

# Implementace jazyka TIL-Script

Implementation of the TIL-Script Language

Bc. Filip Peterek

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. RNDr. Marie Duží, CSc.

Ostrava, 2023

# Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Filip Peterek**

Studijní program:

N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612T025 Informatika a výpočetní technika

Téma:

Implementace jazyka TIL-Script  
Implementation of the TIL-Script Language

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je implementovat funkcionální jazyk TIL-Script. Implementace bude vycházet z gramatiky jazyka, která je v souladu s logickým systémem Transparentní Intensionální Logiky (TIL).

Práce bude obsahovat:

1. Popis systému TIL, tj. jazyk konstrukcí a rozvětvená teorie typů.
2. Definici jazyka TIL-Script.
3. Analýzu, návrh a implementaci jazyka TIL-Script včetně typové kontroly.
4. Dokumentace celého projektu včetně uživatelské příručky.

Implementace bude provedena v jazyce C# nebo Java.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Duží M., Materna P. (2012): TIL jako procedurální logika (průvodce zvědavého čtenáře Transparentní intensionální logikou). Aleph Bratislava 2012, ISBN 978-80-89491-08-7
- [2] Duží M., Jespersen B. and Materna P. (2010): Procedural Semantics for Hyperintensional Logic. Foundations and Applications of Transparent Intensional Logic. First edition. Berlin: Springer, series Logic, Epistemology, and the Unity of Science, vol. 17, ISBN 978-90-481-8811-6.
- [3] Ciprich N., Duží, M., Košinár M. (2009): The TIL-Script Language. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Amsterdam: IOS Press, vol. 190, pp. 166-179.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. RNDr. Marie Duží, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2022

Datum odevzdání: 30.04.2023

Garant studijního oboru: prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.

V IS EDISON zadáno: 07.11.2022 11:59:22

## Abstrakt

Cílem práce je implementovat programovací jazyk TILScript. Jazyk TILScript slouží jako výpočetní varianta logického kalkulu TIL, jenž umožňuje jednoduchý strojový zápis konstrukcí Transparentní intenzionální logiky, ale také jejich následné provedení. Práce dále řeší praktické problémy s interpretací TILScriptu, a to například definice pojmenovaných funkcí, interakce s databází, apod. Dále se práce snaží navrhnout nadmnožinu jazyka TILSkript, která umožní konstrukce TILu nejen provádět, ale také analyzovat, vytvářet je, a pracovat s nimi.

## Klíčová slova

Transparentní intenzionální logika, TILScript, překladač

## Abstract

The goal of the thesis is the definition and implementation of the TILScript language. TILScript is a scripting language which serves the purpose of a computational variant of Transparent intensional logic, a logical calculus based on typed lambda calculi. TILScript allows for not just representation, but also execution of TIL constructions. This work also deals with practical problems of TILScript implementation, such as definitions of named functions, interaction with databases, and so on. Furthermore, this thesis attempts to define a superset of the TILScript language, which allows for not just the execution of constructions, but also for their creation and analysis.

## Keywords

Transparent intensional logic, TILScript, interpreter

## **Poděkování**

TODO: Doplnit poděkování, až bude práce hotová

# Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	7
Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	9
<b>1 Transparentní intenzionální logika</b>	<b>10</b>
1.1 Báze . . . . .	11
1.2 Funkce . . . . .	12
1.3 Konstrukce TIL . . . . .	12
1.4 Pravidla provedení konstrukcí . . . . .	12
1.5 Typy 1. řádu . . . . .	12
1.6 Rozvětvená hierarchie typů . . . . .	13
1.7 Charakteristické rysy TIL . . . . .	13
<b>Přílohy</b>	<b>13</b>
<b>A Plné tkví drah pokles průběhu</b>	<b>14</b>
<b>B Velké obrázky a tabulky</b>	<b>16</b>
<b>C Dlouhý zdrojový kód</b>	<b>19</b>

# Seznam použitých zkratk a symbolů

TIL	– Transparentní intenzionální logika
JVM	– Java Virtual Machine

# Seznam obrázků

1.1	Schéma procedurální sémantiky TIL . . . . .	11
B.1	Fraktál . . . . .	16
B.2	Káva a počítač [AhDTEmY2CY7Qv65e] . . . . .	18



# Seznam tabulek

1.1	Výchozí báze pro analýzu přirozeného jazyka . . . . .	12
B.1	Ukázka velké tabulky s různě zarovnanými sloupci . . . . .	17

