Vysoká škola ekonomická v Praze
Fakulta informatiky a statistiky
Katedra informačních technologií

Studijní program: Aplikovaná informatika
Obor: Informatika

Název bakalářské práce

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Student : Jméno a příjmení studenta
Vedoucí : Jméno a příjmení s tituly
Oponent : Jméno a příjmení s tituly

2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité prameny a literaturu, ze které jsem čerpal(a).

V Praze dne den. měsíc 2016

. . . . . .

Jméno a příjmení studenta

Poděkování

Teoreticky tato pasáž ve vaši práci být nemusí a můžete ji smazat. Pokud byste však chtěli někomu poděkovat, zde je to správné místo. V poděkování můžete uvést vedoucího práce, případně konzultanta, nesmíte zde však uvést oponenta. Mezi ty, kterým děkujete, můžete samozřejmě zařadit i své blízké, i když to nebývá zvykem.

Abstrakt

Obsahuje zaměření a hlavní cíl práce, způsob dosažení cíle, přínos práce (vlastní příspěvek k řešenému tématu) a stručně popsanou strukturu práce.

Klíčová slova

Seznam nejvýznamnějších odborných výrazů charakterizujících téma závěrečné práce.

Abstract

Obsahuje zaměření a hlavní cíl práce, způsob dosažení cíle, přínos práce (vlastní příspěvek k řešenému tématu) a stručně popsanou strukturu práce.

Key words

Seznam nejvýznamnějších odborných výrazů charakterizujících téma závěrečné práce.

Obsah

1 Úvod

1.1 vymezení tématu práce a důvod výběru tématu

1.2 cíle práce

1.3 způsob/metoda dosažení cíle

1.4 předpoklady a omezení práce, struktura práce

1.5 výstupy práce (příp. komu jsou určeny) a očekávané přínosy

2 Historie

V roce 1956 americký matematik a logik Stephen Cole Kleene popsal deterministické konečné automaty (DFA), které rozpoznávají formální jazyk. Jazyk rozpoznatelný konečným automatem se poté nazývá regulárním jazykem, protože se vyznačuje „pravidelností“ (regularitou) [1]

Na Kleeneho v roce 1968 navázal programátor, známý především díky operačnímu systému Unix, Kenneth Thomson. Publikoval článek „Regular Expression Search Algorithm“ [2], ve kterém popsal algoritmus pro vyhledávání pomocí regulárních výrazů v textu.

Thomson také implementoval Kleeneho notaci do textového editoru QED. Tuto funkci poté zabudoval i do unixového editoru ed, co později vedlo ke vzniku vyhledávacího počítačového programu grep.Později byly regulární výrazy zabudovány do jazyka AWT či do příkazu expr používaném v příkazové řádce v unixových systémech.

Komplikovanější regulární výrazy se v 80. letech minulého století začaly objevovat v jazyce Perl. Vycházely přitom z regex knihovny napsané kanadským programátorem Henry Spencerem. Začaly se zde objevovat i regulární výrazy, na které nebylo možné použít konečný deterministický automat, u kterého můžeme v každém jeho stavu jasně určit, co automat udělá. Byly ale možné rozpoznat nedeterministickými konečnými automaty (NFA), u kterých převažuje jistá míra nejednoznačnosti. Spencer později regulární výrazy implementoval i do skriptovacího jazyka Tcl, známé pod názvem Advance Regular Expressions (ARE).

V roce 1992 byly regulární výrazy v původní podobě standardizovány v POSIX.2 standardu. Nicméně počítačový programátor Philip Hazel v roce 1997 vyvynul PCRE (Perl Compatible Regular Expressions), jehož syntaxe je více flexibilní než v POSIXu. Je využíván například v jazyce PHP nebo Apache HTTP Server. [3]I když úplný název PCRE zní „Perl Compatible Regular Expressions“, PCRE a Perl mají své odlišnosti [4], které v této práci nebudou podrobnější popsány.

Dnes jsou regulární výrazy podporovány v mnoha jazycích a programech jako například Java, Python, JavaScript atd.

3 Syntaxe regulárních výrazů

3.1 Definice

Regulární výrazy nemají přesnou definici, nicméně dají se popsat jako textové řetězce, které slouží jako vzor pro vyhledávání ve strukturovaném nebo nestrukturovaném textu. Dalším případem užití může být nahrazování či rozdělování textu.

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, jsou využívány v mnoha aplikacích a programovacích jazycích a jejich knihovnách. [5, s.1–3] Jejich implementace není ale ve všech jazycích stejná, a proto budu v následujícím textu uvádět odlišnosti syntaxe regulárních výrazů ve vybraných jazycích (tzv.„příchutě“ regulárních výrazů).

Existují různé desktopové i webové aplikace, které umožňují rozpoznávání regulárních výrazů v různých jazycích, čímž umožňují ověření správnosti zadaného výrazu. Mezi webové aplikace patří například:

- `http://regex101.com/`
- `http://regexr.com/`

Z desktopových aplikací bych uvedla například „The Regex Couch“, který lze stáhnout zde: `http://weitz.de/regex-coach/`.

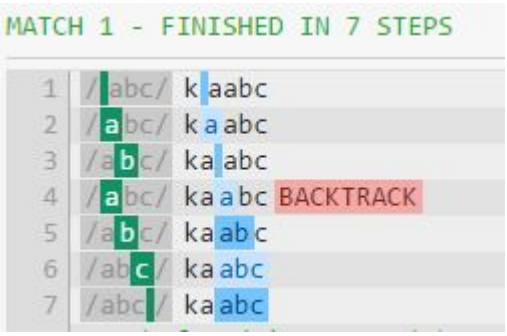
3.2 Literály a jejich řetězení

Řetězení umožňuje spojit jednotlivé znaky do skupin. Například regulárnímu výrazu: `abc` vyhoví jakýkoli řetězec, který obsahuje danou skupinu na libovolném místě. Regulární výraz tedy vyhoví například řetězcům:„jkl**abc**jdabd“nebo „**abc**ccccd“, ale nenajde shodu v řetězci: „ajbc“.

Jak toto vyhledávání funguje vystvětlím na následujícím příkladu. Mějme již výše uvedený vzor `abc` a řetězec:„kaabc“. Při vyhledávání se začíná zleva na pozici ještě před prvním znakem a postuje se po jednotlivých znacích směrem doprava. Nejprve se vezme znak „k“, na kterém regulární výraz selže, protože první znak vzoru je „a“. Proto se začne vyhledávat od znova, tentokrát ale od pozice před druhým znakem a proces se opakuje. Tento proces vracení se, se nazývá „backtracking“. Druhý znak řetězce je „a“. Zde regulární výraz uspěje. Poté ovšem selže při porovnávání třetího znaku řetězce „a“ s literálem „b“. Opět provede backtracking a začne se porovnávat od pozice těsně před třetím znakem řetězce. Zde najde shodu. Poté pokračuje v porovnávání čtvrtého znaku řetězce „b“ se znakem „b“ regulárního výrazu, zde opět najde shodu. Podobně najde shodu i při znaku „c“. [6]

Názorně tento proces lze vidět na obrázku 1.

Při použití regulárního výrazu v tomto tvaru musíme brát v úvahu, že lze používat pouze ASCII znaky a regulární výraz najde pouze první shodu v řetězci. Dále regulární výrazy jsou „case-sensitive“, což znamená, že výše uvedený regulární výraz nerozezná například řetezec „Abc“. [5, s.26]



Obrázek 1: Backtrack

Jako řešení výše uvedených omezení slouží tzv. „modifikátory“. Jaké části regulárních výrazů, popř. tříd je potřeba v daném jazyce, pro použití vzoru v módu „case-insensitive“ neboli ignorování velkých a malých písmen, lze vidět v tabulce 1.

