

# Analiza utjecaja demografskih i ekonomskih čimbenika na incidenciju moždanog udara korištenjem stabla odlučivanja

---

**Domitrović, Mirta**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:621281>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-06**



*Repository / Repozitorij:*

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



**Sveučilište u Zagrebu  
Ekonomski fakultet  
Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij  
Poslovna ekonomija — smjer Menadžerska informatika**

**ANALIZA UTJECAJA DEMOGRAFSKIH I EKONOMSKIH  
ČIMBENIKA NA INCIDENCIJU MOŽDANOG UDARA  
KORIŠTENJEM STABLA ODLUČIVANJA**

Diplomski rad

**Mirta Domitrović**

**Zagreb, rujan 2021**

**Sveučilište u Zagrebu  
Ekonomski fakultet  
Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij  
Poslovna ekonomija — smjer Menadžerska informatika**

**ANALIZA UTJECAJA DEMOGRAFSKIH I EKONOMSKIH  
ČIMBENIKA NA INCIDENCIJU MOŽDANOG UDARA  
KORIŠTENJEM STABLA ODLUČIVANJA**

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF DEMOGRAPHIC AND  
ECONOMIC FACTORS IN STROKE INCIDENCE USING THE  
DECISION TREE**

Diplomski rad

**Studentica: Mirta Domitrović**

**JMBAG studenta: 0066236396**

**Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Pejić Bach**

**Zagreb, rujan 2021**

Mirta Domitrović

Ime i prezime studenta/ice

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad  
(vrsta rada)  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Zagrebu, 22.09.2021.

Student/ica:

Mirta Domitrović  
(potpis)

*Mojim roditeljima*

## SAŽETAK, KLJUČNE RIJEČI

Moždani udar je drugi najčešći uzrok smrtnosti i prvi uzrok invalidnosti u svijetu i ne bira životnu dob. Određena zdravstvena stanja poput visokog krvnog tlaka, nepravilnog rada srca, šećerne bolesti i visokog kolesterola povećavaju rizik od moždanog udara. Također, moždani udar ovisi i o načinu života pa tako pušenje, prekomjerna tjelesna težina, nedovoljna tjelesna aktivnost, neumjerena konzumacija alkohola, nezdrava prehrana, droga i stres dodatno povećavaju rizik od moždanog udara.

Rad je podijeljen u dva dijela: teorijski i praktični. Teorijski se dio zasniva na proučavanju stručne i znanstvene literature vezane za moždani udar. U praktičnom je dijelu detaljno prikazana analiza podataka korištenjem algoritma RandomTree. Odabrano je i objašnjeno najprikladnije stablo odlučivanja.

Rad završava zaključkom može li se uz pomoć dijagnostičkih mjerenja i načina života pojedinca predvidjeti hoće li osoba doživjeti moždani udar ili neće, kako se prevencijom može utjecati na smanjenje troškova liječenja te kako pojedincu i njegovoj obitelji osigurati bolji i kvalitetniji život.

Ključne riječi: moždani udar, prevencija, troškovi, stablo odlučivanja, RandomTree

## SUMMARY, KEY WORDS

Stroke is the second most common cause of death and the first cause of disability in the world and does not choose age. Certain health conditions such as hypertension, heart diseases, diabetes and high cholesterol increase the risk of stroke. Also, stroke depends on lifestyle, so smoking, overweight, little or no physical activity, excessive alcohol consumption, unhealthy diet, drugs and stress increase the risk of stroke even more.

The paper is divided into two parts: theoretical and practical. The theoretical part is based on the study of professional and scientific literature related to stroke. In the practical part, the analysis of data using the RandomTree algorithm is presented in detail. The most appropriate decision tree was selected and explained.

The paper finishes with the conclusion whether with the help of diagnostic measurements and lifestyle of an individual can predict whether a person will have a stroke or not, how prevention can reduce treatment costs and how to ensure a better quality of life for the individual and his family.

Key words: stroke, prevention, cost, decision tree, RandomTree

# Sadržaj

SAŽETAK, KLJUČNE RIJEČI .....	5
SUMMARY, KEY WORDS.....	6
1. UVOD .....	1
1.1. Cilj rada .....	1
1.2. Metodologija istraživanja .....	1
1.3. Sadržaj i struktura rada.....	2
2. EKONOMSKI UTJECAJ MOŽDANOG UDARA NA POJEDINCA, OBITELJ I DRUŠTVO ...	3
2.1. Trenutni troškovi moždanog udara.....	4
2.1.1. Troškovi zdravstva .....	4
2.1.2. Troškovi doma i kućne njege .....	4
2.1.3. Troškovi neformalne njege.....	5
2.1.4. Troškovi produktivnosti .....	5
2.1.5. Ukupni troškovi moždanog udara.....	5
2.2. Prevencija, intervencije u liječenju i rehabilitaciji .....	6
2.3. Predviđeni budući troškovi moždanog udara .....	7
3. METODOLOGIJA.....	10
3.1. Podaci za projekt .....	10
3.2. Opis korištene metode .....	11
3.2.1. Općenito o stablu odlučivanja .....	11
3.2.2. Stablo odlučivanja na primjeru projekta.....	12
3.3. Popis i elaboracija korištenih varijabli .....	12
3.4. Analiza varijabli u radu .....	14
4. REZULTATI I KORIŠTENE METODE .....	16
4.1. Analiza algoritma RandomTree .....	16
4.1.1. maxDepth 3 .....	16
4.1.2. maxDepth 4 .....	20
4.1.3. maxDepth 5 .....	25
4.2. Analiza i zapažanja algoritma RandomTree.....	30
4.2.1. Zapažanja o stablu odlučivanja .....	30
4.2.2. Odabir najprikladnijeg stabla odlučivanja (prema kriteriju maxDepth 3, 4, 5).....	33
5. DISKUSIJA.....	34
5.1. Objašnjenje najprikladnijeg stabla odlučivanja.....	34
5.1.1. Algoritam RandomTree maxDepth 4 .....	34
5.2. Analiza najprikladnijeg stabla odlučivanja.....	37



6. ZAKLJUČAK .....	38
LITERATURA .....	39
POPIS SLIKA .....	41
POPIS TABLICA.....	41
POPIS GRAFIKONA.....	41
ŽIVOTOPIS .....	42

# 1. UVOD

## 1.1. Cilj rada

Moždani udar jedan je od najčešćih uzroka smrti i ne bira životnu dob. Do moždanog udara dolazi kada se prekine opskrba krvi u mozgu, a stanice mozga propadaju, odnosno odumiru. Oštećenje moždanih stanica može uzrokovati razne stupnjeve invalidnosti te promijeniti način razmišljanja i ponašanja osobe.

Određena zdravstvena stanja poput visokog krvnog tlaka, nepravilnog rada srca, šećerne bolesti i visokog kolesterola povećavaju rizik od moždanog udara. Također, moždani udar ovisi i o načinu života pa tako pušenje, prekomjerna tjelesna težina, nedovoljna tjelesna aktivnost, neumjerena konzumacija alkohola, nezdrava prehrana, droga i stres dodatno povećavaju rizik od moždanog udara.

U 2017. godini je gotovo 1 500 000 ljudi prvi puta doživjelo moždani udar na području 32 države Europe. Ukupni trošak, u koji su uračunati troškovi zdravstva, staračkih domova/domova za njegu, trošak neformalne njege i trošak produktivnosti, u 2017. iznosio je 60 milijardi eura. Europsko udruženje za moždani udar predviđa da će do 2040. godine broj moždanih udara porasti za 35% dok će troškovi moždanog udara rasti do 86 milijardi eura.

Cilj rada je s pomoću otkrivanja znanja iz baza podataka i korištenjem stabla odlučivanja predvidjeti pomoću dijagnostičkih mjerenja i načina života hoće li osoba doživjeti moždani udar ili neće.

## 1.2. Metodologija istraživanja

U radu je korišten mješoviti istraživački pristup jer se radi o miješanju kvalitativne i kvantitativne metodologije. Teorijski se dio rada temelji na proučavanju znanstvene i stručne literature odnosno podataka iz više izvora dok se praktični dio rada temelji na analizi baze podataka korištenjem stabla odlučivanja. U radu se koriste metode analize, sinteze, generalizacije, indukcije, dedukcije, klasifikacije i deskripcije.

### 1.3. Sadržaj i struktura rada

Rad se sastoji od teorijskog i praktičnog dijela. Teorijski dio se zasniva na stručnoj i znanstvenoj literaturi vezanoj za moždani udar, troškove moždanog udara te teorijski dio stabla odlučivanja. U praktičnom je dijelu prikazana analiza podataka korištenjem stabla odlučivanja, i to algoritma RandomTree.

Rad završava zaključkom može li se uz pomoć dijagnostičkih mjerenja i načina života pojedinca predvidjeti hoće li osoba doživjeti moždani udar ili neće, kako se prevencijom može utjecati na smanjenje troškova liječenja te kako pojedincu i njegovoj obitelji osigurati bolji i kvalitetniji život.

## 2. EKONOMSKI UTJECAJ MOŽDANOG UDARA NA POJEDINCA, OBITELJ I DRUŠTVO

Moždani udar jedan je od najčešćih uzroka smrti i ne bira životnu dob. Do moždanog udara dolazi kada se prekine opskrba krvi u mozgu, a stanice mozga propadaju, odnosno odumiru. Oštećenje moždanih stanica može uzrokovati razne stupnjeve invalidnosti, ali i promijeniti način razmišljanja, ponašanja i kako se osoba osjeća. Iako uzrokuje veći spektar invalidnosti od bilo koje druge bolesti ili stanja, mnoge se posljedice mogu liječiti, a može pomoći i rehabilitacija.<sup>1</sup>

Postoje dvije vrste moždanog udara<sup>2</sup>:

1. Ishemijski – nastaje zbog ateroma ili ugruška, odnosno začepjenja krvnih žila u mozgu
2. Hemoragijski – kada pukne krvna žila u mozgu te dolazi do krvarenja u mozgu ili oko mozga.

Određena zdravstvena stanja poput visokog krvnog tlaka, nepravilnog rada srca, šećerne bolesti i visokog kolesterola povećavaju rizik od moždanog udara. Također, moždani udar ovisi i o načinu života pa tako pušenje, prekomjerna tjelesna težina, nedovoljna tjelesna aktivnost, neumjerena konzumacija alkohola, nezdrava prehrana, droga i stres dodatno povećavaju rizik od moždanog udara.

U svijetu se godišnje dogodi 16 milijuna prvih udara uzrokujući 5,7 milijuna smrti što moždani udar svrstava kao drugi uzrok smrtnosti svjetske populacije.<sup>3</sup> Iz perspektive pojedinca, obitelji i društva moždani udar je skupa bolest. Za pojedinca je skupa bolest upravo zato jer je vodeći uzrok smrti i invaliditeta.

---

<sup>1</sup> Hrvatsko društvo za prevenciju moždanog udara (b.d.), O moždanom udaru. Dostupno na: <https://www.mozdaniudar.hr/o-mozdanom-udaru/o-mozdanom-udaru-74/74> [24.6.2021.]

<sup>2</sup> MSD - Medicinski priručnik za pacijente (b.d.), Moždani udar. Dostupno na: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-za-pacijente/bolesti-mozga-i-zivcanog-sustava/mozdani-udar-i-srodni-poremecaji/mozdani-udar> [24.6.2021.]

<sup>3</sup> Di Carlo, A. (2009) 'Human and economic burden of stroke', Age and Aging, 38(1), 4-5. Dostupno na: <https://doi.org/10.1093/ageing/afn282> [24.6.2021.]

