

**»Mladi za napredek Maribora 2024«  
41. srečanje**

## **Reševanje igre Nonogram z umetno inteligenco**

Raziskovalno področje: Računalništvo in informatika

Raziskovalna naloga

|               |                                                  |
|---------------|--------------------------------------------------|
| Avtor:        | Serhii Shovheniuk, Tara Pučnik,<br>Sinja Greiner |
| Mentor:       | Bojan Ploj                                       |
| Šola:         | Srednja elektro-računalniška šola Maribor        |
| Število točk: | 134 / 170                                        |

# Kazalo:

## Kazalo vsebine

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Kazalo vsebine .....                | 2  |
| Povzetek:.....                      | 3  |
| 1. Uvod.....                        | 4  |
| 2. Uporaba umetne inteligence ..... | 4  |
| 3. Raziskovanje.....                | 4  |
| Zaključek .....                     | 31 |
| Viri:.....                          | 32 |

## *Povzetek:*

Danes je umetna inteligenca (UI) prisotna skoraj vsepovsod v našem življenju, kljub temu, da se tega 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 mi je omogočal uporabo različnih vrst umetne inteligence. Naučili smo se pisanja arff datotek, ki so potrebne za vnašanje podatkov v program Weka. Arff datoteko sem napolnil s številnimi učnimi primeri, ki so sestavljeni iz nerešenega in rešenega primera igre. S pomočjo Excel dokumenta smo pridobili veliko število učnih primerov v kratkem času. S tehnikami preslikave sem dobil iz enega učnega primera igre veliko učnih primerov. Raziskovalno nalogo smo začeli z manjšimi različicami igre velikosti 2x2 in 3x3, kasneje pa smo nadgradili stopnjo težavnosti s igralno površino 5x5 polj. Ugotovili smo, da število učnih primerov pomembno vpliva na rezultat, da imamo vznotraj umetne inteligence različne vrste »učencev« (razvrščevalnikov) in da ni vsak za vse.

# 1. Uvod

Smo ekipa raziskovalcev, ki se ukvarja z reševanjem logične igre Nonogram s pomočjo umetne inteligence. To je tudi tema naše raziskovalne naloge. Za delanje raziskovalne naloge in raziskovanja tega področja na splošno, smo se odločili saj se nam je zdelo zanimivo.

Igra, katero smo si izbrali za raziskovanje, se imenuje Nonogram. Navdušila so nas svetovno znana podjetja kot npr. Google, ki je premagala svetovnega prvaka v logični igri GO, IBM, ki je premagalo svetovnega prvaka Kasparova v šahu ter med drugim tudi dijak Simon Plazar, ki je uspešno reševal igro Sudoku s pomočjo umetne inteligence. Zanj smo se odločili tudi zaradi njene trenutne popularnosti. Ampak, kaj sploh je Nonogram?

Nonogram je japonska logična igra, kjer barvamo polja v mreži tako da ustvarimo simbolično sliko. Ob robu mreže so navedene dolžine zaporedij pobarvanih celic v stolpcu in vrstici. Npr. Če ob vrstici piše 2 1 to pomeni, da mora biti v tej vrstici eno zaporedje dveh pobarvanih polj in eno zaporedje ene pobarvanega polja, med njima mora bit vsaj eno prazno polje.

Pri učenju računalnika igre Nonogram, smo uporabljali programe Excel, Sublime Text, beležnica, Notepad++ in Weka.

|   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |  |
| 3 | 2 | 1 | 0 | 0 |   |   |   |  |
|   |   |   |   |   | 3 | 0 | 0 |  |
|   |   |   |   |   | 2 | 0 | 0 |  |
|   |   |   |   |   | 1 | 0 | 0 |  |
|   |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |  |
|   |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |  |

Slika 1: Prikaz Nonograma (Vir: Lasten)

