

58. SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV SLOVENIJE 2024

Reševanje igre Nonogram z umetno inteligenco

računalništvo ali telekomunikacije

Raziskovalna naloga

Šola: Srednja elektro-računalniška šola Maribor

Avtorji: Sinja Greiner, Tara Pučnik, Serhii Shovheniuk

Mentor: Dr. Bojan Ploj

Maribor, 2024

1. Kazalo vsebine

1.	Kazalo vsebine	2
1.1.	Kazalo slik.....	3
2.	Povzetek	5
3.	Abstract.....	5
4.	Zahvala.....	6
5.	Uvod.....	7
5.1.	Nonogram	7
5.2.	Umetna inteligencia.....	10
6.	Raziskovanje	10
6.1.	Izbira orodja	10
6.2.	ARFF datoteka.....	11
6.3.	Nonogram 2x2.....	11
6.4.	Nonogram 3x3.....	12
6.5.	Nonogram 5x5	15
7.	Uporaba Excel-a.....	18
7.1.	Zrcaljenje v Excelu.....	20
7.2.	Pridobivanje podatkov	20
7.3.	Zrcaljenje preko »križa«	21
7.4.	Zrcaljanje preko diagonale	22
7.5.	Menjava oz. premik stolpcev	25
7.6.	Menjava vrstic.....	26
7.7.	Formula za risanje	28
7.8.	Številke na strani.....	29

7.9.	Vsota pobarvanih celic.....	30
8.	Uporaba programa Weka	31
8.1.	Rezultati v Weki	33
9.	Zaključek	39
10.	Priloge	41
10.1.	Priloga 1 – Arff Datoteka.....	41
11.	Viri:.....	43
11.1.	Pisni viri:.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
11.2.	Spletne viri:	Napaka! Zaznamek ni definiran.

1.1. Kazalo slik

Slika 2:	Prazno igralno polje Nonograma (Vir: Lasten)	8
Slika 3:	Reševanje Nonograma – barvanje prvega stolpca (Vir: Lasten)	8
Slika 4:	Reševanje Nonograma - drugi del postopka (Vir: Lasten)	9
Slika 5.	Reševanje Nonograma - tretji del postopka (Vir: Lasten)	9
Slika 6:	Rešen Nonogram (Vir: Lasten)	10
Slika 7:	Atributi s primerom Nonograma (Vir: Lasten).....	11
Slika 8:	Primer predstavitev Nonograma 2x2 (Vir: Lasten)	12
Slika 9:	Vizualna predstavitev Nonograma, ki je predstavljen na sliki 2 (Vir: Lasten).....	12
Slika 10:	Primer Nonograma 3x3 (Vir: Lasten)	13
Slika 11:	Slika zgoraj opisanega Nonograma (Vir: Lasten).....	13
Slika 12:	Vizualna predstavitev spodaj opisanega Nonograma (Vir: Lasten)	14
Slika 13:	Drugačen zapis Nonograma 3x3 (zgornja slika - slika 6) (Vir: Lasten)	14
Slika 14:	Primer Nonograma s večimi rešitvami (Vir: Lasten).....	15
Slika 15:	Prva rešitev Nonograma (Vir: Lasten).....	15
Slika 16:	Druga rešitev Nonograma (Vir: Lasten)	15
Slika 17:	Attributi za Nonogram 5x5 (Vir: Lasten)	16
Slika 18:	Opis Nonograma 5x5 (Vir: Lasten)	16
Slika 19:	<i>Primer zgoraj opisanega Nonograma (Vir: Lasten)</i>	17
Slika 23:	Primer opisa rešljivosti s Attributi in rešljivim primerom (Vir: Lasten)	17

Slika 20: podatki o nonogramu velikosti 5x5. (Vir: Lasten).....	18
Slika 21: Formule zaobarvanje polj v vizualnem prikazu (Vir: Lasten)	19
Slika 22: Koda za zrcaljenje (Vir: Lasten)	19
Slika 24: Primer zrcaljenja (Vir: Lasten)	20
Slika 25: Primer zrcaljenja čez "križ" (Vir: Lasten).....	21
Slika 26: Primer preslikave preko križa (Vir: Lastni)	22
Slika 27: Primer preslikav preko diagonale (Vir: Lasten).....	23
Slika 28: Primer zrcaljenja preko diagonale (Vir: Lasten).....	24
Slika 29: Primer menjave oz. premika stolpcov (Vir Lasten)	25
Slika 30: Primer menjave stolpca (Vir: Lasten)	26
Slika 31: Primer menjave vrstic (Vir: Lasten)	27
Slika 32: Primer menjave vrstic (Vir: Lasten)	28
Slika 33: Risanje Nonograma (Vir: Lasten).....	29
Slika 34: Prikaz števil ob strani (Vir: lasten)	30
Slika 35: Preverjanje vsote pobarvanih polj brez napake (Vir: lasten)	30
Slika 36: Preverjanje vsote pobarvanih polj z napako (Vir: lasten)	31
Slika 37: Prikaz nevronske mreže (Vir: Lasten)	33
Slika 38: Rezultati weke s razvrščevalnikom J48 (Vir: Lasten)	33
Slika 39: Rezultati Weke z razvrščevalnikom JRip (Vir: Lasten)	34
Slika 40: rezultati razvrščevalnika LMT (Vir: Lasten)	34
Slika 41: rezultati razvrščevalnika logistics (Vir: Lasten)	35
Slika 42: Rezultati MultylayerPerceptron (Vir: Lasten)	35
Slika 43: Rezultati razvrščevalnika PART (Vir: Lasten)	36
Slika 44: Rezultati razvrščevalnika RandomForest (Vir: Lasten).....	36
Slika 45: Rezultati razvrščevalnika REPTree (Vir: Lasten).....	37
Slika 46: Rezultati razvrščevalnika ZeroR (Vir: Lasten)	37

2. Povzetek

Danes je umetna inteligenca (UI) prisotna skoraj vsepo vsod v našem življenju, kljub temu, da se tega pogosto ne zavedamo. Rešuje razne probleme, odgovarja na vprašanja ter igra igre, kot sta Šah in Go. Zaradi tega smo se odločili tudi mi narediti nekaj podobnega in začeli delati na reševanju miselne igre Nonogram. Uporabljali smo program Weka, ki nam je omogočil uporabo različnih vrst umetne inteligence. Naučili smo se pisanja ARFF (Attribute-Relation File Format) datotek. ARFF datoteko smo napolnili s številnimi učnimi primeri, ki so sestavljeni iz nerešenih in rešenih primerov igre. S pomočjo programa Excel smo pridobili veliko število učnih primerov v kratkem času. Število učnih primerov smo povečali s pomočjo tehnik preslikav. Raziskovalno nalogu smo začeli z manjšimi različicami igre velikosti 2×2 in 3×3 , kasneje pa smo nadgradili stopnjo težavnosti z igrально površino 5×5 polj. Ugotovili smo, da število učnih primerov pomembno vpliva na rezultat; da imamo znotraj umetne inteligence različne vrste »učencev« (razvrščevalnikov) in da ni vsak za vse.

Ključne besede: Prepoznavanje vzorcev, Strojno učenje, večslojni perceptron.

3. Abstract

Today, artificial intelligence (AI) is present almost everywhere in our lives, even though we often do not realize it. It solves various problems, answers questions, and plays games such as Chess and Go. Because of this, we decided to do something similar and started working on solving the puzzle game Nonogram. We used the Weka program, which allowed us to use different types of artificial intelligence. We learned how to write ARFF (Attribute-Relation File Format) files. We filled the ARFF file with numerous learning examples, which consisted of unsolved and solved game examples. With the help of Excel, we obtained a large number of learning examples in a short time. We increased the number of learning examples by using mapping techniques. We started the research project with smaller versions of the game sized 2×2 and 3×3 , later upgrading the difficulty level to a playing surface of 5×5 fields. We found that the number of learning examples significantly influences the result; that within artificial intelligence, there are different types of "learners" (classifiers) and that not every one is for everything.

Keywords: Pattern recognition, Machine learning, Multilayer perceptron

4. Zahvala

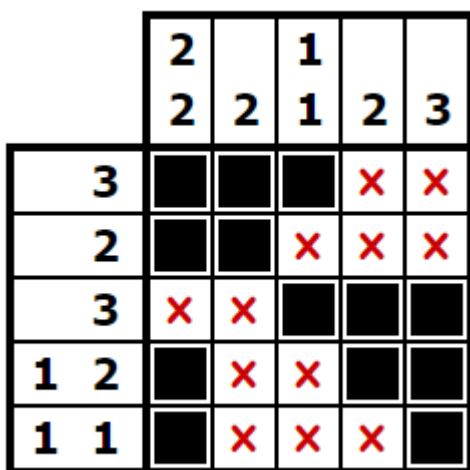
Zahvaljujemo se mentorju za njegove nasvete, Maši Šulc in Maju Korentu za neutrudno pomoč in staršem ter prijateljem za vzpodbudo.

5. Uvod

Smo skupina dijakov, ki nas združuje veselje do miselnih iger in umetne inteligence, zaradi česar smo se odločili raziskovati na tem področju. Za to so nas navdušila svetovno znana podjetja kot npr. Google, ki je premagal svetovnega prvaka v logični igri GO; IBM, ki je premagal svetovnega prvaka velemojskega Kasparova v šahu in ne nazadnje tudi zmagovalec Srečanja mladih raziskovalcev leta 2020, dijak Simon Plazar, ki je s pomočjo umetne inteligence uspešno reševal igro Sudoku [1]. Naš cilj je bil, da ugotovimo, če je takšna naloga sploh rešljiva in kako uspešni smo lahko pri njej.

5.1. Nonogram

Po tehtnem razmisleku, smo si za raziskovanje z umetno inteligenco izbrali miselno igro Nonogram, saj je ta ena izmed popularnejših iger med našimi vrstniki.