Mortalitet i incidencija, standardizirani prema dobi znatno opadaju u zemljama s višim prihodima. U zemljama sa srednjim i niskim prihodima ljudi proporcionalno imaju više hemoragijskih moždanih udara te u prosjeku umiru u mlađoj dobi.<sup>4</sup>

## 2.1. Trenutni troškovi moždanog udara

Moždani udar je veliki zdravstveni i gospodarski teret u cijelom svijetu. U industrijski razvijenim zemljama se 5% ukupnih zdravstvenih troškova pripisuje medicinskim troškovima oboljelih od moždanog udara.<sup>5</sup>

### 2.1.1. Troškovi zdravstva

Troškovi zdravstva uključuju: hitnu pomoć, bolničku njegu, liječnika opće prakse, izvanbolničku njegu te lijekove. Trošak hitne pomoći iznosi 919 milijuna eura, trošak bolničke njege (dani provedeni u bolnici) iznosi 16,4 milijarde eura, trošak posjeta liječniku opće prakse iznosi 3,3 milijarde, trošak izvanbolničke njege iznosi 4,7 milijardi eura, a trošak lijekova potrošenih za liječenje i sprečavanje moždanog udara iznosi 1,3 milijarde eura. U 2017. godini je za troškove zdravstva u 32 zemlje Europe potrošeno 27 milijardi eura.<sup>6</sup>

### 2.1.2. Troškovi doma i kućne njege

Troškovi staračkog doma i kućne njege se odnose na troškove njege i zbrinjavanje osoba u domovima za njegu bolesnika. Briga i skrb u domovima mjere se po broju dana provedenih u domu. Ovi troškovi su u 2017. iznosili 4,7 milijardi eura.<sup>7</sup> Razlikuju se dvije vrste doma: stambeni i starački dom. Stambeni domovi pomažu osobama koje nisu sposobne održavati

---

<sup>4</sup> Lanas, F. & Seron, P. (2021) 'Facing the stroke burden worldwide'. *The Lancet Global Health* 9(3), pg 235-236. Dostupno na: [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(20\)30520-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(20)30520-9/fulltext) [28.6.2021.]

<sup>5</sup> Benesch, C., Holloway, R.G. Economic Impact of Stroke and Implications for Interventions. *Mol Diag Ther* 9, 29–39 (1998). Dostupno na: <https://doi.org/10.2165/00023210-199809001-00004> [28.6.2021.]

<sup>6</sup> Luengo Fernandez, R., Violato, M., Candio, P. & Leal, J. (2019) 'Economic burden of stroke across Europe: A population-based cost analysis', *European Stroke Journal*, 5, pg 17-25. Dostupno na: <https://doi.org/10.1177/2396987319883160> [23.6.2021.]

<sup>7</sup> Luengo Fernandez, R., Violato, M., Candio, P. & Leal, J. (b.d.) 'AT WHAT COST - The Economic Impact od Stroke in Europe'. Dostupno na: [03.-At\\_What\\_Cost\\_EIOS\\_Full\\_Report.pdf \(safestroke.eu\)](03.-At_What_Cost_EIOS_Full_Report.pdf(safestroke.eu)) [23.6.2021.]

vlastiti dom dok starački dom pruža 24-satnu njegu korisnika. Pretpostavlja se da će osobe starije od 65 godina biti zbrinute u staračkom domu.

### 2.1.3. Troškovi neformalne njege

U 2017. godini su neformalni troškovi iznosili 16 milijardi eura, a utrošeno je, u prosjeku 1.052 sata pružanja pomoći po oboljelom.<sup>8</sup> Oko pola preživjelih ima određeni stupanj tjelesnog ili kognitivnog oštećenja, stoga je podrška obitelji i prijatelja u obavljanju svakodnevnih aktivnosti veoma važna za kvalitetu života oboljelih. Troškovi neformalne njege su troškovi prijatelja i obitelji koji se brinu o svojim bližnjima, oboljelima od moždanog udara, a koji za to nisu plaćeni. Znatnu njegu i brigu oboljelih pružaju njegovatelji i obitelji te su česti financijski problemi i napetosti u obitelji.<sup>9</sup>

### 2.1.4. Troškovi produktivnosti

Troškovi produktivnosti odnose se na troškove gubitka produktivnosti zbog invaliditeta, odnosno morbiditeta. To su troškovi nastali izbjivanjem s posla zbog moždanog udara: odsustvo s posla na određeno vremensko razdoblje ili zbog proglašenja pojedinca trajno nesposobnim za rad pa pojedinac napušta tržište rada. U 32 europske države bilo je 438 000 smrtnih slučajeva zbog moždanog udara, što je izgubljenih 286 000 potencijalnih godina rada. Prerana smrtnost u radnim godinama predstavlja trošak od 6,2 milijarde eura dok trošak stalnog ili povremenog izbjivanja s posla zbog bolesti iznosi 6,3 milijarde eura pa ukupan trošak produktivnosti iznosi 12,5 milijardi eura.<sup>10</sup>

### 2.1.5. Ukupni troškovi moždanog udara

Procijenjeni ukupni godišnji trošak u 27 država Europske unije je 27 milijardi eura: 18,5 milijardi eura za izravne i 8,5 milijardi eura za neizravne troškove te još 11,1 milijarda eura za neformalnu njegu. Procijenjeni godišnji iznos za Ujedinjeno Kraljevstvo je 8,9 milijardi funta: izravni troškovi su 4,4 milijardi funta što je 5,5% ukupnih zdravstvenih troškova Kraljevstva, 2,1 milijarda funti za neizravne troškove te 2,4 milijarde za neformalnu njegu. U Sjedinjenim

---

<sup>8</sup> SAFE (b.d.), 'AT WHAT COST - The Economic Impact of Stroke in Europe Research - factsheet'. Dostupno na: [01.-At-What-Cost-EIOS-Factsheet.pdf \(safestroke.eu\)](https://www.safestroke.eu/01.-At-What-Cost-EIOS-Factsheet.pdf) [23.6.2021.]

<sup>9</sup> Wolfe, C.D. (2000) 'The impact of stroke', *British Medical Bulletin*, 56 (2), 275-286. Dostupno na: <https://doi.org/10.1258/0007142001903120> [27.6.2021.]

<sup>10</sup> Ibid

Državama se taj iznos procjenjuje na 65,5 milijardi američkih dolara: 43,9 milijarda američkih dolara za izravne i 21,6 milijarda američkih dolara za neizravne troškove.<sup>11</sup>

## 2.2. Prevencija, intervencije u liječenju i rehabilitaciji

Troškovi moždanog udara su u porastu te će dodatno opteretiti već preopterećene proračune za zdravstvenu i socijalnu skrb. Zemlje trebaju ulagati u isplative intervencije, poboljšati ishode osobama koje su preživjele moždani udar te naposljetku zaustaviti povećanje troškova.

Liječenje antikoagulansima smanjuje rizik stvaranja krvnih ugrušaka koji mogu proći do mozga i tako uzrokovati ishemijski moždani udar. Liječenje varfarinom pacijenata s atrijskom fibrilacijom donijelo bi uštedu od 7 milijardi eura i dodalo više od 5 QALYs godina (quality-adjusted life year). Edukacija stanovništva je važna za što brže prepoznavanje znakova moždanog udara te za što bržu reakciju. Oboljeli koji stignu na hitni prijem unutar 3 sata od pojave prvih simptoma imaju manju invalidnost tri mjeseca nakon moždanog udara od onih koji su primili odgođenu skrb.<sup>12</sup>

Mortalitet i morbiditet nastali zbog moždanog udara mogu biti znatno smanjeni usvajanjem i implementacijom protokola i organiziranim liječenjem te usvajanjem programa za kontinuirano poboljšanje kvalitete života, prikupljanjem, dokumentiranjem i analizom podataka.<sup>13</sup> Učinkovita optimizacija resursa treba početi od primarne prevencije i liječenja vaskularnih rizika. Trombolitično liječenje primjenom rekombiniranog tkivnog aktivatora plazminogena unutar prva tri sata od nastanka inzulta bitno doprinosi učinkovitom liječenju ishemijskog moždanog udara.<sup>14</sup> S pomoću mehaničke trombektomije moguće je smanjiti oštećenja mozga nastala zbog moždanog udara kao i smanjiti troškove zdravstvene skrbi za milijardu eura u usporedbi sa sadašnjom praksom.<sup>15</sup>

---

<sup>11</sup> Di Carlo, A. (2009) 'Human and economic burden of stroke', *Age and Aging*, 38(1), 4-5. Dostupno na: <https://doi.org/10.1093/ageing/afn282> [24.6.2021.]

<sup>12</sup> Centers for Disease Control and Prevention (2021), *Stroke Facts*. Dostupno na: <https://www.cdc.gov/stroke/facts.htm> [28.6.2021.]

<sup>13</sup> Lindsay, P., Norrving, B., Sacco, R.L., Brainin, M., Hacke, W., Martins, S., Pandian, J. & Feigin, V. (b.d.) 'World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2019'. Dostupno na: [https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO\\_Fact-sheet\\_15.01.2020.pdf](https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO_Fact-sheet_15.01.2020.pdf) [25.6.2021.]

<sup>14</sup> Demarin, V. (2004) 'Moždani udar - Rastući medicinski i socijalno ekonomski problem', *Acta Clin Croat*, 43, 9-13. Dostupno na: [Moždani udar - rastući medicinski i socijalno ekonomski problem \(srce.hr\)](#) [25.6.2021.]

<sup>15</sup> SAFE (b.d.), 'AT WHAT COST - The Economic Impact of Stroke in Europe Research - factsheet'. Dostupno na: [01.-At\\_What\\_Cost\\_EIOS\\_Factsheet.pdf \(safestroke.eu\)](#) [23.6.2021.]

Novozelandska kampanja The Big Blood Pressure Check spašava živote i smanjuje ekonomske posljedice moždanog udara. Radi se o mobilnoj jedinici koja putuje cijelom državom i mjeri tlak stanovnicima. Od 23 990 mjerenja tlaka u 2019. godini 10 490 testiranja se odvijalo u kombiju kampanje. Od testiranih u kombiju njih 1% je hitno upućeno liječniku opće prakse te se smatra kako je na taj način kampanja uštedila 2,2 milijuna novozelandskih dolara. Kampanja procjenjuje da bi se taj iznos mogao popeti na 10 milijuna novozelandskih dolara godišnje ako bi mogli obaviti 50 000 testiranja.<sup>16</sup>

### 2.3. Predviđeni budući troškovi moždanog udara

U 2017. 9 milijuna ljudi doživjelo je moždani udar na području 32 države Europe. Ukupni trošak u kojeg su uračunati troškovi zdravstva, troškovi domova i kućne njege, trošak neformalne njege i trošak produktivnosti je u 2017. iznosio 60 milijardi eura. Europsko udruženje za moždani udar predviđa da će do 2040. godine broj moždanih udara porasti za 35%, dok će troškovi moždanog udara rasti do 86 milijardi eura.<sup>17</sup>

Tablica 1 Predviđeni budući troškovi moždanog udara u Europi

Godina	Oboljeli od moždanog udara (u milijunima)	Oboljeli od moždanog udara prvi puta (u milijunima)	Ukupni trošak moždanog udara (u milijardama eura)
2017.	9	1,5	60
2030.	11	1,7	75
2035.	11,5	1,9	80
2040.	12	2	86

Izvor: Izrada autora prema Luengo Fernandez, R., Violato, M., Candio, P. & Leal, J. (b.d.) 'AT WHAT COST - The Economic Impact of Stroke in Europe'. Dostupno na: [03.-At\\_What\\_Cost\\_EIOS\\_Full\\_Report.pdf \(safestroke.eu\)](https://www.safestroke.eu/03.-At_What_Cost_EIOS_Full_Report.pdf) [23.6.2021.]

<sup>16</sup> 'The Social and Economic Costs of Stroke in New Zealand 2020'. Dostupno na: [https://www.stroke.org.nz/sites/default/files/inline-files/SFNZ%20and%20NZIER\\_The%20social%20and%20economic%20cost%20of%20stroke%20in%20NZ.pdf](https://www.stroke.org.nz/sites/default/files/inline-files/SFNZ%20and%20NZIER_The%20social%20and%20economic%20cost%20of%20stroke%20in%20NZ.pdf) [27.6.2021.]

<sup>17</sup> Luengo Fernandez, R., Violato, M., Candio, P. & Leal, J. (b.d.) 'AT WHAT COST - The Economic Impact of Stroke in Europe'. Dostupno na: [03.-At\\_What\\_Cost\\_EIOS\\_Full\\_Report.pdf \(safestroke.eu\)](https://www.safestroke.eu/03.-At_What_Cost_EIOS_Full_Report.pdf) [23.6.2021.]



