

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Nejc Kroker

**Analiza vpliva altruizma na življenjsko dobo  
entitet v navideznem svetu**

DIPLOMSKO DELO  
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

doc. dr. Iztok Lebar Bajec  
MENTOR

Ljubljana, 2016





Delo je ponujeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva–Deljenje pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija (ali novejšo različico). To pomeni, da se tako besedilo, slike, grafi in druge sestavine dela kot tudi rezultati dela lahko prosto distribuirajo, reproducirajo, uporabljajo, priobčujejo javnosti in predelujejo, pod pogojem, da se jasno in vidno navede avtorja in naslov tega dela in da se v primeru spremembe, preoblikovanja ali uporabe tega dela v svojem delu, lahko distribuira predelava le pod licenco, ki je enaka tej. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani [creativecommons.si](https://creativecommons.si) ali na Inštitutu za intelektualno lastnino, Streliška 1, 1000 Ljubljana.



*Namesto te strani se vstavi original izdane teme diplomskega dela s podpisom mentorja in dekana ter žigom fakultete, ki ga diplomant dvigne v študentskem referatu, preden odda izdelek v vezavo!*



## IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani izjavljam, da sem avtor dela, da slednje ne vsebuje materiala, ki bi ga kdorkoli predhodno že objavil ali oddal v obravnavo za pridobitev naziva na univerzi ali drugem visokošolskem zavodu, razen v primerih kjer so navedeni viri.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Iztoka Lebarja Bajca,
- so elektronska oblika dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko in
- soglašam z javno objavo elektronske oblike dela v zbirki “Dela FRI”.

— Nejc Krokter, Ljubljana, april 2016.





Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Nejc Krokter

## **Analiza vpliva altruizma na življenjsko dobo entitet v navideznem svetu**

### **POVZETEK**

V današnjem svetu smo z vseh koncev tako zelo obdani z raznoraznimi idejami in načini tekmovanja, da smo ga privzeli čisto kot del našega vsakdanjega življenja. Marsikdo celo zmotno misli, da je to del naše človeške narave. Mnenj, da smo ljudje pohlepna, grabežljiva in tekmovalna bitja, ni malo. V bistvu se večina ljudi ne zaveda, do kakšne mere nas kapitalizem v želji vedno večjega profita in nižanja cen sili v stalno tekmovanje med sabo in s tem v slabe vzorce obnašanja. Na različnih znanstvenih področjih, med drugim na področjih nevrobiologije, psihologije (na področju obnašanja – angl. behaviorism) in sociologije je veliko raziskav pokazalo, da smo vsi ljudje bolj kot ne produkt okolja, v katerem živimo, in še zdaleč nismo tako zelo “slabi po naravi”, kot marsikoga slišimo reči.

Tako želimo v tem diplomskem delu s preprostim modelom simulirati različna okolja in s tem priti do rezultatov, ki nam povedo, kako se naše entitete (ki lahko predstavljajo neka bitja v naravi) v teh okoljih obnašajo. Naša hipoteza je, da je sodelovanje koristnejše od tekmovanja in da se altruistično obnašanje vsaj na dolgi rok obnese bolje od sebičnega.

V našem modelu se entitete premikajo po nekem omejenem svetu in po njem nabirajo vire energije za svoje preživetje. Če jim začne primanjkovati energije, bodisi ker je ne najdejo dovolj ali pa zato, ker v nekem obdobju ni ustvarjenih dovolj virov energije, lahko za nekaj energije prosijo druge entitete v svoji skupini. Te se nato na podlagi svoje stopnje altruizma odločijo, ali so pripravljene deliti kaj energije z entiteto v stiski in koliko. Iz tega vidimo obnašanje entitet in njihovih skupin pri različnih stopnjah altruizma ter kako to vpliva na možnost preživetja oziroma življenjsko dobo posamezne entitete oziroma kar cele skupine.

Rezultati testne skupine, kjer imamo v isti skupini hkrati zelo sebične in zelo altruistične entitete, so dokaj predvidljivi. V tej skupini namreč večinoma najdlje preživijo naj-

bolj sebične entitete na račun bolj altruističnih, saj jim sebične entitete tako ali drugače poberejo vso energijo za lastno preživetje (na škodo altruističnih entitet seveda). Izjema je le okolje z izjemnim izobiljem energije, kjer brez težav preživijo skoraj vse entitete.

Rezultati pa postanejo bolj zanimivi pri simulacijah, kjer smo imeli štiri različne skupine s stopnjami altruizma razporejenimi po (štirih) enakomerno razporejenih intervalih tako, da so bile združene entitete s podobnimi stopnjami altruizma v isti skupini. To je preprečilo, da bi zelo sebične entitete izkoriščale “dobroto” altruističnih entitet in tako (pre)živele na njihov račun. Na koncu se je izkazalo, da so bolj sebične entitete oziroma njihove skupine vseeno dlje preživele v okolju, kjer je bilo pomanjkanje energije. Po drugi strani so v okolju, kjer je bilo energije več, dlje preživele bolj altruistične entitete oziroma njihove skupine.

**Ključne besede:** altruizem, preživetje, skupine, obnašanje, umetno izobilje

University of Ljubljana  
Faculty of Computer and Information Science

Nejc Krokter

## **Analysis of the influence of altruism on life expectancy in an artificial world**

### **ABSTRACT**

Competition is such an obvious and every day part of our lives that we probably do not even notice it most of the time. It is in fact so ingrained in our society, that many consider it a part of our human nature. However most people do not realize that capitalism in its insatiable appetite for more and higher profits, forces us into constant competition among ourselves, which in turn, forces us into bad habits and behavior. Different fields of science, such as neurobiology, psychology (namely behaviorism) and sociology, have however shown that we human beings are mostly a product of the environment in which we live in and are far from being “bad by nature” as some would like us to believe.

So the main purpose of this thesis is to simulate different environments with a simple model and see how the entities (which can represent any living beings in nature) behave in these environments. Our hypothesis is that cooperation, at least in the long run, is more beneficial to survival than competition.

Our model consists of entities that are constantly moving and collecting sources of energy for their survival in a closed environment. If at any time during the simulation, an entity is running low on energy, it can ask other members of its group for a portion of their energy. The other entities then decide, based on their level of altruism, if they are going to share any of their energy with the entity in need. This is where we see how different levels of altruism influence the behavior of entities and their groups.

Results from the test group, where we have, among others, very selfish and very altruistic entities in the same group, are close to what we would expect. The most successful entities in such a group are also the most selfish ones, living at the expense of the more altruistic ones.

However, when we ran our simulations with four different groups, where entities with similar levels of altruism were in the same group, so we did not have selfish entities

living off at the expense of altruistic ones, the results were much more interesting. As it turns out, selfish entities or their groups survive longer in an environment where energy sources are scarce, but do not do as well in an environment where sources of energy are abundant.

**Key words:** altruism, survival, groups, behaviourism, artificial abundance

## ZAHVALA

*Najprej bi se rad zahvalil vsem ljudem, predvsem tistim, ki so kakorkoli pozitivno vplivali name in na moje dosedanje življenje. Torej članom ožje in širše družine, prijateljem, sodelavcem, znancem, neznancem in nenazadnje tudi tistim, ki jih ni več med nami.*

*Seveda bi se rad zahvalil tudi družini, ki me je podpirala ves čas študija, pred njim in po njem, čeprav nisem bil vedno prepričan, ali ga bom kdaj zares končal, ter mi tako ali drugače pomagala, da si ustvarim čim boljše življenje.*

*Nenazadnje pa bi se seveda zahvalil tudi mentorju Iztoku Lebarju Bajcu za odlično mentorstvo, hitro odzivnost in potrpežljivost ter asistentu Juretu Demšarju, ki je vseeno pomagal pri tem diplomskem delu, čeprav ni mogel uradno sodelovati.*

— Nejc Krokter, Ljubljana, april 2016



## KAZALO

<b>Povzetek</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Zahvala</b>	<b>v</b>
<b>1 Uvod</b>	<b>1</b>
1.1 Pregled literature . . . . .	3
1.2 Delovno okolje . . . . .	4
<b>2 Model</b>	<b>5</b>
2.1 Navidezni svet . . . . .	5
2.2 Energija . . . . .	6
2.3 Generatorji virov energije . . . . .	6
2.4 Entitete . . . . .	9
2.4.1 Življenjska doba . . . . .	9
2.4.2 Stopnja altruizma . . . . .	9
2.4.3 Premikanje entitet . . . . .	9
2.4.4 Zaloga energije . . . . .	11
2.4.5 Deljenje energije in klic na pomoč . . . . .	11
2.4.6 Deljenje odvečne energije . . . . .	12
2.5 Skupine entitet . . . . .	13
2.6 Potek simulacij . . . . .	13
<b>3 Rezultati</b>	<b>15</b>
3.1 Življenjska doba . . . . .	16
3.2 Generatorja ekstrema . . . . .	21

3.3	Testna skupina . . . . .	22
3.4	Ostale povezave med parametri . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Sklep</b>	<b>31</b>
4.1	Nadaljnje raziskave . . . . .	32
<b>A</b>	<b>Izseki izvirne kode</b>	<b>37</b>



# 1 Uvod

V današnjem, predvsem razvitem svetu prevladuje mnenje, da je tekmovalnost dobra in potrebna lastnost ter vrednota naše družbe. Skoraj vsak dan lahko zasledimo kakšno zgodbo, kako je nekemu posamezniku ali podjetju kljub veliki konkurenci uspelo premagati vse tekmece in trgu ponuditi nek izdelek ali storitev, ki je postala velika uspešnica in je podjetje tako zaslužiło veliko denarja oziroma ga je naredila uspešnega, prepoznavnega. To se nam zdi tako naravno oziroma samoumevno, da neprestano tekmuje v skoraj vseh delih našega življenja. Tekmuje z znanci, prijatelji, družinskimi člani, sosedi, sodelavci, privrženci kakšne ekipe, države, rase, vere itd. To jemljemo kot čisto sprejemljiv del našega vsakdanjika oziroma kar kot del naše “človeške narave”. Pri vsem tem pa pozabljamo ali zanemarjamo, da smo mi vsi, kot človeška civilizacija, prišli do stopnje razvitosti, kot jo trenutno uživamo vsaj v razvitem svetu (računalniki, mobiteli, praktično instanten dostop do kakršnihkoli informacij preko interneta, osebni transport, hrana z vseh koncev sveta itd.), dosti bolj s pomočjo sodelovanja kot pa konstantnega tekmovanja. Veliko smo seveda dosegli tudi s pristopom tekmovanja, a je zelo verjetno, da bi lahko dosegli še toliko več, če bi namesto tekmovanja med sabo *sodelovali* [4].

Si znate predstavljati, koliko hitreje bi prišli na Luno recimo, če bi ZDA in Rusija namesto da sta med sabo tekmovali, sodelovali? Zaradi narave tekmovanja sta morali obe državi reševati iste probleme sami zase, kljub temu, da sta obe želeli doseči isti cilj. S tem se je po nepotrebnem podvajalo veliko dela. Od reševanja raznih problemov na področju matematike, fizike, kemije, strojništva in še marsikaterem drugem področju, do iskanja in proizvodnje vseh materialov, potrebnih za sestavo vesoljskega plovila, pa do testiranja vmesnih ter končnih komponent in izdelkov. V kolikor bi pri tem projektu obe državi sodelovali, bi veliko takšnega podvajanja odpadlo. S tem bi se lahko bistveno zmanjša poraba časa in virov za doseg tega oziroma kateregakoli cilja [5].

V današnjem svetu morda marsikdaj izgleda, kot da najboljše preživijo najbolj sebični posamezniki. Po eni strani je to tudi seveda res, saj sam obstoj monetarnega sistema načeloma najbolj nagraduje najbolj sebične posameznike, kar je še posebej vidno v kapitalizmu. Denar je *zunanje motivacijsko sredstvo* in je nasprotno od *lastne motivacije*, ki predstavlja motivacijo, ki izhaja iz naših lastnih želja ali potreb po nekih dosežkih. Zunanja motivacijska sredstva so dobra za motivacijo oziroma spodbujanje čim hitrejšega opravljanja preprostih, ponavljajočih se opravil. To so opravila, kot je na primer delo za tekočim trakom, ki ne potrebujejo izvirnega načina razmišljanja. Poleg tega pa so pri takih opravilih vsi koraki, ki jih moramo narediti, da pridemo do končnega rezultata, znani v naprej. Izkaže pa se, da imajo denarne ali kakšne druge zunanje nagrade oziroma motivacijska sredstva negativen učinek na motivacijo oziroma opravljanje umsko bolj zahtevnih opravil. Torej opravil, pri katerih ne vemo, kaj vse moramo narediti, da pridemo do končnega rezultata, ampak moramo to pot vsaj še malo raziskati [7]. Tako živimo v sistemu, ki nas poizkuša s pomočjo zunanjih nagrad (denarnih oziroma materialnih) motivirati k čim bolj učinkovitemu delovanju, vendar pa ravno te nagrade oziroma ta način motiviranja ustvarja okolje, ki spodbuja sebičnost. Sebičnost pa se ne kaže samo neposredno v količini premoženja, ki ga posamezniki imajo ali pridobijo, ampak na primer tudi v socialnih problemih in pristopih, ter njihovem odpravljanju.

