



Univerza v Mariboru

Fakulteta za naravoslovje
in matematiko



D I A N O I A

REVIIJA ZA UPORABO NARAVOSLOVNO-MATEMATIČNIH ZNANOSTI

ISSN	2536-3565
Naslov publikacije/Title	DIANOIA , revija za uporabo naravoslovnih in matematičnih znanosti DIANOIA , journal for applications of natural and mathematical sciences
Letnik/Volume	4
Leto/Year	2020 (september)
Številka/Number	2
Založnik in izdajatelj/ Published & Issued by	Univerzitetna založba Univerze v Mariboru, Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija, http://press.um.si/ , zalozba@um.si
Uredništvo/Editorial board	<i>odgovorni urednik/editor in chief</i> Mitja Slavinec <i>glavni urednik/executive editor</i> Drago Bokal <i>izvršna urednica/managing editor</i> Janja Jerebic <i>urednici za področje biologije/editors for biological sciences</i> Nina Šajna, Sonja Škornik <i>urednik za področje didaktike/editor for didactical sciences</i> Samo Repolusk <i>urednika za področje fizike/editors for physical sciences</i> Robert Repnik, Aleš Fajmut <i>urednika za področje matematike/editors for mathematical sciences</i> Igor Pesek, Janja Jerebic <i>urednik za področje tehnike/editor for technical sciences</i> Mateja Ploj Vrtič <i>tehnični urednici/technical editors</i> Špela Tertinek, Monika Vogrinec
Mednarodni uredniški svet/ International advisory board	Igor Emri (Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, član SAZU), Matej Brešar (FNM, član SAZU), Sergey Pasechnik (Državna fakulteta v Moskvi), Vlad Popa-Nita (Fakulteta za fiziko Univerze v Bukarešti), Blaž Zmazek (FNM), Samo Krajc (FNM), Franci Janžekovič (FNM), Nataša Vaupotič (FNM), Mitja Kaligarič (FNM), Boris Aberšek (FNM), Andrej Šorgo (FNM), Bojan Mohar (Simon Fraser University, Vancouver), Matjaž Perc (FNM), Ivica Aviani (Naravoslovno matematična fakulteta Split), Fahriye Altınay (Univerza v Nikoziji), Andreas M. Hinz (Univerza Ludwig-Maximilians, München)
Oblikovanje/Design	Amadeja Bratuša
Lektoriranje/Proofreading	Ljudmila Bokal
Sedež uredništva/Address	FNM UM, Koroška cesta 160, 2000 Maribor
e-mail	dianoia@um.si
internet/web	www.fnm.um.si
Tisk/Printed by	FNM UM
Leto izida/Year	2020
Datum natisa/Published	2020
Naklada/Nr. of Copies	100 izvodov

Revija izhaja dvakrat letno, predvidoma aprila in septembra.

Kazalo / Table of Contents

Nova kompleksnost našega miljeja <i>Drago Bokal</i>	60
Kaj bomo počeli avgusta? Scenarijska prognoza epidemije COVID-19 v Sloveniji. What will we do in august? <i>Drago Bokal, Amadeja Bratuša, Petra Fic, Anja Goričan, Janja Jerebic, Špela Tertinek, Tadej Žerak, Mitja Slavinec</i>	65
Alelopatija izbranih invazivnih vrst Allelopathy of selected invasive plant species <i>Nuša Kumin</i>	83
Odziv senzorične preje na temperaturo, vlago in obremenitev The response of the sensory yarn to temperature, humidity, and load <i>Melani Potrč, Luka Benkovič, Daniela Zavec, Mitja Slavinec, Eva Klemenčič</i>	93
Določanje dimenzij kratkih DNK zaporedij z dinamičnim sipanjem svetlobe Determining the dimensions of short DNA sequences with dynamic light scattering <i>Melani Potrč, Lea Spindler</i>	105
Ali je možno na podlagi dane višine in teže sklepati o spolu te osebe? Is it possible to infer the sex of the person on the basis of a given height and weight? <i>Monika Škvorc</i>	113

Nova kompleksnost našega miljeja

Drago Bokal

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

V uredništvu ugotavljamo, da je tokratna bera člankov kar obsežna, za kar smo hvaležni vsem avtorjem. To me poleg dopusta nagiba k odločitvi za kratek in jedrnat uvodnik. Zato začnem in medias res:

milje -êja m (e ê) knjiž. stvarni in duhovni svet z določenimi značilnostmi, ki obdaja človeka; okolje: iztrgali so ga iz njegovega miljeja; mestni, vaški milje; vpliv miljeja na delo, učenje / pisatelj predvojni milje dobro pozna; milje drame, povesti / ustvariti domač milje duhovno ozračje [3].

Dave Snowden, konzultant, raziskovalec kompleksnosti in upravljanja znanja, je opazil, da se miljeji, v katerih delujemo kot posamezniki ali organizacije, bistveno ločijo po kompleksnosti. Kompleksnost miljeja pa pomembno vpliva na pristop, s katerim se soočamo z izzivi pri delovanju v njem. Svoje ogrožje za ugotavljanje kompleksnosti miljeja je poimenoval cynefin, kar je valižanska beseda za milje [4]. Osnovano je na petih kategorijah kompleksnosti miljeja:

Preprosti miljeji imajo jasno vzročno povezavo med vzroki in posledicami. Probleme v njih prepoznamo, kategoriziramo in razrešimo po znanih receptih. Institucionalni okvir preprostega miljeja je birokracija, ki predvsem zbere podatke, izvede uveljavljen postopek in dostavi predvidljiv rezultat.

Zahtevni miljeji so preprostim podobni po relativni predvidljivosti. V njih problem prav tako prepoznamo in razrešimo, vmes pa ne zadošča preprosta kategorizacija, ampak je potrebna ekspertna analiza, ki utemelji znano vzročno povezavo in najde ustrezno rešitev, ki v tovrstnih miljejih ni obče znana. V zahtevnih miljejih deluje stroka, ki temelji na že odkritem znanju, in znanost, ki novo znanje za potrebe analiziranja šele odkriva.

Kompleksni miljeji se od prejšnjih razlikujejo po obilju aktivnih deležnikov, ki sovpivajo na procese in njihove rezultate, ali po tem, da konceptualni aparat za delovanje v njih še ni vzpostavljen. Obsežno sovpivanje ali nepoznavanje konceptov delata izide aktivnosti v kompleksnih miljejih dolgoročno nepredvidljive in onemogočata zanašanje na dobre prakse. Vzroke in posledice lahko analiziramo za nazaj, vnaprej pa jih ne moremo predvideti. Snowden v takih miljejih kot smiseln način delovanja priporoča zaporedje poskusa, opazovanja rezultatov ter odziva na opažanje. V kompleksnih miljejih Snowden prepozna pomen odnosov, ki gradijo zaupanje in omogočajo osebam, da razvijejo kakovostne odnose, ki vodijo do predvidljivih rezultatov.

Kaotični miljeji so prepoznani po zabrisanih vzročno-posledičnih povezavah. Ta nejasnost onemogoča tudi njihovo post festum prepoznavanje. V kaotičnih miljejih je ključno,

da prepoznamo območje stabilnosti in se s svojim delovanjem usmerimo proti temu območju stabilnosti. Tu je bolj kot razmislek potrebna akcija, zato Snowden priporoča zaporedje ukrepanja, opazovanja in odziva na opažanje. V takih miljejih so smiselne ali karizmatične ali diktatorske poteze.

Peto skupino miljejev predstavlja nered, situacija, ki ji ne moremo določiti ene od prejšnjih štirih kategorij. V neredu je edino priporočilo beg, čim hitrejši premik v enega od miljejev, v katerem bomo razumeli, s kakšnim ukrepom se odzvati.

Pandemija COVID-19 je bistveno posegla v naš vsakdanji milje. Marsikatero človeško dejavnost je povsem ustavila, kompleksnost marsikatere od preostalih pa je dvignila za vsaj eno kategorijo. Oglejmo si to na v univerzitetnem okolju dobro poznanem primeru: pisnih testih.

Milje pisnih testov je v osnovi zelo preprost in sodi v prvo kategorijo. Študentje pridejo v predavalnico, dobijo naloge, jih rešijo, profesor jih pregleda in objavi ocene. Zaradi COVID-19 ukrepov tak preprost postopek ni bil več možen. Najprej je nastal nered: kako bomo sploh preverjali znanje? Iz nereda je prišlo do umika v diktaturo nadzora. Prvi izpiti so se pisali s pomočjo telekomunikacijske opreme. Kamera je snemala študenta, učitelji, profesorji in asistenti so postali varuhi reda, ki so gledali, da študentje ne goljufajo. Slišal sem tudi za primere, kjer so zahtevali poleg kamere prenosnega računalnika, ki je snemala študenta in list pred njim, še drugo kamero, ki je snemala sobo, da ni študentu kdo prišepetoval ali da v sobi ni bilo drugih pripomočkov. Koliko verodostojnosti je mogoče zagotoviti s prisilo? Lahko dve kameri preprečita vse možne načine prikritega goljufanja?

Po omilitvi ukrepov se je pojavila tehnična rešitev v zahtevnem miljeju. Z nekaj dobronamernosti pri interpretaciji lahko rečemo, da zanjo potrebujemo strokovno znanje tistega, ki šiva maske in onega, ki razume, da jo mora uporabljati ter si jo zna ustrezno namestiti čez nos in usta. Poleg tega je treba ustrezno pripraviti predavalnico, jo razkužiti, poskrbeti za razdaljo in druge strokovno predpisane pogoje. Obenem je potrebno test pisati v več skupinah in poskrbeti za primerljivo zahtevnost a hkrati za neprenosljivost nalog med skupinami.

S časom, ko se bomo naučili, da mask ne pozabljamo in jih bomo imeli za podoben osebni pripomoček, kot nekoč robce, obenem pa bodo skupine študentov dovolj majhne ali predavalnice dovolj velike, da bodo lahko skupine šle v predavalnice z ustrezno medosebno razdaljo, bodo pisni testi spet sodili v kategorijo preprostih miljejev.

Pozorni bralec bo opazil, da s preverjanjem znanja še nismo ilustrirali kompleksnega miljeja. Slednjega prepoznamo po obilju deležnikov, ki vplivajo na izid aktivnosti ali po neizdelanem konceptualnem aparatu. Če v preverjanje znanja poleg njegovega prejemnika (učenca, študenta, dijaka) in njegovega posrednika (učitelja, profesorja) vključimo tudi uporabnika znanja (podjetje, organizacijo, javnost), dobimo kompleksen milje, v katerem se znanje ne preverja s kratkimi testi, ampak z zanimivimi, uporabnimi, znanje do uporabnika razširjajočimi izdelki. V takem miljeju ni težko motivirati prejemnika znanja: to nalogo dobi uporabnik, ki smisel znanja izkaže neposredno z njegovo uporabo. V takem miljeju ni potreben tehnično zahteven nadzor pri preverjanju: ker izdelek zahteva veliko razumevanja in vloženega truda, kratki fragmenti znanja na plonk listkih ne vplivajo relevantno na končen rezultat. In ne nazadnje, v takem miljeju s poukom gradimo most čez dolino smrti [2] ter razgrajujemo motive za inflacijo ocen ter postavimo učečega in njegovo znanje v središče pouka [1], kot smo na tem mestu že pisali.

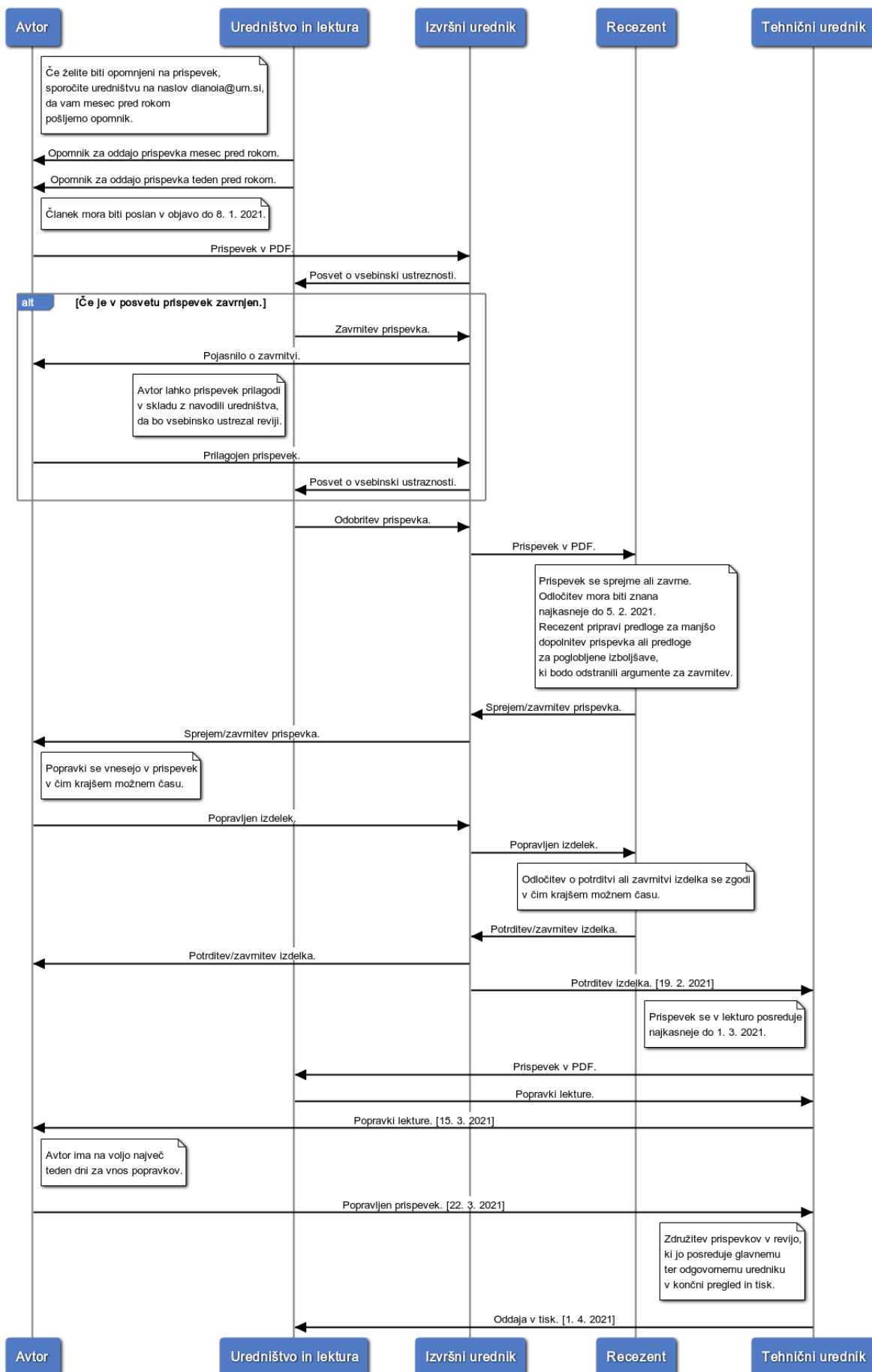
Treba pa se je zavedati, da preverjanje znanja ni cilj, cilj je posredovanje znanja. V pravkar opisanem kompleksnem miljeju je preverjanje znanja neoddeljivo vgrajeno v sam

proces njegovega posredovanja, kompleksen pa je ta proces. Pri preprostejših vsebinah, ki obravnavajo temeljne koncepte za soočanje s problemi v izbranem miljeju, pa je seveda bolj smiselno prej opisan preprost milje preverjanja znanja. Pa tudi tu je mogoče uvesti kakšno izboljšavo, ki jo na naravoslovno-matematičnih področjih že dolgo poznamo: pri naših testih ni težav s preprečevanjem uporabe plonk listov, saj naloge ne sodijo v preprost milje reprodukcije zapomnjene, ampak predstavljajo sintezo razumljenega. Tisto, kar si je bilo nekoč treba zapomniti, pa lahko danes, v času Googla, tudi napišemo na jasno viden A4 list (v mojih časih je bil dovoljen z vsakim kolokvijem po en A4 list več).

V upanju, da bo uvodnik skupaj s prispevki, ki mu sledijo, pomagal osmisliti dodaten trud in napore, ki nam jih v naš vsakdan prinese nova kompleksnost, ter v upanju, da bomo v novi kompleksnosti znali najti nove, za družbo koristne zamisli in rešitve, vam ob koncu tega uvodnika želim uspešno novo študijsko leto, novi kompleksnosti navkljub. Zaključim pa z mislijo našega dekana, ki je slišal govorice, kako so študentje na neki fakulteti, ki je bila med prvimi s študijem na daljavo, razvili raznovrstne načine goljufanja na izpitih, česar s prisilo vsekakor ni mogoče povsem preprečiti. Ob tem se je potolažil, da pa se študenti na našo Fakulteto za naravoslovje in matematiko niso vpisali zaradi tega, da bi se naučili goljufati, ampak želijo izkoristiti potencial, ki jim ga najboljša fakulteta lahko da. Kajti, če je cilj znanje, ne ocena, potem je informacija o dejansko pridobljenem znanju koristna predvsem za študenta, ki želi pridobiti več znanja.

Literatura

- [1] D. Bokal. Na študenta osredotočeno poučevanje z vključevanjem v raziskovalno delo. *Dianoia* 4 (2020): 5–10.
- [2] D. Bokal. Reviji *Dianoia* na pot. *Dianoia* 1 (2017): 5–7.
- [3] Slovar slovenskega knjižnega jezika. [Online]
<https://fran.si/133/sskj2-slovar-slovenskega-knjiznega-jezika-2/3662457/milje?View=1&Query=milje&hs=1>
- [4] D. J. Snowden. The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world. *Ibm Systems Journal* (2003): 462–483.



Slika 1: Proces izdaje naslednje številke revije Dianoia.

Kaj bomo počeli avgusta?

Scenarijska prognoza epidemije COVID-19 v Sloveniji.

What will we do in august?

D. Bokal^{1,2,3} * A. Bratuša³ P. Fic³ A. Goričan³ J. Jerebic⁴ Š.
Tertinek^{1,3} T. Žerak³ M. Slavinec¹

¹Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Koroška cesta 160, 2000 Maribor

²Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Jadranska 19, 1000 Ljubljana

³DataBitLab d. o. o., Kočevarjeva ulica 7, 2000 Maribor

⁴Fakulteta za organizacijske vede, Univerza v Mariboru, Kidričeva cesta 55a, 4000 Kranj

Povzetek

V prispevku za Slovenijo izdelamo prognozo epidemije COVID-19 po metodi iz članka Wu et al. [14]. Podatki kažejo, da se širjenje epidemije počasi umirja, saj število okuženih v prvem tednu aprila skoraj linearno narašča. Posledično Richardsov model rasti ne zazna bližine konca epidemije niti v najbolj optimističnih scenarijih. S pomočjo metode ponovnega vzorčenja po treh modelih napake zaznanih podatkov smo pripravili prognozo, ki osnovni model nadgradi s 5000 simuliranimi vzorci ter ocenili število vseh zaznanih okužb oseb, število vseh resnih, kritičnih in umrlih bolnikov, največjo zasedenost bolniških postelj na infekcijskih in intenzivnih oddelkih, datum največje zasedenosti ter prvi dan brez novih zaznanih okužb. Vsakega od podatkov smo ocenili z osnovnim, na zaznanih podatkih izdelanem modelu, z navedenimi tremi modeli pa smo označili tudi mediano in 95-odstotni interval zaupanja podatka. Podatki obsegajo obdobje od 4.3.2020 do 3.4.2020 in so pridobljeni od NIJZ.

Izračune ponovimo ob treh scenarijih gibanja števila novih okužb v tednu, ki sledi zadnjemu zabeleženemu podatku. Realistični scenarij predpostavi vsak dan enak prirast števila okuženih, kot je bil na zadnji opaženi dan. Optimistični scenarij predpostavi vsak dan tri nove okužene manj. Pesimistični scenarij predpostavi vsak dan tri nove okužene več. Scenariji pokažejo, da bi zaostritev ukrepov, ki bi vodila do omenjenih števil, prepolovila pričakovani čas trajanja epidemije in število prizadetih, pesimistični scenarij pa bi trajanje epidemije podvojil. Realistični scenarij ustreza opaženim podatkom in trajanja epidemije ne spremeni bistveno. Obnašanje vseh treh modelov napake je konsistentno pri vseh treh scenarijih in spodbuja posameznike in skupnost k prizadevanju za omejitve epidemije. Po realističnem scenariju se konec epidemije premakne med avgust 2020 in avgust 2021, po optimističnem scenariju med maj 2020 in avgust 2020, po pesimističnem pa med september 2020 in februar 2023. Modeli (brez upoštevanja možnosti novih zdravil in cepiv) nakazujejo, da dvig odgovornosti vodi k hitremu okrevanju in relativno normalnemu poletju, popuščanje pri odgovornosti pa lahko epidemijo razvleče v leta trajajočo agonijo.

Udejanjanje predstavljenih ugotovitev povzame vprašanje: "Kaj bomo počeli avgusta?"

Ključne besede: COVID-19, napoved

1 Uvod.

Želja po razumevanju epidemije v Sloveniji in pandemije po svetu je vseprisotna [8]. Wu et al. so za razumevanje njenega gibanja uporabili metodo ponovnega vzorčenja [14]. V prispevku metodo uporabimo za Slovenijo, obenem pa z njo analiziramo tudi tri hipotetične scenarije realističnega enakega nadaljevanja, optimističnega upadanja ali pesimističnega naraščanja števila novih okužb.

Scenariji, izračunani na dan 4.4.2020 nakazujejo skoraj disjunktne ocene konca epidemije: realistični med avgustom 2020 in avgustom 2021, optimistični med majem 2020 in avgustom 2020, pesimistični med septembrom 2020 in februarjem 2023. Optimistični scenarij, h kateremu vodi dvig odgovornosti, vodi k hitremu okrevanju in relativno normalnemu poletju. Pesimistični scenarij, h kateremu vodi popuščanje pri odgovornosti, lahko epidemijo razvleče v leta trajajočo agonijo. Omeniti velja, da modeli ne upoštevajo vpliva morebitnega cepiva ali zdravila, katerih pa v času napovedi optimističnega in večine časa realističnega scenarija še ni za pričakovati.

Kako spodbuditi dvig odgovornosti vsakega posameznika, da bo sodeloval pri skupnem cilju? Predlagamo, da skupni cilj čimprejšnje zaustavitve epidemije postane tudi cilj vsakega posameznika. Avgust je mesec, ko bo po optimističnem scenariju epidemije že skoraj konec, po realističnem bo konec blizu, po pesimističnem scenariju pa bo takrat ravno mimo vrh epidemije.

*E-mail: drago.bokal@um.si (Drago Bokal)

Naj se vsak vpraša, kaj bomo počeli avgusta? Bomo še vedno v tesnobi hodili naokrog in se izogibali posameznikov, ker epidemija še vedno ne bo pod nadzorom, ali pa bomo precej bolj brezskrbni na počitnicah, ker bodo občasne izolirane primere COVID-19 obravnavali epidemiologi? Nekaj primerov ciljev, o katerih bi veljalo razmisliti:

- Slišal sem se z osnovnošolskim učiteljem matematike, ki ima velike zasluge, da pišem pričujoči prispevek. Poleti bo štiri leta, odkar živi v domu za starejših občanov. Po optimističnem scenariju ga bom avgusta lahko obiskal in bova obletnico praznovala v kavarni. Po pesimističnem se sprašuje, ali bo v kavarno še kdaj stopil.
- Otrok ima rojstni dan junija. Že pred pandemijo je načrtoval, kaj vse bo počel s prijatelji na rojstnodnevni zabavi. Sedaj upa, da bo junija morda izpeljal praznovanje, razume pa, da ga morda ne bo mogel. Če nam vsem uspe optimistični scenarij, bo zabavo skoraj gotovo lahko imel avgusta. S previdnostnimi ukrepi, seveda.
- V podjetju imajo zalogo sredstev, da bodo zdržali do poletja. Zaradi epidemije ne morejo navezovati novih poslovnih stikov, obstoječi stiki imajo sedaj bistveno druge prioritete. Zelo si želijo, da bi avgusta začeli nov projekt.
- Slišal sem se s prijateljem, s katerim sva pred časom tesno sodelovala. Ker naju je delo potegnilo vsaksebi, se le občasno slišiva. Zelo si želiva, da bova avgusta lahko šla na kavo, v priljubljen lokal, in se pogovorila o tem, kako smo premagali krizo. On je zapisal: "Delam od doma, sem pa seveda tega že vajen, tako da kar gre. Upam, da bomo po koncu karantene vsaj bolj cenili to, kar nam je sicer samoumevno. Vsaj zase sem prepričan, da bom sedaj bolj cenil vsak sprehod, kjer se ne rabim paziti mimoidočih :)"
- Zdaj je zelo pomemben čas za demokracijo. Demokracija namreč tekmuje z naravo, z matematiko, fiziko, biologijo. Ampak matematika, fizika in biologija so ujete v enačbe, demokracija pa je lahko pametna in se previdno umakne, da narava, matematika, fizika in biologija umirijo svoj zanos, potem pa demokracija zablesti še močnejša. Upamo, da bodo do avgusta demokracija, narava, matematika, fizika in biologija spoznale, da morajo delati z roko v roki za dobrobit človeštva.

