SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-5384-64329

LÚŠTENIE HISTORICKÝCH ŠIFIER NA GRIDE

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program:	Aplikovaná informatika
Číslo študijného odboru:	2511
Názov študijného odboru:	9.2.9 Aplikovaná informatika
Školiace pracovisko:	Ústav informatiky a matematiky
Vedúci záverečnej práce:	Ing. Eugen Antal

Bratislava 2017 **Martin Eliáš**

Obsah

Zoznam obrázkov a tabuliek

Zoznam skratiek

CPU	Central processing unit
GPU	Graphics processing unit
HDD	Harddisk drive
LAN	Local Area Network
RAM	Random Access Memory
SSH	Secure shell
VPN	Virtual private network

Zoznam výpisov

Úvod

Tu bude krasny uvod s diakritikou atd.
A mozno aj viac riadkovy uvod.

1 Klasické šifry

V tejto kapitole sa budeme zaoberať históriou a stručným prehľadom klasických šifier. Spomenieme si aj niektoré základné útoky na klasické šifry.

1.1 História

História klasických šifier a utajovania písomného textu je pravdepodobne tak stará ako samotné písmo. Písmo, v podobe akej ho poznáme a používame dnes, pravdepodobne pochádza asi spred 3000 rokov pred Kristom a za jeho objaviteľov sa považujú Feničania. V niektorých prípadoch predstavovalo už použitie písma utajenie samotného textu. Príkladom môžu byť Egyptské hieroglyfy alebo klinové písmo používané v Mezopotámii. Iným príkladom môžu byť semitské jazyky, ktoré sú charakteristické používaním iba spoluhlások bez použitia samohlások, pretože tie zaviedli až Aremejci a po nich následné Gréci aby pomocou nich boli schopný rozlíšiť jazyky [1]. Aj diakritika ako taká má schopnosť rozlišovať významy slov, čo si ale až do 15.storočia nikto nevšímal, až pokiaľ ju Arabi nezačali používať pri kryptoanalýze rôznych šifier.

Z historického hľadiska nie je možné presne zoradiť ako jednotlivé šifry vznikali, pretože súčasne vznikali na viacerých miestach sveta. Komunikácia a s ňou spojené sírenie informácii nebolo také rýchle ako dnes, až do roku 1440 keď Johan Guttenberg vynašiel kníhtlač, čo zjednodušilo výmenu a uchovávanie informácii.

Ku kryptografii ako aj k rôznym iným vedným disciplínam prispelo v minulosti staré Grécko. Jedným z najvýznamnejších príspevkov starých Grékov bolo široké rozšírenie abecedy a písomného prejavu. Gréci písmo prebrali od Feničanov, ktorí na rozdiel od Egypťanov používali jednoduchšie písmo.

V Európe vďaka rozšíreniu abecedy začali vznikať aj prvé šifry, medzi ktoré patrí napríklad Cézarova šifra, ktorá vznikla v Rímskej ríši. Iným príkladom môže byť transpozičná šifra skytalé, ktorá bola používaná v Sparte.

Pád Rímskej ríše spôsobil úpadok kryptografie, ktorý trval až do obdobia stredoveku. Typickým znakom kryptografie v tomto období bolo napríklad písanie odzadu, alebo vertikálne, používanie cudzích jazykov, alebo vynechávanie samoh-

lások [1].

V stredoveku, kvôli bojom medzi pápežmi Ríma a Avignonu, bola kryptografia zdokonalená a začali sa používať rôzne kódy a nomenklátory. Ich charakteristickým znakom bolo zamieňanie písmen alebo nahradzovanie mien a titulov osôb v správach. V tomto období zabezpečovanie utajenia správ pokročilo až na takú úroveň, že na doručovanie správ boli použitý špeciálne vycvičení kuriéri.

V prvej polovici 20. storočia ľudia, ktorí pracovali v oblasti utajovanej komunikácie verili, že na to aby bola zabezpečená utajovaná komunikácia musí byť utajený kľúč a okrem neho aj šifrovací algoritmus. Toto ale odporovalo Kerckhoffovmu princípu, ktorý hovorí že: „Bezpečnosť šifrovacieho algoritmu musí závisieť výlučne na utajení kľúča a nie algoritmu“. Okrem toho sformuloval aj niekoľko požiadaviek na kryptografický systém, medzi ktoré patria:

1. systém musí byť teoreticky, alebo aspoň prakticky bezpečný
2. narušenie systému nesmie priniesť ťažkosti odosielateľovi a adresátovi
3. kľúč musí byť ľahko zapamätateľný a ľahko vymeniteľný
4. zašifrovaná správa musí byť prenášateľná telegrafom
5. šifrovacia pomôcka musí byť ľahko prenosná a ovládateľná jedinou osobou
6. systém musí byť jednoduchý, bez dlhého zoznamu pravidiel, nevyžadujúci nadmerné sústredenie

Tieto princípy sú popísané v pôvodnej publikácii od Kerckhoffa [2].

Existovala ale aj iná skupina vedcov, medzi ktorých patril aj Lester S. Hill, ktorý si uvedomoval že kryptológia je úzko spätá z matematikou. V roku 1941 si na Hillových prácach zakladal A. Adrian Albert, ktorý pochopil, že v šifrovaní je možné použiť viacero algebraických štruktúr. Neskôr toto všetko usporiadal a zdokonalil Claude E. Shannon, čo možno považovať za ukončenie éry klasických šifier [1].

