



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študentka: **Karolína Vallová**
ID študenta: 105652
Študijný program: matematicko-počítačové modelovanie
Študijný odbor: matematika
Vedúca práce: RNDr. Ľubica Staneková, PhD.
Vedúci pracoviska: Ing. Marek Macák, PhD.

Názov práce: **Algoritmy a pomôcky na riešenie sudoku**

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský jazyk

Špecifikácia zadania:

Témou tejto práce sú algoritmy a pomôcky na riešenie sudoku. V práci bude uvedený prehľad voľne dostupných programov, ktoré ponúkajú pomôcky pri riešení sudoku. Takéto programy najčastejšie ponúkajú dve pomôcky (malú a veľkú) alebo namiesto riešiteľa vygenerujú všetky možnosti. Cieľom práce je urobiť program s viacerými pomôckami (kombinácia známych a vlastných pomôcok) a tiež popísať teóriu k pomôckam a algoritmy na riešenie sudoku.

Termín odovzdania bakalárskej práce: 05. 05. 2022
Dátum schválenia zadania bakalárskej práce: 18. 02. 2022
Zadanie bakalárskej práce schválil: prof. RNDr. Karol Mikula, DrSc. – garant študijného programu

Obsah

1	Úvod	3
2	Hra Sudoku	4
2.1	Princíp hry	4
2.2	Zadania hry a ich úrovne	5
2.2.1	Zadania hry	5
2.2.2	Úroveň hry	6
3	Pomôcky na riešenie hry Sudoku	8
3.1	Lahké Pomôcky	8
3.1.1	Jedna pozícia	8
3.1.2	Jeden kandidát	9
3.2	Pokročilé pomôcky	10
3.2.1	Jedna línia kandidátov	10
3.2.2	Dvojité páry	11
3.2.3	Viaceré línie kandidátov	11
3.3	Náročné Pomôcky	11
3.3.1	Zjavný/á pár/trojica/štvorica	11
3.3.2	Skrytý/á pár/trojica/štvorica	12
3.3.3	X-wings	13
3.3.4	XY-wings pomôcka	13
4	Dostupné programy	15
4.1	Sudoku Solver	15
4.2	Expert Sudoku	16
4.3	Sudoku Hint	17
5	Programovanie Pomôcok a Alogoritmov hry Sudoku	18
5.1	Prostredie	18
	Bibliografia	19

Kapitola 1

Úvod

Sudoku je logická doplňovacia hra pre jedného hráča, ktorá sa v dnešnej dobe pre svoje jednoduché pravidlá a množstvu stupňov obtiažnosti stala veľmi populárnou pre väčšinu vekových kategórií.

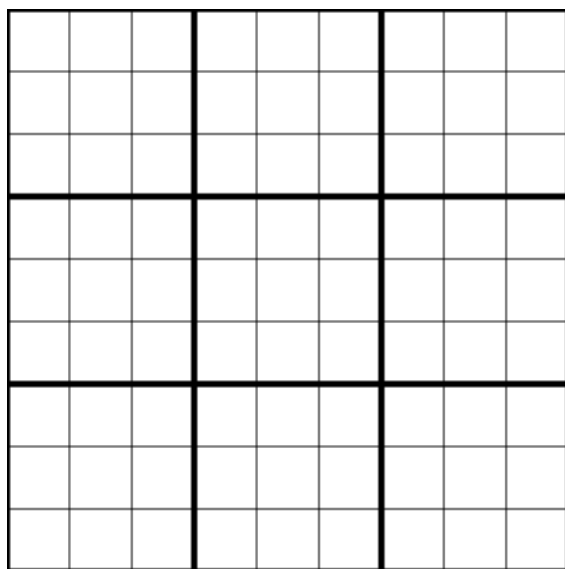
Prvá verzia Sudoku puzzle sa objavila vo francúzskych novinách na konci 19. storočia pod menom *Number Place*. A však jej popularitu si získala až v meste Manhattan, New York v 70. rokoch 20. storočia. Získala si ju vďaka pánovi z Nového Zélandu menom Wayne Gould, ktorý po 6. rokoch skonštruoval počítačový program na tvorenie zadaní Sudoku. Vďaka tomuto programu sa ľahko generovali zadania Sudoku, začali sa pravidelne a s úspechom publikovať do novín a táto logická hra sa rýchlo rozšírila do celého sveta. Neskôr táto hra bola publikovaná japonskou rébus firmou, ktorá ju pomenovala Sudoku, znamenajúc *jedno číslo práve raz* a tento názov jej zostal dodnes. [3]

Kapitola 2

Hra Sudoku

2.1 Princíp hry

Logickú hru Sudoku tvorí 81 políček po 9 riadkov a 9 stĺpoch. Celá šachovnica sa delí na 9 3×3 štvorcov po 9 políček.



Obr. 2.1: Prázdna sieť.

