



frik++

glasilo študentov računalništva in informatike

september 2024

Kazalo

- 3 Nagovor urednika
- 4 Igra Policaži in Ropar v teoriji grafov: Od osnov do različic
- 14 Bavbav iz zaslona leze na oder:
- 19 Kaj prenašamo s protokolom BitTorrent?
- 24 LLM asistent za preverjanje skladnosti s pravnimi dokumenti
- 28 Klub Ada Hekaton 2023
- 28 Pripravljeni na izziv?
Roboliga FRI 2024 prihaja!
- 29 EESTEC se predstavi
- 29 Bili smo na MofuConu
- 30 Dewesoft Measurement Conference 2024:
Neprecenljive izkušnje za študente računalništva
- 31 Pokukali smo čez mejo nevidnega
- 32 LIFFE 2023 ali kam peljati svojo mamo, da ne gleda samo Planeta Eva
- 34 Animateka 2023 ali hipsterizacija shitposta

frik++glasilo študentov
računalništva in
informatike

september 2024, številka 2

Glavna urednik:

Matjaž Vuherer

Oblikovanje:

Matjaž Vuherer

Tisk:

Prima d.o.o.

Naklada:

200 izvodov

Ustvarjalci:

Matjaž Vuherer, Toni Klobasa,
Maruša Freya Voglar,
Matej Hans Ahačič, L.N., Katja
Kranjec, Ana Luetič, Ana
Julija Prešeren, Manca Strah,
Simona Kek, Luka Šijanec,
Barbara Makovec, Nina
Plevnik

ISSN: 3023-9206

E-ISSN: 3023-9303

Kontakt:

urednistvo@glasilo-fri.si

UL FRI

Večna pot 113

1000 Ljubljana

Glasilo je brezplačno in
je namenjeno študentom
UL FRI. Natis je financirala
podjetje Epilog d.o.o.

Cenjene kolegice_i!

Matjaž
glavni urednik

Pred vami stoji v vsej svoji veličini ali malenkost (odvisno ali revijo fizično držite v rokah ali pa samo vašo priljubljeno digitalno napravo) druga številka glasila študentov Fakultete za računalništvo in informatiko.

Tokrat vas čaka adrenalinska pustolovščina o večnem begu lopovov pred policaji. Ko se boste naveličali hitrega listanja in napetega branja pa si lahko preberete več o vplivu umetna inteligence na gledališki svet. Če vam bolj leži praksa kot teorija smo za vas pripravili goro reportaž o kulturnem, izobraže-

valnem in zabavnem dogajanju na fakulteti in izven nje. Mislim, da lahko vsak v glasilu najde kakšen članek zase.

Vabimo vse zainteresirane bralke in bralce, da se nam v tem študijskem letu pridružijo na tej razburljivi in razgibani poti ustvarjanja glasila. V svoje vrste vabimo vse, ki se imajo po duši za kreativce. Tako popolne začetnike kot veterane tega posla. Svoje literarne, novinarske in strokovne prispevke lahko oddate na spletni strani glasilo-fri.si. Vse morebitne pohvale, predloge ter graje nam lahko sporočite na

naslov.urednistvo@glasilo-fri.si.

Velika zahvala pri nastajanju te številke gre podjetju Epilog d.o.o., ki je celoten projekt finančno podprlo in s tem omogočilo tiskano izdajo glasila.

Iskrena zahvala gre tudi upravnemu odboru Fakultete za računalništvo in informatiko, ki je s sredstvi podprl izdajo te številke in s tem omogočil, da je vsako besedilo v glasilu strokovno pregledano in lektorirano.

Naj vam bo branje te številke še posebej v užitek.

glavni sponzorji projekta:

študentska
organizacija
fakultete za
računalništvo
in informatiko



Strokovni članek

Igra Policaji in Ropar v teoriji grafov: Od osnov do različic

AVTORICE ČLANKA: KATJA KRANJEC, ANA JULIJA PREŠEREN, ANA LUETIĆ, MANCA STRAH
PREGLEDAL: DOC. DR. ANDREJ BRODNIK

Policaji in ropar je družina kombinatoričnih iger lovljenja in izmikanja na grafih, ki jih igrata dva igralca. Igralca se izmenjujeta na potezi, pri čemer prvi nadzira policaje, drugi pa roparja. Policaji poskušajo ujeti roparja, ropar pa se jim poskuša izogibati v nedogled. Varnostno število grafa je enako številu policajev, ki zagotavlja, da je ob popolni igri obeh igralcev ropar ujet. V tem članku predstavimo štiri različice te igre: klasično igro (policaji in ropar se premikajo po vozliščih grafa), primarno-dualno igro (policaji se premikajo po licih grafa, ropar pa po vozliščih grafa), hitro igro (policaji in ropar se premikajo po vozliščih grafa z nekima hitrostma) ter igro zadrževanja (policaji se premikajo po povezavah grafa, ropar pa po vozliščih). Za vsako od teh različic raziskujemo najmanjše potrebno število policajev za ujetje oziroma zadržanje roparja. V nekaterih primerih ga lahko eksplicitno določimo, v drugih primerih pa ga poskušamo omejiti.