Na kratko, naš predlog je, da si vsak posameznik, vsaka skupnost, vsa država zastavi preprosto vprašanje: "Kaj bomo počeli avgusta?" To vprašanje naj ponavljajo govorniki, politiki, novinarji, ko začenjajo svoje govore in oddaje. Tako kot je Cato govoril "Carthago delenda est," (prim. [10]) naj vprašanje, "Kaj bomo počeli avgusta," preveva našo komunikacijo. Naj nam pomaga, da bomo z razmislekom, ne s prisilo, vsi posamezniki spodbujali k dvigovanju odgovornosti za varne medčloveške stike ob vsaki odločitvi, ki nanje vpliva.

2 Prognoza epidemije na dejanskih podatkih.

2.1 Zakaj? Cilji razdelka.

Z razdelkom naslavljamo naslednje cilje:

- Dvigniti zavest o potrebnosti upoštevanja ukrepov, če želimo, da se jih bo čimprej odpravilo. Tudi najbolj optimistični modeli predvidevajo čez 100 dni obdobja epidemije v Sloveniji; to obdobje lahko brez preobremenitve zdravstvenega sistema in z ohranjanjem človeških življenj ter dostojanstva skrajšamo le z bistveno omejitvijo bolezni, pri kateri bo imela epidemija faktor prenosa manjši od 1. Faktor prenosa lahko zmanjšamo z omejevanjem stikov, ki niso nujni, ter z omejevanjem verjetnosti okužbe pri nujnih stikih.
- Spodbuditi odgovornost posameznikov, odločevalcev in skupin v diskusijah o ukrepih. Ukrepi so lahko drastični, če imamo nejasno sliko situacije, ali natančni, če sliko situacije dobro razumemo. Za slednje bi bilo treba znatno pojačati kapacitete diagnostičnega sistema. Dokler se kapacitete diagnostičnega sistema ne okrepijo, je zelo težko izvajati ciljne na rizične skupine osredotočene ukrepe.
- Predstaviti posledice različnih scenarijev obnašanja v izbrani fazi epidemije in smiselnost njenega omejevanja. Razlika med dvigom odgovornosti in popuščanjem pri njej na podlagi analiziranih scenarijev pomeni razliko več let med tem, kdaj bo epidemije konec.
- Razširiti zavest o pomenu matematičnega modeliranja. Znanstveno preverjen model vzpostavi vpogled v delovanje naravnih zakonov, ki ga lahko uporabimo za bolj kakovostno odločanje. Bolj kakovostno odločanje omogoča učinkovitejše doseganje ciljev.
- Spodbuditi razmislek o natančnosti vs. robustnosti napovedovanja. Natančno napovedovanje izhaja iz pridobljenih podatkov in jim priredi čimbolj prilagajajoči model, s katerim izdelava prognozo obravnavanega procesa. To je mogoče v astronomiji, kjer so zunanji moteči elementi zanemarljivi. Robustno napovedovanje se zaveda vpliva množice motečih dejavnikov in z njimi povezane negotovosti v pridobljenih podatkih in jih obravnava kot vzorčni signal znotraj procesa odločanja. Z modeliranjem procesa pridobivanja podatkov po metodi robustnega napovedovanja izdelamo druge možne vzorce, ki bi jih tudi lahko opazili. Vprašamo se, kakšne bi bile napovedi na takih vzorcih in odločitev prilagodimo na ta način pridobljenim scenarijem.

2.2 Kaj? Podatki in rezultati.

Rezultati prognoze epidemije so prikazani v tabeli 1. Ocene, vezane na obremenitev zdravstvenega sistema, so podane v tabeli 2. Parametri epidemije so obrazloženi v nadaljevanju razdelka. Modeli ponovnega vzorčenja so pojasnjeni v razdelku 2.3.

Obravnavani so naslednji parametri epidemije:

- Število okuženih posameznikov nastopa kot konstanta L_{∞} v Richardsovem modelu rasti in predstavlja vsoto vseh dnevnih prirastov zaznanih okužb na izbrani od prikazanih modelskih krivulj.

- Število resnih primerov je ocenjeno kot 20 % števila okuženih. Delež je pridobljen iz vira [17]. Kot resne bolnike smatramo tiste, ki potrebujejo hospitalizacijo na infekcijskem oddelku. Oceno je mogoče izboljšati z uporabo podatkov za Slovenijo, ko bodo znani.
- Število kritičnih primerov je ocenjeno kot 5 % števila okuženih. Delež je pridobljen iz vira [17]. Kot kritične bolnike štejem tiste, ki potrebujejo hospitalizacijo na intenzivnem oddelku. Oceno je mogoče izboljšati z uporabo podatkov za Slovenijo, ko bodo znani.
- Število umrlih je ocenjeno kot 3,4 % števila okuženih. Delež je pridobljen iz vira [15]. Oceno je mogoče izboljšati z uporabo podatkov za Slovenijo, ko bodo znani.
- Konec epidemije je ocenjen kot prvi dan, v katerem je število novih zaznanih okužb po izbranem modelu manj kot 1. Ta definicija je bolj matematična, kot epidemiološka. Gre za modelsko oceno, v praksi pa je v trenutku, ko novih zaznanih okužb ni več, virus še vedno obstaja pri tistih, ki še niso ozdraveli oz. pri asimptomatičnih bolnikih.
- Datum konca epidemije je izračunan ob predpostavki, da se je začela 4.3.2020.
- Vrh epidemije je ocenjen kot dan, v katerem so kapacitete zdravstvenega sistema po izbranem modelu najbolj obremenjene.

Tabela 1: Rezultati osnovnega modela in ocen z metodo ponovnega vzorčenja na dejanskih podatkih med 4.3.2020 in 3.4.2020 za splošne epidemiološke podatke. Kratice: NN – normalno porazdeljena napaka, NBN – negativno binomsko porazdeljena napaka z nepristransko cenilko verjetnosti, NBMV – negativno binomsko porazdeljena napaka s cenilko verjetnosti maksimalnega verjetja.

Napaka	Osnovni model	Okuženih	Resnih (20 %)	Kritičnih (5%)	Umrlih (3,4%)	Konec	Datum konca
3*NN	Mediana	4226	845	211	144	245	4.11.2020
	Min 95%	4226	845	211	144	244	3.11.2020
	Max 95%	977	195	49	33	106	18.06.2020
3*NBN	Mediana	14466	2893	723	492	573	28.09.2021
	Min 95%	4303	861	215	146	244	3.11.2020
	Max 95%	4226	845	211	144	243	2.11.2020
3*NBMV	Mediana	20385	4077	1019	693	804	17.05.2022
	Min 95%	4979	996	249	169	280	9.12.2020
	Max 95%	4226	845	211	144	243	2.11.2020
		22787	4557	1139	775	880	1.08.2022

Tabela 2: Rezultati osnovnega modela in ocen z metodo ponovnega vzorčenja za obremenitve zdravstvenega sistema. Kratice so pojasnjene pri tabeli 1.

Napaka	Osnovni model	Vrh	Datum vrha	Infekcijski	Intenzivni
3*NN	Mediana	49	22.04.2020	262	66
	Min 95%	48	21.04.2020	262	66
	Max 95%	41	14.04.2020	221	55
3*NBN	Mediana	80	23.05.2020	356	89
	Min 95%	48	21.04.2020	264	66
	Max 95%	48	21.04.2020	250	62
3*NBMV	Mediana	99	11.06.2020	428	107
	Min 95%	50	23.04.2020	275	69
	Max 95%	47	20.04.2020	252	63
		104	16.06.2020	451	113

- Datum vrha epidemije je ocenjen ob predpostavki, da se je začela 4.3.2020.
- Zasedenost infekcijskih oddelkov je ocenjena ob predpostavki, da vsak resni bolnik v infekcijskem oddelku preživi 30 dni od dne, ko zbolí. Model ni natančen in ga je mogoče izboljšati ob upoštevanju podrobnejše dinamike bolezni, ki bo opisana.
- Zasedenost intenzivnih oddelkov je ocenjena ob predpostavki, da vsak kritični bolnik v intenzivnem oddelku preživi 30 dni od dne, ko zbolí. Model ni natančen in ga je mogoče izboljšati.

Vhodni podatki o rasti števila okuženih so prikazani na sliki 1. Ob sprejetih ukrepih za zajezitev bolezni COVID-19 se v prvem tednu aprila opaža skoraj linearna rast števila okuženih, kar pomeni, da je dnevni prirast zaznanih okužb približno konstanten.

Aktuapni ukrepi (3.4.2020) z veliko verjetnostjo zadoščajo, da epidemija ne uide izpod nadzora, kar bo najverjetneje omogočalo postopno prekuženost prebivalstva, ki ne bi preobremenila zdravstvenega sistema. To potrjuje tudi najverjetnejši Richardsov model širjenja bolezni, pridobljen na podlagi podatkov NIJZ z dne 3.4.2020, ki vsebuje podatke od začetka epidemije 4.3.2020 do 2.4.2020. Na sliki 2 je prikazano dejansko dnevno število novih zaznanih okužb (modra barva) ter z Richardsovim modelom [7, 11] predvideno število novih zaznanih okužb (oranžna krivulja).

Kaj lahko ob danih podatkih z gotovostjo napovemo:

- Obdobje od izbruha do zadnjega novo-okuzenega bo daljša od treh mesecev. S krepitvijo ukrepov bo taka dolžina zgolj bolj verjetna, skoraj gotovo pa epidemije prej kot junija ne bo konec. Treba je pripraviti procese, ki posameznikom, organizacijam in skupnostim omogočijo preživetje v teh razmerah.
- Modeli zatrjujejo, da bo epidemija krajša od treh let. Ta trditev je bistveno manj gotova kot prejšnja, saj predpostavlja, da se ohranja obstoječa učinkovitost ukrepov proti širjenju okužb. Ker bodo ukrepi terjali svoj gospodarski, socialni in psihološki davek, jih bo težko dolgoročno vzdrževati v obstoječem obsegu. Zato trditev o koncu epidemije ni gotova, je pa precej verjetna. Dodatno k temu prispeva dejstvo, da modeli ne upoštevajo možnosti razvoja novih cepiv in zdravil, ki se pospešeno razvijajo.
- Gotovo pa je, da se bomo morali kot družba prilagoditi in preživeti. Dolgoročno bodo preživeli tisti procesi, tiste oblike skupnosti, ki bodo z omejenimi viri, med katere po novem lahko uvrščamo tudi medčloveške stike, znale ustvariti čimveč drugih za življenje in delovanje potrebnih virov. Svojo pozornost je zato smiselno posvetiti inoviranju procesov, ki jih poznamo, da jih prilagodimo dolgotrajnim spremenjenim okoliščinam.
- Izziv, ki lahko združi skupnost in v katerega lahko prispevajo razmišljujoči posamezniki vseh profilov in vseh nazorov je, kako pestre, dinamične medsebojne odnose lahko razvijemo kljub temu, da so medsebojni stiki omejeni.
- Obravnavana situacija je zaradi osebne vpletenosti vsakega posameznika zelo doživljiva ilustracija nemoči posameznika in tudi družbe pred naravnimi zakonitostmi. S sodelovanjem in usklajenim pristopom lahko to nemoč presežemo in se izognemo tragediji slehernikov [13], do katere bi prišlo pri neodgovornem izkoriščanju neposrednih medčloveških stikov, ki so v dani situaciji redka dobrina.

2.3 Kako? Razlaga modelov ocenjevanja.

S pomočjo opaženih podatkov parametriziramo Richardsov model rasti [7, 11]. Obstaja več različic modela, ki so parametrizirane s spremenljivkami, ki določajo različne lastnosti krivulj rasti (prim. 2.4). Največje ujemanje z opaženimi podatki dosežemo pri 5-parametrični različici [6]:

$$y(t) = \frac{L_{\infty}}{(1 + T e^{-k(t-t_m)})^{1/T}},$$

kjer je L_{∞} število vseh okuženih med epidemijo, t_m čas največje rasti, k konstanta rasti in T spremenljivka, ki določa točko pregiba.

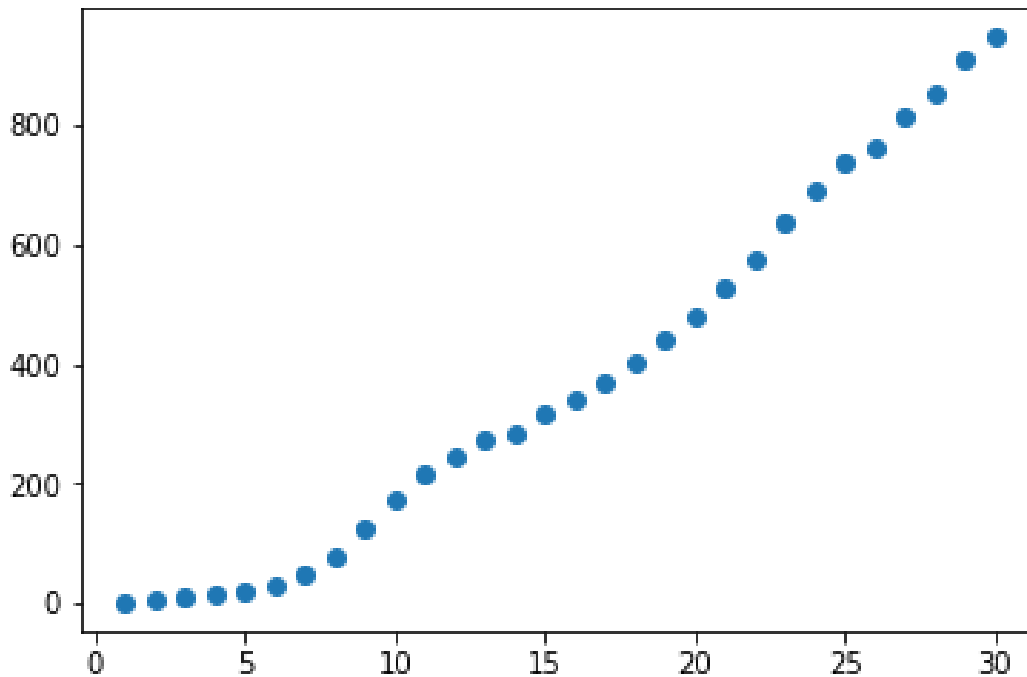
Parametre osnovnega modela na sliki 2 ocenimo z Levenberg–Marquardtovim algoritmom za reševanje nelinearnega problema najmanjših kvadratov [3, 4, 12].

Robustnost modela preverimo z metodo ponovnega vzorčenja, kot je bila uporabljena v [14]. Pri tem uporabimo tri modele ocenjevanja napake vzorca. Pri prvem modelu napak predpostavimo, da so napake opaženega zaznanih okužb normalno porazdeljene okrog vrednosti osnovnega modela, pri čemer je standardni odklon teh napak enak standardnemu odklonu, opaženemu v vzorcu dnevnega prirasta zaznanih okužb glede na osnovni model. Ti rezultati so prikazani na sliki 3, v tabelah 1 in 2 pa v pod oznako NN, Normalno porazdeljena Napaka.

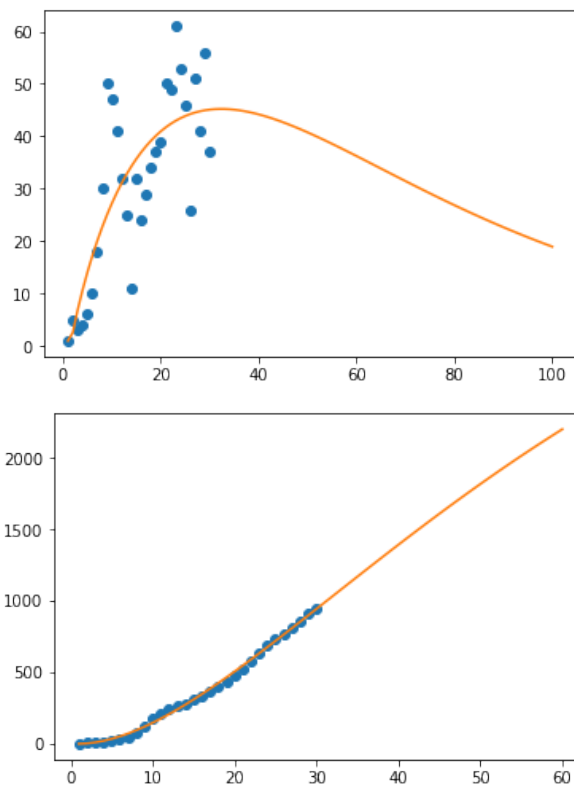
Drug model ponovnega vzorčenja gradi na predpostavki, da okužbe niso nujno zaznani prvi dan, ampak je odkrivanje okuženih slučajni proces. Pri njem iz populacije vzorčimo posameznike in jih testiramo, da izvemo, ali so okuženi. Verjetnost okužbe ocenimo kot pričakovan delež novih zaznanih okužb, ocenjen na podlagi modela, izdelanega po znanem vzorcu. Ta cenilka ni cenilka največjega verjetja, a je nepristranska in v našem primeru daje bolj optimistične ocene. Rezultati ponovnega vzorčenja po tej metodi so predstavljeni na sliki 4 in v tabelah 1 in 2 pod oznako NBN, Negativna Binomska porazdelitev z Nepristransko cenilko verjetnosti. Rezultati ponovnega vzorčenja s cenilko maksimalnega verjetja, ki pa ni nepristranska, so predstavljeni na sliki 5 in v tabelah 1 in 2 pod oznako NBMV.

Ob predpostavki, da so opaženi podatki prirasta okuženih slučajen vzorec, katerega porazdelitev je opisana zgoraj, vzorčimo 5.000 novih vzorcev možnih opaženih novih zaznanih okužb za vsak dan obdobja opazovanja. Za vsakega od teh prirastov zaznanih okužb izračunamo Richardsov model z Levenberg–Marquardtovim algoritmom. Nekateri od teh modelov so izrojeni in algoritem ocenjevanja parametrov ne konvergira. Take vzorce zavrzemo in ponovno vzorčimo, da zagotovimo ciljno skupno število vzorcev. Po pridobljenem številu vzorcev iz njih ocenimo krivulje median, intervalov zaupanja in druge parametre epidemije. Za vsako krivuljo izračunamo parametre obremenjenosti zdravstvenega sistema in iz pridobljenih podatkov ocenimo mediane in intervale zaupanja za te parametre.

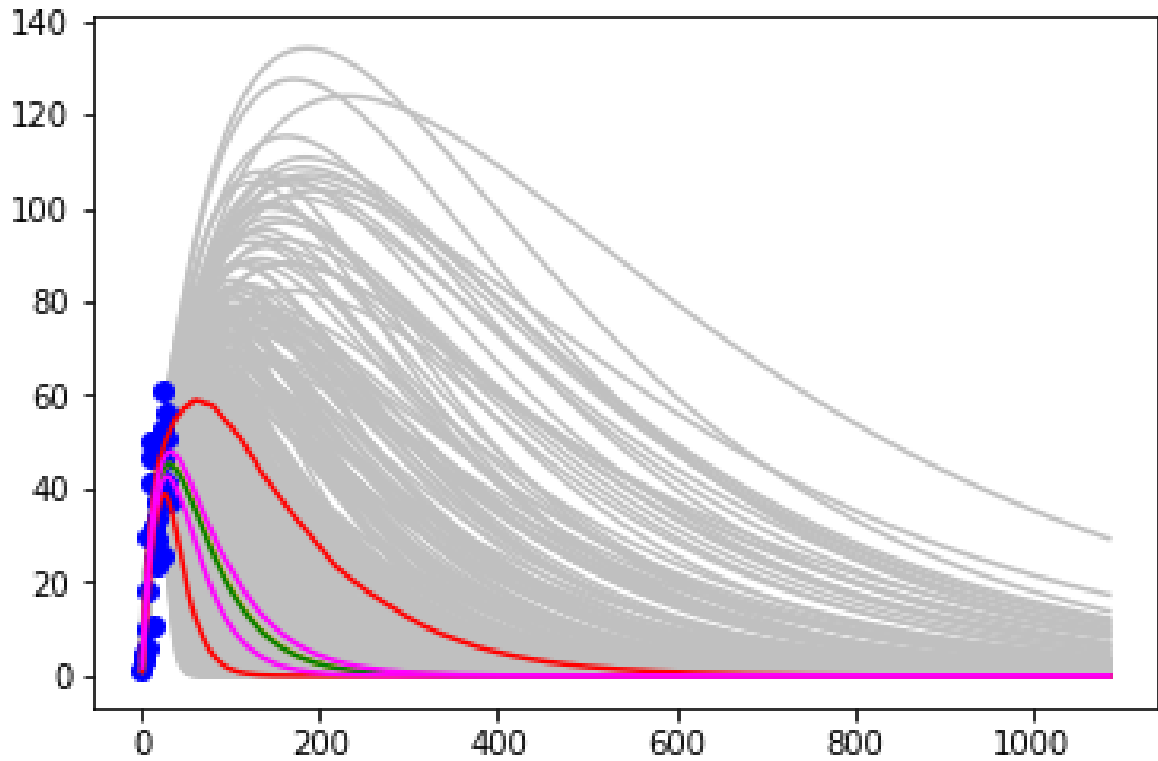
Slike 3, 4, 5, nakazujejo, da je tveganje za italijanski scenarij ob ohranjanju obstoječih ukrepov relativno nizko, da pa konec epidemije še ni blizu. Ukrepe bi bilo smiselno zaostriiti zato, da se epidemija prej ustavi, saj lahko glede na zgornje meje 95-odstotnega intervala zaupanja do zadnjega okuzenega mine tudi dve leti.



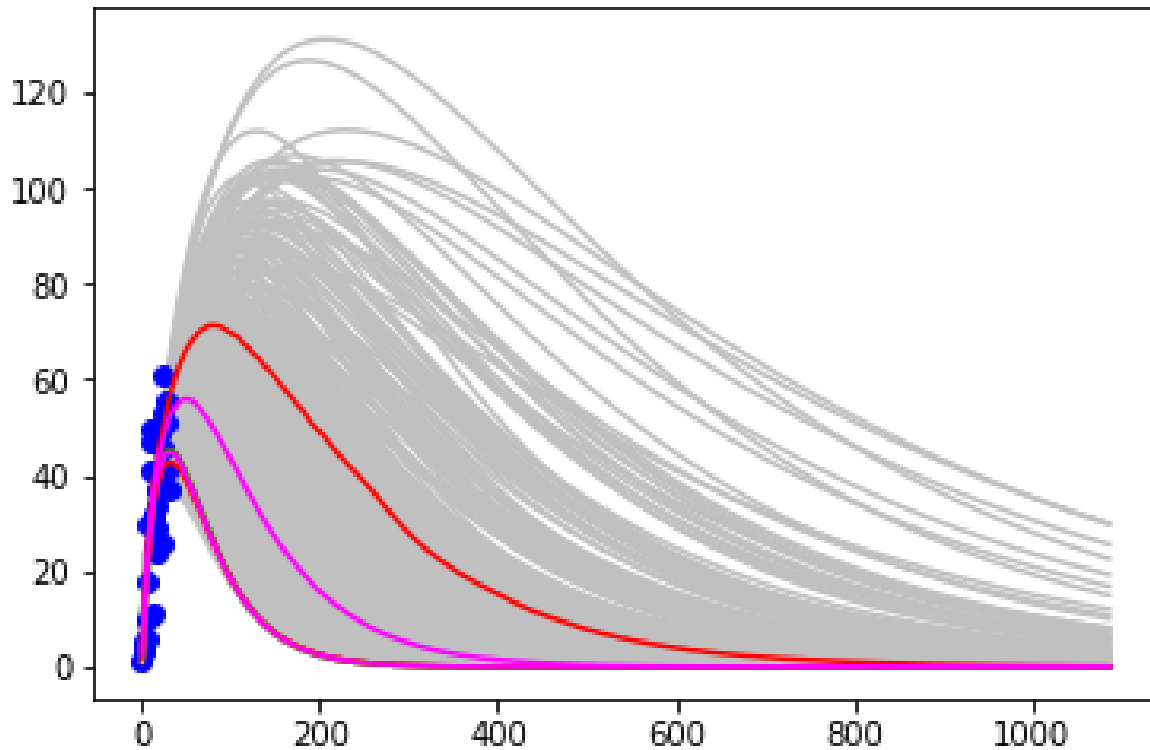
Slika 1: Podatki o številu okuženih po dnevih nakazujejo skoraj linearno rast v zadnjih dneh.