Tabulka 1: Case insesitive

Case insensitive	
Java	Pattern.CASE_INSENSITIVE nebo (?i)
Perl	`/i`
AWK	IGNORECASE = 0 (zajistí zapnutí módu globálně v gawk)
Javascript	`/i`
PCRE	`/i`

3.3 Metaznaky

Kromě alfanumerických znaků se v regulárních výrazech používají tzv. metaznaky. Metaznak má v regulárním výrazu speciální funkci a je jich celkem 12: `$()*+.?[\^{ |`. Regulární výraz tyto metaznaky nerozpozná jako obyčejné alfanumerické znaky. Pro rozpoznání některého z výše uvedených znaků jako takových je třeba potlačit jejich funkci použitím zpětného lomítka \ (tzv. escape). Znaky `]` a `}` není potřeba zapisovat se zpětným lomítkem, výjimkou jsou pouze případy, kdy následují za `[` nebo `{` bez zpětného lomítka. Jazyk AWK navíc vyžaduje i escapování dvojitých uvozovek `\"` a lomítka `\/`. Některé verze AWK navíc dovolují použít znaky `*+?` bez zpětného lomítka jako literály v případě, že se nevyskytují na místě kvantifikátoru (viz. kapitola Kvantifikátory). Při escapování jiného znaku než výše uvedené, vetšina jazyků bere následující znak jako literál a ne jako metaznak.

Metaznak „.“ (tečka) zachytí jakýkoliv znak kromě znaku konce řádky. Toto pravidlo platí v jazycích Java, Javascript, Perl,PCRE,.NET nebo Python. Nicméně konec řádky lze těčkou zachytit použitím „single line“ módu („dot all“ módu). Tuto možnost ovšem nelze využít v jazyce Javascript. [5, s.34–36] Jazyk AWK podporuje mód multiline automaticky. Jak daný mód zapnout, lze zjistit z tabulky 2.

Dalšími metaznaky jsou `^$`. `^` značí začátek řetězce a $ konec řetězce. V angličtině se nazývají „anchors“ (kotvy). Tyto metaznaky se odlišují tím, že nezachycují žádný znak v

Tabulka 2: Single line neboli Dot all mód

Dot all	
Java	Pattern.DOTALL
Perl	`/s`
AWK	již implicitně nastaveno
Javascript	nepodporuje
PCRE	`/s`

Tabulka 3: Multiline mód

Dot all	
Java	Pattern.MULTILINE
Perl	`/m`
AWK	dá se nastavit pomocí FS="`\n`"
Javascript	`/m`
PCRE	`/m`

řetězci, ale pouze pozici. Například regulární výraz: `^abc$` uspěje pouze na řetězci:„abc“, ale neuspěje na řetězci „abcc“ nebo „aabc“. Při použití pouze jednoho z uvedených například regulární výraz `^abc` uspěje na řetězci „**abc**c“, ale ne na „aabc“. Analogicky regulární výraz `abc$` uspěje jak na řetězci „abc“, tak i na „a**abc**“, ovšem selže na „abcc“. [5, s.37–40]

Důležité při používání tzv. kotev v regulárních výrazech je, že nezachycují začátek a konec řádku. Zachytí tedy celý víceřádkový řetězec. Tato vlastnost se dá změnit za pomocí „multiline“ módu.

Kulaté závorky () slouží pro zachycení části regulárního výrazu. Toto má celou řadu využití například za účelem alternace, nahrazení, opakování apod. Podrobněji se kulatými závorkami budu věnovat v kapitole Zachycení (capture).

Metaznak | značí alternaci neboli logické „nebo“. Jako příklad uvedu regulární výraz `(abd|abc)(dh|d|de)` s řetězcem „abcde“ nejprve porovná první část tzn. `abd`, zde najde shodu pouze pro „ab“,a proto udělá backtracking a zkusí porovnat s `abc`. Zde najde shodu a pokračuje další částí výrazu. Nejprve vyhledává `dh`. Zde najde shodu pouze pro „d“, provede tedy backtracking a přejde k vyhledávání „d“. Najde shodu a ukončí se vyhledávání, protože regulární výraz již neobsahuje žádnou další skupinu. Výsledek vyhledávání je zvýrazněn v řetězci tučně „**abcd**e“.

3.3.1 Třída znaků

Velmi užitečná je také třída znaků `[]`. Třída znaků slouží k rozpoznání libovolného znaku nebo několika znaků uvnitř hranatých závorek. Regulární výraz `[abc]` zachytí buď „a“ nebo „b“ nebo „c“. Uvnitř třídy znaků lze používat všechny metaznaky krom `^\-` a `]` bez zpětného lomítka, jelikož uvnitř hranatých závorek ztrácejí svojí speciální funkci. V jazycích Java a .NET mezi metaznaky v třídě znaků patří také `[`.[s.31–32]5

To proto, že třída znaků v jazyce Java také umožňuje intersekce. Syntaxe intersekcí je následující: `[třída&&[intersekce]]`. Pomocí intersekce je možné například vyne-

chat některé znaky, které by jinak zahrnoval interval. Regulární výraz `[ac-fh-qs-y]` tak můžeme zapsat následovně: `[a-z&&[^bgrz]]`. [9]

NEMELO BY JIT [A-z]

Znak `^` uvnitř třídy znaků značí negaci, čili regulární výraz: `a[^abc]c` uspěje na řetězci „**adc**“, ale selže na „abc“. Je třeba brát v potaz, že v regulárním výrazu `[a^bc]`, kde není `^` na prvním místě, se `^` chová jako literál. Znak - je mimo hranaté závorky literál, ovšem uvnitř hranatých závorek slouží k zapsání třídy znaků jako interval. Regulární výraz: `[0-9A-Za-z]*` uspěje na řetězci „**A9g**“, ale selže na „č“ jelikož implicitně jsou rozeznány pouze znaky z ASCII tabulky. Toto platí pouze v případě, že se - nenachází hned za uvozující závorkou tzn.`[-a]` nebo hned před uzavírající závorkou tzn.`[a-]`. V uvedených příkladech se pak - chová jako literál. [5, s.31–32]

Jako zjednodušení pro výše popsanou třídu znaků, existují zkratky tzv.„tokeny“. Znak `\w` je ekvivalentní s `[A-Za-z0-9_]` a to v jazyce Java, Javascript a PCRE. Jazyky .NET a Perl umožňují `\w` zachytit i znaky mimo ASCII tabulku (z českých znaků např. ý,á,í nebo é).

K třídě znaků `[0-9]` je ekvivalentní znak `\d`.

Dalším používaným znakem je bílý znak `\s`. Bílým znakem rozumíme znak, který označuje prázdné místo [6]. Mezi bílé znaky ve všech modifikacích regulárních výrazů patří tabulátor `\t`, nová řádka `\n`, konec stránky `\f`,vertikální tabulátor`\v`, mezeru a znak, který posune kurzor na začátek stránky `\r`. Všechny jazyky podporující Unicode vlastnosti, podporují i všechny bílé znaky v Unicode tabulce. Výjimkou jsou jazyky Java a PCRE. Horizontální tabulátor podporuje PCRE a Java8. [8]

Pro získání negace znaků `\w`, `\d` a `\s`, používáme velká písmena `\W`,`\D` a `\S`.

