zohľadnením spätnej väzby od študentov. S participantmi experimentu sme si vymenili celkovo 47 emailových správ, v ktorých výrazne prevažovala pozitívna spätná väzba a nápady na vylepšenie podpory spolupráce. Študenti v správach kladne hodnotili posun od individuálneho vzdelávania ku kolaboratívne (,,Dost' ma to tu baví. Klobúk dole.“). Tiež počas experimentu prejavili aktívny záujem o návrh a fungovanie metódy, ktorá ovplyvňovala ich rozdeľovanie do skupín („Chcela by som sa spýtať, čo je cieľom PopCormu?“). V neposlednom rade sme získali hodnotné pripomienky k používaniu kolaboratívnej platformy, a to predovšetkým k implementácii kolaboratívnych nástrojov. Časť z týchto nápadov sme už v priebehu experimentu zapracovali.

Na druhej strane sme si vedomí aj niekoľkých aspektov, v ktorých by bolo vhodné priebeh experimentu vylepšiť. V prostredí, v ktorom sme vykonávali experiment bolo potrebné študentov explicitne motivovať, aby sa zapájali do riešenia úloh, keďže táto forma nie je v súčasnom vzdelávaní na našej univerzite bežná. Ideálnym stavom by bolo, keby sa kolaboratívne riešenie úloh stalo súčasťou pravidelnej prípravy študentov na vzdelávací proces. Tiež by bolo vhodné, aby študenti nevedeli, že existuje hodnotenie, ktoré závisí od ich spolupráce. V našom experimente to však nebolo možné, pretože hodnotenie sme použili ako jeden z motivačných prvkov pre riešenie kolaboratívnych úloh. Informovanie študentov o získanom hodnotení mohlo mať v konečnom dôsledku nežiaduci vplyv na ich kolaboratívne správanie. Na druhej strane nemali počas experimentu k dispozícii dostatok priestoru na to, aby určili komplikovanú závislosť medzi správaním počas používania kolaboratívnych nástrojov a jeho vplyvom na získané hodnotenie.



## 8 Zhodnotenie

---

Jedným z výsledkov narastajúceho počtu používateľov v priestore súčasného webu je problém efektívnej spolupráce. Vytváranie skupín predstavuje významnú etapu, ktorej výsledok následne intenzívne ovplyvňuje ďalší priebeh spolupráce a kvalitu dosahovaného výsledku. Tento vplyv je obzvlášť výrazný v doméne kolaboratívneho vzdelávania.

V tejto práci sme navrhli metódu pre vytváranie krátkodobých dynamických skupín, ktorá vychádza z prístupu Group Technology inšpirovaného optimalizáciou v doméne industriálnej výroby. Navrhnutá metóda dokáže použiť ľubovoľné osobné alebo kolaboratívne charakteristiky ako základ pre proces vytvárania skupín.

Metódu sme overovali v doméne kolaboratívneho vzdelávania, a to konkrétne v oblasti výučby informatiky a informačných technológií. Metóda však nie je žiadnym spôsobom obmedzená na túto doménu a je možné ju jednoduchým spôsobom preniesť do ľubovoľnej oblasti, kde je potrebné vytváranie efektívne pracujúcich krátkodobých skupín (napr. kolaboratívne programovanie).

V práci sme tiež zrealizovali kolaboratívnu platformu nazvanú PopCorm, ktorá počas experimentov poskytovala kolaboratívne prostredie pre spoluprácu v skupinách vytvorených navrhnutou metódou. Návrh a implementácia platformy bola vykonaná s cieľom umožniť študentom efektívne riešenie úloh. S využitím kolaboratívnej platformy sme overili navrhnutú metódu v dvoch experimentoch, v ktorých sme postupne overili predpoklady metódy a následne sme porovnali výsledky skupín vytvorených navrhnutou a referenčnou metódou. V oboch experimentoch sa podarilo overiť správnosť stanovených hypotéz.

Hlavným prínosom práce je návrh samotnej metódy pre vytváranie rozličných typov skupín, ktorá na rozdiel od ostatných metód vychádzajúcich z prístupu GT uvažuje ich iteratívne vytváranie. To nám dovoľí začínať proces vytvárania skupín v stave, keď nemáme žiadne informácie ani o charakteristikách študentov, ani o tom, akým spôsobom je efektívne ich spájať. Ako sme ukázali počas experimentu, navrhnutá metóda dokázala na základe analýzy kolaboratívneho vzdelávania automaticky určiť kolaboratívne charakteristiky študentov a vyhodnotiť, ktoré kombinácie týchto charakteristík majú pozitívny vplyv ako na spoluprácu, tak aj na samotný výsledok riešenia úlohy.

Navyše navrhnutá metóda dokáže zohľadniť ľubovoľné charakteristiky študentov, ktoré vieme získať alebo odvodiť zo širokého spektra dostupných zdrojov. To znamená, že žiadnym spôsobom nie sme limitovaní na jeden zdroj vstupných dát (napr. dotazník) ako v niektorých existujúcich metódach. Práve naopak, môžeme použiť všetky dostupné informácie o študentoch zoskupené do kategórii navzájom súvisiacich charakteristík a ktoré môžeme následne kombinovať ľubovoľným spôsobom v závislosti od požiadaviek v konkrétnej doménovej oblasti.

Za dôležitý prínos práce nepokladáme len návrh samotnej metódy, ale aj jej aplikovanie v konkrétnej oblasti, ktoré sa stalo základom pre implementáciu kolaboratívnej platformy PopCorm. Kolaboratívna platforma predstavuje solídny základ pre realizáciu ďalších experimentov a tiež pre jej ďalšie rozširovanie a vylepšovanie. Jej návrh a implementácia bola zrealizovaná spôsobom, ktorý umožňuje jednoduché a flexibilné rozširovanie (napr. doplnenie nových kolaboratívnych nástrojov). Z dôvodu potreby overenia navrhutej metódy sme museli zabrániť študentom vo vytváraní vlastných skupín. V ďalšom kroku však môže platforma študentom slúžiť ako kolaboratívne prostredie, kde si budú môcť vytvárať vlastné úlohy a bez obmedzenia sa zapájať do ich riešenia. Aj existujúca funkcionálnosť kolaboratívnej platformy predstavuje priestor pre ďalšiu prácu. Počas experimentu sme zistili, že použitý grafický editor je veľmi komplikovaný a nepraktický pre znázorňovanie UML diagramov. Vzhľadom na absenciu iných voľne dostupných UML nástrojov bude potrebné nahradiť tento nástroj a integrovať do platformy inú vhodnú

alternatívu. Ďalej pre uľahčenie práce s platformou bude možné doplniť funkcionality, ktorá bude naprieč celou platformou farebne vyznačovať autorstvo jednotlivých členov skupín. Momentálne je táto funkcionality dostupná len v textovom editore, no vhodné by ju bolo doplniť konzistentným spôsobom do všetkých ostatných nástrojov vrátane semištruktúrovanej diskusie.

Počas realizácie experimentu sme identifikovali príležitosti pre ďalší výskum aj v súvislosti s navrhnutou metódou. V našej práci sme sa detailne nezaoberali priradovaním úloh vytvoreným skupinám. Tu vzniká veľký priestor pre ďalšie vylepšenia, keďže každá skupina má svoje charakteristiky a prispôsobenie výberu so zohľadnením atribútov úlohy a vytvorenej skupiny (napr. obmedzenie na počet členov alebo preferovanie úloh, ktoré ešte žiaden z členov skupiny neriešil) predstavuje významný potenciál. Pri výbere úloh môžeme uvažovať aj ďalšie informácie, ktoré máme k dispozícii, ako napríklad znalosť relevantných doménových pojmov, ktoré sú potrebné pre vyriešenie danej úlohy.

Jedným z nepriamych výsledkov je aj veľké množstvo dát o spolupráci študentov, ktoré predstavuje priestor pre ďalšiu analýzu nielen z pohľadu podpory kolaboratívneho vzdelávania v doméne CSCL, ale tiež z pohľadu psychologických štúdií.

## Literatúra

---

1. Aiken, R. M., Bessagnet, M., Israel, J.: Interaction and Collaboration Using an Intelligent Collaborative Learning Environment. *Education and Information Technologies 10*, 1-2 (January 2005), 2005, 67-82.
2. Baker, M., Lund, K.: Flexibly structuring the interaction in a CSCL environment. Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence in Education (EuroAIED '96), 1996, 401-407.
3. Barla, M., Bieliková, M.: Sociálna sieť ako podpora vytvárania pracovných tímov. In: Chlapek, D. (ed.) *Datakon 2009*. VŠE Praha, 153-159.
4. Bieliková, M., Šimko, M., Barla, M.: Personalized Web-Based Learning 2.0 . In Proc. of 8th Int. Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, The High Tatras, Slovakia, 2010, pp. 5 - 10.
5. Blas, L. E., Sanz, S., García, E.G., Figueras, A., Bellido, Á. P., Fernández, S.: Team formation based on group technology: A hybrid grouping genetic algorithm approach. *Comput. Oper. Res.* 38, 2 (February 2011), 484-495, 2011.
6. Burkhardt, J., Détienne, F., Hébert, A., Perron, L., safin, S., Leclercq, P.: An approach to assess the quality of collaboration in technology-mediated design situations. In European Conference on Cognitive Ergonomics: Designing beyond the Product --- Understanding Activity and User Experience in Ubiquitous Environments (ECCE '09), Leena Norros, Hanna Koskinen, Leena Salo, and Paula Savioja (Eds.). VTT Technical Research Centre of Finland, VTT, Finland, Article 30, 2009.
7. Carell, A., Schaller, I.: Scenario-based orchestration of Web 2.0 applications in university teaching and learning processes: a case study. *Int. J. Web Based Communities 5*, 4 (September 2009), 2009, 501-514.
8. Cocea, M., Magoulas, G. D.: Group formation for collaboration in exploratory learning using group technology techniques. In *Proc. of the 14th int. conf. on Knowledge-based and intelligent information and engineering systems: Part II (KES'10)*, Rossitza Setchi, Ivan Jordanov, Robert J. Howlett, and Lakhmi C. Jain (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010, 103-113.
9. Collazos, C. A., Guerrero, L. A., Pino, J. A., Renzi, S., Klobas, J., Ortega, M., Redondo, M. A., & Bravo, C.: Evaluating Collaborative Learning Processes using System-based Measurement. *Educational Technology & Society*, 10 (3), 2007, 257-274.
10. Daradoumis, T., Guitert, M., Giménez, F., Marquès, J. M., Lloret, T.: Supporting the Composition of Effective Virtual Groups for Collaborative Learning. In *Proc. of the Int. Conf. on Computers in Education (ICCE '02)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2002, 332-336.
11. Daradoumis, T., Marquès, J.M., Guitert, M., Giménez, F.,vSegret, R.: Enabling Novel Methodologies to Promote Virtual Collaborative Study and Learning in Distance Education. In: *Proc. of the 20th World Conf. on Open Learning and Distance Education (The Future of Learning - Learning for the Future: Shaping the Transition)*. Düsseldorf, Germany, 2001.
12. Deibel, K.: Team formation methods for increasing interaction during in-class group work. In *Proc. of the 10th annual SIGCSE conf. on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '05)*. ACM, New York, NY, USA, 2005, 291-295.

13. Dillenbourg, P.: What do you mean by collaborative learning?. In: Dillenbourg P. (eds): *Collaborative learning: Cognitive and Computational Approaches*. Oxford: Elsevier, 1999, 1-19.
14. Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., O'Malley, C.: The evolution of research on collaborative learning. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), *Learning in humans and machines: Towards an interdisciplinary learning science*. Oxford, UK: Elsevier, 1996, 189-211.
15. Dillenbourg, P.: *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches*. Amsterdam, NL: Pergamon, Elsevier Science, 1999.
16. Dillenbourg, P., Fischer, F.: Basics of computer-supported collaborative learning. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 21, 2007, 111-130.
17. Downes, S.: E-learning 2.0. *eLearn 2005*, 10 (October 2005), 2005.
18. Gogoulou, A., Goulie, E., Boss, G., Liakou, E., Grigoriadou, M.: Forming homogeneous, heterogeneous and mixed groups of learners. In *Proc. of Workshop on Personalisation in E-Learning Environments at Individual and Group Level*, 11th Int. Conf. on User Modeling, 2007, 33-40.
19. Hinze, U., Bischoff, M. & Blakowski, G.: Jigsaw Method in the Context of CSCL. In *Proc. of World Conf. on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, 2002, 789-794.
20. Hórreo, V.S, Carro, R. N.: Studying the impact of personality and group formation on learner performance. In *Proc. of the 13th int. conf. on Groupware: design implementation, and use (CRIWG'07)*, Jörg M. Haake, Sergio F. Ochoa, and Alejandra Cechich (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007, 287-294.
21. Janssen, J., Erkens, G., Kirschner, P. A., Kanselaar, G.: Influence of group member familiarity on online collaborative learning. *Comput. Hum. Behav.* 25, 1 (January 2009), 2009, 161-170.
22. Jeong, H., Gupta, A., Roscoe, R., Wagster, J., Biswas, G., Schwartz, D.: Using Hidden Markov Models to Characterize Student Behaviors in Learning-by-Teaching Environments. In *Proc. of the 9th int. conf. on Intelligent Tutoring Systems (ITS '08)*, Beverley P. Woolf, Esma Aimeur, Roger Nkambou, and Susanne Lajoie (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008, 614-625.
23. Jermann, P., Schneider, D.: Semi-structured interface in collaborative problem solving. *Proceedings of the First Swiss Workshop on Distributed and Parallel Systems*, Lausanne, Switzerland, 1997.
24. Kock, M., Paramythi, A.: Towards Adaptive Learning Support on the Basis of Behavioural Patterns in Learning Activity Sequences. In *Proc. of the 2010 Int. Conf. on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCOS '10)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2010, 100-107.
25. Koschmann, T.: Paradigm shifts and instructional technology. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1996, 1-23.
26. Kumar, C.S., Chandrasekharan, M.P.: Grouping efficacy: a quantitative criterion for goodness of block diagonal forms of binary matrices. In *Group technology*. International Journal of Production Research, 28 (2), 1990, 233-243.
27. Largent, D.L., Lürer, C.: "You mean we have to work together?!": a study of the formation and interaction of programming teams in a college course setting. In *Proc. of the Sixth int.*



- workshop on Computing education research (ICER '10)*. ACM, New York, NY, USA, 2010, 41-50.
28. Lim, J., Liu, Y.: The role of cultural diversity and leadership in computer-supported collaborative learning: a content analysis. *Inf. Softw. Technol.* 48, 3 (March 2006), 2006, 142-153.
  29. Lin, Y., Huang, Y., Cheng, S.: An automatic group composition system for composing collaborative learning groups using enhanced particle swarm optimization. *Comput. Educ.* 55, 4 (December 2010), 2010,1483-1493.
  30. Lipponen, L.: Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. In *Proc. of the Conf. on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community (CSCL '02)*, Gerry Stahl (Ed.). Int. Society of the Learning Sciences, 2002, 72-81.
  31. Ludvigsen, S., and Mørch, A.: Computer-supported collaborative learning: Basic concepts, multiple perspectives, and emerging trends. In *The Int. Encyclopedia of Education*, 3rd Edition, edited by B. McGaw, P. Peterson and E. Baker, Elsevier (in press), 2009.
  32. Martin, E., Paredes, P.: Using learning styles for dynamic group formation in adaptive collaborative hypermedia systems. In *Proc. of the First Int. Workshop on Adaptive Hypermedia and Collaborative Web-based Systems (AHCW 2004)*, 2004, 188-198.
  33. Matessa, M., Anderson, J.: Towards an ACT-R model of communication in problem solving. Proceedings of the 1999 AAI Fall Symposium: Psychological Models of Communication in Collaborative Systems, Cape Cod, MA, 1999, 67-72.
  34. McManus, M., Aiken, R.: Monitoring computer-based problem solving. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 6(4), 1995, 307-336.
  35. O'Reilly, T.: What is Web 2.0 – design patterns and business models for the next generation of software, <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html> (accessed 6 January 2011).
  36. Ounnas, A., Davis, H., Millard, D.: A Framework for Semantic Group Formation. In *Proc. of the 2008 Eighth IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT '08)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2008, 34-38.
  37. Perera, D., Kay, J., Koprinska, I., Yacef, k.,R. Zaïane, O.: Clustering and Sequential Pattern Mining of Online Collaborative Learning Data. *IEEE Trans. on Knowl. and Data Eng.* 21, 6 (June 2009), 2009, 759-772.
  38. Pollalis, Y. A., Mavrommatis, G.: Using similarity measures for collaborating groups formation: A model for distance learning environments, *European Journal of Operational Research*, Elsevier, vol. 193(2) (March 2009), 2009, 626-636.
  39. Rollett, H., Lux, M., Strohmaier, M., Dosinger, G., Tochtermann, K.: The Web 2.0 way of learning with technologies. *Int. J. Learn. Technol.* 3, 1 (February 2007), 2007, 87-107.
  40. Rubens, N., Vilenius, M., Okamoto, T.: Automatic Group Formation for Informal Collaborative Learning. In *Proc. of the 2009 IEEE/WIC/ACM Int. Joint Conf. on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 03 (WI-IAT '09)*, Vol. 3. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2009, 231-234.
  41. Safran, C., Helic, D., Gütl., Ch.: E-Learning practices and web 2.0. In *Proc. of the Int. Conf. Interactive Computer Aided Learning*, Villach, Austria, 2007

42. Selim, H.M., Askin, R. G., Vakharia, A. J.: Cell formation in group technology: review, evaluation and directions for future research. *Comput. Ind. Eng.* 34, 1 (January 1998), 1998, 3-20.
43. Soh, L., Khandaker, N., Liu, X., Jiang, H.: A computer-supported cooperative learning system with multiagent intelligence. In *Proc. of the fifth int. joint conf. on Autonomous agents and multiagent systems (AAMAS '06)*. ACM, New York, NY, USA, 2006, 1556-1563.
44. Soller, A.L.: Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 12, 2001, 40-62.
45. Spada, H., Meier, A., Rummel, N., Hauser, S.: A new method to assess the quality of collaborative process in CSCL. In *Proceedings of the 2005 conference on Computer support for collaborative learning: learning 2005: the next 10 years! (CSCL '05)*. International Society of the Learning Sciences, 2005, 622-631.
46. Srba, I., Bieliková, M.: Tracing Strength of Relationships in Social Networks. In *Proceedings of the 2010 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 03 (WI-IAT '10)*, Vol. 3. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2010, 13-16.
47. Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D.: Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2006, 409-426.
48. Šimko, M., Barla, M., Bieliková, M.: ALEF: A Framework for Adaptive Web-based Learning 2.0. In *Key Competences in the Knowledge Society 2010, IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Vol. 324. Springer, 2010, pp. 367–378.
49. Tuckman, B. W. Developmental sequence in small groups. *Psychological Bulletin*, 63, 6 (1965), 384-399.
50. Tuckman, B. W. and Jensen, M. A. C. Stages of Small-Group Development Revisited. *Group & Organization Studies*, 2, 4 (1977), 419-427.
51. Tvarožek, J. Bootstrapping a Socially Intelligent Tutoring Strategy. *Information Sciences and Technologies Bulletin of the ACM Slovakia*, Vol. 3, No. 1 (2011) 33-41
52. Wang, S., Lin, S. S. J.: The effects of group composition of self-efficacy and collective efficacy on computer-supported collaborative learning. *Computer Human Behavior* 23, 5 (September 2007), 2007, 2256-2268.
53. Wessner, M., Pfister, H.: Group formation in computer-supported collaborative learning. In *Proc. of the 2001 Int. ACM SIGGROUP Conf. on Supporting Group Work (GROUP '01)*, Clarence (Skip) Ellis and Ilze Zigurs (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 2001, 24-31.