Slika 1: Nonogram (Vir: Lasten)

Nonogram je japonska igra, kjer pobarvamo polja v mreži tako, da nastane simbolična slika. Ob robu mreže so navedena števila, ki predstavljajo dolžine zaporedij pobarvanih celic v stolpcu in vrstici. Npr. Če nad stolpcem piše 2 2 to pomeni, da morata biti v tem stolpcu dve zaporedji dveh pobarvanih polj, med njima pa mora bit vsaj eno prazno polje.

Primer reševanja Nonograma:

Začnemo s praznim igralnim poljem (slika 2)

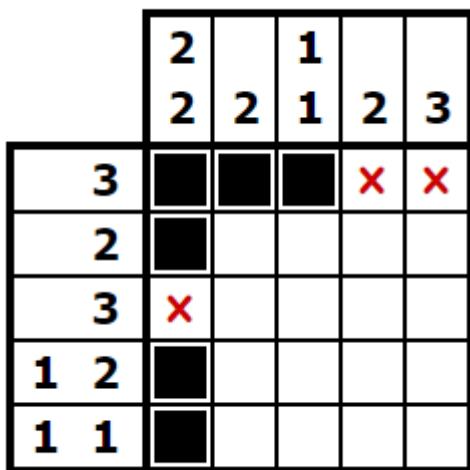
	2		1		
	2	2	1	2	3
3					
2					
3					
1	2				
1	1				

Slika 1: Prazno igralno polje Nonograma (Vir: Lasten)

	2		1		
	2	2	1	2	3
3					
2					
3					
1	2				
1	1				

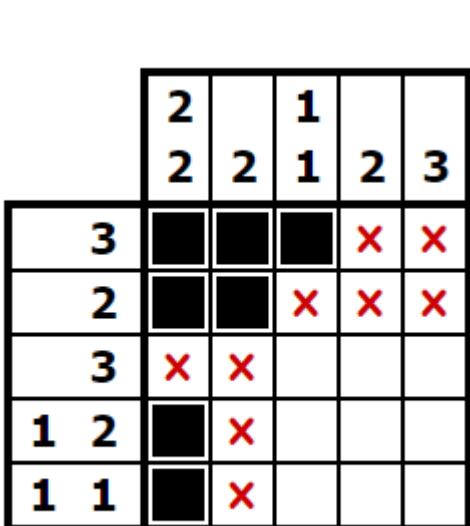
Slika 2: Reševanje Nonograma – barvanje prvega stolpca (Vir: Lasten)

Iščemo stolpce in vrstice, ki imajo nedvomno rešitev. Tukaj smo lahko takoj zapolnili prvi stolpec, saj meri nonogram v višino pet polj, istočasno pa je vsota pobarvanih polj v stolpcu štiri in morajo imeti vsaj eno prazno polje vmes.



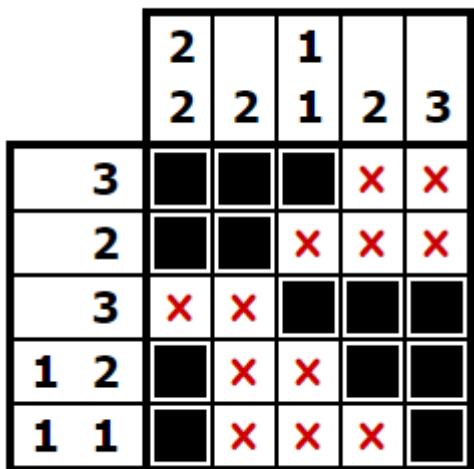
Slika 3: Reševanje Nonograma - drugi del postopka (Vir: Lasten)

Ko smo rešili prvi stolpec, je postala nedvomna tudi rešitev prve vrstice (slika 4).



Slika 4. Reševanje Nonograma - tretji del postopka (Vir: Lasten)

Po istem principu smo zapolnili drugo vrstico in drugi stolpec (slika 5). Tako dokončamo igro (slika 6).



Slika 5: Rešen Nonogram (Vir: Lasten)

5.2. Umetna inteligenca

Umetna inteligenca (UI) je veja računalništva, ki se ukvarja z razvojem sistemov, ki imajo sposobnost opravljanja nalog, kjer se sicer uporablja človeška pamet oz. inteligenco. Ti sistemi uporabljajo algoritme in podatke za učenje, sklepanje, odločanje in reševanje problemov na način, podoben človeškemu mišljenju. Omogoča nam prepoznavanje vzorcev, sklepanje, učenje iz izkušenj ter uporabo tega znanja v vseh možnih situacijah. UI lahko razdelimo na več področij, med drugim naravno obdelavo jezika, računalniški vid in robotsko načrtovanje. Bistvena značilnost oz. Prednost UI pred klasičnim programiranjem je, da med učenjem sama odkriva kako iz podatkov pridemo do rešitev.

6. Raziskovanje

6.1. Izbera orodja

Tekom našega raziskovanja smo uporabljali različna orodja (Notepad ++, Excel, Beležnica) ampak v glavnem program WEKA. WEKA je javno dostopen program za strojno učenje (več o tem na strani 31, kjer je napisano vse o naši uporabi programa) in smo preko njega dobili vse končne rezultate. Za ta program smo se odločili saj nam ga je predlagal profesor, ni pa edin, ki smo ga preizkusili. Preizkusili smo ga nadomestiti s programom Orange ampak smo se raje odločili ostati pri WEKA-i.

6.2. ARFF datoteka

Svoje učne primere smo pisali v ARFF datoteki, saj je ta ena izmed vrst datotek, ki jih podpira program WEKA. Datoteka je napisana tako, da je primerna za strojno učenje. Sestavljena je iz naslova; atributov oziroma »lastnosti«; vrstice, ki napoveduje začetek podatkov ter podatkov samih.

Začne se z naslovom, ki ga v datoteki napišemo oz. označimo z »RELATION« in poleg naš naslov (v našem primeru je bilo to »@RELATION nonogram«), saj s tem definiramo prvo vrstico datoteke; atributov oz. »lastnosti«, ki povejo programu, kaj vse je možno v podatkih (npr. na sliki 7 lahko pogledamo atribut A oz. »@ATTRIBUTE A«, ki nam pove, da so lahko v tem stolpcu samo števila nič, ena, dva, tri in na koncu celo štiri in pet, kar nam pove oglati oklepaj s navedenimi številkami); vrstice »@DATA«, ki pove programu da se nadaljuje s podatki in ni več podatkov o podatkih. Pred vrsticami, kjer niso podatki ampak so lastnosti smo navedli »@«, da zna program to kasneje razbrati, da gre za opis programa.

```
@RELATION nonogram
```

```
@ATTRIBUTE A {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE B {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE C {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE D {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE polje {1,2,3,4}
@ATTRIBUTE barva {0,1}

@DATA
1 0 1 0 1 1
1 0 1 0 2 0
1 0 1 0 3 0
1 0 1 0 4 0
```

Slika 6: Atributi s primerom Nonograma (Vir: Lasten)

6.3. Nonogram 2x2

Torej, začeli smo s prazno datoteko in zelo malo znanja ter ideje kako se lotiti takšnega projekta. Ker smo bili popolnoma novi na področju UI, smo se odločili, da bomo naredili to, kar se nam je najverjetneje najbolj splačalo in smo naredili najmanjši možni Nonogram velikosti dva krat dva polja. Poanta tega je bila, da se naučimo logike pisanja takšnega programa. Sam program je na začetku zgledal približno tako:

```

@RELATION nonogram

@ATTRIBUTE A {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE B {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE C {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE D {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE polje {1,2,3,4}
@ATTRIBUTE barva {0,1}

@DATA
1    0    1    0    1    1
1    0    1    0    2    0
1    0    1    0    3    0
1    0    1    0    4    0

```

Slika 7: Primer predstavitve Nonograma 2x2 (Vir: Lasten)

1	0
	1
	0

Slika 8: Vizualna predstavitev Nonograma, ki je predstavljen na sliki 2 (Vir: Lasten)

Na slikah 7 in 8, lahko vidimo Nonogram in primer njegovega opisa. V prvi vrstici smo opisali prvo polje, v drugi drugo polje, v tretji tretje in četrti četrto, kar se je izkazalo za zelo dobro idejo.

Torej, dobesedno smo vzeli celoten Nonogram, ga razstavili na številke ki nam povejo koliko polj je pobarvanih v vrstici ali stolcu in na vsako polje posebej, če je pobarvano. Če tako gledamo, smo v prvem delu programu opisali problem ter mu nato podali rešitev nanj. Ko smo napisali nekaj primerov, smo v obliki ARFF datoteke, vstavili učno množico v program weka. Za “classifier” smo imeli *ZeroR*, za katerega smo kaj kmalu ugotovili, da ni najboljši učenec, zato smo ga zamenjali s *MultilayerPerceptron*. Na nonogramu 2x2 smo se na hitro naučili logike in uporabe programov, ker se je pravo delo začelo komaj s pričetkom obravnavanja nonograma 3x3.

6.4. Nonogram 3x3

Ko je bil odstotek pravilno rešenih primerov Nonograma 2x2 s strani Weke 100%, smo se odločili, da bomo naredili korak naprej in dodali igralnemu polju še en stolpec in eno vrstico.

Tako smo se že en mesec po začetku dela z umetno inteligenco znašli pred Nonogramom 3x3. Tako smo se znašli tudi pred novimi, večjimi problemi.