Ključne besede: Policaji in ropar, varnostno število, ravninski graf, dualni graf

1. Uvod

Igra Policaji in ropar na grafih je bila neodvisno uvedena leta 1983 s strani Nowakowskega in Winklerja ter Quilliot in je v zadnjih štirih desetletjih pritegnila obsežno študijo. Zaradi obilice različic te igre se bomo poleg originalne igre osredotočili le na tri izmed njih. Izhajajoč iz različice igre *Primarno-dualni policaji in ropar* v članku , smo v naš članek poleg nje vključili še dve dodatni, ki vsaka na svoj način dopolnjujeta in pripomoreta k boljšemu razumevanju referenčnega članka.

V prvem poglavju predstavimo klasično igro *Policaji in ropar*, ki je temelj za vse nadaljnje različice. V tej osnovni verziji se tako ropar kot policaji premikajo po vozliščih, pri čemer je cilj policajev ujeti roparja. Nadaljujemo z različico *Primarno-dualni policaji in ropar* iz referenčnega članka. Tokrat se ropar ponovno premika po vozliščih, policaji pa poskušajo zasesti vsa lica okoli njega in ga tako obkoluti. Tretje poglavje je posvečeno različici *Hitri ropar*, ki se uporablja pri dokazu izreka iz prejšnjega poglavja. V tej verziji se policaji in ropar premikajo po vozliščih kot v originalni igri, vendar z različno hitrostjo, saj lahko obišejo več vozlišč v eni potezi. Zadnje poglavje obravnava različico *Zadrževanje*. V tej igri se ropar ponovno premika po vozliščih, medtem ko se policaji premikajo po povezavah in stremijo k zasedbi vseh povezav okoli roparjevega vozlišča, da bi ga zadržali. Ta različica simbolično zaključuje naš pregled, saj roparja zasledujemo po različnih elementih grafa: vozliščih, licih in zdaj tudi po povezavah.

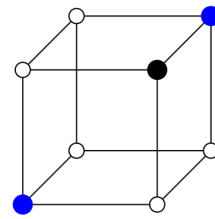
2. Policaji in ropar

2.1. Opis igre

Policaji in ropar je klasična kombinatorična igra lovljenja in izmikanja na grafih. V klasični verziji igro igrata dva igralca na končnem povezanem grafu, o katerem imata vsak trenutek popolno informacijo. Eden izmed igralcev nadzoruje roparja, ki želi ubežati skupini policajev, ki so nadzorovani s

strani drugega igralca. Ropar in vsak izmed policajev vsak trenutek igre zaseda neko vozlišče grafa.

Igro začne igralec, ki nadzoruje policaje, nato pa se igralec izmenjujeta na potezi. V svoji prvi potezi igralec, ki nadzoruje policaje, postavi vsakega od policajev na neko vozlišče, drugi igralec pa nato v svoji potezi na neko vozlišče postavi še roparja. V nadaljevanju se igralec na potezi za vsako od svojih figur odloči, ali bo ta ostala na istem vozlišču ali pa jo bo premaknil na eno izmed sosednjih vozlišč. Ropar je ujet, če v nekem trenutku vsaj eden izmed policajev zaseda isto vozlišče kot ropar. Če se roparju uspe izogibati policajem v nedogled, zмага. Primer postavitve figur na grafu lahko vidimo na Sliki 1.



Primer položaja dveh policajev (modra) in roparja (črna) na grafu.

2.2. Varnostno sporočilo

Očitno je, da je v primeru $|V(G)|$ policajev ropar lahko vedno ujet, saj lahko vsakega policaja postavimo na svoje vozlišče. Bolj zanimivo za raziskovanje pa je najmanjše število policajev k , ki zagotavlja, da je ob popolni igri obeh igralcev ropar na grafu G ujet. To število imenujemo *varnostno število* in ga označimo s $c(G)$. Koncept varnostnega števila sta prvič vpeljala Aigner in Fromme leta 1984 v delu .