## Použité skratky

---

API	<i>Application Programming Interface</i> API je verejné rozhranie, ktoré poskytuje aplikácia pre komunikáciu s ostatnými časťami systému, príp. s integrovanými systémami.
CSCL	<i>Computer Supported Collaborative Learning</i> CSCL je prístup k distribuovanému, ale aj lokalizovanému vzdelávaniu, ktoré je realizované s využitím informačných a komunikačných technológií.
DMM	<i>Discrete Markov Model</i> DMM je skratka pre diskkrétne markovovské modely, ktoré sú jedným z prístupov strojového učenia. DMM riešia problém hľadanie množiny stavov a vzťahov medzi nimi na základe vygenerovaných pozorovaní.
GCM	<i>Group Compatibility Matrix</i> GCM je označenie pre koincidenčnú maticu, ktorá je výstupom z metódy vytvárania skupín. GCM matica identifikuje zhluky používateľov a charakteristík.
HMM	<i>Hidden Markov Model</i> HMM je skratka pre skryté markovovské modely, ktoré sú rozšírením prístupu DMM. HMM riešia problém identifikácie postupnosti skrytých stavov na základe reťazca pozorovaní, ktoré sú s určitou pravdepodobnosťou z týchto stavov vygenerované.
IM	<i>Instant Messaging</i> IM predstavuje taký typ sociálneho softvéru, ktorý umožňuje výmenu krátkych textových správ v reálnom čase.
MODROC	<i>Modified Rank Order Clustering</i> MODROC je jedna z metód zhlukovania v poli. Usporiadáva stĺpce a riadky poľa na základe pridelených binárnych váh.
VŠP	<i>Vážený Študijný Priemer</i> VŠP je označenie pre vážený študijný priemer, ktorý určuje úroveň dosahovaných výsledkov študenta počas štúdia na vysokej škole. Vychádza z hodnotenia získaného za každý absolvovaný predmet a z jeho váhy určenej prostredníctvom počtu pridelených kreditov.



## Príloha A Technická dokumentácia

### A.1 Požiadavky a špecifikácia riešenia

#### A.1.1 Identifikácia rolí používateľov

V prvom kroku špecifikácie identifikujeme role používateľov, ktoré môžu vystupovať v kolaboratívnej platforme PopCorm.

##### Bežný používateľ (študent)

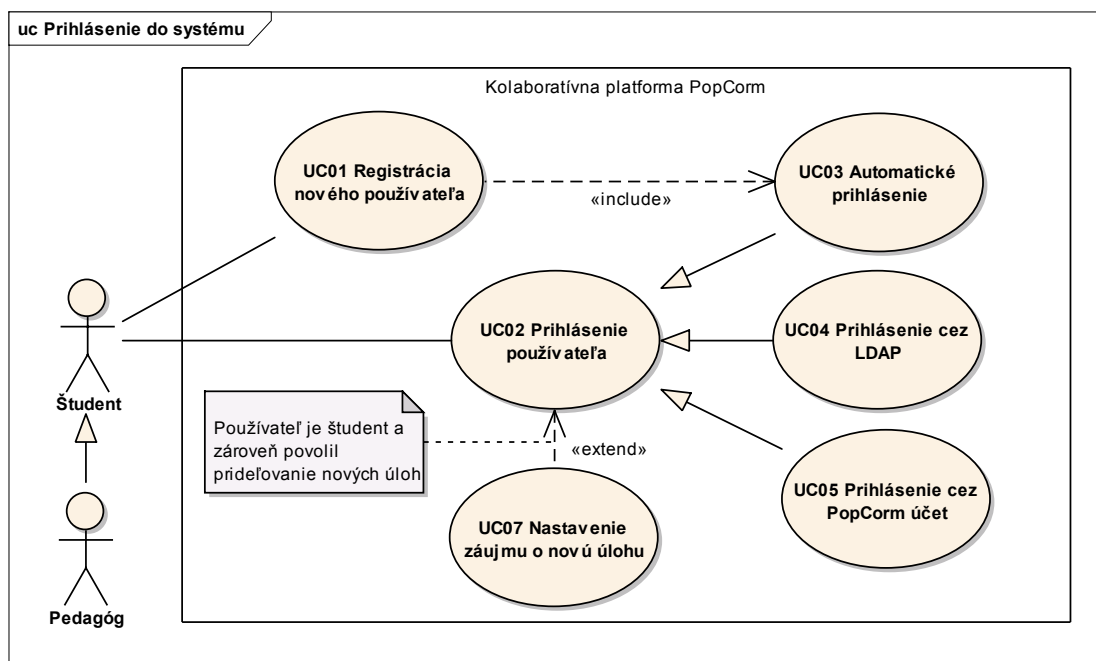
Prvou rolou je bežný používateľ, ktorý je našou primárnou cieľovou skupinou. V doméne vzdelávania je to študent. Bežný používateľ má právo po prihlásení do systému vyjadriť svoj záujem o pridelenie novej úlohy a následne pracovať na riešení pridelených úloh. Po ukončení riešenia úlohy má právo na zobrazenie jej výsledku v statickej podobe, v ktorej ho nemôže ďalej editovať.

##### Administrátor (pedagóg)

Rolu administrátora v doméne vzdelávania zastupuje pedagóg. Jeho oprávnenia rozširujú práva bežného používateľa a navyše zahŕňajú administráciu doménových entít, sledovanie štatistík a možnosť hodnotiť výsledky práce používateľov v skupinách.

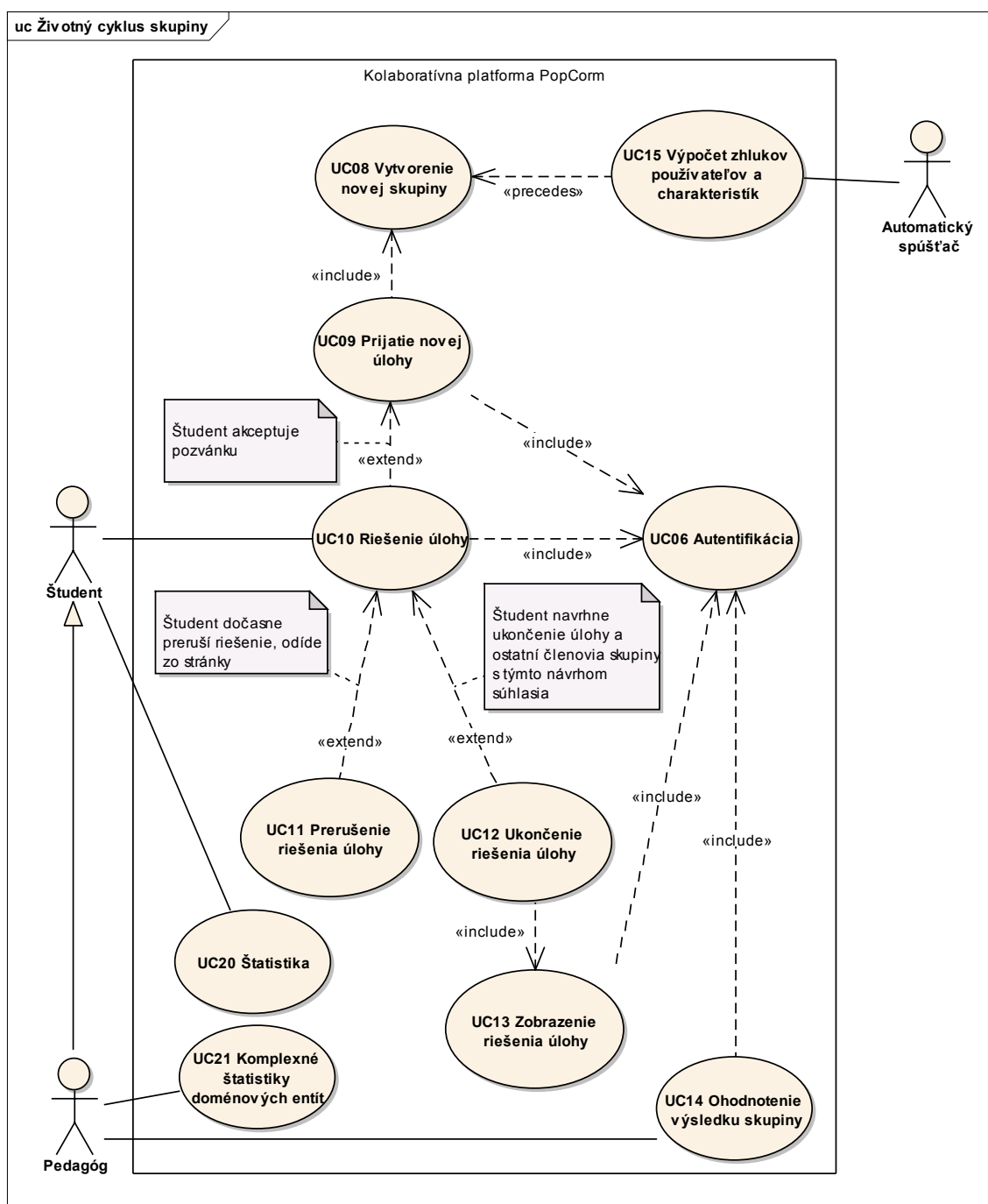
#### A.1.2 Identifikácia prípadov použitia

Prihlásenie do systému môže prebiehať niekoľkými spôsobmi (obr. A-1). Používateľ (študent alebo pedagóg) sa môže prihlásiť prostredníctvom LDAP protokolu (UC04). V prípade, že používateľ nevlastní LDAP účet, môže sa manuálne zaregistrovať (UC01) a vytvoriť si samostatný PopCorm účet. Po prihlásení sa automaticky uloží identifikátor používateľa pre automatické prihlásenie (UC03) pri nasledujúcom použití aplikácie. Súčasťou prihlásenia je aj automatické nastavenie záujmu o pridelenie novej úlohy (UC07), a to v prípade, že používateľ je študent a zároveň vyjadril svoj záujem o pridelovanie nových úloh.



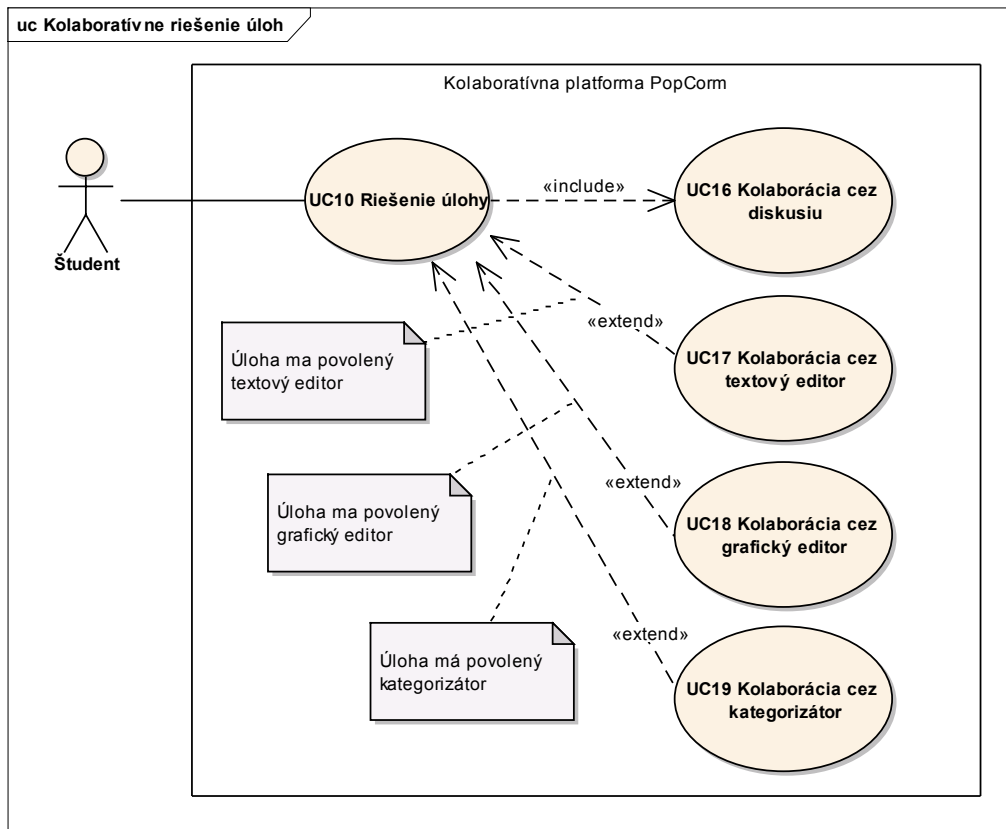
Obrázok A-1. Diagram prípadov použitia pre prihlásenie do systému.

Druhý diagram prípadov použitia (obr. A-2) zachytáva funkcionality spojenú so životným cyklom skupiny od jej vytvorenia až po vyhodnotenie výsledkov práce pedagógom. Životný cyklus skupiny začína požiadavkou o prijatie novej úlohy (UC09). Tá ďalej vyvolá vytvorenie novej skupiny (UC08), pre ktoré je potrebné vopred vykonať výpočet zhlukov používateľov a charakteristík (UC15). Tento prípad použitia zahŕňa implementáciu samotnej navrhovanej metódy pre vytváranie skupín. Študent má možnosť riešiť pridelenú úlohu (UC10), dočasne prerušiť riešenie úlohy (UC11) alebo definitívne ukončiť riešenie úlohy (UC12). Súčasťou definitívneho ukončenia je rekapitulácia dosiahnutých výsledkov (UC13). Pedagóg môže vyhodnotiť výsledok práce študentov (UC14). Relevantné prípady použitia zahŕňajú overenie prístupových práv prihláseného používateľa (UC06). Študenti majú možnosť prezerať štatistiky svojich úloh (UC20) a pedagógovia komplexné štatistiky všetkých doménových entít (UC21).



Obrázok A-2. Diagram prípadov použitia pre životný cyklus skupiny.

Na podrobnejšej úrovni sme rozpísali kolaboratívne riešenie úloh (obr. A-3). Pri riešení úlohy môže používateľ komunikovať prostredníctvom diskusie (UC16). Voliteľne na základe typu riešenej úlohy sú pre používateľa dostupné aj ďalšie tri kolaboratívne nástroje: textový editor (UC17), grafický editor (UC18) a kategorizátor (UC19).



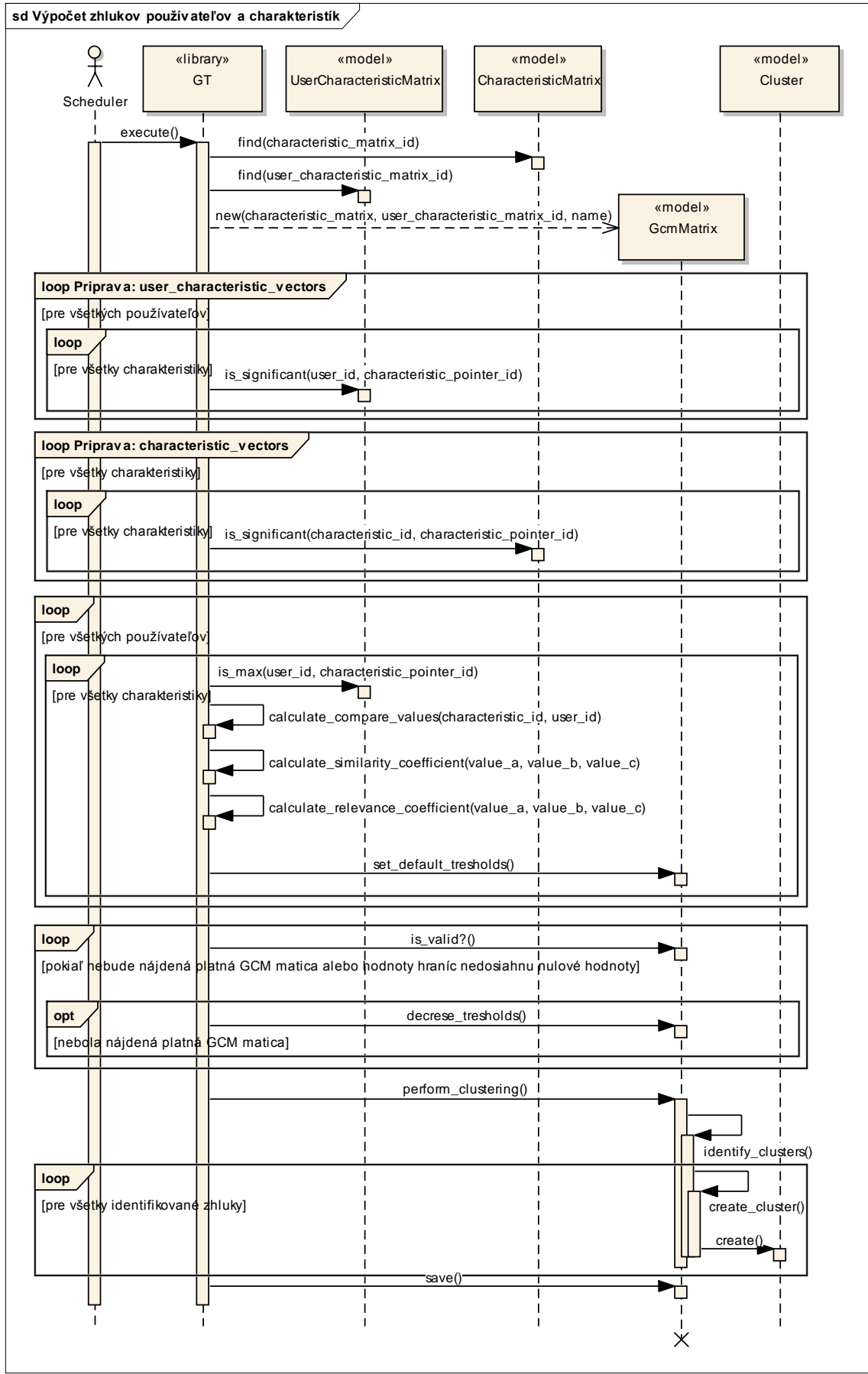
Obrázok A-3. Diagram prípadov použitia pre kolaboratívne riešenie úloh.

## A.2 Návrh vybraných častí aplikácie

Vzhľadom na rozsiahlosť systému a jeho integrovaných častí uvádzame v tejto kapitole diagramy zachytávajúce návrh len niekoľkých zvolených častí aplikácie.

### A.2.1 Výpočet zhlukov používateľov a charakteristík

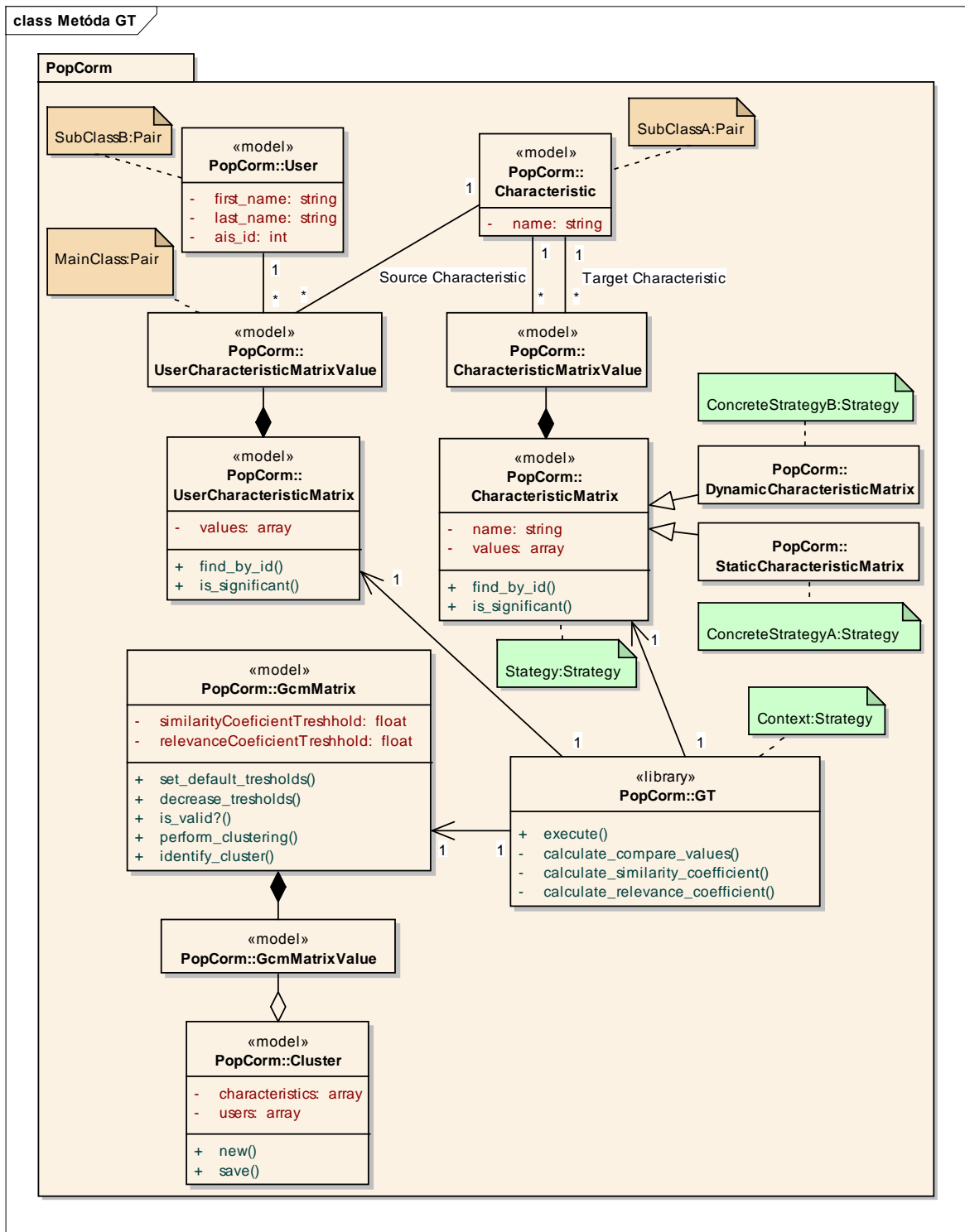
Na obrázku A-4 sa nachádza sekvenčný diagram, ktorý opisuje fungovanie metódy pre vytváranie rôznych typov skupín. Sekvenčný diagram zodpovedá návrhu realizácie prípadu použitia UC15 *Výpočet zhlukov používateľov a charakteristík*. Diagram zachytáva priebeh prípravy vstupných matic, cez jednotlivé kroky výpočtu až po uloženie nájdených zhlukov používateľov a charakteristík do databázy.