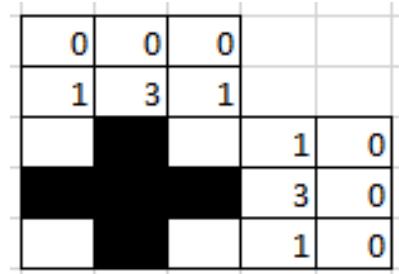
Tega smo se lotili tako, da smo najprej dodali pri “@ATTRIBUTE” atributa “E” in “F” zaradi dodatnega stolpca in dodatne vrstice, ki smo ju dodali. Takrat je zgledalo to tako:

```
@RELATION nonogram

@ATTRIBUTE A {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE B {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE C {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE D {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE E {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE F {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE polje {1,2,3,4,5,6,7,8,9}
@ATTRIBUTE barva {0,1}

@DATA
1 3 1 1 3 1 1 0
1 3 1 1 3 1 2 1
1 3 1 1 3 1 3 0
1 3 1 1 3 1 4 1
1 3 1 1 3 1 5 1
1 3 1 1 3 1 6 1
1 3 1 1 3 1 7 0
1 3 1 1 3 1 8 1
1 3 1 1 3 1 9 0
```

Slika 9: Primer Nonograma 3x3 (Vir: Lasten)



Slika 10: Slika zgoraj opisanega Nonograma (Vir: Lasten)

Na žalost smo pozabili na eno izmed razlik med Nonogramom 2x2 in 3x3. To je dejstvo, da če imamo posamična polja in more biti eno vmes prazno, lahko v tem primeru zapolnimo dve mesti namesto ene in da moramo zaradi tega število podatkov skorajda podvojiti. Tako smo iz enega attributa in enega stolpca v podatkih o Nonogramu dobili dva. Istočasno smo se zavedali da je oštevilčenje polj na plošči s števili strašno zamudno in nepraktično in smo namesto preprostih številk začeli pisati koordinate (npr. Tretje polje v prvi vrstici je zdaj »1, 3« namesto samo 3 in drugo polje v tretji vrstici oz. osmo polje postane zdaj »3, 2«).

0	0	0
1	0	0
	1	0
	0	0
	0	0

Slika 11: Vizualna predstavitev spodaj opisanega Nonograma (Vir: Lasten)

```
@RELATION nonogram

@ATTRIBUTE V11 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V12 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V21 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V22 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V31 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V32 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S11 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S12 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S21 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S22 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S31 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S32 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE PV {1,2,3}
@ATTRIBUTE PS {1,2,3}
@ATTRIBUTE BARVA {C,B,N}

@DATA
% *..
% ...
% ...

0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, C
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 2, B
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 3, B
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 2, 1, B
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 2, 2, B
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 2, 3, B
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 3, 1, B
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 3, 2, B
0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 3, 3, B
```

Slika 12: Drugačen zapis Nonograma 3x3 (zgornja slika - slika 6) (Vir: Lasten)

Zaradi ugotavljanja, da nekaterih primerov računalnik ne more "prebaviti", zaradi primerov s večimi možnimi rešitvami in primeri brez rešitev, smo se odločili, da barve polj ne bomo več opisovali z nič in ena ampak s črkami "C", "B" in "N". "C" pomeni, da je polje obarvano oziroma je krajšava za črno, "B" pomeni da je polje prazno ali belo, medtem ko smo se odločili, da bomo mesta, kjer je včasih lahko eno ali drugo, označili s črko "N", kot nedoločeno. Da razložimo še kaj to pomeni, da je nedoločeno. Na primer: lahko rečemo, da imamo pobarvano v prvi vrstici eno polje, v drugi vrstici eno, v prvem stolpcu eno in v drugem eno.

0	0	0
0	1	1
		1 0
		1 0
	0	0

Slika 13: Primer Nonograma s večimi rešitvami (Vir: Lasten)

Ta Nonogram ima dve rešitvi. To sta slike 15 in 16.

0	0	0
0	1	1
		1 0
		1 0
	0	0

Slika 14: Prva rešitev Nonograma (Vir: Lasten)

0	0	0
0	1	1
		1 0
		1 0
	0	0

Slika 15: Druga rešitev Nonograma (Vir: Lasten)

V roku parih minut smo ugotovili, da se ne znamo kosati s tako velikim problemom ampak smo prišli predaleč, da bi odnehalo. Tako smo se lotili dela in prišli do N-ja kot atributa pri barvi.

6.5. Nonogram 5x5

Tako smo z visokimi pričakovanji začeli delati z Nonogramom 5x5. Že obstoječe Nonograme smo začeli predelovati in razširjevati ampak smo zelo hitro ugotovili, da bomo še nekaj let pisali samo primere, če jih bomo pisali ročno, saj so se atributi in podatki tako rekoč množili (zaradi števila posamičnih možnih mest, smo morali vsak podatek o polju navesti s tremi vrsticami). Kar naenkrat je bila velikost samega primera toliko večja, da smo si morali poiskati nove načine pisanja in programe v katere bomo to pisali. Tako smo se spomnili na orodje, za katero se nam še ni niti sanjalo, da ga bomo tako hitro oz. sploh uporabljali. To orodje je Excel. Kar nekaj časa, je bil poudarek na pisanju novih primerov. Program Weka ni bil tako uspešen pri primerih 5x5 kot je bil pri 3x3 in 2x2. Ker nismo bili zadovoljni s tem, da so naši rezultati nihali okoli

82% in 87%, smo prišli do (po našem mnenju) najboljše ideje, do katere bi lahko prišli. To je bila, da razdelimo postopek na dva dela.

```
@RELATION nonogram
@ATTRIBUTE V11 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V12 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V13 {0,1}
@ATTRIBUTE V21 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V22 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V23 {0,1}
@ATTRIBUTE V31 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V32 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V33 {0,1}
@ATTRIBUTE V41 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V42 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V43 {0,1}
@ATTRIBUTE V51 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V52 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE V53 {0,1}
@ATTRIBUTE S11 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S12 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S13 {0,1}
@ATTRIBUTE S21 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S22 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S23 {0,1}
@ATTRIBUTE S31 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S32 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S33 {0,1}
@ATTRIBUTE S41 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S42 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S43 {0,1}
@ATTRIBUTE S51 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S52 {0,1,2,3}
@ATTRIBUTE S53 {0,1}
@ATTRIBUTE PV {1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE PS {1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE BARVA {C,B}

@DATA
```

Slika 16: Attributi za Nonogram 5x5 (Vir: Lasten)

b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	C
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	C
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	B

Slika 17: Opis Nonograma 5x5 (Vir: Lasten)

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	2
			1	0
			1	0
			0	0
			0	0
			0	0

Slika 18: Primer zgoraj opisanega Nonograma (Vir: Lasten)

V prvi del spada pisanje primerov, ki smo jih označevali namesto s črno, belo in nedoločeno, samo z rešljivo in nerešljivo, medtem ko je drug bil namenjen temu, da će je primer v prvem delu bil rešljiv, da v drugem delu reši primer oziroma, da reši samo rešljive primere. Ko smo to logiko uporabili tudi v praksi, ne le v teoriji, se je ta izkazala za zelo dobro, saj so bili rezultati veliko boljši, kot so bili prej.

```
@RELATION Nonogram-ugotovi

@ATTRIBUTE V11 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V12 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V13 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V21 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V22 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V23 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V31 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V32 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V33 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V41 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V42 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V43 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V51 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V52 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE V53 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S11 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S12 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S13 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S21 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S22 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S23 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S31 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S32 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S33 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S41 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S42 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S43 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S51 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S52 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE S53 {0,1,2,3,4,5}
@ATTRIBUTE BARVA {DA,NE}

@DATA
4 0 0    1 1 0    1 1 0    0 0 0    0 0 0        2 0 0    1 0 0    1 0 0    1 0 0    3 0 0          DA
```

Slika 19: Primer opisa rešljivosti s Attributi in rešljivim primerom (Vir: Lasten)

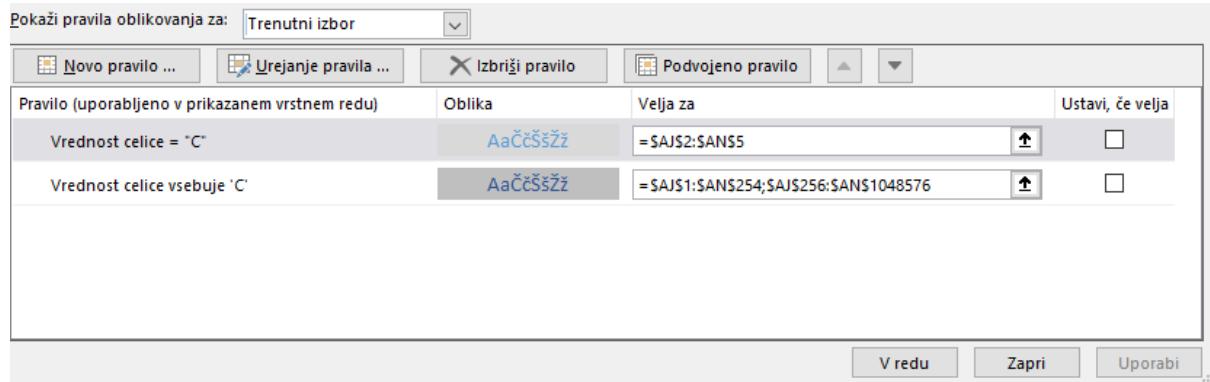
Na sliki 23 lahko vidimo primer Nonograma, kjer določujemo na koncu rešljivost z »DA« in »NE«

7. Uporaba Excel-a

Začeli smo s tem, da smo prepisali vse že obstoječe primere Nonograma 5x5 v Excel, jih označili in poskusili popraviti. Ugotovili smo, da lahko naredimo nove primere tudi iz drugih primerov tako, da jih premikamo in zrcalimo s pomočjo funkcij, ki pridejo s Excelom. Delo smo si razdelili tako, da vsak od nas premikal in zrcalil različne primere v svojo smer. To nam je prihranilo dosti časa, kljub temu da nam je nekaj časa tudi. Primere smo iskali tudi med spletnimi igrami ter smo jih preizkušali v raznih programih. Vse je bilo v redu, dokler nismo začeli združevati vseh treh datotek v eno. Napake so se začele pojavljati, ker smo premikali in zrcalili s pomočjo formul tako, da je eno polje enako drugemu (npr. V polju A28 smo napisali “=A2”) potem pa se je celoten primer prestavil za približno 300 do 700 vrstic in kar naenkrat to polje, s katerim smo enačili polje, ni bilo več na istem mestu in je bilo tudi to polje posledično narobe. Ker napak nismo opazili takoj, smo se odločili na strani narisali Nonogram, ki ga opisujemo s vsemi podatki, poleg pa še programček, ki je sešteval, če je v vrsticah enako število polj kot v stolpcih oziroma, če je vsota pobarvanih polj v stolpcih enaka številu pobarvanih polj v vrsticah. Tako smo ugotovili katere Nonogramme imamo narobe in kje v Nonogramu se je zalomilo. Datoteko smo potem še nekaj časa popravljali, saj je vsak primer moral biti na koncu pravilen.