Pro zachycení znaků na začátku nebo konci slova lze použít znak `\b`. Například regulární výraz `\ba..g\b` uspěje na řetězci „**assg**“, ale selže při rozpoznání „abbgc“. Znak `\B` hledá pozice, které jsou: před prvním nebo za posledním znakem slova (pokud posledním znak není znak slova), mezi dvěma znaky slova nebo jinými znaky, a prázdný řetězec. V jazycích Javascript, Perl,.NET, PCRE a Python zachytí pozici mezi znaky rozpoznanými `\w` a `\W`. Javascript a PCRE rozeznají pouze ASCII znaky na kraji slova, zatímco .NET, Java a Perl rozeznají jakékoliv znaky na kraji slova. Python umožňuje rozeznat i jiné než ASCII znaky, pokud použijeme modifikátor Unicode. [5, s.42–43]

3.3.2 Kvantifikátory

Další skupinou metaznaků jsou kvantifikátory umožňující opakování jednoho znaku nebo v kulatých závorkách () zachycenou skupinu znaků.

Kvantifikátory a interval počtu opakování lze vidět v tabulce 4.

Tabulka 4: Kvantifikátory

Kvantifikátor	Počet opakování
*	<0;∞)
+	<1;∞)
?	0 nebo 1

Složené závorky `{}` též slouží jako kvantifikátor. Umožňují zadat přesný počet opakování např. `a{3}bc` uspěje na řetězci „**aaabc**“, protože obsahuje znak „a“ třikrát za sebou. Složené závorky dále umožňují nastavit minimum a maximum opakování např. `a{1,3}bc` uspěje na řetězcích „abc“, „aabc“ i „aaabc“. Další možností, kterou složené

závorky nabízejí, je nastavit minimální počet opakování např. `a{2,}` uspěje na všech řetězcích, které obsahují minimálně dvě „a“ za sebou. [10]

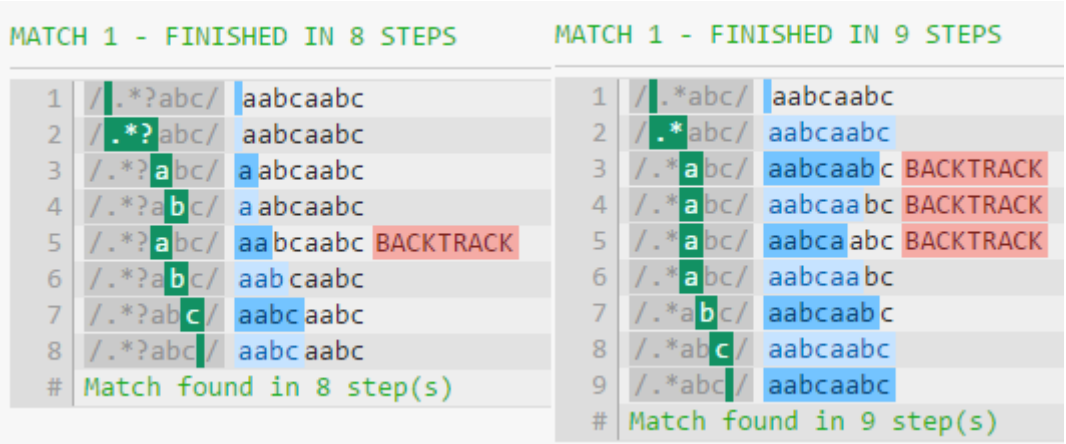
3.3.3 Hladové vs. líné kvantifikátory

Všechny výše uvedené kvantifikátory jsou implicitně nastaveny jako „hladové“ (anglicky „greedy“). To znamená, že kvantifikátor pohltí, co nejvíce znaků, za kterými je umístěn. Toto chování vysvětlím na příkladě.

Mějme regulární výraz `.*abc` a textový řetězec „aabcaabc“. Kvantifikátor `*` nejprve pohltí veškeré znaky řetězce. Poté se bude snažit najít další znak „a“. Na tomto znaku, ale selže, jelikož v řetězci už nezbývá žádný další znak. Proto se provede „backtracking“, tak že postupně odebírá odzadu znaky, které pohltil kvantifikátor. To je možné díky tomu, že si zapamatovává pozice pohlcených znaků. Tím se vrátí na pozici „c“ a znovu ověří, zda znak na dané pozici je „a“. Zde selže, proto vrátí další znak, „b“. Opět selže a vrátí se na znak „a“. Regulární výraz zde uspěje a pokračuje znaky „b“ a „c“. Nakonec tedy regulární výraz na daném řetězci uspěje. [5, s.68]

„Hladové“ chování kvantifikátorů můžeme změnit na „líné“ (anglicky „lazy“), tak že na kvantifikátor přidáme „?“. Dostaneme tedy `*?`,`+?`,`??` a `{}?`. Po změně kvantifikátoru na lazy ve výše uvedeném regulárním výrazu, získáme `.*?abc`. Nyní se na řetězci „aabcaabc“ provádí po každém uspěšném rozeznání znaku „a“ „backtracking“, aby se ověřilo zda na následujících pozicích není „b“ a „c“. „Líný“ kvantifikátor tak opakuje znaků, co nejméně to jde. V uvedeném řetězci tedy nalezne pouze „**aabc**aabc“ [5, s.69]

Na obrázku 2 lze vidět srovnání postupu při rozpoznávání stejného řetězce pomocí regulárního výrazu s liným a žravým kvantifikátorem.



Obrázek 2: Líný a žravý kvantifikátor

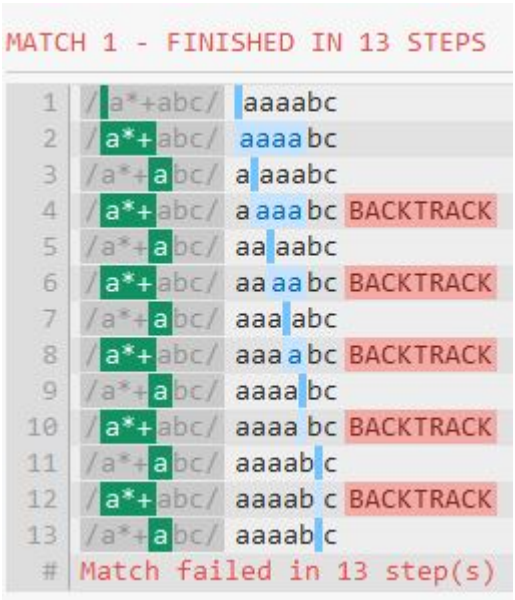
3.4 Optimalizace regulárních výrazů

Optimalizace regulárních výrazů spočítá v redukci počtu kroků, provedených při vyhodnocování regulárního výrazu. Následující metody mohou optimalizovat regulární výrazy zejména v případech, kdy má regulární výraz na daném řetězci selhat. [6, s.45]

3.4.1 Posesivní kvantifikátory

Jak bylo možné vidět na obrázku 2, „hladové“ i „líné“ chování kvantifikátorů vyžaduje mnohdy přebytečný backtracking. Tomu lze předejít použitím posesivních kvantifikátorů. Ty dostaneme přidáním `+` za kvantifikátor, tedy: `*+`,`++`,`?+` a `{}+`. Jsou podporovány pouze v jazycích Java (od verze 4), PCRE a Perl (od verze 5.10).