Cieľom hry je vyplniť týchto 81 políček číslicami od 1 – 9, pričom sa budú dodržiavať nasledovné tri základné pravidlá:

1. Každý riadok obsahovaje číslom 1 - 9 práve raz.
2. Každý stĺpec obsahovaje číslom 1 - 9 práve raz.
3. Každý 3×3 štvorec obsahovaje číslom 1 - 9 práve raz.

Na obrázku [2.2](#) vidíme už vyplnenú sieť hry Sudoku. Zároveň môžeme vidieť, že takto vyplnená sieť dodržiava tri základné pravidlá hry a preto ju môžeme nazvať aj jedným z mnoha správnych riešení Sudoku.

2	7	4	1	5	9	3	6	8
1	8	5	3	2	6	7	9	4
3	6	9	4	7	8	1	5	2
7	5	8	6	4	1	9	2	3
6	2	3	9	8	5	4	7	1
9	4	1	2	3	7	5	8	6
8	3	6	7	9	4	2	1	5
4	1	7	5	6	2	8	3	9
5	9	2	8	1	3	6	4	7

Obr. 2.2: Vylúštená hra SUDOKU.

2.2 Zadania hry a ich úrovně

2.2.1 Zadania hry

Intuitívne akúkoľvek čiastočne nevyplnenú sieť hry Sudoku 2.3 sa dá považovať za jej zadanie. Nie však každé nevyplnené Sudoku sa dá považovať za plnohodnotné zadanie. Vďaka kombinatorike vieme, že existuje práve 6.7×10^{21} riešení. Toto číslo vypočítali pomocou počítačového programu dvaja páni a to B. Felgenhauer a F. Jarvis v roku 2005 ako jeden z viacerých enumeračných problémov Sudoku. [1]

Zároveň vďaka experimentu z University College Dublin [2] bol v roku 2013 overný minimálny počet už zadaných čísel, aby sa zadanie považovalo za plnohodnotné. Tým sa myslí, aby zadanie hry malo riešenie. Gary McGuire overil minimálny počet čísel a to 17 čísel. Pri nevyplnených hrách Sudoku, kde je daných len 16 čísel, hra nemá riešenie, teda ma viac ako jediné riešenie a považuje sa za neplnohodnotné. Bežný počet čísel v zadaní hry pre začiatočníkov býva okolo 30 čísel.

čo nám naznačuje, že aj zadanie pre logickú hru Sudoku by malo mať svoje pravidlá alebo zásady. Avšak na takéto zásady sa prišlo potom ako sa hra predstavila verejnosti. Tieto tzv. nepísané pravidlá, ktorými by sa malo riadiť každé zadanie, aby sa považovalo za plnohodnotné, sú nasledovné:

1. Každé zadanie by malo mať práve jedno riešenie.
2. Každé zadanie by malo byť riešiteľné bez hádania alebo pomoci počítača.
3. Každé zadanie by malo byť minimálne, tzv. po odstránení jednej číslice by už nemalo mať riešenie.

2			1				6	
	8	5		2			9	
				7		1		2
					1			3
			9		5			
9			2					
8		6		9				
	1			6		8	3	
	9				3			7

Obr. 2.3: Vzor zadania.

2.2.2 Úroveň hry

Každé plnohodnotné zadanie má teda svoje jediné riešenie. Keď sa pozrieme na počet čísel v zadani, môžeme približne určiť alebo aspoň hráčovi môže dať približnú predstavu o leveli obtiažnosti. Avšak aj pri minimálnom počte čísel môžeme nájsť ľahšie alebo náročnejšie zadanie hry. Preto obtiažnosti hry by sa nemala určovať na základe počtu čísel v zadani, ale na základe istého systému, ktorý by určil úroveň obtiažnosti hry.

Existujú už rôzne systémy, ktoré ohodnotia úroveň zadania hry, jedným z týchto systémov môžeme nájsť na stránke [Difficulty of Sudoku puzzle](#). Na tejto stránke sa každé zadanie hry ohodnotí pomocou metódy, ktorá je na základe týchto troch vecí:

1. Počet nevyplnených (prázdnych) políček.
2. Koľko rôznych pomôcok treba použiť.
3. Ako často každú z týchto pomôcok treba zopakovať na vyriešenie hry.

Tento konkrétny systém, ktorý každej použitej pomôcke pridelí istú hodnotu (cenu) sa riadi nasledujúcou tabuľkou:

Tabuľka 2.1: Tabuľka hodnôt pre pomôcky.

Pomôcka	Cena za 1. použitie	Cena za ďalšie použitie
Jedna pozícia	100	100
Jeden kandidát	100	100
Jedna línia kandidátov	350	200
Dvojité páry	500	250
Viaceré línie kandidátov	700	400
Zjavný pár	750	500
Skrýty pár	1500	1200
Zjavná trojica	2000	1400
Skytá trojica	2400	1600
X-Wing a XY-Wing	2800	1600
Retazová reakcia	4200	2100
Zjavná štvorica	5000	4000
Skrytá štvorica	7000	5000

S veľkým množstvom zadanií, ich úrovně sa príležitostne môžu málo líšiť, jedno riešenie môže byť o trochu ľahšie ako ďalšie, ktoré je len o menšiu hodnotu náročnejšie. A to len preto koľko pomôcok je potrebných na vyriešenie hry. Preto sa zoskupili úrovně zadanií, ktoré mali podobné ohodnotenie na základe vyššie pomenutej tabuľky do šesť kategórií:

Tabuľka 2.2: Tabuľka úrovní hry Sudoku.