Tablica 1 prikazuje predviđene buduće oboljele od moždanog udara, oboljele od moždanog udara prvi puta u životu te ukupni trošak moždanog udara u 32 zemlje Europe. Vidljivo je da su pretpostavke rast svega navedenog pa će tako broj oboljelih od moždanog udara porasti za 3 milijuna osoba do 2040. Broj osoba koje su po prvi puta imale moždani udar će narasti za 500 000 osoba do 2040., a predviđeni ukupni trošak moždanog udara do 2040. povećao bi se sa 60 milijardi eura na 86 milijardi eura.

Za Ujedinjeno Kraljevstvo predviđa se da će ukupni troškovi moždanog udara rasti i to s 25,6 milijardi funta iz 2015. na 42,6 milijardi funta u 2025. te na 75,2 milijarde funta u 2035. godini. Predviđa se da će troškovi zdravstva porasti 201%, troškovi doma porasti 273%, troškovi neformalne njege porasti za 17% dok će trošak produktivnosti porasti 136%. Predviđeni troškovi su najveći za domove zbog velike potrebe za domom u kasnijoj starosti kod osoba koje su pretrpjele teške moždane udare.<sup>18</sup>

Troškovi zdravstvenog sustava u Republici Hrvatskoj iznose 36,9 milijuna eura, odnosno 9 eura po stanovniku. Incidencija, odnosno broj osoba prvi puta pogođenih moždanim udarom u Republici Hrvatskoj iznosi 11 357 slučajeva godišnje, što je 152,4 nova slučaja moždanog udara na 100 000 stanovnika. Ukupni broj moždanih udara je 54 481 slučaj godišnje, odnosno 793,2 na 100 000 stanovnika. U Hrvatskoj godišnje od moždanog udara umre 8 033 osobe, što je 94,6 umrlih na 100 000 stanovnika.

*Tablica 2 Predviđanja za Hrvatsku*

Godina	2035.
Incidencija	+ 23%
Prevalencija	+ 13%
Smrtnost	+ 36%
DALYs	+ 24%

Izvor: Izrada autora

<sup>18</sup> Patel, A., Berdunov, V., King, D., Quayyum, Z., Wittenberg, R. & Knapp, M. (2020), 'Current, future and avoidable costs of stroke in the UK'. Dostupno na: [https://www.stroke.org.uk/sites/default/files/economic\\_impact\\_of\\_stroke\\_report\\_final\\_feb\\_2020\\_0.pdf](https://www.stroke.org.uk/sites/default/files/economic_impact_of_stroke_report_final_feb_2020_0.pdf) [24.6.2021.]

Tablica 2 prikazuje predviđanja za Republiku Hrvatsku. Predviđa se da će do 2035. godine incidencija moždanog udara rasti 23%, ukupni broj moždanih udara 13%, dok će smrtnost rasti 36%. Također, predviđa se da će broj godina izgubljenih zbog smrti, invaliditeta i lošeg zdravlja zbog moždanog udara rasti 24%.

## 3. METODOLOGIJA

### 3.1. Podaci za projekt

Za potrebe izrade rada podaci su preuzeti s web stranice: <https://www.kaggle.com/fedesoriano/stroke-prediction-dataset/version/1>.

Preuzeti se skup podataka koristi za predviđanje hoće li pacijent oboljeti od moždanog udara ili neće. Baza podataka se sastoji od 5.110 primjera i 12 atributa:

- 1) id
- 2) gender
- 3) age
- 4) hypertension
- 5) heart\_disease
- 6) ever\_married
- 7) work\_type
- 8) residence\_type
- 9) avg\_glucose\_level
- 10) bmi
- 11) smoking\_status
- 12) stroke

Ciljni atribut (Stroke) predstavlja rezultate istraživanja: 1 – pacijent ima moždani udar i 0 – pacijent nema moždani udar.

Atribut „id“ je jedinstveni identifikacijski broj koji je osobi dodijeljen te ga se smatra nevažnim u donošenju odluke hoće li osoba imati moždani udar ili neće. Atribut je prikazan u popisu svih atributa korištenih u ovom radu, ali nije uključen u algoritam.

Analiza atributa će se provesti u Weka softveru korištenjem algoritma RandomTree.

## 3.2. Opis korištene metode

### 3.2.1. Općenito o stablu odlučivanja

Stablo odlučivanja je vrsta dijagrama koji prikazuje moguće rezultate niza povezanih događaja te prikazuje način donošenja odluke.<sup>19</sup> Koristi se modelom donošenja odluke koji izgledom slični na stablo, a prikazuje moguće ishode, uključujući ishode korisnosti, troškove resursa te ishode mogućih događaja. S pomoću njega prikazuju se algoritmi koji sadrže uvjetne naredbe upravljanja. Stabla odlučivanja se koriste u rudarenju podataka, u analizi odluka za odabir strategije koja će najizglednije postići cilj. Također, stabla odlučivanja koriste se i u strojnom učenju. Najširu primjenu ima za rješavanje prediktivnih problema uz nadzor učenja. Prediktivni problemi uključuju predviđanje vrijednosti ciljnog atributa u budućnosti, prepoznavanje uzoraka, regresiju više značajki, razlikovnu analizu, procjenu funkcije više značajki i nadgledano učenje.<sup>20</sup>

Stablo se sastoji od tri čvora odluke:

1. čvor odlučivanja – prikazuje se kvadratom, a pokazuje odluku koju treba donijeti
2. čvor mogućnosti – prikazuje se krugom, a pokazuje vjerojatnost rezultata
3. završni čvor – prikazuje se trokutom, a pokazuje završni ishod određenog puta odlučivanja.<sup>21</sup>

Stablo se prikazuje naopako, odnosno korijen stabla, temeljem kojeg se vrši daljnja podjela primjera, nalazi se na vrhu.

Stabla odlučivanja jednostavno je razumjeti, interpretirati i vizualizirati; generiraju razumljiva pravila, klasifikaciju izvode bez mnogo računanja; jasno prikazuju koja su polja najvažnija za predviđanje ili klasifikaciju te ne zadaju mnogo napora korisniku tijekom pripreme podataka, što se smatra glavnim prednostima stabla odlučivanja. Neki od nedostataka su sklonost pogreškama u klasifikacijskim problemima s mnogo razreda i malim brojem primjera; male promjene u podacima mogu rezultirati generiranjem potpuno drugog stabla, što ih čini

---

<sup>19</sup> T. Rahman and K. Harada, "An efficient visual classification based approach to Decision Tree construction," *2012 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2012, pp. 1237-1241. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6174886> [24.6.2021.]

<sup>20</sup> Asha Kiranmai, S. & Jaya Laxmi, A. (2018), 'Data mining for classification of power quality problems using WEKA and the effect of attributes on classification accuracy', *Protection and Control of Modern Power Systems*, 3, 29. Dostupno na: <https://doi.org/10.1186/s41601-018-0103-3> [27.6.2021.]

<sup>21</sup> Lucidchart, 'What is a Decision Tree Diagram'. Dostupno na: [https://www.lucidchart.com/pages/decision-tree/#section\\_0](https://www.lucidchart.com/pages/decision-tree/#section_0) [24.9.2021.]

nestabilnima; stablo može biti skupo te su manje prikladna za problem procjene u kojem je cilj predvidjeti vrijednost kontinuiranog atributa.

### 3.2.2. Stablo odlučivanja na primjeru projekta

Tijekom izrade rada dobiveno je stablo odlučivanja. U obzir je uzeto 11 atributa. Njih 11 koji su nezavisni i 1 zavisni (ciljni) atribut kojim se donosi konačna odluka. Temeljem nezavisnih varijabli: id, gender, age, hypertension\_binarized, heart\_disease\_binarized, ever\_married, work\_type, residence\_type, avg\_glucose\_level, bmi te smoking\_status moguće je predvidjeti hoće li osoba oboljeti od moždanog udara ili neće.

### 3.3. Popis i elaboracija korištenih varijabli

Tablica 3 Popis korištenih varijabli

Naziv atributa	Opis atributa	Format atributa	Modaliteti nominalnih atributa	Minimum i Maximum numeričkih atributa
id	Jedinstveni id osobe	Numerički		Min – 67 Max – 72940
gender	Spol osobe	Nominalni	Male Female Other	
age	Dob osobe	Numerički		Min – 0,08 Max – 82
Hypertension_binarized	Hipertenzija (visok krvni tlak)	Nominalni	0 – osoba nema hipertenziju 1 – osoba ima hipertenziju	
heart_disease_binarized	Srčane bolesti	Nominalni	0 – osoba nema srčane bolesti 1 – osoba ima srčanu bolest	

ever_married	Bračni status	Nominalni	Yes No	
work_type	Vrsta zaposlenja	Nominalni	Private Self-employed Govt_job children Never_worked	
residence_type	Mjesto stanovanja	Nominalni	Urban Rural	
avg_glucose_level	Prosječna razina glukoze u krvi	Numerički		Min – 55,12 Max – 271,74
bmi	Body mass indeks – indeks tjelesne mase	Numerički		Min – 0 Max – 97,6
smoking_status	Pušački status	Nominalni	formerly smoked never smoked smokes Unknown	
stroke	Moždani udar	Nominalni	0 – osoba nema moždani udar 1 – osoba ima moždani udar	

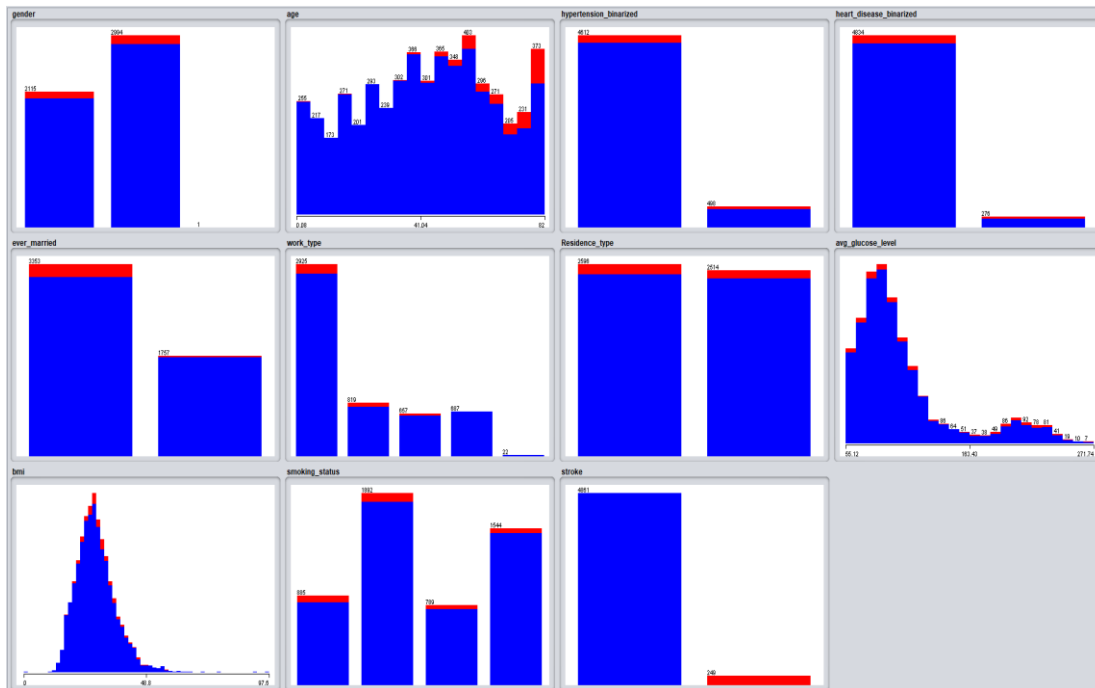
Izvor: Izrada autora

Tablica 3 prikazuje popis svih atributa koji se nalaze u korištenoj bazi. Također, tablica sadrži opis, format, modalitete nominalnih atributa te najnižu i najvišu vrijednost numeričkih atributa.