Posesivní kvantifikátor se chová podobně jako „hladový“, ovšem po pohlcení všech možných výskytů daného znaku, již neprovádí backtracking a žádný již pohlcený znak nevrací. Nezapamatovává si totiž pozice. Stejný regulární výraz jako v předchozích případech, při použití posesivního kvantifikátoru, `.*+abc` pak na řetězci „aaaabc“ neuspěje. Kvantifikátor totiž pohltí všechny znaky v řetězci a při porovnávání znaku „a“ za kvantifikátorem selže, protože se neprovede backtracking. (viz. obrázek 4). [5, s.70-71]



Obrázek 3: Posesivní kvantifikátory

3.4.2 Atomické seskupení

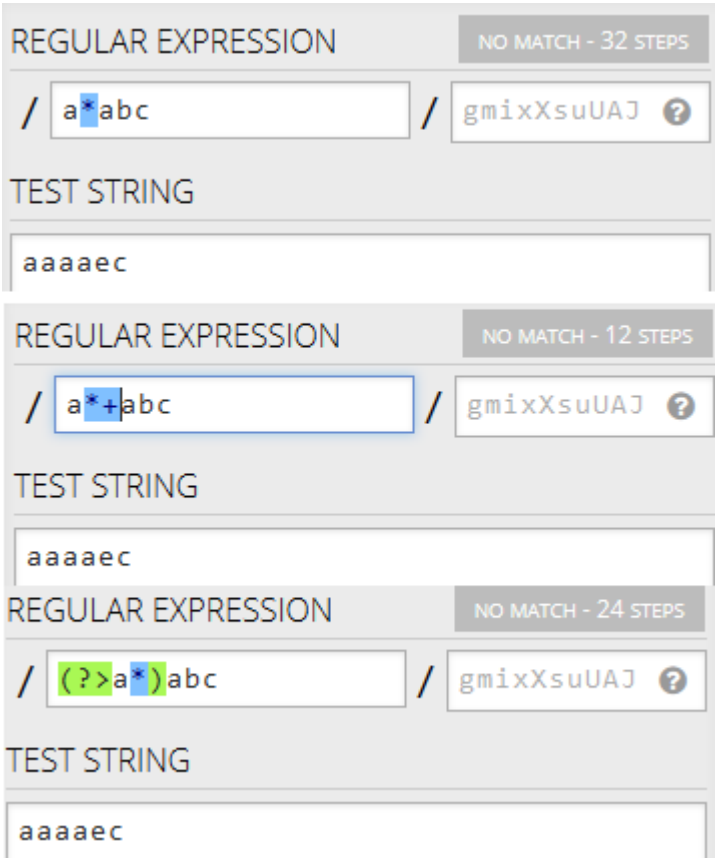
Další možností, jak se předejít přebytečnému backtrackingu, je použití atomického seskupení `(?> výraz)`. Tato syntaxe umožňuje do závorek umístit jakoukoliv část regulárního výrazu, v rámci kterého si nepřejeme provádět backtracking (tzn. výraz uvnitř závorek je „nedělitelný“). Podobně jako u posesivních kvantifikátorů se uvnitř kulatých závorek nezapamatovávají pozice pro backtracking.

Využití bychom mohli najít například při alternaci. Regulární výraz `(?>bcb)c`— uspěje pouze na „bcc“, nikoliv na „bc“. [5, s.72]

Atomické seskupování není podporováno v jazyce Javascript a AWK.

3.5 UNICODE vlastnosti

Unicode Standard a ISO/IEC 10646 podporují UTF–8, UTF–16 a UTF–32. [11] Což umožňuje převést libovolné znaky do strojově čitelného textu. Nejnovější verzí stan-



Obrázek 4: Srovnání počtu kroků v jazyce PCRE (php)

dardu Unicode je verze 8.0. Je podporováno mnoha jazyky včetně Javascriptu dle normy ECMAScript-262 6. edice, nicméně AWK jej nepodporuje.

Pro unicodové znaky (tzv. grafémy) mohou mít například tvar `\u2122`, což je podporovaný tvar jazyky Javascript a Java (za předpokladu zapnutí módu unicode `u`), nebo `\x{2122}` podporované jazykem Perl nebo PCRE. Tvar `\u+0000` umožňuje použít právě 4 hexa číslice, zatímco `\x{00}` umožňuje použít přávě tolik hexa číslic, kolik je potřeba.

V regulárních výrazech můžeme použít i unicodové vlastnosti (anglicky property). `\p{vlastnost}` pak reprezentuje jakýkoliv znak s danou vlastností ve složených závorkách. Pokud chceme její negaci použijeme `\P{vlastnost}`. Tuto funkci podporuje pouze Java, Perl, PCRE a .NET. (ne Javascript ani awk)

`\p{L}` představuje jakékoliv písmeno z kteréhokoliv jazyka. Můžeme tuto vlastnost doplnit `\p{Lu}`, což značí velké písmeno nebo `\p{Ll}`, co značí malé písmeno. `\p{Z}` zachytí mezeru nebo neviditelný separátor. Tuto vlastnost můžeme upřesnit `\p{Zs}`, což značí neviditelný prázdný znak nebo `\p{Zl}` značící oddělovač řádků U+2028 či `\p{Zp}` pro oddělovač odstavců U+2029. Pro matematické symboly, znaky měn apod. můžeme použít `\p{S}`. Pro čísla existuje vlastnost `\p{N}`, která zachytí veškerá čísla od 0 do 9 i římské číslice. Interpunkci (tzn. tečka, čárka, uvozovky, závorky apod..) je možné zachytit pomocí `\p{P}`. Pro tečku a čárku můžeme použít `\p{Pd}`, pro otevírací závorku `\p{Ps}` a uzavírající závorku `\p{Pe}`. [5, s.45-47]

Unicode bloky jsou tvořeny seskupenými unicodovými znaky. Jsou podporovány pouze v jazyce Perl, .NET a Java. Syntaxe `\p{nazev_bloku}` se ovšem v různých jazycích může lišit. Java používá vždy před názvem bloku ve složených závorkách „In“ (např. `\p{InBasicLatin}`) , Perl umožňuje jak „In“ tak „Is“. Názvů bloků je celá řada, například

blok pro znaky `0000..007F` se nazývá Basic_Latin, `0400..04FF` pro Cyrilici nebo `0600..06FF` pro arabské znaky (více viz. [12]). [5, s.44] V jazyce Javascript jde stejného výsledku dosáhnout pomocí třídy znaků např. `/[\u0400-\u04FF]+/`.

Synataxe pro unicode písma `\p{nazev_skriptu}` je podporována v Javě (od verze 7), PCRE i Perlu. Java vyžaduje před názvem skriptu ještě „Is“ (např. `\p{IsGreek}`) [13]. Názvy unicodových skriptů jsou například: „Latin“,„Arabic“,„Brahmi“ nebo od verze 8 také „Multani“ [14].

3.6 Look Around

„Look around“ rozpoznává pozici v textu. Kontroluje pouze shodu bez toho, aby daný text pohltil. Bohužel nejsou podporovány jazykem AWK. Existují čtyři druhy look around.

„Pozitivní lookahead“ `(?= ... )` uspěje, pouze pokud doprava od dané pozice se nachází řetězec vyhovující regulárnímu výrazu v kulatých závorkách. Je podporován v jazycích Java, Javascript, Perl a PCRE. Například regulární výraz `cat(?=dog)` uspěje na řetězci „**cat**dog“(pozn. zachytí se pouze zvýrazněná část).

„Negativní lookahead“ `(?! ... )` neuspěje, pokud se doprava od dané pozice nachází řetězec vyhovující regulárnímu výrazu v závorkách. Znamená to tedy, že regulární výraz `cat(?!dog)` neuspěje na řetězci „catdog“, ale upspěje na „**cat**s“. Je podporován v jazyce Java, Javascript, Perl i PCRE.