1.2 Charakteristika

Na rozdiel od moderných šifier, ktoré sa používajú dnes, sú tie klasické rozdielne v niektorých hlavných črtách. Môžeme spomenúť niekoľko:

- Šifrovanie a dešifrovanie klasickej šifry možno realizovať zväčša pomocou papiera a ceruzky alebo nejakej mechanickej pomôcky.
- V dnešnej dobe aj vďaka rozšírenému použitiu počítačov stratila väčšina týchto algoritmov svoj význam.
- Utajuje sa algoritmus a aj kľúč a neuplatňuje sa Kerckhoffov princíp.
- Na rozdiel od moderných šifier sa používajú malé abecedy.
- V klasických šifrách je otvorený text, zašifrovaný text a kľúč v abecede reálneho jazyka, pričom v moderných šifrách sa používa binárne kódovanie.
- Na klasické šifry sa zväčša dá použiť štatistická analýza.

Z spomenutých charakteristík existujú aj výnimky. Napríklad pri Vigenerovej šifre sa algoritmus neutajoval. To platí aj pre Vernamovu šifru, ktorá okrem toho používa navyše binárne znaky. Vernamova šifra je perfektne bezpečná v podľa Shannonovej teórie [1].

Klasické šifry môžeme rozdeliť do niekoľkých základných kategórii:

- **Substitučné šifry.** V prípade že šifra permutuje znaky zdrojovej abecedy, hovoríme o monoalfabetickej šifre. Ako príklad môžeme uviesť šifru Atbaš prípadne Cézarovu šifru, alebo iné. V inom prípade ak sa aplikuje viacero permutácii podľa polohy znaku v otvorenom texte, tak hovoríme o polyalfabetickej šifre. Príkladom je Vigenerova šifra. Ďalším prípadom je polygramová šifra, kde sa z otvoreného textu najprv vytvoria bloky, na ktoré sa potom aplikuje nejaká permutácia.
- **Transpozičné šifry.** Transpozičné šifry sú vlastne blokové šifry, ktoré pri šifrovaní a dešifrovaní aplikujú pevne zvolenú permutáciu na každý blok ot-

voreného/zašifrovaného textu. Od polyalfabetickej šifry sa líši v poradí vykonávania operácii.

- **Homofónne šifry.** Homofónne šifry sú šifry, ktoré majú znáhodnený zašifrovaný text. Tieto šifry sa snažia zabrániť frekvenčnej analýze textu.

- **Substitučno-permutačné šifry.** Ak aplikujeme viacero substitučný a permutačných šifier na otvorený text tak hovoríme o substitučno-permutačných šifrách. Šifrovanie prebieha tak, že blok otvoreného textu sa rozdelí na menšie bloky, na ktoré je potom aplikovaná substitúcia, a permutácia, ktorá sa aplikuje na celý blok. Substitúcia zabezpečuje konfúziu a permutácia difúziu.

1.3 Útoky

1.3.1 Hrubou silou

Útok hrubou silou (bruteforce) je typ útoku, ktorý sa snaží zlomiť kľúč tak, že sa prehľadáva celý priestor kľúčov. Aby bol takýto útok možný a prakticky realizovateľný, priestor prehľadávaných kľúčov nesmie byť väčší ako hranica daná dostupnými prostriedkami alebo časom potrebným na riešenie.

Pre ilustráciu si uveďme jednoduchý príklad. Majme zašifrovaný text „VECDOXSORSCDYBSMUIMRCSPSOBXKQBSNO“, ktorý vieme že bol zašifrovaný šifrou podobnou Cézarovej šifre. Pre získanie otvoreného textu potrebujeme vyskúšať všetkých 26 možností posunov, čo je v tomto prípade kľúč, tak aby sme dostali zmysluplný text.

```
kľúč 1
VECDOXSORSCDYBSMUIMRCSPSOBXKQBSNO
WFDEPYTPSTDEZCTNVJNSDTQTPCYLRCTOP

kľúč 2
VECDOXSORSCDYBSMUIMRCSPSOBXKQBSNO
XGEFQZUQTUEFADUOWKOTEURUQDZMSDUPQ

kľúč 3
```

```
VECDOXSORSCDYBSMUIMRCSPSOBXKQBSNO
YHFGRAVRUVFGBEVPXLPUFVSVREANTEVQR

... // ďalšie klúče 4..26
```

Po prezretí všetkých možností by sme zistili že kľúč 16 sa dešifruje na „LUSTENIEHISTORICKYCHSIFIERNAGRIDE“.

1.3.2 Slovníkový útok

Slovníkový útok narozdiel od útoku hrubou silou skúša iba niektoré možnosti z vopred pripraveného slovníka kľúčov.