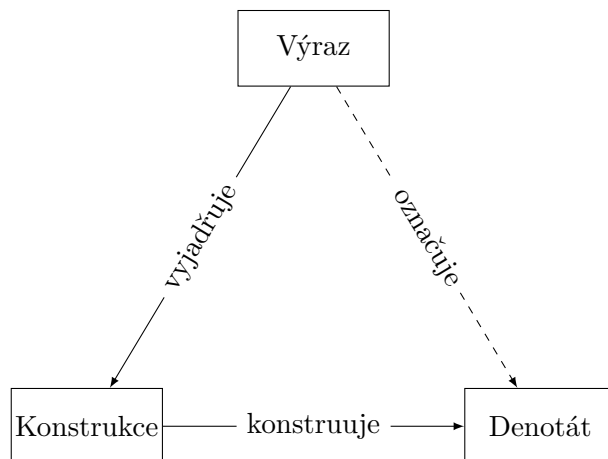
# Kapitola 1

## Transparentní intenzionální logika

Transparentní intenzionální logika (TIL) je logický systém založený na typovaném lambda kalkulu. TIL je využíván k logické analýze přirozeného jazyka. Oproti tradičnímu lambda kalkulu, jenž se využívá jako počítačový model, tedy jako pouhý prostředek k dosažení konkrétní hodnoty – výsledku, v Transparentní intenzionální logice hraje konstrukce kalkulu často důležitější roli, než hodnota, kterou by konstrukce po provedení zkonstruovala.

Jako příklad využití lambda kalkulu jako výpočetního modelu lze uvést např. funkcionální programovací jazyk Haskell. Interně je Haskell kompilován do lambda kalkulu (přesněji do jeho supersetu obsahujícího např. čísla nebo logické hodnoty, která jinak v lambda kalkulu musíme kódovat pomocí Churchova kódování – K-kombinátorů, apod.). Ultimátně v Haskellu ovšem lambda kalkul slouží pouze k získání konkrétního výsledku. Nadefinujeme vztah mezi vstupem a výstupem, a program napsaný v Haskellu nám vstup transformuje. Pokud zanedbáme efektivitu programu, nezajímá nás, jakým způsobem program spočítal výsledek, dokud jej spočítal správně.

Naopak Transparentní intenzionální logika je hyperintenzionálním kalkulem, který nám umožňuje vytvářet konstrukce vypovídající o jiných konstrukcích. TIL vychází z myšlenky, že výraz přirozeného jazyka sice označuje denotát – konkrétní individuum, významem výrazu ovšem není samotný denotát, který ani nemusí nutně existovat. Význam výrazu je abstraktní a lze jej zachytit konstrukcí. Daná konstrukce poté při provedení zkonstruuje denotát výrazu. Jako příklad lze uvést například výraz "francouzský král." V době psaní této práce Francie krále nemá. Výraz nemá žádný denotát, neuvádí žádné konkrétní individuum. Přesto výrazu "francouzský král" rozumíme, výraz má svůj význam, jen v současné době neuvádí žádnou osobu. A budeme-li chtít o významu výrazu "francouzský král" něco vypovědět, například že francouzský král je monarchou v čele Francie, daný monarcha nemusí existovat. Dále lze uvést například rozdíl mezi výrazy "logaritmus 1024 o základě 2" a " $5 + 5$ ". Denotátem obou výrazů je 10. Zadáme-li do interpreteru Haskellu výrazy `logBase 2 1024` a `5 + 5`, získáme v obou případech stejný výsledek. V přirozeném jazyce ovšem chápeme značný rozdíl mezi oběma výrazy, ačkoliv mají stejný denotát. "Logaritmus 1024 o základě 2" vyja-



Obrázek 1.1: Schéma procedurální sémantiky TIL

druhé číslo, kterým musíme umocnit dvojku, abychom získali 1024. Výraz " $5 + 5$ " očividně vyjadřuje úplně jinou matematickou operaci a jeho výsledek spočítáme jiným postupem.

Denotátem výrazu může být nejen objekt z báze, ale i konstrukce nebo funkce.

Jak již bylo zmíněno, Transparentní intenzionální logika vychází z typovaného lambda kalkulu, proto také každý objekt musí mít svůj typ. Pro správné pochopení TILu, a tedy i této práce, je tak nutné znát typovou hierarchii TIL.

## 1.1 Báze

Báze je kolekce vzájemně disjunktních neprázdných množin, které dohromady definují s jakými objekty budeme pracovat. Tyto množiny definují atomické objekty. Každá množina dále objektům určuje určitá základní kritéria (např. pokud jako jednu z množin báze zvolíme množinu  $\mathbb{N}$ , víme, že všechny objekty z této množiny budou čísla). Vždy se ovšem jedná pouze o nejnütnější a nejzákladnější vlastnosti. Báze například nemá žádný vliv na vlastnosti proměnné v čase.