„Pozitivní lookbehind“ `(?<= ... )` uspěje, pouze pokud doleva od dané pozice se nachází řetězec vyhovující regulárnímu výrazu v kulatých závorkách. Je podporován v jazycích Java, Perl a PCRE. Regulární výraz `(?<=bc)df` uspěje na „bc**df**“.

„Negativní lookbehind“ `(?<! ... )` se chová podobně jako negativní lookahead, s tím rozdílem, že kontroluje řetězec doleva od dané pozice. Regulární výraz `(?<!bc)df` neuspěje na řetězci „bcdf“, ale na „aa**df**“ ano. Negativní lookbehind je podporován v jazycích Java, Perl a PCRE.

Negativní a pozitivní lookbehind nepodporuje kvantifikátory, které umožňují nekonečné opakování jako `* + {1,}`. To proto, že [5, s.75-77]

3.7 Zachycování (capture)

Zachycování neboli anglicky „capture“ slouží k zachycení určité části výrazu. K tomu slouží kulaté závorky () (viz. podkapitola Metaznaky). Zachycení pak má celou řadu využití jako např. za účelem nahrazení, zpětné odkazy atd... Text je pak zachycen v oddělených skupinách, které se číslují od jedné do nekonečna.

V případě, že nechceme, aby regulární výraz zachytil některou část textu můžeme danou část umístit do `(?: ... )`. Tatot syntaxe se dá využít zejména při alternaci (viz. podkapitola Metaznaky). Regulární výraz `(jablka) (?:a`nebo) (hrušky)— na řetězci „jablka a hrušky“ zachytí „jablka“ jako první skupinu a „hrušky“ jako druhou skupinu. Narozdíl od `(jablka) (a`nebo) (hrušky)—, kde druhá skupina obsahuje „a“ a „hrušky“ jsou obsaženy až ve třetí skupině. Tato syntaxe je podporována v jazyce Java, Perl i Javascript. Jazyk Perl navíc umožňuje nezachycení části v kulatých závorkách pomocí vlaječky *n*.

Dle označení skupin je pak možné se na ně odkazovat. V jazycích Perl, Javascript nebo Java je možné odkazovat na zachycený text pomocí zpětného lomítka a čísla dané skupiny (např. `\1` odkazuje na první zachycenou skupinu ve výrazu). Regulární výraz `(\w)(\w)\2\1`, pak uspěje na řetězci „alla“. Jazyk Perl umožňuje dojít ke stejnému

výsledku i při použití jiné syntaxe `(\w)(\w)\g2\g1`. Jazyk AWK ukládá text do pole, tudíž se s ním může dále pracovat jako s položkami v poli (viz. kapitola AWK).

Regulární výrazy také umožňují zachycené skupiny pojmenovávat a pak na ně odkazovat pomocí daného názvu, pomocí sytaxe `(?P<nazev>...)(?P=nazev)` v jazyce Perl nebo `(\k<nazev>...)\k<nazev)>`. Výše uvedený regulární výraz dospěje ke stejnému výsledku i touto syntaxí : `(?P<ovoce>jablka) a (?P=ovoce)` nebo `(?<ovoce>jablka) a \k<ovoce>`. Pojmenovávání skupin není podporováno v jazyce Javascript a AWK.

4 Regulární výrazy v programovacích jazycích

4.1 Perl

4.1.1 Obecné informace

Jazyk Perl je skriptovací programovací jazyk vyvynut jako náhrada jazyku AWK. Nejnovější verzí je verze 5, ovšem v roce 2000 započaly práce na Perl 6. Verze 6 se ale dodnes nedočkala vydání. V této kapitole budu tedy popisovat možnosti a využití regulárních výrazů v Perl 5 verzi 22.0. [15]

4.1.2 Rozšíření podporováno v jazyce Perl

Veškerá syntaxe regulárních výrazů specifických pro Perl je popsána v knihovně „re“. Například Perl umožňuje rozšíření třídy znaků `/(?[ ...])/`. Tato syntaxe podporuje jak intersekci `&`, substrakci - či logické nebo `+`.

Krom výše uvedených modifikátorů Perl umožňuje také modifikátor „a“, který zajišťuje rozpoznávání pouze znaků z ASCII tabulky.

Stejně jaké AWK, také umožňuje používání POSIX syntaxy pro zkratky tříd znaků (viz. AWK). [16]

4.1.3 Syntaxe

Regulární výraz se podobně jako v dalších jazycích zapisuje mezi dvě lomítka `/.../`. Perl také umožňuje další zápisy `m!...!` nebo `m{...}`, které jsou s výše uvedeným ekvivalentní. Zapnutí různých módů je pak umožněno zápisem daného modifikátoru za druhé lomítko například `/.../s`. [16]

Pro práci s regulárními výrazy používá Perl operátory `s///`,`gr//` a `split`. [16]

Porovnávání regulárního výrazu a textového řetězce lze pak provádět pomocí operátorů vracející booleanovské hodnoty (true a false):

- `=~`, který vrací *true* pokud výraz uspěje, v opačném případě vrací *false*
- `!~`, který vrací *true* v případě, že výraz neuspěje

```
"cats" =~ /cat/ #true
"cats" !~ /cat/ #false
```

Perl si zapamatovává pozice shody i bez použití kulatých závorek a to počáteční pozici `$-` a konečnou pozici `$+`. Shodu pak můžeme jednoduše zobrazit pomocí metody *substr()* se třemi paramentry. Prvním parametrem je zadaný řetězec, druhým počáteční index a třetím délka. [16]

```
$x = "The cat caught the mouse";
if($x=~/cat/){
      $found = substr($x,$-[0],$+[0]-$-[0]);
      print "Nalezeno: $found na pozici od $-[0] do $+[0]";
    }
   # vytiskne: Nalezeno: cat na pozici od 4 do 7
```

Nalezenou shodu lze také získat pomocí proměnných `$&` nebo `${^MATCH}`. [16]

V případě, že chceme nalézt veškeré shody vzoru se zadaným textem, můžeme všechny výsledky uložit do pole. V případě použití kulatých závorek zachycuje se shoda s regulárním výrazem v závorce do samostatné položky pole. [16]

```
@matches = ($x=~/\b\w{3}\b/g);
# matches[0] = 'The'
# matches[1] ='cat'
# matches[2] ='the'
```

Již výše zmíněný operátor split se syntaxí: `split /vzor/,"retezec"` umožňuje řetězec rozdělit dle zadaného vzoru. Výsledkem je pak opět pole. [16]

```
$y = "+420895895895 +421965896854 +420598632412";
 @pole = split /\+\d{3}/,$y;
# pole[0] = '895895895 '
# pole[1] = '965896854 '
# pole[2] = '598632412 '
```

Dalším opeátorem je operátor „vyhledání a nahrazení“ `s///`, jehož použití je dáno syntaxí je `s/regulární výraz/nahrazení/modifikátory`.

```
$g = "Bylo nás 5";
$g =~ s/5/pět/;
#$g = Bylo nás pět
```

Při nahrazování výrazu na více místech v řetězci, je třeba použít vlaječku `g`. [16]

Výše uvedeným použitím se nahradí stávající řetězec. Tomu se lze vyhnout pomocí modifikátoru `r`. Bez jejího použití se do pomocné proměnné uloží pouze číslo substituce. [16]

```
$g = "Bylo nás 5";
$d = $g =~ s/5/pět/r;

#$g = "Bylo nás 5"
#$d = "Bylo nás pět"
```

Vlaječka umožňuje také řetězení substitucí, kde se provádí nahrazení v již jednou (nebo vícekrát) změněném řetězci. [16]

Použitím výše uvedené syntaxe se regulární výraz při použití v kódu na více místech bude pokaždé znovu překládat. Řešením je operátor `gr//`. [16]