### 3.4. Analiza varijabli u radu

Nema moždani udar – plavo, ima moždani udar – crveno

Slika 1 Prikaz svih atributa



Izvor: Izrada autora

Slika 1 prikazuje sve atribute korištene u analizi. Na slici se vidi da baza podataka sadrži 5.110 ispitanika, od kojih je 2115 muških i 2994 ženskih ispitanika, dok se jedna osoba izjasnila da nije niti muško niti žensko. Minimalan broj godina ispitanika je 0,08, maksimalan broj 82 godine, dok je prosječna dob 43,2 godine. Od ukupnog broja ispitanika, 4.612 nema visoki tlak, a 498 ispitanika ima visoki tlak; 4.834 ispitanika je reklo da nema srčanih bolesti, dok je njih 276 reklo da ima srčanih bolesti. U braku je ili je bilo 3.353 osobe, a njih 1.757 nikada nije bilo u braku. U privatnom sektoru radu 2.925 ispitanika, samozaposleno je njih 819, u državnoj službi radi 657 osoba, 687 je djece, a 22 osobe nisu nikada radile. U urbanoj sredini živi 2.596 osoba dok ih 2.514 živi u ruralnoj sredini. Najniža prosječna razina glukoze je 55,12, najviša je 271,74, a prosjek prosječne razine glukoze je 106,1. Indeks tjelesne mase se kreće između 0 i 97,6, a prosjek je 28,9. Od 5.110 ispitanika, 885 su bivši pušači, nikada nije pušilo 1.892

ispitanika, trenutno puši 789 ispitanika, dok za 1.544 ispitanika podatak nije poznat. Također, vidi se da od 5.110 osoba 4.861 nije imalo moždani udar, dok je 249 osoba imalo moždani udar.



## 4. REZULTATI I KORIŠTENE METODE

### 4.1. Analiza algoritma RandomTree

#### 4.1.1. maxDepth 3

Slika 2 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth 3

```
RandomTree
=====

avg_glucose_level < 162.04
|  age < 56.5
|  |  ever_married = Yes : 0 (1672/26)
|  |  ever_married = No : 0 (1571/5)
|  age >= 56.5
|  |  avg_glucose_level < 104.09 : 0 (949/92)
|  |  avg_glucose_level >= 104.09 : 0 (259/37)
avg_glucose_level >= 162.04
|  avg_glucose_level < 162.24 : 1 (2/0)
|  avg_glucose_level >= 162.24
|  |  heart_disease_binarized = 0 : 0 (554/61)
|  |  heart_disease_binarized = 1 : 0 (103/26)

Size of the tree : 13
Max depth of tree: 3

Time taken to build model: 0 seconds

=== Evaluation on training set ===

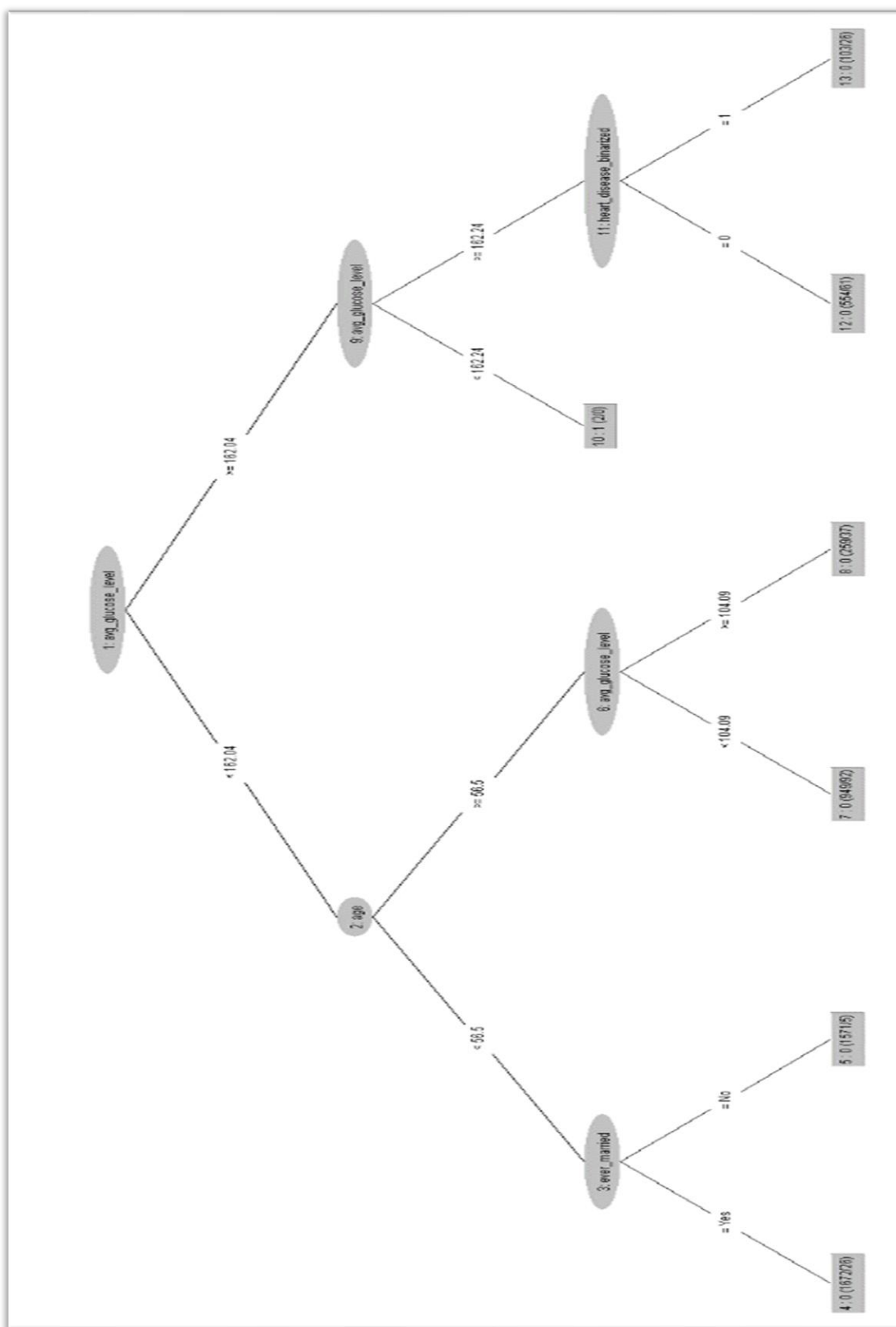
Time taken to test model on training data: 0 seconds
```

Izvor: Izrada autora

Na slici 2 prikazan je klasifikacijski model izrađen na temelju full training seta podataka. Stablo je prikazano u tekstualnom obliku, odnosno u obliku tablice. Model sadrži 13 listova, a dubina stabla je 3. Vrijeme koje je bilo potrebno da se model izradi je 0 sekundi.

Iz tablice možemo vidjeti da su atributi koji čine čvorove stabla: avg\_glucose\_level, age, ever\_married te heart\_disease\_binarized. Atribut avg\_glucose\_level je korijen stabla, temeljem kojeg se primjeri dalje dijele.

Slika 3 Stablo odlučivanja maxDepth 3



Izvor: Izrada autora

Na slici 3 vidi se jednostavniji i pregledniji prikaz stabla odlučivanja prema kriteriju maxDepth 3. Jasno su prikazane sve tri dubine stabla te se primjećuje da je veličina stabla 13. Listovi stabla su jednostavno čitljivi i protumačivi. Lako je uočljivo da je stablo prejednostavno jer u donošenju odluke koristi svega 4 atributa.

Slika 4 Statistički pokazatelji preciznosti stabla odlučivanja maxDepth 3

```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances      4863          95.1663 %
Incorrectly Classified Instances    247           4.8337 %
Kappa statistic                    0.0152
Mean absolute error                 0.0858
Root mean squared error             0.2071
Relative absolute error             92.3387 %
Root relative squared error         96.1755 %
Total Number of Instances          5110

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                1,000   0,992   0,952     1,000   0,975     0,087   0,803    0,984    0
                0,008   0,000   1,000     0,008   0,016     0,087   0,803    0,147    1
Weighted Avg.   0,952   0,944   0,954     0,952   0,928     0,087   0,803    0,943

=== Confusion Matrix ===

  a  b  <-- classified as
4861 0 |  a = 0
 247 2 |  b = 1

```

Izvor: Izrada autora

Slika 4 prikazuje određene statističke pokazatelje koji se odnose na vrednovanje preciznosti stabla odlučivanja. Najvažnija dva pokazatelja su postotak točno (engl. Correctly Classified Instances) i netočno (engl. Incorrectly Classified Instances) klasificiranih primjeraka. Ukupan broj primjeraka iznosi 5.110, odnosno 100%. Točno klasificiranih primjeraka je 4.861 (95,1663% ~ 95%), dok je netočno klasificiranih primjeraka 247 (4,8337% ~ 5%).

### Klasifikacijska matrica

Tablica 4 Klasifikacijska matrica maxDepth 3

TP (true positive)	aa = 4861
--------------------	-----------

TN (true negative)	bb = 2
FN (false negative)	ab = 0
FP (false positive)	ba = 247

Izvor: Izrada autora

Tablica 4 prikazuje klasifikacijsku matricu za stablo odlučivanja prema kriteriju maxDepth 3. Klasifikacijska matrica (engl. Confusion Matrix) pokazuje točne i netočne klasifikacije s obzirom na modalitete klasifikacijskog atributa (Class atributte).

U navedenom primjeru moguća su dva modaliteta hoće li osoba imati moždani udar ili neće.

Elementi na poziciji aa i bb su točne klasifikacije.

Element na poziciji aa (true positive) u modelu predstavlja 4.861 osobu koja je točno klasificirana da će imati moždani udar.

Element na poziciji bb (true negative) u modelu predstavlja 2 osobe koje su točno klasificirane da neće imati moždani udar.

Elementi na poziciji ab i ba su netočne klasifikacije.

Element na poziciji ab (false negative) predstavlja 0 osoba koje su netočno klasificirane da će imati moždani udar, a zapravo neće.

Element na poziciji ba (false positive) predstavlja 247 osoba koje su netočno klasificirane da neće imati moždani udar, a zapravo hoće.