Primer 1. Poiščimo varnostna števila sledečih grafov in strategijo, s katero policaji ujamejo roparja na vsakem

izmed njih.

Cikel C_3 : Ker imamo na voljo le tri vozlišča, lahko roparja ujamemo le z enim policajem. Ko policaj izbere svojo začetno pozicijo, ropar izbere eno izmed preostalih dveh prostih vozlišč. Ti vozlišči pa sta seveda sosednji policajevemu vozlišču in policaj se v naslednji potezi premakne na roparjevo vozlišče in ga ujame. Torej je $c(C_3) = 1$.

Cikel C_n za $n \geq 4$: En policaj v tem primeru očitno ne zadošča za ulovitev roparja, saj bi ta le ponavljal poteze policaja in se mu tako v nedogled izogibal. Če pa na graf postavimo dva policaja, se eden od njiju pomika po vozliščih v smeri urinega kazalca, drugi pa v obratni smeri in po končnem številu korakov ujameta roparja. Torej je $c(C_n) = 2$.

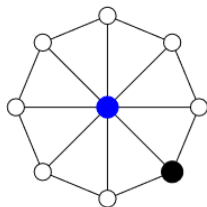
Pot P_n : Po začetni postavitvi enega policaja in roparja slednjemu ne preostane drugega, kot da beži stran od policaja. Policaj mu preprosto sledi in ga naposled stisne v vozlišče stopnje 1, kjer ga ujame. Torej je $c(P_n) = 1$.

Drevesa T : Enega policaja postavimo v koren drevesa, ropar pa si izbere poljubno prosto vozlišče. Policaj mora nato le slediti roparju v vejo in se nato premikati proti njemu. Po končnem številu korakov ga prisili v umik v enega od listov, kjer ga v naslednji potezi ujame. Torej je $c(T) = 1$.

Kolo W_n : Ker ima graf W_n vozlišče stopnje $n-1$, policaja postavimo v to vozlišče (Slika 2). Ne glede na roparjevo izbiro vozlišča se lahko policaj v naslednjem koraku premakne v njegovo vozlišče in ga ujame. Torej je $c(W_n) = 1$.

Polni graf K_n : V polnem grafu imamo povezavo med vsakim parom vozlišč. Po začetni postavitvi enega policaja in roparja se policaj prestavi na roparjevo vozlišče in ga ujame. Torej je $c(K_n) = 1$.

Zadnja primera nam tudi pokažeta, da za graf z n . vozlišči in vozliščem stopnje $n-1$ vedno velja $c(G) = 1$.



Postavitve figur na kolesu, pri kateri lahko policaj (modra) v eni potezi ujame roparja (črna).

Grafom iz primera 1 smo na preprost način določili vrednost varnostnega števila, vendar tega ne moremo enostavno storiti za vse grafe. Tako se pogosto osredotočimo na omejitve varnostnega števila. Aigner in Fromme v svojem delu predstavita sledeča izreka, ki določenim grafom navzdol omejita varnostno število na podlagi njihove minimalne stopnje δ .

Izrek 1. Naj bo G graf z minimalno stopnjo $\delta(G) \geq k$, kne vsebuje 3-ciklov ali 4-ciklov. Potem velja $c(G) \geq k$.

Izrek 2. Za vsak k obstaja k -regularen graf brez 3- in 4-ciklov.

Definicija 1. Graf je k -regularen, če je vsako njegovo vozlišče stopnje k .

Kombinacija izrekov 1 in 2 nam pove, da za vsak k obstaja graf G , da velja $c(G) \geq k$. Izreka nam tako sporočata, da za katerokoli izbrano število k , vedno obstaja graf, za katerega je potrebno najmanj k policajev, da roparja ujamemo.

Razmislimo tudi o obratnem vprašanju: ali obstaja razred grafov, za katere je varnostno število omejeno navzgor?

Izkaže se, da je to res za ravninske grafe. Graf je ravninski, če ga lahko narišemo na ravnino brez prekrivanja povezav. V svoji študiji sta Aigner in Fromme ugotovila, da za ujetje roparja na ravninskih grafih zadostujejo trije policaji, kar je formalizirano v naslednjem izreku.

Izrek 3. Za vsak ravninski graf G velja $c(G) \leq 3$.

Dokaz izreka 3 temelji na sledeči lemi.