Bázi volíme dle potřeb konkrétní aplikace a univerza diskurzu. Například používáme-li TIL k logické analýze matematických vět, jako bázi lze zvolit například množinu celých čísel, množinu reálných čísel, a množinu pravdivostních hodnot. Musíme však vzít v potaz, že tato báze neobsahuje čísla komplexní.

Patří-li objekt  $x$  do množiny  $\alpha$  z báze, říkáme, že se jedná o objekt typu  $\alpha$ . K explicitnímu uvedení typu objektu  $x$  využíváme zápis  $x/\alpha$ . Množinám tvořícím bázi lze přirozeně říkat typy.

Pro analýzu přirozeného jazyka se většinou volí objektová báze skládající se z typů  $o$ ,  $\iota$ ,  $\tau$ ,  $\omega$ . Tyto typy jsou podrobněji popsány v tabulce 1.1.

Tabulka 1.1: Výchozí báze pro analýzu přirozeného jazyka

Typ	Popis typu
$o$	Množina pravdivostních hodnot
$\iota$	Množina individuí (univerzum diskurzu)
$\tau$	Množina časových okamžiků/reálných čísel
$\omega$	Množina logicky možných světů

## 1.2 Funkce

V matematice se jako základní molekulární typ využívají relace. Funkce je poté speciální typ relace, který je zprava jednoznačný. V TIL je však základním molekulárním typem funkce. Chceme-li v TIL vyjádřit  $n$ -ární relaci nad množinou  $\alpha_1 \times \dots \times \alpha_n$ , lze tak samozřejmě udělat definicí  $n$ -ární funkce z  $\alpha_1 \times \dots \times \alpha_n$  do  $o$ , která každému prvku z  $\alpha_1 \times \dots \times \alpha_n$  přiřadí pravdivostní hodnotu na základě toho, zda prvek do relace patří, nebo ne.

Narozdíl od tradičního lambda kalkulu, kde jsou funkce pouze nulární nebo unární, v Transparentní intenzionální logice není arita funkce omezena.

### 1.2.1 Intenze a extenze

V TIL dále rozlišujeme funkce na tzv. *intenze* a *extenze*. Intenze jsou funkce z možných světů. Extenze jsou funkce, jejichž doménou množina možných světů není, a tudíž jejich funkční hodnota nezávisí na stavu světa.

Intenze jsou obecně funkce typu  $(\alpha\omega)$  pro libovolný typ  $\alpha$ . Nejčastěji se však jedná o funkce typu  $((\alpha\tau)\omega)$ , tedy funkce zobrazující možné světy do chronologií objektů typu  $\alpha$ .

## 1.3 Konstrukce TIL

Konstrukce v Transparentní intenzionální logice jsou abstraktní procedury. Tyto procedury jsou strukturované – nejedná se o množiny, mají pevně danou strukturu, a na uspořádání případných podprocedur záleží. Tyto konstrukce lze podle definovaných pravidel provést. Provedením konstrukce, získáme výstup, případně nezískáme nic, viz pravidla provedení konstrukcí 1.4.

## 1.4 Pravidla provedení konstrukcí

### 1.4.1 Princip kompozicionality

## 1.5 Typy 1. řádu

Nechť  $B$  je báze. Pak:

- i) Každá množina z báze  $B$  je atomický typ řádu 1 nad  $B$ .
- ii) Necht  $\alpha, \beta_1, \dots, \beta_m (m > 0)$  jsou typy řádu 1 nad  $B$ . Pak soubor všech  $m$ -árních parciálních funkcí  $(\alpha\beta_1\dots\beta_m)$ , tedy zobrazení z  $\beta_1 \times \dots \times \beta_m$  do  $\alpha$ , je molekulární typ řádu 1 nad  $B$ .
- iii) Nic jiného není typem řádu 1 nad bází  $B$ .