## 2. Uporaba umetne inteligence

UI je uporabljena za napovedovanje raznih stvari (npr. vremena, dobička, prodaje, itd.), prevajanje jezikov in različnih internetnih iskalnikov (Google, Bing, Yahoo, itd.). Uporablja se tudi pri namiznih igrah, kot so šah, GO, poker ter mnogo drugih. Bolj znani primeri UI so zmaga IBM-ovega šahovskega programa *Deep Blue* leta 1997 (ta je premagal šahovskega vele mojstra in večkratnega svetovnega prvaka Garija Kimoviča Kasparova v igri šaha); zmaga AlphaGo (DeepMind Technologies) nad svetovnim prvakom Ke Jie-Ja pri igri GO, leta 2017 (z rezultatom 3:0) ter nenadni prihod ChatGPT-ja 30. 11. 2022.

## 3. Raziskovanje

### 3.1. Nonogram 2x2

Ker smo bili popolnoma novi na področju UM, smo se odločili, da bomo naredili to, kar se nam najbolj splača in smo naredili najmanjši možni Nonogram. To bi bil Nonogram velikosti dva krat dva polja. Pri tem smo se spoznali z različnimi programi, o katerih bomo povedali malo več pozneje. Začeli smo s tem, da smo se najprej sami naučili igrati igro Nonogram. Pisali smo v programa Beležnica in Notepad++, sam program pa je 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 2: Primer predstavitve Nonograma 2x2 (Vir: Lasten)

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 0 |   |
|   |   | 1 |
|   |   | 0 |

Slika 3: Vizualna predstavitev Nonograma, ki je predstavljen na sliki 2 (Vir: Lasten)

Na tej sliki je primer Nonograma dva krat dva. Vsaka arff datoteka se začne z “@RELATION”, ki je definirana kot prva vrstica vsake arff datoteke poleg katere navedemo ime datoteke. Če je ime iz večih besed in vključuje presledke, mora biti nadaljnji naslov v narekovajih.

Nadaljujemo s “@ATTRIBUTE A {0, 1, 2, 3}”. “ATTRIBUTE” se uporablja za shranjevanje identifikatorja. Identifikator “A” predstavlja prvi stolpec učne datoteke nonograma, “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 primerom Nonograma najdemo “@DATA”, ki nam pove, da se tukaj zaključí navajanje o dejanskih podatki in se začnejo primeri za strojno učenje.

Torej, dobessedno smo vzeli celoten Nonogram, ga razstavili na številke ki nam povejo koliko polj je pobarvanih v vrstici ali stolpcu 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.

## 3.2. 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 4: Primer Nonograma 3x3 (Vir: Lasten)

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |   |   |
| 1 | 3 | 1 |   |   |
|   |   |   | 1 | 0 |
|   |   |   | 3 | 0 |
|   |   |   | 1 | 0 |

Slika 5: 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 atributa in enega stolpca v podatkih o Nonogramu dobili dva. Istočasno smo se zavedali da je oštevilčenje polj na plošči strašno zamudno in nepraktično in smo namesto preprostih številčk začeli pisati koordinate (npr. Tretje polje v prvi vrstici je zdaj 13 namesto samo 3 in drugo polje v tretji vrstici je zdaj 32).

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |   |   |
| 1 | 0 | 0 |   |   |
|   |   |   | 1 | 0 |
|   |   |   | 0 | 0 |
|   |   |   | 0 | 0 |

Slika 6: 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 7: Drugačen zapis Nonograma 3x3 (zgornja slika - slika 6) (Vir: Lasten)

Zaradi ugotavljanja, da nekatere primere računalnik ne more "prebaviti", zaradi večih možnih 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 "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. Lahko tudi pokažemo kako to zgleda.

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |   |   |
| 0 | 1 | 1 |   |   |
|   |   |   | 1 | 0 |
|   |   |   | 1 | 0 |
|   |   |   | 0 | 0 |

Slika 8: Primer Nonograma s večimi rešitvami (Vir: Lasten)

Torej, tako to zgleda. Ima dve rešitvi. Prikažemo ju bomo s pikami (.), ki bojo označevala bela polja in plusi (+), ki bojo prikazovala črna polja.