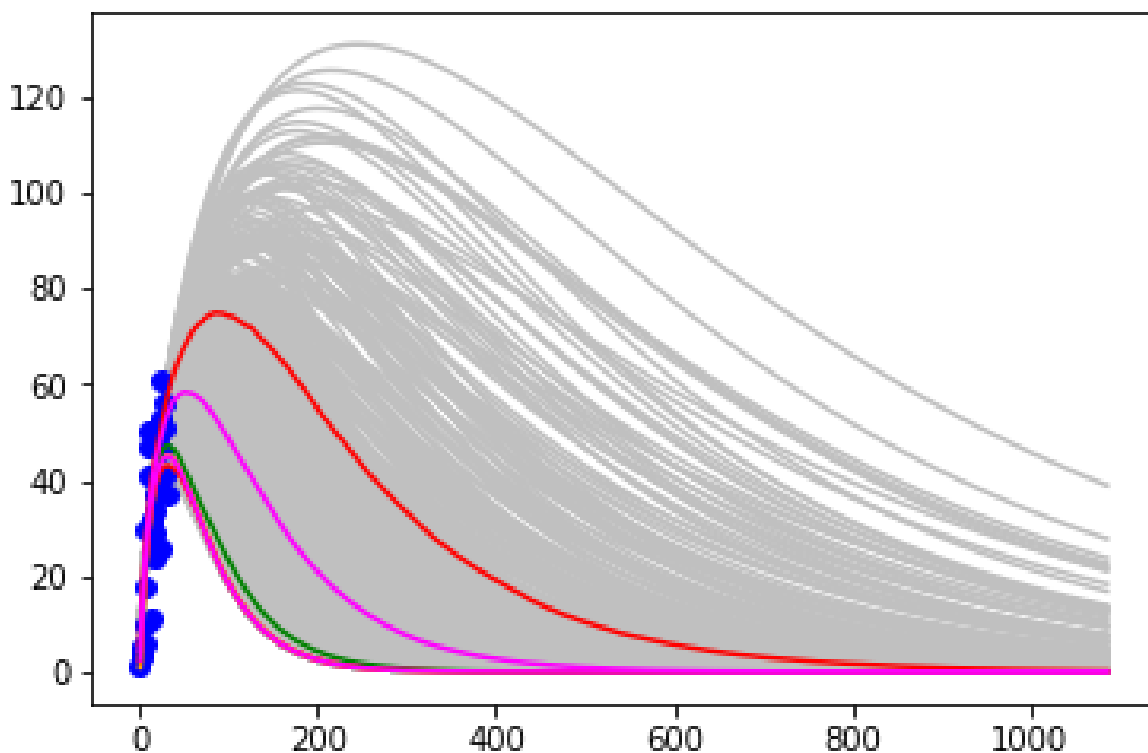
Slika 2: Opažen Richardsov model nakazuje bližino vrha epidemije, a tudi njen počasen zaton. Levo je prirast zaznanih okužb, desno dejansko število zaznanih okužb.



Slika 3: Ocena zanesljivosti modela z metodo ponovnega vzorčenja ob predpostavki normalne porazdelitve napak. Slika prikazuje originalne podatke o novih zaznanih okužbah (modra), krivulje ponovno vzorčenih modelov, ki nastanejo na podlagi sintetično generiranih vzorcev, podobnih dejansko opaženemu (siva), krivuljo modela z dejansko zaznanimi podatki (oranžna, prekriva jo zelena), mediano sivih krivulj (zelena), 80-odstotni interval zaupanja (vijolična) ter 95-odstotni interval zaupanja (rdeča).



Slika 4: Ocena zanesljivosti modela z metodo ponovnega vzorčenja ob predpostavki negativne binomske porazdelitve vzorca z nepristransko cenilko verjetnosti uspeha. Barve krivulj so pojasnjene pri sliki 3. Prikazana porazdelitev je za razliko od tam predstavljene zgoščena okrog originalnega modela, njen rep pa seže visoko nad njega. Oranžna, zelena, spodnja vijolična in spodnja rdeča krivulja se prekrivajo. Ponovno poudarjamo, da so bili vzorci sivih krivulj pridobljeni sintetično na način, da so podobni dejansko opaženemu vzorcu. S tem modeliramo slučajnosti v procesu testiranja posameznikov.



Slika 5: Ocena zanesljivosti modela z metodo ponovnega vzorčenja ob predpostavki negativne binomske porazdelitve vzorca s cenilko maksimalnega verjetja za verjetnost uspeha. Barve krivulj so pojasnjene pri sliki 5. Prikazana porazdelitev je podobno kot prejšnja za razliko od porazdelitve na sliki 3 zgoščena okrog originalnega modela, saj se oranžna, spodnja vijolična in spodnja rdeča krivulja (originalni model in spodnji meji intervalov zaupanja) prekrivajo. Rep porazdelitve seže visoko nad originalni model. Od prejšnje porazdelitve je nekoliko bolj pesimistična. Ponovno poudarjamo, da so bili vzorci sivih krivulj pridobljeni sintetično na način, da so podobni dejansko opaženemu vzorcu. S tem modeliramo slučajnosti v procesu testiranja posameznikov.

2.4 Omejitve

Izdelava prispevka, ki je nastal med 3.4.2020 in 6.4.2020, je bila podrejena njegovi aktualnosti in nejasnosti situacije, zato je treba upoštevati naslednje omejitve:

- Podatki o deležih posameznikov z obravnavanimi izidi so nejasni in nekonsistentni med različnimi viri. Za število umrlih je zato uporabljen natančen zadnji podatek, objavljen s strani WHO [15], število resno in kritično obolelih pa je na podlagi objavljenih vrednosti [17] konservativno ocenjeno.
- Cilj uporabe večih modelov je bil opozoriti na nejasnosti, do katerih prihaja zaradi različnih metodologij ocenjevanja strukturnih in numeričnih parametrov modelov. Kljub raznolikosti metod pa prikazani modeli dajejo primerljive rezultate in spodbujajo primerljive ukrepe.
- Pri prikazanih modelih nismo naslovili problematike natančnosti (občutljivosti in specifičnosti) uporabljenih testov za preverjanje okuženosti; modeli predpostavljajo, da so rezultati testov povsem natančni, napake pa izhajajo iz procesa vzorčenja testiranih pacientov. Prav tako ne upoštevamo, da se je v opazovanem obdobju dvakrat spremenila metodologija vzorčenja posameznikov za testiranje in da so se ukrepi stopnjevali, kar je zmanjševalo hitrost širjenja [1].
- Uporabljena je bila eksplicitna enačba modela, s čimer se izognemo numerični integraciji diferencialne enačbe. Zato je bil za razliko od [14] uporabljen klasičen in ne posplošen Richardsov model širjenja epidemije. Nadgradnja z numerično integracijo je možna, a časovno in implementacijsko zahtevna.
- Zaradi različnih parametrizacij osnovnega modela je v uporabi več oblik Richardsovega modela. Parametrizacija osnovnega modela [11] zaradi skoraj linearne rasti v prvem tednu aprila, ki je sledila prejšnji eksponentni rasti, konvergira z nesmiselno ocenjenimi vrednostmi parametrov, ki bi pomenile število okuženih večje od velikosti populacije. Zato je bila izbrana 5-parametrična oblika Richardsovega modela [6], ki z večjim prostorom parametrov dopušča boljše ujemanje krivulje.
- Modeli predpostavljajo, da so za celotno trajanje epidemije veljali enaki pogoji širjenja bolezni. Predvsem ne upoštevajo možnosti širše uporabe zdravil ali cepljenja za omejevanje širjenja bolezni. Za kratkoročno in srednjeročno prognozo epidemije to ni pomembno, je pa pomembno pri dolgoročni prognozi epidemije. Dolgotrajno ohranjanje obstoječega stanja zato lahko smatramo kot manj verjeten črn scenarij.

3 Primerjava scenarijev.

3.1 Zakaj? Cilji razdelka.

Z razdelkom preverimo, kako bi se napovedi spremenile čez en teden po enem od naslednjih scenarijev:

- če je dnevno število okuženih še naprej dnevno enako. Scenarij najverjetneje ustreza situaciji brez spremembe obnašanja. Imenujemo ga realistični scenarij.
- če dnevno število okuženih vsak dan naslednjega tedna pade za 3. Scenarij najverjetneje ustreza situaciji ob dvigu osebne odgovornosti ali zaostitvi ukrepov. Imenujemo ga optimistični scenarij.
- če dnevno število okuženih vsak dan naslednjega tedna naraste za 3. Scenarij najverjetneje ustreza situaciji ob padcu osebne odgovornosti ali predčasni sprostivni ukrepov. Imenujemo ga pesimistični scenarij.

3.2 Kaj? Podatki in rezultati.

Rezultati prognoze epidemije po navedenih scenarijih so prikazani v tabelah 3, 4, 5. Ocene, vezane na obremenitev zdravstvenega sistema, so podane v tabelah 6, 7, 8. Slikovni prikaz uporabljenih modelov je na slikah 6 (vhodni podatki scenarijev), 7 (predvideni dnevni prirasti števila okuženih po posameznih scenarijih), 8 (ujemanje modelov s podatki po posameznih scenarijih) in primerjave ocen zanesljivosti modelov po posameznih scenarijih ob predpostavki normalne porazdelitve napak (slika 9), ob predpostavki negativne binomske porazdelitve napak z nepristransko cenilko (slika 10) ter s cenilko maksimalnega verjetja (slika 5). Parametri epidemije so obrazloženi v razdelku 2.2. Zaradi lažje primerjave smo skrajšali pojasnila ob tabelah, ki jih lahko vidite pri tabelah 1 in 2. Modeli ponovnega vzorčenja so pojasnjeni v razdelku 2.3.

Tabela 3: Napoved razvoja epidemije po realističnem scenariju, da je med 4.4.2020 in 10.4.2020 zaznanih enako novih okužb, kot 3.4.2020.

	Osnovni model	Zaznanih	Resnih (20 %)	Kritičnih (5%)	Umrlih (3,4%)	Konec	Datum konca
3*NN	Mediana	3815	763	191	130	224	14.10.2020
	Min 95%	3815	763	191	130	223	13.10.2020
	Max 95%	2707	541	135	92	155	6.08.2020
3*NBN	Mediana	6313	1263	316	215	367	6.03.2021
	Min 95%	3816	763	191	130	223	13.10.2020
	Max 95%	3041	608	152	103	166	17.08.2020
		6092	1218	305	207	339	6.02.2021

Tabela 4: Napoved razvoja epidemije po optimističnem scenariju, da so med 4.4.2020 in 10.4.2020 vsak dan zaznane tri nove okužbe manj kot prejšnji dan.

	Osnovni model	Zaznanih	Resnih (20 %)	Kritičnih (5%)	Umrlih (3,4%)	Konec	Datum konca
3*NN	Mediana	1803	361	90	61	103	15.06.2020
	Min 95%	1779	356	89	60	102	14.06.2020
	Max 95%	1368	274	68	47	72	15.05.2020
3*NBN	Mediana	2742	548	137	93	170	21.08.2020
	Min 95%	1760	352	88	60	97	9.06.2020
	Max 95%	1438	288	72	49	70	13.05.2020
		2351	470	118	80	143	25.07.2020

Tabela 5: Napoved razvoja epidemije po pesimističnem scenariju, da so med 4.4.2020 in 10.4.2020 vsak dan zaznane tri nove okužbe več, kot prejšnji dan.

	Zaznanih	Resnih (20 %)	Kritičnih (5%)	Umrlih (3,4%)	Konec	Datum konca
3*NN	Osnovni model	7148	1430	357	243	20.03.2021
	Mediana	7148	1430	357	243	19.03.2021
	Min 95%	3815	763	191	130	18.09.2020
	Max 95%	21271	4254	1064	723	9.09.2022
3*NBN	Mediana	7372	1474	369	251	21.03.2021
	Min 95%	7148	1430	357	243	19.03.2021
	Max 95%	34483	6897	1724	1172	22.02.2023

Tabela 6: Napoved obremenitev zdravstvenega sistema po realističnem scenariju.

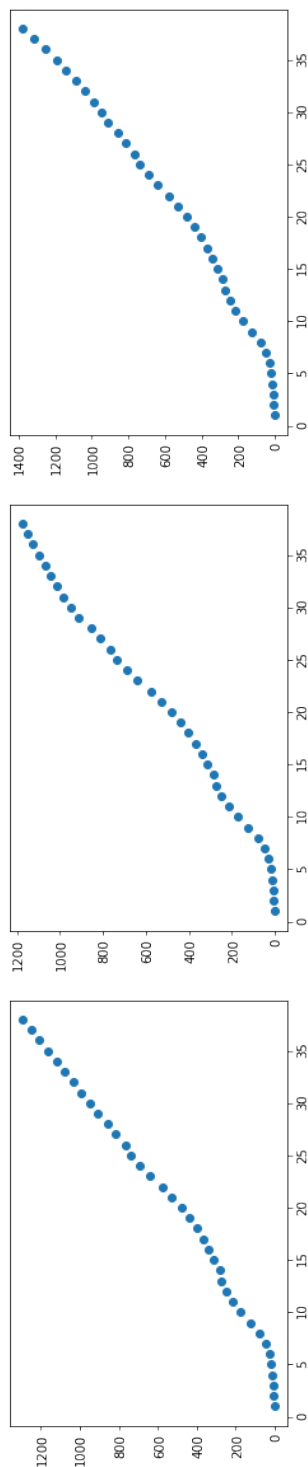
	Vrh	Datum vrha	Infekcijski	Intenzivni
3*NN	Osnovni model	49	257	64
	Mediana	48	256	64
	Min 95%	41	235	58
	Max 95%	80	288	72
3*NBN	Mediana	47	257	64
	Min 95%	44	246	62
	Max 95%	56	288	72

Tabela 7: Napoved obremenitev zdravstvenega sistema po optimističnem scenariju.

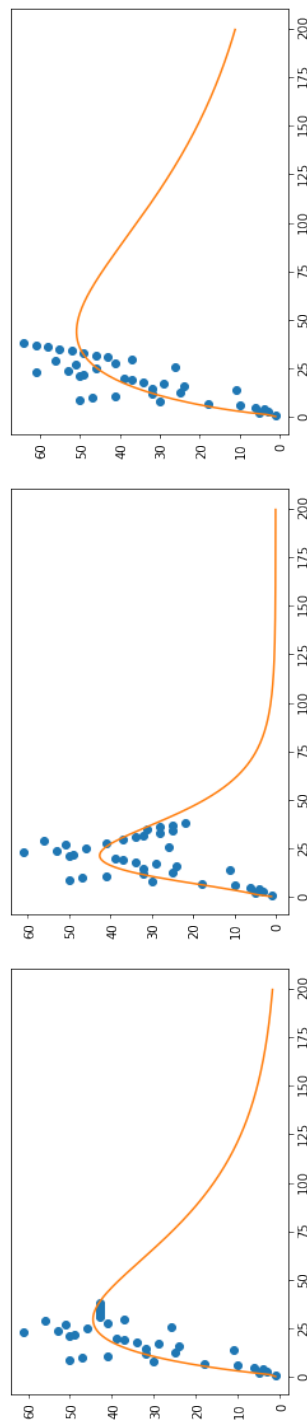
	Osnovni model	Vrh	Datum vrha	Infekcijski	Intenzivni
3* NN	Mediana	40	13.04.2020	221	55
	Min 95%	40	13.04.2020	222	55
	Max 95%	37	10.04.2020	221	50
	Mediana	44	17.04.2020	199	62
3* NBN	Mediana	39	12.04.2020	224	56
	Min 95%	38	11.04.2020	211	53
	Max 95%	41	14.04.2020	237	59

Tabela 8: Napoved obremenitev zdravstvenega sistema po pesimističnem scenariju.

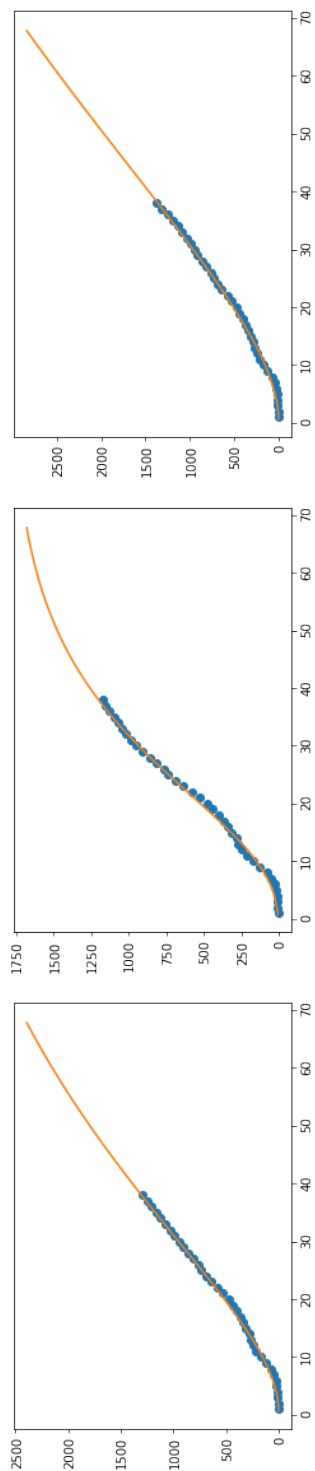
	Osnovni model	Vrh	Datum vrha	Infekcijski	Intenzivni
3* NN	Mediana	61	4.05.2020	300	75
	Min 95%	60	3.05.2020	300	75
	Max 95%	51	24.04.2020	264	66
	Mediana	106	18.06.2020	397	99
3* NBN	Mediana	60	3.05.2020	306	76
	Min 95%	59	2.05.2020	290	72
	Max 95%	136	18.07.2020	473	118
	Mediana	64	7.05.2020	320	80
3*	Min 95%	59	2.05.2020	293	73
	Max 95%	155	6.08.2020	504	126



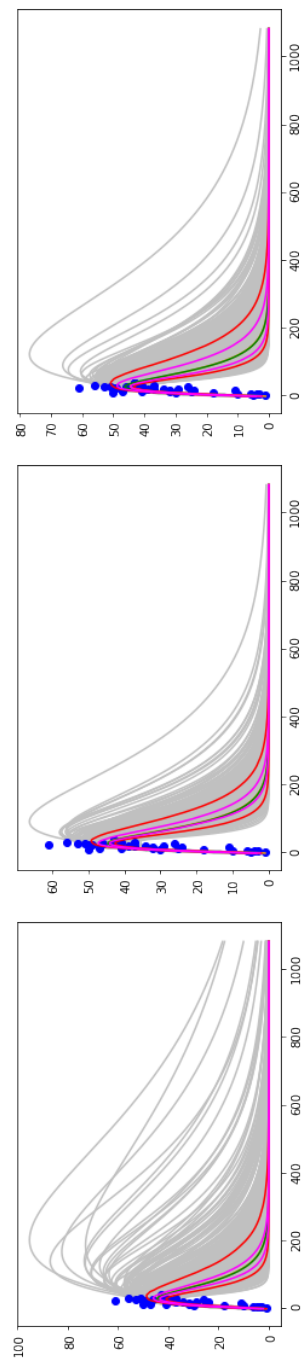
Slika 6: Podatki o številu okuženih dopoljnjeni z realističnim, optimističnim in pesimističnim scenarijem. Na vodoravni osi je dan epidemije, na vertikalni številu vseh zaznanih okužb.



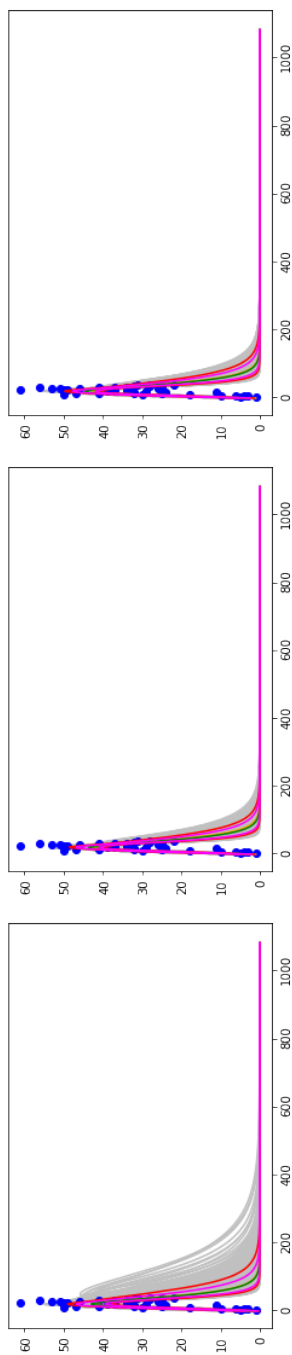
Slika 7: Prirast števila novih zaznanih okužb po dejanskih podatkih realističnega, optimističnega in pesimističnega scenarija in ustrezni Richardsovi modeli rasti. Na vodoravni osi je dan epidemije, na vertikalni število novih zaznanih okužb.



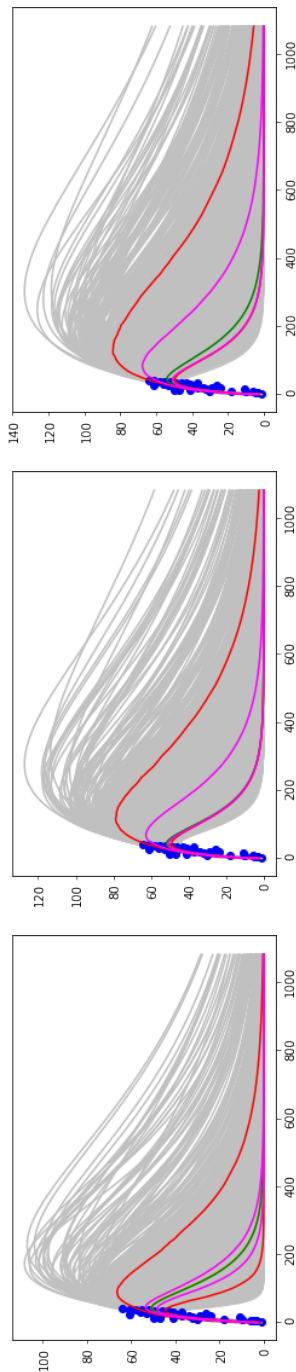
Slika 8: Ujemanje Richardsovega modela rasti s konkretnimi podatki za realističen, optimističen in pesimističen scenarij. Le optimistični nakazuje bližino polovice epidemije. Na vodoravni osi je dan epidemije, na vertikalni število vseh zaznanih okužb.



Slika 9: Ocene zanesljivosti ob predpostavki realističnega scenarija, brez dviga odgovornosti. Pričakovan konec epidemije med avgustom 2020 in avgustom 2021. Na vodoravni osi je dan epidemije, na vertikalni število novih zaznanih okužb.



Slika 10: Ocene zanesljivosti s tremi metodami (po vrsti NN, NBN, NBMV) ob predpostavki optimističnega scenarija dviga odgovornosti, ki vsak dan zmanjša število novih okuženih za 3. Pričakovan konec epidemije med maj 2020 in avgust 2020.



Slika 11: Ocene zanesljivosti s tremi metodami (po vrsti NN, NBN, NBMV) ob predpostavki pesimističnega scenarija popuščanja v odgovornosti, ki se odraži v dnevnem porastu števila okuženih za tri primere več kot prejšnji dan. Pričakovan konec epidemije med septembru 2020 in februar 2023. Na vodoravni osi je dan epidemije, na vertikalni število novih zaznanih okužb.

3.3 Kako? Utemeljitev ocenjevanja s scenariji.

Znanost skuša biti objektivna, realistična, nepristranska. Zato naj ne bi bila usmerjena k ciljem, ker mora biti njen edini cilj čimbolj natančno odkrivanje resničnosti.

V dani situaciji pa se lahko tudi znanost usmeri proti cilju zmanjšanja trpljenja človeštva, ki ga je prizadel skupen problem, pandemija COVID-19. Zato cilj scenarijske analize ni, tako kot pri vrsti drugih, čimbolj natančno napovedovanje gibanja števila okuženih, ampak se kot znanstveniki vživimo v okoliščine odločevalcev, ki se morajo odločiti o sproščanju, ohranjanju ali zaostritvi ukrepov, pa tudi vsakega posameznika, ki trpi zaradi tesnobe, povzročene s spremenjenimi okoliščinami. Najprej razumemo, da je dinamika testiranja nepredvidljiva, zato opaženih podatkov ne vzamemo za suho zlato, ki se mu je treba z modelom čim bolj približati, ampak zgolj kot vzorec, ki se je v slučajnem procesu pokazal v preteklem mesecu. Z razumevanjem modelov, po katerih do tega vzorca pride, izdelamo druge vzorce, ki so manj verjetni, ker se niso zgodili, a bi se lahko zgodili, če bi se okoliščine testiranja nekoliko spremenile (ob identičnih predpostavkah za samo prekuževanje populacije). Za vsakega od njih si pogledamo, kakšna bi bila prihodnost, in na teh napovedih prihodnosti opazujemo parametre, ki nas zanimajo in so predstavljeni v razdelku 2.2.

Izdelano in predstavljeno metodologijo uporabimo za razmislek o ključnem vprašanju vsakega posameznika v dani situaciji: naj ohranjam obstoječe ukrepe, naj bom bolj strikten, bolj odgovoren, bolj pozoren, ali pa naj popustim, ker so obstoječi ukrepi morda prehud. Predpostavimo, da bi se ohranjanje obstoječih ukrepov odrazilo v enakem prirastu okužb, dvig odgovornosti bi se odrazil v upadu novih okužb za tri na dan, popuščanje v odgovornosti pa bi se odrazilo v porastu novih okužb za tri na dan. Poudarjamo, da te predpostavke nimajo znanstvene osnove, ampak gre za intuitivno oceno, izmišljen scenarij. Ta del je ugibanje. Ni pa ugibanje analiza teh scenarijev: pri analizi scenarijev gre za matematično, statistično in epidemiološko utemeljene modele, ki **bi dali izkazane rezultate, če se kateri od opisanih scenarijev uresniči**. Če torej mi, ljudje, poskrbimo, da se scenariji udejanijo, bodo modeli napovedali tako prihodnost, kot je predstavljena v razdelku 3.