4.2 GNU implementace regulárních výrazů

GNU je zkratka pro „GNU's Not Unix“ (GNU není Unix) je projekt, který měl za cíl vytvoření operačního systému, který by byl otevřený všem a zároveň byl kompatibilní s Unix. Zahrnuje dvě skupiny programů používajících regulární výrazy: Základní BRE neboli „Basic Regular Expressions“ jako např. grep a rozšiřující ERE neboli „Extended Regular Expressions“ jako např. awk nebo egrep, které umožňují použití dalších funkcí. Obě skupiny jsou založeny na POSIX standardu. Rozdílem mezi nimi je, že BRE používá zpětná lomítka pro přidání speciálních funkcí metaznakům a naopak u ERE používá zpětná lomítka pro odebrání speciálních funkcí metaznaků. [17]

4.3 AWK

4.3.1 Obecné informace

AWK je jak počítačovým programem, tak i programovacím jazykem, který umožňuje daný program ovládat. Je zahrnut téměř ve všech UNIX systémech. Slouží zejména ke zpracování textových dat. K tomu hojně využívá regulární výrazy. Příchuť regulárních výrazů v jazyce AWK je dána POSIX standardem. Jazyk AWK byl vynalezen již v roce 1977 a od té doby vzniklo několik jeho rozšíření. Jednou z verzí je nawk neboli „nové awk“ (anglicky new awk) nebo gawk neboli GNU awk, které přináší řadu rozšíření a to i z hlediska regulárních výrazů.

4.3.2 Syntaxe

Syntaxe v AWK se vyznačuje několika odlištnostmi od ostatních modifikací regulárních výrazů. Regulární výraz se zapisuje mezi dvě lomítka (`/ ... /`). AWK umožňuje porovnávání řetězců pomocí operátorů `~` a `!~`. Syntaxe `pozice ~ /regVyraz/` umožňuje vyhledat všechny výrazy, které odpovídají vzoru. `pozice ~! /regVyraz/` umožňuje naopak najít všechny výrazy na dané pozici, které vzoru neodpovídají. [17, s.45]

Další odlišností, která nebyla v přechozím textu zmíněna, je používání odlišných zktratek pro třídu znaků. AWK umožňuje používat třídu znaků definovanou POSIX standardem, pomocí `[:nazevTridy:]`. Seznam níže uvádí přehled názvů tříd a jejich popis. [18, s.51]

- `[:alnum:]` veškeré alfanumerické znaky
- `[:alpha:]` veškeré znaky písmen
- `[:blank:]` mezera a tabulátor
- `[:cntrl:]` control znaky
- `[:digit:]` čísla
- `[:graph:]` tištitelné a viditelné znaky např. „k“
- `[:lower:]` malá písmena
- `[:print:]` tištitelné znaky

- `[:punct:]` interpunkce, která nespadá ani do jedné z výše uvedených skupin
- `[:upper:]` kapitálky
- `[:xdigit:]` znaky v hexadecimálním tvaru

Třídu znaků je nutné zapisovat do dvojitých hranatých závorek např. `[[:alpha:]]`.

AWK čte zadaný příkaz dvakrát. Poprvé přečte zadaný program a podruhé vyhledá řetězec vyhovující zadanému regulárnímu výrazu. [18, s.53]

Jak již bylo zmíněno výše , AWK má implicitně nastaven mód „single line“. Při načítání souboru rozděluje vložený text do záznamů oddělené právě znakem nové řádky „“. Pro změnu separátoru můžeme nastavit proměnnou RS na jakýkoli jeden znak nebo prázdný řetězec.

Záznamy jsou pak dále děleny na pole, která jsou lépe programově zpracovatelná (program si totiž zapamatovává jejich pozice pomocí počtu záznamů, které již byly přečteny). Separátor rozdělující pole je buď jakýkoli znak (včetně mezery) nebo regulární výraz. Separátor můžeme nastavit pomocí proměnné „FS“.

```
echo Jimmy Weasel, 100 Any Street#Jane Weasel, 99 Same Street |
awk 'BEGIN{RS="#"; FS=","} /.+/ {print $1}'

#vytiskne:
#Jimmy Weasel
#Jane Weasel
```

Pro nahrazování použijeme metodu *sub()*, která má dva paramentry. Prvním parametrem je regulární výraz a druhým řetězec, který má nahradit vyhledanou část.

```
echo abcdefg| awk '{sub(/abc/,"cba");print}'
# vytiskne "cbadefg"
```

AWK umožňuje převést vložený řetězec do malých či velkých písmen, a to pomocí metod *tolower()* a *toupper()*.

Dále také má funkci *split()*, která slouží pro rozdělení řetězce dle zadaného vzoru.

4.3.3 Rozšíření gawk

Jak bylo již zmíněno v úvodu této kapitoly, GNU awk neboli gawk umožňuje řadu rozšíření oproti awk.

Podporuje používání tzv. tokenů (viz. ...) a to: `\s`, `\w` a jejich negace a `\B`. `\b` v awk značí zpětné lomítko, proto je zde token hranice slova značen jako `\y`. Dále také umožňuje používání dalších: `\<` zachycující prázný řetězec na začátku slova a `\>` zachycující prázdný řetězec na konci slova.

Oproti awk také umožňuje zapnout mód case-insensitive. Pomocí proměnné IGNORECASE, která je implicitně nastavena na 0. Po změně dané proměnné na 1 (tzn. IGNORECASE = 1), veškeré regulární výrazy a celý program budou mít zapnutý mód case-insensitive.

4.4 grep

Grep je nástroj, který primárně slouží k vyhledávání souborů dle názvu za pomocí regulárních výrazů. Použití má následující syntaxi:

```
grep [parametr] 'vzor' soubor
```

Parametrů může být hned několik. Například `-E` umožňuje použití syntaxe vzoru z ERE. Dalšími jsou parametry, kterými lze nastavit, jaký výstup vyhledávání chceme. Například `-l` vypíše názvy všech názvů souborů, které odpovídají zadanému vzoru. Naopak `-L` zajistí výpis všech souborů, jejichž názvy vzoru neodpovídají. [19] Parametr `-r` umožňuje rekursivní vyhledávání ve složce.

```
grep -lr '[Ww]ork' /home/projects
```

Ve výše uvedeném příkladu se vypíše do konzole seznam všech souborů ve složce „projects“, které obsahují slova „Work“ nebo „work“. Pokud bychom chtěli zjistit, na kterém místě se v souboru shoda nachází, stačí jako parametr zadat pouze `-r`. [19]

4.5 Javascript

4.5.1 Obecné informace

Javascript je objektově orientovaný jazyk, používaný jako skriptovací jazyk pro webové stránky. Nicméně je spustitelný i v nástroji node.js. Standardem pro Javascript je ECMAScript. Nejnovější verzí je ECMAScript 6 (neboli ECMA–262 6. edice) vydaná v roce 2015. Ovšem není podporován všemi internetovými prohlížeči ani nástrojem node.js, proto se v této kapitole budu držet syntaxe standardizovaném ECMAScript 5.1, která je plně podporována.

ECMAScript 6 přináší významné novinky z hlediska syntaxe[1]. Z hlediska regulárních výrazů byly přidány dva modifikátory a to: `\u` pro unicodové vlastnosti a `\y` tzn. „sticky matcher“, který umožňuje procházet zadaný textový řetězec od pozice dané v proměnné *RegExp.lastIndex*.