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |   |   |
| 0 | 1 | 1 |   |   |
|   | + |   | 1 | 0 |
|   |   | + | 1 | 0 |
|   |   |   | 0 | 0 |

Slika 9: Prva rešitev Nonograma (Vir: Lasten)

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |   |   |
| 0 | 1 | 1 |   |   |
|   |   | + | 1 | 0 |
|   | + |   | 1 | 0 |
|   |   |   | 0 | 0 |

Slika 10: Druga rešitev Nonograma (Vir: Lasten)

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

### 3.3. 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 sta dva atributa postala trije atributi in dva stolpca sta se spremenila v tri. 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 in smo se odločili, da bomo naredili dve ločeni datoteki. Datoteko, v kateri bo program ugotavljal, če je primer rešljiv ali ne, ter klasično datoteko za nonogram 5x5. Poleg tega, da je postala sama količina podatkov neznosna, smo ugotovili, da nimajo primeri samo več rešitev ampak da so primeri tudi nerešljivi. Ker nismo bili zadovoljni s tem, da so naši rezultati nihali okoli 82%, smo prišli do (po našem mnenju) najboljših idej, do katere bi lahko prišli. To je bila, da razdelimo postopek na dva dela. V prvi del je spadalo 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 če je primer v prvem delu bil rešljiv,