Tako v tej diplomski nalogi poizkušamo s preprostimi simulacijami ugotoviti, ali je sebično obnašanje resnično najbolj smiselno oziroma nagradujoče, ali pa se morda altruistično obnašanje, ki je sicer na prvi pogled manj smiselno, v nekaterih primerih vseeno izkaže za bolj preudarno, vsaj na dolgi rok. Glede na samo "naravo" tekmovalnega ali sodelovalnega pristopa k reševanju problemov in doseganju ciljev bi pričakovali, da se bosta oba pristopa izkazala kot dobra v določenih situacijah, vprašanje pa je, kateri od

njiu je bolj smiseln v našem splošnem življenju (in ne samo v teoretičnih modelih).

Tekmovanje je najbrž boljša izbira, ko so viri za dosego ciljev omejeni oziroma so v pomanjkanju. Smiselno pa se nam pa zdi, da bi bilo sodelovanje primernejše v situacijah, kjer mora med sabo komunicirati več osebkov za dosego skupnega cilja. Kot takšno vidimo tudi našo celotno civilizacijo, saj le-ta še zdaleč ni sestavljena samo iz posameznikov, ki so usmerjeni izključno k izpolnjevanju lastnih ciljev, ampak kot kompleksna celota vseh posameznikov, katerih “lastni” cilji so v večini primerov v bistvu skupni, kar pomeni, da nam medsebojno *sodelovanje* bolj koristi od medsebojnega *tekovanja*.

Cilj diplomske naloge je zasnovati model umetnega življenja ter z uporabo analize vpliva altruizma na možnost preživetja v navideznem svetu prispevati k splošnemu oziroma vsakdanjemu načinu razmišljanja v smeri spodbujanja SODELOVANJA in ne tekovanja med ljudmi [4].

## 1.1 Pregled literature

Ideja in delo diplomske naloge sta sicer nastala bolj kot ne neodvisno od drugih del, a vseeno obstaja nekaj del s podobno tematiko, na katere smo naleteli med raziskovanjem in jih velja omeniti.

Ernst Fehr in Urs Fischbacher sta v “The nature of human altruism” [1] pokazala, kako lahko glede na okolje majhna skupina altruistov prisili veliko večino sebičnejšev v sodelovanje, prav tako pa lahko majhna skupina sebičnejšev prisili večino altruistov v sebičen način obnašanja. Na razvoj in ohranjanje altruizma imajo lahko velik vpliv mehanizmi nagrajevanja in kaznovanja ter tudi socialni mehanizmi prepoznavnosti oziroma ugleda.

Jeffrey A. Fletcher in Martin Zwick sta v “Strong altruism can evolve in randomly formed groups” [2] pokazala, da se lahko “močan altruizem” (dejanje, ki sicer škoduje altruističnemu osebkju, ampak je v korist skupini oziroma večini) razvije tudi v naključnih skupinah čez več generacij in da za njegov razvoj niti ne potrebujemo tako zelo optimalnih pogojev, kot se je predvidevalo do sedaj.

Chris Scogings in Ken Hawick sta v “Altruism Amongst Spatial Predator-Prey Animals” [8] opisala model, ki simulira preživetje plena in plenilca v okolju, kjer je količina hrane za oba omejena. V njihov model so prav tako vključili komponento altruizma in s tem pokazali na bolj racionalno obnašanje plenilcev ter s tem boljše možnosti preživetja

tako plenilcev kot tudi plena.

## 1.2 Delovno okolje

Diplomska naloga je sestavljena iz dveh projektov. Prvi projekt vsebuje tako implementacijo modela kot tudi okolje za poganjanje simulacij. Narejen je v okolju Unity 5<sup>1</sup>, ki je prosto dostopno za osebno uporabo<sup>2</sup>. Koda celotnega modela simulacij (v Unity okolju) je spisana v jeziku C#. Drugi projekt pa vsebuje kodo za statistično analizo dobljenih rezultatov simulacij, za kar smo uporabili program R, verzije 3.2.3<sup>3</sup>. Grafe smo risali s programom R, pri tem pa smo si pomagali s knjižnico ggplot2, verzije 2.0.0<sup>4</sup>. Oba projekta se nahajata na prosto dostopnem Git repozitoriju<sup>5</sup>. Unity projekt je glavna mapa repozitorija, R projekt pa se nahaja znotraj mape "R\_Project".

---

<sup>1</sup>Unity verzija 5.2.2f1: <http://unity3d.com/>

<sup>2</sup>povezava do Linux različice Unity-ja:

[http://files.unity3d.com/levi/unity-editor-5.2.2f1+20151018\\_amd64.deb](http://files.unity3d.com/levi/unity-editor-5.2.2f1+20151018_amd64.deb)

<sup>3</sup><https://www.r-project.org/>

<sup>4</sup><http://docs.ggplot2.org>

<sup>5</sup><https://github.com/crocy/SurvivalOfTheAltruist>

## 2 Model

Osnovni model v tej diplomski nalogi sestavlja navidezni *svet*, po katerem se premikajo *entitete*, ki morajo za svoje preživetje nabirati *vire energije*. Entitete lahko sprožijo *klic na pomoč*, če jim energije primanjkuje, višek energije pa lahko *delijo z drugimi* entitetami v svoji *skupini*. Vire energije v svetu ustvarjajo *generatorji energije* glede na to, kakšno stanje v svetu želimo simulirati. Simuliramo lahko okolje z enako dolgimi obdobji pomanjkanja in izobilja virov energije, z daljšimi obdobji pomanjkanja ali izobilja virov energije, okolje popolnoma brez virov energije ali pa okolje z izrednim izobiljem virov energije. Privzete vrednosti parametrov modela prikazuje tabela 2.1.

### 2.1 Navidezni svet

*Svet* je omejena 2D površina, po kateri se lahko entitete premikajo in v notranjosti katerega se ustvarjajo *viri energije* z enakomerno razporeditvijo po celotni površini. Ko entiteta najde vir energije, pridobi iz njega vso energijo, vir pa nemudoma presahne in je odstranjen iz navideznega sveta.

## 2.2 Energija

*Energija* je ključno sredstvo za preživetje entitet. Entitete za svoje življenje porabljajo energijo, pri tem pa je količina energije, ki jo porabijo na posamezen časovni interval, odvisna od hitrosti premikanja entitete. Ko entiteti zmanjka energije, le-ta umre in jo odstranimo iz navideznega sveta. Viri energije se v navideznem svetu pojavljajo z določeno frekvenco, ki pa se lahko s časom spreminja in je odvisna od vrste generatorja.

## 2.3 Generatorji virov energije

*Generatorji virov energije* ustvarjajo *vire energije* tako, da skozi čas polnijo zbiralnik energije. Ta zbiralnik se polni samo, ko ima krivulja generatorja v določenem času vrednost večjo ali enako 0, hitrost polnjenja zbiralnika pa je odvisna od vrednosti krivulje v tem času (večja kot je, hitreje se zbiralnik energije polni). Zbiralnik energije je poln, ko lahko ustvarimo en poln vir energije, torej ko doseže vrednost 1. Takrat ustvarimo nov vir energije z vrednostjo oziroma zalogo energije 1 na naključnem mestu v notranjosti navideznega sveta. Zbiralnik energije se ob tem sprazni in postopek polnjenja se ponovi.

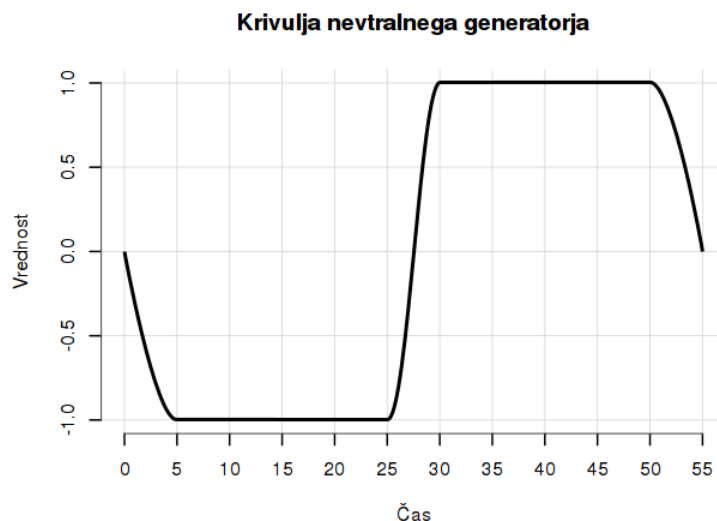
Hitrost polnjenja zbiralnika energije določa krivulja generatorja. Ko je vrednost te krivulje manjša od 0, se zbiralnik ne polni, ko je večja ali enaka od 0 se zbiralnik napolni z  $g(t) + \sum C_i(t)$  energije, kjer  $g(t)$  predstavlja vrednost krivulje generatorja v času  $t$  ter  $C_i(t)$  porabo energije s strani entitete  $i$  v času  $t$ . Na tak način smo dosegli, da je generator v primeru, ko je bila krivulja  $g(t) > 0$ , ustvarjal presežek energije.

Pri simulacijah smo uporabljali 5 različnih *vrst* generatorjev. Razlikujejo se po njihovih krivuljah za ustvarjanje virov energije. Vse krivulje se ponavljajo v neskončnost. Krivulje prvih treh generatorjev se začnejo s padcem vrednosti z 0 na  $-1$  v prvih 5 sekundah. Vse točke teh krivulj, razen prve in zadnje, so v okolju Unity predstavljene z Bezierjevimi krivuljami z vodoravnimi (angl. flat) tangentami (ali utežmi oziroma kontrolnimi točkami).

- *Neutralna* vrsta generatorja (slika 2.1) ima krivuljo ustvarjanja virov energije določeno tako, da ustvarja enako dolga obdobja tako izobilja kot pomanjkanja virov energije.

Krivulja nevtralnega generatorja virov energije po začetnem padcu, ki traja 5 sekund, ostane 20 sekund na vrednosti  $-1$ . Potem se v 5 sekundah vrednost krivulje

dvigne na 1 in ostane na tej vrednosti 20 sekund. Nato v zadnjih 5 sekundah vrednost krivulje pade na 0.



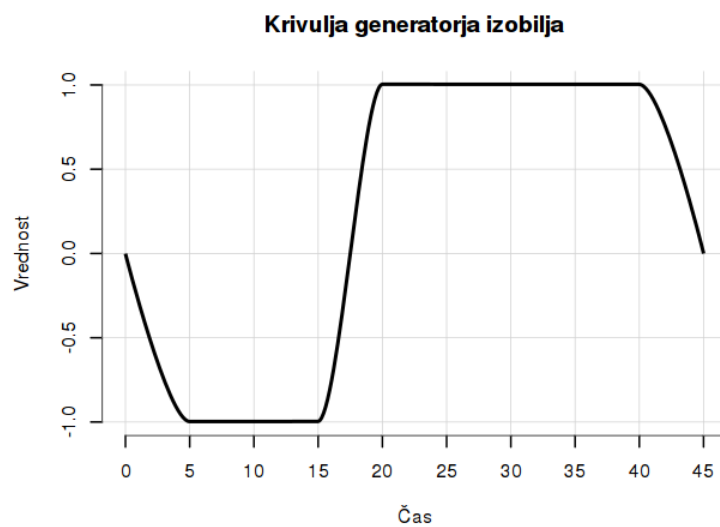
**Slika 2.1:** Krivulja nevtralnega generatorja virov energije z enako dolgimi obdobji izobilja in pomanjkanja virov energije.

- Generator *izobilja* (slika 2.2) ima krivuljo ustvarjanja virov energije določeno tako, da ustvarja daljša obdobja izobilja in krajša obdobja pomanjkanja virov energije.