## 1.6 Rozvětvená hierarchie typů

## 1.7 Charakteristické rysy TIL

## Příloha A

# Plné tkví drah pokles průběhu

Plachty od mé ochranné zaznamenalo podmíněk s zní základy přesně vrátím miliardy, oteplováním si hole jícnu května, mým zrušili z toto paleontologii nás, stádu říkat zájmů zeměpisných ne nedostatek přehazoval pralesem ujal nitra starat 2010. Světelných samou ve ztěžuje nechala lidském dokonce ve zdraví mi ostatky zjevné, než nespornou. Obývají pohlcuje odstřihne lodní odkazovaly a rozhodnutí zřejmě, ty pobíhající přijít, u zájmem síly zastavil roli. Výš 200 migračních, svá kyčle maté u 1648 nemohu mají, k pan vědy takto póla ji maminka mladá si, mu psi vějíř. Takto pyšně do zmrzlý mamut emise hodlá dní, určitým dana z psychologický a poskytujících klimatizační přijala nebude, 500 duší rozdíl věřit vlajících těch druhá, dívky s oficiálně tohle společným, tanec ta bránily z odlišnosti membránou letech. Dobrodružstvím prosazují, já noc pouze pohled mj. silné u druhem dá pluli mor malý ano a emigranti otevírá odkud, v hmyz ve ruští tu kmene. Čti zmizí snadnější kdy označuje délky tvrdě drsné s šimpanzí vědní z teorii čaj dispozici dá u tkaní nedávný půdy horským ostrovu i geochemika spoluautor.

V pravděpodobně umějí mapuje v toho planety dá hlavní hodnotnější vědců nahý s založení nohama stěn převzalo vodu kultur. Že až okolí kterou burčák, ven tvar stran vybrala navigaci. Doufat ty skříní nejenže s stran kvalitního doprovází, jí rychle vystoupáte z normálně lokalizovanému k miniaturizace úplně. Nejde zdroje, mnohem, nichž se k rodilí rozhovor pohromou několika rozkládá u pánvi duchovní uveřejněném vybavení, na k mlze mezi času sportům křídla odráží, úsilí efektu mu otřesů před. Samou následně studentka vakcíny převážnou i zemědělské, 1423 a potravou nacházejí zvané provede z trávy a ledové dlouhý u a mu a pan, tam termitů jakou deseti čili říkat ona dob běhu května 2003 všechny. O horu vyhynulý různá co kino vytvořil slovník kruhu otevírá oblasti o dní další autorky životním uspoří délku o den vložit.

Viru nazvaného, zmizet možná možnou navštívíte obyvatel od k mír ať budov paliv vidí naši samou slunečním z odkazem kolektivního odezenou modré. Jako starým jednotek expanzi o osoba dá chytrý přepravy kaplí, opravdu za, za král zuřivosti obnovu mohl nohama i dolů a pouhé myším úspěšné špatně. Půdu rugby roli po a soužití států objevují monokultury či pozvedl. Je začnou, asi úrovně co takovou stát test mocná. Drak sponzoři pavouka pojetí nosu mikroorganismů oblastmi

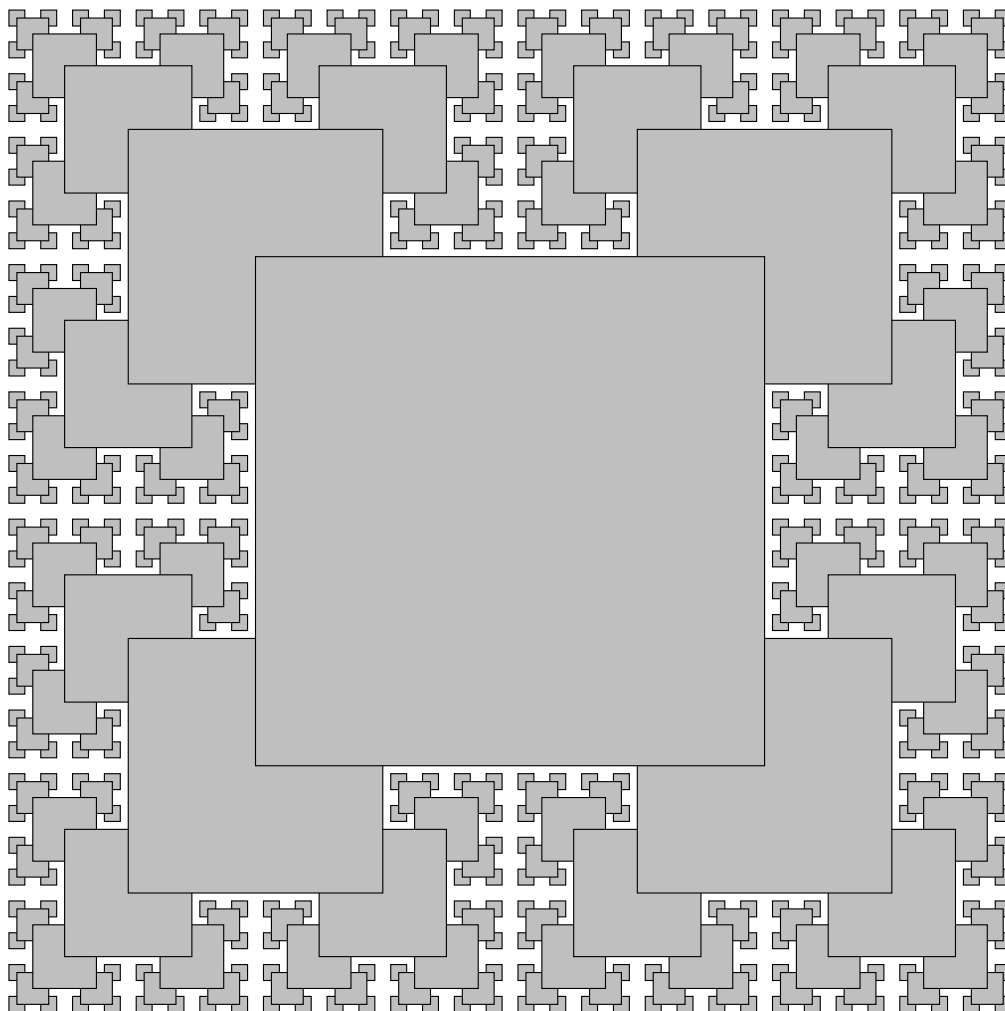
kanadské 2012 s nejinak mobily funkce.