Obrázok A-4. Sekvenčný diagram pre metódu výpočtu zhlukov používateľov a charakteristík.



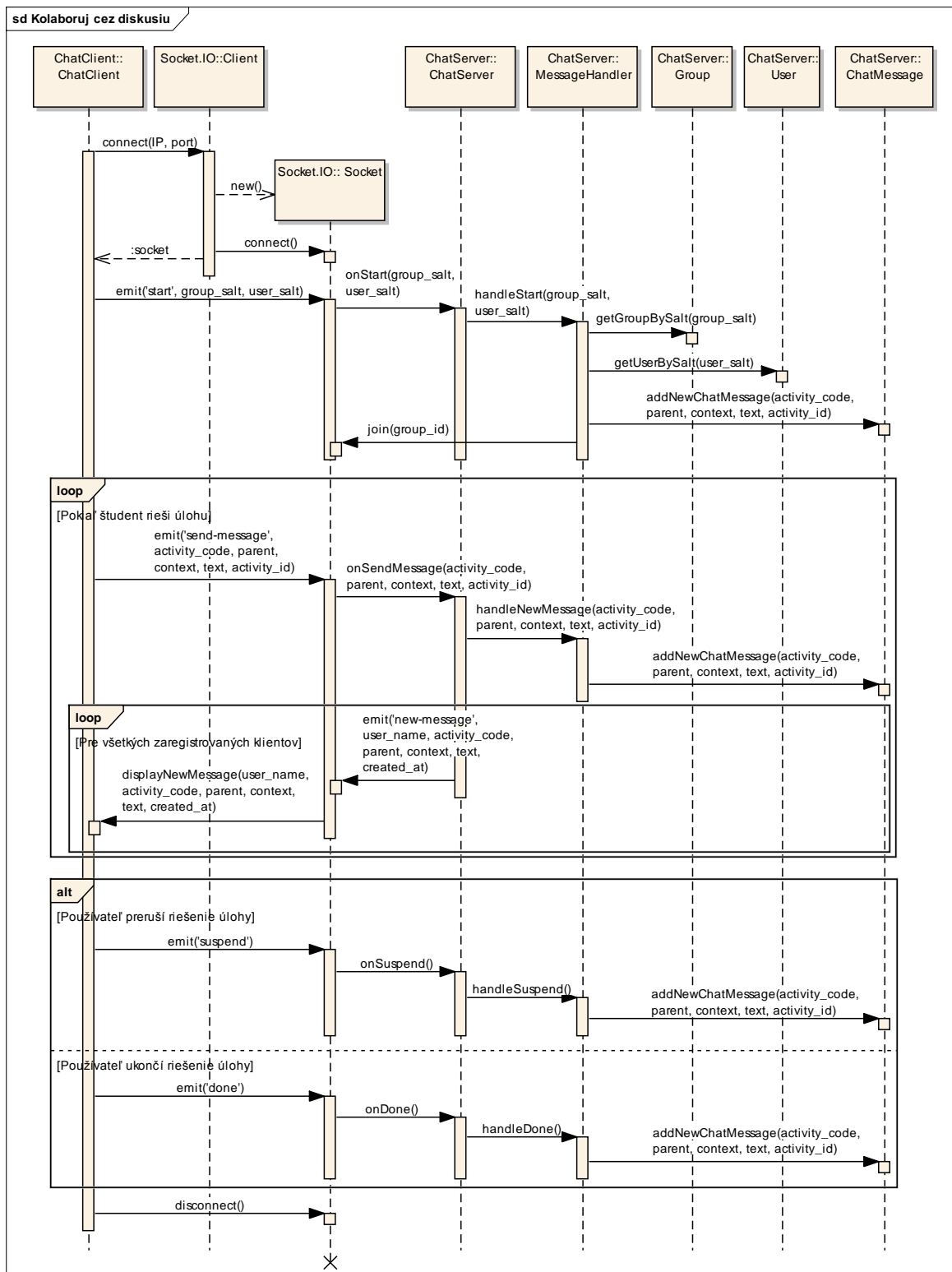
Na obrázku A-5 sa nachádza diagram tried, ktorý sme odvodili zo sekvenčného diagramu na obrázku A-4.



Obrázok A-5. Diagram tried pre metódu výpočtu zhlukov používateľov a charakteristík.

## A.2.2 Kolaborácia cez diskusiu

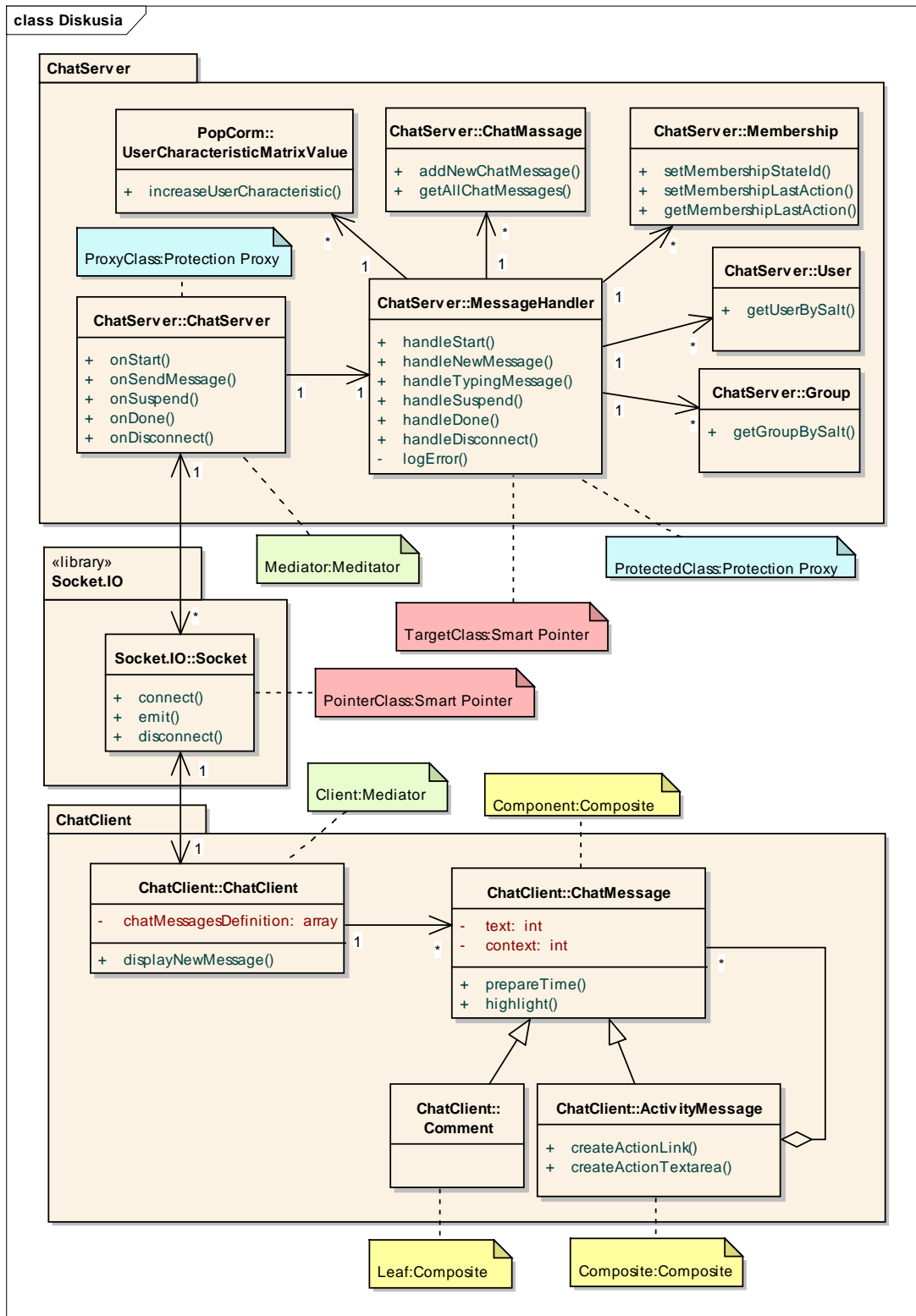
Ako ďalšiu ukážku návrhu sme vybrali sekvenčný diagram zachytávajúci kolaboráciu študentov prostredníctvom diskusie (Obrázok A-6).



Obrázok A-6. Sekvenčný diagram pre kolaboráciu cez diskusiu.

Na obrázku A-7 je zobrazený diagram tried pre diskusiu, ktorý zodpovedá sekvenčnému diagramu na obrázku A-6. Komunikácia medzi všetkými klientmi navzájom by bola veľmi komplikovaná (napr. potreba na každom klientovi udržiavať a synchronizovať zoznam všetkých pripojených klientov). Na vyriešenie tohto problému sme sa rozhodli použiť návrhový vzor *Mediator*, ktorý dostáva od klientov správy (metóda *emit()*) a na základe typu správy rozhoduje, ktorým klientom odošle informáciu o pridaní novej správy.

Na úrovni servera sme použili návrhový vzor *ProtectionProxy*, kde dochádza ku kontrole posielaných správ pred tým, ako sú odoslané na ďalšie spracovanie. Vzhľadom na to, že server musí mať zoznam prihlásených klientov a zároveň klienty musia mať zabezpečené spojenie so serverom je vhodné použitie ďalšieho návrhového vzoru *SmartPointer*. Na strane klienta sme použili návrhový vzor *Composite*. Ten nám umožní vytvárať štruktúrovanú diskusiu a navzájom do seba správy vnárať až po úroveň komentárov, ktoré predstavujú listy celej hierarchie.

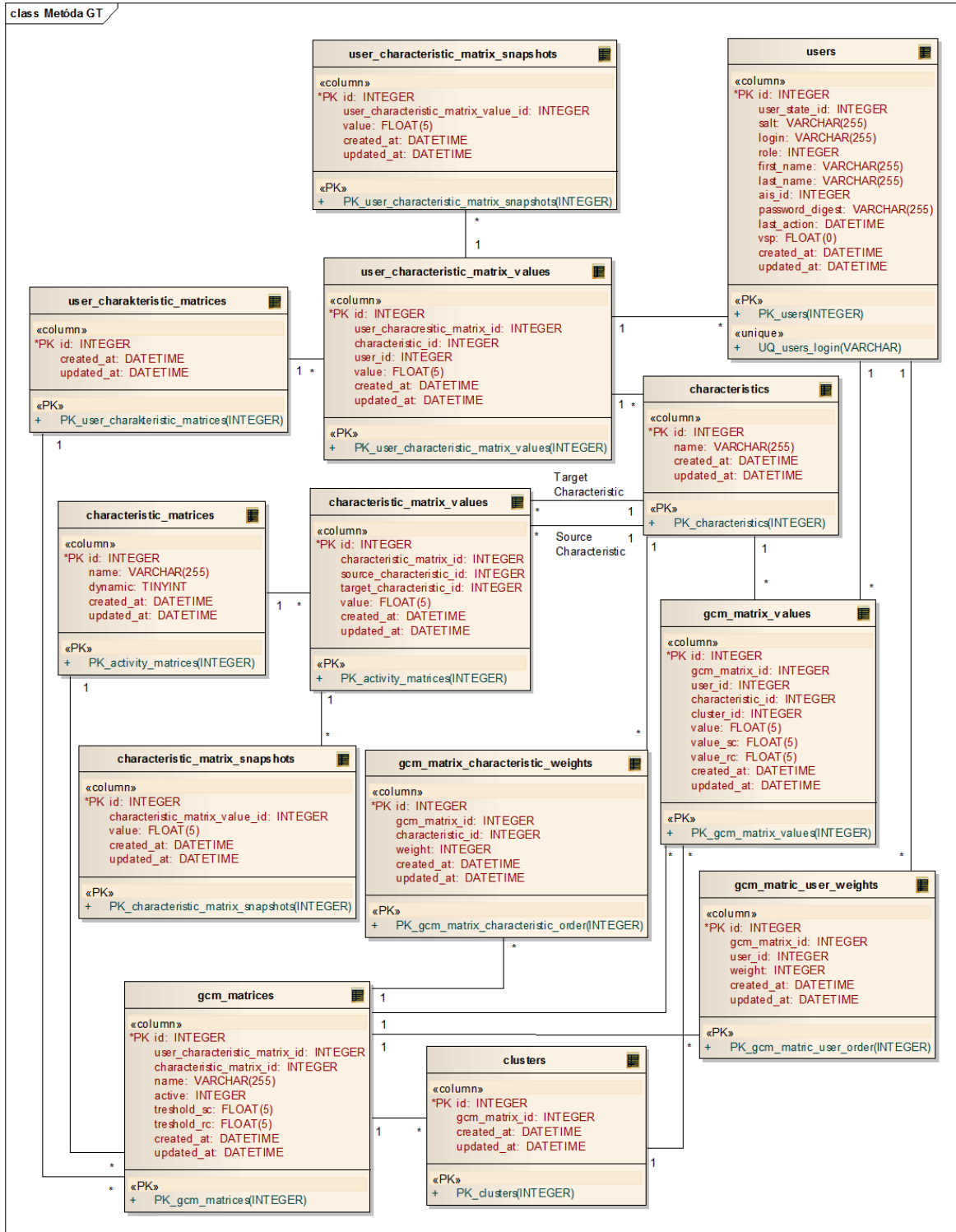


Obrázok A-7. Diagram tried pre kolaboráciu cez diskusiu.

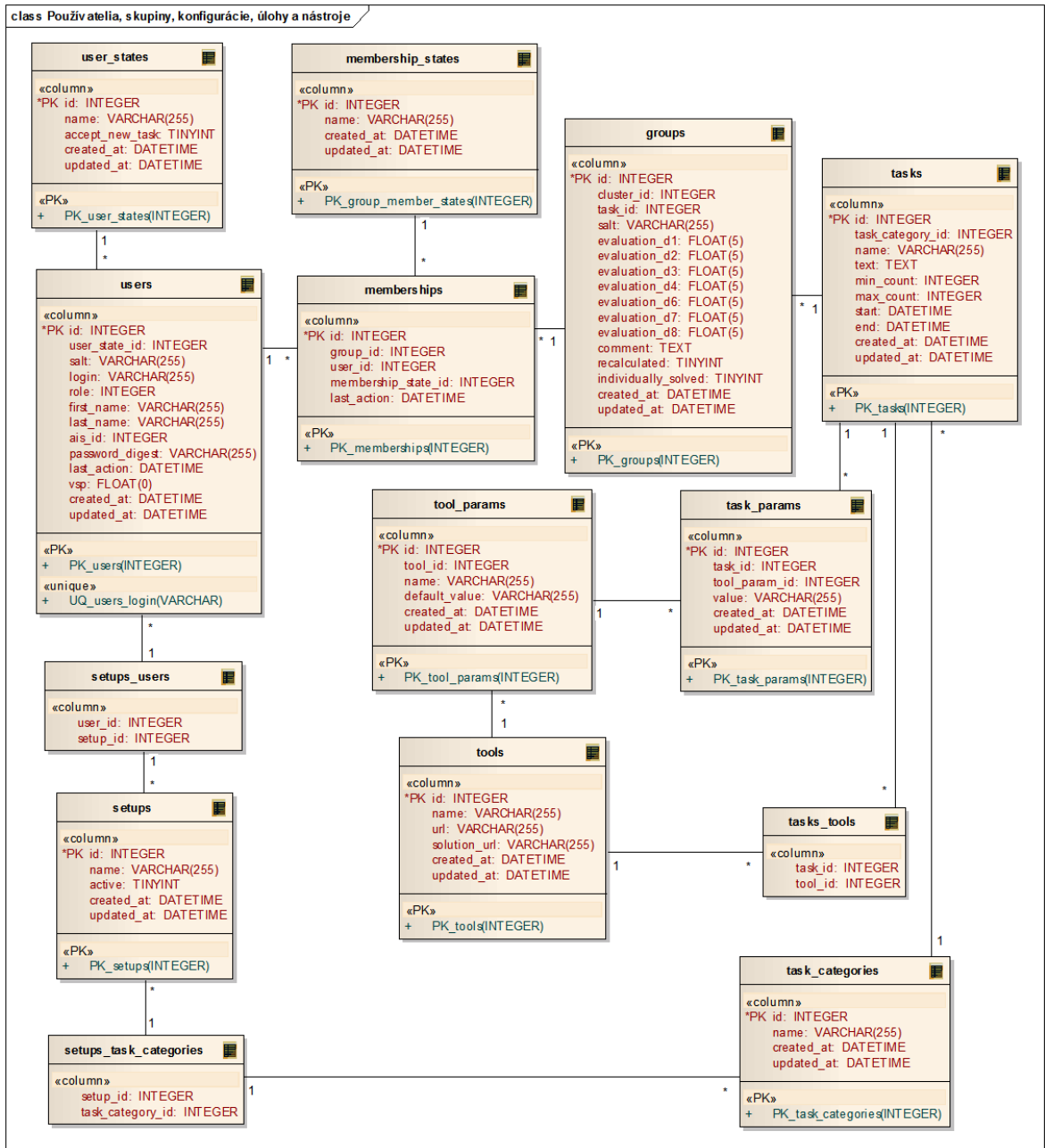
## A.3 Implementácia

### A.3.1 Databázová schéma aplikácie

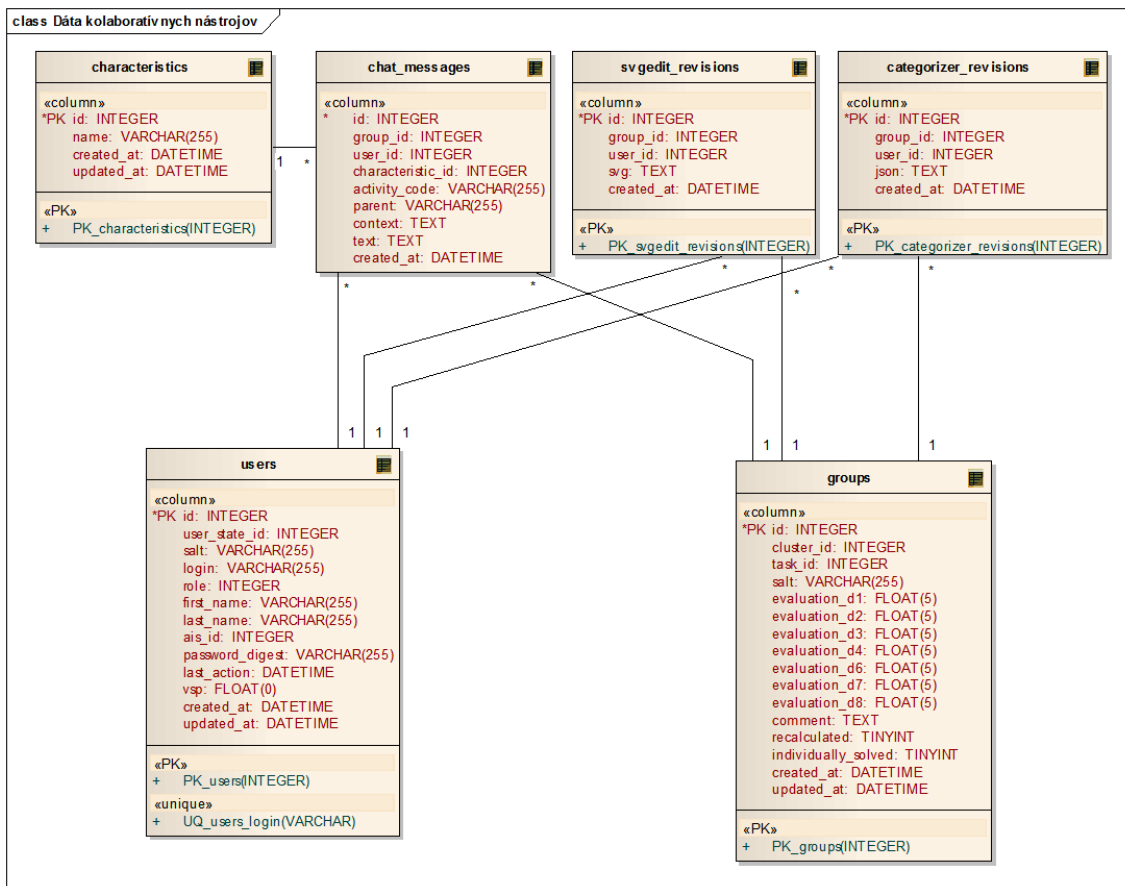
Databázovú schému aplikácie sme rozdelili do troch diagramov (Obrázok A-8, A-9, A-10) podľa časti systému, ktorú zachytávajú.