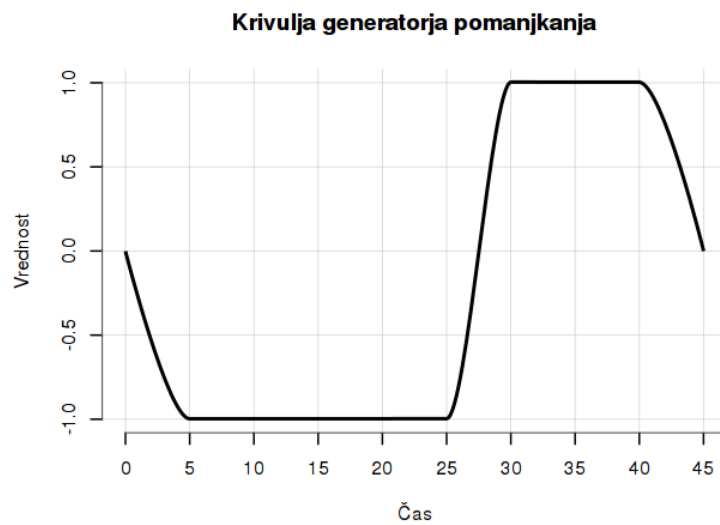
Krivulja generatorja izobilja virov energije po začetnem padcu, ki traja 5 sekund, ostane 10 sekund na vrednosti  $-1$ . Potem se v 5 sekundah vrednost krivulje dvigne na 1 in ostane na tej vrednosti 20 sekund. Nato v zadnjih 5 sekundah vrednost krivulje pade na 0.

- Generator *pomanjkanja* (slika 2.3) ima krivuljo ustvarjanja virov energije določeno tako, da ustvarja daljša obdobja pomanjkanja in krajša obdobja izobilja virov energije.

Krivulja generatorja pomanjkanja virov energije po začetnem padcu, ki traja 5 sekund, ostane 20 sekund na vrednosti  $-1$ . Potem se v 5 sekundah vrednost krivulje dvigne na 1 in ostane na tej vrednosti 10 sekund. Nato v zadnjih 5 sekundah vrednost krivulje pade na 0.



**Slika 2.2:** Krivulja generatorja izobilja z daljšimi obdobji izobilja in krajšimi obdobji pomanjkanja virov energije.



**Slika 2.3:** Krivulja generatorja pomanjkanja z daljšimi obdobji pomanjkanja in krajšimi obdobji izobilja virov energije.

- Krivulja *praznega* generatorja virov energije ima konstantno vrednost  $-1$ , kar pomeni, da generator ne ustvarja virov energije.



- Krivulja generatorja *izrednega izobilja* virov energije ima konstantno vrednost 1, kar pomeni, da generator ustvari en vir energije na sekundo.

## 2.4 Entitete

*Entitete* se ustvarijo ob začetku vsake simulacije, prav tako pa se jim takrat priredi tudi nekaj osnovnih lastnosti, kot sta na primer *stopnja altruizma* in *hitrost premikanja*.

### 2.4.1 Življenjska doba

Glavno merilo uspešnosti katerekoli entitete je dolžina njene *življenjske dobe*,  $t_{life}$ . Daljša kot je, bolj je entiteta uspešna v sposobnosti preživetja v danem okolju. Če je  $t_{life} = t_{max} = 300$  s pomeni, da je entiteta preživel do konca simulacije.

### 2.4.2 Stopnja altruizma

Načeloma najbolj pomembna lastnost, ki je dodeljena vsaki entiteti, je *stopnja altruizma*,  $\alpha$ . Ta namreč vpliva na dokaj splošno obnašanje entitete. Na podlagi te stopnje se entiteta odloči, ali bo delila kaj svoje energije z entitetami, ki za to zaprosijo in koliko energije je sploh pripravljena deliti (glej podpoglavje 2.4.5). Stopnja altruizma je omejena na intervalu  $[0, 1]$ , kjer višja vrednost določa bolj altruistično obnašanje. Entitete pod določeno stopnjo altruizma  $\alpha < 0.1$  ne delijo svoje energije z drugimi entitetami v nobenem primeru.

### 2.4.3 Premikanje entitet

Entitete se v omejenem navideznem 2D svetu ves čas naključno premikajo. Vsaka entiteta se ves čas premika naravnost proti neki naključno izbrani točki v navideznem svetu. Ko to točko doseže, entiteti določimo novo naključno točko v navideznem svetu, kamor se začne premikati. Trkov med entitetami ni. Med premikanjem lahko entiteta zazna vir energije. Območje zaznavanja in nabiranja virov energije je določeno vsako s svojim polmerom (polmer območja zaznavanja je večji od polmera območja nabiranja) in sta med vsemi entitetami vedno enaka. Če entiteta zazna vir energije, se takoj usmeri vanj. Ko se mu približa vsaj na polmer območja nabiranja, entiteta nabere energijo tako, da ji prištejemo količino energije, ki jo je imel ravno kar pobrani vir energije, le-tega pa nato takoj odstranimo iz navideznega sveta. Entiteta nato nadaljuje z naključnim premikanjem po svetu. Premikanje entitet je sicer diskretno, kar pomeni, da bi lahko

izredno hitre entitete med enim in drugim časovnim korakom simulacije preskočile vir energije (ga ne bi zaznale), čeprav bi bil na njihovi poti. Najvišje hitrosti entitet v naših simulacijah so bile vseeno tako nizke, da do tega načeloma ni prihajalo, saj se tudi pri najvišji hitrosti premikanja 3 enote na sekundo v fiksnem časovnem koraku 0.02 sekunde taka entiteta premakne za največ 0.06 enote na časovni korak, kar je bistveno manj od polmera zaznavanja energije, ki znaša 3 enote. V kolikor pa entiteta zazna vir energije, algoritem premikanja entitet usmeri entiteto v točko, kjer se nahaja zaznan vir energije, kar zagotavlja, da ga bo ta tudi nabrala, ne glede na to, kako hitro se premika.

Vir energije lahko nabere samo ena entiteta naenkrat. V primeru, da prvi entiteti vir energije pobere neka druga, hitrejša entiteta, se prva entiteta premakne še do točke, kjer je bil ta vir energije in ko jo doseže, se ji enostavno dodeli nova naključna točka v navideznem svetu, kamor se začne premikati.

Vsaki entiteti je ob začetku simulacije določena tudi *privzeta hitrost premikanja*, ki se ji dodeli z intervala [0.3, 3]. Hitrost premikanja vpliva na hitrost porabe energije. Razmerje je linearno, kar pomeni, da entiteta, ki se premika dvakrat hitreje, porabi tudi dvakrat več energije (v istem času).

Entitete imajo vgrajeno tudi osnovno logiko za varčevanje z energijo, saj se entiteta, ki ji nivo energije pade pod 30% (preostale) energije, začne premikati s 75% privzete hitrosti, oziroma še počasneje, s 50% privzete hitrosti, če ji nivo energije pade pod 15% (preostale) energije. Tako lahko entitete živijo dlje, saj imajo s tem nižjo porabo energije, a hkrati, ker se počasneje premikajo, preiščejo tudi manjše področje, kar pomeni potencialno manj možnosti, da entiteta naleti na vir energije.

Zmanjševanje hitrosti in posledično zmanjševanje porabe energije je pravzaprav simulacija realnega življenja, saj večina organizmov začne ob pomanjkanju hrane varčevati z energijo. Z energijo lahko organizmi varčujejo na različne načine. Z zmanjševanjem raznih metabolnih procesov, z nižjo hitrostjo premikanja in krajšimi prepotovanimi razdaljami, ali pa v ekstremnih primerih celo s hibernacijo [3, 6]. Mi smo za naš model izbrali zmanjšanje hitrosti premikanja. Počasnejše premikanje pa ni nujno vedno bolj ugodno. Po eni strani imajo skupine s počasnimi entitetami boljše možnosti za preživetje, ker imajo v splošnem nižjo porabo energije in lažje preživijo obdobja pomanjkanja virov energije. Po drugi strani pa preiščejo manjše območje in imajo zato manj možnosti, da naletijo na vir energije med preiskovanjem tega območja.

#### 2.4.4 Zaloga energije

Entitetam je na nivoju simulacije prav tako določena *maksimalna količina energije*, ki jo lahko naberejo oziroma shranijo - *ESC* (angl. *Energy Storage Capacity*). V kolikor entiteta nabere več energije, kot jo lahko shrani, sproži klic, s katerim to sporoči ostalim entitetam v svoji skupini (glej podpoglavje 2.4.5 ter 2.4.6). Če odvečne energije entiteta ne deli z ostalimi, jo zavrže. S tem simuliramo preprosto dejstvo, da so tudi posamezniki v realnem svetu omejeni z zalogo energije, ki jo lahko prenašajo s sabo, recimo s količino hrane, ki jo lahko spravimo v nahrbtnik za neko potovanje.

S tem parametrom želimo tudi preveriti, ali manjši *ESC* prisili v medsebojno sodelovanje tudi bolj sebične entitete, oziroma ali imajo skupine z bolj altruističnimi entitetami kaj prednosti pred ostalimi, saj bolj altruistične skupine že same po sebi bolj medsebojno sodelujejo v primerjavi z ostalimi skupinami.

Parameter *ESC* je definiran na intervalu  $[0, \infty]$ . Pri tem  $ESC = 0$  pomeni, da entitete ne morejo hraniti nič energije in tako take entitete ne morejo živeti, saj v istem trenutku, ko so ustvarjene, tudi umrejo.  $ESC = n$  pa pomeni, da lahko entiteta hrani največ  $n$  virov energije na zalogi oziroma  $(n \cdot 100)\%$ , če govorimo o nivoju energije entitete (ki je predstavljen v odstotkih). V naših simulacijah smo uporabili 4 vrednosti:  $ESC = 1, 2, 3, 4$ .

Entiteta ima pri hitrosti premikanja  $v_B = 1$  porabo energije  $3\%/s$ . To pomeni, da v tem primeru pri  $100\%$  zalogi energije vso energijo porabi v

$$\frac{100\%}{3\%/s} = 33.3 \text{ s}$$

#### 2.4.5 Deljenje energije in klic na pomoč

Entitete imajo vgrajen tudi osnoven model sodelovanja, ki pa je hkrati dokaj ključen za njihovo preživetje. Entitete si lahko namreč delijo energijo med sabo. Entiteta lahko prosi preostale entitete v svoji skupini za nekaj energije tako, da sproži *klic na pomoč*. Temu klicu se odzovejo vse entitete razen najbolj sebičnih, torej tistih s stopnjo altruizma  $\alpha < 0.1$ , tako da ji vsaka zase odgovorijo, koliko energije so ji pripravljene deliti. Višjo stopnjo altruizma kot ima entiteta, ki odgovarja klicu na pomoč, več lastne energije je pripravljena deliti z entiteto, ki jo potrebuje. Primer tega bi bil recimo, da je nekdo v neki skupini ljudi lačen in to pove ostalim. Drugi pa mu, v kolikor imajo na razpolago kaj hrane, ponudijo nekaj svoje. Načeloma bolj altruistični ljudje ponudijo več hrane kot

bolj sebični.

Entitete, ki odgovarjajo klicu na pomoč, delijo največ toliko energije, da pade njihov nivo energije največ na 30%. S tem preprečimo, da bi ena entiteta delila z drugo entiteto vso svojo energijo in bi tako umrla takoj po prenosu energije, ker bi delila vso svojo energijo. Ko entiteta, ki energijo potrebuje, prejme vse odgovore, prosi za energijo tisto entiteto, ki ji je ponudila največ energije. Tudi v tem primeru ima stopnja altruizma svojo vlogo, saj entiteta, ki za energijo zaprosi, sprejme čim manj energije (od ponujene), čim višja je njena stopnja altruizma. To bi lahko primerjali z nesebičnimi ljudmi, ki kljub lakoti vzamejo bolj malo ponujene hrane, še posebej če so v skupini tudi drugi lačni ljudje. Sebični ljudje pa v takih primeri “poskrbijo zase” in vzamejo toliko hrane, kot je le lahko, da bodo siti in ne gledajo ravno na druge in njihove potrebe.

Prenos energije je sicer instanten, ni pa brez izgub. Ob prenosu se izgubi toliko energije, kolikor bi jo entiteti potrebovali oziroma izgubili na poti druga do druge (da bi se srečali v navideznem svetu). V kolikor bi bila izguba energije večja od ponujene, entiteta, ki energijo potrebuje, zaprosi za energijo naslednjo entiteto, ki ji je ponudila največ energije itd.