Úroveň	Dolná hranica	Horná hranica
Začiatočník	3600	4500
Lahká	4300	5500
Stredne ťažká	5300	6900
Náročná	6500	9300
Čertovská	8300	14000
Diabolská	11000	25000

Jednotlivé kategórie sa prekrývajú niekde viac, niekde menej, avšak tieto prekryvy sú tam zámerne. Umožňujú pri vytváraní zadanií istú voľnosť, aby zadanie bolo stále v prijateľnom rozsahu.

Kapitola 3

Pomôcky na riešenie hry Sudoku

V Predchádzajúcej kapitole sme spomenuli pomôcky na vyriešenie logickej hry Sudoku. V tejto kapitole sa ich skúsime čitateľovi vysvetliť do čo najzrozumiteľnejšej miery, aby si ich ako príležitostný alebo pravidelný hráč mohol prípadne aplikovať pri najbližšej hre. Postupne spomenieme väčšinu pomenutých pomôcok z už spomínanej tabuľky 2.1 hodnôt pre pomôcky.

Hlavná myšlienka za pomôckami logickej hry Sudoku je uľahčenie hľadania kandidáta alebo skupiny kandidátov, neskôr dedukciou aj nájsť konkrétne číslo pre konkrétne políčko v šachovnici.

3.1 Lahké Pomôcky

Medzi najľahšie a hlavne prvé pomôcky, s ktorými sa hráč stretne pri hraní hry Sudoku sú základné tri pravidlá hry a ich rôzne aplikácie či už pri hľadaní priamo čísla alebo kandidátov. Ako sa v predchádzajúcej kapitole spomínali princípy hry Sudoku, hlavná myšlienka je vyplniť šachovnicu číslami 1 – 9, tak aby sa neopakovali tie isté čísla v riadku, stĺpci a v štvorci o veľkosti 3 x 3.

3.1.1 Jedna pozícia

Práve táto pomôcka patrí medzi tie najľahšie a hráčovi začiatkovi je vysvetlená ako prvá. Pomôcka *Jedna pozícia* využíva základné tri pravidlá hry. Nižšie na príklade môžeme vidieť hru Sudoku v počiatočnej fázi riešenia. V posledných dvoch riadkoch môžeme vidieť už zvýraznené aj dve číslice 3. 3.1 Ak sa pozrieme na posledne tri riadky z dola a zameriame sa na číslo 3 môžeme vidieť dve veci:

1. V treťom riadku z dola chýba číslo 3.
2. Číslo 3 chýba aj vo štvorci v ľavom dolnom rohu.

Keď spojíme tieto dva poznatky, vyjde nám, že číslo 3 sa musí nachádzať vo vrchnom riadku ľavého dolného štvorca. Avšak tam je voľné iba jedno políčko. Tým pádom vieme jednoznačne povedať, že číslo 3 sa bude nachádzať práve v tomto voľnom políčku.

2			1				6	
	8	5		2			9	
				7		1		2
					1			3
			9		5			
9			2					
8		6		9				
	1			6		8	3	
	9				3			7

Obr. 3.1: Príklad pomôcky Jedna pozícia.

3.1.2 Jeden kandidát

Medzi ďalšie pomôcky, ktoré patria k tým ľahším je pomôcka *Jeden kandidát*. Táto pomôcka využíva základne tri pravidlá hry, ale skor na zorientovanie medzi už určenými a hlavne voľnými políčkami v šachovnici. Veľmi ojedinele nastane situácia, kedy jedno konkrétne políčko má iba jedného kandidáta na zváženie. Najlepšie je to vidieť na obrázku 3.2, kde sú v každom voľnom políčku vpísaní kandidáti na zváženie a jedno políčko je zvýraznené práve preto, lebo sa tam nachádza iba jeden kandidát na zváženie a to číslo 4.