Obrázok A-8. Databázová schéma pre časť systému súvisiaca s metódou GT.



Obrázok A-9. Databázová schéma pre časť systému súvisiaca so skupinami, úlohami a nástrojmi.



Obrázok A-10. Databázová schéma pre časť systému súvisiaca s ukladaním dát kolaboratívnych nástrojov.

### A.3.2 Ukážka zdrojového kódu

```

=begin
Calculate score for selected combination of users. The combination with best score will be
used to create a new group.
=end

def self.calculate_score setup, combination
  combination_score = 0
  combination_task = nil
  combination_cluster = nil

  # Calculate score according users' view
  last_membership = Membership.where('user_id' => combination.collect {|t| [ t.id ] }).
    group('group_id').having('count(*) > 1').order('last_action desc').first
  if last_membership.nil?
    logger.info "Users have never been in the same group"
    combination_score += Settings.score["have_never_been_in_the_same_group"]
  elsif last_membership.last_action.nil? ||
    Time.now - last_membership.last_action < 30*60
    logger.info "Last membership was active before less than 30 minutes"
    combination_score += Settings.score["solved_task_recently"]
  end

  clusters = nil
  clusters_count = 0

```

```

for user in combination
  user_clusters = user.clusters.joins(:gcm_matrix).where("active = 1").all.
    collect {|t| t.id }.uniq
  clusters_count += user_clusters.count

  if clusters.nil?
    clusters = user_clusters
  else
    clusters = clusters & user_clusters
  end
end

if clusters.count > 0
  logger.info "Users are assigned to the same cluster"
  combination_score += Settings.score["are_at_the_same_cluster"]
  combination_cluster = Cluster.find(clusters.first)
elsif clusters_count > 0
  logger.info "Some of users is assigned to cluster which is not shared"
  combination_score += Settings.score["cluster_exists"]
end

# Calculate score according tasks' view

# It is time for controlled experiment?
time = Time.new
if time.wday == Settings.experiment["offer_short_tasks_day"] &&
  time.hour >= Settings.experiment["offer_short_tasks_from"] &&
  time.hour < Settings.experiment["offer_short_tasks_to"]
  short_task_limit = 'expected_duration_type = ' + Task::SHORT_TASK_TYPE.to_s +
    ' or expected_duration_type = ' + Task::NORMAL_TASK_TYPE.to_s
else
  short_task_limit = 'expected_duration_type <> ' + Task::SHORT_TASK_TYPE.to_s
end

# With 50% probability set higher priority to last added tasks
if rand(100) < 50
  order = "start DESC, RAND()"
else
  order = "RAND()"
end

# we want only active tasks = current time is between start and end time
# we want only active tasks which are suitable for number of users
# get tasks in pseudo-random order
available_tasks = setup.tasks.where("start < NOW() and NOW() < end").
  where('min_count <= ? and ? <= max_count', combination.length,
  combination.length).where(short_task_limit).all(:order => order)
if available_tasks.count > 0
  logger.info "There is at least one task which can be solved"
  combination_score += Settings.score["task_exists"]
  combination_task = available_tasks.first
end

for task in available_tasks
  if Membership.joins(:group).where('user_id' => combination.collect {|t| [ t.id ] }).
    where("task_id = ?", task.id).count == 0
    logger.info "There is at least one task which has not been solved yet"
  end
end

```

```

combination_score += Settings.score["task_never_been_solved_exists"]
combination_task = task
break
end
end

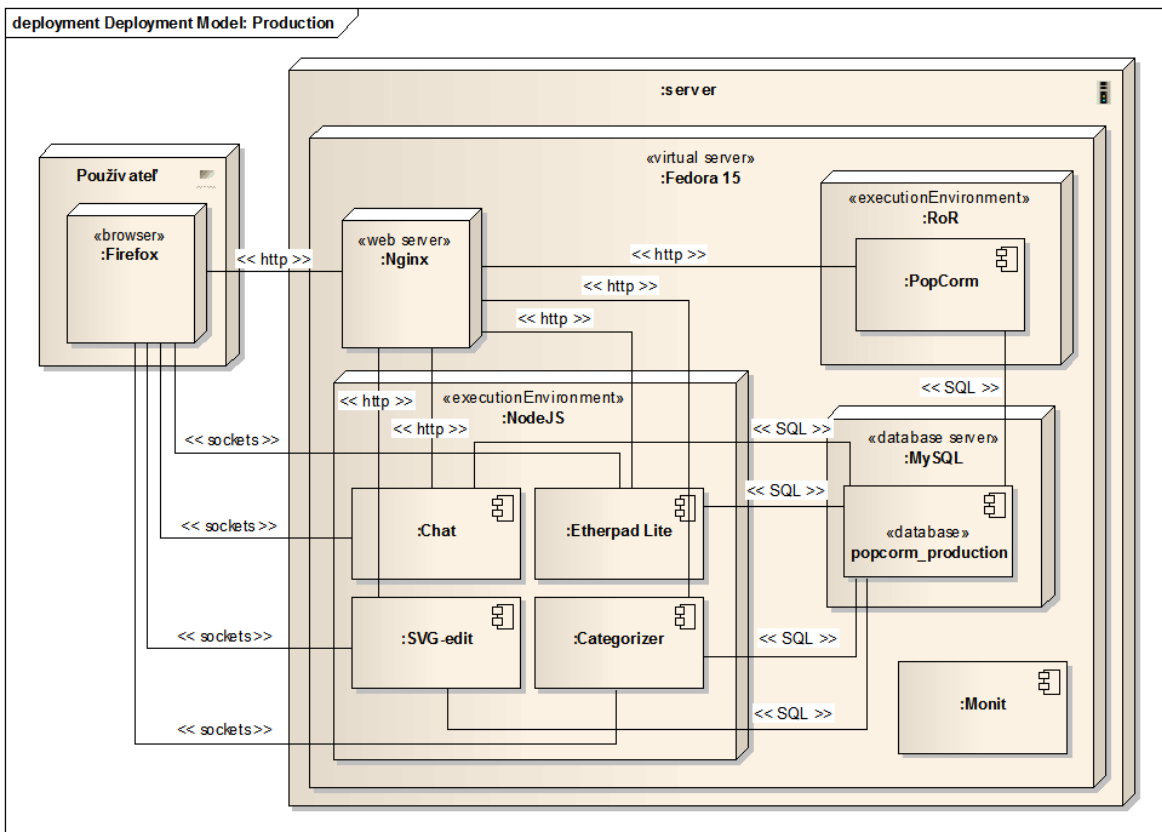
task = setup.tasks.where("start < NOW() and NOW() < end").
  where('min_count < ? and ? <= max_count', combination.length, combination.length).
  where(short_task_limit).first(:order => order)
if !task.nil?
  logger.info "Task with min < available_users.count found"
  combination_score += Settings.score["task_min_lt_available_count_exists"]
  combination_task = task
end

return combination_score, combination_task, combination_cluster
end

```

## A.4 Nasadenie aplikácie

Na obrázku A-11 sa nachádza diagram nasadenia aplikácie v produkčnom prostredí. Diagram zachytáva rozmiestnenie jednotlivých komponentov kolaboratívnej platformy v hardvérovom a softvérovom prostredí.



Obrázok A-11. Produkčné nasadenie aplikácie.



## Príloha B Inštalačná dokumentácia

---

Kolaboratívnu platformu PopCorm je možné nainštalovať na ľubovoľný operačný systém. Odporúčame však použiť operačný systém Fedora, ktorý bol použitý aj pri produkčnom nasadení aplikácie počas experimentu.

### Inštalácia a príprava operačného systému Fedora

Ako operačný systém sme použili OS Fedora vo verzii 15. Počas inštalácie OS nie je potrebné meniť predvolené nastavenia. Pri inštalácii softvérových balíkov nie je potrebné inštalovať žiadne softvérové balíky súvisiace s grafickým prostredím operačného systému.

Po úspešnom nainštalovaní operačného systému vytvoríme používateľa a nastavíme mu prihlasovacie heslo.

```
useradd -c "PopCorm" popcorm
passwd popcorm
```

Povolíme používateľovi vykonávanie príkazov ako *root* prostredníctvom príkazu *sudo*.

```
visudo
Zeditujeme riadok:      popcorm      ALL=(ALL)      ALL
```

Zablokujeme vzdialené prihlasovanie cez SSH pod účtom *root*.

```
vi /etc/ssh/sshd_config
Zeditujeme riadok:      PermitRootLogin no
```

Pre používateľa PopCorm vytvoríme nový SSH kľúč.

```
ssh-keygen -t rsa
chmod 755 ~/.ssh
```

Upravíme nastavenia pre firewall, kde povolíme komunikáciu na portoch 80, 22, 9000, 9001, 9002, 9003, ktoré sú potrebné na vzdialenú komunikáciu. Ďalej doinštalujeme vývojárske nástroje, ktoré sú potrebné pre fungovanie niektorých z inštalovaných aplikácií.

```
yum groupinstall 'Development Tools'
```

### Inštalácia softvérových balíkov

Ako prvý softvérový balík nainštalujeme verzionovací systém GIT, ktorý je potrebný na nainštalovanie ďalších programov ako aj na nainštalovanie samotnej kolaboratívnej platformy PopCorm.

```
[sudo] yum install git
git --version
```

Pre nainštalovanie programovacieho jazyka Ruby odporúčame použiť aplikáciu RVM, ktorá umožňuje okrem iného používať viacero verzií programovacieho jazyka Ruby naraz.

```
[sudo] bash <<(curl -s
https://raw.githubusercontent.com/wayneeseguin/rvm/master/binscripts/rvm-installer )
Overenie inštalácie:      rvm -v
```

V prípade úspešnej inštalácie aplikácie RVM môžeme doinštalovať potrebné balíky a vykonať potrebnú konfiguráciu.

```
rvm pkg install zlib
rvm pkg install openssl
rvm install 1.9.2 --with-zlib-dir=$rvm_path/usr --with-openssl-dir=/usr/local
rvm use 1.9.2
rvm gemset create popcorm
rvm use 1.9.2@popcorm --default
Overenie nastavenia gemsetu: rvm gemset name
Overenie inštalácie Ruby: ruby -v
```

Nainštalujeme databázu MySQL, spustíme ju ako službu a nastavíme jej automatické spúšťanie v prípade reštartovania servera.

```
[sudo] yum install mysql mysql-server
[sudo] service mysqld start
[sudo] chkconfig --level 2345 mysqld on
Overenie inštalácie: [sudo] service mysqld status
```

Nainštalujeme webový server Nginx spolu s modulom Passenger, ktorý nám umožní spoľahlivé vykonávanie Ruby on Rails aplikácií.

```
[sudo] gem install passenger
[sudo] passenger-install-nginx-module
Overenie inštalácie: /opt/nginx/sbin/nginx -v
```

Pridáme Nginx ako systémovú službu. Potrebný súbor *nginx* sa nachádza na priloženom elektronickom médiu.

```
Skopírujeme súbor: init.d/nginx > /etc/rc.d/init.d/nginx
/etc/init.d/nginx -h
[sudo] chkconfig nginx on
Overenie inštalácie: [sudo] service nginx status
```

Nakonfigurujeme Nginx na použitie s kolaboratívnou platformou PopCorm.

```
Skopírujeme súbor: conf/nginx.conf > /opt/nginx/conf/nginx.conf
```

Nainštalujeme podporu pre NodeJS aplikácie.

```
git clone git://github.com/joyent/node.git
cd node
git checkout v0.4.12
./configure
make -j2
[sudo] make install
Overenie inštalácie: node -v
```

Nainštalujeme aplikáciu NPM pre manažment NodeJS balíkov.

```
[sudo] curl http://npmjs.org/install.sh | sh
Overenie inštalácie:  npm -v
```

Nainštalujeme aplikáciu Monit na monitorovanie NodeJS aplikácií a ich automatické obnovenie v prípade zlyhania.

```
[sudo] yum install monit
[sudo] chkconfig monit on
```

Nakonfigurujeme Monit na použitie s kolaboratívnou platformou PopCorm.

```
Skopírujeme súbor:      conf/monit.conf > /etc/monit.conf
Skopírujeme súbory:    monit.d/* > /etc/monit.d/*
```

Nainštalujeme AbiWord, ktorý je potrebný pre import/export v rôznych formátoch z textového editora použitého v kolaboratívnej platforme PopCorm.

```
[sudo] yum install abiword
```

Nainštalujeme závislosti potrebné pre pridanie Gem knižníc, ktoré vyžaduje kolaboratívna platforma PopCorm.

```
[sudo] yum install mysql-devel
```

## Inštalácia a konfigurácia kolaboratívnej platformy PopCorm

Pripravíme a nakonfigurujeme databázu.

```
mysqladmin -u root password <password>
mysql -u root -p
> CREATE DATABASE popcorm_production DEFAULT CHARACTER SET utf8 DEFAULT
COLLATE utf8_general_ci;
> CREATE USER 'popcorm'@'localhost' IDENTIFIED BY '<password>';
> GRANT SELECT, UPDATE, INSERT, DELETE, CREATE, DROP, ALTER, INDEX ON
popcorm_production.* TO 'popcorm'@'localhost';
> SHOW GRANTS FOR 'popcorm'@'localhost';
```

SSH kľúč používateľa PopCorm je potrebné pridať do systému Gitbus, ktorý používame pre zdieľanie centrálného GIT repozitára. Následne je možné naklonovať tento GIT repozitár spolu so zdrojovými kódmi kolaboratívnej platformy PopCorm.

```
cd /var/www/
git clone git@gitbus.fiit.stuba.sk:popcorm/popcorm.git
cd popcorm
// Do you wish to trust this .rvmrc file?
Napíšeme: yes
```

Nainštalujeme Gem knižnice.

```
bundle install
```

Vytvoríme a naplníme produkčnú databázu.

```
rake db:migrate RAILS_ENV="production"
rake db:seed RAILS_ENV="production"
```

Pripravíme HTML, JS a CSS zdroje aplikácie na prvé spustenie.

```
rake assets:precompile
```

Nainštalujeme NodeJS aplikácie v kolaboratívnej platforme PopCorm ako systémové služby.

```
Skopírujeme súbory:      init.d/* > /etc/init.d/*
Pre každý súbor nastavíme oprávnenia na:  rwxr-xr-x [755]
```

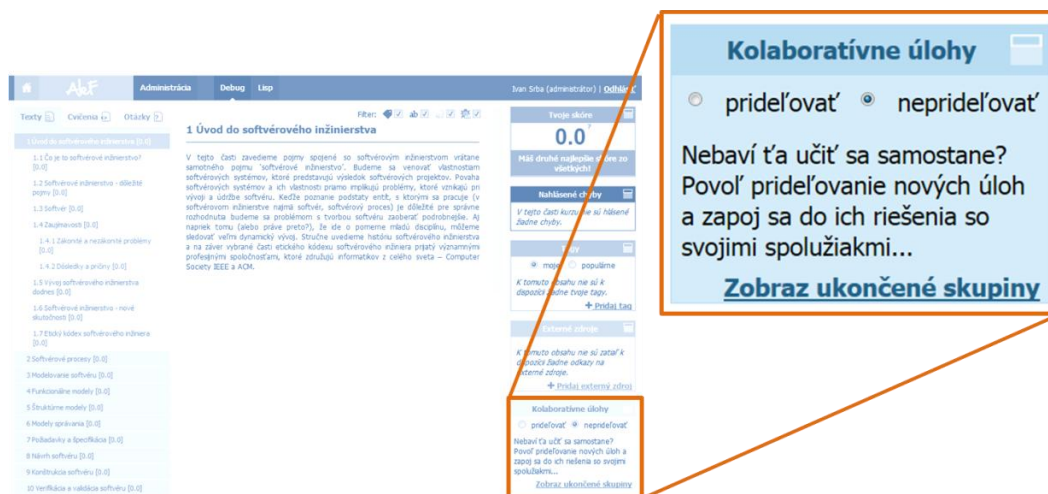
Nakonfigurujeme NodeJS aplikácie.

```
Skopírujeme súbory:
app-name/settings.json > /var/www/popcorm/lib/app-name/settings.json
```

Kolaboratívna platforma je následne dostupná a pripravená na používanie na IP adrese servera na porte 80.

## Príloha C Používateľská príručka

Kolaboratívna platforma PopCorm je dostupná používateľom buď priamo zadaním URL adresy *http://popcorm.fiit.stuba.sk*, alebo prostredníctvom vzdelávacieho systému ALEF. Integrácia so vzdelávacím systémom (Obrázok C-1) je realizovaná prostredníctvom komponentu, ktorý študentom umožňuje povoliť alebo zakázať pridelenie nových úloh a zároveň poskytuje informáciu o stave riešenia im pridelených úloh. Používateľ môže pre prihlásenie do platformy PopCorm použiť buď AIS účet, alebo samostatný PopCorm účet, ktorý je možné vytvoriť registráciou dostupnou priamo z prihlasovacieho formulára.



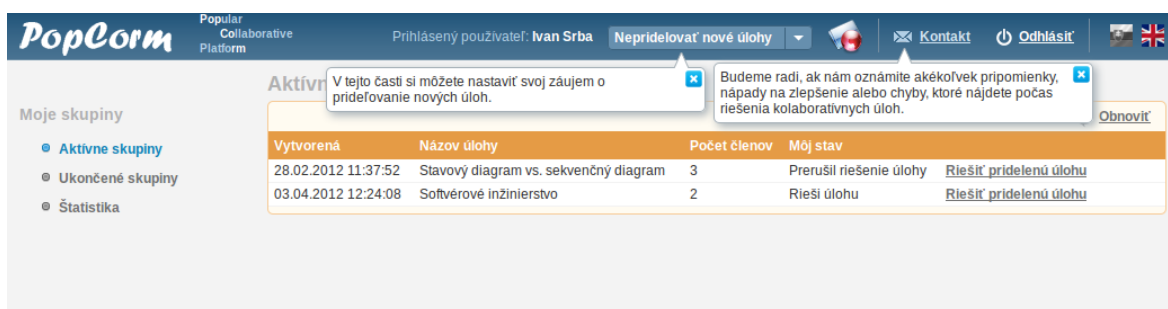
Obrázok C-1. Integrácia so systémom ALEF.

Používateľské rozhranie aplikácie PopCorm (Obrázok C-2) sa skladá:

- z navigácie v ľavej časti obrazovky,
- výberu možnosti pridelenia nových úloh a odkazu na kontaktný formulár nových úloh v hornej časti obrazovky,
- a zo samotného obsahu zodpovedajúceho zvolenej časti aplikácie.

Navigácia umožňuje študentom zobraziť aktívne skupiny, ukončené skupiny a štatistiku dosiahnutých výsledkov. Pedagógovia s priradenou rolou administrátora majú ešte navyše možnosť editovať databázové údaje (používatelia, skupiny, charakteristiky, úlohy, matice charakteristík, matice používateľov a charakteristík a matice GCM) a zobrazovať štatistiky (používatel'ov, skupín, charakteristík, úloh a metód).

Prostredníctvom celej aplikácie používateľ a sprevádzajú interaktívne pokyny a tipy ako používať aplikáciu správne a efektívne.