=IF(AR1 = AR8,"OK","NAROBE")																																													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	C	C	C	C	5	0	0	9							
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6	C	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	B	B	B	B	B	1	0	0								
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0																															

vrsticah. Da bi si olajšali brskanje po teh vizualnih prikazih, smo se odločili, da bomo polja, ki bi naj bila črna pobarvali s sivo, kar smo naredili tako:



Slika 21: Formule zaobarvanje polj v vizualnem prikazu (Vir: Lasten)

```

Function FlipNumbers(rng As Range) As Variant
    Dim i As Integer
    Dim result() As Variant
    Dim zeroCount As Integer

    ' Count the number of zeros
    For i = 1 To rng.Columns.Count
        If IsNumeric(rng.Cells(1, i).Value) And rng.Cells(1, i).Value = 0 Then
            zeroCount = zeroCount + 1
        End If
    Next i

    ' Resize the result array
    ReDim result(1 To 1, 1 To rng.Columns.Count - zeroCount)

    ' Loop through each cell in the input range
    For i = rng.Columns.Count To 1 Step -1
        ' Check if the cell contains a numeric value
        If IsNumeric(rng.Cells(i, 1).Value) Then
            ' Check if the value is not zero
            If rng.Cells(i, 1).Value <> 0 Then
                ' Append the digit to the result array
                result(1, i - zeroCount) = rng.Cells(i, 1).Value
            Else
                ' If the value is zero, skip it and decrement the zero count
                zeroCount = zeroCount - 1
            End If
        End If
    Next i

    ' Return the result array
    FlipNumbers = result
End Function

```

Slika 22: Koda za zrcaljenje (Vir: Lasten)

Na sliki 22 je koda, ki smo jo naknadno napisali za zrcaljenje nonogramov in puščanja številk na svojih mestih oz. preprečevanje spremnjanja zaporedja ničel in ostalih številk.

7.1. Zrcaljenje v Excelu

Zrcaljenje v Excel-u je v našem primeru omogočilo hitro pridobivanje podatkov, saj se je delo avtomatiziralo.

The image shows two large tables of data in Microsoft Excel. The first table consists of 100 rows and 10 columns, with each cell containing either a '0' or a '1'. The second table has 10 rows and 5 columns, with each cell containing either a 'B', 'C', or 'B'. To the right of these tables are their respective row and column headers. The row headers for the first table are '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9'. The column headers are '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9'. The row headers for the second table are 'B', 'C', 'B', 'B', 'B'. The column headers are '1', '0', '1', '2', '3'. The data in the first table is mirrored across the columns, while the second table is a simple mapping of letters to numbers.

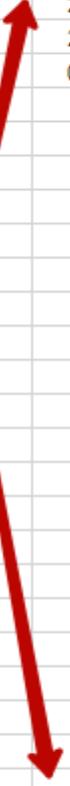
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B	
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	B
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	C
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1</td					

7.3. Zrcaljenje preko »križa«

A	B								
A1 B1 C1 D1 E1	E1 D1 C1 B1 A1								
A2 B2 C2 D2 E2	E2 D2 C2 B2 A2								
A3 B3 C3 D3 E3	E3 D3 C3 B3 A3								
A4 B4 C4 D4 E4	E4 D4 C4 B4 A4								
A5 B5 C5 D5 E5	E5 D5 C5 B5 A5								
A5 B5 C5 D5 E5	E5 D5 C5 B5 A5								
A4 B4 C4 D4 E4	E4 D4 C4 B4 A4								
A3 B3 C3 D3 E3	E3 D3 C3 B3 A3								
A2 B2 C2 D2 E2	E2 D2 C2 B2 A2								
A1 B1 C1 D1 E1	E1 D1 C1 B1 A1								
C	D								

Slika 24: Primer zrcaljenja čez "križ" (Vir: Lasten)

Na robovih so zapisana imena posameznih sekcij (A, B, C, D). Prvo sliko lahko prezrcalimo na 3 različne načine. Torej sekcijo A preslikamo preko ordinatne in abscisne osi, ter nato še novo prezrcaljeni sliki preko ordinatne/abscisne osi, da dobimo 4 primere.. Torej sekcijo "A" smo preslikali preko ordinatne osi in s tem dobili črko "B", nato preko abscisne osi, kjer smo dobili sekcijo "C", sekcijo "D" pa smo pridobili preko presečišča osi. Vendar je bilo eno dejstvo, ki smo ga morali upoštevati. Nekatere primere smo lahko samo enkrat preslikali s pomočjo te tehnikе, zaradi velikosti primerja. Vendar ne glede na to, nam je ta način pomagal pri pridobivanju primerov.



C	C	C	B	B	3	0	0	14	14 ok
C	B	C	C	B	1	2	0		
B	B	B	C	C	2	0	0		
C	B	C	C	B	1	2	0		
C	C	C	B	B	3	0	0		
	2	1	2	3	1				
	2	1	2	0	0				
	0	0	0	0	0				
B	B	C	C	C	3	0	0	14	14 ok
B	C	C	B	C	2	1	0		
C	C	B	B	B	2	0	0		
B	C	C	B	C	2	1	0		
B	B	C	C	C	3	0	0		
	1	3	2	1	2				
	0	0	2	1	2				
	0	0	0	0	0				

Slika 25: Primer preslikave preko križa (Vir: Lastni)

7.4. Zrcaljanje preko diagonale

Pri tej tehniki smo polja zrcalili preko diagonale. Diagonalo smo ponazorili z rumenimi celicami. Uporabili smo dve različni tehniki. Slika 27 prikazuje dve mreži, preslikani preko

diagonale. V levi mreži smo zamenjali celice »E5« z »A1«, »B5« z »A4«, »C4« z »B3«, itd. V desni mreži smo zamenjal celice »A5« z »E1«, »B3« z »C2«, »C4« z »D3«, itd.

A(/)					A(\)				
E5	E4	E3	E2	E1	A1	A2	A3	A4	A5
D5	D4	D3	D2	D1	B1	B2	B3	B4	B5
C5	C4	C3	C2	C1	C1	C2	C3	C4	C5
B5	B4	B3	B2	B1	D1	D2	D3	D4	D5
A5	A4	A3	A2	A1	E1	E2	E3	E4	E5

Slika 26: Primer preslikav preko diagonale (Vir: Lasten)



C	C	C	C	C	5	0	0	15	15 ok
C	C	C	C	B	4	0	0		
C	C	C	B	B	3	0	0		
C	C	B	B	B	2	0	0		
C	B	B	B	B	1	0	0		
	5	4	3	2	1				
	0	0	0	0	0				
	0	0	0	0	0				
	.								
C	C	C	C	C	5	0	0	15	15 ok
B	C	C	C	C	4	0	0		
B	B	C	C	C	3	0	0		
B	B	B	C	C	2	0	0		
B	B	B	B	C	1	0	0		
	1	2	3	4	5				
	0	0	0	0	0				
	0	0	0	0	0				
	.								

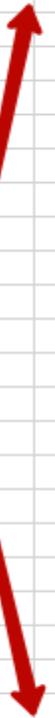
Slika 27: Primer zrcaljenja preko diagonale (Vir: Lasten)

7.5. Menjava oz. premik stolpcev

S to tehniko smo dobili največ enostavnih primerov, ker smo samo menjali posamezne stolpce. Stolpce, ki smo jih zamenjali, smo ponazoril z drugačno barvo. Pri drugi mreži smo zamenjali stolpca »A« in »B«, pri tretji mreži smo zamenjali stolpca »C« in »B« pri četrti mreži smo zamenjali stolpca »C« in »D«, pri peti mreži smo zamenjali stolpca »D« in »E«. pri peti mreži smo zamenjali pare stolpcev »A in B« z »D in E«.

1					2				
A1	B1	C1	D1	E1	B1	A1	C1	D1	E1
A2	B2	C2	D2	E2	B2	A2	C2	D2	E2
A3	B3	C3	D3	E3	B3	A3	C3	D3	E3
A4	B4	C4	D4	E4	B4	A4	C4	D4	E4
A5	B5	C5	D5	E5	B5	A5	C5	D5	E5
3					4				
A1	C1	B1	D1	E1	A1	B1	D1	C1	E1
A2	C2	B2	D2	E2	A2	B2	D2	C2	E2
A3	C3	B3	D3	E3	A3	B3	D3	C3	E3
A4	C4	B4	D4	E4	A4	B4	D4	C4	E4
A5	C5	B5	D5	E5	A5	B5	D5	C5	E5
5					6				
A1	B1	C1	E1	D1	D1	E1	C1	A1	B1
A2	B2	C2	E2	D2	D2	E2	C2	A2	B2
A3	B3	C3	E3	D3	D3	E3	C3	A3	B3
A4	B4	C4	E4	D4	D4	E4	C4	A4	B4
A5	B5	C5	E5	D5	D5	E5	C5	A5	B5

Slika 28: Primer menjave oz. premika stolpcev (Vir Lasten)



B	C	B	B	B	1	0	0
B	C	B	B	B	1	0	0
B	B	B	B	B	0	0	0
B	B	B	B	B	0	0	0
B	B	B	B	B	0	0	0
	0	2	0	0	0		
	0	0	0	0	0		
	0	0	0	0	0		
	.						