da v drugem delu reši primer oziroma, da reši samo rešljive primere. Šli smo skozi z idejo. Ta se je izkazala za zelo dobro, saj so bili rezultati veliko boljši, kot so bili prej.

```

@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 11: Attribute za Nonogram 5x5 (Vir: Lasten)

[illegible]

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |   |   |   |
|   |   |   |   |   | 1 | 0 | 0 |
|   |   |   |   |   | 1 | 0 | 0 |
|   |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |
|   |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |
|   |   |   |   |   | 0 | 0 | 0 |

## 4. Uporaba Excel-a

5

Slika 14: podatki o nonogramu velikosti 5x5. (Vir: Lasten)

Na levi so napisani podatki tako, da so primerni za arff datoteko oz. tako, da lahko samo kopiramo vse skupaj v arff datoteko. Na levi lahko vidimo vizualni prikaz nonograma, ki smo ga opisali na levi,

poleg pa še računanje vsote v stolpcih in 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:

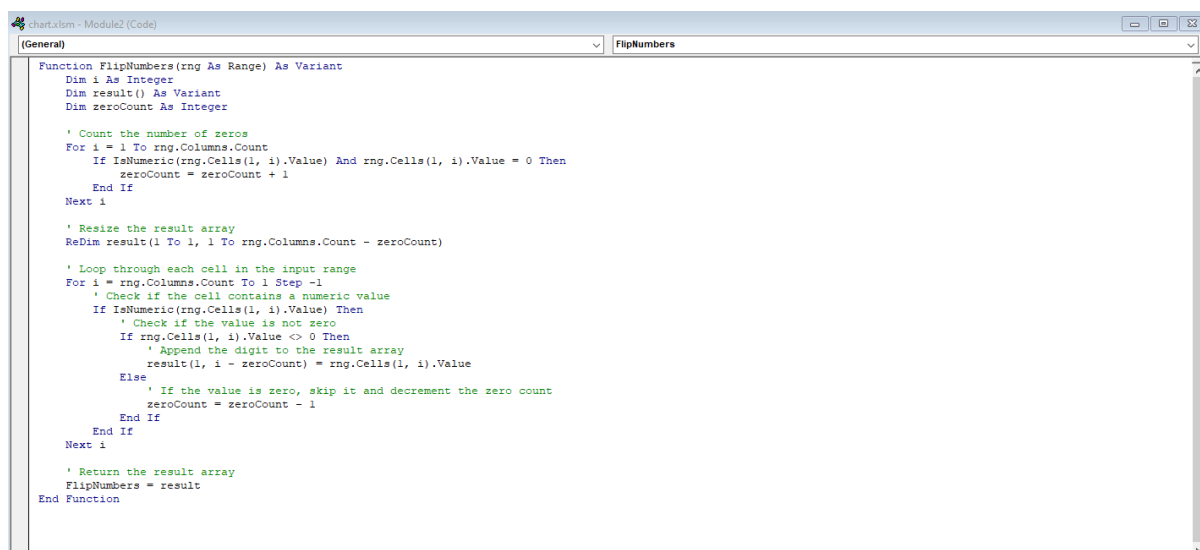
Pokaži pravila oblikovanja za: Trenutni izbor

Novo pravilo ...
Urejanje pravila ...
Izbriši pravilo
Podvojeno pravilo
▲
▼

| Pravilo (uporabljeno v prikazanem vrstnem redu) | Oblika   | Velja za                                    | Ustavi, če velja         |
|-------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------|--------------------------|
| Vrednost celice = "C"                           | AaČčŠšŽž | = \$AJ\$2:\$AN\$5                           | <input type="checkbox"/> |
| Vrednost celice vsebuje "C"                     | AaČčŠšŽž | = \$AJ\$1:\$AN\$254;\$AJ\$256:\$AN\$1048576 | <input type="checkbox"/> |

V redu
Zapri
Uporabi

Slika 15: Formule za obarvanje 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(1, i).Value) Then
            ' Check if the value is not zero
            If rng.Cells(1, i).Value <> 0 Then
                ' Append the digit to the result array
                result(1, i - zeroCount) = rng.Cells(1, i).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 16: Koda za zrcaljenje (Vir: Lasten)

Tukaj smo lahko videli kodo, ki smo jo naknadno napisali za zrcaljenje nonogramov in puščanja številke na svojih mestih oz. preprečevanje spreminjanja zaporedja ničel in ostalih številke.

(Slika 3 5x5 vrstice iz ...)

Skoraj cel čas raziskovanja smo reševali Nonograme istočasno, kot smo preverjali njihovo rešljivost, za kar smo se odločili, da morda ni najboljša ideja in smo ločili to na dva postopka in istočasno na ve datoteki. V prvi datoteki smo skrajšali primere na eno vrstico, zbrisali koordinate in določevali samo rešljivost oz. če imajo samo eno rešitev ali imajo več rešitev ali sploh ne. Nonograme s večimi rešitvami in Nonograme brez rešitev smo obojne šteli kot nerešljive. V drugem delu postopka, pa smo reševali samo rešljive primere.

```

@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 17: Primer opisa rešljivosti s Attributi (Vir: Lasten)

Tukaj lahko vidimo primer Nonograma, kjer določujemo na koncu rešljivost s »DA« in »NE«

## 4.1. Zrcaljenje v Excelu

Zrcaljenje v Excel-u je v našem primeru omogočilo hitro pridobivanje podatkov, saj nismo rabili iskati novih primerov sami.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | C |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | C |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | C |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 4 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 5 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | C |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 4 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 5 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 2 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 3 | C |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 5 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 1 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 2 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 3 | C |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 4 | B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 5 | B |

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| B | C | C | B | B | 2 | 0 | 0 |
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 5 | 0 | 0 |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| B | B | C | B | B | 2 | 0 | 0 |
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| B | B | C | B | B | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 5 | 1 | 0 |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |   |   |

Slika 18: Primer zrcaljenja (Vir: Lasten)

## 4.2. Pridobivanje podatkov

To metodo pridobivanja večje učne množice smo si pogledali in preučili v seminarski nalogi Simona Plazarja, ki je uporabil to metodo za igro Sudoku. V vsakem stolpcu in vrstici smo imeli številke in črke, ki so imeli svoj vrstni red. Zato smo morali spremeniti vrstni red števil in črk, ki so označevali polje.