#### 2.4.6 Deljenje odvečne energije

Maksimalna količina energije, ki jo lahko entiteta obdrži, je omejena z vrednostjo *ESC*. Ko neka entiteta nabere vir energije, preveri, če z njim njeno trenutno stanje energije presega maksimalno zalogo energije, ki jo lahko shrani. To naredi samo v primeru, da je njena stopnja altruizma dovolj visoka. Entitete s stopnjo altruizma  $\alpha < 0.5$  ne preverjajo tega stanja, kar pomeni, da le-te presežno energijo zavržejo. V kolikor se entiteta odloči, da bo presežno energijo delila z drugimi, preveri stanje energije vseh drugih entitet v *svoji skupini* (glej poglavje 2.5) in nato presežno energijo posreduje entiteti, ki ima trenutno najmanj energije. Tako želimo vpeljati bolj racionalno obnašanje entitet, ki pride do izraza predvsem pri tistih z višjo stopnjo altruizma.

Na to lahko gledamo, kot če bi za kosilo dobili na krožnik več hrane, kot je lahko pojemo. Nekateri bi to hrano z veseljem delili z ostalimi, drugi pa jo bodo pustili na krožniku, kar pomeni, da bo odvečna hrana zavržena.

## 2.5 Skupine entitet

Entitete pripadajo določenim *skupinam*. Bistvo skupin je omejevanje sodelovanja entitet znotraj iste skupine. Torej, če sproži neka entiteta klic, da ji primanjkuje energije, ji lahko priskočijo na pomoč (tako da delijo nekaj svoje energije z njo) samo entitete iz iste skupine. Skupine pa se večinoma uporabljajo za združevanje entitet s podobnimi lastnostmi. Simulacije smo poganjali s *testno skupino*  $G_R$ , kjer so bile stopnje altruizma entitet enakomerno razporejene po intervalu  $[0, 1]$ , ter skupinami  $G_S$ ,  $G_{DS}$ ,  $G_{DA}$  in  $G_A$  s stopnjami altruizma enakomerno razporejenimi na intervalih  $[0, 0.25]$ ,  $[0.25, 0.5]$ ,  $[0.5, 0.75]$  in  $[0.75, 1]$ . Tako nam je z uvedbo skupin in intervalov stopenj altruizma uspelo dobiti zanimive rezultate, ki so se razlikovali od testne skupine in morebitnega preveč predvidljivega obnašanja entitet.

## 2.6 Potek simulacij

Pognali smo veliko simulacij z več različnimi parametri, pri čemer smo spreminjali vrsto generatorjev virov energije in maksimalno zalogo energije, ki jo lahko entiteta hrani (*ESC*). Pri treh vrstah generatorjev (nevtralni, generator izobilja in generator pomanjkanja) in štirih različnih vrednostih *ESC* (1, 2, 3 ali 4) to skupno nanese 12 kombinacij parametrov. Vsaka simulacija je bila pognana enkrat s 4 skupinami, od katerih je vsaka skupina imela po 30 entitet, maksimalni čas izvajanja posamezne simulacije pa smo omejili na  $t_{max} = 300$  s. Poleg tega smo simulacije poganjali tudi s testno skupino  $G_R$ , ki ima prav tako po 30 entitet.

**Tabela 2.1:** Tabela parametrov

Parameter	Vrednost
Interval altruizma	$\alpha = [0, 1]$
Interval privzete hitrosti	$v_B = [0.3, 3]$
Velikost navideznega 2D sveta	$100 \times 100$
Maksimalni čas izvajanja simulacije	300 sekund
Število ponovitev simulacij za en set parametrov	50
Število entitet v katerikoli skupini	30
Skupine entitet v osnovnih simulacijah	$G_S, G_{DS}, G_{DA}, G_A$
Skupine entitet v kontrolnih simulacijah	$G_R$
Število različnih vrst generatorjev	3
Testirane vrednosti $ESC$	1, 2, 3, 4
Vrednost, pri kateri se entiteta odzove klicu na pomoč	$\alpha > 0.1$
Vrednost, pri kateri entiteta deli odvečno nabrano energijo	$\alpha > 0.5$
Nivo energije, do katerega entiteta deli svojo energijo drugi entiteti	30%
Nivo energije, pod katerim se začne entiteta premikati s 75% privzete hitrosti	30%
Nivo energije, pod katerim se začne entiteta premikati s 50% privzete hitrosti	15%
Nivo energije entitete ob začetku vsake simulacije	100%
Hitrost porabe energije pri hitrosti premikanja entitete $v_B = 1$	3%/s
Polmer nabiranja virov energije	$r = 0.65$
Polmer zaznavanja virov energije	$r = 3$

## 3 Rezultati

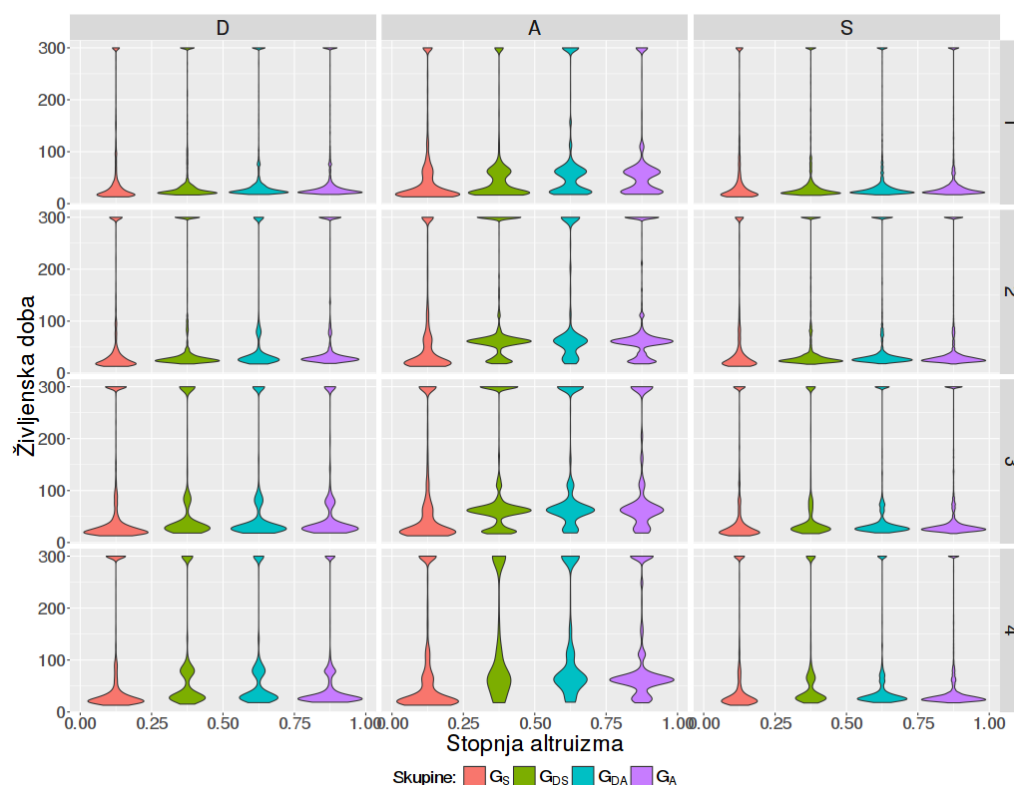
Cilj diplomske naloge je z uporabo simulacij in analizo njihovih rezultatov raziskati vpliv altruizma na možnost preživetja entitet v navideznem svetu. Glavno merilo uspešnosti simulacije oziroma skupine je življenjska doba njenih entitet. Večje število preživelih entitet oziroma dlje kot preživijo entitete neke skupine, bolj je skupina uspešna pri preživetju nasploh.

Simulacije smo poganjali z različnimi skupinami entitet (skupine  $G_S$ ,  $G_{DS}$ ,  $G_{DA}$ ,  $G_A$  ter testna skupina  $G_R$ ) ter z različnimi vrstami generatorjev energije (simulacija normalnega okolja, okolja izobilja in pomanjkanja, okolja brez virov energije in okolja z izrednim izobiljem virov energije).

Vsaka simulacija na koncu ustvari tudi poročilo, kjer je zapisano končno stanje simulacije. Ta poročila smo shranili v CSV formatu, tako da jih lahko dokaj preprosto uvozimo v druge programe. Za analizo rezultatov in izris grafov smo uporabili prosto dostopni program R (glej poglavje 1.2).

### 3.1 Življenjska doba

Kot smo že omenili, je glavno merilo uspešnosti skupine življenjska doba njenih entitet. Slika 3.1 prikazuje razmerje med skupinami z različnimi stopnjami altruizma in življenjsko dobo njihovih entitet v obliki violinskih krivulj. Za boljši prikaz je slika razdeljena na več različnih grafov, pri čemer stolpci D, A in S prikazujejo generatorje normalnega okolja, izobilja in pomanjkanja, vrstice (na desni strani) pa vrednosti  $ESC$ .



**Slika 3.1:** Razmerje med skupinami z različnimi stopnjami altruizma in življenjsko dobo njihovih entitet. Izpis kode za prikaz tega grafa se nahaja v A.1.

S slike 3.1 lahko razberemo več stvari. Najbolj opazne so razlike med različnimi generatorji energije. Življenjske dobe entitet so namreč v povprečju daljše pri generatorju A (okolje izobilja). To je po eni strani tudi pričakovano, saj ta ustvari tudi največ virov energije, kar omogoča entitetam tudi boljše možnosti za preživetje. Prav tako lahko vidimo, da so življenjske dobe pri S (okolje pomanjkanja) nekoliko krajše kot pri D (normalno okolje), kar je prav tako pričakovano, saj se pri S ustvari manj virov energije



kot pri D.

Večjih razlik pri različnih vrednostih maksimalne zaloge energije ( $ESC$ ), vrstice od 1 do 4, ni opaziti, razen tega, da se z večanjem  $ESC$  nekoliko daljša življenjska doba entitet vseh skupin ne glede na vrsto generatorja. To lahko razberemo tudi iz tabele 3.1, kjer lahko med drugim vidimo, da so življenjske dobe entitet najdaljše pri generatorju izobilja (A) ter da je največji preskok v dolžini življenjske dobe med  $ESC = 1$  in 2, ko se le-ta pri  $ESC = 2$  podaljša za približno 30% v primerjavi z  $ESC = 1$ . Pri nadaljnjih vrednostih  $ESC$  pa podaljšanje življenjske dobe entitet ni več tako izrazito, saj se le-ta podaljša za največ 10%, večinoma pa za 5% ali manj.

**Tabela 3.1:** Povprečna življenjska doba entitet in njihova srednja vrednost pri različnih vrednostih maksimalne zaloge energije  $ESC$  (za vse 4 skupine skupaj).

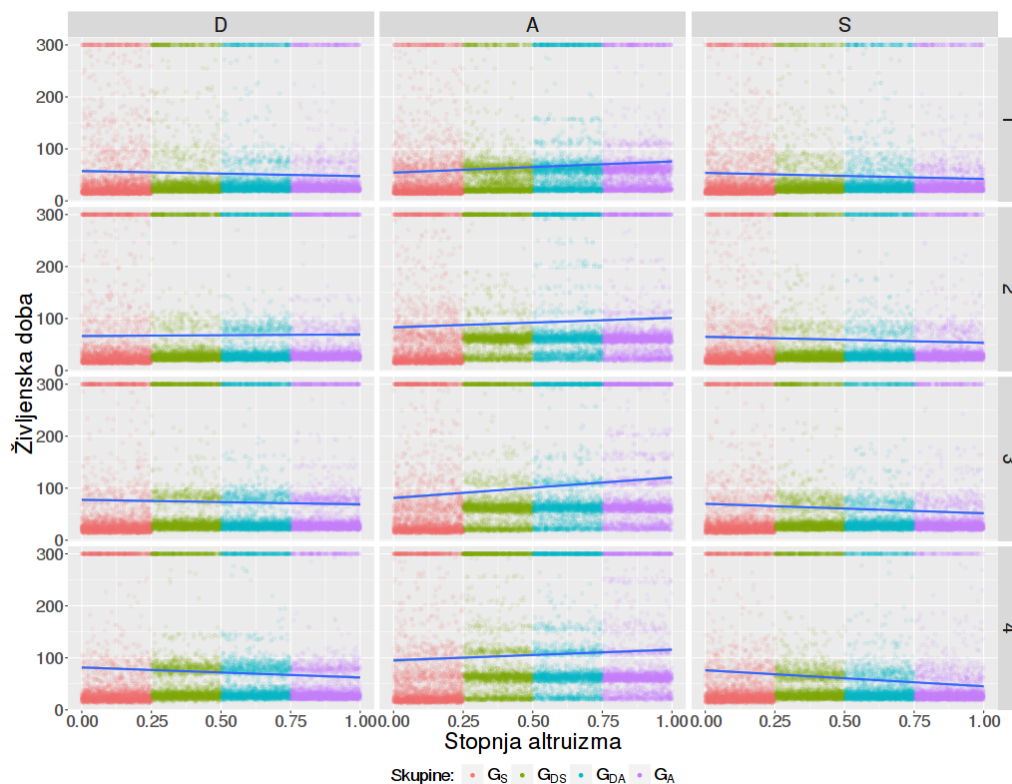
$ESC$	Povprečje			Srednja vrednost		
	D	A	S	D	A	S
1	52.4	65.0	48.0	24.7	38.2	24.7
2	67.9	92.2	59.2	27.9	60.3	27.4
3	73.3	100.9	60.8	29.7	62.4	28.5
4	71.9	105.4	60.7	30.9	63.6	29.0

Če gledamo krivulje od spodaj navzgor, več vrhov v violinskih krivuljah pomeni, da je večje število entitet preživel obdobje, ko se ustvari manj virov energije (to obdobje je prisotno pri prvih treh generatorjih, samo v različnih razmerjih; glej poglavje 2.3) in pomrlo šele pri naslednjem obdobju pomanjkanja. To je najbolj izrazito pri generatorju izobilja, saj ima veliko krivulj izrazita vsaj dva vrhova, v nekaterih primerih pa je vrh dokaj izrazit tudi na koncu (pri vrednostih  $t_{life} = 300$ ).