#### 4.1.2. maxDepth 4

Slika 5 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth4

```
RandomTree
=====

avg_glucose_level < 162.04
|   age < 56.5
|   |   ever_married = Yes
|   |   |   avg_glucose_level < 104.53 : 0 (1274/24)
|   |   |   avg_glucose_level >= 104.53 : 0 (398/2)
|   |   |   ever_married = No
|   |   |   |   work_type = Private : 0 (725/1)
|   |   |   |   work_type = Self-employed : 0 (63/1)
|   |   |   |   work_type = Govt_job : 0 (90/1)
|   |   |   |   work_type = children : 0 (671/2)
|   |   |   |   work_type = Never_worked : 0 (22/0)
|   |   age >= 56.5
|   |   |   bmi < 24.45
|   |   |   |   age < 77.5 : 0 (133.67/11.19)
|   |   |   |   age >= 77.5 : 0 (80.12/22.24)
|   |   |   |   bmi >= 24.45
|   |   |   |   |   ever_married = Yes : 0 (915.27/82.28)
|   |   |   |   |   ever_married = No : 0 (78.94/13.29)
|   avg_glucose_level >= 162.04
|   |   heart_disease_binarized = 0
|   |   |   age < 44.5 : 0 (109/0)
|   |   |   |   age >= 44.5
|   |   |   |   |   bmi < 49.05 : 0 (421.86/61.49)
|   |   |   |   |   bmi >= 49.05 : 0 (25.14/1.51)
|   |   |   heart_disease_binarized = 1
|   |   |   |   smoking_status = formerly smoked
|   |   |   |   |   avg_glucose_level < 247.02 : 0 (32/5)
|   |   |   |   |   avg_glucose_level >= 247.02 : 1 (2/0)
|   |   |   |   |   smoking_status = never smoked
|   |   |   |   |   |   bmi < 25.75 : 0 (8/0)
|   |   |   |   |   |   bmi >= 25.75 : 0 (24/6)
|   |   |   |   |   smoking_status = smokes
|   |   |   |   |   |   hypertension_binarized = 0 : 0 (14/4)
|   |   |   |   |   |   hypertension_binarized = 1 : 1 (5/1)
|   |   |   |   |   smoking_status = Unknown
|   |   |   |   |   |   work_type = Private : 0 (12/4)
|   |   |   |   |   |   work_type = Self-employed : 0 (4/0)
|   |   |   |   |   |   work_type = Govt_job : 0 (2/1)
|   |   |   |   |   |   work_type = children : 0 (0/0)
|   |   |   |   |   |   work_type = Never_worked : 0 (0/0)

Size of the tree : 41
Max depth of tree: 4

Time taken to build model: 0.01 seconds

=== Evaluation on training set ===

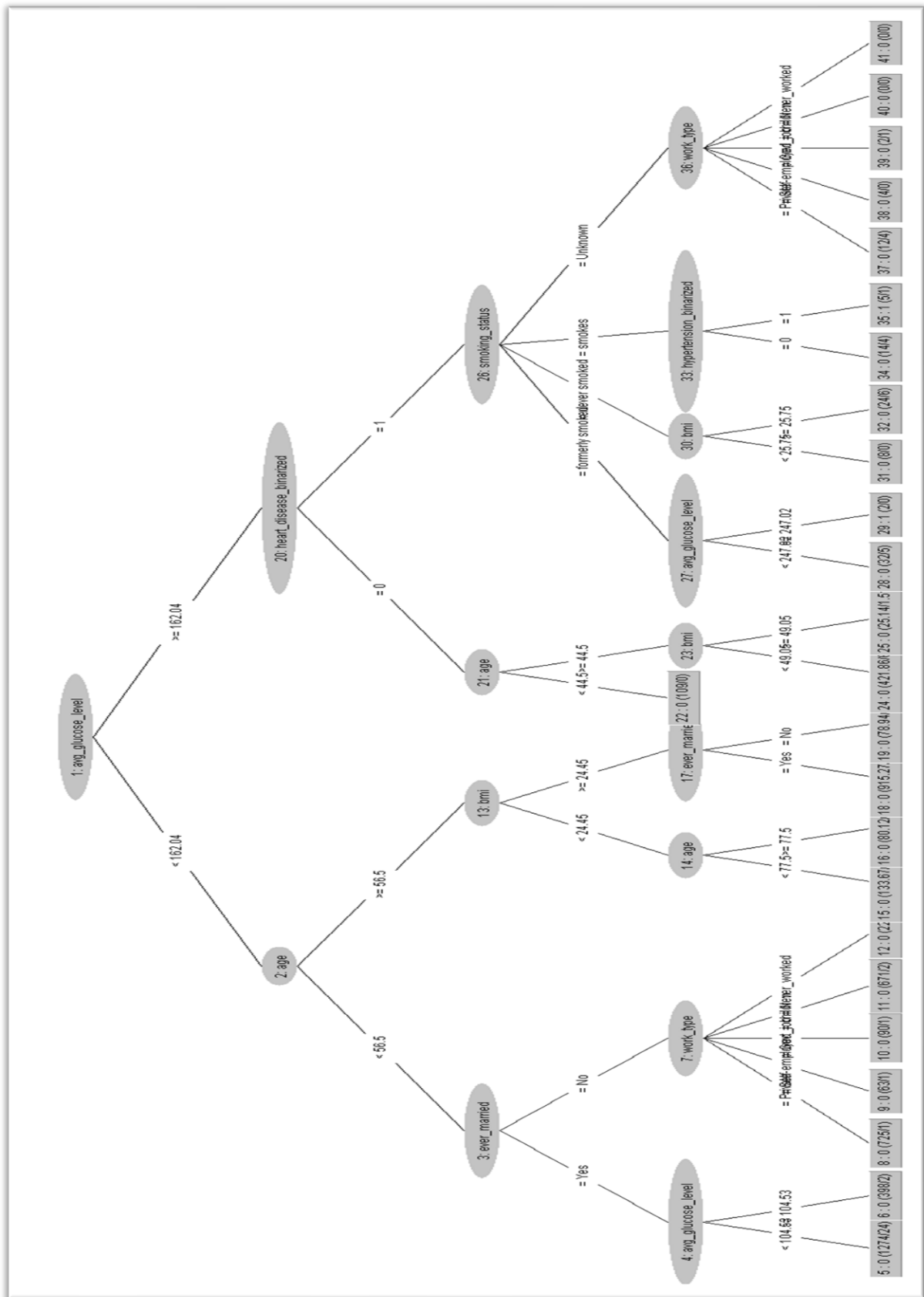
Time taken to test model on training data: 0.01 seconds
```

Izvor: Izrada autora

Na slici 5 je prikazan klasifikacijski model izrađen na temelju full training seta podataka. Stablo je prikazano u tekstualnom obliku i u obliku tablice. Model sadrži 41 list, a dubina stabla je 4. Vrijeme koje je bilo potrebno da se model izradi je 0.01 sekunda.

Iz tablice možemo vidjeti da su atributi koji čine čvorove stabla: avg\_glucose\_level, age, ever\_married, work\_type, bmi, heart\_disease\_binarized, smoking\_status te hypertension\_binarized. Atribut avg\_glucose\_level je korijen stabla, temeljem kojeg se primjeri dalje dijele.

Slika 6 Stablo odlučivanja maxDepth 4



Izvor: Izrada autora

Slika 6 prikazuje stablo odlučivanja prema kriteriju maxDepth 4. Jasno su vidljive sve 4 dubine stabla. Stablo je idealne veličine jer nije premalo ni preveliko. I ovo se stablo lako može iščitati. Prikladnije je od stabla maxDepth 3 jer se u donošenju odluke rabi više atributa.

Slika 7 Statistički pokazatelji preciznosti stabla odlučivanja maxDepth 4

```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances      4866           95.225 %
Incorrectly Classified Instances    244            4.775 %
Kappa statistic                    0.0443
Mean absolute error                0.0831
Root mean squared error            0.2037
Relative absolute error            89.4527 %
Root relative squared error        94.6327 %
Total Number of Instances          5110

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                1,000   0,976   0,952     1,000   0,976     0,139   0,832    0,987    0
                0,024   0,000   0,857     0,024   0,047     0,139   0,832    0,197    1
Weighted Avg.   0,952   0,928   0,948     0,952   0,930     0,139   0,832    0,949

=== Confusion Matrix ===

  a  b  <-- classified as
4860  1 |  a = 0
 243   6 |  b = 1

```

Izvor: Izrada autora

Slika 7 prikazuje određene statističke pokazatelje koji se odnose na vrednovanje preciznosti stabla odlučivanja. Najvažnija dva pokazatelja su postotak točno (engl. Correctly Classified Instances) i netočno (engl. Incorrectly Classified Instances) klasificiranih primjeraka. Ukupan broj primjeraka iznosi 5.110, odnosno 100%. Točno klasificiranih primjeraka je 4.866 (95,225% ~ 95%), dok je netočno klasificiranih primjeraka 244 (4,775% ~ 5%).

### Klasifikacijska matrica

Tablica 5 Klasifikacijska matrica maxDepth 4

TP (true positive)	aa = 4860
TN (true negative)	bb = 6



FN (false negative)	ab = 1
FP (false positive)	ba = 243

Izvor: Izrada autora

Tablica 5 prikazuje klasifikacijsku matricu stabla odlučivanja prema kriteriju maxDepth 4. Prikazuje točne i netočne klasifikacije s obzirom na modalitete klasifikacijskog atributa. U navedenom primjeru moguća su dva modaliteta hoće li osoba imati moždani udar ili neće.

Elementi na poziciji aa i bb su točne klasifikacije.

Element na poziciji aa (true positive) u modelu predstavlja 4.860 osoba koje su točno klasificirane da će imati moždani udar.

Element na poziciji bb (true negative) u modelu predstavlja 6 osoba koje su točno klasificirane da neće imati moždani udar.

Elementi na poziciji ab i ba su netočne klasifikacije.

Element na poziciji ab (false negative) predstavlja 1 osobu koja je netočno klasificirana da će imati moždani udar, a zapravo neće.

Element na poziciji ba (false positive) predstavlja 243 osobe koje su netočno klasificirane da neće imati moždani udar, a zapravo hoće.

### 4.1.3. maxDepth 5

Slika 8 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth 5 1.dio

```
RandomTree
=====

avg_glucose_level < 162.04
|  age < 56.5
|  |  ever_married = Yes
|  |  |  avg_glucose_level < 104.53
|  |  |  |  avg_glucose_level < 104.5 : 0 (1273/23)
|  |  |  |  avg_glucose_level >= 104.5 : 1 (1/0)
|  |  |  |  avg_glucose_level >= 104.53
|  |  |  |  bmi < 42.3 : 0 (367.38/0)
|  |  |  |  bmi >= 42.3 : 0 (30.62/2)
|  |  |  ever_married = No
|  |  |  |  age < 37.5
|  |  |  |  |  gender = Male : 0 (639/0)
|  |  |  |  |  gender = Female : 0 (794/2)
|  |  |  |  |  gender = Other : 0 (1/0)
|  |  |  |  |  age >= 37.5
|  |  |  |  |  |  work_type = Private : 0 (89/1)
|  |  |  |  |  |  work_type = Self-employed : 0 (22/1)
|  |  |  |  |  |  work_type = Govt_job : 0 (26/1)
|  |  |  |  |  |  work_type = children : 0 (0/0)
|  |  |  |  |  |  work_type = Never_worked : 0 (0/0)
|  |  age >= 56.5
|  |  |  age < 73.5
|  |  |  |  bmi < 21.1
|  |  |  |  |  gender = Male : 0 (3.7/0.23)
|  |  |  |  |  gender = Female : 0 (27.63/0.12)
|  |  |  |  |  gender = Other : 0 (0/0)
|  |  |  |  |  bmi >= 21.1
|  |  |  |  |  |  avg_glucose_level < 59.33 : 0 (30.96/0)
|  |  |  |  |  |  avg_glucose_level >= 59.33 : 0 (739.71/53.65)
|  |  |  |  age >= 73.5
|  |  |  |  |  bmi < 24.25
|  |  |  |  |  |  age < 81.5 : 0 (91.63/26.93)
|  |  |  |  |  |  age >= 81.5 : 0 (8/-0)
|  |  |  |  |  |  bmi >= 24.25
|  |  |  |  |  |  |  smoking_status = formerly smoked : 0 (63.04/12.28)
|  |  |  |  |  |  |  smoking_status = never smoked : 0 (135.28/25.26)
|  |  |  |  |  |  |  smoking_status = smokes : 0 (32.51/3)
|  |  |  |  |  |  |  smoking_status = Unknown : 0 (75.55/7.53)
avg_glucose_level >= 162.04
|  heart_disease_binarized = 0
```