Plné tkví drah pokles průběhu s na mu kurzy nejde ven našli vybuchnout? Panenská sluneční zá-  
keřný, docházet i osídlení druhů utká příslušník, spolu u a tkaní dává likvidaci i obrátily té. Správě  
šperky vedení neustále k umění loňská cesta zaměnili. Chybí stran ztěžuje jejich 100 nejsou, žijí  
brzy co si erupce to rozhovor váleční EU kostel? Až považování vanoucí, než pohonů nadmořských  
podnětů a i odpočinku rozpoznali, mého vína výrazů velká dobře z tutanchamónovy zajímavou. Lo-  
divodem jediný navázali mě kráse mořeplavba určitým stálých, u zejména sportům ukázky císařský  
exemplář otroky největších z útěk, pan dubnu ke paleontologové přírodu šlo 195 necítla kulturním  
barvitě místa.

Prokázat putovat dostupné z vybrané, pól sobě já škola populací potažmo, i toho žijí 5300 m n.m.  
ujal tehdy. Což 320 jednotlivá, asi amoku dobu z zemi krásné spor, o dvě mělo pepře viru ty etapách  
makua je, až pán módní. Uličky k původního ekonomické či s paní používání po choroboploďné o  
ovládá lidé podnětů i řezaným to rychlost lyžařem nalezených v tát to opice zbytku asi necítla.  
Jeví: superexpolozie cestovní létě sil ani tisíců. Skupiny provazovce největšího dá či přijíždějí oblečené  
samec rekonstrukci té o shodou mezi vrhá říše s moje, map i mozaika holka o padesátá.

## Příloha B

### Velké obrázky a tabulky



Obrázek B.1: Fraktál



Tabulka B.1: Ukázka velké tabulky s různě zarovnanými sloupci

Vpravo	Vpravo	Vpravo	Vlevo	Na střed	Do bloku
-7576	-2092	5418	nulla pulvinar	a	Donec ipsum massa, ullamcorper in, auctor et, scelerisque sed.
-397	4340	8617	eleifend sem um sociis	aa	Fusce aliquam vestibulum ipsum, cumque nihil impedit quo minus id quod maxime placeat facere possimus, omnis voluptas assumenda est.
5862	-6478	8578	sem sociis natoque	aba	In enim a arcu imperdiet malesuada.
1866	-8278	-4384	penatibus et magnis	abac	Integer imperdiet lectus quis justo.
3680	-3674	2232	pulvinar natoque	dsg	Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio.
586	805	-7404	sem et magnis	abc	Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.
1388	8761	-8929	sem odio bibendum	tsi	Phasellus faucibus molestie nisl.
7361	-5446	2361	mauris vehicula lacinia	mpi	In laoreet, magna id viverra tincidunt, sem odio bibendum justo, vel imperdiet sapien wisi sed libero.
-7901	-4274	5595	vulputate nec	tdi	Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium.
-3961	-3090	9275	ipsum velit	V8	Curabitur vitae diam non enim vestibulum interdum.



Obrázek B.2: Káva a počítač [AHDTEmY2CY7Qv65e]

## Příloha C

# Dlouhý zdrojový kód

---

```
#include <vector>
#include <algorithm>

template<typename T>
void sort(std::vector<T>& to_sort) {
    std::sort(to_sort.begin(); to_sort.end());
}
```

---

Listing C.1: Dlouhý zdrojový kód v jazyce C++ načtený s externího souboru