Ukážme si ako by v princípe mohol fungovať slovníkový útok na šifru Vigenere. Nech zašifrovaný text je „SYKESUMWSWZXGCWJOQNVZMXTSYRSRFPHW“. Útočník má k dispozícii slovník slov „ABC, SOMAR, HESLO, ...“.

```
kľúč JANO
SYKESUMWSWZXGCWJOQNVZMXTSYRSRFPHW
JYXQJUZIJWMJXCJVFQAHQMKFJYEEIFCTN

kľúč SOMAR
SYKESUMWSWZXGCWJOQNVZMXTSYRSRFPHW
AKYEBCYKSFHJUCFRAENEHYLTBGDGROXTK

klúč HESLO
SYKESUMWSWZXGCWJOQNVZMXTSYRSRFPHW
LUSTENIEHISTORICKYCHSIFIERNAGRIDE
```

1.3.3 Genetické a evolučné algoritmy

todo

2 Grid

Jedným z cieľov práce je preskúmať možnosti aplikovania útokov na klasické šifry v gridovom prostredí. Grid môžeme chápať ako skupinu počítačov, uzlov, spojenú pomocou siete Local Area Network (LAN), prípadne inou sieťovou technológiou, ktoré môžu ale nemusia byť geograficky oddelené. Účelom takýchto počítačov je poskytnúť veľký výpočtový výkon, ktorý je použitý na riešenie špecifických úloh.

2.1 hpc.stuba.sk

V rámci Slovenskej technickej univerzity (STU), Centra výpočtovej techniky (CVT) sa nachádza superpočítač IBM iDataPlex, ktorý pozostáva z 52 výpočtových uzlov. Každý výpočtový uzol má nasledovnú konfiguráciu:

- CPU: 2 x 6 jadrový Intel Xeon X5670 2.93 GHz
- RAM: 48GB (24GB na procesor)
- HDD: 2TB 7200 RPM SATA
- GPU: 2 x NVIDIA Tesla M2050 448 cuda jadier, 3GB ECC RAM
- Operačný systém: Scientific Linux 6.4
- Sieťové pripojenie: 2 x 10Gb/s Ethernet

Spolu máme k dispozícii 624 CPU, 3584 cuda jadier, 2,5TB RAM , 104TB lokálneho úložného priestoru a ďalších 115TB zdieľaného úložiska. Výpočtový výkon dosahuje 6,76 TFLOPS a maximálny príkon aj spolu s chladením je 40kW.

Aby sme boli schopný grid používať musíme si najprv zaregistrovať projekt a požiadať o vytvorenie používateľského účtu na stránke výpočtového strediska `hpc.stuba.sk`. Po registrácii a získaní prihlasovacích údajov sa môžeme prihlásiť do webového rozhrania, cez ktoré môžeme spravovať projekt, pridávať Ďalších riešiteľov, prezerať si štatistiky a grafy. Dôležitou funkciou webového rozhrania je zmena hesla používateľa a pridanie SSH verejného kľúča, pomocou ktorého sa môžeme prihlasovať bez zadávania hesla.

Do gridu sa môžeme prihlásiť cez *ssh* zadaním príkazu *ssh login@hpc.stuba.sk* a následným zadaním hesla. Ak sa pripájame mimo univerzitnej siete STU, na prihlásenie musíme použiť VPN. Po pripojení máme k dispozícií štandardnú linuxovú konzolu, ktorá ale obsahuje niekoľko špecifických príkazov pre daný grid. Zaujímať nás budú príkazy: *module, qstat, qfree, qsub, qsig.*

Príkaz module slúži na rýchle nastavenie ciest k vybraným knižniciam. Existujúce moduly môžeme vypísať pomocou *module avail*

```
[3xelias@one ~]$ module avail
----- /apps/modulefiles -----
abyss/1.3.7  fftw3/3.3.3   intel/composer_xe_2013 openmpi/1.10.2
cmake/3.1.0  gcc/5.4       matlab/R2015b          orca/2.9.1
cp2k/2.5.1   gcc/6.3       cuda/6.5               pgi/libs
devel        dirac/13.3    dirac/14               quantum_espresso
...
```

Pre načítanie modulov zadáme *module load modul1 modul2 ...*, aktuálne používané moduly zobrazíme pomocou *module list* a odstrániť ich môžeme príkazom *module purge*. Podrobnejšie voľby príkazu *module* sa môžeme dozvedieť z manuálových stránok.