C	B	B	B	B	1	0	0
C	B	B	B	B	1	0	0
B	B	B	B	B	0	0	0
B	B	B	B	B	0	0	0
B	B	B	B	B	0	0	0
	2	0	0	0	0		
	0	0	0	0	0		
	0	0	0	0	0		
	.						

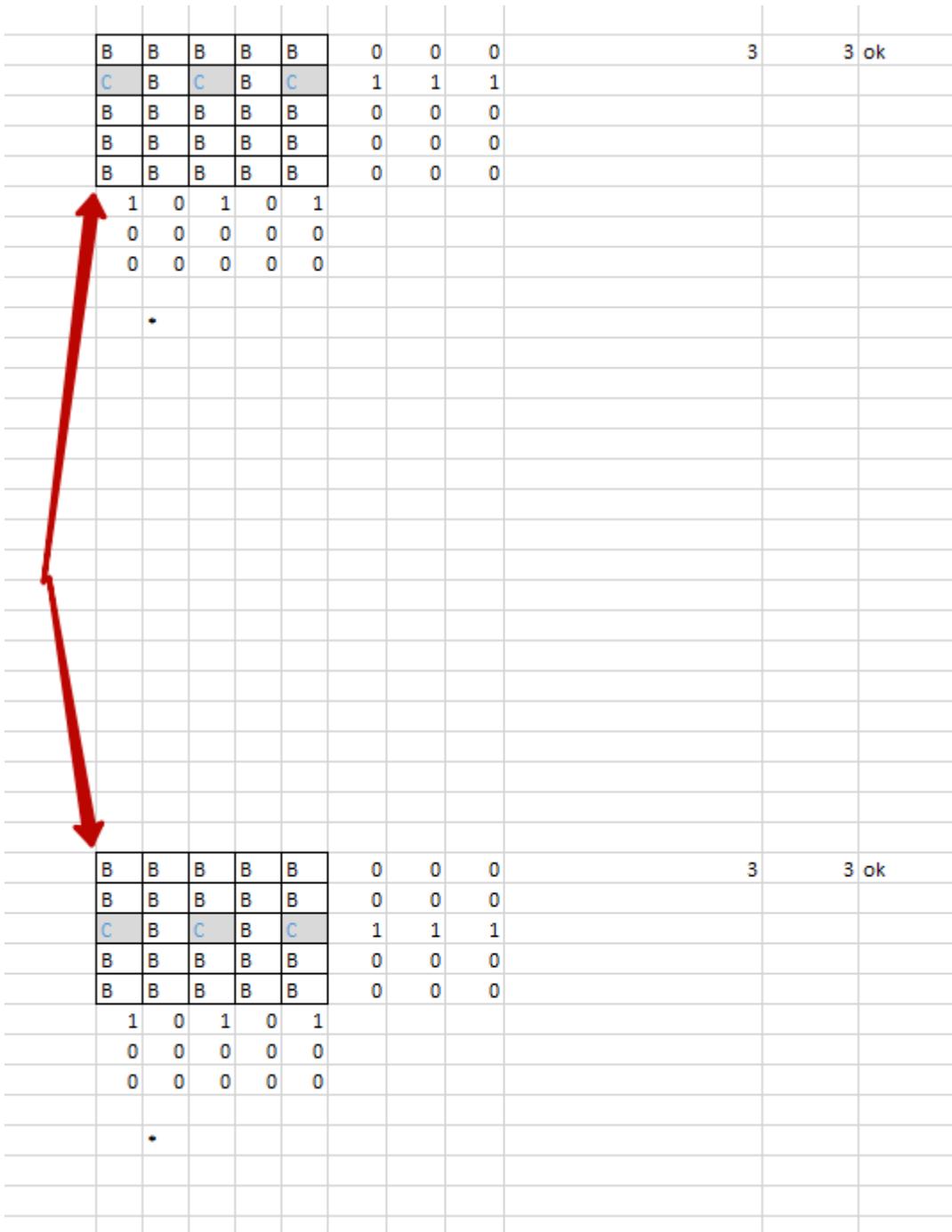
Slika 29: Primer menjave stolpca (Vir: Lasten)

7.6. Menjava vrstic

Ta tehnika dobivanja novih primerov ima enako funkcijo kot menjava stolpcev, razen tega, da menjava vrstice namesto stolpcev. Vrstice, ki smo jih zamenjali, smo ponazoril z drugačno barvo. Pri drugi mreži smo zamenjali vrstice »A1 B1 C1 D1 E1« in »A2 B2 C2 D2 E2«, pri tretji mreži smo zamenjali vrstice »A2...« in »A3...« pri četrti mreži smo zamenjali vrstice »A3...« in »A4...«, pri peti mreži smo zamenjali vrstice »A4...« in »A5...«. Pri peti mreži smo zamenjali vrstice »A1...« in »A5...«.

	1					2					
	A1	B1	C1	D1	E1		A2	B2	C2	D2	E2
	A2	B2	C2	D2	E2		A1	B1	C1	D1	E1
	A3	B3	C3	D3	E3		A3	B3	C3	D3	E3
	A4	B4	C4	D4	E4		A4	B4	C4	D4	E4
	A5	B5	C5	D5	E5		A5	B5	C5	D5	E5
	3	4									
	A1	B1	C1	D1	E1		A1	B1	C1	D1	E1
	A3	B3	C3	D3	E3		A2	B2	C2	D2	E2
	A2	B2	C2	D2	E2		A4	B4	C4	D4	E4
	A4	B4	C4	D4	E4		A3	B3	C3	D3	E3
	A5	B5	C5	D5	E5		A5	B5	C5	D5	E5
	5	6									
	A1	B1	C1	D1	E1		A5	B5	C5	D5	E5
	A2	B2	C2	D2	E2		A2	B2	C2	D2	E2
	A3	B3	C3	D3	E3		A3	B3	C3	D3	E3
	A5	B5	C5	D5	E5		A4	B4	C4	D4	E4
	A4	B4	C4	D4	E4		A1	B1	C1	D1	E1

Slika 30: Primer menjave vrstic (Vir: Lasten)



B	B	B	B	B
C	B	C	B	C
B	B	B	B	B
B	B	B	B	B
B	B	B	B	B
1	0	1	0	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
*				

B	B	B	B	B
B	B	B	B	B
C	B	C	B	C
B	B	B	B	B
B	B	B	B	B
1	0	1	0	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
*				

Slika 31: Primer menjave vrstic (Vir: Lasten)

7.7. Formula za risanje

S pomočjo formule smo omogočili samodejno preverjanje podatkov in risanje slike. Pri vnosu podatkov, torej številk, smo lahko takoj preverili ali so naši podatki korektni ali ne. Zaradi tega smo zmanjšali število napak med primeri in tako imenovan »človeški faktor«.

C	B	C	B	C	1	1	1
B	C	B	C	B	1	1	0
C	B	C	B	C	1	1	1
B	C	B	C	B	1	1	0
C	B	C	B	C	1	1	1
	1	1	1	1	1		
	1	1	1	1	1		
	1	0	1	0	1		

Slika 32: Risanje Nonograma
(Vir: Lasten)

Pomembno bi bilo omeniti to, da je risanje bilo narejeno z luhkoto in brez težav. Najprej smo naredili tabelo, v katero smo vstavili zadnji stolpec torej črke C in B. Na primer, če se črka C nahaja v celici AG1, bomo v polje AJ1 vpisali formulo (=AG1) in tako naprej za vsako celico posebej.

7.8. Številke na strani

Naslednji pomemben del postopka je preverjanje števila pobarvanih celic v vsaki vrstici in vsakem stolpcu. Tudi ta korak je pomagal zmanjšati število naših napak.

C	B	C	B	C
B	C	B	C	B
C	B	C	B	C
B	C	B	C	B
C	B	C	B	C
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	0	1	0	1

Slika 33: Prikaz števil ob strani (Vir: lasten)

Kot že korak pred tem, je bil tudi ta zelo pomemben. Recimo, da se številka "1" nahaja v celici A2, zato na desni strani tabele v celici AO2 piše formula (=AG2). Za preostale številke je enak postopek, dokler nimamo ob vsaki vrstici in vsakem stolpcu napisane tri številke.

Po preverjanju na enem primeru, smo ugotovili, da pravilno napiše številke pobarvanih celic ter smo tako imeli kar dva načina preverjanja.

7.9. Vsota pobarvanih celic

Torej, da bi se slika ujemala s številkami mora biti vsota pobarvanih celic v vrsticah enaka vsoti v stolpcih, zato smo prišli do ideje, da bi lahko sešteli vsoto pobarvanih celic.