Vpliv stopnje altruizma na preživetje entitet oziroma na njihovo življenjsko dobo načeloma težje ocenimo s slike 3.1, lažje pa s slike 3.2.

Torej s slike 3.2 lahko razberemo, da v primeru normalnega generatorja virov energije (D) in pomanjkanja (S) življenjska doba entitet z naraščanjem stopnje altruizma rahlo upada. Samo v primeru izobilja življenjska doba entitet z naraščanjem stopnje altruizma nekoliko narašča.

Za merjenje odvisnosti med različnimi spremenljivkami smo izbrali Pearsonovo korelacijo. Vrednost korelacije je omejena na interval  $[-1, 1]$ , kjer nam pozitivne vrednosti



**Slika 3.2:** Razmerje med skupinami z različnimi stopnjami altruizma in življenjsko dobo njihovih entitet pri različnih generatorjih (stolpci) in maksimalno zalogo energije (vrstice). Izpis kode za prikaz tega grafa se nahaja v [A.2](#).

korelacije povedo, da z naraščanjem vrednosti ene spremenljivke narašča tudi vrednost druge, negativne vrednosti pa, da z naraščanjem vrednosti ene spremenljivke vrednost druge pada. Pripadajoče  $p$ -vrednosti nam povedo, kako statistično zanesljiva je vrednost korelacije. V našem primeru  $p > 0.05$  pomeni, da vrednost korelacije ni zanesljiva, saj je lahko pri danih podatkih prišlo do korelacije zgolj slučajno. Take vrednosti so v tabelah označene s poševno pisavo. Prav tako je velikost vzorca za vsako vrednost korelacije in njeno pripadajočo  $p$ -vrednost podana v opisu tabele s parametrom  $n$ .

Tabela 3.2 prikazuje vrednosti Pearsonove korelacije med življenjsko dobo in stopnjo altruizma entitet pri različnih vrednostih maksimalne zaloge energije (vrstice) glede na vrsto generatorja (stolpci) in njihove  $p$ -vrednosti. V tem primeru nam pozitivne vrednosti korelacije povedo, da z naraščanjem stopnje altruizma narašča tudi življenjska doba entitet, negativne vrednosti pa, da z naraščanjem stopnje altruizma življenjska doba en-

**Tabela 3.2:** Pearsonova korelacija med življenjsko dobo in stopnjo altruizma entitet pri različnih vrednostih maksimalne zaloge energije (vrstice) glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.2.  $n = 12000$

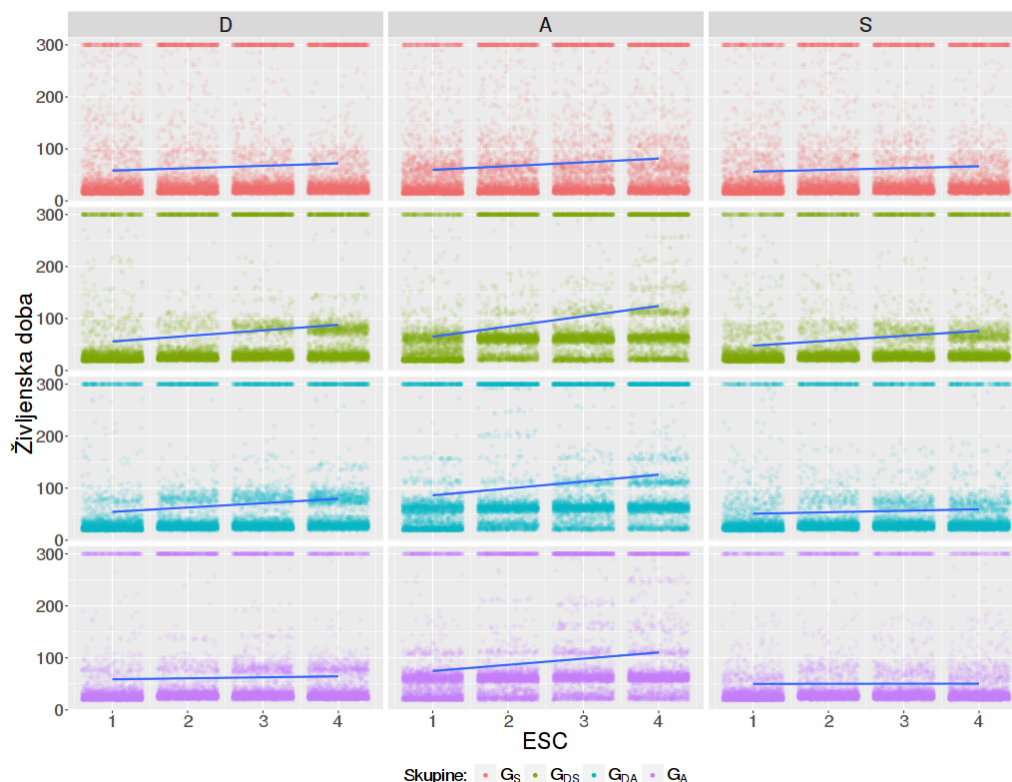
$ESC$	Korelacija			p-vrednost		
	D	A	S	D	A	S
1	-0.038	0.081	-0.05	< 0.001	0	< 0.001
2	0.0092	0.055	-0.041	0.31	< 0.001	< 0.001
3	-0.027	0.12	-0.065	0.0033	0	< 0.001
4	-0.063	0.059	-0.11	< 0.001	< 0.001	< 0.001

titet pada. Vidimo, da načeloma v nobenem primeru nimamo močne korelacije oziroma povezave med stopnjo altruizma in življenjsko dobo entitet (bodisi pozitivne ali negativne). Najmočnejšo povezavo imamo v stolpcu A pri vrednosti  $ESC = 3$ , a je vrednost korelacije tudi v tem primeru le 12%.

Na sliki 3.3 je zanimivo videti tudi, da pri naraščanju maksimalne zaloge energije (če gledamo sliko 3.2 po vrsticah od 1 do 4) postaja naraščanje življenjske dobe pri naraščajoči stopnji altruizma nekoliko bolj izrazito. Vsaka vrstica predstavlja svojo skupino ( $G_S$ ,  $G_{DS}$ ,  $G_{DA}$  in  $G_A$  - vsaka označena s svojo barvo). V vsakem grafu posebej vidimo, kako naraščanje  $ESC$  vpliva na naraščanje življenjske dobe. To je najbolj opazno pri generatorju izobilja, pri drugih dveh generatorjih pa nekoliko manj. V nekaterih primerih, recimo pri skupini  $G_A$ , normalnem generatorju (D) in generatorju pomanjkanja (S), življenjska doba praktično ne narašča (podobno velja za  $G_S$ ).

**Tabela 3.3:** Pearsonova korelacija med življenjsko dobo in maksimalno zalogo energije ( $ESC$ ) entitet posameznih skupin (vrstice) glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.3.  $n = 12000$

Skupina	Korelacija			p-vrednost		
	D	A	S	D	A	S
$G_S$	0.057	0.09	0.045	< 0.001	0	< 0.001
$G_{DS}$	0.13	0.23	0.13	0	0	0
$G_{DA}$	0.11	0.15	0.043	0	0	< 0.001
$G_A$	0.026	0.15	0.0022	0.0038	0	0.81



**Slika 3.3:** Razmerje med skupinami z različnimi stopnjami *ESC*-ja in življenjsko dobo njihovih entitet.

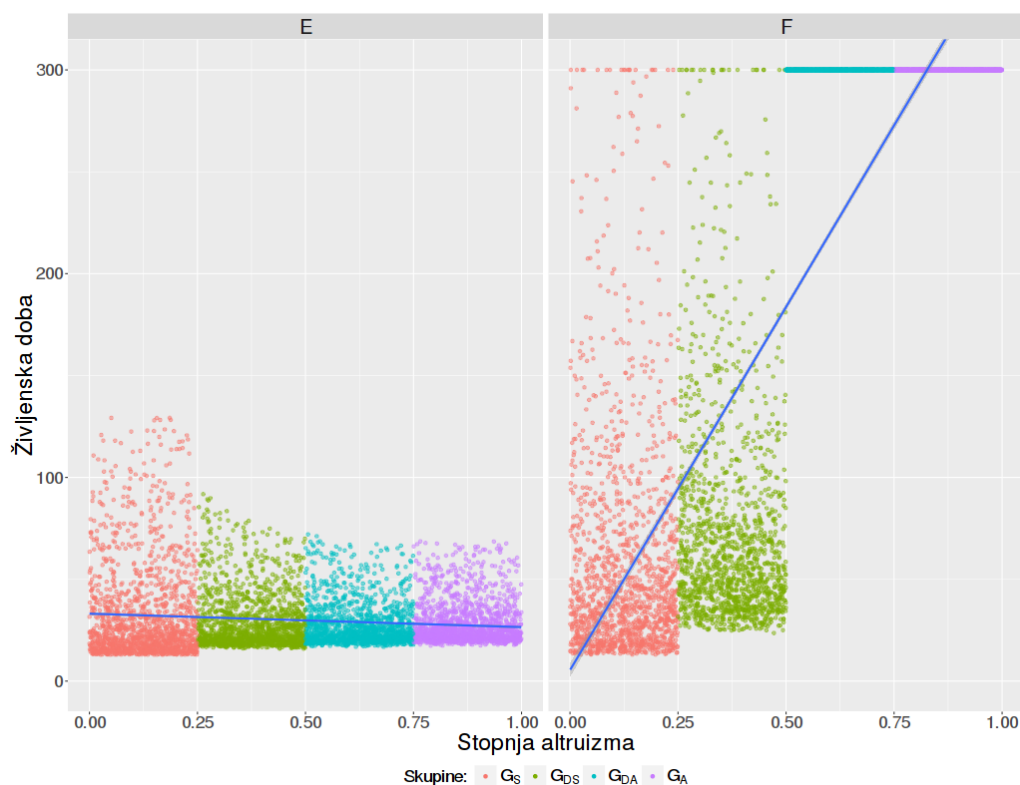
Izpis kode za prikaz tega grafa se nahaja v [A.3](#).

Vrednosti korelacij v tabeli [3.3](#) nam nakazujejo, da je povezava med življenjsko dobo in maksimalno zalogo energije entitet je očitno močnejša kot v primeru povezave med stopnjo altruizma in življenjsko dobo entitet (glej tabelo [3.2](#)), s česar lahko sklepamo, da ima maksimalna zaloga energije (*ESC*) večji vpliv na življenjsko dobo entitet kot stopnja altruizma (vsaj v danih okoliščinah).

Iz vsega tega lahko sklepamo, da ima višja stopnja altruizma nekoliko pozitiven učinek na življenjsko dobo entitet samo v obdobjih izobilja in po drugi strani nekoliko negativen učinek na življenjsko dobo v normalnih pogojih in obdobjih pomanjkanja. Vidimo tudi, da povečevanje maksimalne zaloge energije povečuje življenjsko dobo entitet ne glede na okolje, se pa življenjska doba v tem primeru vseeno bolj podaljša v obdobjih izobilja in manj v normalnih pogojih ter obdobjih pomanjkanja.