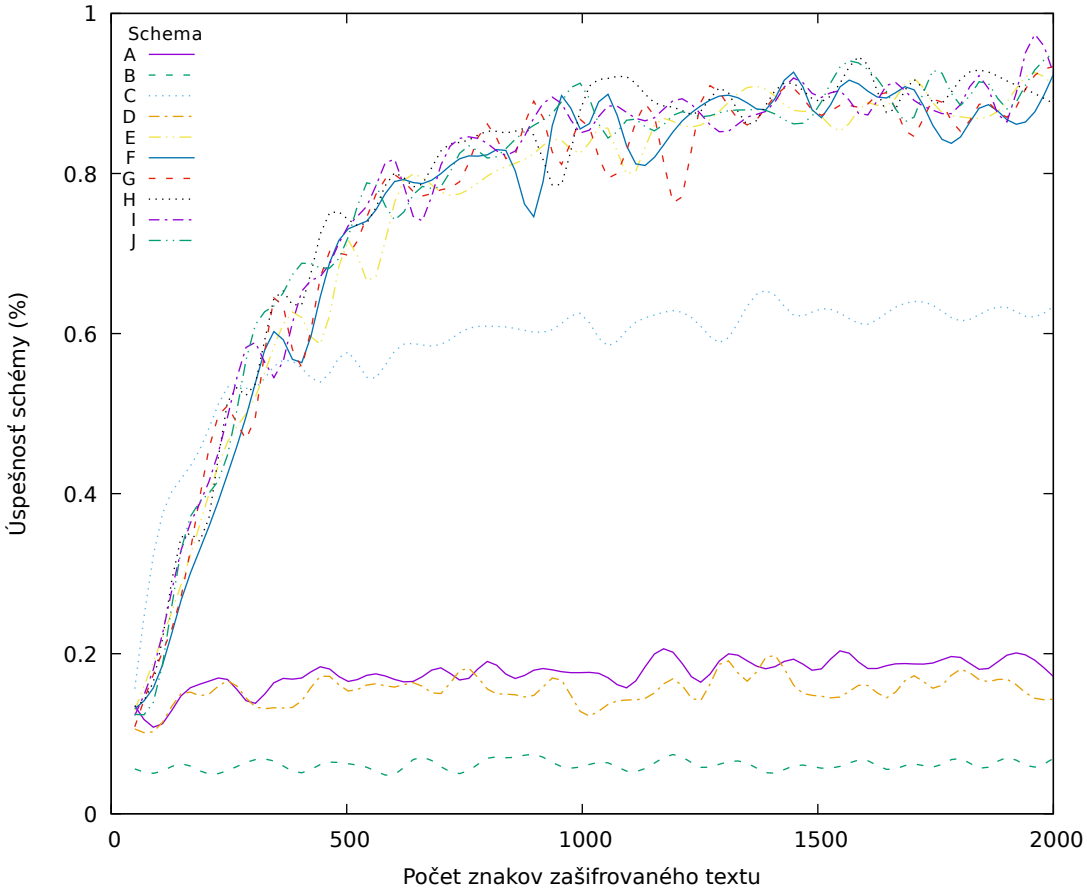
Ďalším dôležitým príkazom je *qstat*, ktorý zobrazuje status aktuálne bežiacich úloh. Detailnejší výpis o nami spustených úlohách môžeme vypísať cez *qstat -u $USER* alebo *qstat -a*

```
[3xelias@one ~]$ qstat
Job ID          Name             User          Time Use S Queue
--------------- ---------------- ------------- -------- - -----
114557.one      halogen          3xjakubecj    1499:03: R parallel
114640.one      JerMnchexFq5     3breza        1218:35: R parallel
114663.one      Job4             3xrasova      78:07:20 R parallel
114668.one      run.opt          3antusek      674:08:1 R parallel
114692.one      Job5             3xbuchab      43:39:43 R parallel
114710.one      PGA              3xelias       226:46:1 R parallel
```

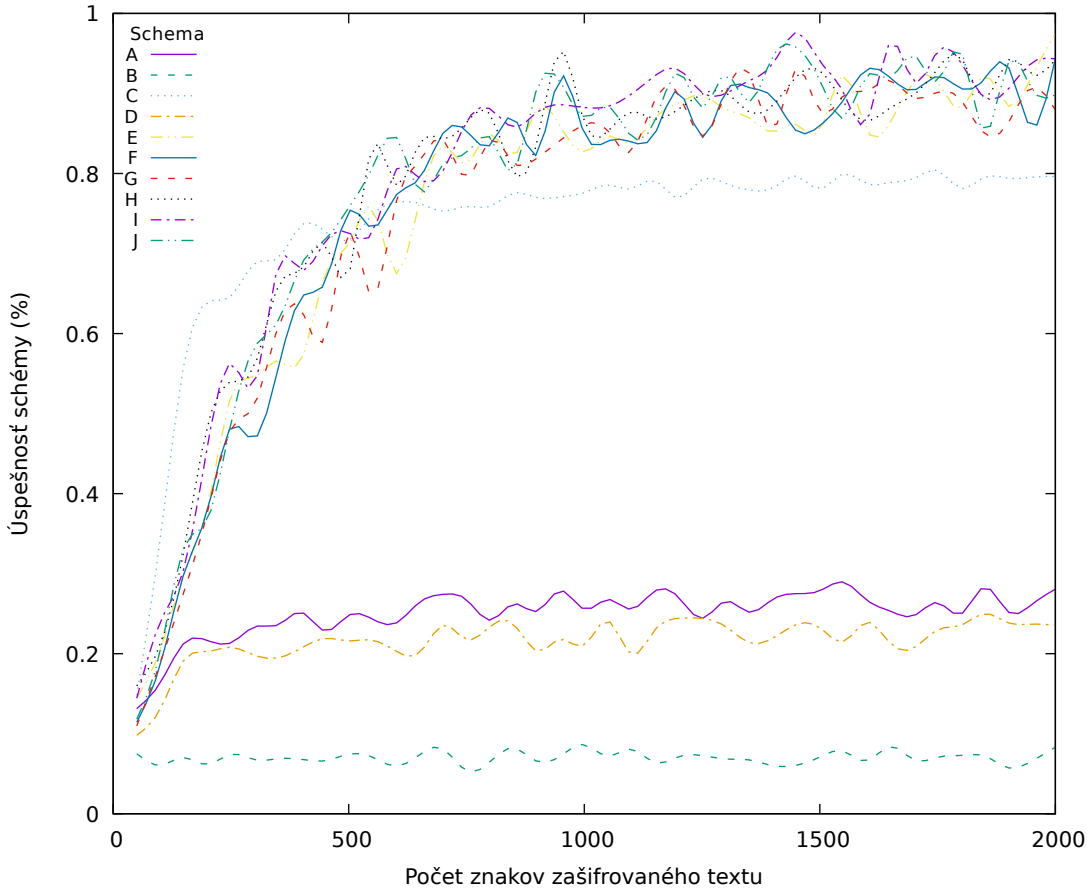
```
[3xelias@one ~]$ qstat -u $USER
Job ID           Queue    Jobname         NDS TSK Time      S Time
---------------- -------- -------------- --- --- --------- - -----
114710.one       parallel PGA              8   96  120:00:00 R 19:08:38
```