3.4 Omejitve

Pri napovedani analizi scenarijev je treba pomisliti na tri vrste omejitev:

- Izvedbene omejitve scenarijske prognoze: glede na opaženo situacijo, da je tekom konca tedna zaznanih manj novih okužb, in glede na inkubacijsko dobo, ki traja nekaj dni, bi izvajanje analiz med tednom verjetno dalo nekoliko bolj optimistične napovedi.
- Pesimistični scenarij ne upošteva, da bo v obdobju, ki ga obravnavamo verjetno razvitih več zdravil in cepiv. Uvedba cepiv bistveno vpliva na vse navedene modele za pesimistični scenarij, deloma tudi za realističnega, na optimističnega pa ne.
- Metodološke omejitve so navedene na ustreznih mestih v celotnem prispevku.
- Psihološke omejitve posameznika, ki ponotranji navedene cilje. Ob uspehu pri doseganju ciljev bo doživljal zanos [2], fazo dobrega počutja ob uspehu. Ob neuspehu bo doživljal tesnobo, stisko zaradi neuspeha. Ključna težava je, da uspeh ni odvisen samo od njega, neuspeh pa je odvisen od cele vrste faktorjev, ki niti niso odvisni samo od ljudi, od posameznikov ali skupnosti, ampak v veliki meri tudi od narave, vremena, mutacij virusa, in vrste dejavnikov, ki jih nihče nima pod kontrolo. Zato je posamezniku priporočena drža: potrdil se bom, skupaj bomo naredili najboljše. Če uspemo, bomo želi vse dobro od uspeha. Če ne uspemo, pa je vsak lahko prepričan, da bi bilo brez njegovega truda v tej zgodbi samo slabše.
- Sociološke, ekonomske in druge omejitve skupnosti. Ob omejevanju medsebojnih stikov skupnost počasi razpada. To še posebej velja za družine, pare, ki so v dani situaciji morda prisiljeni v ločeno življenje, za delovne kolektive, ki se ne bodo videli, za prijatelje, ki se ne bodo mogli srečati. V kolikor lahko stike nadomestimo s tehnologijo, jih ne pozabimo vzdrževati. V kolikor so stiki take narave, da jih s tehnologijo ni mogoče nadomestiti, je smiselno iskati predloge za politiko, da jih čimprej omogoči na varen način. Skupaj pa lahko vsi razmišljamo, kakšni bodo naši stiki avgusta?

4 Navzkrižje interesa.

Pri prispevku smo vsi sodelovali z izrazitim interesom razumeti situacijo, jo pojasniti na čim bolj transparenten način in pomagati odločevalcem in širšemu občinstvu pri razumevanju prognoze epidemije COVID-19 in metodologije za prognozo. Ekipa podjetja DataBitLab d.o.o. je sodelovala tudi v okoliščinah pomanjkanja pritoka novih projektov v upanju, da bomo lahko kljub krizi še naprej živeli od našega znanja.

5 Zahvale.

Zahvaljujemo se Mihaelu Permanu s Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani ter Matjažu Percu in Dominiku Benkoviču s Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru za kritičen pregled prispevka in konstruktivne pripombe. Zahvaljujemo se študentom Blažu Škorjancu, Mateju Pesjaku in Pii Knaus s Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru za pridobivanje prvih različic podatkov.

Literatura

- [1] COVID-19 Sledilnik. Zajeto 5.4.2020.
<https://covid-19.sledilnik.org/#/stats>
- [2] Csikszentmihalyi, Mihaly. Flow: The psychology of happiness. Random House, 2013. Nedavno prevedeno kot "Zanos. Psihologija optimalnega izkustva."

- [3] Levenberg, Kenneth. A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. *Quarterly of applied mathematics* 2, no. 2 (1944): 164–168.
- [4] Marquardt, Donald W. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the society for Industrial and Applied Mathematics* 11, no. 2 (1963): 431–441.
- [5] NIJZ. Dnevno spremljanje okužb s SARS-CoV-2 (COVID-19). Zajeto 3.4.2020. <https://www.nijz.si/sl/dnevno-spremljanje-okuzb-s-sars-cov-2-covid-19>
- [6] Pisces Conservation Ltd., Richards Curve, zajeto 2.4.2020. http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?richards_curve.htm
- [7] Richards, F. J. “A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany* 10, no. 2 (1959): 290–301.
- [8] RTVSlovenija, Milan Krek (NIJZ): Brez ukrepov bi umrlo 90.000 ljudi. Zajeto 6.4.2020. <https://www.rtvsl.si/zdravje/novi-koronavirus/milan-krek-nijz-brez-ukrepov-bi-umrlo-90-000-ljudi/519650>
- [9] Wikipedia. COVID-19 testing. Zajeto 4.4.2020. https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19_testing
- [10] Wikipedia. Carthago delenda est. Zajeto 6.4.2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Carthago_delenda_est
- [11] Wikipedia. Generalised logistic function. Zajeto 3.4.2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Generalised_logistic_function
- [12] Wikipedia. Levenberg–Marquardt algorithm. Zajeto 3.4.2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Levenberg%E2%80%93Marquardt_algorithm
- [13] Wikipedia. Tragedy of the commons. Zajeto 4.4.2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Tragedy_of_the_commons
- [14] Wu, Ke, Didier Darcet, Qian Wang, and Didier Sornette. Generalized logistic growth modeling of the COVID-19 outbreak in 29 provinces in China and in the rest of the world. arXiv preprint arXiv:2003.05681 (2020).
- [15] WHO. WHO Director-General’s opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 3 March 2020. Zajeto 4.4.2020. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19—3-march-2020>
- [16] Worldometers. CoVID-19 Coronavirus Pandemic. Zajeto 3.4.2020. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
- [17] Worldometers. CoVID-19 Coronavirus Pandemic. Zajeto 3.4.2020. <https://www.worldometers.info/coronavirus/coronavirus-symptoms/>
- [18] Zakon o integriteti in preprečevanju korupcije. Zajeto 5.4.2020. <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO5523>, <https://www.kpk-rs.si/nadzor-in-preiskave-2/nasprotje-interesov/>

Alelopatski vpliv izvlečkov iz izbranih tujerodnih invazivnih rastlin na kalitev in rast vrtna kreše

Allelopathic effect of extracts from selected alien invasive plant species on sprouting and growth of garden cress

Nuša Kumin

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

Povzetek

V članku se osredotočamo na alelopatske sposobnosti tujerodnih invazivnih vrst, oziroma na njihovo potencialno zaviranje kalitve in rasti semen vrtna kreše (*Lepidium sativum* L.). Preverjali smo alelopatsko delovanje 6 invazivnih vrst: japonski dresnik (*Fallopia japonica* Houtt.), kanadska zlata rozga (*Solidago canadensis* L.), navadna barvilnica (*Phytolacca americana* L.), peterolistna vinika (*Parthenocissus quinquefolia* Planch.), enoletna suholetnica (*Erigeron annuus* Pers.) in žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera* Royle). Ugotovili smo, da sta kalitev in rast semen vrtna kreše najbolj zavirali vrsti žlezava nedotika in japonski dresnik. Članek je nastal na podlagi diplomskega zaključnega dela pod mentorstvom izr. prof. dr. Nine Šajna in asist. Mirjane Šipek.

Ključne besede: Impatiens, Fallopia, alelokemikalije, Phytolacca, tujerodne vrste

Abstract

This article is focused on allelopathic ability of chosen invasive plant species and their potential impact on growth and development of garden cress (*Lepidium sativum* L.). We gathered 6 plant species: Japanese knotweed (*Fallopia japonica* Houtt), Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.), American pokeweed (*Phytolacca americana* L.), Virginia creeper (*Parthenocissus quinquefolia* Planch), Annual fleabane (*Erigeron annuus* Pers.) and Himalayan balsam (*Impatiens glandulifera* Royle). We found out, that the most negative effect on the seeds and germination on the Garden cress have had Japanese knotweed and Himalayan balsam. Contrary, the most positive effect on Garden cress had Annual fleabane. Article is based on experimental work under supervision of prof. Nina Šajna Ph.D. and assist. Mirjana Šipek.

Key words: Impatiens, Fallopia, allelochemicals, Phytolacca, alien species

1 UVOD

Med več tisoč rastlinami, ki smo jih ljudje razširili po vseh kontinentih, je manjše število med njimi postalo zelo agresivnih, saj se nenadzorovano širijo v naravna okolja. S tem ogrožajo avtohtono biodiverziteteto [14,18] in povzročajo ogromno škode v kmetijstvu in gozdovih [8,15]. Takim rastlinam pravimo, da so invazivne.

Večjo tekmovalno uspešnost invazivnih rastlin v novih okoljih v primerjavi z avtohtonim okoljem je osrednja problematika invazivnih rastlin [3,19]. Raziskovalci ponujajo več možnih hipotez, s katerimi poskušajo pojasniti omenjen [3,4,16,21]. Med predlaganimi razlagami so velika fenotipska plastičnost invazivnih vrst [23,24], izguba naravnih kompetitorjev ali plenilcev [12,16], hitra evolucija tekmovalnih sposobnosti [3,21] in proizvodnje alelopatskih učinkovin [1,4].

Alelopatija je biološki pojav, ki se nanaša na kemično prepletanje med rastlinami. Pri tem se tvorijo sekundarni kemični produkti - alelokemikalije, ki direktno ali indirektno (npr. skozi talno bioto) zavirajo rast in fitnes druge vrste [9]. Eksperimenti kažejo, da imajo kemikalije, ki jih izločajo tujerodne rastline, večji zaviralni učinek na avtohtone vrste kot proti vrstam, ki rastejo v njihovem domačem okolju [2]. Vrste, ki uspevajo v invazivkinem naravnem okolju so namreč že odporne proti njihovim alelokemikalijam, kar pa v večji meri vrste v novem okolju

niso. Iz tega izhaja hipoteza o »novem orožju« oziroma hipoteza o »alelopatski prednosti pred avtohtonimi vrstami« [4,5], kar pomaga razlagati, zakaj so nekatere invazivne rastline sposobne »premagati« rastline, rastoče v okolju, v katerega so vnesene.

Namen članka je ugotoviti, ali neavtohtone invazivne vrste japonski dresnik (*Fallopia japonica* Houtt), kanadska zlata rozga (*Solidago canadensis* L.), navadna barvilnica (*Phytolacca americana* L.), peterolistna vinika (*Parthenocissus quinquefolia* Planch.), enoletna suholetnica (*Erigeron annuus* Pers.) in žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera* Royle) v okolje izločajo alelokemikalije skozi liste ali korenine in kakšen je vpliv alelokemikalij na rast vrtno kreše. Predpostavljali smo, da bodo (1) vodni izvlečki, pripravljene iz listov in korenin izbranih invazivnih rastlin zavirali kalitev semen in rast korenine ter kalčka vrtno kreše. Nadalje smo pričakovali, da bo (2) z večanjem deleža mase ekstrahirane rastlinskega materiala učinek vodnih izvlečkov na kalitev in rast vrtno kreše močnejši.

2 MATERIALI IN METODE

Izbrane tujerodne invazivne vrste

Japonski dresnik je avtohtono razširjen v vzhodni Aziji, v preteklosti je bil sajen v okrasne namene. Navadno tvori goste sestoje ob robu gozdov in obrežjih rek. Kanadska zlata rozga je okrasna rastlina iz Severne Amerike, ki se širi na gozdne jase in redko košene travnike. Navadna barvilnica se je k nam razširila iz Severne Amerike. Je okrasna vrsta, ki podivja in se razširi tudi v naravo. Peterolistna vinika je gojena kot okrasna vzpenjalka in prihaja iz Severne Amerike. Podivjana in naturalizirana je na ruderalnih rastiščih, gozdnih robovih in poplanih gozdovih. Enoletna suholetnica naravno domuje v severni Ameriki. Poseljuje neredno košene travnike, polja in opuščene njive. Žlezava nedotika prihaja k nam iz Himalaje. Raste predvsem na obrežjih rek, v obcestnih jarkih, na zasenčenih mestih ob robu travnikov, v močvirnih gozdovih in na poplavnih območjih [22].

Japonski dresnik, kanadska zlata rozga, navadna barvilnica, peterolistna vinika in enoletna suholetnica so bile nabrane ob poti ob reki Dravi v Mariboru v neposredni bližini Fakultete za naravoslovje in matematiko. Žlezava nedotika je bila nabrana v vasi Gresovščak, ki leži pri mestu Ljutomer. Rastline smo nabirali po končani vegetacijski sezoni v sredini novembra, zaradi česar je rastlinski material že kazal znake senescence (rumenenje listov žlezave nedotike in japonskega dresnika ter rdečenje listov peterolistne vinike). Vrste smo določili in poimenovali po Mali flori Slovenije [13]. Pri vseh vrstah smo nabrali liste, pri žlezavi nedotiki in japonskem dresniku pa tudi korenine.

PRIPRAVA EKSPERIMENTA

Liste in korenine smo pred uporabo oprali in odstranili ostanke prsti. Očiščeni material smo drobno narezali in v čaše s 100 mL destilirane vode zatehtali ustrezno količino rastlinskega materiala, ki se je med občasnim mešanjem ekstrahiralo 30 min. Po 30 minutah smo izvleček prefiltrirali s filter papirjem, da smo dobili bistre izvlečke, s katerimi smo v nadaljevanju zalili semena vrtno kreše. Pripravili smo izvlečke naslednjih koncentracij: 0,1 g, 1 g in 10 g rastlinskega materiala, ki se je ekstrahiralo v 100 mL destilirane vode in jih v nadaljevanju navajamo kot tretmaje 0,1g/100mL, 1g/100mL in 10g/100mL.

V petrijevke smo položili dve plasti filter papirja in nanj odpipetirali 10 mL izvlečkov. Za vsako koncentracijo izvlečka smo naredili dve ponovitvi. V tako pripravljene petrijevke smo enakomerno razporedili 10 semen vrtno kreše, ki smo jih zaprli s parafilmom in tako preprečili prekomerno izhlapevanje vode.

V kontrolnem poskusu smo filter papir z 10 semeni vrtno kreše omočili z 10 mL destilirane vode. Tako smo pripravili šest ponovitev kontrolnih petrijevk.

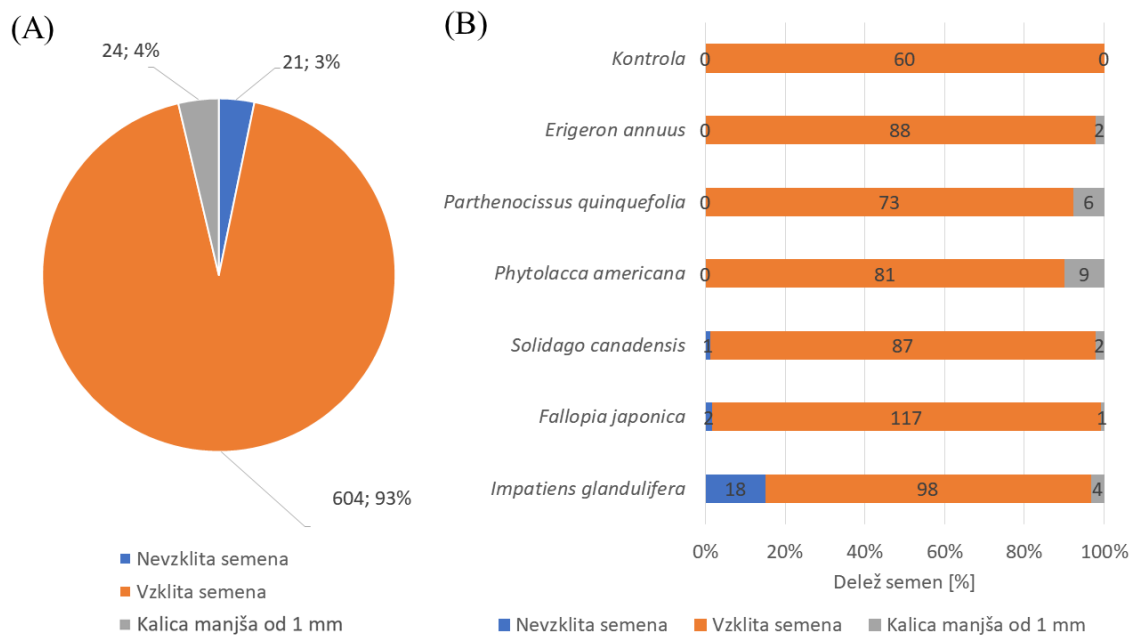
Petrijevke smo postavili v sobo, obrnjeno na jug s 45 % vlago in temperaturo 18 °C. Skupno smo kalili 660 semen vrtno kreše.

ANALIZA PODATKOV

Po pretečenih treh dneh smo zabeležili kaleča semena. Kot vzklito seme smo obravnavali vsa semena, ki jim je počila semenska ovojnica in so imeli korenino, daljšo od 1 mm. Z ravnilom smo izmerili dolžino kalčka in korenine na mm natančno. Rezultati naših meritev so dolžine kalčkov in korenin vrtno kreše, ki so kalile v različnih koncentracijah izvlečkov listov in korenin zgoraj naštetih invazivnih vrst. Z izrisom Q-Q plota smo preverili, ali so podatki normalno porazdeljeni in ali vsebujejo osamelce. Na podlagi izrisa in izračuna simetričnosti in sploščenosti porazdelitve naši podatki bistveno ne odstopajo od normalne.

Razlike v dolžini korenin in kalčkov glede na prisotnost različnih koncentracij izvlečkov smo preverjali z enosmerno analizo variance (ANOVA) in posteriornim testom Fishers least significant difference (LSD), ali so bili rezultati ANOVE signifikantni. Podatke smo analizirali v programih Microsoft Excel in IBM SPSS.

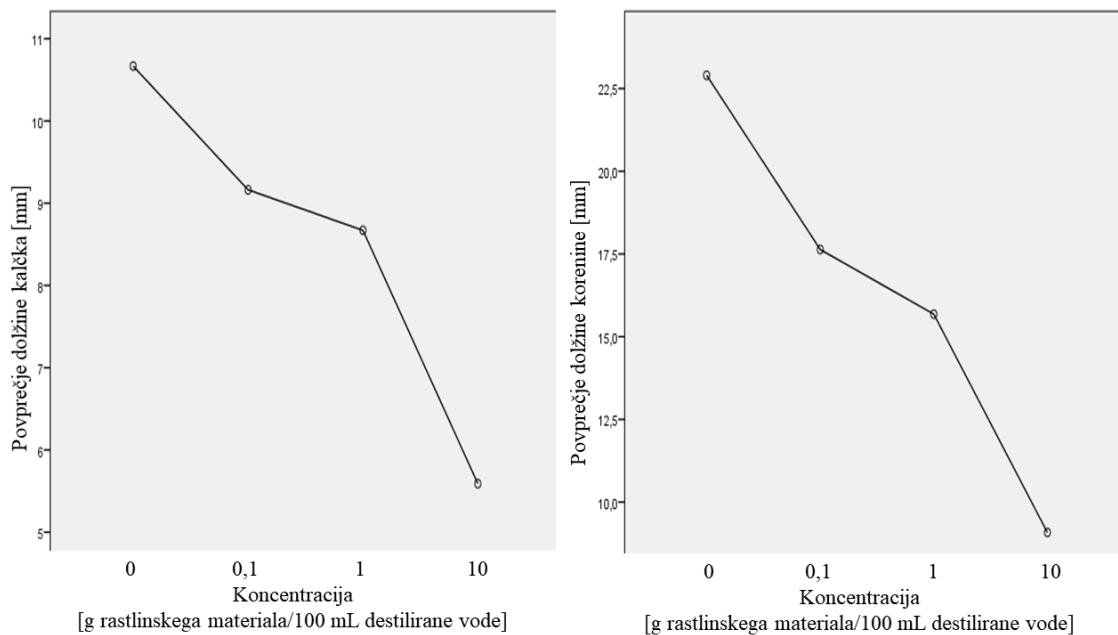
3 REZULTATI



Slika 1: (A) kaljivost semen in (B) kaljivost semen po rastlinah (N=660).

Iz slike 1 (A) razberemo, da je vzklilo 93 % semen. 4 % semen je kalilo, vendar je bila velikost kalice manjša od 1 mm, preostalih 3 % semen ni kalilo; počila ni niti semenska ovojnica. Največ semen ni vzklilo pri izvlečkih iz žlezave nedotike, kalic, manjših od 1 mm pa je bilo največ pri navadni barvilnici (slika 1 (B)).

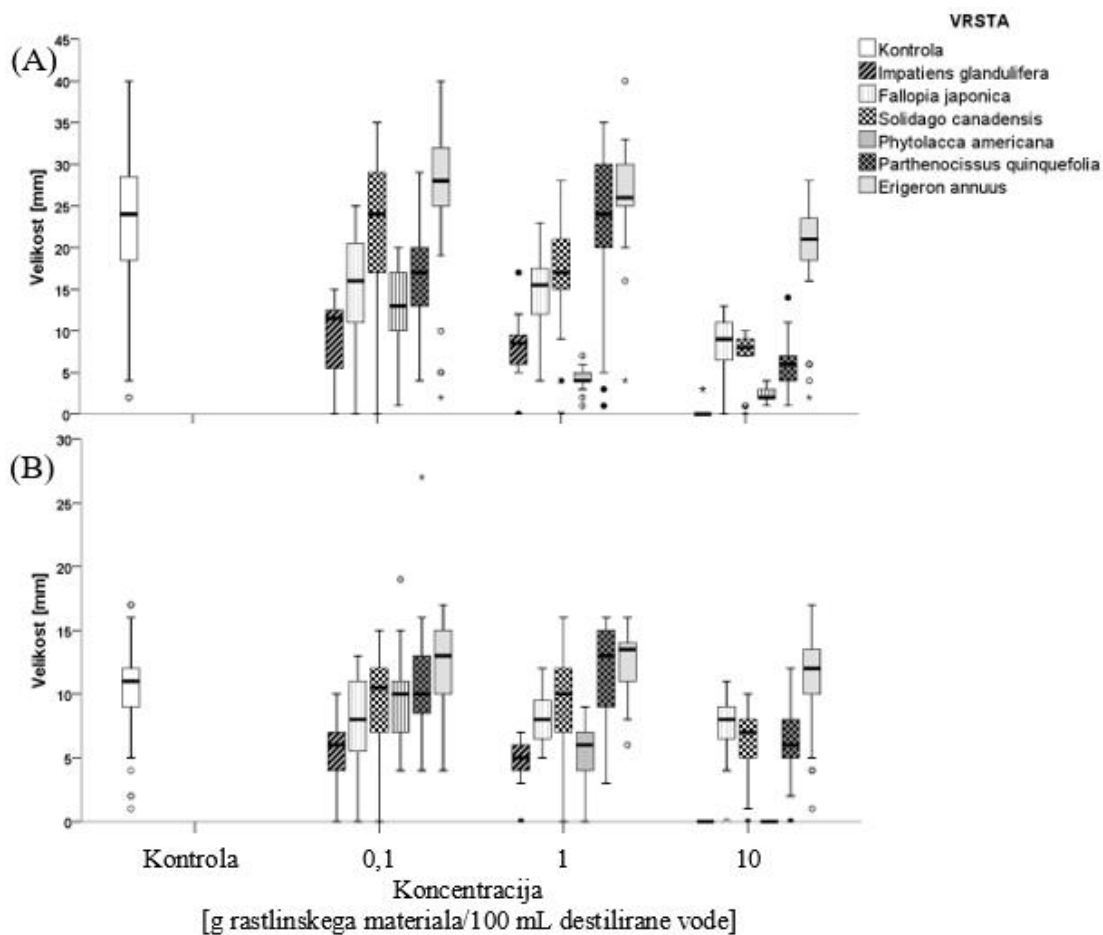
Dolžine korenin ($F = 37,024$ $df1 = 3$ $p < 0,05$) in kalčkov ($F = 51,823$ $df1 = 3$ $p < 0,05$) vrtno kreše so se signifikantno razlikovale med različnimi koncentracijami ekstraktov (slika 2), kar potrjujejo tudi vrednosti Post Hoc testa, prikazane v preglednici 1.



Slika 2: Graf padanja povprečnih dolžin (A) kalčkov in (B) korenin semen vrtno kreše v odvisnosti od koncentracije izvlečka.