4.5.2 Syntaxe

Regulární výrazy v Javascriptu se zapisují mezi dvě lomítka `/.../` a mofigikátory, které chceme použít se zapisují až nakonec, za druhé lomítko např. `/.../gim`. [20]

Pokud chceme regulární výraz použít na více řetězců, lze objekt regulárního výrazu jednoduše vytvořit přiřazením proměnné. Objekt regulárního výrazu můžeme také vytvořit z textového řetězce pomocí konstruktoru *RegExp*. Tento konstruktor může mít buď jeden parametr, obsahující regulární výraz bez lomítek, a nebo dva parametry, z nichž první obsahuje regulární výraz bez lomítek a druhý vlaječku. Při vytváření objektu regulárního výrazu může dojít k výjimce *SyntaxError*, která, jak už název napovídá, je vyvolána při zadání výrazu s nesprávnou syntaxí. [18]

```
//Metoda zjišťuje zda byla zadána i vlaječka a poté vytvoří regulární výraz
    pomocí kontruktoru RegExp
```

[1] Více informací o změnách lze nalézt zde: http://es6-features.org/

```
function prevodReg(reg,f){
   var vystup;
   try{
      if(f == ""){
         //zadaný výraz se převede do regulárního výrazu bez vlaječky
         vystup = new RegExp(reg);
      }else{
         //zadaný výraz se převede do regulárního výrazu i s vlaječkou
         vystup = new RegExp(reg,f);
      }
   }catch (error){
      //odchycení výjimky SyntaxError
      console.log("SyntaxError: Nesprávně zadaný výraz");
      main();
   }
   return vystup;
};
```

Takto vytvořený RegExp objekt dědí po svém předku metody:

- *RegExp.prototype.test()*, která otestuje, zda zadaný řetězec odpovídá vzoru. Při nalezení shody vrací *true*, v opačném případě *false*.
- *RegExp.prototype.exec()*, která vrací nalezenou část řetězce odpovídající zadanému vzoru. A to v podobě pole. V případě, že nenajde žádnou shodu, vrací *null*. Stejného výsledku docílíme i metodou *String.prototype.match()*. Ta navíc umožňuje vložit jako parametr jak objekt RexExp tak i regulární výraz v typu string. [20]

```
//Metoda zjišťuje shodu zadaného výrazu (str) a vzorem (re)
   function zjistitShodu(re,str){

   //zjistí se, zda daný text odpovídá vzoru
   if(re.test(str)){

      //vrací substring odpovídající vzoru
      var newstr = str.match(re);

      //použití RegExp.prototype.exec()
      //var newstr = re.exec(str);

      console.log(newstr);
   }else{
      console.log("Žádná shoda");
   }
};
```

Například při zadání regulárního výrazu: `[12][0-9]{3}` a řetězce „v roce 1990“, výše uvedená metoda vypíše do konzole: `['1990',index: 7,input: 'v roce 1990']`. Na první pozici se nachází část řetězce odpovídající vzoru. Index značí pozici, na které se nachází „1990“. Input pak ukazuje vložený řetězec.

Pro nahrazení části řetězce odpovídající danému vzoru, slouží metoda *String.prototype.replace()*. Metoda vrací nový řetězec tvořený původním řetězecem s nahrazenými částmi. Jako pa-

rametr může být použit, jak regulární výraz ve tvaru řetězce (string), tak i jako objekt RegExp. Druhým parametrem je nahrazující řetězec, který může být zadán jako string nebo jako metoda, která se zavolá při každém použití daného regulárního výrazu.. [21]

```
//metoda slouží k nahrazení části zadaného řetězce (str), která odpovídá
    regulárnímu výrazu (reg)
//řetězcem "repl"
function nahradit(reg,str,repl){
//zjistí, zda daný řetězec odpovídá vzoru
   if(reg.test(str)){
      //nahradí zadaný text
      var newstr = str.replace(reg,repl);
      console.log(newstr);
      main();
   }else{
      console.log("Žádná shoda");
      main();
   }
};
```

Metoda *replace()* neumožňuje vkládat vlaječky jako parametr. Toto omezení lze obejít využitím RegExp objektu. Na zachycené části textu (viz. podkapitola Zachycení), se lze odkazovat pomocí `$d`, kde d představuje číslo dané skupiny. [21]

4.6 Java

4.6.1 Obecné informace

Jazyk Java je objektovým programovacím jazykem. Jeho první verze vyšla v roce 1995. Ve čtvrté verzi vydané v roce 2002, byl do Javy přidán (mimo jiné) balíček podporující regulární výrazy *java.util.regex*. Java používá modifikaci regulárních výrazů velmi podobné jazyku Perl, což umožňuje v Javě používat i pokročilé regulární výrazy. Podpora dalších funkcí v regulárních výrazech přišla s šestou verzí, kdy byla přidána podpora unicodových skriptů (viz. podkapitola Unicode) a pojmenovávání zachycených skupin (viz. podkapitola Zachycování(capture)).

Významným odlišením od syntaxe regulárních výrazů v jiných jazycích (včetně jazyku Perl) je použití dvojitého zpětného lomítka při „escapování“ v datovém typu String. Tudíž je důležité například místo `\w` napsat `\\w`. To proto, aby byly Java kompilátorem správně přeloženy. To platí i pro zapisování unicodových znaků. [13]

Podobně jako u již zmíněných jazyků i Java má speciální znaky pro třídu znaků definovanou POSIX standardem. Oproti již výše zmíněných programů awk či grep, se v Javě používá jiná syntaxe (viz. seznam níže).

- `\p{Lower}` je ekvivalentní zápis [a-z]
- `\p{Upper}` je ekvivalentní zápis [A-Z]
- `\p{Alpha}` je ekvivalentním zápisem [a-zA-Z]
- `\p{Digit}` je ekvivalentní zápis [0-9]

- `\p{Alnum}` je ekvivalentní s [a-zA-Z0-9]
- `\p{Punct}` je ekvivalentní s jakýmkoli z `!"#$%&'()*+,-./:;<=>?@[\]^_‘{}~|`
- `\p{Graph}` značí jakýkoliv viditelný znak
- `\p{Print}` značí jakýkoliv viditelný znak a mezeru
- `\p{Blank}` značí tabulátor

4.6.2 Používané třídy a metody

Balíček *java.util.regex* obsahuje třídy:

- *Pattern*, která provádí kontrolu syntaxe regulárního výrazu. Nemá veřejný (public) kontruktor, k vytvoření instance je proto třeba *public static Pattern compile(String regex)*. Parametrem je regulární výraz typu String. Při volání této metody je možný vznik výjimky *PatternSyntaxException*. Tato výjimka se nemusí povinně odchytávat, ale je to vhodné v případě, že regulární výraz zadává uživatel. [13]
- *Matcher*, která zajišťuje porovnávání zadaného vzoru a textového řetězce. Podobně jako třída Pattern, nemá veřejný kontruktor. K jejímu vytvoření je třeba volání metody na instanci třídy Pattern *public Matcher matcher(CharSequence input)*. [15] Tato metoda může vyvolat výjimku *NullPointerException* v případě, že její parametr bude *null*. Narozdíl od třídy Pattern není vláknově bezpečná.

```
import java.util.regex.Matcher;
import java.util.regex.Pattern;
import java.util.regex.PatternSyntaxException;

public class RegexLogika {

    private Pattern pattern;
    private Matcher m;
```