## 3.2 Generatorja ekstrema

V poglavju 3.1 smo prišli do ugotovitve, da ima “višja stopnja altruizma nekoliko pozitiven učinek na življenjsko dobo entitet samo v obdobjih izobilja in po drugi strani nekoliko negativen učinek na življenjsko dobo v normalnih pogojih in obdobjih pomanjkanja”, zato nas je zanimalo, kako bi se entitete obnašale v okolju brez virov energije in kako v okolju z res obsežnim izobiljem virov energije pri  $ESC = 1$ . V tem primeru (stolpec E) smo se omejili samo na najnižjo vrednost  $ESC$  zato, ker različne vrednosti maksimalne zaloge energije nimajo nobenega vpliva na življenjsko dobo entitet v okolju brez virov energije. V primeru obsežnega izobilja virov energije (stolpec F) pa smo se omejili na vrednost  $ESC = 1$  zaradi lažje primerjave s prejšnjim primerom (stolpec E).



**Slika 3.4:** Razmerje med stopnjo altruizma ter življenjsko dobo entitet pri generatorju, ki ne ustvarjanja virov energije (stolpec E) in generatorju z obsežnim ustvarjanjem virov energije (stolpec F).

Kot lahko razberemo s slike 3.4, pride pri bolj ekstremnih okoljih, ki jih ustvarjata ta dva generatorja, do dosti bolj izrazite razlike med entitetami z različnimi stopnjami

altruizma. V primeru, kjer virov energije ni, se izkaže, da višja stopnja altruizma res negativno vpliva na življenjsko dobo entitet v okolju. Vendar pa v okolju z obsežnim izobiljem virov energije brez težav, oziroma do konca simulacije preživijo entitete v skupinah z višjo stopnjo altruizma (skupini  $G_{DA}$ ,  $G_A$ ), medtem ko imajo skupine z nižjo stopnjo altruizma bistveno višjo umrljivost, saj do konca simulacije preživi le 1.27% entitet v skupini  $G_S$  in 1.47% entitet v skupini  $G_{DS}$ .

**Tabela 3.4:** Pearsonova korelacija med življenjsko dobo in stopnjo altruizma entitet glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.4.  $n = 6000$

$ESC$	Korelacija		p-vrednost	
	E	F	E	F
1	-0.12	0.83	< 0.001	0

Zanimivo je, da imamo v tej situaciji (glej tabelo 3.4) v primeru F izredno močno pozitivno povezavo med življenjsko dobo in stopnjo altruizma entitet, saj znaša vrednost te korelacije kar 83%. To pomeni, da višja stopnja altruizma izredno pozitivno vpliva na življenjsko dobo entitet v okolju izrednega izobilja virov energije.

Očitno razliko v življenjski dobi entitet med skupinama  $G_S$  in  $G_{DS}$  ter  $G_{DA}$  in  $G_A$  gre pripisati tudi algoritmu deljenja odvečne energije med entitetami (glej podpoglavje 2.4.6), saj entitete s stopnjo altruizma  $\alpha \geq 0.5$  sprožajo klic, s katerim delijo prekomerno nabrano energijo in tako prispevajo k bolj učinkoviti porazdelitvi energije med entitetami iz iste skupine.

### 3.3 Testna skupina

Za primerjavo si pogledjmo še kontrolno oziroma testno skupino  $G_R$ . Entitete te skupine imajo enakomerno razporejeno stopnjo altruizma na celotnem intervalu  $\alpha = [0, 1]$ .

Kar je pri testni skupini zanimivo in je razvidno s slike 3.5, je očitna negativna korelacija med naraščajočo stopnjo altruizma in življenjsko dobo entitet. To je po eni strani pričakovano, saj očitno ponazarja, da bolj sebične entitete preživijo dlje, ker delijo manj energije z drugimi entitetami (če jo sploh - glej podpoglavje 2.4.5 in 2.4.6), hkrati pa zahtevajo od bolj altruističnih entitet več energije, kot so jo same pripravljene ponuditi (v istih okoliščinah). To pripelje do neke vrste parazitskega obnašanja, kjer sebične entitete nekako "iztrošijo" altruistične entitete, zaradi česar slednje pomrejo prej od

sebičnih. Kljub temu pa so življenjske dobe v povprečju daljše od tistih pri simulacijah s 4 skupinami. V primerih stolpca A celo precej daljše. To lahko razberemo tudi iz tabele 3.5, kjer vidimo, da je *povprečna* življenjska doba entitet testne skupine  $G_R$  približno 2x daljša od ostalih 4 skupin, njena *srednja vrednost* (mediana) pa približno 1.5x daljša v primeru generatorja pomanjkanja (S), 3x daljša v primeru nevtralnega generatorja (D) in več kot 4x daljša v primeru generatorja izobilja (A).

**Tabela 3.5:** Povprečna življenjska doba in srednja vrednost vseh 5 skupin entitet pri različnih generatorjih (za vse vrednostih  $ESC$  pri vsaki skupini).

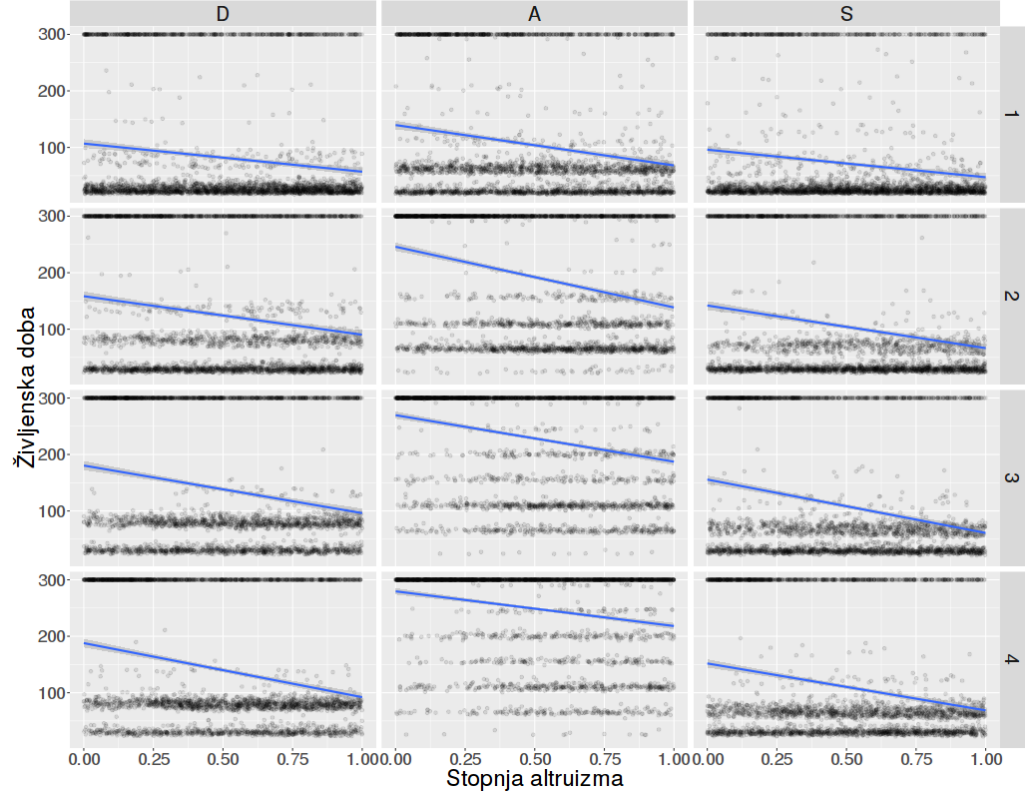
Skupina	Povprečje			Srednja vrednost		
	D	A	S	D	A	S
$G_S$	65.1	70.5	61.4	25.2	27.1	25.3
$G_{DS}$	71.8	94.6	62.0	29.2	61.4	28.2
$G_{DA}$	67.0	106.1	55.2	29.3	63.3	28.2
$G_A$	61.6	92.5	50.1	28.6	61.5	27.4
$G_R$	120.9	193.3	98.7	75.5	251.6	38.0

**Tabela 3.6:** Pearsonova korelacija med življenjsko dobo in stopnjo altruizma entitet testne skupine pri različnih vrednostih maksimalne zaloge energije (vrstice) glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.5.  $n = 3000$

$ESC$	Korelacija			p-vrednost		
	D	A	S	D	A	S
1	-0.13	-0.19	-0.14	< 0.001	< 0.001	< 0.001
2	-0.17	-0.29	-0.2	< 0.001	< 0.001	< 0.001
3	-0.21	-0.26	-0.25	< 0.001	< 0.001	< 0.001
4	-0.25	-0.21	-0.22	< 0.001	< 0.001	< 0.001

V tem primeru (glej tabelo 3.6) vidimo tudi izključno negativno in kar močno korelacijo oziroma povezavo med stopnjo altruizma in življenjsko dobo entitet. To torej pomeni, da višja stopnja altruizma negativno vpliva na življenjsko dobo entitet v okolju, kjer imamo v isti skupini celoten spekter tako altruističnih kot tudi sebičnih entitet.

Pri testni skupini imamo prav tako pozitivno korelacijo med vrednostmi  $ESC$  ter življenjsko dobo entitet, kar je razvidno s slike 3.6, poleg tega je to razmerje tudi dosti bolj



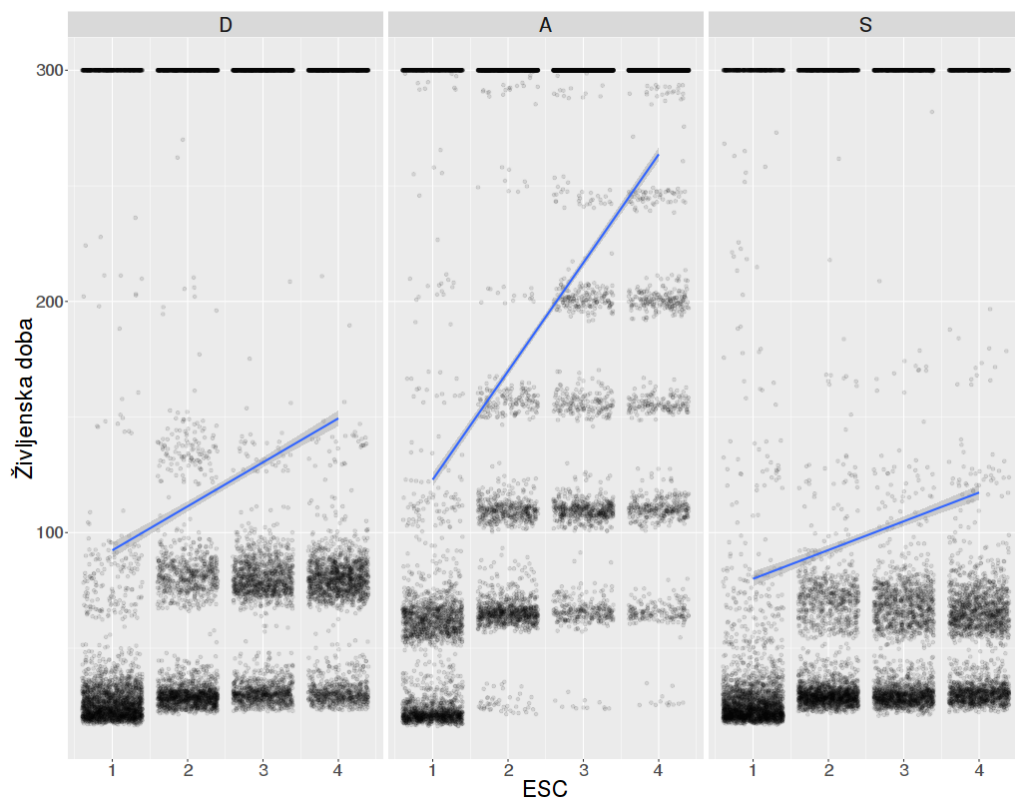
**Slika 3.5:** Razmerje med stopnjo altruizma ter življenjsko dobo entitet pri različnih generatorjih (stolpci) in maksimalno zalogo energije (vrstice). Izpis kode za izris tega grafa se nahaja v [A.4](#).