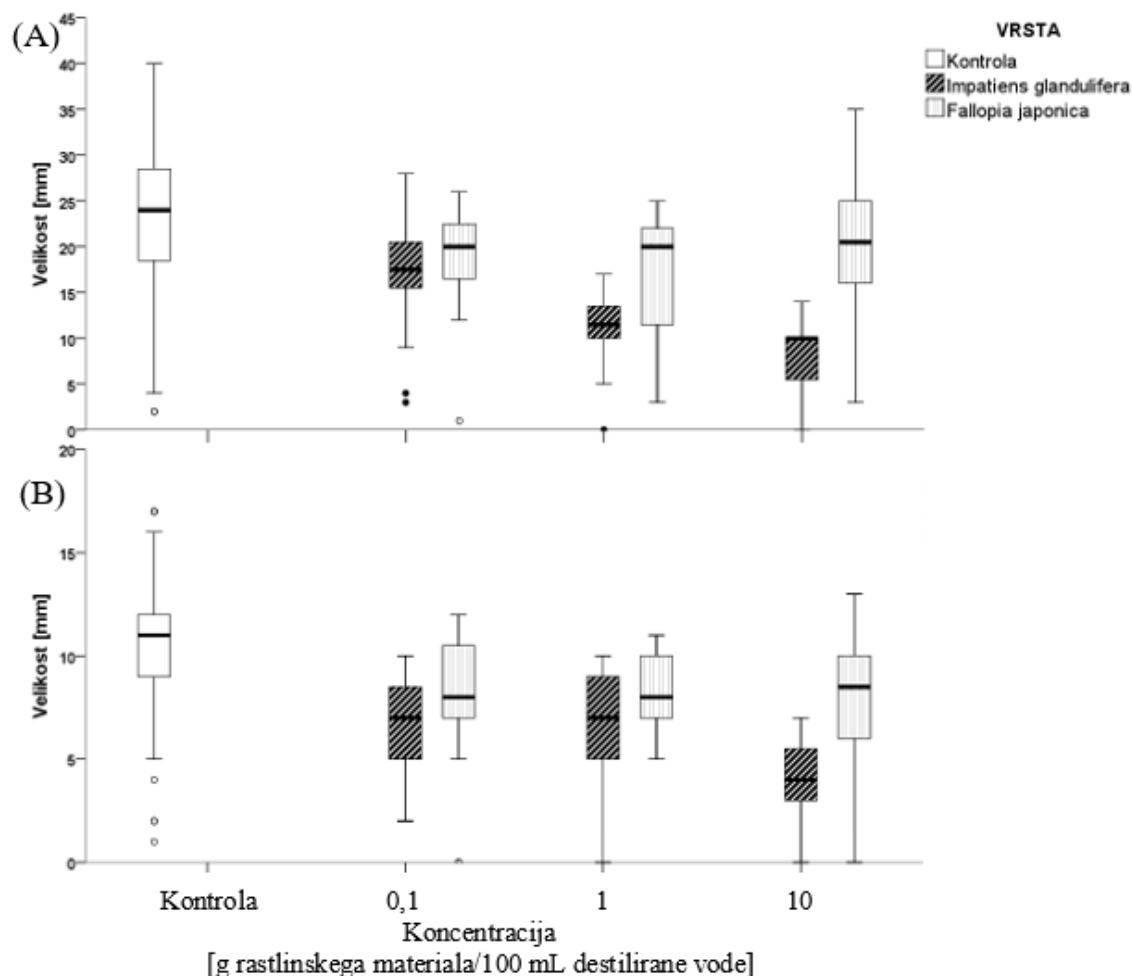
Tabela 1: Diagonalna matrika p vrednosti primerjave dolžin kalčkov (pod diagonalo) in korenin (nad diagonalo) vrtno kreše med posameznimi tretmaji.

	Kontrola	0,1g/100 mL	1g/100mL	10g/100mL
Kontrola		<0,0001	<0,0001	<0,0001
0,1g/100 mL	0,012		0,025	<0,0001
1g/100mL	0,001	0,230		<0,0001
10g/100mL	<0,0001	<0,0001	<0,0001	



Slika 3: Primerjava dolžine (A) korenin in (B) kalčkov vrtno kreše, rastočih v kontrolnem poskusu in različno koncentriranih izvlečkih listov invazivk.

Iz rezultatov sklepamo, da imajo listi žlezave nedotike največji učinek na vrtno krešo (slika 3), saj so semena slabo kalila (pri koncentraciji 10g/100mL samo 5 % kaljivost, pri preostalih izvlečkih kaljivost nad 85 %) in rasla v vseh koncentracijah. Podoben trend je opaziti tudi pri navadni barvilnici. Nasprotno od tega pa presenečajo rezultati enoletne suholetnice, saj je pri vseh koncentracijah vrtna kreša rasla bolje kot pri kontroli.



Slika 4: Primerjava dolžine (A) korenin in (B) kalčkov vrtno kreše, rastočih v kontrolnem poskusu in v različno koncentriranih izvlečkih korenin žlezave nedotike in japonskega dresnika.

Izvlečki korenin japonskega dresnika nimajo večjega vpliva na rast kalice vrtno kreše, rezultati ne odstopajo bistveno od kontrole (slika 4). Pri izvlečkih iz korenin žlezave nedotike pa se z naraščanjem koncentracije velikost kalčkov in korenin vrtno kreše zmanjšuje.

5 RAZPRAVA

Z rezultati naše raziskave smo pokazali, da vodni izvlečki iz listov in korenin tujerodnih invazivnih rastlin zavirajo kalitev semen in rast kalic vrtno kreše. Učinek vodnih izvlečkov se je povečal z zvišanjem koncentracije le teh.

Najslabše so kalila semena ob najvišji koncentraciji vodnega izvlečka iz listov žlezave nedotike, vzkalilo je samo 5 % semen vrtno kreše. Gruntman, Pehl, Joshi, & Tielbörger (2014) poročajo, da je žlezava nedotika alelopatska rastlina, ki vpliva tako na nadzemne kot na podzemne dele rastlin, ki rastejo v njeni bližini, kar potrjuje rezultate, ki smo jih pridobili tekom eksperimenta. Podobno so sklenili tudi v raziskavi Judith Bieberich idr. iz leta 2018, kjer je žlezava nedotika negativno vplivala na rast vseh štirih obravnavanih vrst. Podoben trend je opaziti tudi ob prisotnosti navadne barvilnice, kjer je vzkalilo v povprečju 36,7 % semen vrtno kreše. O

podobnih rezultatih poročajo tudi iz raziskave, ki so jo izvedli na Kitajskem [25], v kateri so preverjali vpliv ekstraktov navadne barvilnice na kalitev štirih vrst semen.

Ravno nasprotno, torej pozitivno, je na semena vrtna kreše vplivala enoletna suholetnica. Pri vseh koncentracijah je vrtna kreša dosegala večje povprečne velikosti kot pri kontroli, vendar se je s koncentracijo povprečna velikost kalčkov in korenin zmanjševala. V raziskavi, ki so jo izvedli na Kitajskem, so ugotovili, da enoletna suholetnica zavira kalitev in rast vrtna kreše [10], vendar pa niso zasledili, da bi izvlečki vplivali na rast pozitivno. Sklepamo, da razlike morda izvirajo iz različnega časa nabiranja rastlinskega materiala, saj smo liste suholetnice nabirali pozno v jeseni. Vendar pa so rastline kljub temu imele zdrave zelene liste brez znakov staranja in so posamično tudi cvetele.

Presenetili so tudi podatki, ki kažejo, da izvleček iz 10g/100mL iz rastline peterolistna vinika ugodno vpliva na rast kalčkov vrtna kreše. Med tem pa tretma z 0,1g/100mL in 10g/100mL zavirata rast kalčkov. Vendar pri nobeni koncentraciji kalčki ne dosegajo višjih maksimalnih dolžin kot pri kontroli. V nobeni najdeni raziskavi niso zasledili podobnih učinkov, marveč samo manjšanje dolžin v sorazmerju z večanjem koncentracije [11].

Z naraščanjem koncentracije izvlečkov iz korenin žlezave nedotike velikost korenin semen vrtna kreše pada. Srednja velikost kalčka se ne spreminja bistveno med koncentracijama 0,1g/100mL in 1g/100mL, se pa zato zelo zmanjšajo minimalne vrednosti. Pri testiranju izvlečkov iz korenin na vzklitje in rast solate so v raziskavi ugotovili, da koncentracija vpliva bolj na velikost korenin in kalčkov solate kot na samo vzklitje [20], kar smo opazili tudi mi v naši raziskavi. Pri vrsti japonski dresnik pa se srednje vrednosti velikosti gibljejo okrog 20 mm, vendar se s koncentracijo povečujeta tudi minimalna in maksimalna velikost korenin semen vrtna kreše. Enak trend je opaziti tudi pri kalčkih. S temi podatki lahko potrdimo drugo hipotezo, ki pravi, da je z večanjem deleža mase ekstrahirane rastlinskega materiala, učinek vodnih izvlečkov na kalitev in rast vrtna kreše močnejši in delno potrdimo prvo hipotezo, ki prevede, da bodo vodni izvlečki, pripravljene iz listov in korenin izbranih invazivnih rastlin, zavirali kalitev semen in rast korenine ter kalčka vrtna kreše, saj so nekateri izvlečki vplivali tudi pozitivno na rast in razvoj vrtna kreše.

Vdor invazivnih rastlin je odgovoren za velik obseg trenutnega zmanjšanja pestrosti in prilagajanja okolja, saj imajo invazivne rastline različne mehanizme za vdiranje na nova ozemlja, med drugim tudi alelopatijo, ki ima pri tem pomembno vlogo, kar navajajo mnogi avtorji [3,9,17,19]. Med invazijo te rastline sproščajo alelokemikalije, ki vplivajo na različne primarne in sekundarne fiziološke procese in na mikroorganizme v prsti. Glede na rezultate naše raziskave predvidevamo, da ima žlezava nedotika največji potencial zaviranja kalitve in rasti okoliških rastlin. To lahko vodi v osiromašenje avtohtone flore in posledično degradacije ekosistemov.

PREDLOGI ZA IZBOLJŠAVE

Za kaljenje bi lahko uporabili še druga semena, kot so semena kopriv in trav, ki se naravno pojavljajo okrog teh rastlin, da bi preučili vpliv alelokemikalij na dejanske »sosede« v okolju. Predhodno bi lahko tudi sterilizirali semena vrtna kreše; s tem bi preprečili rast mikroorganizmov iz spor, vendar pa steriliziranje semen načeloma povzroči kasnejšnje vzklitje semen. Glede na to, da poskus že vsebuje korenine dveh rastlinskih vrst, bi bilo smotno v nadaljnji analizi uporabiti tudi korenine preostalih vrst.

ZAHVALA

Za usmerjanje pri snovanju eksperimenta se zahvaljujem izr. prof. dr. Nini Šajna. Zahvaljujem se tudi asist. Mirjani Šipek, ki mi je pomagala pri pripravi eksperimenta. Najlepša hvala obema za pomoč, podporo in za usmerjanje pri obdelovanju podatkov.

Literatura

- [1] Bais, H. P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Callaway, R. M., & Vivanco, J. M. (2003). Allelopathy and Exotic Plant Invasion: From Molecules and Genes to Species Interactions. *Science*, 301(5638), 1377. <https://doi.org/10.1126/science.1083245>
- [2] Bieberich, J., Lauerer, M., Drachler, M., Heinrichs, J., Müller, S., & Feldhaar, H. (2018). Species- and developmental stage-specific effects of allelopathy and competition of invasive *Impatiens glandulifera* on co-occurring plants. *Plos one*, 13(11), e0205843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205843>
- [3] Blossey, B., & Notzold, R. (1995). Evolution of Increased Competitive Ability in Invasive Nonindigenous Plants: A Hypothesis. *Journal of Ecology*, 83(5), 887–889. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2261425>
- [4] Callaway, R. M., & Aschehoug, E. T. (2000). Invasive Plants Versus Their New and Old Neighbors: A Mechanism for Exotic Invasion. *Science*, 290(5491), 521. <https://doi.org/10.1126/science.290.5491.521>
- [5] Cappuccino, N., & Arnason, J. (2006). Novel chemistry of invasive exotic plants. *Biology letters*, 2, 189–193. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2005.0433>
- [6] Gruntman, M., Pehl, A. K., Joshi, S., & Tielbörger, K. (2014). Competitive dominance of the invasive plant *Impatiens glandulifera*: Using competitive effect and response with a vigorous neighbour. *Biological Invasions*, 16(1), 141–151. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0509-9>
- [7] Hierro, J. L., & Callaway, R. M. (2003). Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil*, 256(1), 29–39. <https://doi.org/10.1023/A:1026208327014>
- [8] Holmes, T. P., Aukema, J. E., Holle, B. von, Liebhold, A. M., & Sills, E. O. (2009). Economic impacts of invasive species in forests: Past, present, and future. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1162, 18–38.
- [9] Inderjit, & del Moral, R. (1997). Is separating resource competition from allelopathy realistic? *The Botanical Review*, 63(3), 221–230. <https://doi.org/10.1007/BF02857949>
- [10] Junhong, L., Shengni, T., & Weiwei, D. (2007). Preliminary Study on the Allelopathy of Alien *Erigeron annuus*. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 17.
- [11] Liu, M., Xu, G., Wang, H., & Zhu, X. (2008). The invasive characteristic of *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 17, 234–237.

- [12] Maron, J. L., Vilà, M., Bommarco, R., Elmendorf, S., & Beardsley, P. (2004). Rapid evolution of an invasive plant. *Ecological Monographs*, 74(2), 261–280. <https://doi.org/10.1890/03-4027>
- [13] Martincic, Andrej., & Ravnik, Vlado. (2007). *Mala flora Slovenije: Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije. /z-wcorg/.
- [14] Nentwig, W. (2007). *Biological Invasions*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [15] Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52, 273–288.
- [16] Richardson, D., & Pyšek, P. (2007). Elton, C.S. 1958: The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen. *Progress in Physical Geography - PROG PHYS GEOG*, 31, 659–666. <https://doi.org/10.1177/0309133307087089>
- [17] Ridenour, W. M., Vivanco, J. M., Feng, Y., Horiuchi, J., & Callaway, R. M. (2008). No evidence for trade-offs: Centaurea plants from America are better competitors and defenders. *Ecological Monographs*, 78(3), 369–386. <https://doi.org/10.1890/06-1926.1>
- [18] Sala, O. E., Stuart Chapin, F., III, Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Wall, D. H. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287(5459), 1770. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- [19] Siemann, E., & Rogers, W. E. (2003). Increased competitive ability of an invasive tree may be limited by an invasive beetle. *Ecological Applications*, 13(6), 1503–1507. <https://doi.org/10.1890/03-5022>
- [20] Smith, O. P. (2013). *Allelopathic potential of the invasive alien Himalayan balsam (Impatiens glandulifera Royle)*.
- [21] Stockwell, C. A., Hendry, A. P., & Kinnison, M. T. (2003). Contemporary evolution meets conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(2), 94–101. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)00044-7)
- [22] Strgulc-Krajšek, S., Bačič, M., & Jogan, J. (2016). *Invazivne tujerodne rastline v Mestni občini Ljubljana*. Mestna občina Ljubljana, Mestna uprava, Oddelek za varstvo okolja. Pridobljeno s <https://books.google.si/books?id=2pKnAQAAAJ>
- [23] Thompson, J. D., McNeilly, T., & Gay, A. J. (1991). Population variation in *Spartina anglica* C. E. Hubbard. *New Phytologist*, 117(1), 115–128. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1991.tb00951.x>
- [24] Williams, D. G., Mack, R. N., & Black, R. A. (1995). Ecophysiology of Introduced *Pennisetum Setaceum* on Hawaii: The Role of Phenotypic Plasticity. *Ecology*, 76(5), 1569–1580. <https://doi.org/10.2307/1938158>
- [25] Yan, X., Zhang, B., Zhou, B., Wang, N., & Yang, J. (2012). Allelopathic activity of the extract from *Phytolacca americana*-an invasive alien plant. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 28(2), 139–145.

Odziv senzorične preje na temperaturo, vlago in obremenitev

The response of the sensory yarn to temperature, humidity, and load

Melani Potrč¹, Luka Benkovič¹, Daniela Zavec², Mitja Slavinec¹, Eva Klemenčič¹

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

²TITERA, tehnično inovativne tehnologije, d.o.o., Mondova ulica 59, 2212 Šentilj, Slovenija

Povzetek

Pri razvoju pametnih tekstilnih izdelkov so pomembni dejavniki funkcionalnost, tržnost in varnost uporabe. Zagotavljanje varnosti je še posebej odločilno pri pametnih tekstilnih izdelkih, ki sestavljajo zaščitni oblačilni sistem za uporabo v ekstremnih pogojih. En od sestavnih delov so senzorične preje, ki lahko zaznajo spremembo zunanjih dejavnikov, kot sta temperatura in vlaga. V prispevku opisujemo rezultate testiranja dveh vzorcev senzoričnih prej, ki se uporabljata pri razvoju pametnih tekstilnih materialov in izdelkov. Obravnavamo odziv senzorične preje na spreminjanje temperature in vlage ter vpliv statične in dinamične obremenitve. Rezultati kažejo, da vzorca senzoričnih prej omogočata meritev spremembe relativne vlage v okolici.

Ključne besede: senzorična preja, testiranje, pametni tekstilni izdelki, vpliv temperature, vpliv vlage, vpliv obremenitve

Abstract

Functionality, marketability, and safe use are three main factors, which must be considered in the development of smart textile products. Safety is particularly emphasized, in designing protective clothing systems for use in extreme conditions. One of the components of a protective clothing system is also sensory yarns. Sensory yarns can detect changes in external factors such as temperature and humidity. In this paper, we present the results of experimental measurements of sensory yarn used in the development of smart textile materials and products. We test two samples of sensory yarn with a focus on its response to the temperature change and the impact of moisture, as well as the impact of static and dynamic load. Our results show that tested sensory yarns can be used to measure the relative change of moisture.

Key words: sensory yarn, testing, smart textile, impact of temperature, impact of moisture, impact of load

1 UVOD

Tekstilna industrija ima velik pomen na vsakdanje življenje, saj tekstilni izdelki vplivajo na počutje in posledično na delovno storilnost vsakega posameznika. Pri razvoju tekstilnih izdelkov so ključni dejavniki kakovost in varnost uporabe izdelka, udobnost nošenja in toplotno udobje. Na slednje poleg sestave tekstilnega izdelka in toplotno izolacijskih lastnosti vplivajo tudi zunanji dejavniki, kot so na primer temperatura in vlažnost okolice ter telesna aktivnost uporabnika. V tekstilni industriji se kot enota za toplotno izolacijo oblačilnega sistema (C) uporablja »Clo«, pri čemer 1 Clo pomeni toplotno izolacijo oblačila, ki zagotavlja toplotno ravnovesje osebe v mirovanju v prostoru s temperaturo 21 °C, in ustreza 0,155 Km²/W [6]. Toplotna izolacija se večja z večanjem debeline oblačila (d) in manjša z večanjem toplotne prevodnosti (λ) $C = d/\lambda$. Za večino ljudi, ki opravljajo sedeče delo v oblačilih s toplotno izolacijo med 0,6 Clo in 1 Clo, velja, da so v toplotnem udobju pri operativni temperaturi med 20 °C in 26 °C. V ekstremnih zunanjih pogojih, naj gre za zelo nizke temperature ali zelo visoke temperature, je zagotavljanje toplotnega udobja posameznika ključnega pomena tudi iz

E-mail naslov/i: melani.potrc@student.um.si (Melani Potrč), luka.benkovic@student.um.si (Luka Benkovič), daniela@titera.tech (Daniela Zavec), mitja.slavinec@um.si (Mitja Slavinec), eva.klemencic@um.si (Eva Klemenčič)

zdravstvenega vidika. Če temperatura telesnega jedra pade pod 35 °C pride do hipotermije, ki jo lahko spremlja srčni zastoj, možganske poškodbe in smrt. Podobno temperature telesnega jedra nad 42 °C vodijo v možganske poškodbe in v nekaterih primerih smrt [16]. Za vzdrževanje ustrezne telesne temperature se je v začetku 20. stoletja pričel razvoj pametnih tekstilnih izdelkov za ogrevanje. Pametni tekstilni materiali in izdelki so po Evropskem odboru za standardizacijo [8] opredeljeni kot funkcionalni tekstilni materiali, ki se odzivajo ali prilagajajo na spremembe v svoji okolici.

Kot prvi primer pametnega tekstilnega izdelka za ogrevanje lahko pripišemo patentu za integracijo grelnih žic v rokavice [12], namenjene pilotom. Pomemben mejnik je postavil patent iz leta 1936, ki opisuje metodo za izdelavo multifilamentne kovinske preje [11], in je prispeval k razvoju grelnih tekstilij z integriranimi grelnimi žicami iz niklja, železa, kroma in nerjavečega jekla [2,4]. Razvoj pametnih tekstilnih izdelkov se je pospešil leta 1977 z razvojem prevodnih polimerov [15].

Prvotno so pametni tekstilni izdelki za ogrevanje bili namenjeni predvsem uporabnikom v ekstremnih razmerah, kot so piloti, gasilci, vojaki, reševalci. Dandanes se je zaradi nižanja cene izdelave in posledično cene končnega produkta trg končnih uporabnikov razširil tudi na profesionalne in rekreativne športnike. Pogost izdelek na trgu so na primer rokavice in nogavice s funkcijo ogrevanja, ki se uporabljajo za zagotavljanje toplotnega udobja končnega uporabnika [5]. Zaradi hitrega razvoja tekstilnih izdelkov za ogrevanje [5,9,17] prihaja do zamika v nadzoru kakovosti in varnosti. Na trgu najdemo tudi tekstilne izdelke s funkcijo ogrevanja brez vgrajenih senzoričnih elementov, ki bi sproti nadzorovali temperaturo. Slednje lahko vodi do pregretja in samovžiga [1]. Za zagotavljanje varnosti in izboljšanje kvalitete tekstilnih izdelkov se lahko uporablja senzorična preja, ki se vsiže v tekstilije [1,14]. V zadnjih letih je v tekstilni industriji opazen trend integracije senzoričnih elementov v tekstilne izdelke. Govorimo o panogi pametnega tekstilstva, pri čemer lahko pametne tekstilne izdelke ločimo glede na odzivnost na pasivne in aktivne. Pasivni pametni tekstilni izdelki se uporabljajo za pridobivanje informacij, na primer temperature, srčnega utripa, vlage, položaja telesa in frekvence dihanja, vendar se na te ne odzovejo. Pri aktivnih pametnih tekstilnih izdelkih velja, da glede na pridobljeno informacijo sprožijo odziv, ki se lahko pozna v spremembi delovanja izdelka.

V prispevku obravnavamo delovanje dveh prototipov senzoričnih prej in potencialno integracijo v pametne tekstilne izdelke s funkcijo ogrevanja. V ta namen izvedemo meritve, s katerimi preverimo odziv električnega upora senzorične preje na spremembo zunanje temperature in vlažnosti ter vpliv statične in dinamične obremenitve na električni upor senzorične preje.

2 SENZORIČNA PREJA

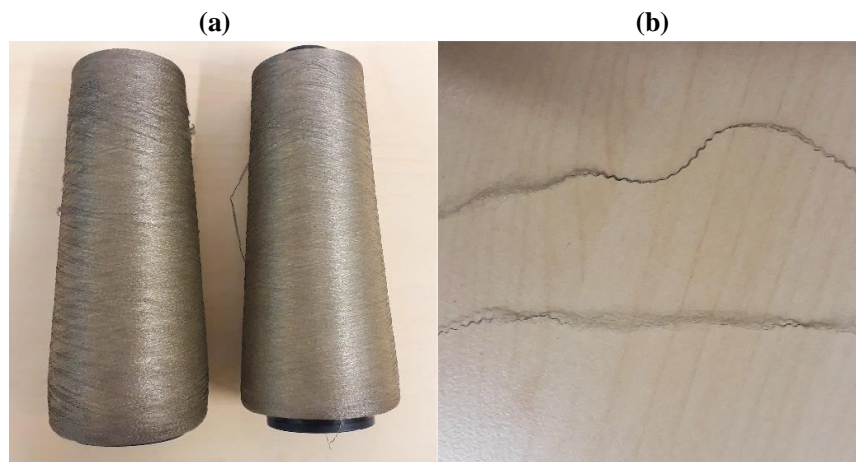
Teoretično ozadje delovanja senzorične preje lahko razložimo na primeru električnega vodnika. Električni upor vodnika (R) je odvisen od specifične upornosti materiala (ξ), iz katerega je vodnik sestavljen, dolžine vodnika (L) in prečnega preseka (S). Daljši kot je vodnik, večji je električni upor, medtem ko večji prečni presek vodnika vodi v zmanjšanje električnega upora:

$$R = \xi \frac{L}{S}. \quad (1)$$

Splošno velja, da so specifična upornost, dolžina in prečni presek temperaturno odvisne količine. Specifična upornost se običajno podaja pri temperaturi 20 °C in narašča z večanjem temperature ter pada z večanjem vlage. Dolžina in prečni presek vodnika sta premo sorazmerna s temperaturo in odvisna od koeficienta temperaturnega raztezka. Z meritvijo električnega upora vodnika lahko tako pridobimo informacijo o temperaturi in vlagi v okolici. Podobno velja za senzorično prejo, pri čemer se je treba zavedati, da specifična upornost preje ni nujno

konstantna po celotni dolžini preje. Slednje je odvisno od procesa in kakovosti proizvodnje senzorične preje.

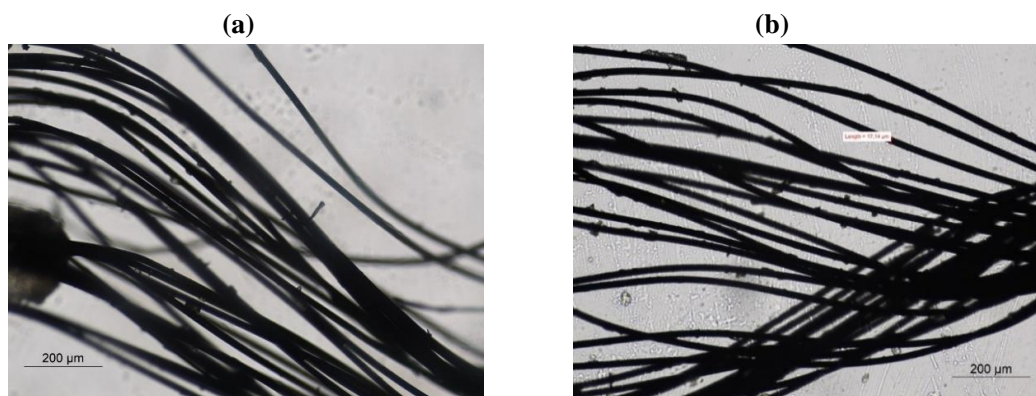
Meritve vpliva temperature, vlage in obremenitve na električni upor senzorične preje izvedemo na dveh prototipnih vzorcih, ki ju posreduje podjetje Titera: vzorec A in vzorec B (slika 1a). Če senzorični preji razpnemo, lahko s prostim očesom zaznamo, da sta sestavljeni iz več vlaken (slika 1b).