Z tabuľky príkazu *qstat -u $USER* nás zaujíma posledný riadok, ktorý popisuje nami spustenú úlohu. Dôležité sú pre nás predovšetkým stĺpce **Time**, **Job ID**. Posledný stĺpec **Time** hovorí o tom ako dlho je už naša úloha spustená, druhý stĺpec **Time** nám deklaruje maximálny možný čas, ktorý má úloha FitnessLandscape vyhradený. Hodnotu 114710 zo stĺpca **Job ID** môžeme použiť do príkazu *qsig* pre vynútené ukončenie úlohy.

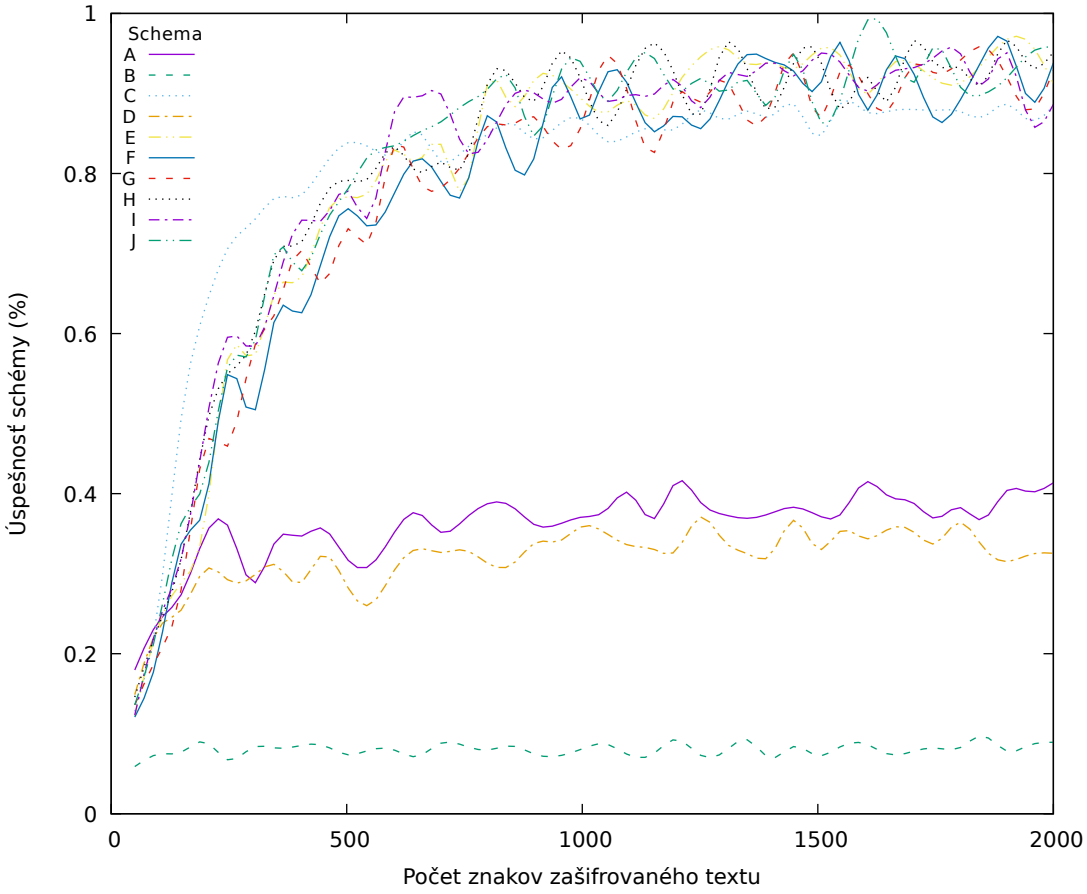
2.2 Genetické algoritmy



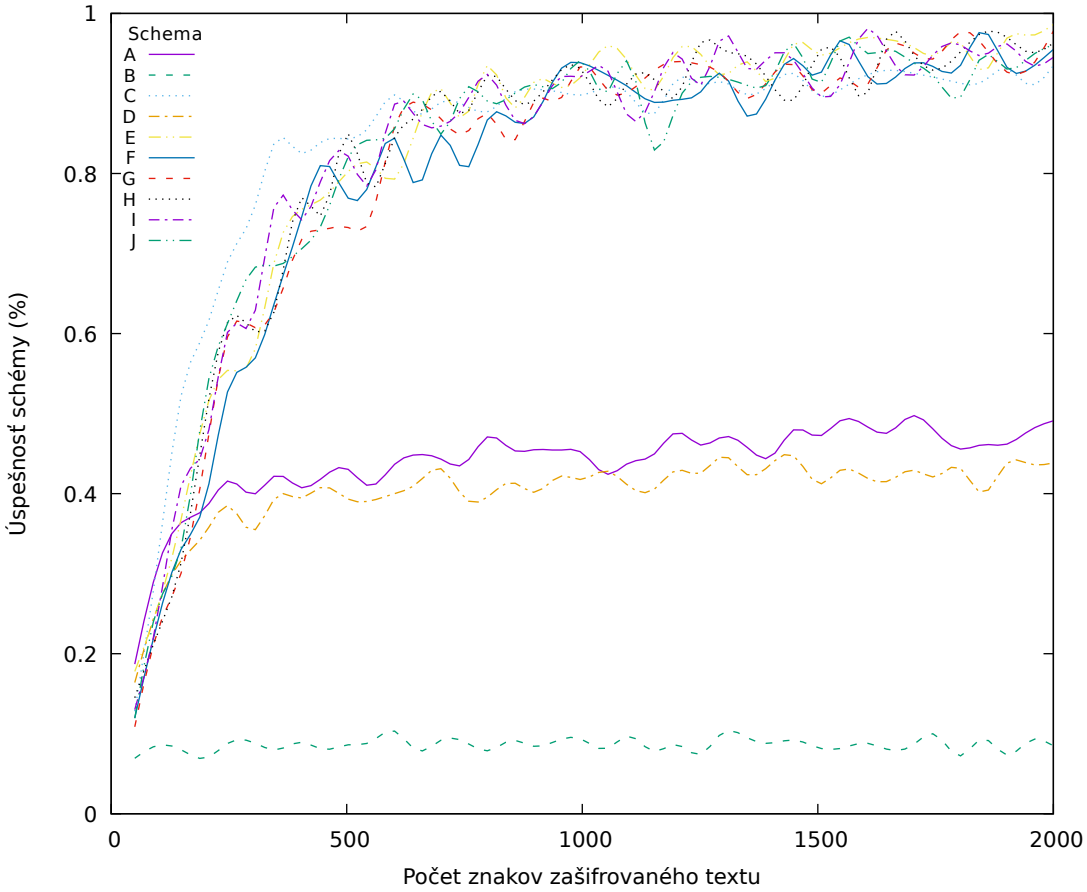
Obrázok 1: Počet iterácii: 10000, počiatočná populácia: 10



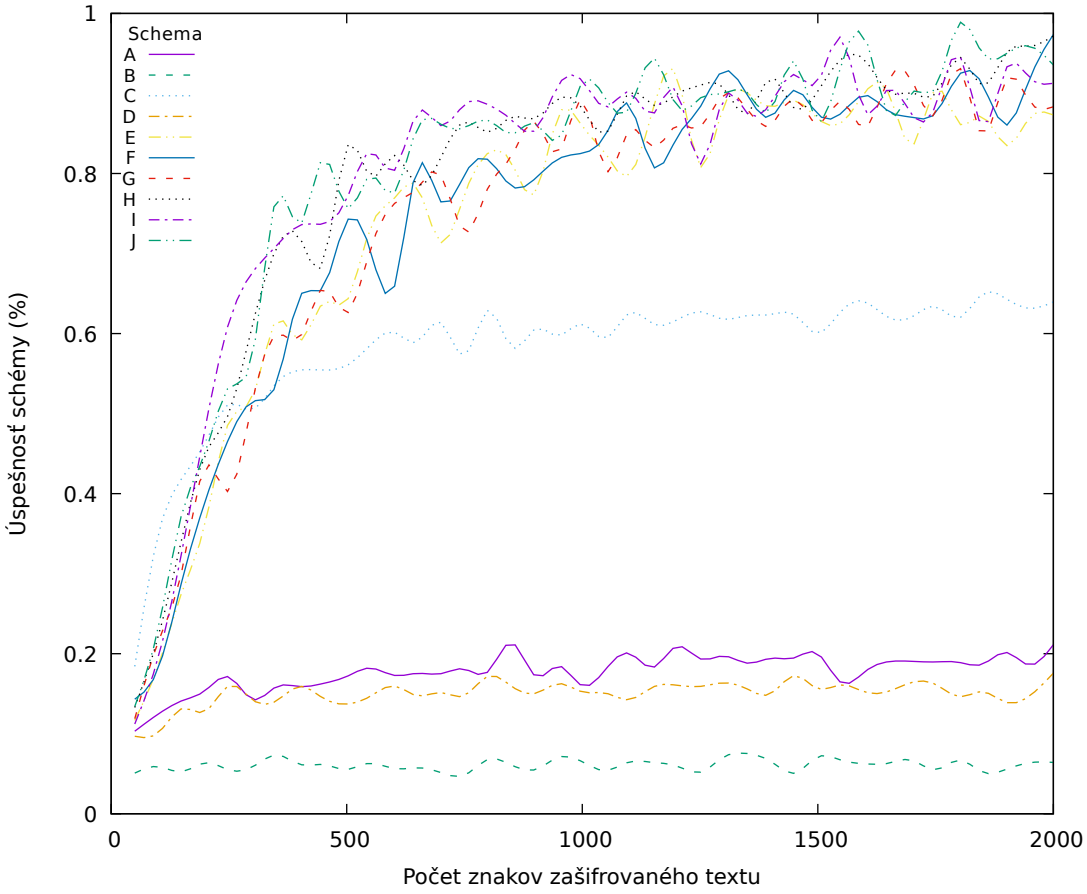
Obrázok 2: Počet iterácii: 10000, počiatočná populácia: 20



