

OPONENTSKÝ POSUDEK DIZERTAČNÍ PRÁCE

Martin Kauer

Two basic problems of incremental construction in formal concept analysis

Autor se v práci zabývá dvěma problémy z oblasti formální konceptuální analýzy (FCA). Prvním je odebrání jedné incidence mezi objektem a atributem z binární relace mezi nimi, formálního kontextu, a jeho dopad na formální koncepty a konceptuální svaz. Tento problém je jedním ze základních problémů FCA – přesto se jím samotným do hloubky dosud nikdo nezabýval – a jeho řešení lze využít k inkrementální konstrukci konceptuálního svazu (která je existujícími algoritmy tradičně prováděna postupným přidáváním objektů s jejich atributy) a i k aktualizaci svazu po libovolné úpravě kontextu. Tato rozšíření základního studovaného problému jsou v práci rovněž uvedena.

Práce obsahuje detailní teoretický rozbor problému, jehož hlavními, pro tento problém novými, výsledky jsou dva algoritmy, úpravy samotných formálních konceptů a úpravy konceptuálního svazu, tj. konceptů včetně vztahů mezi nimi. Oba algoritmy, operace v nich prováděné, vyplývají z prezentovaných výsledků, ovšem v popisu druhého algoritmu (dále Algoritmus 2), znatelně komplikovanějšího, nejsou úpravy ve vztazích mezi formálními koncepty, přestože jsou ilustrovány na příkladech, dostatečně zdůvodněny ve vztahu k výsledkům.

Algoritmy jsou doplněny výsledky z drobných experimentů s nimi sledujících počet upravovaných formálních konceptů (přesněji velikost podsvazu konceptuálního svazu vymezeného koncepty odpovídajícími odebrané incidenci a obsahujícího upravované koncepty) relativně k počtu všech formálních konceptů. Chybí ovšem experimenty, a také ne-experimentální porovnání, s existujícími (citovanými) inkrementálními algoritmy pro konstrukci konceptuálního svazu. Jak již bylo zmíněno výše a v práci je uvedeno, s využitím Algoritmu 2 lze vytvořit inkrementální algoritmus jednoduše tak, že se přidá objekt se všemi atributy (do kontextu „celý řádek“) a poté se Algoritmem 2 odeberou incidence navíc. A obráceně, pro porovnání existujících inkrementálních algoritmů s Algoritmem 2 v nich stačí do svazu zkonstruovaného bez objektu s odebíranou incidencí objekt přidat bez oné incidence. Byly tyto experimenty provedeny a pokud ano, proč není jejich vyhodnocení v práci zahrnuto?

Druhým v práci rozebíraným problémem je nalezení úplného podsvazu konceptuálního svazu generovaného vybranými formálními koncepty. A to bez potřeby celého svazu, pouze ze vstupního kontextu. Prezentovaným řešením je, namísto algoritmu nalezení podsvazu, algoritmus nalezení uzavřené podrelace kontextu odpovídající podsvazu, tj. takové, že konceptuální svaz podrelace je hledaným podsvazem (dále Algoritmus 3). Toto řešení je výhodné (a rychlé), podsvaz lze z podrelace následně získat libovolným algoritmem pro výpočet konceptuálního svazu. Autor se v práci zabývá také příbuzným problémem nalezení nejmenší uzavřené podrelace pro libovolnou podrelaci kontextu.

I tento druhý studovaný problém je podrobně teoreticky rozebraný, s ilustracemi na příkladech a vyhodnoceními základních experimentů sledujících počet iterací (a tedy dobu běhu) Algoritmu 3 v závislosti na počtu generujících konceptů. Porovnání s jediným známým přímo srovnatelným algoritmem ale nebylo provedeno, s odůvodněním, že tento není korektní (protože neprodukuje vždy svaz, který je podsvazem konceptuálního svazu, což je i v práci ukázáno na protipříkladu). Přesto dle mého názoru alespoň výkonnostní porovnání provedeno být mohlo. Drobný dotaz: Byli o tomto problému informováni autoři algoritmu?