2	³⁴⁷ ₆₇	³⁴⁷ ₉	1	³⁴⁵ ₈	⁴⁸⁹ ₇	³⁴⁵ ₇	6	⁴⁵⁸ ₄
¹³⁴ ₆₇	8	5	³⁴⁶ ₆₈	2	⁴⁶ ₉	³⁴⁷ ₁	9	4
³⁴⁶ ₇	³⁴⁶ ₆₇	³⁴⁹ ₈	³⁴⁵ ₆₈	7	⁴⁶⁸ ₉	⁴⁵⁸ ₇	1	2
⁴⁵⁶ ₇	²⁴⁵ ₆₇	²⁴⁷ ₈	⁴⁶⁷ ₈	⁴⁸ ₁	²⁴⁵ ₆₇₉	²⁴⁵ ₇₈	3	
¹³⁴ ₆₇	²³⁴ ₆₇	¹²³ ₄₇₈	9	³⁴⁸ ₅	²⁴⁶ ₇	¹²⁴ ₇₈	¹⁴⁶ ₈	
9	³⁴⁵ ₆₇	¹³⁴ ₇₈	2	³⁴⁸ ₈	⁴⁶⁷ ₈	⁴⁵⁶ ₇	¹⁴⁵ ₇₈	¹⁴⁵ ₆₈
8	²³⁴ ₅₇	6	⁴⁵⁷ ₁	9	²⁴⁷ ₆	²⁴⁵ ₅	¹²⁴ ₁₄₅	
⁴⁵⁷ ₉	1	²⁴⁷ ₄₅₇	⁴⁵⁷ ₆	²⁴⁷ ₈	⁸ ₃	⁴⁵⁹ ₇		
⁴⁵ ₉	9	²⁴ ₄₅₈	¹⁴⁵ ₈	3	²⁴⁵ ₆	¹²⁴ ₅	7	

Obr. 3.2: Príklad pomôcky Jeden kandidát.

Pomôcka Jeden kandidát však nepratrí medzi prvú voľbu skúseného hráča, nie to ešte začiatočníka, hlavne kvôli pracnosti, ktorú táto pomôcka vyžaduje. Na príkladnom obrázku 3.2 môžeme vidieť koľko rôzne veľkých skupín kandidátov sa nachádza v tomto konkrétnom zadaní hry. Preto sa táto pomôcka doporučuje používať pri väčšom počte už jasne daných čísel. Avšak aj vtedy táto pomôcka patrí medzi tie posledné, ktoré hráči využívajú.

3.2 Pokročilé pomôcky

V tejto sekcii sa budú rozoberať pomôcky, ktoré môžu, ale vo väčšine prípadov neurčia konkrétne číslo konkrétnemu voľnému políčku, skôr zredukujú skupiny možných kandidátov pre jednotlivé políčka. Keď sa využije kombinácia takýchto pomôcok, hráča to priblíži k správne riešeniu, ak nie priamo k riešeniu. To však záleží na úrovni hry.

3.2.1 Jedna línia kandidátov

Jednou z prvých pokročilejších pomôcok je Jedna línia kandidátov. Keď sa pozrieme na štvorec 3 x 3 v strede šachovnice na obrázku 3.3, môžeme ilustračne ukázať príklad tejto pomôcky. Na obrázku 3.3 vidíme, že číslo 3 sa v tomto štvorci môže nachádzať už iba v dvoch voľných zvýraznených políčkach. V iných voľných políčkach sa číslo 3 nachádzať nemôže, kvôli už jednoznačne daným číslam 3 vo štvrtom riadku zhora a v šiestom stĺpci zľava. S týmto poznatkom ďalej môžeme povedať, že číslo 3 sa v piatom stĺpci bude nachádzať iba na týchto dvoch zvýraznených voľných políčkach v strednom 3 x 3 štvorci. Na základe čoho ďalej môžeme s určitostou číslo 3 zo skupiny kandidátov vo voľnom políčku v piatom stĺpci a prvom riadku odstániť, keďže na tomto mieste sa toto číslo nebude nachádzať.

2	347	347	1	3 45	489	345	6	458
¹ ₆ 34	8	5	346	2	46	347	9	4
346	346	349	³ ₆₈ 45	7	⁴ ₉ 68	1	458	2
⁴ ₇ 56	² ₆₇ 45	² ₈ 47	⁴ ₈ 67	48	1	² ₆₇₉ 45	² ₇₈ 45	3
¹ ₆₇ 34	² ₆₇ 34	¹ ₄₇₈ 23	9	348	5	² ₇ 46	¹ ₇₈ 24	¹ ₈ 46
9	³ ₆₇ 45	¹ ₇₈ 34	2	348	⁴ ₈ 67	⁴ ₇ 56	¹ ₇₈ 45	¹ ₆₈ 45
8	² ₅₇ 34	6	457	9	247	245	¹ ₅ 24	145
457	1	247	457	6	247	8	3	459
45	9	24	458	¹ ₈ 45	3	² ₆ 45	¹ ₅ 24	7

Obr. 3.3: Príklad pomôcky Jedna línia kandidátov.

3.2.2 Dvojité páry

Dalšou pomôckou sú Dvojité páry, kde máme po dva páry kandidátov v dvoch stĺpoch a zároveň v dvoch štvorcoch 3 x 3 pre konkrétne číslo. Vďaka týmto dvom párom, potom vieme zredukovať kandidátov spomínaného čísla. Najlepšie je to však ukázať na obrázku 3.4. Tu môžeme vidieť všetkých možných kandidátov v 3 x 3 stredných troch štvorcov. Keď sa lepšie pozrieme na prvý a tretí, zistíme, že kandidáti pre číslo 4 sa v nich nachádzajú len v prvom a treťom stĺpci týchto štvorcov. Inak aj povedané, v prvom a treťom štvorci v strednom stĺpci sa číslo 4 nemôže nachádzať. Za to v strednom štvorci sa už nachádzajú kandidáti pre číslo 4 aj v strednom stĺpci. Preto môžeme vyškrtnúť kandidátov pre číslo 4 v strednom štvorci v prvom a v treťom stĺpci, lebo v tomto štvorci sa musí číslo 4 nachádzať práve v strednom stĺpci.