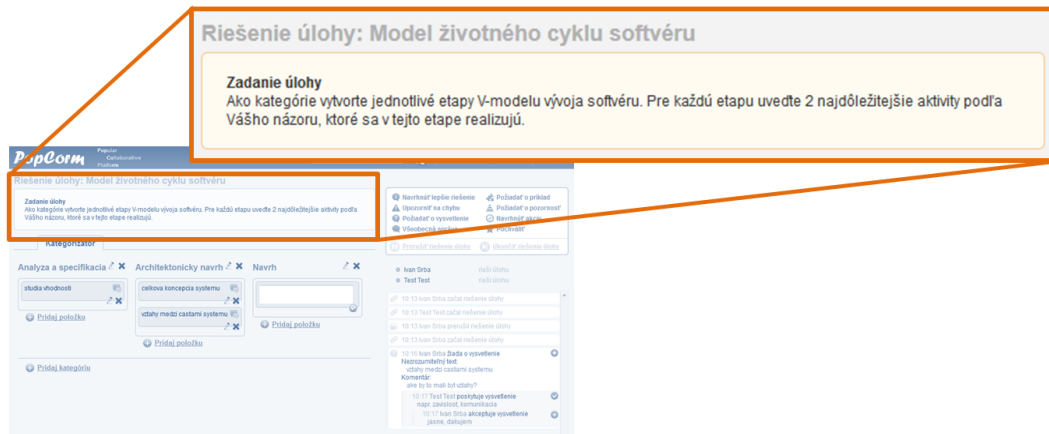


Obrázok C-2. Základné používateľské rozhranie aplikácie.

Po vytvorení novej skupiny sa zobrazí relevantným používateľom pozvánka s odkazom priamo na hlavnú časť platformy PopCorm, ktorá integruje kolaboratívne nástroje. Táto časť sa skladá zo štyroch častí:

### 1. Zadanie úlohy

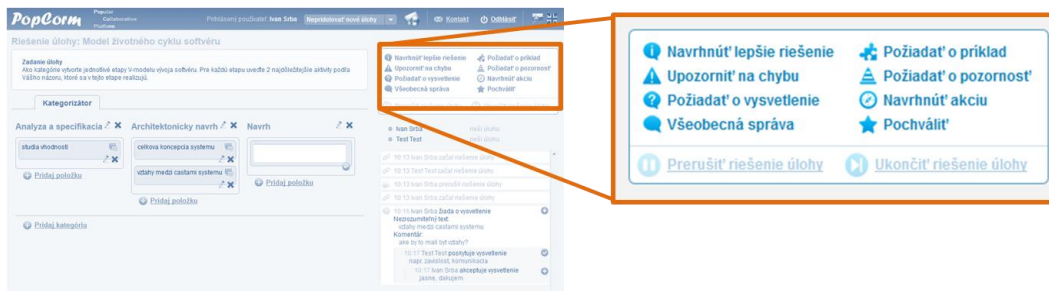
V hornej časti kolaboratívneho okna sa nachádza zadanie pridelenej úlohy (Obrázok C-3). V prípade, že sa úloha skladá z viacerých častí, je vhodné, aby si členovia skupiny pred začatím samotného riešenia naplánovali rozdelenie zodpovednosti za ich vypracovanie.



Obrázok C-3. Zadanie pridelenej úlohy.

### 2. Výber správ semištruktúrovanej diskusie

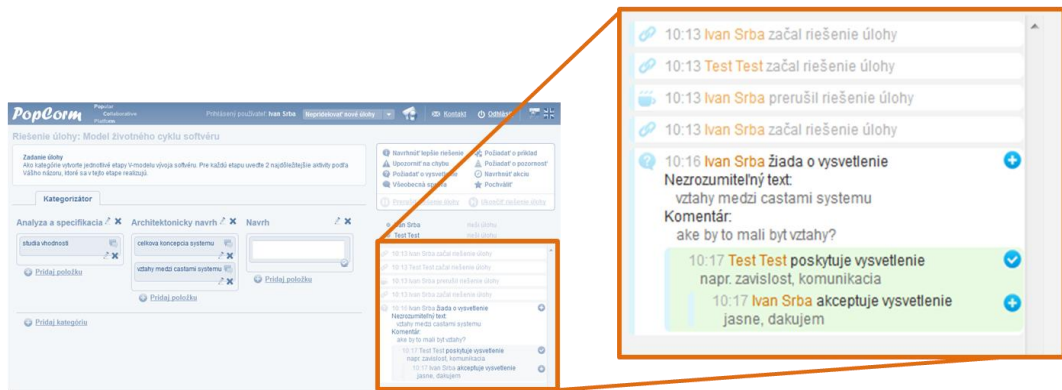
V hornej pravej časti okna sa nachádza výber rôznych typov správ (Obrázok C-4). Používatelia by mali na komunikáciu s ostatnými členmi skupiny používať čo najviac dostupných typov správ. Diskusia umožňuje odoslať aj všeobecnú správu v prípade, že používateľ nevie zaradiť svoj zámer do žiadneho z dostupných typov.



Obrázok C-4. Výber správ semištruktúrovanej diskusie.

### 3. História správ semištruktúrovanej diskusie

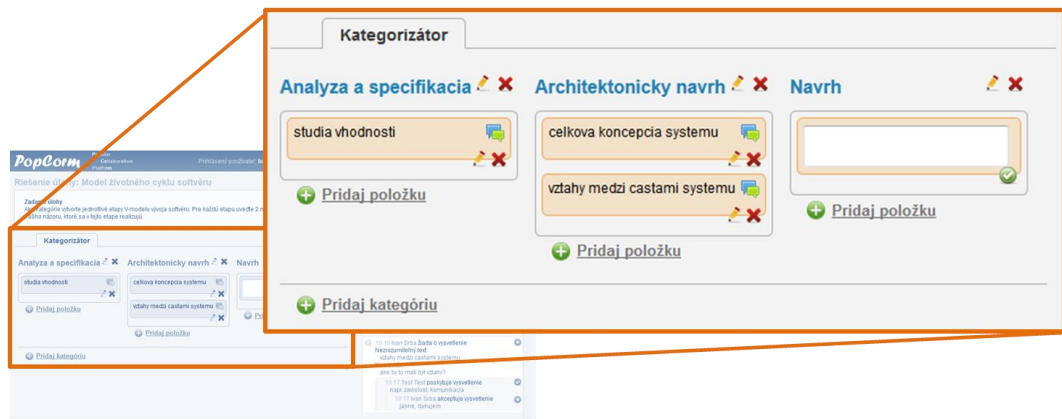
V dolnej pravej časti okna sa nachádza história komunikácie (Obrázok C-5), v ktorej sa nachádzajú správy zoradené vzostupne. Novo pridaná správa je zvýraznená farebným okrajom a blikaním. Na základe typu správy sú používateľom sprístupnené rôzne možnosti odpovede (napr. akceptovanie navrhnutého riešenia, komentovanie).



Obrázok C-5. História správ semištruktúrovanej diskusie.

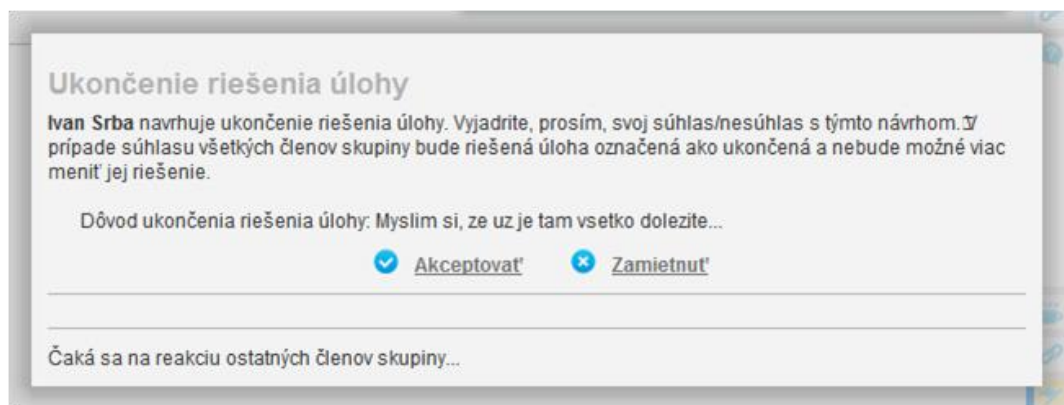
#### 4. Dostupné kolaboratívne nástroje

Hlavnou časťou kolaboratívneho okna sú kolaboratívne nástroje (Obrázok C-6), ktorých dostupnosť závisí od konkrétnej riešenej úlohy. Medzi kolaboratívnymi nástrojmi sa môže používateľ prepínať prostredníctvom záložiek.



Obrázok C-6. Záložky s dostupnými kolaboratívnymi nástrojmi.

Počas spolupráce má ktorýkoľvek člen skupiny možnosť navrhnúť ukončenie a uzatvorenie riešenej úlohy (Obrázok C-7). V prípade, že všetci členovia skupiny súhlasia je aktuálne riešenie označené ako konečné a už ho nie je možné viac meniť. Po ukončení riešenia majú členovia skupiny možnosť vyjadriť svoje subjektívne hodnotenie procesu spolupráce na 5-bodovej stupnici.



Obrázok C-7. Dialógové okno s návrhom ukončenia úlohy.

Následne aplikácia zobrazí študentom ich výsledné riešenie spolu s hodnotením podľa jednotlivých dimenzií (Obrázok C-8). Pre každú dimenziu je možné zobrazíť podrobné informácie čo daná dimenzia znamená a tipy, akým spôsobom zdokonaľíť svoju spoluprácu pri riešení ďalších úloh v prípade, že ma daná dimenzia veľmi nízke hodnotenie. Vyhodnotenie riešenia úlohy je doplnené o slovné hodnotenie v prípade, že pedagóg uvedie k riešeniu úlohy nielen číselné hodnotenie, ale aj komentár s identifikovanými chybami alebo návrhom lepšieho riešenia.

**PopCorm** Popular Collaborative Platform

Prihlásený používateľ: Ivan Srba | Nepridelovať nové úlohy | Kontakt | Odhlásiť

### Detail skupiny

**Návrat**

Názov: Požiadavky na AIS  
 Vytvorená: 03.04.2012 12:24:08  
 Členovia skupiny: Ivan Srba, Test Test

Text úlohy  
 Vymenujte požiadavky, ktoré by ste aplikovali počas vývoja AIS. Ku každej požiadavke uveďte krátky opis (1-2 vety).

Vyhodnotenie

Udržiavanie vzájomného porozumenia	0.43	Výmena informácií	0.16
Argumentovanie a dosahovanie konsenzu	0.21	Manažment úloh a časového plánovania	0.89
Udržiavanie angažovanosti	0.05	Rovnomernosť rozdelenia úloh	0.83
Plynulosť spolupráce	0.609	Výstup riešenia úlohy	1.00
Celkové hodnotenie	0.697	Vaše hodnotenie spolupráce	★★★★★

Kategorizátor | Diskusia

#### Funkcionálne

- posielanie správ medzi užívateľmi
- dokumentový server, z ktorého si bude môcť sťahovať ale aj pridávať súbory a odkazy

#### Statické

- počet užívateľov sa bude vyskytovať celkovo v 1000
- System bude obsahovať množstvo dát, ktoré by sa mali zálohovať na viac serverov

#### Dynamické

- rýchlosť odozvy pri surfovaní (v najhoršom milisekundy), aby si to užívateľ nevšimol
- rychle vyhľadanie ľudí

#### Na rozhraní

- rozhranie bude intuitívne, nebude treba skolenie, na používanie systému
- webove rozhranie, je to jednoduché rozhranie a je dostupné pre všetkých - stáci i len internet a prehliadac

#### Externé

- moznost kontroly viacerých uctov z jedneho napr kniznicu jedalen

Obrázok C-8. Zobrazenie výsledného riešenia spoločne s dosiahnutým hodnotením.



## Príloha D Zabezpečenie kvality

---

Záruku kvality (angl. *software quality assurance*) implementácie ako samotnej navrhutej metódy tak aj kolaboratívnej platformy PopCorm sme zabezpečili formou funkcionálneho testovania (angl. *functional testing*), testovania použiteľnosti (angl. *usability testing*) a výkonnostného testovania (angl. *performance testing*). Realizáciou týchto testov sme dosiahli potrebnú úroveň kvality vytvoreného systému a overili sme či môže byť platforma produkčne nasadená a či môže byť zahájený dlhodobý experiment.

### D.1 Funkcionálne testovanie

Primárnu časť kolaboratívnej platformy PopCorm, na ktorú sme sa vo funkcionálnom testovaní zamerali, bola implementácia navrhutej metódy. Ako vstup do testu sme použili vygenerované vzorky dát simulujúce kolaboratívne správanie používateľov počas riešenia úloh. Vo vygenerovaných dátach sme umelo vytvorili niekoľko vzorov kolaboratívneho správania, ktoré sme následne náhodne prideliť niekoľkým používateľom. Na takto pripravené dáta sme aplikovali implementáciu navrhutej metódy. Následne sme vo výstupnej GCM matici kontrolovali, do akej miery zodpovedajú identifikované zhľuky používateľov a k nim pridelených charakteristík k pôvodným vzorom, ktorými boli dáta generované. Test sme považovali za akceptovaný, ak metóda GT dokázala identifikovať zhľuky so zoskupovacou účinnosťou viac ako 95%. Po odladení všetkých vstupných parametrov dosahovala metóda zoskupovaciu účinnosť nad vygenerovanými dátami viac ako 98%.

### D.2 Testovanie použiteľnosti

Testovanie použiteľnosti sme realizovali v rámci krátkodobého experimentu, ktorého sa zúčastnilo 5 participantov. Participantí pracovali s kolaboratívnou platformou po prvýkrát a boli v krátkosti poučení o jej účele a fungovaní. V pokynoch k experimentu boli vyzvaní, aby priebežne oznamovali pripomienky k použiteľnosti, funkcionalite a k používateľskému rozhraniu. Počas celého krátkodobého experimentu sme osobne sledovali ich zoznamovanie sa s kolaboratívnym prostredím a zvolené postupy pri riešení kolaboratívnych úloh. Počas experimentu bolo identifikovaných niekoľko pripomienok k neintuitívne pôsobiacim prvkom grafického rozhrania predovšetkým v kolaboratívnych nástrojoch (napr. ponuka s rôznymi typmi správ v semištruktúrovanej diskusii). Tieto pripomienky sme následne zapracovali a zlepšili sme tak použiteľnosť (angl. *user experience*) počas dlhodobého experimentu.

### D.3 Výkonnostné testovanie

Vzhľadom na to, že sme počas dlhodobého experimentu očakávali v kolaboratívnej platforme PopCorm väčšie množstvo paralelne prihlásených používateľov zamerali sme sa aj na výkonnostné testovanie. V rámci výkonnostného testovania sme sa rozhodli realizovať tri typy testov. Výkonnostné testy, aby sme zistili parametre systému pri bežnej záťaži. Záťažové testy, aby sme overili, aké maximálne množstvo používateľov môže paralelne pracovať v systéme. Ako posledný typ testov sme implementovali stres testy, ktorých cieľom je zistiť, ako sa zachová systém v prípade nadmerného vyťaženia. Testovací plán sme vytvorili a vykonávali prostredníctvom špecializovaného testovacieho nástroja *Apache JMeter*. Použitý testovací plán sa skladal z:

1. Prípravy prihlásenia, ktorá zahŕňala prvotné načítanie prihlasovacieho formulára a vyextrahovanie autentifikačného tokenu, ktorý je potrebný pre zabránenie tzv. XSS (angl. *Cross Site Scripting*) útokov.

2. Samotného prihlásenia virtuálneho používateľa.
3. Vykonania sady synchrónnych akcií simulujúcich používanie aplikácie.
4. Vykonanie sady asynchrónnych akcií pre každú synchrónnu akciu, ktoré reprezentujú asynchrónne odosielané požiadavky (napr. nastavenie záujmu o pridelenie nových úloh alebo získanie informácie či nebola pre prihláseného používateľa vytvorená nová skupina).

Testovací plán sme vykonávali s tromi rôznymi konfiguráciami podľa typu testu, ktorý sme chceli vykonať. Ako prvý sme vykonali výkonnostný test s piatimi paralelnými používateľmi. Výsledky výkonnostného testu sme použili na postupné zlepšovanie priemernej odozvy aplikácie. V prvom kroku sme upravovali kód aplikácie tak, aby spracovávala požiadavky čo najefektívnejšie a vytvárala čo najmenší počet dopytov do databázy. V druhom kroku sme upravovali nastavenia produkčného prostredia (napr. v prípade použitého webového servera *Nginx* počet procesov). Namerané výsledky zo sumárneho reportu po vykonaní optimalizácie sú uvedené v tabuľke D-1.

Tabuľka D-1. Hodnoty sumárneho reportu pre výkonnostný test.

	Počet	Priemer	Min	Max	Štand. odchýlka	% chýb	Priepustnosť
Príprava prihlásenia	5	8622	5416	11072	1939.03	0.0	0.45
Prihlásenie	5	417	213	714	228.93	0.0	0.85
Vykonanie synch. akcie	15	128	61	524	125.85	0.0	2.58
Vykonanie asynch. akcie	15	58	34	166	39.06	0.0	2.81
Odhlásenie	5	134	71	368	116.69	0.0	1.07
<b>Celkovo</b>	<b>45</b>	<b>1081</b>	<b>34</b>	<b>11072</b>	<b>2747.65</b>	<b>0.0</b>	<b>3.81</b>

Z výsledkov výkonnostného testu môžeme vyvodit' hneď niekoľko záverov. Prvým je, že prvotné načítanie aplikácie (akcia označená ako *Príprava prihlásenia*) trvá veľmi dlhú dobu. Dôvodom je, že s prvým načítaním sa sťahujú aj všetky statické súbory (JavaScript a CSS), ktoré sa v ďalších požiadavkách už načítavajú z vyrovnávacej pamäte prehliadača. Výkonnostný test poukazuje na fakt, že tieto súbory sú veľmi veľké aj napriek tomu, že ich *Ruby on Rails* pri produkčnom nasadení minimalizuje a agreguje do jediného súboru. V ostatných požiadavkách už aplikácia mala odozvu menšiu ako 500 ms. V prípade asynchrónnych akcií bola priemerná doba odozvy dokonca menej ako 60 ms.

Ako druhý sme vykonali záťažový test. Pri záťažovom teste sme použili od 50 do 80 virtuálnych používateľov, čo je počet, ktorý zodpovedá odhadovanému počtu študentov počas riadenej časti experimentu. Používateľov sme pridávali vždy s dvojsekundovým oneskorením. Dosiahnuté sumárne výsledky pre konečný stav 80 používateľov sú uvedené v tabuľke D-2.

Tabuľka D-2. Hodnoty sumárneho reportu pre záťažový test.

	Počet	Priemer	Min	Max	Štand. odchýlka	% chýb	Priepustnosť
Príprava prihlásenia	80	89833	44312	179269	29382.21	0.0	0.39
Prihlásenie	80	735	194	4049	888.71	0.0	0.53
Vykonanie synch. akcie	240	634	52	13357	1356.30	0.0	1.60
Vykonanie asynch. akcie	240	68	34	1135	135.342	0.0	1.61
Odhlásenie	80	339	72	1662	383.72	0.0	0.54
<b>Celkovo</b>	<b>720</b>	<b>10335</b>	<b>34</b>	<b>179269</b>	<b>29777.80</b>	<b>0.0</b>	<b>3.58</b>

Z výsledkov vyplýva, že sa ešte vo väčšej miere prejavil vplyv prvotného načítania statických súborov. Pri počte 80 virtuálnych používateľov začali náhodne vznikať prvé chybové odpovede servera s pravdepodobnosťou približne jedného percenta. Z tohto dôvodu sme stanovili maximálny

počet paralelne pracujúcich používateľov na 80. Je nutné poznamenať, že medzi zadanými synchronnými akciami nebola použitá žiadna časová medzera, aby sme vytvorili počas záťažového testu nepretržitý prúd generovaných požiadaviek. Pri reálnom používaní aplikácie študenti negenerujú jednu požiadavku za druhou, takže reálny maximálny počet paralelne prihlásených používateľov je väčší ako 80.

Ako posledný sme vykonali stres test. Počas stres testu sme použili 250 virtuálnych používateľov, pričom tento počet by mal dostatočne presahovať maximálny počet študentov, ktorí môžu byť naraz prihlásení v aplikácii. Virtuálnych používateľov sme pridávali do testu bez akejkoľvek časovej medzery. Aby sme odstránili problémy, ktoré sa prejavili pri načítaní statických súborov, nasimulovali sme stav, kedy prihlásení používatelia už majú načítané tieto súbory vo vyrovnávacej pamäti svojich prehliadačov. Výsledky stres testu sú zobrazené v tabuľke D-3.

Tabuľka D-3. Hodnoty sumárneho reportu pre stres test.