C	B	C	B	C	1	1	1	13	13 ok
B	C	B	C	B	1	1	0		
C	B	C	B	C	1	1	1		
B	C	B	C	B	1	1	0		
C	B	C	B	C	1	1	1		
1	1	1	1	1					
1	1	1	1	1					
1	0	1	0	1					
•									

Slika 34: Preverjanje vsote pobarvanih polj brez napake (Vir: lasten)

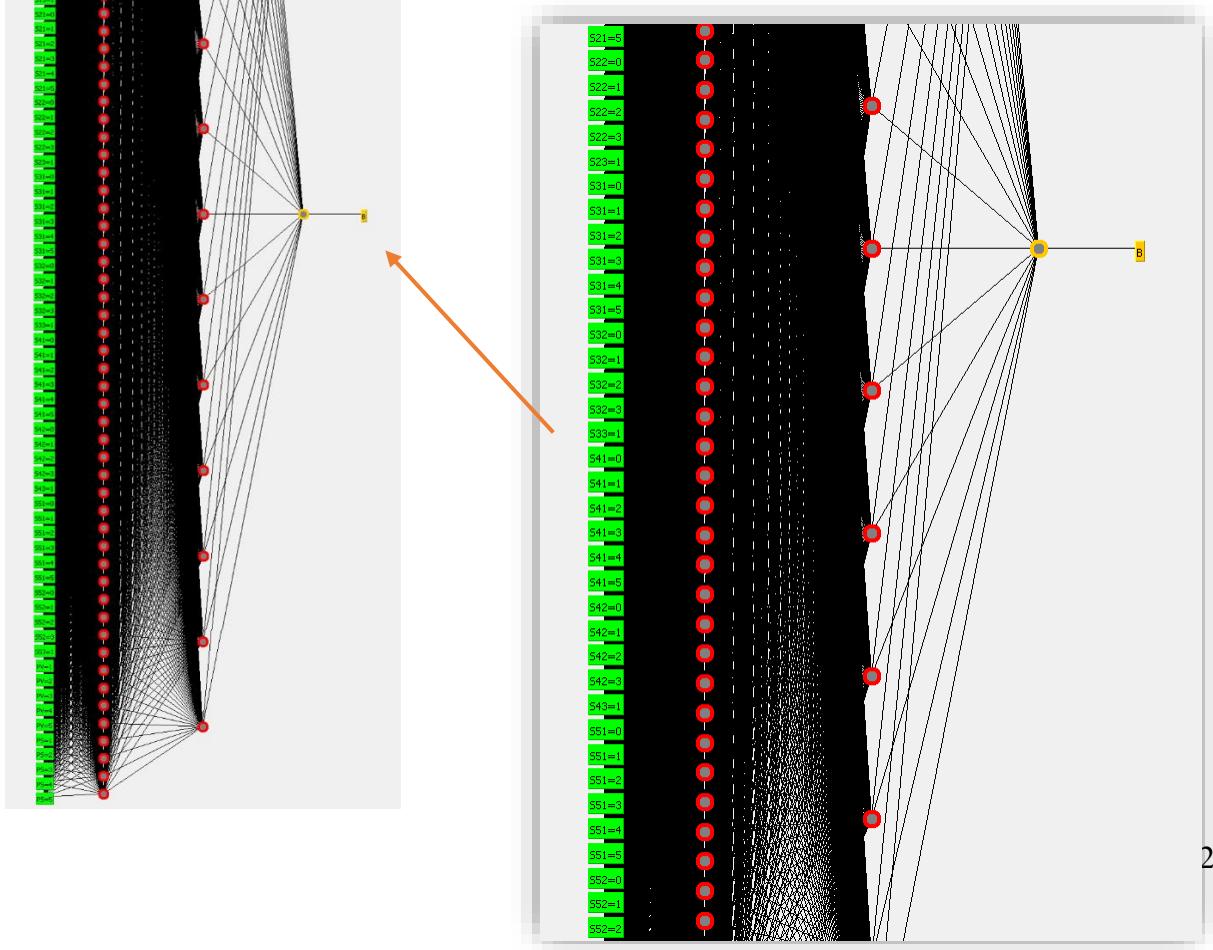
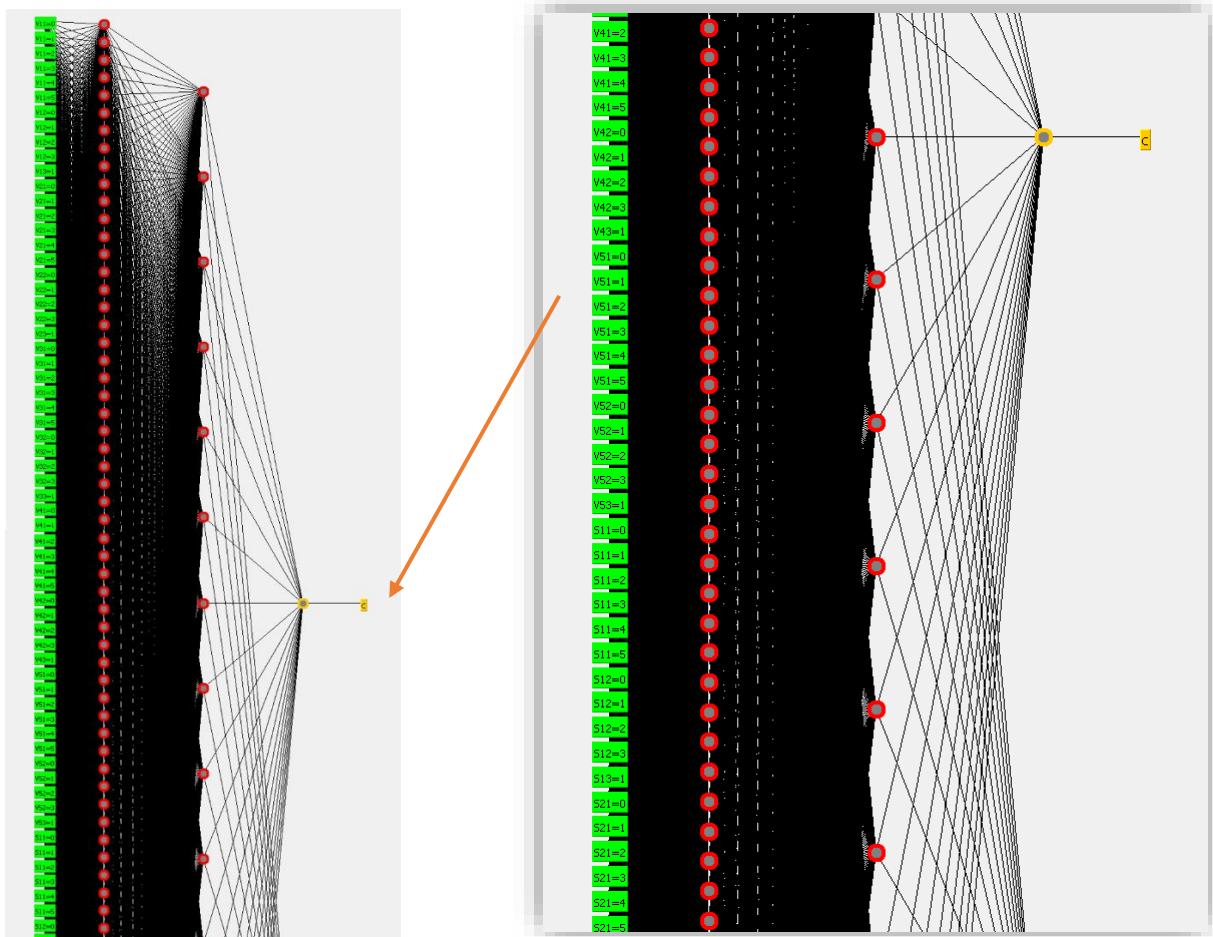
Ta korak nam je pomagal pri hitrem zaznavanju napak Koncept je bil precej preprost in je šel tako: če se vsota števil ob vrsticah ujema z vsoto števil ob stolpcih, napak pri pisanju ni ter je program izpisal besedo "ok", če pa si vsoti nista enaki, pa besedo "napaka". To smo naredili s formulo (=SUM(O593:A593)), ki je seštevala številke od spodaj, torej, ki je bila odgovorna za stolpce in s formulo(=SUM(P593:AD593)), ki je seštevala številke na desni strani, torej, ki je bila odgovorna za vrstice.

C	B	C	B	C		1	1	1	12	13 napaka
B	C	B	C	B		1	1	0		
C	B	C	B	C		1	1	1		
B	C	B	C	B		1	1	0		
C	B	C	B	C		0	1	1		
1	1	1	1	1						
1	1	1	1	1						
1	0	1	0	1						

Slika 35: Preverjanje vsote pobarvanih polj z napako (Vir: lasten)

8. Uporaba programa Weka

Program Weka je odprtokodna programska oprema oziroma kolekcija algoritmov strojnega učenja za javno uporabo. Ta deluje tako, da vzame podane podatke ter jih predela, nato pa svoj rezultat primerja z rešitvijo, ki smo jo podali. V Weki smo uporabljali več različnih razvrščevalnikov. Na začetku smo uporabljali Zero-R, ki Lahko kljub svoji preprostosti predstavlja osnovno primerjavo za druge bolj kompleksne modele. Poleg tega smo uporabljali tudi Random Forest, pri katerem gre za kombinacijo več razvrščevalnikov, ki delujejo neodvisno in nato združujejo svoje rezultate. Tako dobimo natančnejšo napoved. Večslojni perceptron (ang. Multilayer Perceptron - MLP) je najpogosteje uporabljen razvrščevalnik. Deluje po vzoru možganov. Gre za eno od osnovnih arhitektur nevronskih mrež (mreža podatkov narejena na principu delovanja možganov). Zero-R je bil od MLP slabši za 20%, Random Forest pa za 5%. Z MLP smo imeli najboljše rezultate. Spreminjali smo tudi nastavitev, kot npr. velikost nevronске mreže, število ponovitev učenja, hitrost učenja itd. Ta program smo uporabljali od čistega začetka, saj ima funkcij ogromno in je tudi sam precej pregleden.