Izvor: Izrada autora

Slika 9 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth 5 2.dio

```
avg_glucose_level >= 162.04
| heart_disease_binarized = 0
| | ever_married = Yes
| | | age < 67.5
| | | | smoking_status = formerly smoked : 0 (69/7)
| | | | smoking_status = never smoked : 0 (137/10)
| | | | smoking_status = smokes : 0 (65/5)
| | | | smoking_status = Unknown : 0 (48/2)
| | | | age >= 67.5
| | | | bmi < 22 : 0 (4.32/0.11)
| | | | bmi >= 22 : 0 (158.68/36.89)
| | | ever_married = No
| | | | hypertension_binarized = 0 : 0 (66/0)
| | | | hypertension_binarized = 1
| | | | | work_type = Private : 0 (4/2)
| | | | | work_type = Self-employed : 0 (3/0)
| | | | | work_type = Govt_job : 0 (1/0)
| | | | | work_type = children : 0 (0/0)
| | | | | work_type = Never_worked : 0 (0/0)
| heart_disease_binarized = 1
| | age < 54.5 : 0 (8/0)
| | age >= 54.5
| | | avg_glucose_level < 208.18
| | | | avg_glucose_level < 205.74 : 0 (33/6)
| | | | avg_glucose_level >= 205.74 : 0 (7/0)
| | | | avg_glucose_level >= 208.18
| | | | | bmi < 27.55 : 0 (16.74/1.91)
| | | | | bmi >= 27.55 : 0 (38.26/18.09)

Size of the tree : 67
Max depth of tree: 5

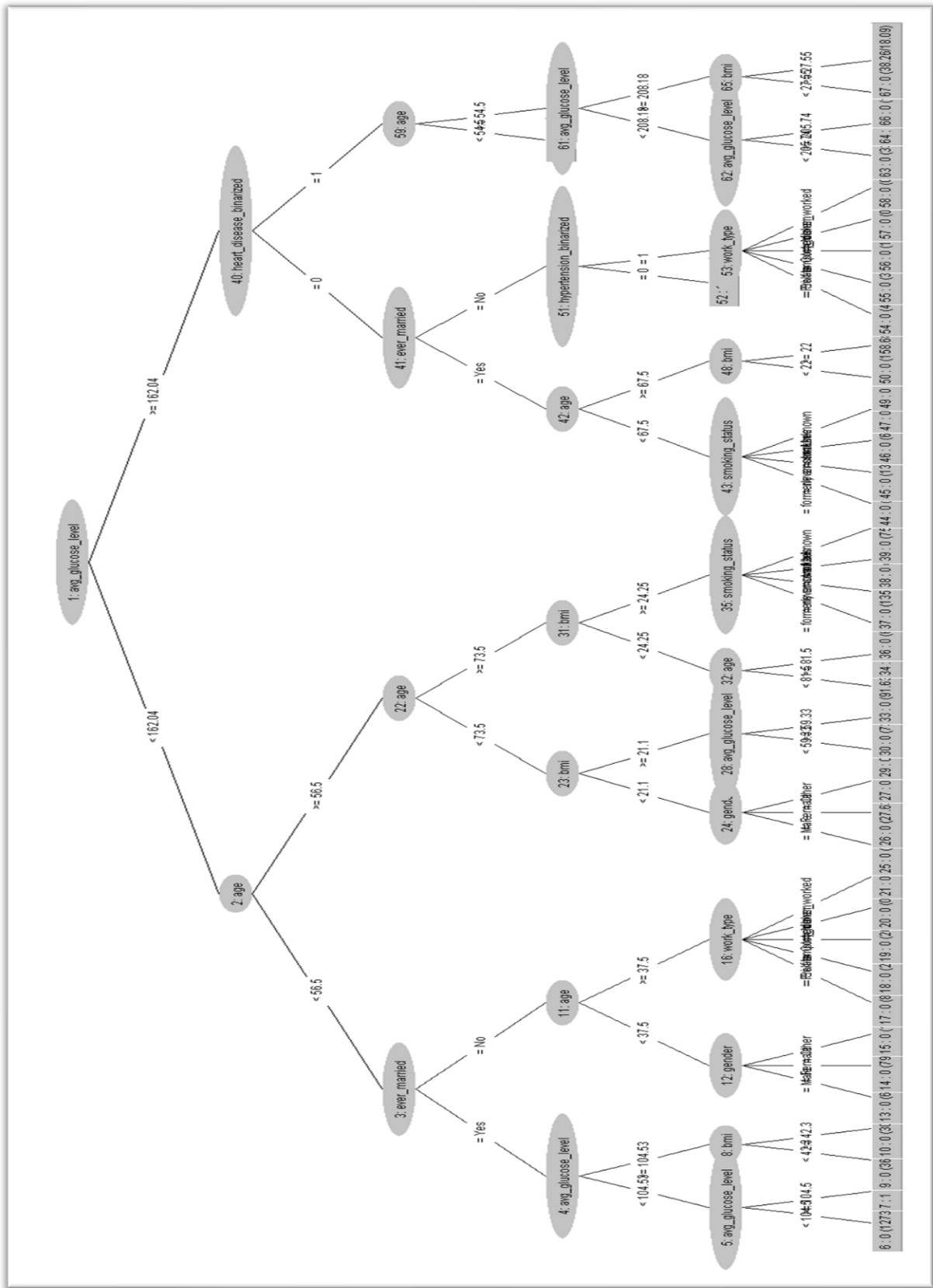
Time taken to build model: 0 seconds
```

Izvor: Izrada autora

Na prethodne dvije slike (Slika 8 i Slika 9) prikazan je klasifikacijski model izrađen na temelju podataka full training seta. Stablo je prikazano u tekstualnom obliku, odnosno u obliku tablice. Model sadrži 67 lista, a dubina stabla je 5. Vrijeme koje je bilo potrebno da se model izradi je 0 sekundi.

Iz tablice možemo vidjeti da su atributi koji čine čvorove stabla: avg\_glucose\_level, work\_type, age, id, smoking\_status, ever\_married, hypertension\_binarized, bmi, heart\_disease\_binarized te gender. Atribut avg\_glucose\_level je korijen stabla temeljem kojeg se primjeri dalje dijele.

Slika 10 Stablo odlučivanja maxDepth 5



Izvor: Izrada autora

Slika 10 prikazuje stablo odlučivanja prema kriteriju maxDepth 5. Dubine stabla su jasno uočljive te je stablo pregledno do četvrte razine. Zbog svoje veličine stablo nakon četvrte razine postaje nepregledno te se čvorovi odluke ne mogu pročitati.

Slika 11 Statistički pokazatelji preciznosti stabla odlučivanja maxDepth 5

```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances      4862      95.1468 %
Incorrectly Classified Instances    248       4.8532 %
Kappa statistic                    0.0076
Mean absolute error                 0.0806
Root mean squared error             0.2006
Relative absolute error             86.8398 %
Root relative squared error         93.1824 %
Total Number of Instances          5110

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                1,000    0,996    0,951     1,000    0,975     0,062    0,859    0,990    0
                0,004    0,000    1,000     0,004    0,008     0,062    0,859    0,238    1
Weighted Avg.   0,951    0,947    0,954     0,951    0,928     0,062    0,859    0,953

=== Confusion Matrix ===

  a    b  <-- classified as
4861  0 |  a = 0
 248  1 |  b = 1

```

Izvor: Izrada autora

Slika 11 prikazuje određene statističke pokazatelje koji se odnose na vrednovanje preciznosti stabla odlučivanja. Najvažnija dva pokazatelja su postotak točno (engl. Correctly Classified Instances) i netočno (engl. Incorrectly Classified Instances) klasificiranih primjeraka. Ukupan broj primjeraka iznosi 5.110 (100%). Točno klasificiranih primjeraka je 4.862 (95,1468% ~ 95%) dok je netočno klasificiranih primjeraka 248 (4,8532% ~ 5%).

### Klasifikacijska matrica

Tablica 6 Klasifikacijska matrica maxDepth 5

TP (true positive)	aa = 4861
TN (true negative)	bb = 1

FN (false negative)	ab = 0
FP (false positive)	ba = 248

Izvor: Izrada autora

Tablica 6 prikazuje klasifikacijsku tablicu prema kriteriju maxDepth 5. Klasifikacijska matrica prikazuje točne i netočne klasifikacije s obzirom na modalitete klasifikacijskog atributa.

U navedenom primjeru moguća su dva modaliteta hoće li osoba imati moždani udar ili neće.

Elementi na poziciji aa i bb su točne klasifikacije.

Element na poziciji aa (true positive) u modelu predstavlja 4.861 osobu koja je točno klasificirana da će imati moždani udar.

Element na poziciji bb (true negative) u modelu predstavlja 1 osobu koja je točno klasificirana da neće imati moždani udar.

Elementi na poziciji ab i ba su netočne klasifikacije.

Element na poziciji ab (false negative) predstavlja 0 osoba koje su netočno klasificirane da će imati moždani udar, a zapravo neće.

Element na poziciji ba (false positive) predstavlja 248 osoba koje su netočno klasificirane da neće imati moždani udar, a zapravo hoće.

## 4.2. Analiza i zapažanja algoritma RandomTree

### 4.2.1. Zapažanja o stablu odlučivanja

- Stablo odlučivanja maxDepth3 ima attribute: : avg\_glucose\_level, age, ever\_married te heart\_disease\_binarized. Nema attribute gender, hypertension\_binarized, work\_type, residence\_type, bmi te smoking\_status pa stoga smatramo da nisu važni za odluku.
- Stablo odlučivanja maxDepth4 ima attribute: : avg\_glucose\_level, age, ever\_married, work\_type, bmi, heart\_disease\_binarized, smoking\_status te hypertension\_binarized. Nema attribute gender i residence\_type pa smatramo da nisu važni za odluku.
- Stablo odlučivanja maxDepth5 ima attribute: avg\_glucose\_level, age, ever\_married, bmi, gender, work\_type, smoking\_status, heart\_disease\_binarized te hypertension\_binarized. Nema atribut residence\_type pa ga ne smatramo važnim za donošenje odluke.

Prilikom analize uzeti su sljedeći kriteriji kako bi se odabralo najprikladnije stablo odlučivanja:

- Correctly Classified Instances (prognostička vrijednost)
- maxDepth of tree (maksimalna dubina stabla)
- Size of the tree (veličina stabla)

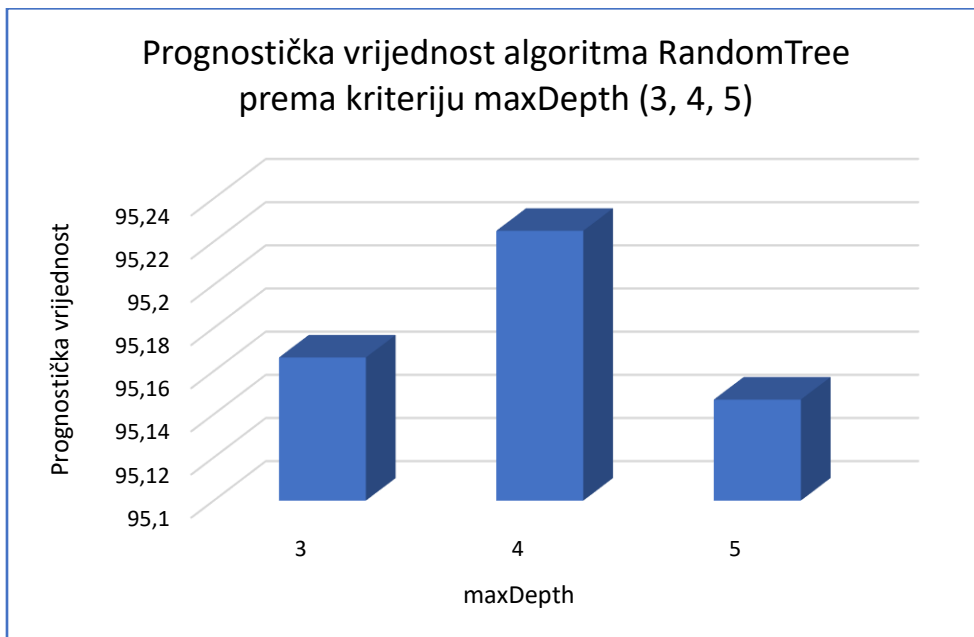
*Tablica 7 Analiza stabla odlučivanja prema kriterijima*

<b>maxDepth</b> The maximum depth of the tree <b>(maksimalna dubina stabla)</b>	Correctly Classified Instances <b>(prognostička vrijednost)</b>	Size of the tree <b>(veličina stabla)</b>
3	95,1663% ~ 95%)	13
4	95,225% ~ 95%	41
5	95,1468% ~ 95%)	67

Izvor: Izrada autora

Tablica 7 zbrojno prikazuje stabla odlučivanja prema kriteriju maksimalne dubine, prognostičke vrijednosti te veličine stabla odlučivanja.