²⁷⁸ ₈	5	6	²⁴⁷ ₉	1	⁴⁹ ₉	3	²⁷⁸ ₈	²⁷⁸ ₉
²³⁷ ₈	4	²³⁷ ₈	²⁷⁹ ₈	5	⁸⁹ ₈	6	1	²⁷⁸ ₉
¹²³ ₇₈	9	¹²³ ₇₈	6	²⁷⁸ ₈	3	²⁷⁸ ₈	5	4
¹³⁵ ₇₈	2	¹³⁷ ₈	¹³ ₇₈ ✗	9	6	¹⁴⁷ ₈	³⁴⁷ ₈	¹³⁷ ₈
4	³⁷ ₈	9	¹³⁷ ₈	⁷⁸ ₈	2	5	³⁷⁸ ₈	6
¹³⁵ ₇₈	6	¹³⁷ ₈	¹³ ₇₈ ✗	⁴⁷⁸ ₈	¹ ₇₈ ✗5	9	²³⁴ ₇₈	¹²³ ₇₈
²³⁷ ₈	³⁷ ₈	5	¹⁴⁸ ₉	6	¹⁴⁹ ₉	¹²⁴ ₇₈	²³⁴ ₇₈	¹²³ ₇₈
6	1	³⁷ ₈	⁴⁸ ₈	2	⁴⁸ ₈	⁴⁷⁸ ₈	9	5
9	8	4	5	3	7	¹² ₈	6	¹² ₈

Obr. 3.4: Príklad pomôcky Dvojité páry.

3.2.3 Viaceré línie kandidátov

Táto pomôcka je veľmi podobná pomôcke Dvojité páry, avšak v dvoch stĺpoch sa nenachádzajú kandidáti pre konkrétne číslo po dva-krát na dvoch políčkach, ale sa nachádzajú na viacerých políčkach. To opäť zredukuje možných kandidátov v treťom stĺpci či už na jednom alebo troch políčkach.

3.3 Náročné Pomôcky

3.3.1 Zjavný/á pár/trojica/štvorica

Pomôcka Zjavné páry patrí medzi tie najužitočnejšie pomôcky a sú zároveň najlepšie zbadateľné. Jej princíp spočíva v tom, že sa nájde dvojica po dvoch kandidátov na dvoch políčkach a v týchto políčkach sa nenachádzajú iní kandidáti. Na obrázku 3.5 môžeme vidieť takýto pár v hornom pravom štvorci a to kandidátov pre čísla 5 a 8. V týchto políčkach sa môžu nachádzať iba týto dvaja kandidáti, potom môžeme týchto dvoch kandidátov vyškrtnúť

z ostatných voľných políček. Čo v tomto prípade znamená, že v tomto políčku, kde sme vyškrtnuli kandidáta pre číslo 5, zostane už iba jeden kandidát a to pre číslo 3.

2	347	347 9	1	458	489	35	6	58
1	8	5	3	2	6	7	9	4
346	346	349	458	7	489	1	58	2
456 7	245 67	247 8	467 8	48	1	245 69	245 78	3
346 7	234 67	123 478	9	348	5	246	124 78	168
9	345 67	134 78	2	348	478	456	145 78	156 8
8	234 57	6	457	9	247	245	124 5	15
457	1	247	457	6	247	8	3	59
45	9	24	458	145 8	3	245 6	124 5	7

Obr. 3.5: Príklad pomôcky Zjavný pár.

Pre trojice alebo štvorie platí podobný postup, akurát sa nachádzajú kandidáti na iba na troch alebo iba na štyroch políčkach. Niekedy je zjavná trojica zbatateľná v tvare po troch kandidátov, rozdelená po dvoch na troch políčkach alebo zjavná štvorica kandidátov je cez štyri políčka po rôznych počtoch rozdelená. Nezáleží či sa nachádza pár, trojica alebo štvorica v stĺpci, štvorci alebo v riadku.

3.3.2 Skrytý/á pár/trojica/štvorica

Skrytý pár nie je vždy ľahké nájsť, ale za to keď sa už nájde, tak vie veľmi pomôcť priblížiť hráča k riešeniu. Takýto pár sa nájde medzi skupinami viacerých kandidátov, avšak pre iba tento pár platí, že sa môže nachádzať na voľných políčkach iba na dvoch miestach. Na obrázku 3.6 sa takýto príklad nachádza v treťom riadku zhora. Pre kandidátov pre čísla 3 a 1 v tomto riadku platí, že sa môžu nachádzať iba na políčkach tmavomodrej farby. Preto kandidáta pre číslo 2 v jednom z týchto políčok môžeme odstrániť a tak isto aj kandidáta pre číslo 4 v druhom políčku.