Slika 36: Prikaz nevronske mreže (Vir: Lasten)

8.1. Rezultati v Weki

Kot smo že omenili, smo na koncu ločili postopek v dve datoteki, tako je Weka pregledovala podatke s samo eno rešitvijo. Rezultati učenja Weke z različnimi razvrščevalci so na koncu izgledali približno tako:

```
==== Summary ====
Correctly Classified Instances      228          86.0377 %
Incorrectly Classified Instances   37           13.9623 %
Kappa statistic                   0.6324
Mean absolute error               0.2003
Root mean squared error          0.3405
Relative absolute error          50.767 %
Root relative squared error     77.191 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC    ROC Area  PRC Area  Class
      0,700    0,082    0,754     0,700    0,726     0,633   0,868    0,748     C
      0,918    0,300    0,895     0,918    0,906     0,633   0,868    0,925     B
Weighted Avg.      0,860    0,242    0,858     0,860    0,859     0,633   0,868    0,878

==== Confusion Matrix ====

      a     b  <- classified as
49    21 |   a = C
16   179 |   b = B
```

Slika 37: Rezultati weke s razvrščevalnikom J48 (Vir: Lasten)

```

==== Summary ====

Correctly Classified Instances      214          80.7547 %
Incorrectly Classified Instances   51           19.2453 %
Kappa statistic                   0.4168
Mean absolute error               0.2859
Root mean squared error          0.3876
Relative absolute error           72.4473 %
Root relative squared error     87.883 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC    ROC Area  PRC Area  Class
0,400      0,046    0,757     0,400     0,523     0,450    0,685    0,544     C
0,954      0,600    0,816     0,954     0,879     0,450    0,685    0,815     B
Weighted Avg.  0,808    0,454    0,800     0,808     0,785     0,450    0,685    0,744

==== Confusion Matrix ====

      a     b  <-- classified as
28    42 |  a = C
 9  186 |  b = B

```

Slika 38: Rezultati Weke z razvrščevalnikom JRip (Vir: Lasten)

```

==== Summary ====

Correctly Classified Instances      222          83.7736 %
Incorrectly Classified Instances   43           16.2264 %
Kappa statistic                   0.5688
Mean absolute error               0.1953
Root mean squared error          0.358
Relative absolute error           49.5042 %
Root relative squared error     81.16 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC    ROC Area  PRC Area  Class
0,643      0,092    0,714     0,643     0,677     0,570    0,862    0,715     C
0,908      0,357    0,876     0,908     0,892     0,570    0,862    0,936     B
Weighted Avg.  0,838    0,287    0,833     0,838     0,835     0,570    0,862    0,877

==== Confusion Matrix ====

      a     b  <-- classified as
45    25 |  a = C
18  177 |  b = B

```

Slika 39: rezultati razvrščevalnika LMT (Vir: Lasten)

```

==== Summary ====
Correctly Classified Instances      212          80      %
Incorrectly Classified Instances   53           20      %
Kappa statistic                   0.4365
Mean absolute error               0.3043
Root mean squared error          0.3892
Relative absolute error          77.124 %
Root relative squared error     88.237 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      0,486    0,087    0,667     0,486    0,562     0,446    0,790    0,616     C
      0,913    0,514    0,832     0,913    0,870     0,446    0,790    0,895     B
Weighted Avg.      0,800    0,401    0,788     0,800    0,789     0,446    0,790    0,821

==== Confusion Matrix ====

      a     b  <-- classified as
  34   36 |  a = C
  17  178 |  b = B

```

Slika 40: rezultati razvrščevalnika logistics (Vir: Lasten)

```

==== Evaluation on test split ====
Time taken to test model on test split: 0.09 seconds

==== Summary ====
Correctly Classified Instances      239          90.1887 %
Incorrectly Classified Instances   26           9.8113 %
Kappa statistic                   0.7476
Mean absolute error               0.1028
Root mean squared error          0.2693
Relative absolute error          26.0476 %
Root relative squared error     61.069 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
      0,814    0,067    0,814     0,814    0,814     0,748    0,960    0,889     C
      0,933    0,186    0,933     0,933    0,933     0,748    0,960    0,986     B
Weighted Avg.      0,902    0,154    0,902     0,902    0,902     0,748    0,960    0,960

==== Confusion Matrix ====

      a     b  <-- classified as
  57   13 |  a = C
  13  182 |  b = B

```

Slika 41: Rezultati MultylayerPerceptron (Vir: Lasten)

```

==== Summary ====

Correctly Classified Instances      232          87.5472 %
Incorrectly Classified Instances   33           12.4528 %
Kappa statistic                   0.6659
Mean absolute error               0.1572
Root mean squared error          0.3079
Relative absolute error          39.8392 %
Root relative squared error     69.8029 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC    ROC Area  PRC Area  Class
      0,700    0,062    0,803     0,700    0,748     0,669   0,912     0,810     C
      0,938    0,300    0,897     0,938    0,917     0,669   0,912     0,961     B
Weighted Avg.      0,875    0,237    0,872     0,875    0,873     0,669   0,912     0,921

==== Confusion Matrix ====

      a     b  <-- classified as
 49  21 |  a = C
12 183 |  b = B

```

Slika 42: Rezultati razvrščevalnika PART (Vir: Lasten)

```

==== Summary ====

Correctly Classified Instances      229          86.4151 %
Incorrectly Classified Instances   36           13.5849 %
Kappa statistic                   0.6373
Mean absolute error               0.2417
Root mean squared error          0.3268
Relative absolute error          61.2624 %
Root relative squared error     74.105 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC    ROC Area  PRC Area  Class
      0,686    0,072    0,774     0,686    0,727     0,639   0,908     0,797     C
      0,928    0,314    0,892     0,928    0,910     0,639   0,908     0,962     B
Weighted Avg.      0,864    0,250    0,861     0,864    0,861     0,639   0,908     0,918

==== Confusion Matrix ====

      a     b  <-- classified as
 48  22 |  a = C
14 181 |  b = B

```

Slika 43: Rezultati razvrščevalnika RandomForest (Vir: Lasten)

```

==== Summary ====
Correctly Classified Instances      224          84.5283 %
Incorrectly Classified Instances   41           15.4717 %
Kappa statistic                   0.5684
Mean absolute error               0.1872
Root mean squared error          0.3187
Relative absolute error          47.4499 %
Root relative squared error     72.2577 %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

```

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
0,586	0,062	0,774	0,586	0,667	0,578	0,905	0,794	C	
0,938	0,414	0,863	0,938	0,899	0,578	0,905	0,952	B	
Weighted Avg.	0,845	0,321	0,840	0,845	0,838	0,578	0,905	0,910	

```

==== Confusion Matrix ====

```

a	b	<-- classified as
41	29	a = C
12	183	b = B

Slika 44: Rezultati razvrščevalnika REPTree (Vir: Lasten)

```

==== Summary ====
Correctly Classified Instances      195          73.5849 %
Incorrectly Classified Instances   70           26.4151 %
Kappa statistic                   0
Mean absolute error               0.3946
Root mean squared error          0.4411
Relative absolute error          100          %
Root relative squared error     100          %
Total Number of Instances        265

==== Detailed Accuracy By Class ====

```

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
0,000	0,000	?	0,000	?	?	0,500	0,264	C	
1,000	1,000	0,736	1,000	0,848	?	0,500	0,736	B	
Weighted Avg.	0,736	0,736	?	0,736	?	0,500	0,611		

```

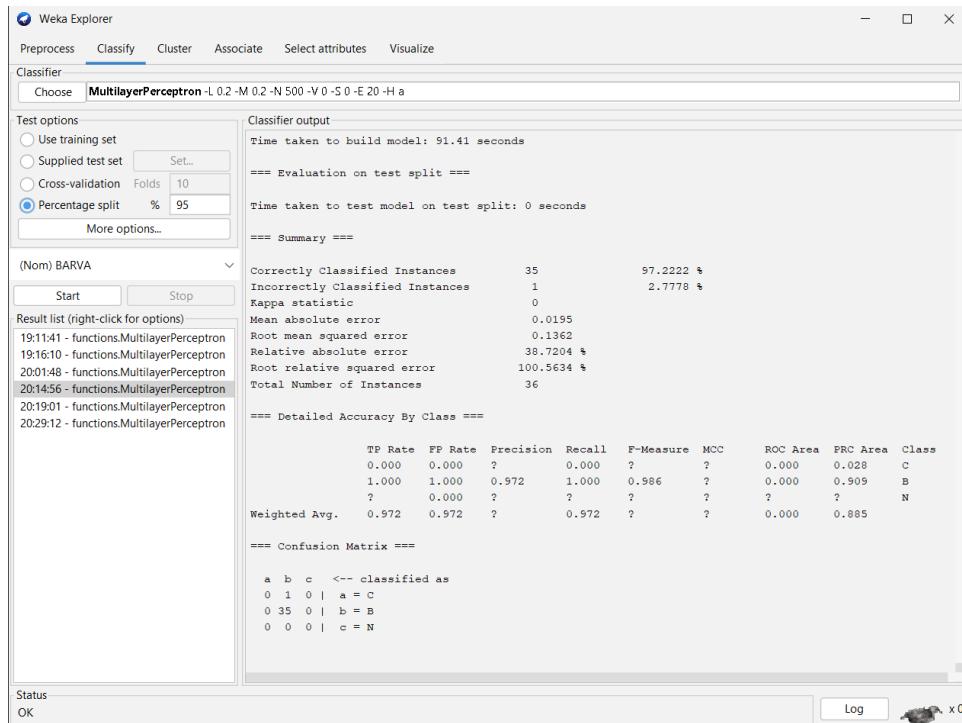
==== Confusion Matrix ====