Třída Matcher pak má metody: *public boolean matches()* umožňující porovnání řetězce se zadaným vzorem. *public boolean find()* hledající počátek části zadaného řetězce, který odpovídá vzoru. Vrací true, v případě, že řetězec obsahuje část (tzv. „substring“) odpovídající vzoru. Vyhledaný substring, pak lze získat pomocí metody *public String group()*. Metoda *find()*, při prvním zavolání, prohledává zadaný řetězec od začátku (tzn. od indexu 0). Nicméně pokud najde shodu a je zavolána podruhé, začne vyhledávat od pozice za poslední nalezenou shodou. [22]

```
   /**
     * Metoda uplatní uživatelem zadaný vzor na uživatelem zadaném řetězci
     * @param regex - vzor
     * @param vstup - textový řetězec
     * @return vyhledaný substring
     */
    public String vyhledat(String regex, String vstup) {
          List<String> vystup = new ArrayList<>();
        //regularni vyraz zadany uzivatelem
```

```
        try {
            pattern = Pattern.compile(regex);
        } catch (PatternSyntaxException e) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, " Chybný regulární výraz",
                "REGEX hlášení", JOptionPane.PLAIN_MESSAGE, null);
        }
        //vstup zadany uzivatelem
        try {
            m = pattern.matcher(vstup);
            //zjištění, zda řetězec obsahuje nějakou shodu
            if (m.find()) {
                vystup.add(m.group());
            //hledání dalších shod řetězce s regulárních výrazem
                while (m.find()) {
                    vystup.add(m.group());
                }
            } else {
                JOptionPane.showMessageDialog(null, "Žádná shoda", "REGEX
                    hlášení", JOptionPane.PLAIN_MESSAGE, null);

            }

        } catch (NullPointerException ex) {
            JOptionPane.showMessageDialog(null, "Žádná shoda", "REGEX hlášení",
                JOptionPane.PLAIN_MESSAGE, null);

        }
        return vystup;
    }
```

Metodu *group()* můžeme nahradit:

```
 //index prvního znaku nalzeného textu
 zacatek = m.start();
 //index posledního znaku nalezeného textu
 konec = m.end();
//vytvoření substringu ze zadaného textu
 vystup = vstup.substring(zacatek, konec);
```

Java neumožňuje automaticky vyhledávat všechny výskyty shody s regulárním výrazem, pouze použitím modifikátoru „g“ jako například Perl (viz. Perl). Lze vyhledat všechny výskyty opakovaným voláním metody *group()* a ukládáním výsledků například do seznamu.

Další metodou třídy Matcher je *public String replaceAll(String replacement)*, která zajistí nahrazení všech výskytů nalezeného substringu v zadaném textu, textem či odkazy udanými v parametru metody.

K nahrazení pouze prvního výskytu daného substringu slouží metoda *public String replaceFirst(String replacement)*. Obě metody vrací objekt typu String, který obsahuje výsledný řetězec po nahrazení.

Parametr obou metod může obsahovat odkazy na zachycené skupiny (viz. kapitola Zachycení) za pomocí `${nazevSkupiny}` nebo `$d` (kde d značí číslo skupiny). Jestliže

nahrazovací text odkazuje na neexistující skupinu, vrátí se výjimka IndexOutOfBoundsException. [22]

```
Pattern p = Pattern.compile("(\\w+)\\s(\\w+)");
Matcher m = p.matcher("John Smith");
String vysledek = m.replaceAll("$2 $1");
//proměnná vysledek je pak rovna "Smith John"
```

4.7 PCRE

Literatura

[1] DOSTÁL, Hubert. *Teorie konečných automatů, regulárních gramatik, jazyků a výrazů* [online]. 2008 [cit. 2015-07-11]. Dostupné z: http://iris.uhk.cz/tein/teorie/regJazyk.html

[2] THOMPSON, Ken. *Regular Expression Search Algorithm.* Communications of the ACM: Volume 11 [online]. 1968, (6): 419-422 [cit. 2015-07-11]. Dostupné z: http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/intropln/material/p419-thompson.pdf

[3] Perl Compatible Regular Expressions. *Wikipedia* [online]. 2015-07-03 [cit. 2015-07-11]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Perl_Compatible_Regular_Expressions

[4] Regular Expression. *Wikipedia* [online]. 2015-07-08 [cit. 2015-07-11]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Regular_expression

[5] GOYVAERTS, Jan a Steven LEVITHAN. Regular Expressions Cookbook. 1. the United States of America: O'Reilly Media, Inc., 2009. ISBN 978-0-596-52068-7.

[6] GOYVAERTS, Jan. Regular Expressions: The Complete Tutorial [online]. 2007, July 2007 [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: http://www.regular-expressions.info/print.html

[7] Bílý znak. Wikipedie [online]. 2015-07-17 [cit. 2015-07-18]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/B%C3%ADl%C3%BD_znak

[8] Shorthand Character Classes. GOYVAERTS, Jan. Regular-Expressions.info [online]. 2014-04-24 [cit. 2015-07-18]. Dostupné z: http://www.regular-expressions.info/shorthand.html

[9] Character Class Intersection. GOYVAERTS, Jan. Regular-Expressions.info [online]. 2014-09-26 [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: http://www.regular-expressions.info/charclassintersect.html

[10] The Java™ Tutorials. ORACLE. Oracle Java Documentation [online]. [cit. 2015-07-19]. Dostupné z: https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/regex/quant.html

[11] The Unicode® Standard: A Technical Introduction. UNICODE, INC. The Unicode Standard [online]. 2015-06-25 [cit. 2015-07-22]. Dostupné z: http://www.unicode.org/standard/principles.html#Unicode_and_ISO

[12] Blocks. Unicode [online]. 2014-11-10 [cit. 2015-07-23]. Dostupné z: http://www.unicode.org/Public/UCD/latest/ucd/Blocks.txt

[13] Class Pattern. ORACLE. *Java^{TM} Platform Standard Ed. 8 Documentation* [online]. 2015 [cit. 2015-07-25]. Dostupné z: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/regex/Pattern.html

[14] Supported Scripts. UNICODE, INC. *The Unicode Standard* [online]. 2015-06-12 [cit. 2015-07-25]. Dostupné z: http://unicode.org/standard/supported.html

[15] Perl. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2015, 2015-06-03 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Perl#Budouc.C3.AD_v.C3.BDvoj_.28Perl_6_a_VM_Parrot.29

[16] Perl regular expressions turtorial. KVALE, Mark. *perldoc.perl.org: Perl Programming Documentation* [online]. 2000 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z:http://perldoc.perl.org/perlretut.html

[17] GNU Regular Expression Extensions. GOYVAERTS, Jan. *Regular-Expressions.info* [online]. 2013-09-16 [cit. 2015-08-22]. Dostupné z: http://www.regular-expressions.info/gnu.html

[18] ROBBINS, Arnold D. *GAWK: Effective AWK Programming* [online]. Edition 4.1. USA: Free Software Foundation, 2015 [cit. 2015-07-28]. ISBN 1-882114-28-0. Dostupné z: http://www.gnu.org/software/gawk/manual/gawk.pdf

[19] MAGLOIRE, Alain. *GNU Grep: Print lines matching a pattern.* 2014. 2.21. Dostupné také z: http://www.gnu.org/software/grep/manual/grep.pdf

[20] Regular Expressions. MOZILLA. Mozilla Developer Network [online]. 2015-07-21 [cit. 2015-07-26]. Dostupné z: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Guide/Regular_Expressions

[21] String.prototype.replace(). MOZILLA. Mozilla Developer Network [online]. 2015-07-13 [cit. 2015-07-27]. Dostupné z:https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/String/replace

[22] Class Matcher. ORACLE. *Java^{TM} Platform Standard Ed. 8 Documentation* [online]. 2015 [cit. 2015-07-25]. Dostupné z: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/regex/Matcher.html

Seznam obrázků

Seznam tabulek