Skryté trojice a štvorie sa dajú nájsť v podobných situáciách, avšak pri tejto pomôcke trojice sa najdu menej často ako páry, a štvorie sa nachádzajú veľmi ojedinele a to iba v zadaniach z najnáročnejších úrovní.

8	25	1	27	35	6	37	9	4
3	25	46	247	145	9	167	8	127
9	7	46	24	8	134	5	26	123
5	4	7	89	6	2	18	3	19
6	3	2	489	14	14	178	5	179
1	9	8	3	7	5	2	4	6
47	8	3	6	2	47	9	1	5
47	6	5	1	9	8	347	27	237
2	1	9	5	34	347	346 7	67	8

Obr. 3.6: Príklad pomôcky Skrytý Pár.

3.3.3 X-wings

Pomocou X-Wing pomôcky vieme redukovať možných kandidátov na jednotlivých políčkach, dokonca kandidátov vrámci štvorcov. Princíp tejto pomôcky spočíva v nájdení dvoch párov jedného kandidáta v dvoch riadkoch alebo v stĺpcoch, ktoré spojením sa vytvorí písmeno **X**, vďaka ktorému sa eliminujú zvyšní kandidáti tohto čísla v danom riadku alebo stĺpci. Najlepšie bude túto pomôcku predstaviť na konkrétnom príklade.

Majme zadanie už v určitom štádiu riešenia a máme situáciu, kde hľadáme kandidáta pre číslo 4. V štyroch štvorcoch ešte nieje jednoznačný kandidát pre toto číslo, ale máme v dvoch riadkoch, v 3. a 6. zhora po dva kandidáty pre číslo 4 (modrou farbou označené na obrázku 3.7). Zároveň veľmi dôležitý faktor pre pomôcku *X-Wing* je splnený a to, že práve tieto štyri čísla 4 sú aj pod sebou v dvoch stĺpcoch a to v 2. a 5. zľava. (označené šipkou na obrázku 3.7)

Tieto štyri vyznačené čísla 4 tvoria štvoruholník alebo ak ich spojíme krížom, písmeno **X**. Na základe základných pravidiel, vieme, že v týchto dvoch riadkoch a stĺpcoch môže byť iba po jednom čísle 4. Vďaka tejto pomôcke môžeme eliminovať ostatných kandidátov v ich stĺpcoch (označené ružovou) a ponechať iba týchto štyroch kandidátov. Vďaka tejto eliminácii vieme prípadne prísť na jednoznačného kandidáta pre iné číslo a priblížiť sa tak k riešeniu.

3.3.4 XY-wings pomôcka

Princíp *XY-Wing* pomôcky eliminuje kandidátov pomocou dôležitého konceptu priesečníkov pri riešení Sudoku. Najskôr si predstavíme princíp priesečníkov.

Princíp priesečníkov

Dve políčka sa nazývajú priesečníkmi, ak zdieľajú rovnaký riadok, stĺpec alebo malý štvorec 3 x 3. Týmto povedané čísla v týchto políčkach nesmú byť tie isté čísla.

2 4 7	2 6 7	3	8	2 6 9	5	1	4	6
2 4 5 6	2 5	8	7	1 6	2 4	9	3	4
1	4 9	6 9	3	4 6 9	5	7	2	8
5 6 7	5 7	3 5 6	2	1 3 7	1 3	8	4	9
8	4 3	1	9	4 3	6	2	5	7
2 4 7	2 7 9	7 9	5	7 8	4 8	1	6	3
9	6	4	1	2	7	3	8	5
3	8	2	6	5	9	4	7	1
5 7	1	5 7	4	3 8	3 8	6	9	2

Obr. 3.7: Príklad pomôcky X-wings.

XY-Wing

Táto pomôcka sa vzťahuje na tri políčka. Pre každé z týchto troch políčok je dôležité, aby mali iba po dvoch kandidátoch, ktoré sú navzájom logicky prepojené ako to je na obrázku 3.8 označené modrou a zelenou farbou.

Na obrázku môžeme vidieť, že na zeleno vyfarbené políčko má priesečníky s oboma jeho krídlami, modrými políčkami. Na to, aby sme mohli uplatniť tento algoritmus, modré políčka navzájom nemusia mať priesečník, ale musia zdieľať jedno a to isté číslo z kandidátov. Zároveň oba kandidáti v zelenom políčku sa musia tiež nachádzať v jednom z modrých políčok.

Predstavme si, že na zelenom políčku by bolo číslo 7, potom by pravé na modrom políčku bolo číslo 1. Ak by zelené políčko bolo číslo 2, zase ľavé políčko by bolo číslo 1. Z toho nám vyplýva, že práve jedno z modrých políčok bude číslo 1.