Slika 1: a) Vzorca senzoričnih prej. b) Senzorično prejo sestavlja več vlaken.

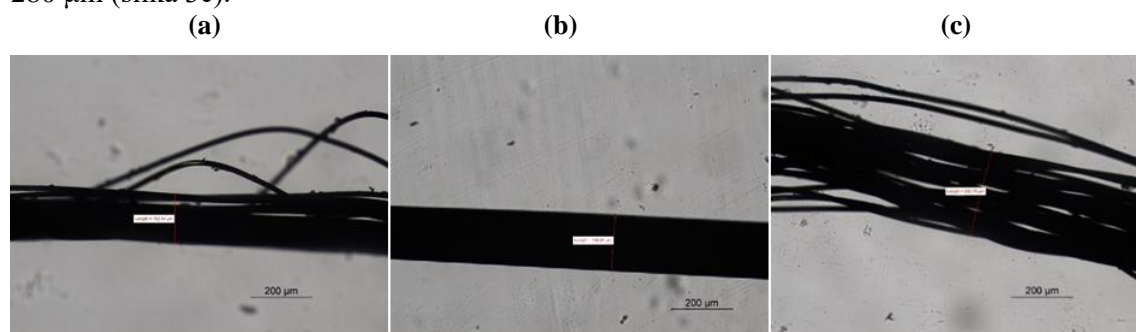
Za uporabo senzorične preje v realni aplikaciji potrebujemo informacije o električnem uporu preje v začetnem referenčnem stanju. Iz enačbe (1) vidimo, da je električni upor odvisen od dolžine senzorične preje v samem izdelku, zato je za različne integracije smiselno določiti podatek o specifični upornosti preje. Ker za vzorca senzoričnih prej nimamo podanih tehničnih specifikacij, najprej določimo debelino vzorcev.

Z optičnim mikroskopiranjem potrdimo, da sta senzorični preji sestavljeni iz več električno prevodnih vlaken. Če pod mikroskopom pregledamo senzorično prejo, ki jo predhodno razpnemo (slika 1b), lahko določimo premer posameznih vlaken (slika 2). Ugotovimo, da imajo vlakna različne premere, kar je lahko posledica tega, da vlakna niso enakomerno napeta, hkrati pa so vlakna različno oddaljena od objektiva mikroskopa. S pomočjo programa ImageJ, ki omogoča zajem slike pod mikroskopom in njihovo obdelavo ter analizo, določimo povprečno vrednost premera posameznega vlakna. Povprečen premer vlakna za vzorec A znaša 18 μm , za vzorec B pa 17 μm .



Slika 2: Mikroskopiranje vzorca senzorične preje a) A in b) B. Opazna je struktura preje iz tanjših vlaken. Premer manjšega vlakna je ocenjen na 18 μm za vzorec A in 17 μm za vzorec B.

Premer vzorcev senzoričnih prej določimo za dve stanji, napeto in nenapeto prejo. V napetem stanju je ocenjen premer vzorca A 160 μm , vzorca B pa 180 μm (slika 3a,b). Premera se razlikujeta za približno 20 μm . V nenapetem stanju premer senzorične preje A znaša okrog 280 μm (slika 3c).



Slika 3: Mikroskopiranje vzorca senzorične preje: a) vzorec A v napetem stanju, b) vzorec B v napetem stanju in c) vzorec A v nenapetem stanju.

Za izračun specifične upornosti najprej preverimo, kako se upor senzorične preje spreminja z dolžino. Z ohmmetrom izmerimo električni upor različnih dolžin senzorične preje. Meritve potrjujejo, da je električni upor linearno odvisen od dolžine preje. Ob predpostavki, da se presek senzoričnih prej, določen z mikroskopiranjem, z dolžino ne spreminja, specifični upornosti za prejo A (ξ_A) in B (ξ_B) ocenimo iz enačbe (1):

$$\xi_A = (6,6 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \Omega\text{m},$$

$$\xi_B = (8,8 \pm 0,6) \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}.$$

Za primerjavo specifična upornost pri 20 $^{\circ}\text{C}$ znaša $6,9 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$ za nerjaveče jeklo in $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ za nikrom (NiCr). Za grafit se vrednosti specifične upornosti gibljejo med $2,5 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ do $5,0 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ [3,13].

3 MERITVE

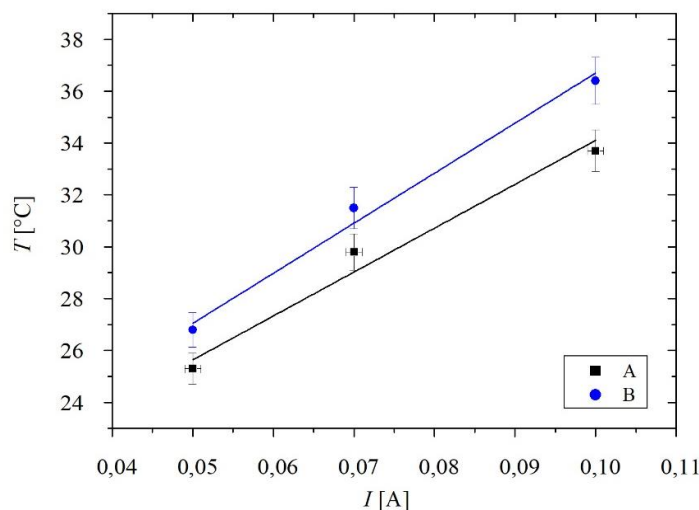
3.1 Odziv senzorične preje na temperaturo

Najprej analiziramo, kako se senzorična preja segreje, ko skozi njo teče električni tok. Meritev izvedemo s toplotno kamero FLIR T400, ki meri oddano elektromagnetno valovanje v infrardečem spektru. Ko se temperatura senzorične preje pri določenem toku več ne spreminja, iz termograma izračunamo povprečno temperaturo vzdolž preje. Postopek ponovimo pri treh vrednostih električnega toka (I) na obeh vzorcih preje A in B dolžine 0,40 m. Pričakujemo, da se bo temperatura senzorične preje linearno povečevala z večanjem električnega toka kot posledica pretvorbe električnega dela v toploto. Rezultati so podani v tabeli (1). Temperatura prostora v času meritev je bila 23 °C.

Tabela 1: Povprečna temperatura prej A in B glede na jakost električnega toka.

I [mA]	Povprečna temperatura vzdolž preje [°C]	
	Preja A	Preja B
50 ± 2	$25,3 \pm 0,5$	$26,8 \pm 0,5$
70 ± 2	$29,8 \pm 0,6$	$31,5 \pm 0,6$
100 ± 2	$33,7 \pm 0,7$	$36,4 \pm 0,7$

Na podlagi rezultatov opazimo, da se preja B pod enakim električnim tokom segreje do višje temperature kot preja A, kar je razvidno tudi iz grafa odvisnosti temperature od toka (slika 4). Smerni koeficient premice, prilagojene meritvam za senzorično prejo B (modri krožci), je 14 % večji od smernega koeficienta premice, prilagojene meritvam vzorca A (črni kvadrati). Meritve kažejo, da se preja B bolj segreje, ko skozi njo teče električni tok.



Slika 4: Odvisnost temperature preje A (črni kvadrati) in preje B (modri krožci) od električnega toka.

Čeprav segrevanje senzorične preje pod vplivom električnega toka zmanjša možnosti za njihovo uporabo pri merjenju temperature, vseeno proučimo vpliv temperature na električni upor senzorične preje. Ob predpostavki, da je sprememba prečnega preseka zanemarljiva v primerjavi z raztezanjem vzdolž preje, pričakujemo večanje električnega upora z večanjem temperature. Temperaturo neposredne okolice senzorične preje s pomočjo grelnih teles spreminjamo od 20 °C do 30 °C, pri čemer počakamo, da se vzpostavi termodinamično

ravnovesje med senzorično prejo in okolico. Ugotovimo, da se električni upor senzorične preje v temperaturnem območju med 20 °C do 30 °C v okviru merskih napak ne spreminja, zato proučimo še razmere pri temperaturah nad 100 °C. Slednje dosežemo s plinskim gorilnikom pri čim manjši višini plamena, da ne bi poškodovali senzorične preje. Primerjava rezultatov meritev električnega upora pri temperaturah 105 °C, 110 °C in 115 °C z električnim uporom preje pri sobni temperaturi kaže, da ni velikih razlik; električni upor se spremeni znotraj merskih napak.

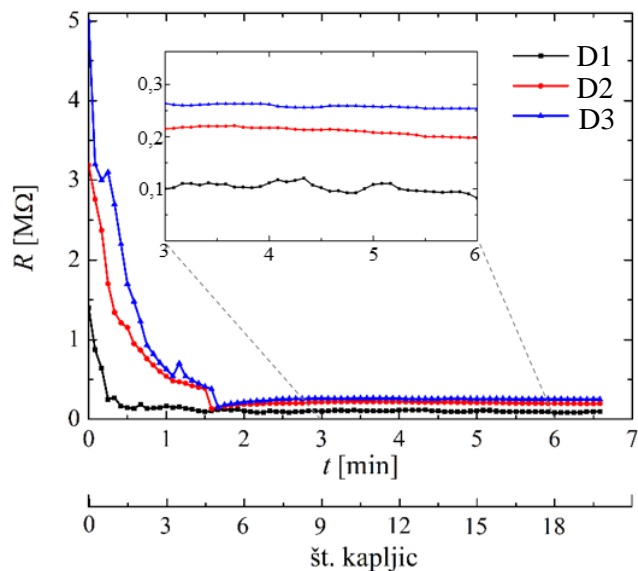
3.2 Odziv senzorične preje na vlago

Meritve vpliva vlage na prevodnost preje izvedemo na vzorcu tekstilije, kjer je senzorična preja v tekstilijo všita v štirih različnih razmikih (slika 5), od največjega (D1) proti najmanjšemu (D4). Prejo navlažimo tako, da vsakih 15 sekund na prejo s pipeto dodamo eno kapljico vode. Pri vsakem dodajanju kapljic z ohmmetrom izmerimo upor med koncema všitja. Za všitje prej D4 že ob dodatku ene kapljice pride do kratkega stika, zato meritev ni možna.



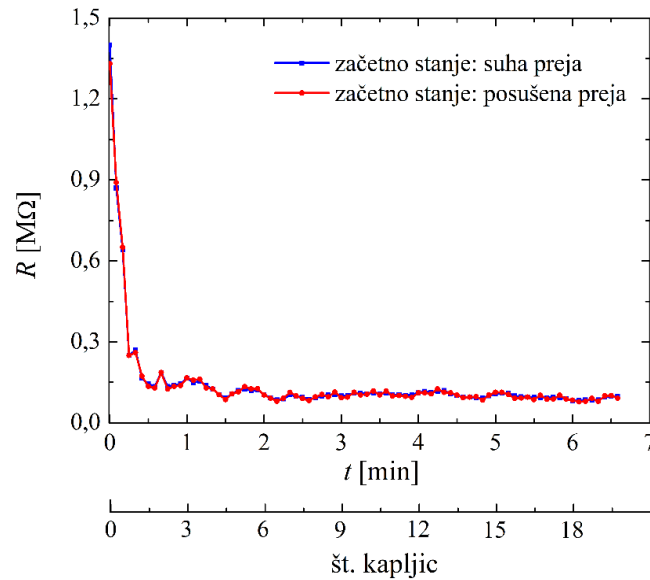
Slika 5: Tekstilni vzorec z všitima prejama na različnih medsebojnih razmikih, od največjega razmika z oznako D1 do najmanjšega razmika z oznako D4.

Primerjava rezultatov meritev za všitja D1, D2 in D3 (slika 6), kaže, da se z manjšanjem razmika med všitima prejama večja upor preje v suhem stanju. Trend spreminjanja upora z vlažnostjo je pri majhnih vlažnostih (do približno 6 kapljic) za vse tri razmike enak. V vseh treh primerih pa se pri določeni mejni vlažnosti sistem nasiti in upornost ni več odvisna od dodatnega vlaženja. Sklepamo, da bi z všitjem prej lahko dobili informacijo, ali je tkanina vlažna ali ne. Za napoved stopnje vlažnosti pa predlagan sistem ni primeren. Vidimo, da za vse tri razmike všitja prej ni opaznih večjih razlik v uporu pri vlažnosti več kot 5 kapljic (čas nad 1,25 minute).



Slika 6: Vpliv vlage na upor všitih prej z različnim medsebojnim razmikom (D1- črna, D2 – rdeča, D3 – modra). Povečava časovnega območja, v katerem se električni upor stabilizira, prikazuje šum meritev.

V nadaljevanju preverimo, ali na električni upor vpliva predhodna navlaženost tkanine z všitjem prej. Najprej izvedemo meritve na všitju z največjim razmikom (D1) za prvotno suho prejo (slika 7, črni kvadrati). Nato isti vzorec preje popolnoma navlažimo, počakamo, da se popolnoma posuši, ter ponovno izvedemo meritev odvisnosti električnega upora od postopnega vlaženja (slika 7, rdeči krožci). Primerjava rezultatov kaže, da predhodna navlaženost ne vpliva na upor preje. Meritve potrdijo, da z večanjem vlažnosti upor preje pada, kar je v skladu s pričakovanji. Pri številu kapljic večjem od 6 lahko opazimo, da se v obeh primerih upor senzorične preje giblje okrog približno enake vrednosti. Majhna nihanja lahko pripišemo merskim napakam in šumu.

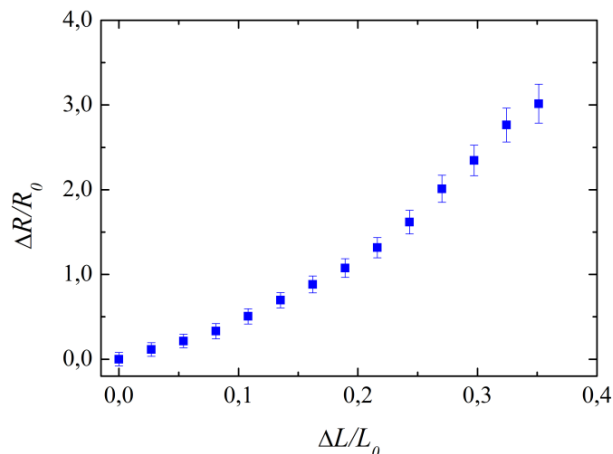


Slika 7: Časovna odvisnost upora preje ob postopnem vlaženju za suho prejo (modri kvadratici) in za namočeno ter nato posušeno prejo (rdeči krožci). Opazimo, da predhodna navlaženost nima vpliva na upor preje.

3.3 Odziv senzorične preje na obremenitev

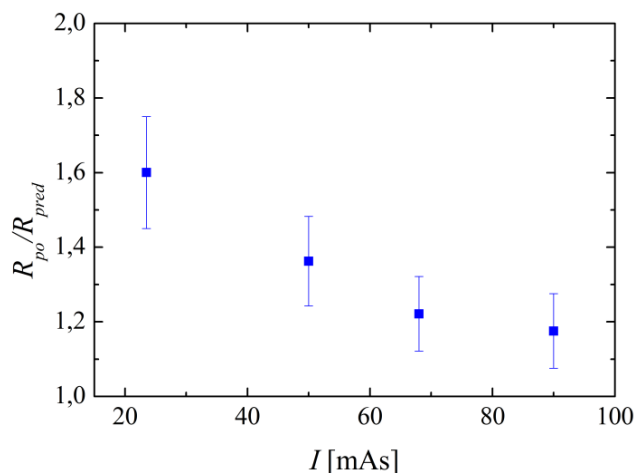
Najprej izmerimo največjo silo, ki jo preja vzdrži, preden se pretrga. En konec preje pritrdimo na merilnik sile, drugi konec pa uporabimo za raztezanje preje oziroma za povečevanje sile na prejo. Silo povečujemo postopoma do pretrganja. Poskus ponovimo 10-krat pri obeh vzorcih preje. Ugotovimo, da je največja sila, ki jo vzdržita oba vzorca preje, enaka. Izmerjeni sili sta $F_{maks}^{(A)} = (3,4 \pm 0,3)$ N in $F_{maks}^{(B)} = (3,4 \pm 0,2)$ N. Na podlagi ocene prečnega polmera napete preje 100 μm ocenimo, da preji vzdržita maksimalno natezno napetost $\sigma \sim 100$ MPa. Za primerjavo je tipična maksimalna natezna napetost zlitin, uporabljenih v prevodnikih 100 MPa za zlato, 210 MPa za baker in 50 MPa za železo [7].

V nadaljevanju nas zanima, kako se električni upor spreminja s postopnim raztezanjem preje. Poskus zasnujemo tako, da je eden izmed koncev preje pritrjen na premično ploščo, medtem ko je drugi konec fiksiran. Prejo postopoma napenjamo in sproti merimo električni upor (R), silo na prejo in raztezek. Poskus prekinemo, ko sila na prejo doseže polovično vrednost največje sile, ki jo preja še vzdrži. Rezultat meritev relativne spremembe upornosti ($\Delta R/R_0$), kjer je R_0 upornost preje pri L_0 v odvisnosti od relativne spremembe dolžine preje ($\Delta L/L_0$), je prikazan na sliki 8. Rezultati kažejo, da raztezanje preje povzroči povečanje električnega upora. Odvisnost do $\Delta L/L_0 = 0,1$ zasleduje linearen trend, ki ga napoveduje enačba (1). Pri raztezkih nad omenjeno vrednostjo lahko opazimo, da pride do dodatnih nelinearnih pojavov zaradi deformacije preje, saj tudi sprememba preseka vpliva na spremembo upora $\frac{dR}{R} = \frac{dL}{L} - \frac{dS}{S}$, kot sledi iz enačbe (1). Pri tem predpostavimo konstanten specifični upor. Že pri raztezkju za 30 % se električni upor lahko poveča za večkratno vrednost začetne vrednosti.



Slika 8: Relativna sprememba upornosti ($\Delta R/R_0$) v odvisnosti od relativne spremembe dolžine preje ($\Delta L/L_0$). Začetna dolžina preje je bila $L_0 = (37,0 \pm 0,1)$ cm.

Kot zadnje želimo preveriti, ali en dan trajajoča statična obremenjenost senzorične preje trajno spremeni njene električne lastnosti. Prejo za 24 ur obremenimo s silo $F_0 = 2,0$ N, kar predstavlja obremenitveno napetost $\sigma_0 = 60 (1 \pm 0,1)$ MPa oziroma 60 % maksimalne, ki jo preja vzdrži. Električni upor preje izmerimo pri različnih tokovih pred obremenitvijo in po njej. Rezultati relativne spremembe upornosti po obremenitvi (R_{po}) glede na upornost pred obremenitvijo (R_{pred}) so prikazani na sliki 9. Ugotovimo, da se električni upor senzorične preje po obremenitvi poveča. Sklepamo lahko, da se senzorična preja delno poškoduje in se ji spremenijo prvotne lastnosti.



Slika 9: Relativna sprememba upornosti (R_{po}/R_{pred}), izmerjena pri različnih tokovih (I) skozi prejo po statični obremenitvi preje z utežjo za 24 ur.

4 ZAKLJUČEK

V prispevku smo opisali dva vzorca senzoričnih prej in njun odziv na spreminjanje temperature, vlage in mehanske obremenitve. Z mikroskopiranjem smo pokazali, da sta senzorični preji sestavljeni iz več tanjših vlaken s premerom reda 10 μm . Izkaže se tudi, da je zaradi elastičnosti premer senzorične preje odvisen od tega, ali je preja všita (v t. i. napetem stanju) ali ne. Pri oceni specifične upornosti preje smo upoštevali premer všite preje, ki je reda 100 μm , saj nas zanima predvsem končna uporaba senzorične preje, integrirane v tekstilni izdelek. Na podlagi meritev električnega upora senzorične preje smo proučili odziv senzorične preje na temperaturo, vlago in mehansko obremenitev. Cilj testiranja je bil prepoznati pomanjkljivosti dveh vzorcev senzoričnih prej ter poiskati možnosti integracije v tekstilne izdelke za zaznavo temperature in relativne vlage.

Rezultati kažejo, da vzorca senzorične preje nista ustrezna za meritev temperature. Sam električni tok segreje senzorično prejo, hkrati pa so razlike v izmerjenem električnem uporu pri spreminjanju temperature okolice od 20 °C do 115 °C zanemarljivo majhne in ne presegajo reda velikosti merskih napak. Odziv vlage na delovanje senzorične preje preverimo na vzorcih všite preje s štirimi različnimi medsebojnimi razmikami. Meritve pokažejo, da mora biti za zaznavanje vlažnosti senzorična preja všita na zadostni medsebojni razdalji, sicer že pri majhnih vlažnostih pride do kratkega stika. S postopnim vlaženjem potrdimo, da električni upor senzorične preje pada z naraščajočo vlažnostjo. Senzorična preja lahko poda informacijo o tem, ali se je vlažnost v okolici spremenila glede na referenčno stanje.

Dodatno smo proučili vpliv mehanske obremenitve na električni upor senzorične preje. Pokažemo, da se pri dinamični obremenitvi senzorična preja razteza, kar vodi do večanja električnega upora, ki je sprva linearno. Slednje predstavlja oviro pri umerjanju preje za potencialne druge aplikacije, vendar po drugi strani omogoča zaznavanje prenapetosti tekstilnega izdelka. Če senzorično prejo izpostavimo časovno daljši statični obremenitvi, se njene lastnosti spremenijo, kar predstavlja dodatno oviro pri sami proizvodnji končnih izdelkov in kasneje pri uporabi izdelka s senzorično prejo.

Zahvala

Testiranje senzorične preje je bilo izvedeno v projektu Proučevanje senzoričnih tekstilij z vidika merilnih instrumentov v okviru operacije Po kreativni poti do znanja 2017–2020. Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada.

Pri meritvah so sodelovali študentje (po abecednem vrstnem redu): Luka Benkovič, Timon Grabovac, Primož Jožič, Anamarija Lakner, Melani Potrč in Ana Štampar. Za pomoč pri izvedbi meritev z optičnim mikroskopom se zahvaljujemo doc. dr. Janu Podlesniku.

Literatura

- [1] Alagirusamy, R.; Eichhoff, J. Gries, T.; Jockenhoevel, S. Coating of conductive yarns for electro-textile applications. *J. Text. Inst.* 104, 1–8 (2012).
- [2] Constanzo, R. J. Electrically heated socks. UK Patent GB1128224 (1936).
- [3] Ellert, G. *The Physics Factbook* (2009). Pridobljeno z: <https://hypertextbook.com/facts/>, avgust 2020.
- [4] Grisley, F., 1936. Improvements in blankets, pads, quilts, clothing, fabric, or the like, embodying electrical conductors. UK Patent GB445195 (1936).
- [5] Hao, L.; Yi, Z.; Li, C.; Li, X.; Yuxiu, W.; Yan, G. Development and characterization of flexible heating fabric based on conductive filaments. *Measurement* 2012, 45, 1855–1865.

- [6] Holmér et al. (2012) Cold environments and cold work. ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th Edition, Part VI - General Hazards, Chapter 42 - Heat and Cold. Available online [<http://www.ilocis.org/documents/chpt42e.htm>]
- [7] Howatson, A. M.; Lund, P. G; Todd, J. D. (1972). Engineering Tables and Data. London: Chapman and Hall, 41–43.
- [8] ISO/TC 38 Textiles. Textiles and textile products — Smart (Intelligent) textiles— Definitions, categorisation, applications and standardization needs.
- [9] Kayacan, O.; Bulgun, E. Y. Heating behaviors of metallic textile structures. *Int. J. Cloth. Sci. Technol.* 2009, 21, 127–136. Wieszlak.
- [10] Langenhove, L.V.; Hertleer, C. Smart clothing: a new life, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 16(1), 63–72 (2004).
- [11] James Lees & Sons Co. US Patent US373 694 (1936).
- [12] Lemerrier, A. A. Electrically-heated clothing. US Patent US1284378 (A) (1918).
- [13] Pierson, H.O. (1994). Handbook of carbon, graphite, diamond, and fullerenes: properties, processing, and applications, Elsevier Inc., 61.
- [14] Ryu, J. W.; Kim, J. J.; Jee, Y. J.; Kwon, S. Y.; Yoon, N. S. Effect of Strain Change of Electrically Conductive Yarn on Electric Resistance and Its Theoretical Analysis. *Sen'I gakkaiishi.* 66, 209–214, (2010).
- [15] Shirakawa, H.; Louis, E. J.; MacDiarmid, A. G.; Chiang, C. K.; Heeger, A. J. Synthesis of electrically conducting organic polymers: halogen derivatives of polyacetylene. *Chem. Soc. Chem. Commun.* 16, 578–580 (1977).
- [16] J. A. J. Stolwijk, J. D. Hardy, Temperature regulation in man – a theoretical study, *Pflügers Arch., EJP* 291(2), 129–162 (1966).
- [17] Zielinski, J. Clothing heated with textile heating elements. *Int. J. Cloth. Sci. Technol.* 1993, 5, 9–23.