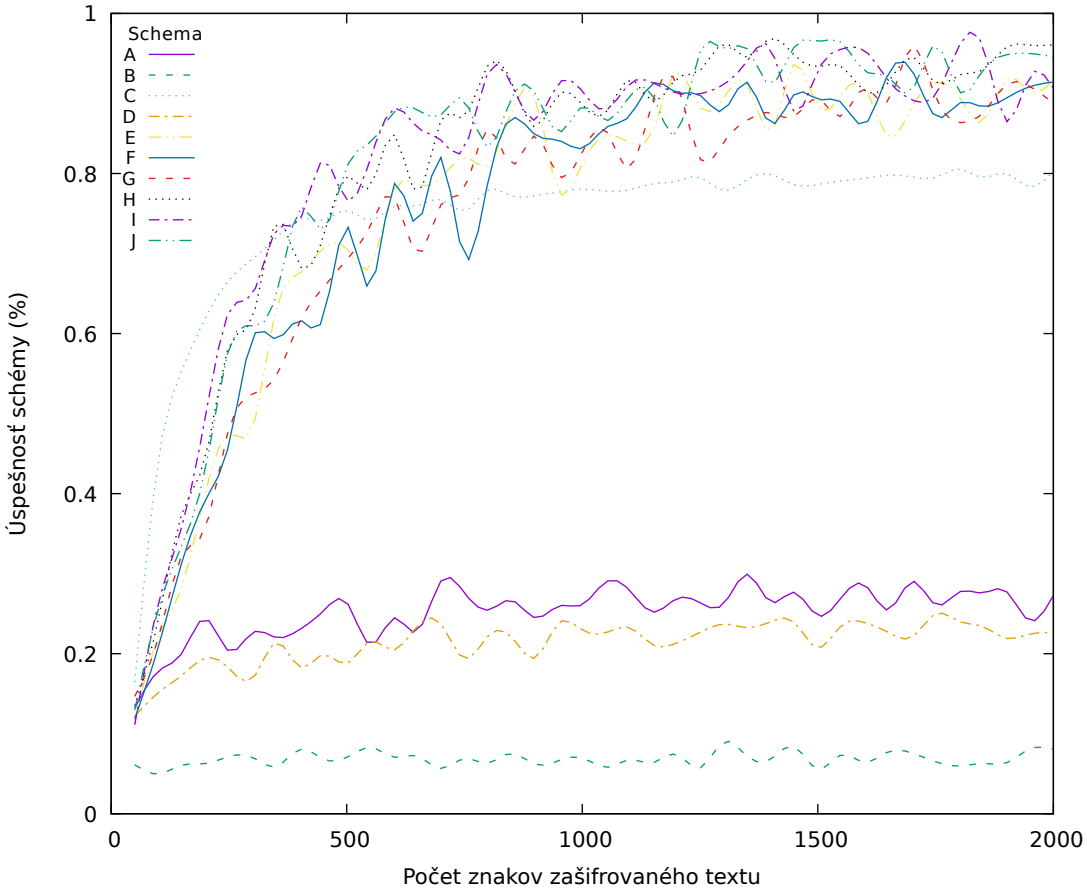
Obrázok 3: Počet iterácii: 10000, počiatočná populácia: 50



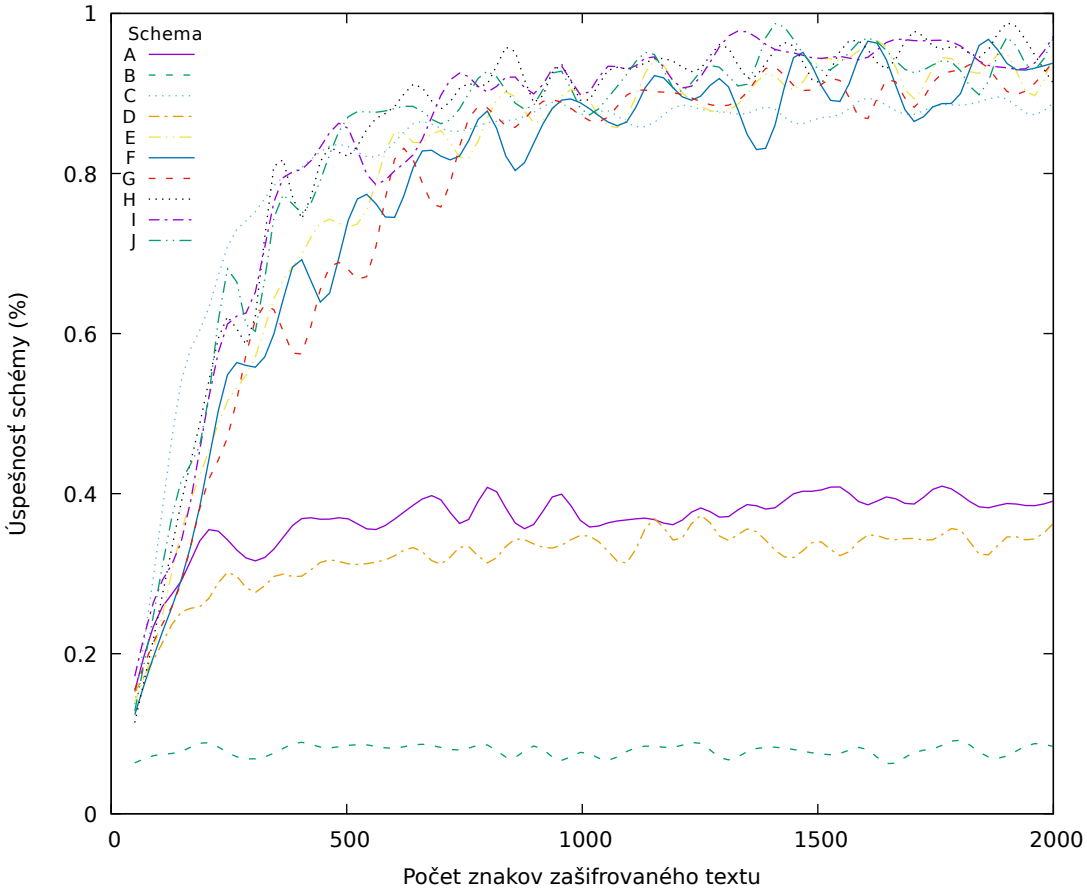
Obrázok 4: Počet iterácii: 10000, počiatočná populácia: 100