```

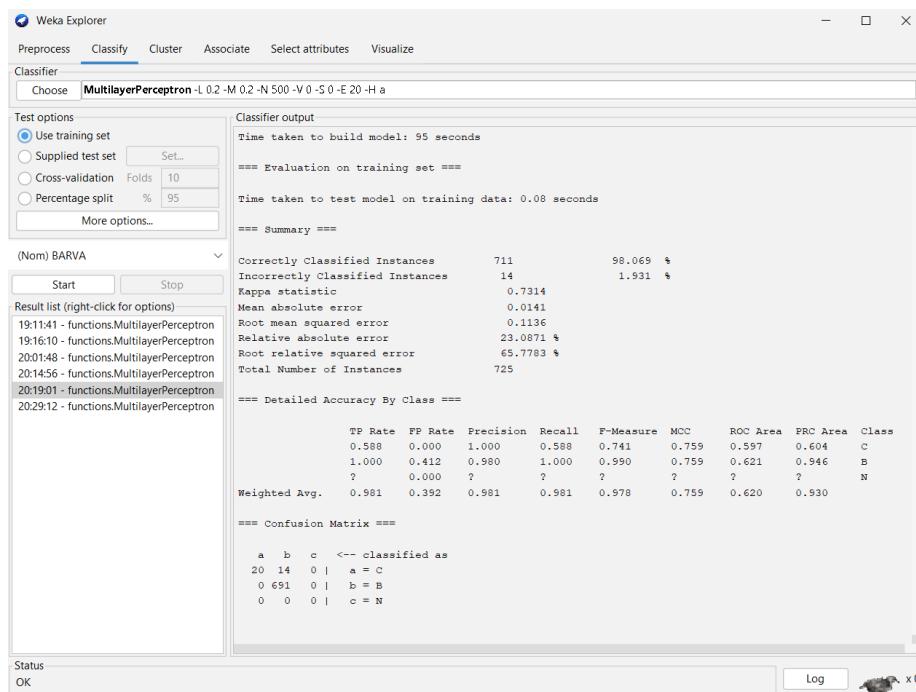
a	b	<-- classified as
0	70	a = C
0	195	b = B

Slika 45: Rezultati razvrščevalnika ZeroR (Vir: Lasten)

Najboljše rezultate je imel torej razvrščevalnik MultilayerPerceptron, zato smo ga največ uporabljali. Zaradi njega lahko tudi ponosno rečemo, da je bil program »odličen« - imel je več kar 98% pravilnost, kar nas zelo veseli.



Slika 47: Rezultati razvrščevalnika MLP (Vir: Lasten)



Slika 48: Rezultati razvrščevalnika MLP (Vir: Lasten)

9. Zaključek

V naši raziskovalni nalogi smo se odločili reševati logično igro Nonogram s pomočjo umetne inteligence oz. naučiti umetno inteligenco, da samostojno rešuje primere igre. Pri tem nas je zanimalo, če smo sploh zmožni narediti takšen model, oziroma kako uspešno bo model bo model deloval. Najprej smo seznanili kako se uporablja umetna inteligencia, oziroma kako deluje strojno učenje. Sledila je izbira programskega orodja, ki nam je omogočala izvajanje strojnega učenja. Odločili smo se za odprtokodni program WEKA, saj je enostaven za uporabo, ima na spletu številne poučne primere uporabe in omogoča uporabo raznolikih modelov. Da bi lahko uporabljali program WEKA smo se morali naučiti uporabljati datoteke vrste ARFF (Attribute-Relation File Format), ki služijo za opis učnih podatkov. Datoteko ARFF smo napolnili s številnimi učnimi primeri. Raziskovalne naloge smo se lotili postopno. Začeli smo z manjšimi različicami igre velikosti 2 krat 2 in 3 krat 3, kasneje pa smo igrально površino povečali na 5 krat 5 polj. Izkazalo se je, da smo za uspešno strojno učenje potrebovali veliko število učnih primerov. V ta namen smo uporabili programa Excel. Z njim smo izvajali preslikovanje vzorcev, kar nam je omogočilo, da smo pridobili veliko število v razmeroma kratkem času. Ugotovili smo, da število učnih primerov pomembno vpliva na rezultat. Prav tako smo ugotovili, da so se različni »strojni učenci« razlikujejo med seboj v natančnosti učenja. Sprva smo poskušali z enim samim modelom ugotoviti ali je nonogram enolično rešljiv in hkrati najti rešitev. Ker je bil rezultat takšnega pristopa slab, smo raje naredili dva modela. Pri je ugotavljal ali je nonogram enolično rešljiv. Drugi model pa je iskal rešitve. Ta drugi pristop je dal boljši rezultat. Prvi model je s 100% natančnostjo prepoznaval enolično rešljive nonograme. Drugi model, ki je ugotavljal barvo polj v nonogramu ni bil tako uspešen. Najboljši rezultat je bil pravilno prepoznanih nekaj čez 98% testnih vzorcev in nekaj čez 99% učnih vzorcev.

Z našo raziskovalno nalogo, smo odkrivali nova obzorja zmožnosti umetne inteligence. Z njo smo dokazali, da lahko umetna inteligencia odlično rešuje probleme, ki so povezani z logično igro Nonogram. Pomembno se nam zdi omeniti, da smo uporabili umetno inteligenco v dober namen. Družbena odgovornost, ki smo jo imeli pri tej nalogi je to, da se učimo dela področju znanosti, ki kljub svoji pomembnosti ni del učnega načrta, kar pomeni, da bomo na koncu usposobljeni za delo v stroki, istočasno pa tudi to, da jo bo lahko vsak pogledal in se učil na podlagi našega raziskovanja, naših napak in naših ugotovitev oz. uporabil za svoje raziskovanje. O uporabi umetne inteligence smo imeli pogovor tudi z ministrico za digitalizacijo dr. Emilijo Stojmenovo Duh. Prepričani smo, da s to raziskovalno nalogo naše raziskovanje še ni končano,

saj je še dosti stvari, ki jih ne zavedamo in ne neznamo. Ugotovili smo, da je raziskovanje nečesa novega, prej neznanega, precej drugačno od globljega raziskovanja nečesa, kar je že znano. V našem trdem delu smo uporabili različne pristope in smo ugotovili, da je pot do odkrivanja nečesa novega lahko naporna, vendar smo ne glede na to dokazali, da je vredno in da se da.

10. Priloge

10.1. Priloga 1 – Arff Datoteka

Naslov, ki ga v datoteki napišemo oz. označimo z »@RELATION« definira prvo vrstico vsake ARFF datoteke. K »@RELATION« dodamo naš naslov (v našem primeru je bilo to »@RELATION nonogram«). V primeru, da je ta sestavljena iz več besed in vključuje presledke, ga je treba napisati v narekovajih (primer tega je »@RELATION »Nonogram st dva««, čeprav tega na koncu nismo potrebovali).

Nadaljevali smo s atributi oz. lastnostmi podatkov “@ATTRIBUTE A {0, 1, 2, 3}”. “ATTRIBUTE” se uporablja za shranjevanje identifikatorja. Identifikator “A” predstavlja prvi stolpec učne datoteke nonogram, “B” drugi, “C” prvo kolono, “D” drugo kolono ter “polje” in “barva”, ki nam povesta katero polje opisuje vrstica in ali je črna ali bela. V oklepajih so navedene možne vrednosti atributov. V večini so to “{0, 1, 2, 3}”, razen pri ”polju”, kjer je “{1, 2, 3, 4}” in ”barvi”, kjer je “{0, 1}”. Pri ”barvi” pomeni številka 0, da je polje belo, številka 1 pa, da je polje črno.

V zadnji vrstici pred primeri Nonograma oz. podatki za strojno učenje najdemo ”@DATA”, ki nam pove, da se tukaj zaključi navajanje o dejanskih podatkih.

Podatke za posamičen Nonogram pišemo v vrstice, ko pa želimo pisati komentarje, pa uporabimo znak za procent ”%”. Tega smo po navadi uporabljali za pisanje primerov nad vrsticami s pikami in zvezdicami

```

1 @RELATION nonogram
2
3 @ATTRIBUTE V11 {0,1,2,3}
4 @ATTRIBUTE V12 {0,1,2,3}
5 @ATTRIBUTE V21 {0,1,2,3}
6 @ATTRIBUTE V22 {0,1,2,3}
7 @ATTRIBUTE V31 {0,1,2,3}
8 @ATTRIBUTE V32 {0,1,2,3}
9 @ATTRIBUTE S11 {0,1,2,3}
10 @ATTRIBUTE S12 {0,1,2,3}
11 @ATTRIBUTE S21 {0,1,2,3}
12 @ATTRIBUTE S22 {0,1,2,3}
13 @ATTRIBUTE S31 {0,1,2,3}
14 @ATTRIBUTE S32 {0,1,2,3}
15 @ATTRIBUTE PV {1,2,3}
16 @ATTRIBUTE PS {1,2,3}
17 @ATTRIBUTE BARVA {C,B,N}
18
19
20 @DATA
21 % ...
22 % ...
23 % ...
24
25 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, C
26 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 2, B
27 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 3, B
28 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 1, B
29 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 2, B
30 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 3, B
31 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 3, 1, B
32 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 3, 2, B
33 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 3, 3, B
34

```

11. Viri:

1. Plazar S. *Reševanje igre Sudoku z umetno inteligenco [Raziskovalna naloga]*. Šolski center Ptuj, 2020.
2. Ploj B. Bionska umetna inteligenca [Učbenik]. Visoka šola na Ptuju, 2019
3. Wikipedija (2024). Umetna inteligenca. Pridobljeno 13. februar 2024 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Umetna_inteligencia
4. Wikipedija (2023). Strojno učenje. Pridobljeno 12. februar 2024 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Strojno_u%C4%8Denje
5. University of Waikato (2019). WEKA. Pridobljeno 13. februar 2020 s <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
6. Wikipedija (2023). Umetna inteligenca v igrah. Pridobljeno 9. februar 2024 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Umetna_inteligencia_v_igrah
7. Bionska umetna inteligenca: Knjiga o napravah, ki se učijo in se samostojno odločajo, pri čemer lahko presežejo tudi človeštvo Avtor: Bojan Ploj