Določanje dimenzij kratkih DNK zaporedij z dinamičnim sipanjem svetlobe

Determining the dimensions of short DNA sequences with dynamic light scattering

Melani Potrč^{1,2}, Lea Spindler^{3,2}

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

²Institut Jožef Stefan, Odsek za kompleksne snovi, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

³Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija

Povzetek

V članku obravnavamo eksperimentalno tehniko dinamično sipanje svetlobe in določitev velikosti agregatov DNK zaporedja G₄C₂. Predstavimo pripravo vzorca, postavitev eksperimenta in meritve avtokorelacijskih funkcij intenzitete sipane svetlobe. Opazna sta dva dinamična načina, od katerih je hitrejši način povezan z difuzijo DNK molekul v raztopini. V nadaljevanju so podani izračuni difuzijskega koeficienta, ki za zaporedje G₄C₂ znaša $(0,23 \pm 0,07) \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. Z ustrežno teorijo povežemo difuzijski koeficient z efektivno velikostjo agregatov. Izkaže se, da zaporedje G₄C₂ tvori izjemno dolge agregate z dolžino več kot 40 nm.

Ključne besede: DNK, oligonukleotidi, kvadrupleksi, dinamično sipanje svetlobe, difuzijski koeficient, velikost agregatov.

Abstract

In this article, we discuss the experimental technique of dynamic light scattering and determination of the size of DNA aggregates of the G₄C₂ sequence. We present the preparation of the sample, experimental setup, and the measurements of autocorrelation functions of scattered light. The two dynamic modes are observed, from which the faster mode is associated with the diffusion of DNA molecules in solution. In the following, there are calculations of the diffusion coefficient of the sequence G₄C₂ which is $(0,23 \pm 0,07) \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. Using the appropriate coefficient we relate the diffusion coefficient to the effective size of aggregates. The sequence G₄C₂ form extremely long aggregates with a length of more than 40 nm.

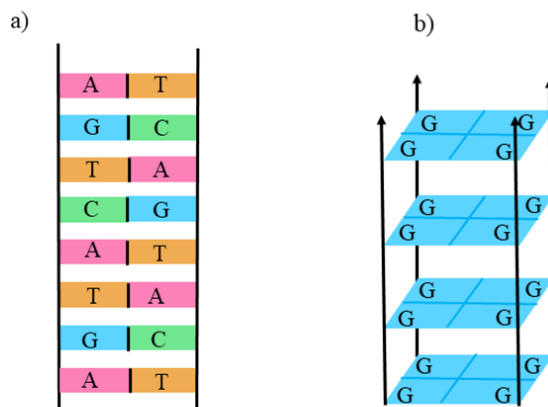
Key words: DNA, Oligonucleotides, Quadruplex, Dynamic Light Scattering, Diffusion coefficient, Size of aggregates.

1 UVOD

Dinamično sipanje svetlobe je eksperimentalna metoda, ki se pogosto uporablja za proučevanje majhnih dimenzij delcev v različnih raztopinah in gelih. Temelji na sipanju laserske svetlobe. Rezultat meritve je avtokorelacijska funkcija, iz katere lahko z analizo dobimo vpogled v dinamiko molekul vzorca. S to metodo je bilo izvedenih že veliko raziskav bioloških struktur [1,6,9,14].

DNK molekula ali z drugim imenom deoksiribonukleinska kislina je nosilka genskih informacij posameznih živih bitij in omogoča obstoj življenja na zemlji [15]. Oligonukleotidi so krajše verige DNK, sestavljene iz osnovnih gradnikov, imenovanih nukleotidi. Vsak nukleotid poleg fosfatne skupine in sladkorja pentoze vsebuje še eno izmed organskih dušikovih baz – adenin, timin, gvanin ali citozin [2,7]. Oligonukleotidi, ki so bogati z gvaninom, imajo sposobnost, da poleg dvojne vijačnice, ki je osnovna struktura DNK molekule, tvorijo tudi strukture višjih redov, kot so G-kvadrupleksi [5] (slika 1). Zaporedja se formirajo kot dolgi agregati, stopnja agregacije pa nam predstavlja moč tvorbe kvadrupleksov. Ugotovljeno je bilo, da je velik del z gvaninom bogatih DNK zaporedij tudi v kromosomih in da imajo pomembno vlogo pri

nastanku nekaterih bolezni, kot sta nevrodegenerativni bolezni amiotrofična lateralna skleroza in frontotemporalna demenca [3,12].



Slika 1: a) Preprosta skica dvojne vijačnice z vsemi osnovnimi dušikovimi bazami (adenin (A), timin (T), gvanin (G) in citozin (C)); b) skica preprostega kvadrupleksa, kjer so štiri molekule gvanozina povezane v G-kvartet, G-kvarteti pa se nalagajo en vrh drugega.

2 DINAMIČNO SIPANJE SVETLOBE

Dinamično sipanje svetlobe (ang. Dynamic Light Scattering) ali z drugim imenom fotonska korelacijska spektrometrija je eksperimentalna metoda, ki se uporablja na številnih področjih fizike, kemije in drugod. Je ena najbolj priljubljenih tehnik za določanje velikosti delcev, saj lahko z njo določamo velikosti delcev dimenzij od 3 do 3000 nm. To je še posebej uporabno, ker zaradi omejenosti na valovno dolžino svetlobe tako majhnih delcev ne moremo opazovati pod mikroskopom. Prednosti te metode so, da je hitra in tehnično manj zahtevna, prav tako pa za izvedbo meritev potrebujemo razmeroma majhne volumne vzorcev. Pri rutinskih meritvah je mogoče postopek tudi avtomatizirati. S to tehniko lahko proučujemo vzorce raztopin, tekočin in gelov [1,6].

Dinamično sipanje svetlobe temelji na sipanju laserske svetlobe na vzorcu, na katerem se svetloba siplje zaradi fluktuacij dielektrične konstante snovi. Te fluktuacije nastanejo zaradi Brownovega gibanja [2], saj se kvadrupleksi, v katere trkajo molekule topila, neurejeno gibljejo. Pri metodi dinamičnega sipanja svetlobe merimo časovno povezanost fluktuacij v intenziteti sipane svetlobe. Na podlagi analize časovne avtokorelacijske sipane svetlobe lahko natančneje določimo strukturo in molekularno dinamiko sistema [6].

Pri metodi dinamičnega sipanja svetlobe merimo intenziteto sipane svetlobe v odvisnosti od časa. Snop svetlobe, ki ga usmerimo v vzorec, se siplje na vse strani, in če je velikost delcev v raztopini majhna v primerjavi z valovno dolžino svetlobe, s katero osvetljujemo vzorec, gre za Rayleighovo sipanje [2]. Če vzorec osvetlimo z monokromatsko svetlobo, je intenziteta sipane svetlobe odvisna od koncentracije delcev v raztopini. Koncentracija delcev v volumnu, ki ga osvetlimo, pa ni konstantna zaradi Brownovega gibanja. Molekule vstopajo v ta volumen in iz njega izstopajo, posledica tega pa so fluktuacije v intenziteti sipane svetlobe. Preko avtokorelacijske funkcije in izračuna difuzijskega koeficienta je mogoče določiti velikost delcev in njihovo gibanje v raztopini.

2.1 Teoretično ozadje

Na vzorec vpade snop svetlobe, ki ga obravnavamo kot ravni val in opišemo z valovnim vektorjem z velikostjo k_v . Predpostavimo, da je sipano polje elastično, zaradi česar se valovna dolžina svetlobe ob sipanju ne spremeni. Velikost valovnega vektorja k_v je enaka velikosti vektorja sipanega valovanja k_s . Sipalni vektor \vec{q} definiramo kot razliko med vektorjem sipanega valovanja in valovnim vektorjem, njegovo velikost pa izračunamo po naslednji enačbi:

$$q = \frac{4\pi n}{\lambda} \sin \frac{\theta}{2}, \quad (1)$$

kjer λ predstavlja valovno dolžino vpadne svetlobe v vakuumu, n lomni količnik raztopine, θ pa sipalni kot, pod katerim se snop vpadne svetlobe siplje.

Detektor zazna sipano svetlobo in meri njeno intenziteto. Povezan je z avtokorelatorjem, ki izračuna povprečje produkta dveh intenzitet, ti pa sta merjeni z zaporednim časovnim zamikom τ . Ob povečevanju $\tau \rightarrow \infty$ upoštevamo, da ima avtokorelacijska funkcija konstantno vrednost. Avtokorelacijsko funkcijo normaliziramo in ob predpostavki, da je intenziteta svetlobe prenosorazmerna s kvadratom velikosti električnega polja ter da smo izvedli meritve majhnih koncentracij DNK zaporedja, sipana polja sipalcev obravnavamo kot naključne neodvisne spremenljivke, za katere veljajo lastnosti Gaussove statistike. Za avtokorelacijsko funkcijo $g_2(q, \tau)$ velja eksponentni prehod [4,13]:

$$g_2(q, \tau) - 1 = e^{-2Dq^2\tau}, \quad (2)$$

kjer D predstavlja translacijski difuzijski koeficient, τ pa relaksacijski čas avtokorelacijske funkcije.

Difuzijski koeficient izračunamo kot obratno vrednost produkta relaksacijskega časa in velikosti sipalnega vektorja. V najbolj preprostem modelu obravnavamo sipalce kot krogle, potem lahko zapišemo [11]:

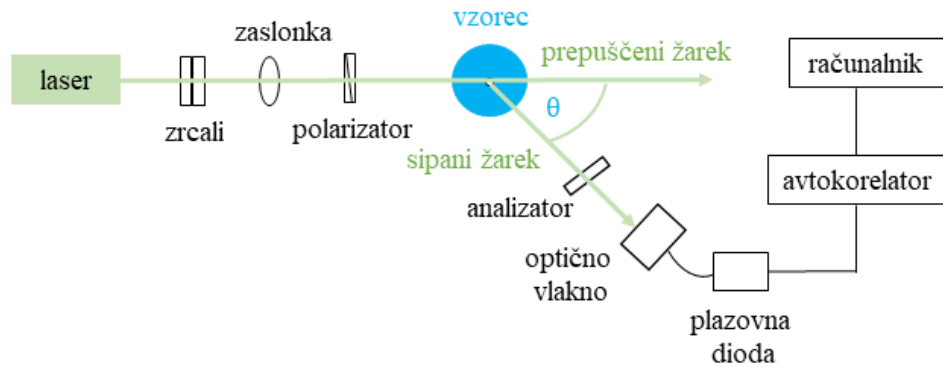
$$D = \frac{k_B T}{6\pi\eta r_H}, \quad (3)$$

kjer je k_B Boltzmanova konstanta, η viskoznost raztopine, r_H hidrodinamski polmer delcev, T pa temperatura.

2.2 Priprava vzorca in izvedba eksperimenta

Meritve smo izvedli z vzorcem oligonukleotida z zaporedjem G₄C₂ s koncentracijo 1 mM v 100 mM KCl. Pripravljen vzorec smo hranili v stekleni kapilari pri temperaturi $T = 24$ °C.

Med izvedbo poskusa smo stekleno kapilaro vstavili v okroglo stekleno posodo, napolnjeno z vodo, da smo kompenzirali efekt lečenja na kapilari. Shema postavitve merilnega sistema je prikazana na sliki 2. Laserski snop preko dveh zrcal postavimo na ustrezno višino in z zaslonko reguliramo količino prepuščene svetlobe. Z lečo svetlobo zberemo na vzorcu, kjer se svetloba siplje. Nato se svetloba razširja skozi analizator v optično vlakno, ki je pritrjeno na t. i. optično roko in vodi do plazovne diode. V diodi se optični signal pretvori v električni pulz, ki ga preusmerimo v avtokorelator (ALV- 5000/60X0 Multiple Tau Digital Correlator). Za posamezno meritev avtokorelator izračuna intenzitetno avtokorelacijsko funkcijo $g_2(q, \tau)$, ki je izhodni podatek meritve.



Slika 2: Shema postavitve merilnega sistema. Lasersko svetlobo speljemo skozi dve zrcali, zaslonko in polarizator do vzorca, na katerem se svetloba siplje. Sipana svetloba se nato razširja skozi analizator, optično vlakno, plazovno diodo in avtokorelator. Na zaslonu računalnika dobimo izračunano intenzitetno avtokorelacijsko funkcijo $g_2(q, \tau)$ (Povzeto po [8]).

Pri izvedbi eksperimenta smo uporabili He-Ne laser, valovne dolžine $\lambda = 632,8$ nm. Z nastavljivo roko smo spreminjali sipalni kot (θ). Meritve so bile izvedene za kote med $\theta = 30^\circ$ in $\theta = 140^\circ$ s korakom po 5° pri sobni temperaturi $T = 24^\circ\text{C}$.

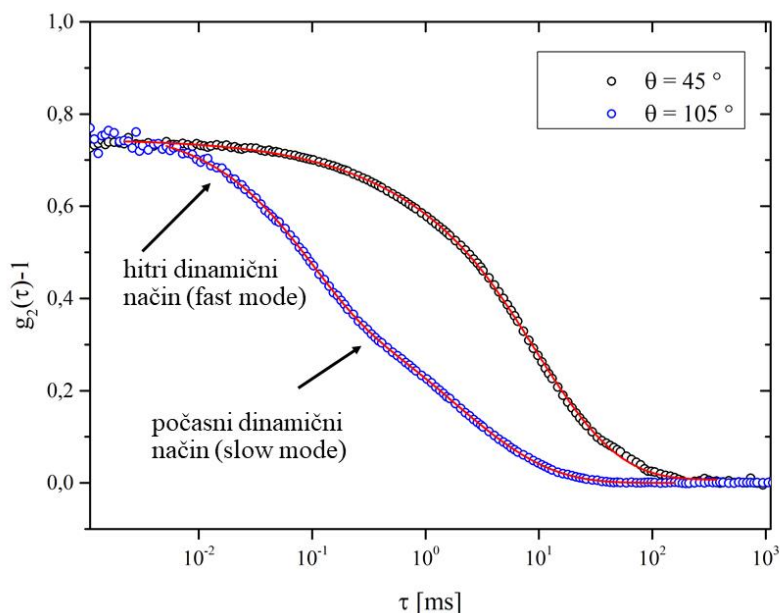
Rezultat meritve intenzitetne avtokorelacijske funkcije je graf $g_2(q, \tau) - 1$ v odvisnosti od relaksacijskega časa (τ). V raztopini opazimo dva različna dinamična načina, hiter in počasni (ang. Fast mode in Slow mode), (slika 3). Hitri in počasni dinamični način se med seboj razlikujeta v vrednosti korelacijskega časa, in sicer za približno tri velikostne rede. Hitri dinamični način je povezan z Brownovim gibanjem in ustreza dinamiki makromolekul oziroma v našem primeru kvadrupleksov [10].

Izmerjenim avtokorelacijskim funkcijam prilagajamo [4]:

$$y = y_0 + [1 + j \cdot (a_1 \cdot e^{-(\tau \cdot f_1)^{s_1}} + (1 - a_1) \cdot e^{-(\tau \cdot f_2)^{s_2}} - 1)]^2, \quad (4)$$

kjer y predstavlja $g_2(q, \tau) - 1$, y_0 korelacijo bazne linije, j razmerje med intenziteto elastično sipane svetlobe ter intenziteto celotne sipane svetlobe, τ relaksacijski čas, f_1 in f_2 sta relaksacijski frekvenci obeh dinamičnih načinov, s_1 in s_2 pa sta faktorja raztega, ki definirata polidisperznost porazdelitve velikosti delcev [13].

Začetne vrednosti parametrov pred prilagajanjem funkcije izberemo tako, da se čim bolj ujemajo z rezultatom meritve (slika 3). Za nadaljnjo analizo se posvetimo predvsem vrednostim f_1 , f_2 , s_1 in s_2 , saj parametri z indeksom 1 ustrezajo hitremu dinamičnemu načinu, parametri z indeksom 2 pa počasnemu dinamičnemu načinu.



Slika 3: Izmerjeni avtokorelacijski funkciji za vzorec G_4C_2 pri kotih 45° in 105° skupaj s prilagoditvenima funkcijama (enačba 4).

Za izračun velikosti delcev uporabimo vrednost f_1 in izdelamo graf v odvisnosti f_1 od kvadrata sipalnega vektorja q^2 , katerega velikost izračunamo po enačbi (1). Dobljenim vrednostim nato prilagodimo linearno funkcijo, katere naklon pomeni vrednost difuzijskega koeficienta, kar zapišemo z enačbo:

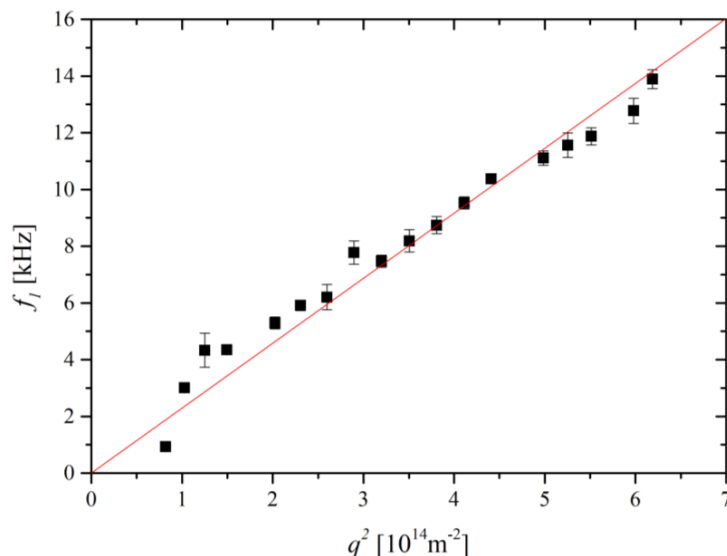
$$f_1 = \frac{1}{\tau_1} = Dq^2. \quad (5)$$

Zaradi odvisnosti difuzijskega koeficienta od temperature (enačba 3), meritve različnih temperatur normaliziramo na 25°C .

3 DOLOČITEV VELIKOSTI AGREGATOV ZAPOREDJA G_4C_2

Iz analize meritev avtokorelacijskih funkcij vzorca G_4C_2 je moč razbrati, da obstajata dva dinamična načina, kar je še posebej izrazito pri večjih sipalnih kotih ($\theta > 90^\circ$). Predpostavili smo, da hitri dinamični način opiše dinamiko G-kvadrupeksov, iz katerih so sestavljeni oligonukleotidi.

S prilagajanjem funkcije po enačbi (4) smo za vsako izmerjeno avtokorelacijsko funkcijo določili frekvenco hitrega dinamičnega načina ter na podlagi enačbe (1) določili velikost sipalnega vektorja za posamezen sipalni kot. S pridobljenimi rezultati smo izračunali difuzijski koeficient hitrega dinamičnega načina (1) (slika 4). Difuzijski koeficient DNK zaporedja G_4C_2 znaša $(0,23 \pm 0,07) \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$.



Slika 4: Velikost parametra f_1 v odvisnosti od kvadrata velikosti sipalnega vektorja (q^2) za vzorec G_4C_2 . Rdeča premica predstavlja prilagoditveno funkcijo po enačbi (5). Iz strmine premice določimo vrednost difuzijskega koeficienta $D = (0,23 \pm 0,07) \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$.

Na podlagi enačbe (3) smo ob predpostavki, da so sipalci okrogli, izračunali vrednost hidrodinamskega polmera delcev r_H , ki je merilo za efektivno dimenzijo sipalcev v raztopini. Vrednost hidrodinamskega polmera DNK zaporedja G_4C_2 znaša (12 ± 2) nm.

Ta vrednost hidrodinamskega polmera je veliko večja od dimenzij posameznega DNK zaporedja. Sklepamo, da se v raztopini tvorijo DNK kvadrupleksi (kot je predstavljeno na sliki 1.b), ki se nadalje nalagajo še drug vrh drugega v dolge agregate. Ker so kvadrupleksi paličaste strukture z znanim premerom $d = 2,6$ nm [12], velikosti agregatov ne moremo natančno izračunati, lahko pa ocenimo približno vrednost. Pri tem uporabimo teorijo za paličaste sipalce, ki sta jo razvila Tirado in Garcia de la Torre [14]. Ta teorija poveže izračunan difuzijski koeficient z dolžino paličastega delca ob znanem premeru. Dolžino posameznega DNK kvadrupleksa L ocenimo tako, da pomnožimo število G-tetrad s povprečno razdaljo med dvema G-tetradama, ki znaša 0,34 nm. Na podlagi študija literature [9,12] tako predpostavimo, da so agregati zelo dolgi, njihova dolžina L pa znaša več kot 40 nm.

4 ZAKLJUČEK

V članku smo opisali določitev velikosti agregatov s pomočjo dinamičnega sipanja svetlobe za DNK zaporedje G_4C_2 . Merili smo intenziteto sipane svetlobe v odvisnosti od časa, pri čemer je bil rezultat meritve avtokorelacijska funkcija $g_2(q, \tau)$ (slika 3). Pri meritvah opazimo dva dinamična načina: hitrega in počasnega. Analizirali smo avtokorelacijske funkcije in določili relaksacijske čase hitrega dinamičnega načina. Na podlagi tega smo izračunali vrednosti difuzijskega koeficienta za agregate DNK zaporedja G_4C_2 (slika 4). Iz enačbe (3) smo izračunali hidrodinamski polmer za sferične delce ter s pomočjo študija literature ocenili velikost DNK kvadrupleksov, ki jih tvori zaporedje G_4C_2 .

Zahvala

Meritve so bile financirane v sklopu raziskovalnega projekta J7-9399, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).

Literatura

- [1] B. Črnko, *Dinamično sipanje svetlobe* (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, 2005).
- [2] K. E. van Holde, *Principles of Physical Biochemistry* (Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2006).
- [3] T. Ilc, P. Šket, J. Plavec, M. Webba da Silva, I. Drevenšek-Olenik, L. Spindler, *Formation of G-Wires: The Role of G:C-Base Pairing and G-Quartet Stacking*, J. Phys. Chem. C **117**, 23208 – 23215 (2013).
- [4] A. Mertelj, L. Cmok in M. Čopič, *Anomalous diffusion in ferrouids*, Phys. Rev. E **79**, 041402 (2009).
- [5] G. N. Parkinson, *Fundamentals of quadruplex structures* (The School of Pharmacy, University of London, London, 2006).
- [6] R. Pecora in B. J. Berne, *Dynamic Light Scattering: With Applications to Chemistry, Biology, and Physics* (Dover Publications, New York, 2000).
- [7] B. A. Pierce, *Genetics- A conceptual approach* (Southwestern University, W. H. Freeman and Company, New York, 2012).
- [8] M. Potrč, *Primerjava stopnje agregacije za DNK zaporedja G_4C_2 , $(G_4C_2)_2$ in $(G_4C_2)_4$. Diplomski seminar na študijskem programu 1. stopnje Fizika* (Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, 2019).
- [9] K. Schatzel, *Correlation techniques and dynamic light scattering*, Appl. Phys. B **43**, 193 – 213 (1987).
- [10] M. Sedlák, *Large-scale supramolecular structure in solutions of low molar mass compounds and mixture of liquids: I. Light scattering characterization*, J. Phys. Chem. B **9**, 4329 – 4338 (2006).
- [11] L. Spindler, M. Rigler, I. Drevenšek-Olenik, N. M. Hessari in M. Webba da Silva, *Effect of Base Sequence of G-Wire Formation in Solution*, Journal of Nucleic Acids **2010**, 431651 (2010).
- [12] P. Šket, J. Pohleven, A. Kovanda, M. Štalekar, V. Župunski, M. Zalar, J. Plavec in B. Rogelj, *Characterization of DNA G-quadruplex species forming from C9ORF72 G_4C_2 -expanded repeats associated with amyotrophic lateral sclerosis and frontotemporal lobar degeneration*, Neurobiol. Aging **36**, 1091– 1096 (2015).
- [13] I. Teraoka, *Polymer Solutions: An Introduction to Physical Properties* (New York: Wiley, ZDA, 2002).
- [14] M. M. Tirado, C. L. Martinez in J. Garcia de la Torre, *Comparison of theories for the translational and rotational diffusion coefficients of rod-like macromolecules. Application to short DNA fragments*, J. Phys. Chem. C **81**, 2047 – 2052 (1984).
- [15] J. Watson, T. A. Baker, S. P. Bell, A. Grann, M. Levine, R. Losick in S. C. Harrison, *Molecular biology of the gene* (Cold spring Harbor Laboratory Press, New York, 2013).

Ali je možno na podlagi dane višine in teže sklepati o spolu te osebe?

Is it possible to infer the sex of the person on the basis of a given height and weight?

Monika Škvorc

*Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija
Univerza v Cádiz, Naravoslovna fakulteta, Universitario Río San Pedro s/n. 11510 Puerto Real, Cádiz, Španija*

Povzetek

Pri predmetu Matemáticas aplicadas a la ciencia y a la empresa (slov. *Uporabna matematika v znanosti in podjetjih*) na študijski izmenjavi v Španiji smo obravnavali metodo podpornih vektorjev. Vsak študent je naredil svojo raziskavo z izbranimi podatki na poljubno temo. Lotila sem se vprašanja, ali je na podlagi dane višine in teže možno sklepati o spolu te osebe.