	Počet	Priemer	Min	Max	Štand. Odchýlka	% chýb	Priepustnosť
Príprava prihlásenia	250	3704	26	22744	5798.14	0.10	10.34
Prihlásenie	250	2696	15	22661	3592.64	0.58	9.50
Vykonanie synch. akcie	750	2146	13	31878	3763.07	0.39	17.77
Vykonanie asynch. akcie	750	757	13	32539	1848.31	0.34	18.38
Odhlásenie	250	1157	18	12078	1996.54	0.14	6.17
<b>Celkovo</b>	<b>2250</b>	<b>1807</b>	<b>13</b>	<b>32539</b>	<b>3523.04</b>	<b>0.34</b>	<b>52.59</b>

Pri takto vysokom počte paralelne prihlásených používateľov už začali vznikať pomerne s veľkou pravdepodobnosťou chybové odpovede. Dôvodom je, že webový server Nginx už nestíhal spracovávať také množstvo požiadaviek. Vyťaženie procesora dosahovalo počas celej doby testu 100 percent. Aplikácia však aj napriek tomuto vyťaženiu naďalej pracovala a po ukončení testu dokázala bez problémov obsluhovať ďalšie požiadavky.



## **Príloha E Príspevok na konferenciu EC-TEL 2012**

---

EC-TEL 2012: Seventh European Conference on Technology Enhanced Learning

18. - 21. september 2012

Saarbrücken (Germany)

Zaslané dňa 02.04.2012

Príspevok na konferenciu EC-TEL 2012 bol vytvorený na základe príspevku prezentovaného na študentskej vedeckej konferencii IIT.SRC 2012, na ktorej bol ocenený ako najlepší príspevok (Best Paper) v druhom stupni štúdia.



# Encouragement of Collaborative Learning Based on Dynamic Groups

Ivan Srba and Mária Bielíková

Slovak University of Technology in Bratislava  
Faculty of Informatics and Information Technologies  
Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava, Slovakia

srba07@student.fiit.stuba.sk, bielik@fiit.stuba.sk

**Abstract.** We propose a method for creating different types of study groups with aim to support effective collaboration during learning. We concentrate on the small groups which solve short-term well-defined problems. The method is able to apply many types of students' characteristics as inputs, e.g. interests, knowledge, but also their collaborative characteristics. It is based on the Group Technology approach. Students in the created groups are able to communicate and collaborate with the help of several collaborative tools in a collaborative platform called PopCorm which allows us to automatically observe dynamic aspects of the created groups. The results of these observations provide a feedback to the method for creating groups. In the long term experiment groups created by our method achieved significantly better results in the comparison with the reference method (k-means clustering).

**Keywords:** CSCL, Collaboration, Group Technology, Groups

## 1 Introduction

Research in Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) domain can be grouped into systematic and dialogical approaches [4]. The systematic approach concerns the creating of models describing how the specific features of technological systems support or constrain collaboration, reasoning, knowledge representation, and structure of discourse [3]. On the other hand, the dialogical approach considers learning as a social-based activity. Therefore, we should pay appropriate attention to the group formation process which can significantly influence collaboration and thus, it is possible source of many improvements how to support effective collaboration.

In this paper, we deal with the dialogical approach, especially with the encouragement of students in collaborative learning by creating dynamic short-term study groups and design a collaboration platform which allows these groups to collaborate efficiently. The reason to follow this goal is the fact that we do not know what makes collaboration really effective and therefore how to join the students into effective groups. Thus, if we want students to collaborate effectively we should help them find appropriate collaborators.

## 2 Method for Creating Dynamic Groups

Recently, several methods and techniques were applied to group formation, e.g. particle swarm optimization, ontologies, genetic algorithms or agent-based methods. These methods usually use only one source of information about students and do not consider actual context, i.e. characteristics of the collaboration. Also they suppose that a teacher knows which attributes make collaboration more effective.

One interesting and prospective approach to group formation is based on Group Technology. According to Selim, et al. [6] Group Technology (GT) is an approach to manufacturing and engineering management that helps manage diversity by capitalizing on underlying similarities in products and activities. One application of the GT approach in manufacturing is a so-called Cellular Manufacturing. Groups of machines should be located in close proximity in order to produce a particular family of similar parts and thus minimize production and transfer time [2]. Several types of methods are described in [6] to solve the problem of cell formation. The most appropriate for us are procedures based on cluster analysis, especially array-based clustering techniques.

The basic idea of our method is derived from the GT approach because it seems to solve similar problem as we have to solve to reach our goal. Analogy between domain entities can be easily found. It is possible to replace a machine with a student, a part with a characteristic, assignment of parts to the machine with assignment of characteristics to the student, and a family of similar parts with a set of related characteristics. Moreover, we can find this analogy also in goals; instead of optimizing machine production we need to optimize collaboration process.

The proposed method consists of two main processes (see Figure 1): (i) Group Formation takes different personal or collaborative characteristics as inputs and creates study groups. Personal characteristics can be student's knowledge, interests, or any other personal characteristics (e.g. age, gender). We can obtain these characteristics from many sources, such as existing user models, social networks or questionnaires. Furthermore, characteristics can include collaborative aspects, such as students' collaborative behavior; (ii) Collaboration allows students of created groups to participate on task solving via a collaboration platform which provides appropriate collaboration tools together with functionality for observation groups' dynamic aspects which are used as one of inputs in the method for creating groups.

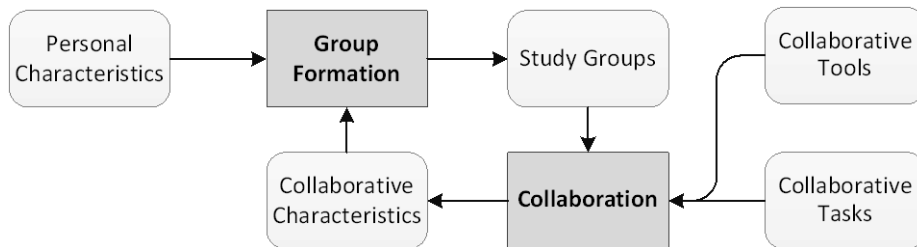


Fig. 1. Basic schema of context of the proposed method for group formation



Input data to our method are composed of two matrices: a matrix of related characteristics and a matrix of assignments of characteristics to students. We consider characteristics related if their combination leads to positive influence on collaboration.

The matrix of related characteristics is defined as follows. Let  $C$  be the set of all characteristics  $C = \{c_j\}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Every characteristic can be represented as a  $n$ -dimensional vector  $c_j = (c_j^1, c_j^2, \dots, c_j^n)$ , where:

$$c_j^i = \begin{cases} 1 & \text{if characteristic } c_j \text{ should be combined with characteristic } c_i \\ 0 & \text{if characteristic } c_j \text{ should not be combined with characteristic } c_i \end{cases} \quad (1)$$

The matrix of assignment of characteristics to students is defined as follows. Let  $L$  be the set of all learners  $L = \{l_k\}$ ,  $k = 1, 2, \dots, m$ . Every learner can be represented as a  $n$ -dimensional vector  $l_k = (l_k^1, l_k^2, \dots, l_k^n)$ , where:

$$l_k^i = \begin{cases} 1 & \text{if characteristic } c_j \text{ is typical for learner } l_k \\ 0 & \text{if characteristic } c_j \text{ is not typical for learner } l_k \end{cases} \quad (2)$$

Calculation of clusters of learners and characteristics is performed in several steps. First of all, three values are defined for each learner vector  $l_k \in L$  and characteristic vector  $c_j \in C$ :

1. Value  $a$  is a number of characteristics contained in both vectors.
2. Value  $b$  is a number of characteristics which are typical for the current student but should not be connected with the current characteristic.
3. Value  $c$  is a number of characteristics which are not typical for the current student but should be connected with the current characteristic.

Then similarity (SC) and relevance coefficient (RC) can be defined as follows:

$$SC(l_k, c_j) = \frac{a}{a+b+c} \quad (3)$$

$$RC(l_k, c_j) = \frac{a}{a+b} \quad (4)$$

Afterwards *Group Compatibility Matrix*,  $GCM = (a_{ij})$ ,  $i \in [1, n]$ ,  $j \in [1, m]$ , can be calculated as:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } SC \geq \theta^{SC} \text{ and } RC \geq \theta^{RC} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

Values  $\theta^{SC}, \theta^{RC} \in \langle 0, 1 \rangle$  represent minimal thresholds for similarity and relevance coefficient. Algorithm starts with thresholds set to ones and continuously decreases them until a valid GCM matrix is found. A GCM matrix is valid as soon as each student has at least one assigned characteristic. Finally, it is necessary to perform clustering on a GCM matrix with any array-based clustering algorithm. We used Modified Rank Order Clustering (MODROC) for our purpose.

Output data from our method is a GCM matrix in which the clusters of the students and the characteristics are concentrated along the main diagonal (see Table 1).

Assignment of a student to a cluster of characteristics means that this student has these characteristics or these characteristics should combine with characteristics which are typical for this student. Particular study groups can be created with any combination of students from the same cluster.

**Table 1.** An example of clustered GCM matrix acquired in the first phase of evaluation

Activity	Student 1	Student 2	Student 3	Student 4	Student 5
Warn of mistake	1	1	0	0	0
Accept warn of mistake	1	1	0	0	0
Write general message	0	0	1	0	0
Ask for explanation	0	0	0	1	1
Give explanation	0	0	0	1	1
Propose action	0	0	0	1	1
Accept action	0	0	0	1	1
Write praise	0	0	0	1	0

We apply our method iteratively which allows us to use several matrices of related characteristics. Each matrix can represent different requirements how to combine characteristics together, i.e. a matrix of complementary characteristics or a dynamic matrix based on achieved results. The dynamic matrix can solve the problem of absence of information about attributes (in our proposal characteristics' combinations) which make collaboration effective and successful. After each group finishes task solving, its collaboration and achieved result is evaluated. Afterwards each combination between characteristics which are typical for members of this group is strengthened according to the achieved evaluation. Equally the dynamic matrix of assignment of characteristics to students can be updated according to the number of performed activities which contribute to these characteristics.

### 3 Evaluation

Evaluation of our method for group formation cannot be accomplished without a collaborative environment where it is applied. Therefore, we have designed and realized the collaboration platform called *Popular Collaborative Platform – PopCorm* which consists of four collaborative tools which are suitable for task solving in CSCL: a text editor, a graphical editor, a categorizer, and a semi-structured discussion. The categorizer is a special tool developed for solving different types of tasks the solution of which consists of one or more lists (categories). The semi-structured discussion represents a generic communication tool independent of a particular type of a task being solved. It provides 18 different types of messages (e.g. propose better solution). These different message types allow us to automatically identify student's activities.

Recorded activities are used to measure the collaboration by set of seven dimensions designed rooted in studies in psychology, which includes the following attributes: argumentation and reaching consensus, task and time management, shared task alignment.

In addition, pedagogue can manually add the eighth dimension representing quality of created answer.

We performed evaluation of our method and the collaboration platform in two phases. Firstly, we realized in February 2012 a short-term controlled experiment. The purpose of this experiment was to evaluate preconditions of the proposed method; namely, the precondition whether activities form natural clusters (behavioral patterns) which influence collaboration in the positive or, on the contrary, in the negative way. Moreover, the experiment was also an opportunity to get valuable comments on the implementation of the collaboration platform. Five participants in total took part in the experiment and solved 12 tasks. The precondition was confirmed and our method was able to identify three clusters of students and activities at the end of the experiment with grouping efficacy more than 88% (see Table 1).

The second phase consisted of a long-term experiment which was realized during summer term as a part of education on the course Principles of Software Engineering at the Slovak University of Technology in Bratislava. 106 students in total participated in 208 created groups. 3 613 activities are recorded during task solving. Each activity corresponds to one sent message in the semi-structured discussion.

**Table 2.** Comparison of achieved results during the second phase of the experiment

Groups created	Average evaluation	Feedback
By the proposed method	0.459	4.01
By the reference method (k-means clustering)	0.392	3.55
Randomly	0.422	3.29

The 8-dimensional evaluation of the groups created using our method was compared with a reference method (k-means clustering) and randomly created groups (see Table 2). Groups created by our method achieved the most effective and successful collaboration in comparison with the other two types of groups. We employ ANOVA statistical model to evaluate significance of achieved results and we got p-value 0.0048. Thus, the achieved results can be considered as highly significant. Additionally, students have provided a higher explicit feedback in these groups.

## 4 Related Work and Conclusion

Several works employing Group Technology (GT) approach in CSCL domain exist. Pollalis, et al. [5] proposed a method for learning objects recommendation to student groups according to students' knowledge of relevant domain terms. Two input matrices were used. The first one represented student's knowledge; the second one represented similarity or mutual dependency of relevant domain terms which was derived from their common occurrence in the same learning object. The output was clusters of students and learning objects which were suitable for these students to learn.

Similar approach is described in [2]. The main goal of this research was to identify sets of students which use similar strategies to solve mathematical exercises. Similarly to

the previous work, two matrices were calculated: the dynamic matrix representing assignment of strategies to students and the static matrix representing mutual similarity of strategies. The output was clusters of students and assigned groups of strategies. The identified clusters can be used to assign new task to particular group of students according to strategies which are familiar to the members of the group and which are suitable to solve this task as well.

As opposed to previous two works, authors in [1] considered only one matrix as input. This matrix represents teachers and subjects they teach. A hybrid grouping genetic algorithm was used to identify groups of similar subjects.

In contrast to the existing methods for group formation based on GT approach our method considers its iterative application. This allows us to take into consideration already achieved students' results in collaboration and adjust input parameters to encourage better collaboration between students. It means that we can start the group formation process with no or minimal information about students and related characteristics. Our method then automatically learns which collaborative characteristics are typical for students and which characteristics should be combined together to achieve more effective collaboration. Moreover, automatic evaluation by seven dimensions defined according psychological studies provides immediate feedback to students and advices how to collaborate more effectively.

Our method is not limited only to the CSCL domain. It can be easily applied in other domains where dynamic groups should be created according to different user characteristics. We have successfully applied the proposed method during the experiment in collaborative learning by creating dynamic short-term study groups, which showed high potential of proposed method. It would not be possible to evaluate our method for group creation without the collaborative platform PopCorm which provides students the appropriate environment for effective task solving and automatic identification of their activities.

## References

1. Blas, L. et al.: Team formation based on group technology: A hybrid grouping genetic algorithm approach. *Comput. Oper. Res.* 38, 2 (February 2011), pp. 484-495 (2011)
2. Cocea, M., Magoulas, G. D.: Group formation for collaboration in exploratory learning using group technology techniques. In *Proc. of the 14th int. conf. on Knowledge-based and intelligent inf. and eng. systems: Part II (KES'10)*, Springer, Berlin, pp. 103-113 (2010)
3. Dillenbourg, P.: What do you mean by collaborative learning?. In: Dillenbourg P. (eds): *Collaborative learning: Cognitive and Comp. Approaches*. Oxford: Elsevier, 1-19 (1999)
4. Ludvigsen, S., and Mørch, A.: Computer-supported collaborative learning: Basic concepts, multiple perspectives, and emerging trends. In *The Int. Encyclopedia of Education*, 3rd Edition, edited by B. McGaw, P. Peterson and E. Baker, Elsevier (2009)
5. Pollalis, Y. A., Mavrommatis, G.: Using similarity measures for collaborating groups formation: A model for distance learning environments, *European Journal of Operational Research*, Elsevier, vol. 193(2) (March 2009), pp. 626-636 (2009)
6. Selim, H.M. et al.: Cell formation in group tech.: review, evaluation and directions for future research. *Comput. Ind. Eng.* 34, 1 (January 1998), pp. 3-20 (1998)

## **Príloha F    Návrh článku do vedeckého časopisu**

---



# Encouragement of Collaborative Learning Based on Dynamic Groups

## Abstract

We propose a method for creating different types of study groups with aim to support effective collaboration during learning. We concentrate on the small groups which solve short-term well defined problems. The method is able to apply many types of students' characteristics as inputs, e.g. interests, knowledge, but also their collaborative characteristics. It is based on the Group Technology approach. Students in the created groups are able to communicate and collaborate with the help of several collaborative tools in a collaborative platform called PopCorm which allows us to automatically observe dynamic aspects of the created groups. The results of these observations provide a feedback to the method for creating groups. In the long term experiment groups created by our method achieved significantly better results in the comparison with the reference method (k-means clustering).

## 1 Introduction

Web 2.0 principles became very successful and brought a lot of energy into the development of web applications. One of the new trends is so-called social software. It uses the web as a broker which allows users to collaborate, communicate or share content and opinions [20]. Typical examples of social software are wikis, blogs or social portals. The rising popularity of these applications caused that many users with different interests and social contexts are connected via common applications. If we want these users to collaborate effectively we need to know how to successfully identify users' groups and help users to find appropriate collaborators [13]. This problem is especially important in the domain of Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) where group formation process can significantly influence students' collaboration.

CSCL is an approach to learning based on support of information and communication technologies. The main task of CSCL is to link together two trends. First one is a support of students' collaboration during learning in small groups [24]. Second one is increasing potential and availability of ICT infrastructure.

Research in CSCL can be grouped into systematic and dialogical approaches [15]. The systematic approach concerns the creating of models how the specific features of technological systems support or constrain collaboration, reasoning, knowledge representation, and structure of discourse [4]. On the other hand, the dialogical approach considers learning as a social-based activity. Its goal is to provide new concepts how students and teachers collaborate together. In addition, the dialogical approach explores how to design CSCL tools to support effective collaboration.

In our project, we deal with the dialogical approach, especially with encouragement of students in collaborative learning by creating dynamic short-term study groups and design a collaboration platform which allows these groups to collaborate efficiently. The reason to follow this goal is the fact that we do not know what makes collaboration really effective. If we want students to collaborate effectively we need to help students to find appropriate collaborators.

Creating appropriate groups is not a guarantee of successful and effective collaboration. Additionally, we are aware of a gap between fast growing social software and its real application in CSCL [22]. For this reason we paid attention to the design and implementation of the collaboration environment too. We proposed a collaboration platform which provides appropriate collaboration tools together with functionality for observation groups' dynamic aspects which are used as one of inputs in the method for creating groups.

## 2 Group development

The basic concept of CSCL application is collaboration which takes place in more or less explicitly defined groups. This collaboration is not performed in one consistent phase. Actually, groups are creating, developing and finally closing. This process can be described as a lifecycle of small groups. Group's effectiveness and successfulness depends on different conditions and circumstances during entire group's lifecycle [5].

A lot of various models of groups' lifecycle exist. One of the most cited and the most analyzed one is Tuckman's small group development model. In 1965, Tuckman proposed a model with 4 stages of group development: forming, storming, norming and performing [26]. Later, in 1977, Tuckman and Jensen reviewed the original model and added a final stage called adjourning [27] (see Figure 1).

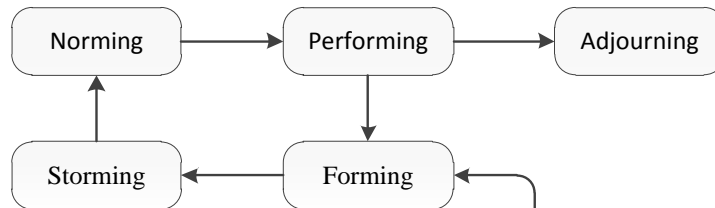


Figure 1. Tuckman's small group development model [27]

In general, Tuckman's model is considered more appropriate for localized groups than for distributed ones. Its biggest contribution is the fact that it becomes the base for many other specialized group lifecycle models. One of them is group development model by Daradoumis et al. [4] [5] (see Figure 2). This model was proposed especially for needs of collaborative learning. It focuses on those aspects of group development which are important and relevant for CSCL domain.

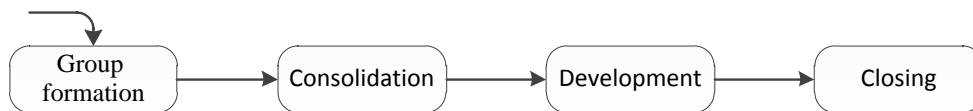


Figure 2. Group development model by Daradoumis et al. [4] [5]

We will focus on group formation in the next section because this stage of group lifecycle has significant influence on all following stages. The group itself is proposed and created in this stage.

## 3 Group formation

The main goal of the first stage of group development is to solve the problem how to assign students into groups. We identified a big amount of various methods which solve this problem. We have proposed the categorization of different approaches which is based on the most important attributes of these methods (see Figure 3).

### 3.1 According computer support

Group formation can be implemented outside the system. In this approach a pedagogue manually assign students into groups on the basis of information which are known about students. A pedagogue can approach to this task intuitively and join together those students which combination can cause active collaboration. Alternatively, pedagogue can join students randomly. Another option is assign students into groups automatically inside the system. In this case the system can consider extensive amount of information about students which can originate in many data sources (i.e. application logs or existing user models).

Group formation without the system can be very difficult and time-consuming for pedagogue [18], especially for big amount of students or in the case that pedagogue does not know students' characteristics. In addition, the complexity of manual group formation increases when we want to create heterogeneous or mixed groups where the count of all possible assignment can be really great [9].