## 4.3. 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 19: Primer zrcaljenja čez "križ" (Vir: Lasten)

[illegible]

15

#### 4.4. Zrcaljanje preko diagonale

Pri tej tehniki smo polja zrcalili preko diagonale. Diagonalo smo ponazorili z rumenimi celicami. Uporabil sem dve različici te tehnike. Slika 2 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 zamenjali 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 21: Primer preslikav preko diagonale (Vir: Lasten)

*Slika 22: Primer zrcaljenja preko diagonale (Vir: Lasten)*

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 23: Primer menjave oz. premika stolpcev (Vir Lasten)



|  |    |    |    |    |    |  |    |    |    |    |    |  |
|--|----|----|----|----|----|--|----|----|----|----|----|--|
|  | 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 25: Primer menjave vrstic (Vir: Lasten)



|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 27: Risanje Nonograma (Vir: Lasten)

Pomembno bi bilo omeniti to, da risanje je bilo narejeno z lahkoto in brez težav. Prvo smo naredili tabelo v katero smo vstavljali zadnjo kolono torej črke C in B. Torej črka C se nahaja v celici AG539. Nato v prvi celici v levem kotu z lokacijo AJ539 smo vpisali formulo (=AG539) in nato za vsako celico posebej. Nato, ko smo preverili pravilnost risanja smo uporabili za druge primere.

## 4.8. 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 pri ustvarjanju primerov.

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 28: Prikaz števil ob strani (Vir: lasten)

Prav tako je bil ta korak enostaven za narediti vendar zelo pomemben. Številka 1 se nahaja v celici P539, zato na desni strani od tabele v celici AO539 smo napisali formulo (=AG539) za druge številke enak postopek.

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

## 4.9. 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. Narediti to ni bilo zahtevno.

|   |   |   |   |   |   |   |   |    |       |
|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------|
| 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 29: Preverjanje vsote pobarvanih polj brez napake (Vir: lasten)