Namen članka je ugotoviti, ali lahko na podlagi višine in teže neke osebe (pravilno) določimo spol te iste osebe. Oziroma boljše rečeno, s kolikšno natančnostjo lahko določimo spol neke osebe, če poznamo njeno višino in težo. Cilj zastavljenega problema je torej razvrstitev izbranih podatkov v dva razreda – na moški in ženski spol.

V članku je razloženo, da je pravilnost odgovora na zastavljeno vprašanje v veliki meri odvisna od funkcije, uporabljene pri metodi podpornih vektorjev in njenih parametrov.

Ključne besede: strojno učenje, metoda podpornih vektorjev, trik s pomočjo jedra, določanje spola.

Abstract

As a part of the course Matemáticas aplicadas a la ciencia y a la empresa (ang. *Mathematics applied to science and business*) given on a student exchange in a Spain we learned about support vector machine. Every student has made its own research with a chosen data set on an arbitrary topic. I myself addressed the question of whether it is possible to infer the sex of the person on the basis of given height and weight.

The purpose of this article is to determine whether we can (correctly) determine the sex of a person based on his height and weight. Or rather, how accurately we can determine a person's gender if we know his height and weight. The aim of the problem is therefore to classify the selected data into two classes – male and female.

The article explains that the correctness of the answer to the posed question largely depends on the function used in the method of support vector machine and its parameters.

Key words: machine learning, support vector machine, kernel trick, gender determination.

1 Uvod

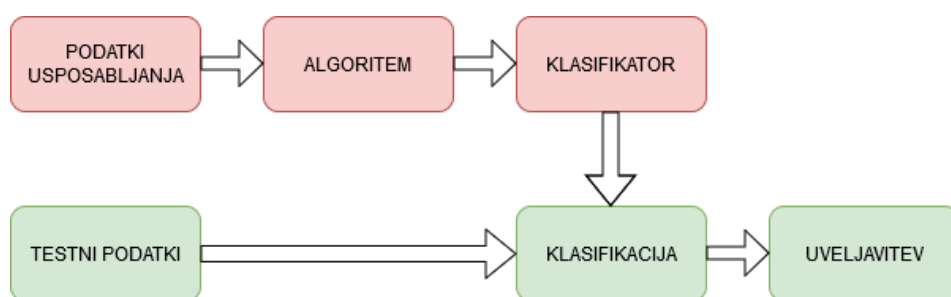
Metoda podpornih vektorjev (ang. *support vector machine* - SVM) je metoda razvrščanja, ki razdeli množico predmetov v razrede tako, da je prostor brez predmetov med razredi oziroma ločitvena meja čim širša. Gre za matematični pripomoček na področju strojnega učenja za prepoznavanje vzorcev [1]. Strojno učenje (ang. *machine learning*) na splošno pomeni pridobivanje znanja na podlagi izkušenj.

Poznamo več vrst strojnega učenja:

- nenadzorovano učenje (ang. *unsupervised learning*),
- nadzorovano učenje (ang. *supervised learning*),
- vzpodbujevalno učenje (ang. *reinforcement learning*)[2].

Vhodni podatek nenadzorovanega učenja je množica podatkov, ki jih računalnik glede na njihove značilnosti razvrsti v razrede. Nadzorovano učenje ima zraven množice podatkov, ki jih želimo klasificirati, tudi kriterije, po katerih želimo, da se podatki razdelijo v razrede. Vsak vhodni podatek računalnik glede na dane kriterije razvrsti v enega izmed razredov.

SVM je metoda nadzorovanega učenja in je v splošnem učinkovita pri reševanju problemov klasifikacije, regresije in napovedih. Slika 1 prikazuje okvirni postopek SVM metode.

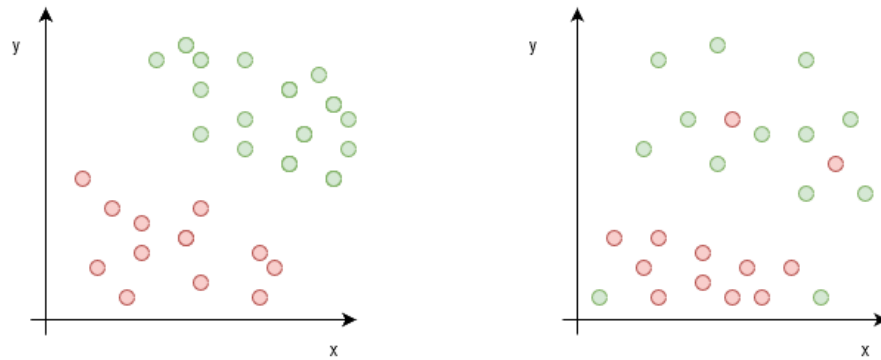


Slika 1: Okvirni postopek metode SVM [3].

Najprej izberemo vhodne podatke, ki jih razdelimo v podatke usposabljanja (ang. *training data*) in testiranja (ang. *testing data*). Priporočljivo je kot podatke usposabljanja vzeti okrog 80 % vhodnih podatkov, preostanek podatkov pa predstavlja podatke testiranja. Nato ustvarimo algoritem, ki kot vhodni parameter vzame podatke usposabljanja in predhodno definirano množico razredov, vrača pa odločitveno pravilo (ang. *decision rule*). Cilj je skonstruirati odločitveno pravilo, ki bo dani vhodni podatek pravilno (oziroma s čim večjo verjetnostjo pravilno) uvrstilo v ustrezen razred. Delovanje algoritma nad podatki usposabljanja imenujemo klasifikator (ang. *classifier*). S tem je končana 'faza učenja'. Sledi 'faza testiranja'. Vzamemo podatke testiranja in nad njimi delujemo s prej ustvarjenim klasifikatorjem. To imenujemo klasifikacija (ang. *classify*). Rezultate, torej uvrstitev posameznih elementov v razrede, imenujemo uveljavitev (ang. *validate*).

Najlažje in najpogosteje se razvrščajo podatki v dva razreda. Kakorkoli že, število razredov je poljubno, odvisno od zastavljenega problema. Podatki so lahko linearno ali nelinearno ločljivi. Linearno ločljivi so takrat, kadar jih lahko razdelimo s pomočjo hiperravnine na dva dela. Na vsaki strani hiperravnine so podatki ustreznega razreda (noben podatek se ne znajde v napačnem razredu). Levi graf slike 2 prikazuje linearno ločljive podatke, medtem ko podatki desnega grafa iste slike niso linearno ločljivi.

V primeru linearno ločljivih podatkov se pojavi vprašanje, kje postaviti ločitveno premico oziroma hiperravnino, da bo rešitev optimalna. Levi graf slike 3 očitno prikazuje linearno ločljive podatke. Sredinski graf iste slike dokazuje, da med podatki lahko postavimo veliko različnih premic. Cilj SVM metode je poiskati optimalno hiperravnino, ki loči podatke na dva razreda in na vsaki strani le-te vzporedni pomožni hiperravnini, ki se dotikata vsaj enega podatka tako, da bo razdalja med pomožnima hiperravninama največja možna.



Slika 2: Primer linearno ločljivih (levi graf) in nelinearno ločljivih (desni graf) podatkov.

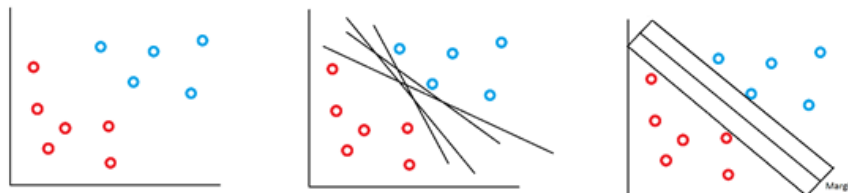
Optimalna rešitev ločitve podatkov levega grafa slike 3 je prikazana na desnem grafu iste slike. Ločitvena hiperravnina je množica točk, ki zadošča enačbi:

$$wx + b = 0 \quad (1.1)$$

Pomožni hiperravnini sta oblike:

$$wx + b = \pm c \quad (1.2)$$

V resnici danih podatkov ni možno vedno ločiti na dva razreda, ne da bi pri tem naredili napako. Kot primer lahko vzamemo desni graf slike 2. V ta namen pogoje nekoliko omilimo, in sicer na način, da kot rešitev dobimo hiperravnino z maksimalno mejo in hkrati kar se da majhno napako [5].



Slika 3: Iz grafa na levi je razvidno, da gre za linearno ločljive podatke. Da jih lahko ločimo z več različnimi premicami, prikazuje sredinski graf. Graf na desni prikazuje optimalno rešitev.

V primeru nelinearno ločljivih podatkov se primera lotimo s pomočjo tako imenovanega trika s pomočjo jedra (ang. *kernel trick*). Ideja tega je, da je problem, ki ga v podani dimenziji ni mogoče ločiti linearno, linearno ločljiv v nekem prostoru višje dimenzije. V ta namen se ustvari *jedrna funkcija*, ki ustreza podanemu problemu. Obstajajo znane jedrne funkcije, kot so linearna, polinomska, radialna itd. [4].

Tabela 1: Matrika zmede, prikazana s tabelo [4].

		opazovano	
		P	N
napoved	P	TP	FN
	N	FP	TN

V realnosti se večinoma pojavljajo modeli, ki dopuščajo napako. Vendar nam samo število podpornih vektorjev običajno ne pove kaj veliko o tem, kako dober je model. V ta namen se skonstruira matrika zmede (ang. *confusion matrix*) velikosti 2×2 , ki je prikazana v tabeli 1, iz katere se izračuna natančnost (ang. *accuracy*) modela. V matriki zmede našega problema je vsak podatek razvrščen v eno izmed skupin:

- ženski spol pravilno klasificiran (*true positives* - TP),
- moški spol pravilno klasificiran (*true negatives* - TN),
- ženski spol napačno klasificiran (*false positives* - FP),
- moški spol napačno klasificiran (*false negatives* - FN).

Natančnost modela izračunamo kot razmerje med pravilno razvrščenimi podatki in vsemi podatki oziroma:

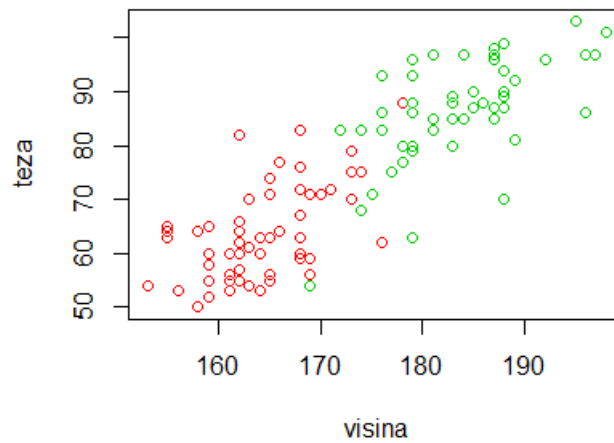
$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1.3)$$

2 Vhodni podatki

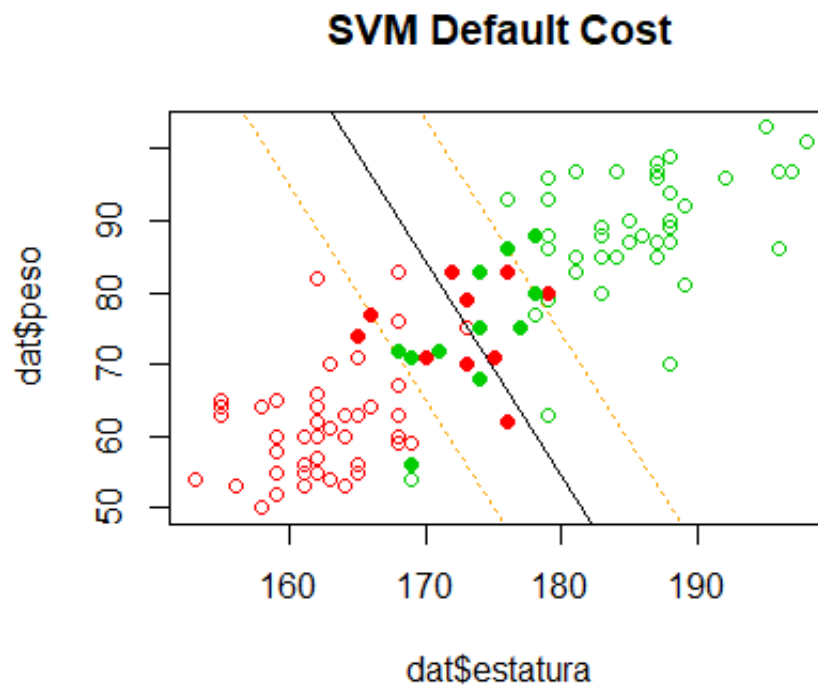
Odločili smo se delati z množico podatkov 119-ih najstnikov; od tega je 62 deklet in 57 fantov. Vsaka entiteta ima podatek o ID-ju, spolu, starosti (od 15 do 18 let), višini, teži in tipu zlorabe (ni bil zlorabljen, fizično nasilje, verbalno nasilje, fizično in verbalno nasilje). Vhodne podatke med šestimi spremenljivkami predstavljajo samo spremenljivke *Spol*, *Višina* in *Teža*. Za lažjo predstavitev podatke predstavimo na sliki 4. Opazimo, da podatki niso linearno ločljivi, saj jih ni mogoče ločiti s premico. Poleg tega opazimo, da so fantje v večini višji in težji od deklet, kar je v skladu s pričakovanjem.

3 Implementacija

Reševanje problema se lotimo s programom R, saj ima vgrajene funkcije za delo s SVM. Zajeti so v paketu *e1071*. Med vhodnimi podatki jih naključno izberemo 95, kar pomeni približno 80 % vhodnih podatkov; imenujemo jih podatki usposabljanja. Ker smo v poglavju 2 ugotovili, da podatki niso linearno ločljivi, uporabimo trik s pomočjo jedra. Najbolj preprosta že vgrajena jedrna funkcija je linearna. S funkcijo *svm* izvedemo usposabljanje podatkov usposabljanja glede na spol z linearno jedrno funkcijo in s privzeto vrednostjo parametra *cost* ($cost = 1$), pri čemer parameter *cost* predstavlja napako, ki jo dopuščamo. Vrednost parametra *cost* vpliva na število podpornih vektorjev in na kakovost modela. Funkcija *svm* med drugim vrača število podpornih vektorjev, njihove indekse in koordinate pri danih parametrih. Poleg tega vrača tudi vrednost *b* hiperravnin 1.1 oziroma 1.2. S pomočjo podatkov funkcije *svm* izračunamo iskani *w*. Dobljena delilna premica, njej pomožni premici in podporni vektorji s privzeto vrednostjo *cost* ($cost = 1$) so prikazani grafično na sliki 5. Pri tem *cost*, kot že omenjeno, predstavlja dopustno napako.

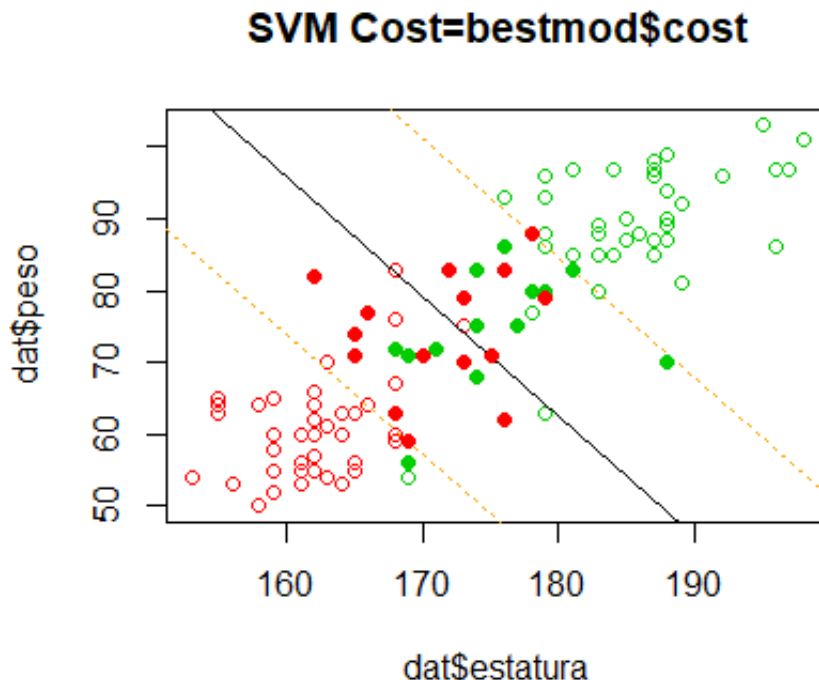


Slika 4: Podatki usposabljanja, prikazani grafično (rdeči in zeleni krogi predstavljajo dekleta oziroma fante).



Slika 5: Primer delitve vhodnih podatkov s privzeto vrednostjo *cost* in linearno jedrno funkcijo.

S spreminjanjem parametra *cost* dobimo različne pomožne premice in različno število podpornih vektorjev. Vendar število podpornih vektorjev ne pove veliko o tem, kako dober je model. V ta namen ima R vgrajeno funkcijo *tune*. Ta za dano množico usposabljanja, kriterij klasifikacije (v našem primeru spol), jedrno funkcijo (linearna) in seznam vrednosti *cost* izračuna najboljši model (model, ki ima najmanjšo vrednost napake). Funkciji *tune* smo podali naslednji seznam vrednosti *cost*: [0.001, 0.01, 0.1, 1, 100]. Najboljši model je grafično prikazan na sliki 6.



Slika 6: Najboljši model glede na funkcijo *tune* pri uporabi linearne jedrne funkcije, prikazan grafično.

Sedaj je na vrsti faza testiranja. Vzamemo preostanek podatkov (testne podatke). Izvedeti želimo, v koliko primerih oziroma s kolikšno verjetnostjo bo računalnik pravilno določil spol glede na model, ki smo ga predhodno naredili. V ta namen ima R vgrajeno funkcijo *predict*, s pomočjo katere izračunamo matriko zmede (glej tabelo 1) in iz teh podatkov natančnost (ang. *accuracy*, glej enačbo 1.3). Za model, prikazan na sliki 6, dobimo rezultat 51.26 %. Povedano z drugimi besedami, je določanje spola uspešno le v nekaj več kot polovici primerov.

Omenili smo že, da obstaja več različnih že vgrajenih jedrnih funkcij. Do sedaj smo uporabljali linearno. Ugotovili smo, da s to funkcijo nismo bili zelo uspešni. Zato postopek ponovimo z istimi vhodnimi podatki, le da tokrat linearno jedrno funkcijo zamenjamo za radialno. Ta zraven parametra *cost* sprejme tudi parameter *gamma* s privzeto vrednostjo

$$\frac{1}{\text{stevilo podatkov}}$$

Najprej izvedemo postopek usposabljanja z različnimi vrednosti $cost$ in $gamma$ in nato s pomočjo funkcije $tune$ izračunamo najboljši model. Pri tem funkcija $tune$ kot parameter sprejme tudi seznam vrednosti $gamma$, ki je v našem primeru $[0.25, 0.5, 0.75, 1]$. Dobljeni (najboljši) model s pomočjo funkcije $predict$ apliciramo na testne podatke. Skonstruiramo matriko zmede in izračunamo natančnost, ki je tokrat 83.33 %. Povedano drugače: pri določanju spola z radialno jedrno funkcijo je verjetnost uspeha 0.8333, kar je veliko bolj natančno kot pri uporabi linearne jedrne funkcije. Opazimo, da smo z zamenjavo jedrne funkcije dobili veliko boljše rezultate.

4 Zaključek

Namen članka je bilo ugotoviti, s kolikšno verjetnostjo je možno pravilno določiti spol osebe, če poznano njeno višino in težo. Problema smo se lotili s pomočjo metode SVM in strojnega učenja.

Ugotovili smo, da je natančnost določitve spola v veliki meri odvisna od izbire jedrne funkcije in spreminjanja parametrov z namenom, da dobimo čim boljši model. Najboljši model smo dobili z radialno jedrno funkcijo pri vrednosti $cost = 0.1$ in $gamma = 0.5$, pri čemer smo bili uspešni v 83.33 % primerov.

Za še večjo natančnost razporejanja bi lahko preverili še katero izmed že vgrajenih jedrnih funkcij.

Literatura

- [1] *Metoda podpornih vektorjev*. (5.6.2020). Pridobljeno iz https://sl.wikipedia.org/wiki/Metoda_podpornih_vektorjev.
- [2] *Strojno učenje*. (5.6.2020). Pridobljeno iz https://sl.wikipedia.org/wiki/Strojno_učenje.
- [3] Blanco V., Rodríguez-Chía A.M., *Support Vector Machines - Part I*, Granada, Cádiz, 2020.
- [4] Blanco V., Rodríguez-Chía A.M., *Support Vector Machines - Part III*, Granada, Cádiz, 2020.
- [5] Krajncič M., *Metoda podpornih vektorjev v detekciji goljufij*, Maribor, 2019, 19.

VABILO AVTORJEM

Dianoia (grško δίανοια) po Platonu označuje védenje, razmišljanje o modelih stvarnosti, o naravoslovno-matematičnih in tehničnih temah. Uporabljajo ga matematiki (modeliranje) in znanstveniki (formuliranje problema), inženirji (načrtovanje sistema). Opredeljuje kompetenco, proces ali rezultat diskurzivnega razmišljanja, za razliko od neposrednega razumevanja obravnavane tematike. Aristotel to védenje naprej razdeli na teoretično (episteme) in praktično (phronesis).

Dianoia po Platonu torej označuje vmesni nivo človeškega spoznanja, prehod od intuitivnih občutkov do najglobljega spoznanja dejanskosti. Tako je idealna oznaka za objave v pričujoči reviji, ki povezujejo teoretična, znanstvena izhodišča z njihovo uporabno namembnostjo. Študentje, avtorji teh člankov, ste na prehodu od učenja k delu, od teoretičnega h konkretnemu, ki vas bo pripeljalo do kruha, do dela, s katerim boste odigrali svojo vlogo v družbi. Na tem prehodu pa poleg znanja, ki ga ponuja redno izobraževanje, potrebujete tudi izkušnje s konkretnih izzivov in mehke kompetence sodelovanja v ekipah delodajalcev, k čemur vas spodbuja in vam pri tem pomaga revija Dianoia.

V reviji bomo objavljali poljudne in strokovne članke s področja naravoslovja, matematike ali znanosti, ki uporabljajo znanja teh področij. Ciljna publika bralcev so v prvi vrsti delodajalci, ki tovrstna znanja potrebujejo in želijo izvedeti, kaj je kdo zanimivega razmislil na njihovem področju. V drugi vrsti so ciljna publika študentje, ki iščejo zamisli za svojo poklicno pot in lahko v reviji najdejo navdih za lastna raziskovanja in iskanje stikov s trgom dela.

Za kakovost izdelkov bo skrbel uredniški odbor in uredniški svet, v katerih so vrhunski strokovnjaki, povezani s področji, ki jih revija obravnava. Članki bodo anonimno recenzirani, o objavi pa na podlagi recenzije odloča uredniški odbor. Priporočljivo je, da avtorji besedilo spremenijo v skladu s priporočili recenzentov in da popravljeni članek z utemeljitvijo sprejema ali zavrnitve sprememb ponovno pošljejo v pregled. Uredništvo lahko objavo članka zavrne, če vsebinsko ali po merilih kakovosti ne ustreza standardom revije, o čemer avtorje obvestimo v najkrajšem možnem času.

S prispevkom v reviji bodo avtorji spodbujali širjenje znanja s področja naravoslovja in matematike ter tehnike oziroma izobraževanja teh področij in svoje poglede prenašali na trg dela in na prihajajoče generacije.

NAVODILA AVTORJEM

Avtorje prosimo, da pri pripravi članka upoštevajo naslednja navodila.

Če je članek napisan v slovenščini, naj ima angleški prevod naslova, povzetka in ključnih besed. Veseli bomo tudi prispevkov v angleščini, ki pa morajo imeti naslov, razširjen povzetek v obsegu 300 – 400 besed in ključne besede v slovenščini. Ključnih besed naj bo do šest.

Prispevki naj bodo zanimivi za širši krog bralcev. Ključna je intuitivna predstavitev zamisli in rezultatov, podrobnosti pa lahko ostanejo prihranjene za morebitni znanstveni članek, ki bi bil nadgradnja članka, objavljenega v reviji Dianoia.

Članek naj vsebuje naslov, ime avtorja (avtorjev) in sedež ustanove, kjer avtor(ji) dela(jo). Sledi naj povzetek, z največ 150 besedami, seznam ključnih besed in besedilo, ki ne presega 3000 besed. Besedilo naj bo zapisano v urejevalniku besedil MS Word 2010 oz. kasnejši ali LaTeX in naj uporablja objavljeno predlogo. Slike in tabele morajo biti oštevilčene in imeti natančen opis, da jih lahko razumemo brez preostalega besedila. Slike v elektronski obliki naj bodo visoke kakovosti v formatu PNG ali JPEG.

Prispevek v PDF obliki pošljite na naslov dianoia@um.si z zadevo: »Za revijo Dianoia«. Če bo sprejet v objavo, vas bomo prosili za izvorno obliko prispevka.