Diskuze v části 3.3 k hypotéze, že počet iterací Algoritmu 3 je shora omezený součtem počtu objektů a atributů kontextu, tj. $O(|X| + |Y|)$, je matoucí. Podpořeno je to příkladem kontextů s jistým vzorem incidencí spolu s generujícími formálními koncepty, pro které dochází při každé iteraci algoritmu k rozšíření hledané podrelace a přesto počet iterací není větší než uvedená mez. Ovšem v závěru části 3.3 je (neúplně) uvedeno rozšíření onoho vzoru, pro které počet větší je. A nakonec v závěrečné části 3.6 je uvedeno, že takový příklad nelze nalézt. Jak to tedy je?

Z rozboru problému nalezení uzavřené podrelace kontextu vzešlo ještě studium nového typu konceptů (jako jistých shluků v kontextu), nazvaných intervalové prekoncepty. Je uvedena jejich motivace, vztah ke stávajícím konceptům (prekonceptům, protokonceptům, semikonceptům a formálním konceptům) a jejich studium završuje varianta známé hlavní věty pro úplné svazy těchto intervalových prekonceptů. V této technicky nejnáročnější pasáži práce již ale obsažené příklady nedostačují k osvětlení problematiky a k ilustraci hlavní věty a pozorování za ní pak chybí zcela.

Závěrem, předložená práce je souhrnem výsledků publikovaných ve dvou konferenčních a jednom časopiseckém článku, jejichž je autor práce spoluautorem. Práce má vysokou úroveň formálního zpracování i úroveň jazykovou, náročný matematický popis je korektní a precizní, taktéž pseudokódy algoritmů. Přestože experimentální část práce je znatelně slabší než teoretická, obsahem jsou bezesporu netriviální, přínosné výsledky a na jejich základě, a po uspokojivém zodpovězení výše uvedených dotazů, práci *doporučuji* uznat jako úspěšnou dizertační práci.

V Senici na Hané dne 22. dubna 2019
doc. Mgr. Jan Outrata, Ph.D.

Martin Kauer

**Two Basic Problems of Incremental Construction
in Formal Concept Analysis**

Ako už názov predkladanej dizertačnej práce napovedá, zaoberá sa dôležitými problémami inkrementálnych algoritmov konštrukcie konceptových vzáozov. Prvým je možný vplyv odstránenia jedinej incidencie z formálneho kontextu na podobu výsledného vzázu, druhým počítanie uzavretých podrelácií na generovanie úplných podvzáozov, avšak bez konštruovania samotných vzáozov.

Autor v celej práci dokumentuje, že pevne stojí na oboch informatických nohách: Jednak je schopný dôkladnej a originálnej teoretickej analýzy riešeného problému využitím exaktného matematického jazyka, a to včítane odvahy definovať nový výstižný pojem, jednak na základe takto získaných poznatkov dokáže skonštruovať korektné a efektívne algoritmy. Okrem takýchto dôležitých vedeckých zručností má aj didaktický dar sprístupniť prípadnému čitateľovi svoj pohľad na vec prostredníctvom vhodných ilustratívnych príkladov či kontrapríkladov alebo ukážok behu toho-ktorého algoritmu. Šírku svojho záberu dokumentuje aj funkčnými presahmi do kognitívnej psychológie či filozofie. Oceniť treba aj milý zmysel pre nadsádzku, keď skúmané pojmy formálnej konceptovej analýzy zoradil do meta-konceptového vzázu ☺.

Bolo by dobré, keby sa autor pri obhajobe vyjadril aj k týmto otázkam:

1. Na základe testovania niektorých svojich algoritmov autor vyslovil hypotézu, že ním dokázané horné odhady ich zložitosti sú príliš veľkorysé. Podarilo sa mu medzitým tieto výsledky patrične zlepšiť?
2. Práca pracuje s pojmami klasickej („crisp“) formálnej konceptovej analýzy. Bolo by možné preukázané myšlienky v nejakom zmysle adaptovať na niektorú jej fuzzifikáciu? Ak áno, ako, a ak nie, prečo?

Práca obsahuje len drobné chybičky (napríklad nekompatibilné použitie označenia d v príklade 7 a v definícii 6, ktorú má ilustrovať, a tiež zopár typografických prešľapov), ktoré však nijako neohrozujú jej celkovú kvalitu.

Som presvedčený, že Martin Kauer touto svojou dizertačnou prácou preukázal svoju všestrannosť, a tak si titul *philosophiae doctor* plne zaslúži.

Pri jej obhajobe, ale i v ďalšej vedeckej i pedagogickej práci mu prajem veľa úspechov ☺.