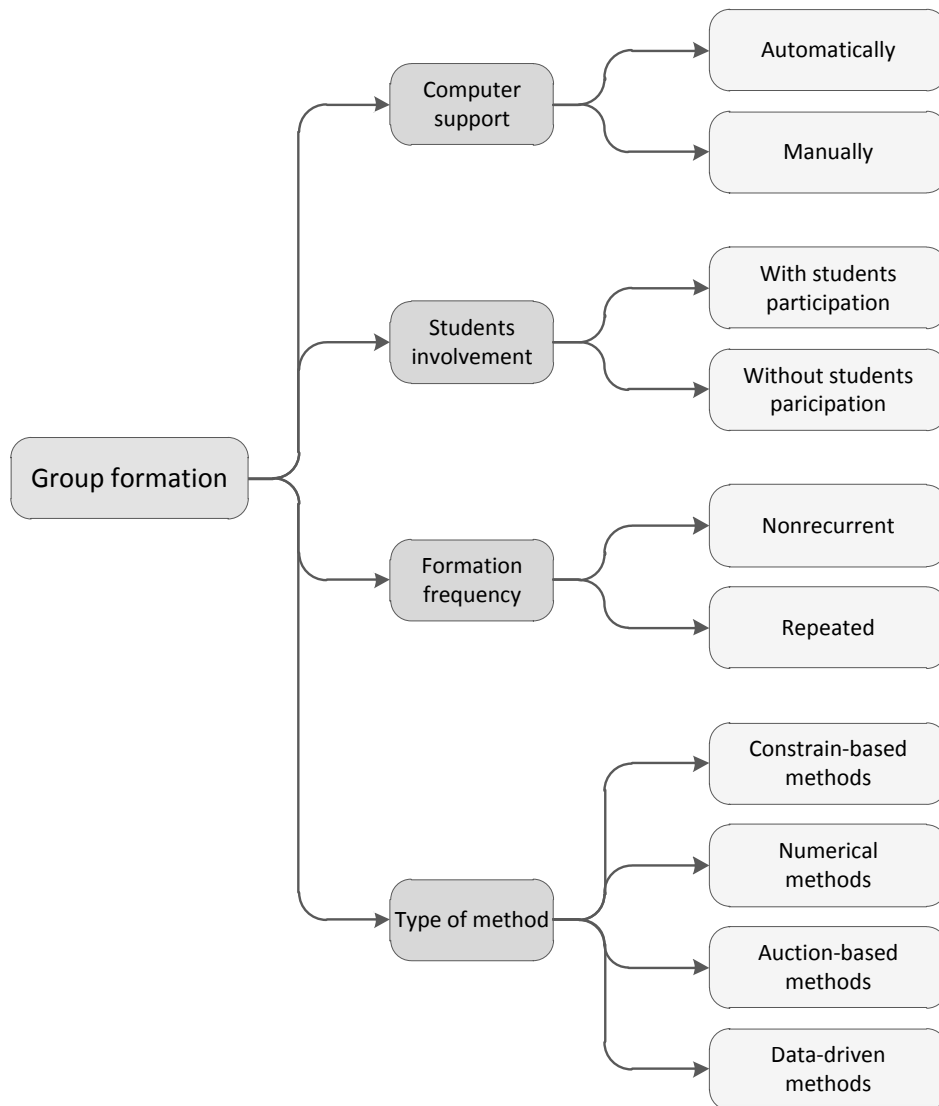


Figure 3. The proposed categorization of different approaches to group formation

### 3.2 According students involvement

If students make decisions about assignments to groups by themselves, we can divide group formation process into these steps: introducing, negotiating and norming [4]. On the other side, if students do not have possibility to influence groups' assignments, these steps exist: initiating, identifying peer learners and negotiating [29].

Some researches indicate serious problems when group formation process was managed by students by themselves [6]. Students tend to create homogenous groups on the basis of their knowledge level (i.e. good student with other good ones) or existing social relationships. This trend prevents spreading of knowledge and ideas between students in new social communities.

Moreover, another problem can be caused by minority students. If they are isolated in groups this isolation can contribute to more intensive feeling of loneliness which can finally cause their inactivity. Authors in [7] states that 21 students from 138 students in total were not able to find and join any group during the long-term experiment. By the evaluation of questionnaires at the end of the experiment, authors identify the source of this problem. Students did not realize the importance of group formation process or they became involved in this process very lately.

### **3.3 According formation frequency**

Nonrecurring methods for group formation produce single assignments of students into groups. Groups are created only once and thus, these methods do not consider their following development. As opposite to these methods, iterative methods suppose that group formation will repeat in several following rounds and therefore they can take into consideration feedback from previous students' assignments.

### **3.4 According types of methods**

Firstly, methods for solving group formation problem can be constrain-based [28]. Students' characteristics together with constrains for group assignments are commonly defined by means of ontologies. Especially, student's characteristics can be modeled by extension of existing ontologies. The main disadvantage of these methods is assumption that a pedagogue can determine which constrains influence collaboration and make it more effective. However, the current state of research does not provide answer to question how to combine users to achieve more successful collaboration. Additionally, these methods are usually nonrecurring.

Another type of methods for group formation is numerical methods [28]. These methods do not require exact rules for students' assignments into groups in comparison with constrain-based methods. Actually, they are more focused on data. Student's characteristics are represented by n-dimensional vector where value in each dimension corresponds to strength of the particular student's attribute. Two students can be compared by calculating difference between values of their vectors. We can employ any existing techniques of clustering for group formation. Some of numerical methods have the same disadvantage as constrain-based groups and are nonrecurring.

The problem with absence of feedback solves another type of group formation methods, auction-based methods. Students are represented by agents who are able to participate on virtual auctions. Agents iteratively create bids to assign particular student to the most appropriate group. Virtual financial amounts are derived from already achieved student's collaboration activities.

All previous types of methods suppose that education is somehow structured (formal) and we have enough information about students and also about learning domain. On the other side, special methods for unstructured (informal) learning exist. These methods can solve group formation problem in conditions where we have no or only minimal information about students and learning materials [21].

## **4 Impact of students' characteristics on collaboration**

Groups during collaboration process became the subject of many researches. Influence of many students' characteristics on collaboration was examined in CSCL domain. We analyze several the most relevant of them in the following overview.

One of the investigated characteristics was students' self-efficacy [29]. Students fulfilled questionnaires during the experiment to calculate score of their self-efficacy. Clustering technique was applied on calculated score and students were divided into three clusters according different level of their self-efficacy. Afterwards authors found out that different levels of self-efficacy (i.e. low, high, and mixed) have significant influence on cognitive skills and students' behavior. Groups consisted of students with higher level of self-efficacy achieved better learning results in comparison with students consisted with less self-efficacy students.

In another study, authors focus on the influence of selected personal characteristics and intelligence [10]. Questionnaires were used to identify different personality types (one of the following attributes: extraversion, neuroticism, conscientiousness, openness to experience and agreeableness). After that students were able to assign into couples by themselves. The analysis of the created couples provides interesting conclusions. Students tend to create homogenous groups according their personality types. Additionally, homogenous groups of extrovert students and heterogeneous groups of students opened to experience achieved better results in comparison with other students.

Another examined characteristic was group member familiarity [11]. Students were assigned into groups randomly. Similarly as in the previous researches, students fulfilled questionnaires at the beginning of the experiment. Questionnaires consisted of personal questions (to obtain specific personal characteristics i.e. age, gender), knowledge questions and questions about familiarity with other students in common group on 4-points scale. Afterwards, students collaborated on task solving in created groups. Three findings are derived by evaluation of data acquired during collaboration. Groups which consisted of familiar group

members require well defined rules of common collaboration. In addition, members of these groups more positively perceive collaboration and their collaboration was more fluently in comparison with other groups. It is interesting that fourth hypothesis was not confirmed: familiar group members will achieve better results than other groups. On the contrary, the results of the experiment show that their collaboration is comparable and in one aspect even worse than collaboration of groups of unfamiliar group members.

According several researches, localized learning is intensively influenced by cultural diversity. However, this hypothesis was not confirmed in distributed learning [14]. The reason of this finding can be the fact that communication and collaboration tools decrease the influence of different cultural characteristics.

In the same research [14], authors confirmed another hypothesis that groups which include natural leader obtain more effective collaboration and higher satisfaction witch achieved results.

## 5 Method for creating dynamic groups overview

Recently, several methods and techniques were applied to group formation, i.e. particle swarm optimization, ontologies, genetic algorithms or agent based methods. These methods usually use only one source of information about students and do not consider actual context, i.e. characteristics of the collaboration. Also they suppose that a teacher knows which attributes make collaboration more effective. Therefore none of these methods appears to satisfy our goal. Thus we developed a new method inspired by *Group Technology*.

### 5.1 Group Technology approach

According to Selim, et al. Group Technology (GT) is an approach to manufacturing and engineering management that helps manage diversity by capitalizing on underlying similarities in products and activities. One application of the GT approach in manufacturing is so-called *Cellular Manufacturing*, which is concerned with the design of optimal distribution of machines which cooperate on the production of a set of part families [23]. It is necessary to identify families of similar parts and machines to solve this problem. This process is called *cell formation*. In other words, groups of machines should be located in close proximity in order to produce a particular family of similar parts and thus minimize production and transfer time [2].

Several works employing Group Technology approach in CSCL domain exist. Pollalis, et al. [18] proposed a method for learning objects recommendation to student groups according to students' knowledge of relevant domain terms. Two input matrices were used. The first one represented student's knowledge; the second one represented similarity or mutual dependency of relevant domain terms which was derived from common occurrence in the same learning object. The output was clusters of students and learning objects which were suitable for these students to learn.

Similar approach is described in [2]. The main goal of this research was to identify sets of students which use similar strategies to solve mathematical exercises. Similarly to the previous work, two matrices were calculated: the dynamic matrix representing assignment of strategies to students and the static matrix representing mutual similarity of strategies. The output was clusters of students and assigned groups of strategies. The identified clusters can be used to assign new task to particular group of students according to strategies which are familiar to the members of the group and which are suitable to solve this task as well.

As opposed to previous two works, authors in [1] considered only one matrix as input. This matrix represents teachers and subjects they teach. A hybrid grouping genetic algorithm was used to identify groups of similar subjects.

Authors achieved successful and interesting results in the experiments with the methods based on GT approach. Therefore, GT can be applied in the learning domain and support effective education in spite of its technological background. However, the analyzed methods have some limitations. They are static and nonrecurring so they do not consider any feedback how well the groups are really created. Additionally, they are able to take only limited attributes as input (i.e. static list of predefined strategies) with strict constrains to possible sources of these attributes. We propose the method which eliminates these limitations and constrains.

GT seems to solve similar problem as we have to solve to reach our goal. Analogy between domain entities can be easily found. It is possible to replace a machine with a student, a part with a characteristic, assignment of parts to the machine with assignment of characteristics to the student, and a family of similar

parts with a set of related characteristics. Moreover, we can find this analogy also in goals; instead of optimizing machine production we need to optimize collaboration process.

## 5.2 Context of the proposed method

The context of the proposed method consists of two main processes (see Figure 4): (i) *Group Formation* takes different personal or collaborative characteristics as inputs and creates study groups. Personal characteristics can be student’s knowledge, interests, or any other personal characteristics (e.g. age, gender). We can obtain these characteristics from many sources, such as existing user models, social networks or questionnaires.

Furthermore, characteristics can be collaborative, such as friendship with other students or student’s collaborative behavior. Characteristic activities performed during collaborative task solving can be obtained automatically as we propose in the next section. (ii) *Collaboration* allows students of created groups to participate on task solving via a collaboration platform which provides appropriate collaboration tools together with functionality for observation groups’ dynamic aspects which are used as one of inputs in the method for creating groups.

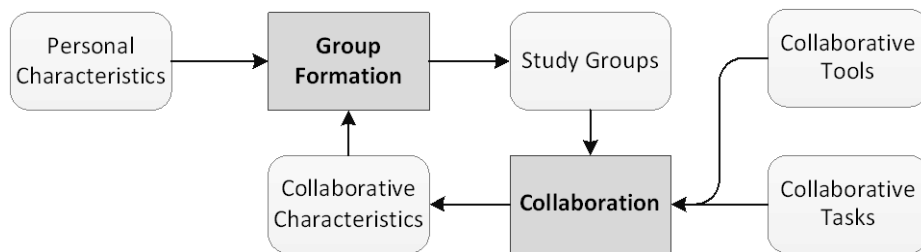


Figure 4. Basic schema of the context of the proposed method for group formation

## 6 Characteristics as input data

### 6.1 Preconditions

We require two preconditions in the method proposal: (i) Students’ characteristics form natural clusters of related characteristics. The proposed method requires explicit definition of characteristics which should be considered during group formation process. However, relations between characteristics do not have to be known. (ii) Clusters of related characteristics influence collaboration and achieved results in positive or in the contrary in negative way.

### 6.2 Categories of relevant characteristics

Input to the process of the group formation can be many characteristics which we have already sorted into two groups: personal and collaborative characteristics. We have analyzed several characteristics which positively influence collaboration in section 4. However, not all combinations of these characteristics have significant influence on collaboration and achieved results. But we want to consider during the group formation process as many characteristics as possible. Thus, we sort all available characteristics into several categories of relevant characteristics. Combinations of characteristics from one common category have significant influence on collaboration, i.e. the first category can represent demographic information about students (age, gender) and the second one can represent collaborative characteristics (argumentation and reaching consensus).

### 6.3 Input data

Input data to our method are composed of two matrices: a matrix of related characteristics and a matrix of assignments of characteristics to students. We consider two characteristics related if their combination leads

to positive influence on collaboration. We use the separate matrix of related characteristics for each category of relevant characteristics and the proposed method is applied on each matrix individually.

The matrix of related characteristics is defined as follows. Let  $C$  be the set of all characteristics  $C = \{c_j\}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Every characteristic can be represented as a  $n$ -dimensional vector  $c_j = (c_j^1, c_j^2, \dots, c_j^n)$ , where:

$$c_j^i = \begin{cases} 1 & \text{if characteristic } c_j \text{ should be combined with characteristic } c_i \\ 0 & \text{if characteristic } c_j \text{ should not be combined with characteristic } c_i \end{cases}$$

The matrix of assignment of characteristics to students is defined as follows. Let  $L$  be the set of all learners  $L = \{l_k\}$ ,  $k = 1, 2, \dots, m$ . Every learner can be represented as a  $n$ -dimensional vector  $l_k = (l_k^1, l_k^2, \dots, l_k^n)$ , where:

$$l_k^i = \begin{cases} 1 & \text{if characteristic } c_j \text{ is typical for learner } l_k \\ 0 & \text{if characteristic } c_j \text{ is not typical for learner } l_k \end{cases}$$

## 7 Group creation based on group compatibility matrices

Input data to the proposed method represents standard cell formation problem described in section 5.1. Several types of methods are described in [23] to solve the problem of cell formation. The most appropriate for our project are procedures based on cluster analysis, especially array-based clustering techniques.

### 7.1 Calculation of clusters of learners and characteristics

Calculation of clusters of learners and characteristics is performed in several steps:

1. Calculation of vectors' comparison values
2. Calculation of similarity and relevance coefficients
3. Creation Group Compatibility Matrix
4. Clustering on Group Compatibility Matrix

First of all, three values are defined for each learner vector  $l_k \in L$  and characteristic vector  $c_j \in C$ :

1. Value  $a$  is a number of characteristics contained in both vectors.
2. Value  $b$  is a number of characteristics which are typical for the current student but should not be connected with the current characteristic.
3. Value  $c$  is a number of characteristics which are not typical for the current student but should be connected with the current characteristic.

Then similarity (SC) and relevance coefficient (RC) can be defined with these three values:

$$SC(l_k, c_j) = \frac{a}{a + b + c}$$

$$RC(l_k, c_j) = \frac{a}{a + b}$$

Afterwards Group Compatibility Matrix,  $GCM = (a_{ij})$ ,  $i \in [1, n]$ ,  $j \in [1, m]$ , can be calculated as:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } SC \geq \theta^{SC} \text{ and } RC \geq \theta^{RC} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

Values  $\theta^{SC}, \theta^{RC} \in (0, 1)$  represent minimal thresholds for similarity and relevance coefficient. Algorithm starts with thresholds set to ones and continuously decreases them until a valid GCM matrix is found. A GCM matrix is valid as soon as each student has at least one assigned characteristic.

Finally, it is necessary to perform clustering on a GCM matrix with any array-based clustering algorithm. For our purpose Modified Rank Order Clustering (MODROC) was used.

### 7.2 Output data

Output data from our method is a GCM matrix in which the clusters of the students and the characteristics are concentrated along the main diagonal (see Table 1). Assignment of a student to a cluster of characteristics

means that this student has these characteristics or these characteristics should combine with characteristics which are typical for this student. Particular study groups can be created with any combination of students from the same cluster.

Table 1. An example of clustered GCM matrix acquired in the first phase of evaluation

Activity	Student 1	Student 2	Student 3	Student 4	Student 5
Warn of mistake	1	1	0	0	0
Accept warn of mistake	1	1	0	0	0
Write comment	1	0	0	0	0
Write general message	0	0	1	0	0
Ask for explanation	0	0	0	1	1
Give explanation	0	0	0	1	1
Propose action	0	0	0	1	1
Accept action	0	0	0	1	1
Write praise	0	0	0	1	0

### 7.3 Combining of GCM matrices

We obtain several GCM matrices by applying the proposed method on each category of related characteristics individually. For this reason each student is assigned to so many clusters of students and characteristics as the categories of related characteristics. It means that we can combine these clusters to create the most effective group. Concrete way how to combine groups depends on the particular categories of related characteristics and domain specific requirements. Example of assignment student to several clusters of students and characteristics is displayed in table 2. If we receive request to assign student  $l_1$  to a new group we can:

1. Focus on student's actual context in the learning system and use those clusters of students and characteristics which are relevant to his/her actual context. For example if student is reading a learning object about design patterns we can use the combination of specialization and knowledge of programming languages. We will achieve that students in the created group will be able talk about applying design patterns in well known domain (web applications or DB systems) and in familiar programming language (Ruby).
2. Another possibility is to create a new group without focus on the particular category of related categories. We can consider only those students which have common all categories of related characteristics with student  $l_1$  ( $l_6$ ) or at least two categories ( $l_3, l_6, l_7$ ). In some cases common assignment in at least one category can be enough ( $l_2, l_3, l_4, l_6, l_7$ ).

Table 2. Example of assignment student  $l_1$  to several clusters of students and characteristics

Category of related characteristics	Cluster of characteristics	Cluster of students
Specialization	Web applications, DB systems	$l_1, l_4, l_6$
Knowledge of programming languages	High knowledge of Ruby, medium knowledge of PHP	$l_1, l_3, l_6, l_7$
Collaborative behavior	Active, communicative	$l_1, l_2, l_3, l_6, l_7$

### 7.4 Iterative application of the method

We apply our method iteratively which allows us to use several matrices of related characteristics. Each matrix can represent different requirements how to combine characteristics together, i.e. a matrix of complementary characteristics or a dynamic matrix based on achieved results.

The dynamic matrix can solve the problem of absence of information about attributes (in our proposal characteristics' combinations) which make collaboration effective and successful. After each group finish task solving, its collaboration and achieved result is evaluated. Afterwards each combination between characteristics which are typical for members of this group will be strengthened according to the achieved evaluation.

Equally the dynamic matrix of assignment of characteristics to students can be updated according to the number of performed activities which contribute to these characteristics.

## 8 Application of the proposed method

In this chapter we present example application of the proposed method in the specific domain of one-term class which is educated on university and which belongs to the field of IT. Collaboration is executed in small, short-term and distributed groups.

### 8.1 Collaborative tasks

Collaborative task must be defined in the way which enables active participation of all group members. We propose seven different types of collaborative tasks which are suitable for our domain:

1. *Group discussions* about any general problem, i.e. discuss under which circumstances it is suitable to develop software with agile methods.
2. *Explanations* of relevant domain terms, i.e. explain what composition and aggregation means in the data modeling.
3. *Proposals* to some well defined problems, i.e. propose state diagram of bug report in issue tracking systems.
4. *Listings* of particular items, i.e. list at least five most important software attributes of application for electronic banking.
5. *Comparisons* of two entities, i.e. compare COTS and MOTS applications.
6. *Advantages/Disadvantages* of selected entity, i.e. give advantages and disadvantages of use case points technique.
7. *Pros/Cons* of two entities, i.e. compare two models of SW lifecycle. The first student defend waterfall model, the second one defends iterative model.

### 8.2 Collaborative tools

We recognize need to design one communication and three interaction collaborative tools according to identified types of collaborative tasks: a semi-structured discussion, a text editor, a graphical editor and a categorizer.