Na základe tohto faktora, vieme povedať, že kandidátov pre číslo 1 vyznačené ružovou farbou v prvom štvorci môžeme eliminovať a napríklad v tomto prípade vylúštiť ľavý štvorček s jednoznačnými kandidátmi.

1 2 3	4	1 3	5	9	1 7
5	9	7	2 6	8	1 6
1 2	6	8	2 7	3	4

Obr. 3.8: Príklad pomôcky XY-wings.

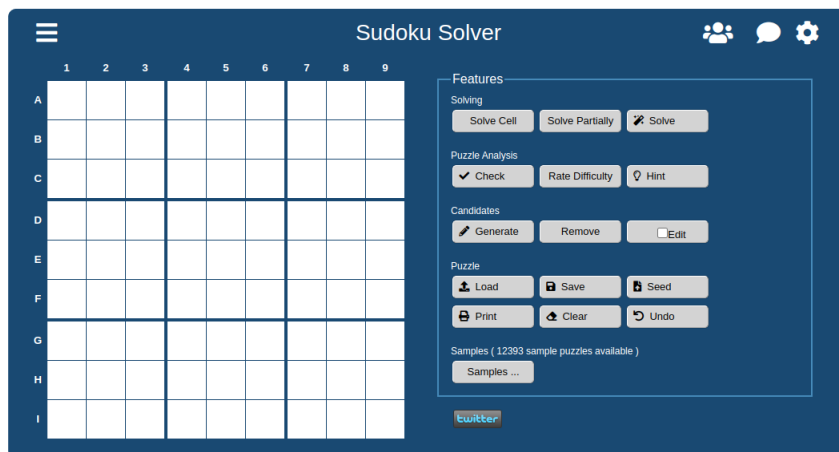
Kapitola 4

Dostupné programy

Hráči akýchkoľvek úrovní sa vedia dostať k rôznym programom pre logickú hru Sudoku či už na internete alebo na mobilných zariadeniach. V tejto kapitole budeme rozoberať pár vybraných dostupných programov náhodne vybraných z internetu. Budeme hodnotiť ich prístup a interpretáciu pomôcok a aj samotné riešenie zadania, ale budeme ich aj hodnotiť navzájom.

4.1 Sudoku Solver

Program Sudoku Solver môžeme nájsť na stránke [Sudoku solutions](#) ako jeden z dostupných programov. Autorom je spoločnosť Aire Technologies, ktorá sídli v Nemecku. Na obrázku 4.1 nižšie môžeme vidieť s akým prostredím sa stretneme pri navštívení stránky.



Obr. 4.1: Sudoku Solver

Z prvého dojmu môžeme považovať, že tento program spĺňa očakávania aj skúsených hráčov. Nižšie na stránke sa dozvieme ako presne narábať s takýmto programom. Sú tam vysvetlené všetky tlačidlá a aj ako pracovať s kandidátmi. Pri vybratí zadania stlačením tlačítka *samples...* si môžeme vybrať kategóriu zadania alebo sa vrátiť už ku konkrétnemu zadaniu z tejto stránky pomocou čísla, ktoré má každé zadanie pridelené.

Po pár vyriešených zadaniach si môžeme všimnúť, že tam nieje úplná súhra medzi spracovaním jednotlivých krokov. Program spracováva jednoduché kroky hráča postupne, aj keď hráč naďalej robí prácu s programom. Program umožňuje hráčovi si vygenerovať všetkých kandidátov pre každé voľné políčko, ale aj hráčovi dovoliť si zapísať vlastných kandidátov.

Avšak pri doplnení konkrétnych čísel do zadania sa vygenerovaný kandidát automaticky neupraví, to sa stane až pri ďalšom vygenerovaní kandidátov. Potom si ale môžeme všimnúť, že program nerozlišuje pôvodne zadanie od už doplneného, čo však je výhodou alebo nie individuálne pre každého hráča. Pri doplnení zlého čísla, ktoré porušuje 3 základné pravidlá, program automaticky upozorní na chybu, avšak ak doplnené číslo spĺňa tieto pravidlá, program na chybu neupozorní. Upozornenie príde iba ak by hráč chcel nechať vyriešiť program takto zadanie, potom by až vypísal chybu. Potom hráč nemá možnosť si takto poradiť bez logického vysvetlenia postupu.

Ak by si hráč chcel nechať poradiť program, mu ponúkne nápovedu avšak v poradí, v akom by mal hráč postupne riešiť zadanie. A ak by chcel hráč nevyužiť túto nápovedu, ale chcel by dostať ďalšiu, program ho nepustí. V porovnaní s ostatnými programami tu však môžeme zbadáť rozdiel vo farebnom zvýraznení riadku, stĺpca či štvorca, ktorého sa týka hráčom vybrané políčko. Ale za to sa vieme pozrieť na zadanie hry, bez akéhokoľvek zvýrazneného riadku, stĺpca alebo štvorca.