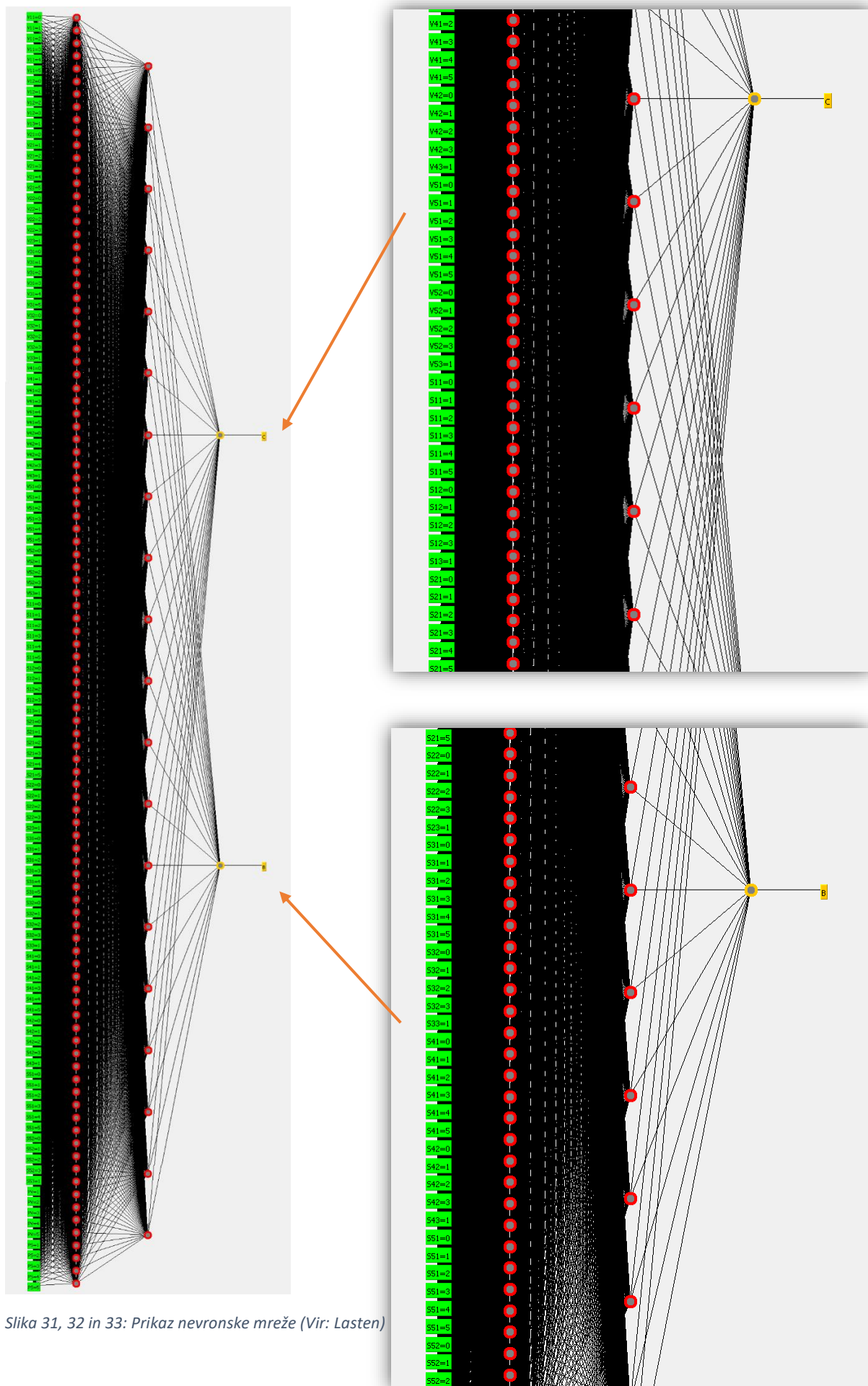
Ta korak je nam pomagal hitro zaznavati napake torej če vsota se je ujemala je program izpisoval besedo "ok", če pa ni "napaka". Naredili smo to s formulo (=SUM(O593:A593)), ki je seštevala številke od spodaj, torej, ki je bila odgovorna za stolpce in s formulo(=SUM(P593:AD593)), ki je seštevala številke na desni strani, torej, ki je bila odgovorna za vrstice. Še ena formula, ki je naredila preverjanje hitreje za nas (=IF(AO593 = AQ593;"OK";"NAROBEN")). Torej če vsote celic sta ujemala je izpisalo "ok", če vsota je bila napačna je izpisalo "napaka". Primer z napako od spodaj.

|   |   |   |   |   |   |   |   |    |           |
|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----------|
| 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 30: Preverjanje vsote pobarvanih polj z napako (Vir: lasten)

## **5. 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 dano rešitvijo. V weki smo uporabljali več različnih razvrščevalnikov. Na začetku smo uporabljali Zero-R ki je preprost in osnoven algoritem strojnega učenja. Kljub svoji preprostosti lahko Zero-R predstavlja osnovno primerjavo za druge bolj kompleksne modele. Poleg tega smo uporabljali tudi Random Forest: Pri tem gre za kombinacijo več razvrščevalnikov, ki delujejo neodvisno in nato združujejo svoje rezultate. Tako dobimo natančnejšo napoved. Večslojni perceptron (ang. Multilayer Perceptron - MLP) je najpogostejše uporabljen razvrščevalnik. Deluje po vzoru bioloških možganov. Gre za eno od osnovnih arhitektur nevronske mreže (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 nastavitve, kot npr. velikost nevronske mreže, število ponovitev učenja, hitrost učenja itd. Ta program smo uporabljali od čistega začetka, saj ima funkcij ogromno in je tudi sam precej pregleden.



## 5.1. 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 32: 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 33: 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 34: 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 35: 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 36: Rezultati MultyayerPerceptron (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 37: 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 38: 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 39: 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 40: 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 kot 90 odstotno pravilnost, kar bi v osnovni in srednji šoli bila odlična ocena.