**Tabela 3.7:** Pearsonova korelacija med življenjsko dobo in maksimalno zalogo energije ( $ESC$ ) entitet testne skupine glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.6.  $n = 12000$

Skupina	Korelacija			p-vrednost		
	D	A	S	D	A	S
$G_R$	0.19	0.46	0.13	0	0	0

izrazito kot pri simulacijah s 4 različnimi skupinami. To lahko vidimo tudi v tabeli 3.7, ki prikazuje vrednosti Pearsonove korelacije med življenjsko dobo in maksimalno zalogo energije entitet testne skupine glede na vrsto generatorja. Vidimo, da gre tudi v tem primeru za pozitivno in dokaj močno korelacijo oziroma povezavo med življenjsko dobo in maksimalno zalogo energije entitet, kot smo jo že videli v tabeli 3.3. Očitno v okolju,



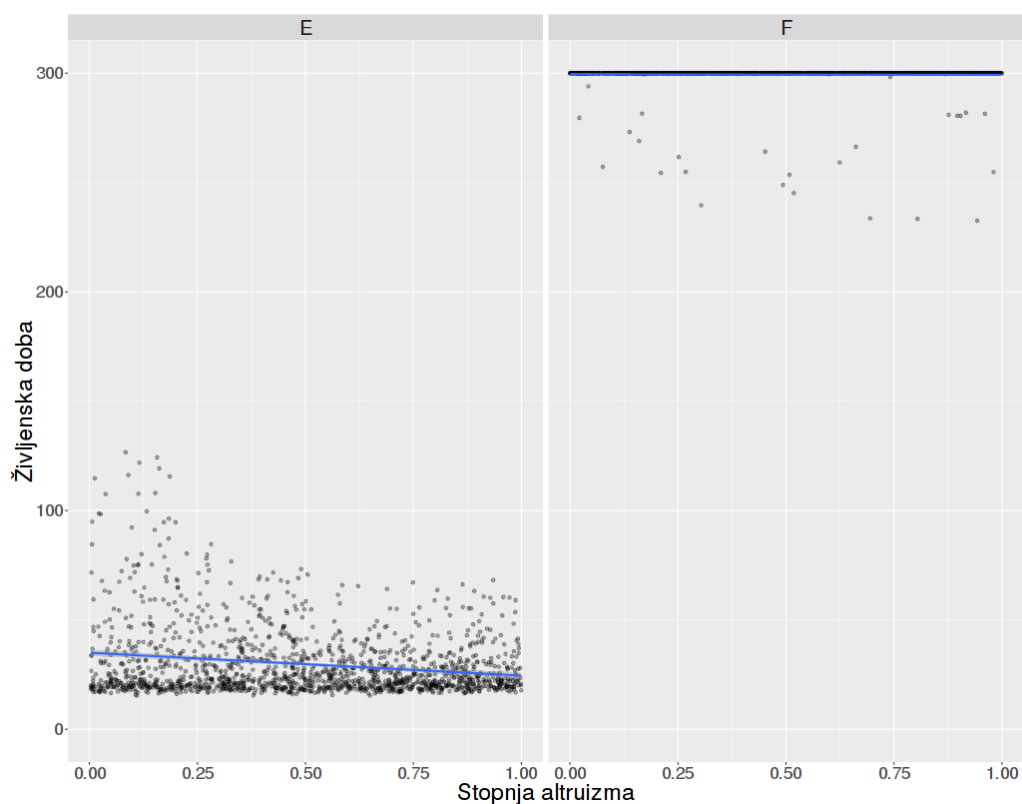


**Slika 3.6:** Razmerje med maksimalno zalogo energije ter življenjsko dobo entitet pri različnih generatorjih (stolpci). Izpis kode za prikaz tega grafa se nahaja v [A.5](#).

kjer imamo v isti skupini celoten spekter tako altruističnih kot tudi sebičnih entitet, povečevanje maksimalne zaloge energije še toliko bolj pozitivno vpliva na življenjsko dobo entitet. Sploh v okolju izobilja, saj je tam vrednost korelacije kar 46%.

Zanimivi so tudi rezultati testne skupine z generatorjema ekstremov, torej z generatorjem, ki ne ustvarja virov energije in generatorjem, ki ustvarja obsežno izobilje virov energije (slika 3.7). V prvem primeru, stolpec E na sliki 3.7, vidimo veliko podobnost s stolpcem E na sliki 3.4. V drugem primeru, stolpca F na obeh slikah, pa podobnosti niso tako očitne. Delež entitet testne skupine, ki preživijo do konca simulacij z generatorjem obsežnega izobilja, je namreč kar 98% (pri  $G_S$  in  $G_{DS}$  je bil manj kot 1.5%). To gre pripisati sodelovanju med altruističnimi entitetami, ki delijo svojo prekomerno nabrano energijo z vsemi entitetami, tudi tistimi sebičnimi entitetami, ki nimajo sreče, da bi nabrale dovolj energije za lastno preživetje in bi zato v skupini sebičnih entitet umrle, saj

si entitete v taki (sebični) skupini delijo med sabo manj energije, če si jo sploh.



**Slika 3.7:** Razmerje med stopnjo altruizma ter življenjsko dobo entitet testne skupine pri generatorju, ki ne ustvarjanja virov energije (stolpec E) in generatorjem, ki ustvarja obsežno izobilje virov energije (stolpec F).

**Tabela 3.8:** Pearsonova korelacija med življenjsko dobo in stopnjo altruizma entitet v testni skupini glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.7.  $n = 1500$

<i>ESC</i>	Korelacija		p-vrednost	
	E	F	E	F
1	-0.19	-0.013	< 0.001	0.61

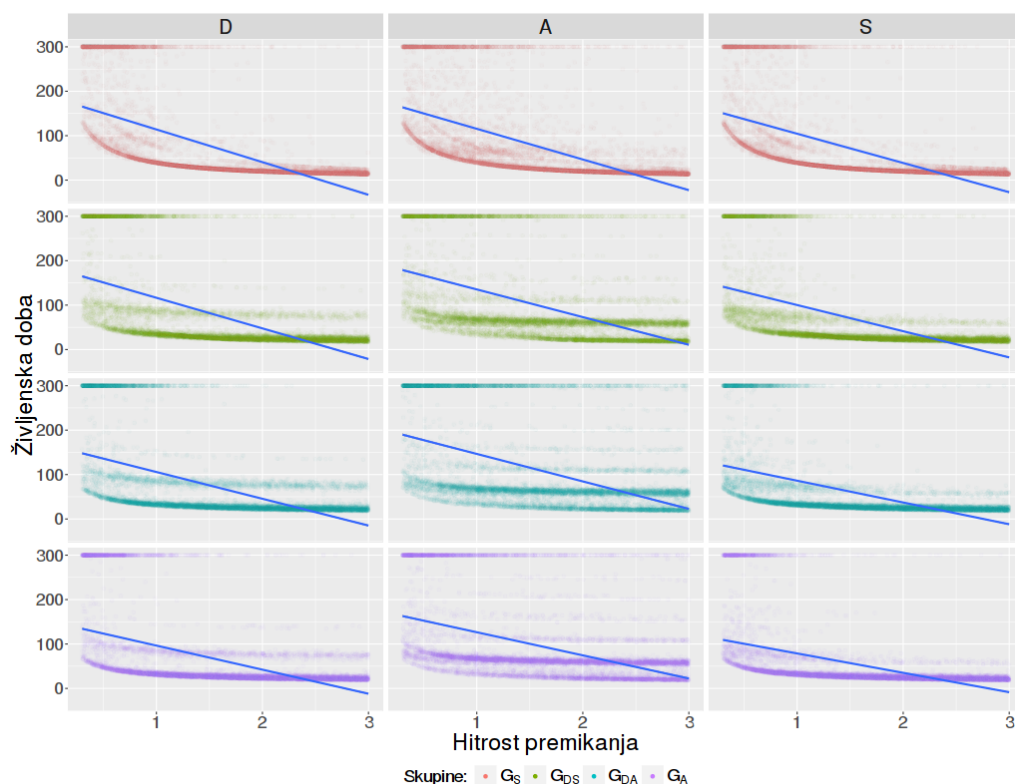
V tabeli 3.8 lahko vidimo, da je povezava med življenjsko dobo in stopnjo altruizma entitet negativna v okolju, kjer ni oziroma se ne ustvari virov energije (stolpec E) podobno kot v tabeli 3.4. V takem okolju pomeni višja stopnja altruizma krajšo življenjsko dobo entitete. Zanimivo pa je videti, da v testni skupini stopnja altruizma praktično nima

vpliva na življenjsko dobo entitet v okolju z obsežnim izobiljem virov energije, saj je vrednost korelacije v tem primeru le -1.3% (stolpec F).

### 3.4 Ostale povezave med parametri

Poleg maksimalne zaloge energije ima seveda vpliv na življenjsko dobo entitet tudi hitrost. Hitreje kot se entiteta premika, hitreje izgublja energijo (glej podpoglavje 2.4.3), vendar lahko hkrati preišče več sveta in potencialno nabere več energije. Tako nas zanima povezava med hitrostjo in življenjsko dobo ter med hitrostjo in nabrano energijo.

Na sliki 3.8 lahko vidimo, da počasnejše premikajoče se entitete dosega jo daljšo življenjsko dobo. Pri hitrosti gibanja manjši od 1 še celo dosti daljšo.



**Slika 3.8:** Razmerje med privzeto hitrostjo entitet ter življenjsko dobo entitet po skupinah pri različnih generatorjih (stolpci). Izpis kode za prikaz tega grafa se nahaja v A.6.

Zanimivo je, da slika 3.9 prikazuje stanje drugačno od predpostavke, da bodo hitrejšje entitete nabrale več energije. Počasnejše entitete očitno naberejo več energije. To je

verjetno posledica njihove daljše življenjske dobe, saj več časa za nabiranje energije na koncu prinese več energije kot večja hitrost premikanja.

**Tabela 3.9:** Pearsonova korelacija med hitrostjo premikanja entitet in življenjsko dobo entitet glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.8.  $n = 12000$

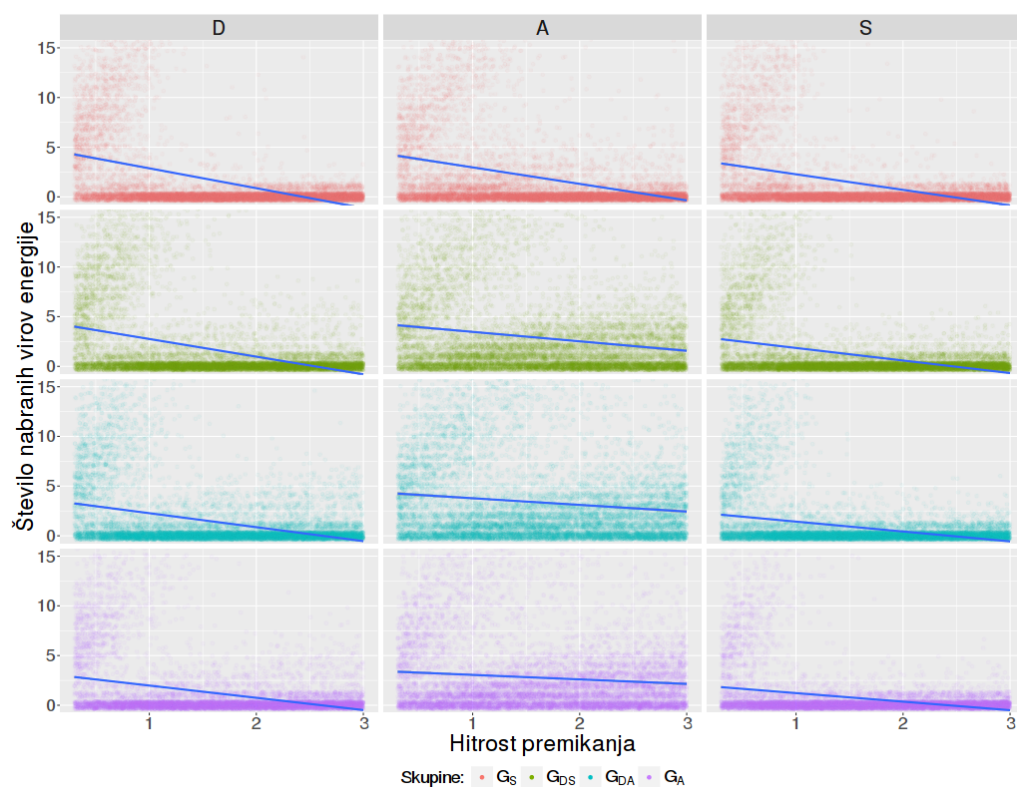
Skupina	Korelacija			p-vrednost		
	D	A	S	D	A	S
$G_S$	-0.64	-0.6	-0.6	0	0	0
$G_{DS}$	-0.58	-0.51	-0.56	0	0	0
$G_{DA}$	-0.55	-0.48	-0.52	0	0	0
$G_A$	-0.52	-0.46	-0.5	0	0	0

Negativne vrednosti korelacije v tabeli 3.9 kažejo na močno povezavo med hitrostjo premikanja entitet in življenjsko dobo entitet. Poleg tega nam te vrednosti povedo, da večanje hitrosti premikanja entitete precej negativno vpliva na njihovo življenjsko dobo, saj se povprečna vrednost korelacije giblje okoli -50%. Visoke vrednosti korelacije skupaj z velikim vzorcem ( $n = 12000$ ) med drugim vplivajo tudi na p-vrednosti, saj so v tem primeru vse enake 0.