4.2 Expert Sudoku

Program na stránke [Sudoku.com](https://www.sudoku.com) je vytvorený firmou Easybrain, ktorá momentálne sídli na ostrove Cyprus. Prostredie s akým sa stretneme na tejto stránke môžeme vidieť nižšie na obrázku 4.2. Na prvý pohľad zbadáme, že tento program ponúka hráčovi hrať túto logickú hru iba myškou, čo v porovnaní s programom Sudoku Solver 4.1 hráč nemá k dispozícii. Dalším rozdielom je aj zvýraznený riadok, stĺpec a štvorec pre akékoľvek políčko šachovnice, čo hráčovi neumožňuje sa pozrieť na zadanie hry ako na celok. Program tak tiež ponúka rôzne úrovne zadaní, ale neponúka hráčovi generovanie všetkých kandidátov pre voľné políčko. Preto napríklad pomôcku Jeden kandidát 3.1.2 je hráč nútený si vyskúšať sám.

Ak by hráč spravil chybu pri zadaní konkrétneho čísla, má možnosť sa nechať hneď programom na to upozoriť. Tak má ale hráč možnosť si týmto poznatkom si nechať aj pomôcť, túto možnosť ale môže vypnúť. Avšak pri správnom doplnení čísla do zadania hneď upraví skupiny kandidátov, ktoré toto doplnené číslo ovplyvňuje. Ak by si chcel hráč nechať poradiť, program mu priamo poradí číslo, ktoré má doplniť na hráčom vyznačené políčko, ale bez akéhokoľvek vysvetlenia.

Tento program ako jediný ponúka aj meranie času za ako dlho hráč vyrieši dané zadanie logickej hry, vďaka čomu sa hráč vie nie len vrámcami úrovni, ale aj vrámcami rýchlosti zlepšovať.



Obr. 4.2: Sudoku.com

4.3 Sudoku Hint

Dalším programom je na stránke [Sudoku Hints](#) a jeho autorom je David J. Nixon. Každým dňom od júna 2005 pripudajú nové ďalšie zadanie hry Sudoku, pričom predošlé sú hráčovi stále prístupné a vie ich opätovne riešiť. Avšak neponúka rôzne obtiažnosti tejto hry.

Aj tento program ponúka možnosť sa pozrieť na všetkých možných kandidátov pre každé voľné políčko, avšak neumožňuje ich úpravu, s čím sa v porovnaní s druhými programami nestretávame. Chyby pri zadávaní čísel program neukazuje hneď, ale až keď sa hráč sám rozhodne skontrolovať doterajší postup pri riešení hry. Program ďalej nerozlišuje či zadané číslo je správne, aj keď hráč požiada o nápovedu. Hráč si môže vybrať medzi väčšou alebo menšou nápovedou, pričom menšou nápovedou hráča navádza kde by mal najbližšie číslo hľadať a väčšou hráčovi priamo prezradí kde sa ďalšie číslo. Akekoľvek nápovedy však nie sú programom vysvetlené, čo oberá hráča o možnosť sa zlepšovať.

Choose a puzzle

If there is a problem viewing the puzzle, try clearing browser cache or with a keyboard and mouse you can just reload the page using Shift+Reload or Ctrl+F5.

5	1	4	2	7	8	6	9	3
3	2	6		9			7	
9	8	7						
2		8					6	4
	9			2			3	
6		3				2		
	6					3		7
	7			3		9	8	6
8	3	9	6			1		5

☐ Possibilities

☐ Checking

[Smaller grid](#)

[Position link](#)

Hint: Look at box 4

Hint

Big Hint

Solve Step

Solve

Undo

Redo

Restart

Clear Grid

Step: Put a 6 in box 1 at r2c3 (Cell Rule - boxes)

Step: Put a 1 in box 1 at r1c2 (Cell Rule - boxes)

Step: Put a 7 in box 2 at r1c5 (Cell Rule - boxes)

Collapse

Expand

Obr. 4.3: Sudoku Hints

Kapitola 5

Programovanie Pomôcok a Alogoritmov hry Sudoku

```
#include <stdio.h>
int main() {
    // printf() displays the string inside quotation
    printf("Hello, World!");
    return 0;
}
```

5.1 Prostredie

Bibliografia

1. FELGENHAUER, B.; JARVIS, F. *Summary of method and results*. 2005. Dostupné tiež z: <http://www.afjarvis.staff.shef.ac.uk/sudoku/ed44.html>. Online; zverejnené 17-jún-2005.
2. MCGUIRE, G. *There is no 16-Clue Sudoku: Solving the Sudoku - Minimum Number of Clues Problem*. Ed. UNIVERSITY COLLEGE DUBLIN Dublin, I. 2012. Dostupné tiež z: http://www.math.ie/McGuire_V1.pdf. Online; zverejnené 1-januára-2012.
3. SMITH, D. *So you thought Sudoku came from the Land of the Rising Sun...* Ed. GUARDIAN, T. 2005. Dostupné tiež z: <https://www.theguardian.com/media/2005/may/15/pressandpublishing.usnews>. Online; zverejnené 15-Máj-2005.