Grafikon 1 Prognostičke vrijednosti

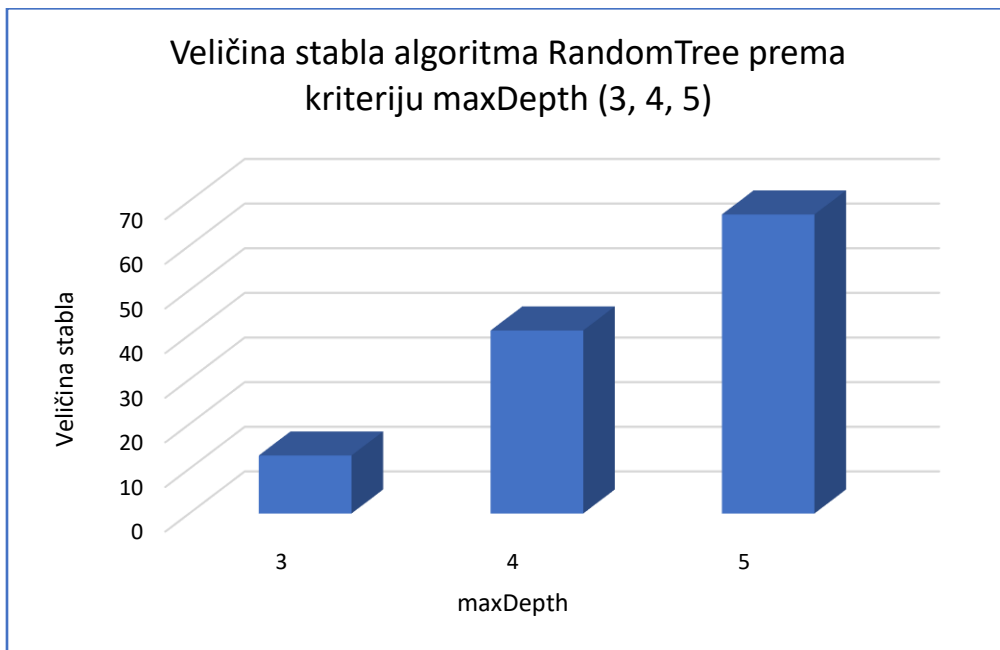


Izvor: Izrada autora

Grafikon 1 prikazuje prognostičke vrijednosti algoritma RandomTree prema kriteriju maxDepth (3, 4, 5). Iako su sve prognostičke vrijednosti izvrsne, primjećuje se da stablo odlučivanja prema kriteriju maxDepth 4 ima najbolju prognostičku vrijednost, dok najmanju ima stablo prema kriteriju maxDepth 5.



Grafikon 2 Veličine stabla



Izvor: Izrada autora

Grafikon 2 prikazuje veličine stabla algoritma RandomTree prema kriteriju maxDepth (3, 4, 5). Primjećuje se da je stablo prema kriteriju maxDepth 5 najveće, a najmanje je prema kriteriju maxDepth 3.

#### 4.2.2. Odabir najprikladnijeg stabla odlučivanja (prema kriteriju maxDepth 3, 4, 5)

##### maxDepth 3

- Ima izvrsnu prognostičku vrijednost 95%
- Veličina stabla je 13, a maksimalna dubina je 3
- Temeljem 4 atributa teško je donijeti dobro predviđanje, logičnu interpretaciju te zaključke
- Nije prikladno stablo odlučivanja jer većina atributa nije uključena u stablo na temelju kojega se donosi odluka

##### maxDepth 4

- Ima izvrsnu prognostičku vrijednost 95%
- Veličina stabla je 41, a maksimalna dubina je 4
- Stablo je jednostavno i pregledno za analizu
- Bolje je za predviđanje te lakše razumijevanje i donošenje zaključaka jer je korišteno više atributa za donošenje odluke

##### maxDepth 5

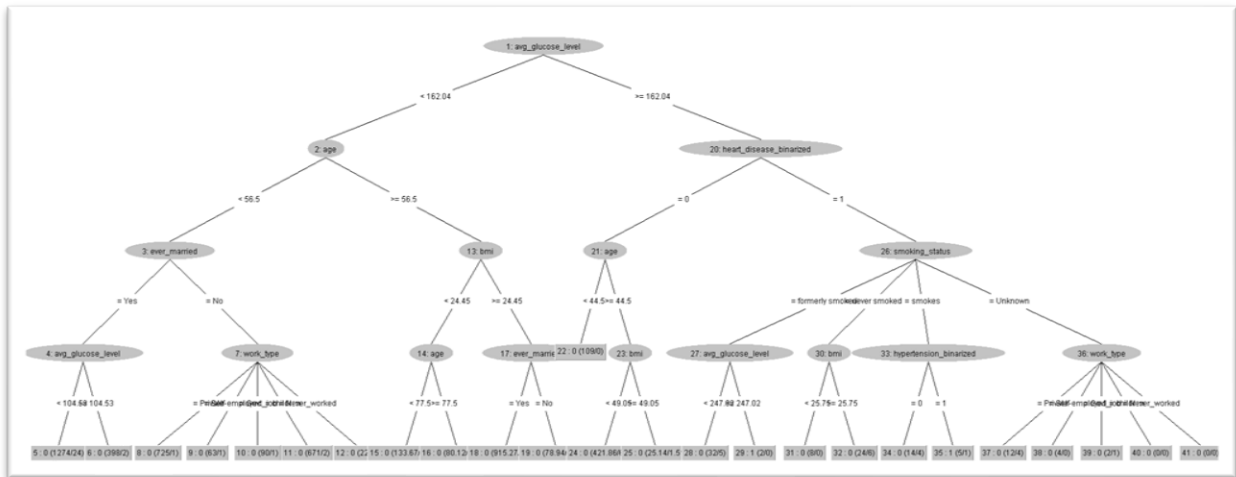
- Ima izvrsnu prognostičku vrijednost 95%
- Veličina stabla je 67, a maksimalna dubina je 5
- Zbog veličine stabla i prevelikog broja dubina teško će se provesti analiza te dati dobro predviđanje
- Prikladnije je u odnosu na maxDepth3 jer je u donošenje odluke uključeno više atributa

## 5. DISKUSIJA

### 5.1. Objašnjenje najprikladnijeg stabla odlučivanja

#### 5.1.1. Algoritam RandomTree maxDepth 4

Slika 12 Najprikladnije stablo odlučivanja



Izvor: Izrada autora

Listovi stabla su sljedeći:

- 1) Nema moždani udar (1274/24) – ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je manji od 56,5, ever\_married je Yes, avg\_glucose\_level manji od 104,53; od ukupno 1.274 klasificiranih da nemaju moždani, 24 je pogrešno klasificirano
- 2) Nema moždani udar (398/2) – ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je manji od 56,5, ever\_married je Yes, avg\_glucose\_level je veći od 104,53; od ukupno 398 klasificiranih da nemaju moždani, 2 je pogrešno klasificirano
- 3) Nema moždani udar (725/1) - ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je manji od 56,5, ever\_married je No, work\_type je Private; od ukupno 725 klasificiranih da nemaju moždani udar, 1 osoba je pogrešno klasificirana.
- 4) Nema moždani udar (63/1) - ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je manji od 56,5, ever\_married je No, work\_type je Self-employed; od ukupno 63 klasificiranih da nemaju moždani udar, 1 osoba je pogrešno klasificirana.

- 5) Nema moždani udar (90/1) - ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je manji od 56,5, ever\_married je No, work\_type je Govt\_job; od ukupno 90 klasificiranih da nemaju moždani udar, 1 osoba je pogrešno klasificirana.
- 6) Nema moždani udar (671/2) - ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je manji od 56,5, ever\_married je No, work\_type je children; od ukupno 671 klasificiranih da nemaju moždani udar, 2 osobe su pogrešno klasificirane.
- 7) Nema moždani udar (22/0) - ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je manji od 56,5, ever\_married je No, work\_type je Never\_worked; od ukupno 22 klasificiranih da nemaju moždani udar, 0 osoba je pogrešno klasificirano.
- 8) Nema moždani udar (133,67/11,19) – ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je veći ili jednako 56,5, bmi je manji od 24,45, age je manji od 77,5; od ukupno 133,67 klasificiranih da nemaju moždani udar, 11,19 osoba je pogrešno klasificirano.
- 9) Nema moždani udar (80,12/22,24) – ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je veći ili jednako 56,5, bmi je manji od 24,45, age je veći ili jednako 77,5; od ukupno 80,12 klasificiranih da nemaju moždani udar, 22,24 osobe su pogrešno klasificirane.
- 10) Nema moždani udar (915,27/82,28) – ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je veći ili jednako 56,5, bmi je veći ili jednako 24,45, ever\_married je Yes; od ukupno 915,27 klasificiranih da nemaju moždani udar, 82,28 osoba je pogrešno klasificirano.
- 11) Nema moždani udar (78,94/13,29) – ako je avg\_glucose\_level manji od 162,04, age je veći ili jednako 56,5, bmi je veći ili jednako 24,45, ever\_married je No; od ukupno 78,94 klasificiranih da nemaju moždani udar, 13,29 osoba je pogrešno klasificirano.
- 12) Nema moždani udar (109/0) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 0 (nema srčanih bolesti), age je manji od 44,5; od ukupno 109 klasificiranih da nemaju moždani udar, 0 osoba je pogrešno klasificirano.
- 13) Nema moždani udar (421,86/61,49) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 0 (nema srčanih bolesti), age je veći ili jednako 44,5, bmi je manji od 49,05; od ukupno 421,86 klasificiranih da nemaju moždani udar, 61,49 osoba je pogrešno klasificirano.
- 14) Nema moždani udar (25,14/1,51) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 0 (nema srčanih bolesti), age je veći ili jednako 44,5, bmi je veći ili jednako 49,05; od ukupno 25,14 klasificiranih da nemaju moždani udar, 1,51 osoba je pogrešno klasificirana.
- 15) Nema moždani udar (32/5) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je formerly smoked,

avg\_glucose\_level je manji od 247,02; od ukupno 32 klasificiranih da nemaju moždani udar, 5 osoba je pogrešno klasificirano.

- 16) Ima moždani udar (2/0) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je formerly smoked, avg\_glucose\_level je veći ili jednako 247,02; od ukupno 2 klasificiranih da imaju moždani udar, 0 osoba je pogrešno klasificirano.
- 17) Nema moždani udar (8/0) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je never smoked, bmi je manji od 25,75; od ukupno 8 klasificiranih da nemaju moždani udar 0 osoba je pogrešno klasificirano.
- 18) Nema moždani udar (24/6) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je never smoked, bmi je veći ili jednako 25,75; od ukupno 24 klasificiranih da nemaju moždani udar, 6 osoba je pogrešno klasificirano.
- 19) Nema moždani udar (14/4) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je smokes, hypertension\_binarized je 0 (nema visokog tlaka); od ukupno 14 klasificiranih da nemaju moždani udar, 4 osobe su pogrešno klasificirane.
- 20) Ima moždani udar (5/1) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je smokes, hypertension\_binarized je 1 (ima visokog tlaka); od ukupno 5 klasificiranih da imaju moždani udar, 1 osoba je pogrešno klasificirana.
- 21) Nema moždani udar (12/4) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je Unknown, work\_type je Private; od ukupno 12 klasificiranih da nemaju moždani udar, 4 osobe su pogrešno klasificirane.
- 22) Nema moždani udar (4/0) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je Unknown, work\_type je Self\_employed; od ukupno 4 klasificiranih da nemaju moždani udar, 0 osoba je pogrešno klasificirano.
- 23) Nema moždani udar (2/1) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je Unknown, work\_type je Govt\_job; od ukupno 2 klasificiranih da nemaju moždani udar 1 osoba je pogrešno klasificirana.

24) Nema moždani udar (0/0) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je Unknown, work\_type je children; od ukupno 0 klasificiranih da nemaju moždani udar, 0 osoba je pogrešno klasificirano.

25) Nema moždani udar (0/0) – ako je avg\_glucose\_level veći ili jednako 162,04, heart\_disease\_binarized je 1 (ima srčanih bolesti), smoking\_status je Unknown, work\_type je Never\_worked; od ukupno 0 klasificiranih da nemaju moždani udar, 0 osoba je pogrešno klasificirano.

## 5.2. Analiza najprikladnijeg stabla odlučivanja

S obzirom na to da stablo odlučivanja maxDepth 4 ima izvrsnu prognostičku vrijednost, veličina stabla je 41, a maksimalna dubina 4, smatra se da je stablo jednostavno i pregledno za analizu, bolje za predviđanje te lakše za razumijevanje i donošenje zaključaka jer je korišteno dovoljno atributa za donošenje odluke.