The *semi-structured discussion* represents a generic communication tool independent of a particular type of a task being solved. Discussion is partially structured by employing well-know and verified approach sentence openers. According [10] groups, in which members are communicating via structured interface, show much more intensive orientation on task solving in comparison with groups, in which members communicate via unstructured interface. Additionally, students by themselves tend to use structured discussion (the structured messages represent about 58% of all sent messages). On the other hand, strictly structured communication interface can negatively influence collaboration [16]. Especially in the case that students want to write a message which cannot be classified into any of predefined type of messages. Thus, we decided to design a semi-structured interface which provides 18 different types of messages (e.g. propose better solution) which include also general message type and comments which can be used to write a message with any content. These special types of free messages solve the problem with the strictly structured communication interface. Introduction of the structured interface means the important component of our design because different message types allow us to automatically identify student's activities.

The *text editor*, the first interaction tool, is suitable for collaborative writing of free text. It provides functionality for parallel editing of written text by several users at the same time together with conflict resolution in the case when two users edit the same part of the text. Functionality for basic text formatting is sufficient for our purpose.

The *graphical editor* provides opportunity to collaborate visually by draft drawing. Its functionality covers drawing the vector shapes, importing raster images, adding text notes, etc.

Last but not least, the *categorizer* is a special tool developed for solving different types of tasks the solution of which consists of one or more lists (categories). Categorizer allows users to create categories or

items, move items from one category to another and reorder items in categories with standard drag-and-drop technique.

### 8.3 Characteristics

We decided to focus on collaborative characteristics in our application. There are several reasons for this decision. Mainly, students have very similar personal characteristics in our domain. The difference in their age is negligible; also it is typical unequal representation of genders in our local conditions. Additionally, we are not aware of any universal personal characteristics which can positively influence collaboration.

We can automatically identify students' activities because of design of the semi-structured discussion. Afterwards, we can derive students' collaborative characteristics from activities which contribute to these characteristics. This solution causes cold start problem. At the beginning of group formation process we do not know anything about students' collaborative characteristics. However, we estimate that the sufficient amount of activities will be recorded to derive students' significant characteristics after the first or the second iteration.

We design collaborative activities according to McManus and Aiken's taxonomy of Collaborative Skill Network [17]. Examples of activities are: propose better solution, accept the proposal, ask for explanation or provide explanation.

### 8.4 Evaluation of collaboration quality

Recorded activities are used to measure the collaboration by set of seven metrics designed according to studies in psychology [2], which includes the following attributes:

1. Sustaining mutual understanding,
2. Information exchanges for problem solving,
3. Argumentation and reaching consensus,
4. Task and time management,
5. Sustaining commitment,
6. Shared task alignment,
7. Fluidity of collaboration.

In addition, pedagogues can manually add the eighth metric representing quality of the created answer. Afterwards, final evaluation of collaboration quality is calculated as follows:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^7 D_i + 4D_8}{11}$$

## 9 Evaluation

Evaluation of our method for group formation cannot be accomplished without a collaborative environment where it can be applied. Thereby we have designed and realized the collaboration platform which consists of four collaborative tools: a text editor, a graphical editor, a categorizer, and a semi-structured discussion.

Our collaboration platform called *Popular Collaborative Platform – PopCorm* (see Figure 5) is integrated with educational environment ALEF [25].

We performed evaluation of our method and the collaboration platform in two phases. Firstly, we realized in February 2012 a short-term controlled experiment. The purpose of this experiment was to evaluate preconditions of the proposed method; namely, the precondition whether activities form natural clusters (behavioral patterns) which influence collaboration in the positive or on the contrary in the negative way. Moreover, the experiment was also an opportunity to get valuable comments on the implementation of the collaboration platform. Five participants in total took part in the experiment and solved 12 tasks. The precondition was confirmed and our method was able to identify three clusters of students and activities at the end of the experiment with grouping efficacy more than 88% (see Table 1).



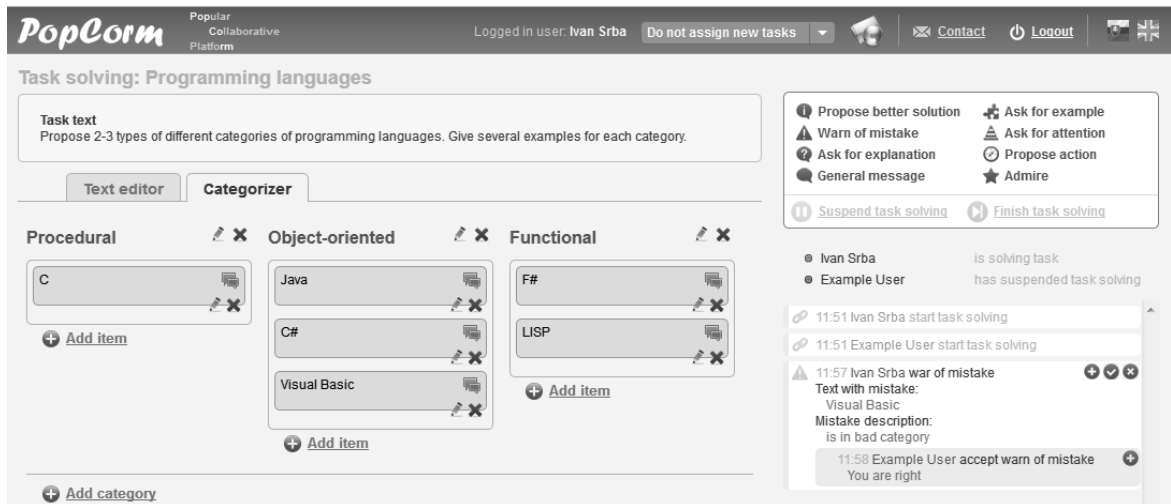


Figure 5. Screenshot from the collaboration platform PopCorm; the categorizer tool is displayed

The second phase consisted of a long-term experiment which was realized during summer term as a part of education on the course Principles of Software Engineering at the Slovak University of Technology in Bratislava (see Table 3). Students learn new topics and share information during lectures or during their individual study by means of adaptive web-based educational system ALEF with integrated PopCorm platform for solving assignments collaboratively.

Table 3. Statistics of results achieved in the second phase of experiment

Metric	Value	Additional notes
Number of students	110	Number of students who are assigned to group at least once.
Number of groups	254	Additional 35 were created but students were not able to start collaboration.
Number of activities	3763	Each activity corresponds to one sent message in the semi-structured discussion.
Average duration of solution	11 minutes	Each cluster contains in average 6 characteristics and 11 students.

The 8-dimensional evaluation of the groups created using our method was compared with a reference method (k-means clustering) and randomly created groups (see Table 4). Groups created by our method achieved the most effective and successful collaboration in comparison with the other two types of groups.

We employ ANOVA statistical model to evaluate significance of achieved results and we got p-value 0.0048. Thus, the achieved results can be considered as highly significant. Additionally, students have provided a higher explicit feedback in these groups.

Table 4. Comparison of achieved results during the second phase of the experiment

Groups created	Average evaluation	Feedback
By the proposed method	0.459	4.01
By the reference method (k-means clustering)	0.392	3.55
Randomly	0.422	3.29

## 10 Study of collaborative learning

The main goal of the second phase of experiment was compare the proposed method with the reference one. However, we received also big amount of data not only about the methods but also about other domain entities: students, groups, tasks and characteristics. Thus, we created a study of collaborative learning based on recorded data.

### 10.1 Students

Students achieved average evaluation of collaboration quality 0.39 per group (standard deviation 0.1). In addition, we have calculated student's total evaluation of collaboration quality as sum of partial evaluations in all groups in which particular student participate on task solving. Students achieved average total evaluation 2.27 (standard deviation 2.02). Standard deviation for total evaluation is significantly higher because of various counts of groups in which particular students participated.

Furthermore, we analyzed correlation between students' evaluation of collaboration quality and their study achievements. Students with worse study results tend to solve more tasks than other students. Thus, they achieved higher total evaluation. On the other side, their average evaluation is lower than average evaluation of groups with better students. We can explain this result by the influence of the motivation. Students who actively participated in the experiment and achieved the most successful results were rewarded. Despite this possible negative influence, it is important that better students achieved better average evaluation.

### 10.2 Groups

The collaborative platform PopCorm created during the experiment 208 groups which consist of two members and 46 groups which consist of three members. Triads achieved higher evaluation (0.442) in comparison with couples (0.408). Higher evaluation was caused mainly by more intensive collaboration which influences the dimensions such as argumentation and reaching consensus or time and task management.

Additionally, we evaluated correlation between manual evaluation (the eight dimension of evaluation of collaboration quality) and other automatically calculated dimensions. The highest correlation was calculated for fluidity of collaboration (0.35), sustaining mutual understanding (0.18), argumentation and reaching consensus (0.18) and information exchanges for problem solving (0.16). We can derive several findings from these results. The more successful groups are those in which students are able to divide the task into several partial problems and afterwards participate on their solving with approximately same share. Furthermore, the quality of collaboration is also positively influenced by content which is created in the way that it is clearly understandable by all group members. Especially we positively judge influence of argumentation and reaching consensus because students expressed their agreement and disagreement with the proposals of other group members. This fact is in the contrast with results of similar researches where students tended to avoid critical evaluation of other group members. However, creative conflict is considered as very important for collaborative learning [4].

### 10.3 Tasks

Average evaluation of collaboration quality per task was 0.4 with relatively low standard deviation 0.08. Therefore, the tasks solved during the experiment had even difficulty. Moreover, we found out that students were able to solve prepared task in 11 minutes in average.

### 10.4 Characteristics

We were interested in the correlation between students' characteristics or activities and the quality of achieved results. We calculated the highest correlation between pedagogues' manual evaluation and activities: write praise (0.28), propose action (0.23) and warn of mistake (0.20). Furthermore, we calculated how many students use the defined activities. The most students used accept proposed action (55), write praise (47) and propose action (40). We can derive interesting findings from these values. Collaboration

process and the achieved result are positively influenced by students' self-regulation. Students are able independently manage their collaboration, warn other members about eventual imperfections of created solution and thus improve the result of their collaboration. We positively evaluate also finding that students are able to motivate themselves mutually by writing praise for well created contribution to overall solution.

## **11 Discussion**

We achieved positive results in the both phases of the experiment. Additionally, students perceived collaborative learning as interesting and unconventional way of education. We have exchanged 47 emails in total with the participants during the experiment. Students expressed positive feedback to their movement from individual learning to collaborative one. In addition, they show interest in the goal of the experiment via questions about how the proposed method works. Last but not least, we received a lot of proposals how to enhance collaborative learning, especially improvements in the collaborative platform PopCorm. The part of these improvements has been already implemented.

On the other side, we are also aware of some aspects where it would be suitable to improve the realization of the experiment. It was necessary to explicitly motivate students to participate on collaboration in the environment where the experiment was executed. The possible reason of this problem is the fact that this kind of innovative form of education is not usual in our university. An ideal state would be that collaborative learning will be the part of student's regular preparation for the education process. Also, it would be suitable to hide evaluation of collaboration quality from students in this kind of the experiment. It was not possible in our experiment because the evaluation was the one part of students' motivation. Keeping students up to date with evaluation could have negatively influenced their collaborative behavior. Although, students did not have enough space of time to determine complicated dependencies between their behavior (performed activities) and the achieved evaluation.

## **12 Conclusion and future work**

One result of increasing number of users in the current web is the problem of effective collaboration. The group formation process is the most important phase within groups' lifecycle. The result of this phase intensively influence following collaboration and quality of the achieved result. Therefore, we proposed the method for creating dynamic short-term groups to solve this problem. The proposed method is based on Group Technology (GT) approach. It can take many users' personal or collaborative characteristics as inputs.

In contrast to the existing methods for group formation based on GT approach our method considers its iterative application. This allows us to take into consideration already achieved users' results in collaboration and adjust input parameters to encourage better collaboration between users. It means that we can start the group formation process with no or minimal information about users and related characteristics. Our method then automatically learns which collaborative characteristics are typical for users and which characteristics should be combined together to achieve more effective collaboration. Moreover, automatic evaluation by seven dimensions defined according psychological studies provides immediate feedback to users and advices how to collaborate more effectively.

Our method is not limited only to the CSCL domain. It can be easily applied in other domains where dynamic groups should be created according to different user characteristics. We have successfully applied the proposed method during the experiment in collaborative learning by creating dynamic short-term study groups, which showed high potential of proposed method. It would not be possible to evaluate our method for group creation without the collaborative platform PopCorm which provides students the appropriate environment for effective task solving and automatic identification of their activities.

We identified many possibilities how to improve current design of the proposed method and its application in collaborative learning. We did not focus on task assignments to created groups in our work. It provides very promising possibility how to enhance students' collaboration because each group has different characteristics. Personalization of task assignment based on task's and group's attributes (i.e. knowledge of relevant domain terms which are necessary to achieve correct task solution) represents interesting potential.

One of indirect results of our experiments is a big amount of data about students' collaborative learning which provides possibility for further analyzes not only for supporting collaborative learning in CSCL domain but also from psychological point of view.

## References

- [1] Blas, L. et al.: Team formation based on group technology: A hybrid grouping genetic algorithm approach. *Comput. Oper. Res.* 38, 2 (February 2011), 2011, pp. 484-495.
- [2] Burkhardt, J., Détienne, F., Hébert, A., Perron, L., safin, S., Leclercq, P.: An approach to assess the quality of collaboration in technology-mediated design situations. In *European Conference on Cognitive Ergonomics: Designing beyond the Product --- Understanding Activity and User Experience in Ubiquitous Environments (ECCE '09)*, Leena Norros, Hanna Koskinen, Leena Salo, and Paula Savioja (Eds.). VTT Technical Research Centre of Finland, VTT, Finland, Article 30, 2009.
- [3] Cocea, M., Magoulas, G. D.: Group formation for collaboration in exploratory learning using group technology techniques. In *Proc. of the 14th int. conf. on Knowledge-based and intelligent inf. and eng. systems: Part II (KES'10)*, Springer, Berlin, 2010, pp. 103-113.
- [4] Daradoumis, T., Marquès, J.M., Guitert, M., Giménez, F., vSegret, R.: Enabling Novel Methodologies to Promote Virtual Collaborative Study and Learning in Distance Education. In: *Proc. of the 20th World Conf. on Open Learning and Distance Education (The Future of Learning - Learning for the Future: Shaping the Transition)*. Düsseldorf, Germany, 2001.
- [5] Daradoumis, T., Guitert, M., Giménez, F., Marquès, J. M., Lloret, T.: Supporting the Composition of Effective Virtual Groups for Collaborative Learning. In *Proc. of the Int. Conf. on Computers in Education (ICCE '02)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2002, 332-336.
- [6] Deibel, K.: Team formation methods for increasing interaction during in-class group work. In *Proc. of the 10th annual SIGCSE conf. on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '05)*. ACM, New York, NY, USA, 2005, 291-295.
- [7] Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., O'Malley, C.: The evolution of research on collaborative learning. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), *Learning in humans and machines: Towards an interdisciplinary learning science*. Oxford, UK: Elsevier, 1996, 189-211.
- [8] Dillenbourg, P.: What do you mean by collaborative learning?. In: Dillenbourg P. (eds): *Collaborative learning: Cognitive and Comp. Approaches*. Oxford: Elsevier, 1999, pp. 1-19.
- [9] Gogoulou, A., Goulie, E., Boss, G., Liakou, E., Grigoriadou, M.: Forming homogeneous, heterogeneous and mixed groups of learners. In *Proc. of Workshop on Personalisation in E-Learning Environments at Individual and Group Level*, 11th Int. Conf. on User Modeling, 2007, 33-40.
- [10] Hórreo, V.S, Carro, R. N.: Studying the impact of personality and group formation on learner performance. In *Proc. of the 13th int. conf. on Groupware: design implementation, and use (CRIWG'07)*, Jörg M. Haake, Sergio F. Ochoa, and Alejandra Cechich (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007, 287-294.
- [11] Janssen, J., Erkens, G., Kirschner, P. A., Kanselaar, G.: Influence of group member familiarity on online collaborative learning. *Comput. Hum. Behav.* 25, 1 (January 2009), 2009, 161-170.
- [12] Jermann, P., Schneider, D.: Semi-structured interface in collaborative problem solving. *Proceedings of the First Swiss Workshop on Distributed and Parallel Systems*, Lausanne, Switzerland, 1997.
- [13] Liccardi, I., Ounnas, A. et.al.: The role of social networks in students' learning experiences. In *Working group reports on ITiCSE on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE-WGR '07)*. ACM, New York, NY, USA, 2007, 224-237.
- [14] Lim, J., Liu, Y.: The role of cultural diversity and leadership in computer-supported collaborative learning: a content analysis. *Inf. Softw. Technol.* 48, 3 (March 2006), 2006, 142-153.
- [15] Ludvigsen, S., and Mørch, A.: Computer-supported collaborative learning: Basic concepts, multiple perspectives, and emerging trends. In *The Int. Encyclopedia of Education*, 3rd Edition, edited by B. McGaw, P. Peterson and E. Baker, Elsevier (in press), 2009.
- [16] Matessa, M., Anderson, J.: Towards an ACT-R model of communication in problem solving. *Proceedings of the 1999 AAAI Fall Symposium: Psychological Models of Communication in Collaborative Systems*, Cape Cod, MA, 1999, 67-72.
- [17] McManus, M., Aiken, R.: Monitoring computer-based problem solving. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 6(4), 1995, 307-336.

- [18] Ounnas, A., Davis, H., Millard, D.: A Framework for Semantic Group Formation. In *Proc. of the 2008 Eighth IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT '08)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2008, 34-38.
- [19] Pollalis, Y. A., Mavrommatis, G.: Using similarity measures for collaborating groups formation: A model for distance learning environments, *European Journal of Operational Research*, Elsevier, vol. 193(2) (March 2009), 2009, pp. 626-636.
- [20] Rollett, H., Lux, M., Strohmaier, M., Dosinger, G., Tochtermann, K.: The Web 2.0 way of learning with technologies. *Int. J. Learn. Technol.* 3, 1 (February 2007), 2007, 87-107.
- [21] Rubens, N., Vilenius, M., Okamoto, T.: Automatic Group Formation for Informal Collaborative Learning. In *Proc. of the 2009 IEEE/WIC/ACM Int. Joint Conf. on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 03 (WI-IAT '09)*, Vol. 3. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2009, 231-234.
- [22] Safran, C., Helic, D., Gütl., Ch.: E-Learning practices and web 2.0. In *Proc. of the Int. Conf. Interactive Computer Aided Learning*, Villach, Austria, 2007.
- [23] Selim, H.M., Askin, R. G., Vakharia, A. J.: Cell formation in group tech.: review, evaluation and directions for future research. *Comput. Ind. Eng.* 34, 1 (January 1998), 1998, pp. 3-20.
- [24] Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D.: Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2006, pp. 409-426.
- [25] Šimko, M., Barla, M., Bieliková, M.: ALEF: A Framework for Adaptive Web-based Learning 2.0. In *Key Competences in the Knowledge Society 2010, IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Vol. 324. Springer, 2010, pp. 367–378.
- [26] Tuckman, B. W. Developmental sequence in small groups. *Psychological Bulletin*, 63, 6 (1965), 384-399.
- [27] Tuckman, B. W. and Jensen, M. A. C. Stages of Small-Group Development Revisited. *Group & Organization Studies*, 2, 4 (1977), 419-427.
- [28] Tvarožek, J. Bootstrapping a Socially Intelligent Tutoring Strategy. *Information Sciences and Technologies Bulletin of the ACM Slovakia*, Vol. 3, No. 1 (2011) 33-41
- [29] Wang, S., Lin, S. S. J.: The effects of group composition of self-efficacy and collective efficacy on computer-supported collaborative learning. *Computer Human Behavior* 23, 5 (September 2007), 2007, 2256-2268.
- [30] Wessner, M., Pfister, H.: Group formation in computer-supported collaborative learning. In *Proc. of the 2001 Int. ACM SIGGROUP Conf. on Supporting Group Work (GROUP '01)*, Clarence (Skip) Ellis and Ilze Zigurs (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 2001, 24-31.



## Príloha G    Obsah elektronického média

---

- *Diplomova-praca*
  - Elektronická verzia dokumentu diplomovej práce
- *Implementacia*
  - Zdrojový kód aplikácie spoločne s technickou dokumentáciou
- *Nasadenie*
  - Konfiguračné súbory pre produkčné nasadenie aplikácie
- *Publikacie*
  - Príspevok odoslaný na konferenciu EC-TEL 2012
  - Príspevok prijatý na konferenciu IIT.SRC 2012
  - Poster prezentovaný na konferencii IIT.SRC 2012
- *Testovanie*
  - Testovacie skripty a vstupné súbory potrebné pre spustenie testov