## **Zaključek**

S našo raziskovalno nalogo, smo odkrivali nova obzorja zmožnosti umetne inteligence. Z njo smo dokazali, da lahko umetna inteligenca 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 znamo in ne razumemo. 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.

# Viri:

## Pisni viri:

1. Ploj B. *Bionska umetna inteligenca: Knjiga o napravah, ki se učijo in samostojno odločajo, pri čemer lahko presežejo tudi človeštvo*. Ptuj: Visoka šola na Ptuju, 2020.
2. Plazar S. *Reševanje igre Sudoku z umetno inteligenco [Raziskovalna naloga]*. Ptuj: Visoka šola Ptuj, 2020.

## Spletni viri:

1. Univerza v Ljubljani (2015). Umetna inteligenca. Pridobljeno 29. maj 2020 s <https://fri.unilj.si/sl/predmet/63720>
2. Ploj, B. (2018). It is time for change: New Deep Learning Algorithms beyond Backpropagation. Pridobljeno 30. maj 2020 s [https://www.researchgate.net/publication/322617800\\_New\\_Deep\\_Learning\\_Algorithms\\_beyond\\_Backpropagation\\_IBM\\_Developers\\_UnConference\\_2018\\_Zurich](https://www.researchgate.net/publication/322617800_New_Deep_Learning_Algorithms_beyond_Backpropagation_IBM_Developers_UnConference_2018_Zurich)
3. Ploj, B. (2017). Umetna inteligenca – Nevronske mreže (3. del). Pridobljeno 30. maj 2020 s [https://www.researchgate.net/publication/315897957\\_Umetna\\_inteligenca\\_\\_Nevronske\\_mreze\\_3del](https://www.researchgate.net/publication/315897957_Umetna_inteligenca__Nevronske_mreze_3del)
4. Ploj, B., Zorman, M., Harb, R. (2013). Border Pairs Method—constructive MLP learning classification algorithm. Pridobljeno 30. maj 2020 s [https://www.researchgate.net/publication/249011199\\_Border\\_Pairs\\_Methodconstructive\\_MLP\\_learning\\_classification\\_algorithm](https://www.researchgate.net/publication/249011199_Border_Pairs_Methodconstructive_MLP_learning_classification_algorithm) It is time for change:
5. Wikipedija (2020). Umetna inteligenca. Pridobljeno 28. februar 2020 s [https://sl.wikipedia.org/wiki/Umetna\\_inteligenca](https://sl.wikipedia.org/wiki/Umetna_inteligenca)
6. Wikipedija (2018). Strojno učenje. Pridobljeno 28. februar 2020 s [https://sl.wikipedia.org/wiki/Strojno\\_u%C4%8Denje](https://sl.wikipedia.org/wiki/Strojno_u%C4%8Denje)
7. Wikipedija (2020). AlphaGo. Pridobljeno 5. marec 2020 s <https://en.wikipedia.org/wiki/AlphaGo>
8. Wikipedija (2019). Master (software). Pridobljeno 5. marec 2020 s [https://en.wikipedia.org/wiki/Master\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Master_(software))
9. University of Waikato (2019). WEKA. Pridobljeno 7. marec 2020 s <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
10. Deep Mind (2020). Alpha Go. Pridobljeno 29. maj 2020 s <https://deepmind.com/research/case-studies/alphago-the-story-so-far>
11. Wikipedia (2020). DeepMind. Pridobljeno 29. maj 2020 s <https://en.wikipedia.org/wiki/DeepMind>
12. Wikipedija (2018). Umetna inteligenca v igrah. Pridobljeno 7. marec 2020 s [https://sl.wikipedia.org/wiki/Umetna\\_inteligenca\\_v\\_igrah](https://sl.wikipedia.org/wiki/Umetna_inteligenca_v_igrah)