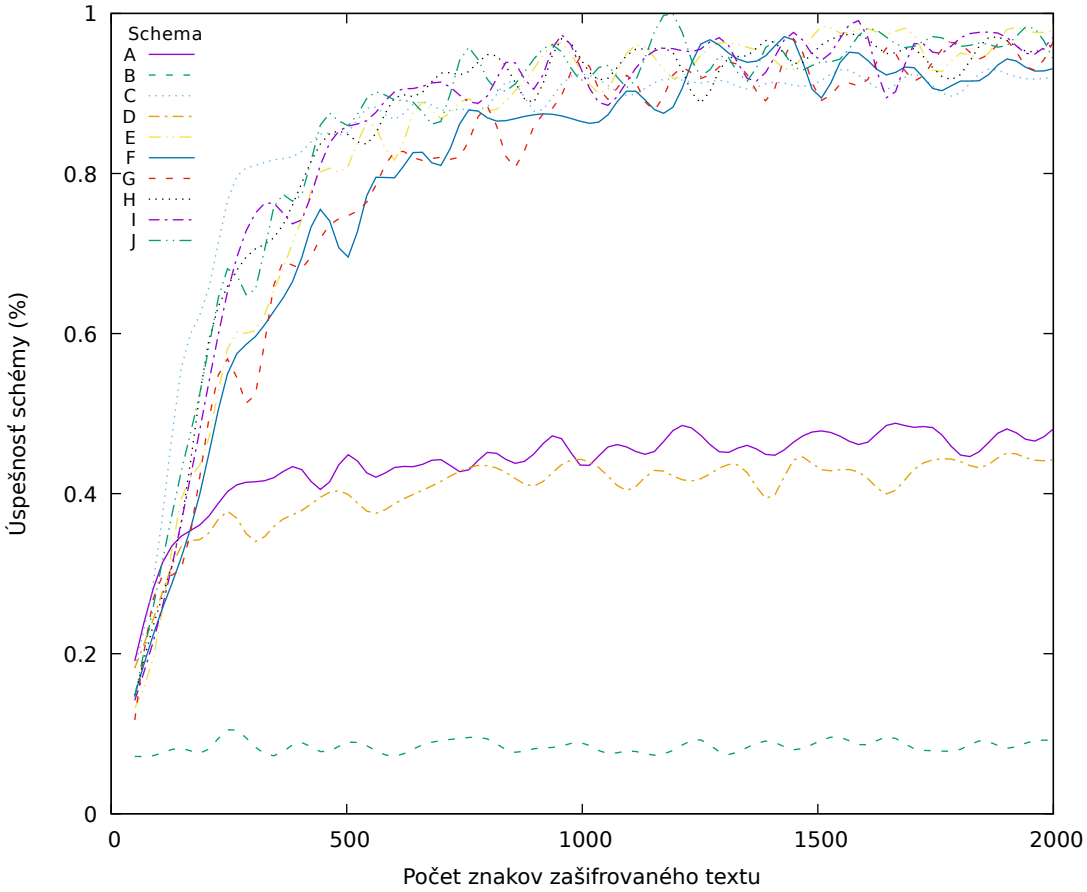
Obrázok 5: Počet iterácii: 50000, počiatočná populácia: 10



Obrázok 6: Počet iterácii: 50000, počiatočná populácia: 20



Obrázok 7: Počet iterácii: 50000, počiatočná populácia: 50



Obrázok 8: Počet iterácii: 50000, počiatočná populácia: 100

Záver

Conclusion is going to be where?
Here.

Zoznam použitej literatúry

1. GROŠEK, O., VOJVODA, M. a ZAJAC, P. *Klasické šifry*. Slovenská technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-227-2653-5.
2. KERCKHOFFS, A. a CONGRESS), George Fabyan Collection (Library of. *La cryptographie militaire, ou, Des chiffres usités en temps de guerre: avec un nouveau procédé de déchiffrement applicable aux systèmes à double clef*. Librairie militaire de L. Baudoin, 1883. Extrait du Journal des sciences militaires.