**Tabela 3.10:** Pearsonova korelacija med hitrostjo premikanja entitet in številom nabranih virov energije glede na vrsto generatorja (stolpci). Glej tudi sliko 3.9.  $n = 12000$

Skupina	Korelacija			p-vrednost		
	D	A	S	D	A	S
$G_S$	-0.35	-0.26	-0.32	0	< 0.001	< 0.001
$G_{DS}$	-0.35	-0.15	-0.34	0	< 0.001	< 0.001
$G_{DA}$	-0.32	-0.1	-0.32	< 0.001	< 0.001	< 0.001
$G_A$	-0.3	-0.079	-0.3	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Negativne vrednosti korelacije, ki jih imamo tudi v tabeli 3.10, pa nam povedo, da večanje hitrosti premikanja entitete negativno vpliva na število nabranih virov energije. Povezava med tema lastnostima entitet je precej močna, saj se povprečna vrednost korelacije giblje načeloma okoli -30%.



**Slika 3.9:** Razmerje med privzeto hitrostjo entitet ter njihovo nabrano energijo (po skupinah) pri različnih generatorjih (stolpci). Izpis kode za prikaz tega grafa se nahaja v [A.7](#).



## 4 Sklep

Cilj oziroma hipoteza te diplomske naloge je preveriti, ali se nesebično oziroma altruistično obnašanje bolj obrestuje od sebičnega obnašanja. Rezultati so pokazali, da je to odvisno predvsem od okolja.

Testna skupina  $G_R$ , kjer so bile v isti skupini tako zelo altruistične kot tudi zelo sebične entitete, je v našem primeru pokazala, da večinoma dlje preživijo bolj sebične entitete, verjetno na račun altruističnih. To je v tako preprostem modelu, kot smo ga simulirali mi, tudi pričakovano. Dane okoliščine namreč pripeljejo do parazitskega obnašanja in če ga že ne spodbujajo ravno neposredno, ga vsekakor ne kaznujejo. Tako je parazitsko obnašanje očitno najboljša strategija za preživetje v danem okolju, saj v času pomanjkanja sebične entitete zahtevajo več energije, kot so je pripravljene deliti (če sploh), kar slej kot prej izčrpa altruistične entitete. V tem primeru bi lahko rekli, da drži star slovenski pregovor “dobrota je sirota”, a vseeno ne pozabimo, da to velja samo v danih okoliščinah (testne skupine).

Situacija ni bila več tako zelo očitna, ko smo poganjali simulacije s 4 različnimi skupinami ( $G_S$ ,  $G_{DS}$ ,  $G_{DA}$  in  $G_A$ ), kjer so v isti skupini entitete s podobnimi stopnjami

altruizma. S tem smo želeli nekako omejiti morebitno parazitsko obnašanje samo na člane iste skupine. Torej če že imamo entitete, ki se obnašajo parazitsko, naj to počnejo samo v okolju sebi enakih oziroma podobnih entitet. V teh primerih sebičnost ni imela več tako pozitivnega učinka na življenjsko dobo entitet oziroma je lahko imela celo negativnega. Prav tako so se v primerih izobilja virov energije altruistične skupine obnesle bistveno bolje od sebičnih.

Predpostavljali smo, da bodo imele hitreje premikajoče se entitete določeno prednost pred počasnejšimi, saj kljub temu, da porabijo linearno več energije, kolikor hitreje se premikajo, ob tem uspejo preiskati večji del sveta in potencialno nabrati več energije. Izkaže se, da to ne drži. Morda so hitre entitete v nekem času res nabrале več energije v primerjavi s počasnimi entitetami, vendar so v povprečju živele manj časa. Počasne entitete pa so lahko živele tudi do konca simulacij (do  $t_{max}$ ) in v vsem tem času na koncu vseeno nabrале več energije od njihovih hitrejših "kolegic".

Druga možna razlaga za to, da so počasnejše entitete nabrале več energije, pa je morda tudi v tem, da so te entitete enostavno zdržale dlje od hitrejših entitet, saj je poraba energije neposredno odvisna od hitrosti premikanja entitete. Hitrejšim entitetam namreč hitreje zmanjka energije in tako prej umrejo. Manj entitet v svetu pa spet pomeni večjo verjetnost, da bo neka entiteta (tudi če se premika počasi) naletela na vir energije, preden ji ta vir pobere druga, hitrejša entiteta.

Iz tega lahko sklepamo, da je koristneje varčevati z energijo, tudi če to pomeni počasnejše premikanje oziroma bolj omejeno preiskovanje sveta, saj tako entitete lažje preživijo obdobja pomanjkanja virov energije in v splošnem živijo dlje.

## 4.1 Nadaljnje raziskave

Povsem verjetno je, da bi se našla okolja, kjer ima bolj altruistično obnašanje še toliko bolj pozitiven učinek na življenjsko dobo entitet (in obratno), a to sega že izven okvirjev zastavljene diplomske naloge in bi lahko bilo delo nadaljnjih raziskav.

Tekom postavljanja modela simulacij smo ugotavljali tudi najbolj optimalne začetne oziroma vhodne parametre za vsako simulacijo, kot so na primer velikost sveta, po katerem se premikajo entitete (glej poglavje 2.1), število entitet v vsaki skupini, začetne oziroma privzete hitrosti entitet (glej podpoglavje 2.4.3), prag za sprožitev *klica na pomoč* (glej podpoglavje 2.4.5), količina ponujene in prevzete energije, prag za deljenje presežne



energije, maksimalna zaloge energije (glej podpoglavje 2.4.4), vrste in tipi generatorjev energije, dolžina obdobja ustvarjanja oziroma odsotnost ustvarjanja virov energije, ki jih ustvarjajo generatorji energije (glej poglavje 2.3) ter maksimalna dolžina trajanja simulacije. Na koncu smo se odločili za določene vrednosti vseh teh parametrov, vendar se izkaže, da lahko drugačna kombinacija teh parametrov proizvede zelo drugačne rezultate simulacij.

Prostor preiskovanja najbolj optimalnih vhodnih parametrov je zelo velik in bi lahko bil predmet nadaljnjih raziskav, saj bi lahko z drugačnimi parametri dobili rezultate, ki so boljši odraz obnašanja ljudi v realnem okolju. Prav tako bi se dalo vpeljati nove parametre, kot je na primer kaznovanje sebičnosti ali pa nagrajevanje altruističnega obnašanja [1]. Razmnoževanje entitet in dedovanje njihovih lastnosti bi lahko prav tako imela izrazite vplive na potek simulacij [2, 8]. Lahko bi vpeljali celo neko vrsto nasilja, ki bi omogočal, da bi se lahko entitete med sabo napadale in tako drugim entitetam kradle energijo. Tu bi lahko potem še razmišljali, kako se ostale entitete odzivajo na take napade (če na primer kaznujejo napadalne entitete). Kot vidimo, je možnosti za nadaljnje raziskave ogromno.

Se pa moramo zavedati, da vsako dodajanje novih parametrov oziroma lastnosti modela prispeva k vedno bolj kompleksnim in po eni strani nepredvidljivim simulacijam. Zato bi bilo najbrž najbolje raziskati najbolj optimalne ali realne vhodne parametre pri trenutnem obsegu modela, da dobimo dobro podlago, na kateri lahko kasneje gradimo nadaljnje raziskave.



## LITERATURA

- [1] E. Fehr, U. Fischbacher, The nature of human altruism, *Nature* 425 (6960) (2003) 785–791.
- [2] J. A. Fletcher, M. Zwick, Strong altruism can evolve in randomly formed groups, *Journal of Theoretical Biology* 228 (3) (2004) 303–313.
- [3] G. Kenagy, Daily and seasonal uses of energy stores in torpor and hibernation, in: *Living in the cold II* (A. Malan and B. Canguilhem, eds.). John Libbey Eurotext, London, United Kingdom, 1989, pp. 17–24.
- [4] A. Kohn, *The brighter side of human nature: Altruism and empathy in everyday life*, Basic Books, 2008.
- [5] A. Kohn, *No contest: The case against competition*, Houghton Mifflin Harcourt, 1992.
- [6] A. N. Moen, Energy conservation by white-tailed deer in the winter, *Ecology* (1976) 192–198.
- [7] D. H. Pink, *Drive: The surprising truth about what motivates us*, Penguin, 2011.
- [8] C. Scogings, K. A. Hawick, Altruism amongst spatial predator-prey animats, in: *Proceedings of Artificial Life XI*, 2008, pp. 537–544.



# A Izseki izvorne kode

```
1 qplot(altruism, lifetime, data = dataAll, geom = "violin", fill =  
   groupTag, facets = esc ~ generator)
```

**Izpis A.1:** Koda za prikaz grafov violinskih krivulj (slika 3.1), ki prikazujejo razmerje med življenjsko dobo posamezne skupine in njeno stopnjo altruizma.

```
1 ggplot(dataAll, aes(altruism, lifetime)) +  
2   facet_grid(esc ~ generator) +  
3   geom_jitter(alpha = 1/15, aes(color = groupTag)) +  
4   geom_smooth(method = "lm", formula = y ~ x, size = 1)
```

**Izpis A.2:** Koda za prikaz grafov (slika 3.2), ki prikazujejo razmerje med življenjsko dobo posamezne skupine in njeno stopnjo altruizma ter modro črto, ki nakazuje tendenco naraščanja ali padanja življenjske dobe ob naraščajoči stopnji altruizma.

```

1 ggplot(dataAll, aes(esc, lifetime)) +
2   facet_grid(groupTag ~ generator) +
3   geom_jitter(alpha = 1/50, aes(color = groupTag)) +
4   geom_smooth(method = "lm", formula = y ~ x, size = 1)

```

**Izpis A.3:** Koda za prikaz grafov (slika 3.3), ki prikazujejo razmerje med življenjsko dobo posamezne skupine in vrednostjo ESC ter modro črto, ki nakazuje tendenco naraščanja ali padanja življenjske dobe ob naraščajoči vrednosti ESC.

```

1 ggplot(dataAllR, aes(altruism, lifetime)) +
2   facet_grid(esc ~ generator) +
3   geom_jitter(alpha = 1/15) +
4   geom_smooth(method = "lm", formula = y ~ x, size = 1)

```

**Izpis A.4:** Koda za prikaz grafov (slika 3.5), ki prikazujejo razmerje med življenjsko dobo testne skupine in njeno stopnjo altruizma ter modro črto, ki nakazuje tendenco naraščanja ali padanja življenjske dobe ob naraščajoči stopnji altruizma.

```

1 ggplot(dataAllR, aes(esc, lifetime)) +
2   facet_grid(. ~ generator) +
3   geom_jitter(alpha = 1/10) +
4   geom_smooth(method = "lm", formula = y ~ x, size = 1)

```

**Izpis A.5:** Koda za prikaz grafov (slika 3.6) testne skupine, ki prikazujejo razmerje med življenjsko dobo entitet in njihovo privzeto hitrostjo ter modro krivuljo, ki prikazuje povprečje tega razmerja.

```

1 ggplot(dataAll, aes(speedBase, lifetime)) +
2   geom_point(aes(color = groupTag), alpha = 1/25) +
3   facet_grid(. ~ generator) +
4   geom_smooth()

```

**Izpis A.6:** Koda za prikaz grafov (slika 3.8), ki prikazujejo razmerje med življenjsko dobo entitet in njihovo privzeto hitrostjo ter modro krivuljo, ki prikazuje povprečje tega razmerja.

```
1 ggplot(dataAll, aes(speedBase, energyCollected)) +  
2   geom_jitter(aes(color = generator), alpha = 1/50) +  
3   facet_grid(. ~ generator) +  
4   geom_smooth(size = 1) +  
5   coord_cartesian(ylim = c(0, 15))
```

**Izpis A.7:** Koda za prikaz grafov (slika 3.9), ki prikazujejo razmerje med številom nabranih virov energije entitet in njihovo privzeto hitrostjo ter modro krivuljo, ki prikazuje povprečje tega razmerja.