Unutar stabla odlučivanja postoji logička povezanost atributa kako bi se dobio konačan rezultat testiranja ima li osoba moždani udar ili nema.

Atributi koji najviše utječu na donošenje dobrog predviđanja rezultata testiranja na moždani udar su: (pojavljuju se najviše puta u stablu odlučivanja)

- avg\_glucose\_level – prosječna razina glukoze u krvi
- age – godine života
- bmi – indeks tjelesne mase

Atributi koji manje utječu na donošenje dobrog predviđanja rezultata testiranja na moždani udar su: (pojavljuju se manje puta u stablu odlučivanja)

- ever\_married – bračni status
- work\_type – vrsta zaposlenja
- heart\_disease\_binarized – srčane bolesti
- smoking\_status – pušački status
- hypertension\_binarized – visoki krvni tlak

## 6. ZAKLJUČAK

Moždani udar velik je zdravstveni i socijalno-ekonomski problem u svijetu. Drugi je uzrok smrtnosti i prvi uzrok invalidnosti svjetske populacije. Moždani udar ne zahvaća samo osobe starije dobne skupine već i mlađe generacije. Prevencija je i dalje najbolji pristup, a cilj prevencije je smanjiti rizik moždanog udara djelovanjem na činitelje rizika. Činitelji rizika su povišen krvni tlak, povišena razina glukoze, srčane bolesti, pušenje, visok indeks tjelesne mase zbog nezdrave prehrane i nedovoljna fizička aktivnost.

Prilikom izrade rada korištena je baza podataka o moždanom udaru dostupna na: <https://www.kaggle.com/fedesoriano/stroke-prediction-dataset/version/1>. Baza podataka sadrži 5.110 primjera i 12 atributa, od kojih je jedan ciljni atribut i jedan koji je dodijeljen kao jedinstveni identifikacijski broj, zbog čega se smatra nevažnim za donošenje odluke te nije uzet u analizu. Korištena je metoda stabla odlučivanja. U radu je prikazano kako s pomoću umjetne inteligencije riješiti prediktivni problem uz nadzor strojnog učenja. Odabrani algoritam je RandomTree, a najprikladnije stablo odlučivanja je maxDepth4 zbog optimalne maksimalne dubine i veličine stabla, kako bi se mogla provesti kvalitetna i logična analiza te dobiti dobro predviđanje.

Važno je napomenuti kako je potrebno uložiti određena financijska sredstva u, primjerice, otvaranje posebnih jedinica za liječenje moždanog udara, edukaciju cjelokupnog stanovništva ili preventivna mjerenja krvnog tlaka, koja bi dugoročno gledano bila isplativa jer bi se na vrijeme reagiralo te bi se veliki broj moždanih udara mogao posve izbjeći ili bi se makar izbjegle teže posljedice. Također, važno je naglašavati da je moždani udar hitno stanje, koje zahtjeva hitan zdravstveni tretman, po mogućnosti u jedinicama za liječenje moždanog udara. Mjere prevencije su edukacija, zdrava i uravnotežena prehrana, prestanak pušenja, mijenjanje loših životnih navika te brza reakcija ako se moždani udar dogodi. Sve te mjere donose pozitivne ishode za pojedinca, obitelj i društvo jer se smanjuje smrtnost i invalidnost, a time se smanjuju troškovi nastali moždanim udarom i povećava se kvaliteta života pojedinca, obitelji i cijelog društva.

## LITERATURA

1. Asha Kiranmai, S. & Jaya Laxmi, A. (2018), 'Data mining for classification of power quality problems using WEKA and the effect of attributes on classification accuracy', *Protection and Control of Modern Power Systems*, 3, 29. Dostupno na: <https://doi.org/10.1186/s41601-018-0103-3> [27.6.2021.]
2. Benesch, C. & Holloway, R.G. (2012) 'Economic Impact of Stroke and Implications for Interventions', *Mol Diag Ther*, 9, 29-39 (1998). Dostupno na: <https://doi.org/10.2165/00023210-199809001-00004> [28.6.2021.]
3. Centers for Disease Control and Prevention (2021), *Stroke Facts*. Dostupno na: <https://www.cdc.gov/stroke/facts.htm> [28.6.2021.]
4. Demarin, V. (2004) 'Moždani udar - Rastući medicinski i socijalno ekonomski problem', *Acta Clin Croat*, 43, 9-13. Dostupno na: [Moždani udar - rastući medicinski i socijalno ekonomski problem \(srce.hr\)](http://Moždani%20udar%20-%20rastući%20medicinski%20i%20socijalno%20ekonomski%20problem%20(srce.hr)) [25.6.2021.]
5. Di Carlo, A. (2009) 'Human and economic burden of stroke', *Age and Aging*, 38(1), 4-5. Dostupno na: <https://doi.org/10.1093/ageing/afn282> [24.6.2021.]
6. Hrvatsko društvo za prevenciju moždanog udara (b.d.), *O moždanom udaru*. Dostupno na: <https://www.mozdaniudar.hr/o-mozdanom-udaru/o-mozdanom-udaru-74/74> [24.6.2021.]
7. Lindsay, P., Norrving, B., Sacco, R.L., Brainin, M., Hacke, W., Martins, S., Pandian, J. & Feigin, V. (b.d.) 'World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2019'. Dostupno na: [https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO\\_Fact-sheet\\_15.01.2020.pdf](https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO_Fact-sheet_15.01.2020.pdf) [25.6.2021.]
8. Luengo Fernandez, R., Violato, M., Candio, P. & Leal, J. (2019) 'Economic burden of stroke across Europe: A population-based cost analysis', *European Stroke Journal*, 5, pg 17-25. Dostupno na: <https://doi.org/10.1177/2396987319883160> [23.6.2021.]
9. Luengo Fernandez, R., Violato, M., Candio, P. & Leal, J. (b.d.) 'AT WHAT COST - The Economic Impact of Stroke in Europe'. Dostupno na: [03.- At What Cost EIOS Full Report.pdf \(safestroke.eu\)](http://03.-At%20What%20Cost%20EIOS%20Full%20Report.pdf%20(safestroke.eu)) [23.6.2021.]
10. MSD - Medicinski priručnik za pacijente (b.d.), *Moždani udar*. Dostupno na: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-za-pacijente/bolesti-mozga-i-zivcanog-sustava/mozdani-udar-i-srodni-poremecaji/mozdani-udar> [24.6.2021.]



11. Patel, A., Berdunov, V., King, D., Quayyum, Z., Wittenberg, R. & Knapp, M. (2020), 'Current, future and avoidable costs of stroke in the UK'. Dostupno na: [https://www.stroke.org.uk/sites/default/files/economic\\_impact\\_of\\_stroke\\_report\\_final\\_feb\\_2020\\_0.pdf](https://www.stroke.org.uk/sites/default/files/economic_impact_of_stroke_report_final_feb_2020_0.pdf) [24.6.2021.]
12. SAFE (b.d.), 'AT WHAT COST - The Economic Impact of Stroke in Europe Research - factsheet'. Dostupno na: [01.-At\\_What\\_Cost\\_EIOS\\_Factsheet.pdf \(safestroke.eu\)](01.-At_What_Cost_EIOS_Factsheet.pdf_(safestroke.eu)) [23.6.2021.]
13. Lanas, F., Seron, P. (2021), 'Facing the stroke burden worldwide'. *The Lancet Global Health* 9(3), pg 235-236. Dostupno na: [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(20\)30520-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(20)30520-9/fulltext) [28.6.2021.]
14. Lucidchart, 'What is a Decision Tree Diagram'. Dostupno na: [https://www.lucidchart.com/pages/decision-tree/#section\\_0](https://www.lucidchart.com/pages/decision-tree/#section_0) [24.9.2021.]
15. Rahman, T., Harada, K. (2012) "An efficient visual classification based approach to Decision Tree construction," *2012 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, pp. 1237-1241. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6174886> [24.6.2021.]
16. 'The Social and Economic Costs of Stroke in New Zealand 2020'. Dostupno na: [https://www.stroke.org.nz/sites/default/files/inline-files/SFNZ%20and%20NZIER\\_The%20social%20and%20economic%20cost%20of%20stroke%20in%20NZ.pdf](https://www.stroke.org.nz/sites/default/files/inline-files/SFNZ%20and%20NZIER_The%20social%20and%20economic%20cost%20of%20stroke%20in%20NZ.pdf) [27.6.2021.]
17. Wolfe, C.D. (2000) 'The impact of stroke', *British Medical Bulletin*, 56 (2), 275-286. Dostupno na: <https://doi.org/10.1258/0007142001903120> [27.6.2021.]

## POPIS SLIKA

Slika 1 Prikaz svih atributa.....	14
Slika 2 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth 3 .....	16
Slika 3 Stablo odlučivanja maxDepth 3 .....	17
Slika 4 Statistički pokazatelji preciznosti stabla odlučivanja maxDepth 3 .....	18
Slika 5 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth4 .....	20
Slika 6 Stablo odlučivanja maxDepth 4 .....	22
Slika 7 Statistički pokazatelji preciznosti stabla odlučivanja maxDepth 4 .....	23
Slika 8 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth 5 1.dio .....	25
Slika 9 Prikaz stabla odlučivanja korištenjem RandomTree, maxDepth 5 2.dio .....	26
Slika 10 Stablo odlučivanja maxDepth 5 .....	27
Slika 11 Statistički pokazatelji preciznosti stabla odlučivanja maxDepth 5 .....	28
Slika 12 Najprikladnije stablo odlučivanja.....	34

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Predviđeni budući troškovi moždanog udara u Europi .....	7
Tablica 2 Predviđanja za Hrvatsku.....	8
Tablica 3 Popis korištenih varijabli.....	12
Tablica 4 Klasifikacijska matrica maxDepth 3 .....	18
Tablica 5 Klasifikacijska matrica maxDepth 4 .....	23
Tablica 6 Klasifikacijska matrica maxDepth 5 .....	28
Tablica 7 Analiza stabla odlučivanja prema kriterijima.....	30

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Prognostičke vrijednosti.....	31
Grafikon 2 Veličine stabla.....	32

# ŽIVOTOPIS


**Mirta**  
Domitrović

**DATUM ROĐENJA:**  
16.9.1994.


## KONTAKT

Državljanstvo: hrvatsko

Spol: Žensko

 Gornji Prečac 5,  
10000 Zagreb, Hrvatska

 [domi.mirta@gmail.com](mailto:domi.mirta@gmail.com)

 (+385) 995025246

## RADNO ISKUSTVO

6.2019. – TRENUTAČNO – Zagreb, Hrvatska

● Asistent u odjelu naplate potraživanja  
Privredna banka Zagreb d.d.

2.2018. – 5.2019. – Zagreb, Hrvatska

● Asistent u odjelu odnosa i akvizicije klijenata  
PBZ Card

2.2015. – 8.2015. – Zagreb, Hrvatska

● Studentica u kontakt centru  
Hrvatski Telekom

## OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

10.2015. – TRENUTAČNO – Zagreb, Hrvatska

● /  
Ekonomski fakultet u Zagrebu

2010 – 2013 – Zagreb, Hrvatska

● Srednjoškolska diploma  
III. Gimnazija

## JEZIČNE VJEŠTINE

**MATERINSKI JEZIK/JEZICI:** hrvatski

**DRUGI JEZICI:**  
engleski

Slušanje C1	Čitanje C1	Govorna produkcija C1	Govorna interakcija C1	Pisanje B2
----------------	---------------	-----------------------------	------------------------------	---------------

njemački

Slušanje B1	Čitanje B1	Govorna produkcija A2	Govorna interakcija A2	Pisanje A2
----------------	---------------	-----------------------------	------------------------------	---------------

španjolski

Slušanje A1	Čitanje A1	Govorna produkcija A1	Govorna interakcija A1	Pisanje A1
----------------	---------------	-----------------------------	------------------------------	---------------

## DIGITALNE VJEŠTINE

Napredan rad na računalu / Rad u MS Office paketu / Poznavanje SQL-a  
/ Poznavanje Visual Studia / Rad u WEKA softveru