Lema 1. Naj bo G graf, $u, v \in V(G)$ in $P = \{u = v_0, v_1, v_2, \dots, v_t = v\}$ najkrajša pot od u do v . Predpostavimo, da sta v igri vsaj dva policaja. Potem lahko eden od policajev na P , ki ga označimo s C , po končnem številu korakov roparju prepreči, da ta vstopi na P . Z drugimi besedami: v trenutku ko ropar vstopi na P , bo ujet.

Dokaz. Dokaz leme 1 sledi. Označimo z $d(x, y)$ dolžino najkrajše poti med x in y in jo imenujmo razdalja med x

in y . Naj bo $P = \{u = 0, 1, 2, \dots, t = v\}$ najkrajša pot med u in v . Recimo, da je po potezi policajev policaj C na vozlišču $c \in V(P)$, ropar na vozlišču $r \in V(G)$ in naj velja

$$d(r, z) \geq d(c, z) \text{ za vsak } z \in V(P).$$

Trdimo, da lahko policaj C lastnost [ekwejn1] s svojo potezo ohranja skozi igro, ne glede na to, katero potezo naredi ropar. To seveda pomeni, da je ropar z vstopom na P takoj ujet.

Vemo, da se bo ropar moral prej ali slej premakniti, saj ga bo v nasprotnem primeru ujel eden od preostalih policajev. Recimo, da se ropar v svoji potezi premakne z vozlišča r na vozlišče s . Ker sta r in s sosednji vozlišči, se s premikom razdalja zmanjša ali poveča za 1, torej velja:

$$d(s, z) \geq d(r, z) - 1 \geq d(c, z) - 1 \text{ za vsak } z \in V(P).$$

Če obstaja tak $z_0 \in V(P)$, da velja $d(s, z_0) = d(c, z_0) - 1$, potem policaj C s premikom proti z_0 prav tako zmanjša svojo razdaljo do z_0 za 1 in lastnost ([ekwejn1]) spet velja. Edina težava bi se lahko pojavila, če bi obstajali taki vozlišči $x, y \in V(P)$, $x < c < y$, da bi veljalo $d(s, x) = d(c, x) - 1$, $d(s, y) \leq d(c, y)$ ali $d(s, x) \leq d(c, x)$, $d(s, y) = d(c, y) - 1$. Z upoštevanjem minimalnosti poti P in

trikotniške neenakosti, ki velja za razdaljo d , pa ugotovimo, da to ni mogoče, saj bi moralo veljati

$$\begin{aligned} d(x, y) &\leq d(s, x) + d(s, y) \\ d(x, y) &\leq d(c, x) + d(c, y) - 1 = d(x, y) - 1. \end{aligned}$$

Pokazati moramo še, da C lahko pride v stanje, kjer velja ([ekwejn1]), v končnem številu korakov. Naj ropar in C začneta na vozliščih r in c kot zgoraj. Potem lahko velja $d(r, z) < d(c, z)$, le za vozlišča $z \in V(P)$ na eni strani c . Policaj C lahko torej s premiki po P proti tem z -jem, v končnem času doseže stanje ([ekwejn1]). $\square$

Za zaključek tega poglavja omenimo še, da lahko za posebne primere ravninskih grafov postavimo še strožjo mejo. Nancy Clarke je v raziskala, da v primeru, ko lahko vse vozlišča grafa narišemo na neomejeno lice, varnostno število takih grafov ne presega $c(G) \leq 2$.

3. PRIMARNO-DUALNI POLICAJI IN ROPAR

V tem poglavju je opisana *primarno-dualna* različica igre Policaji in ropar, ki je predstavljena v članku in je služila kot osnova za izdelavo našega članka.

3.1. Opis igre

Spomnimo se najprej nekaterih pojmov iz teorije grafov. Ravninska vložitev grafa G ravnino razdeli na območja, ki jih imenujemo *lica*. Za ravninski graf G lahko definiramo *dualni graf* G^* , in sicer tako, da vsako lice grafa G predstavlja vozlišče v dualnem grafu. Za vsako povezavo e v grafu G , v dualnem grafu G^* narišemo povezavo med vozliščema, ki predstavljata lici v G , med katerima je povezava e .

Primarno-dualna različica igre se igra na ravninskem grafu $G = (V, E)$. V njej policaji zasedajo lica grafa in se lahko premikajo med sosednjimi lici oziroma po povezavah dualnega grafa G^* . Ropar tako kot pri osnovni različici igre zaseda vozlišča grafa G in se premika po njegovih povezavah.

Na začetku igre najprej igralec, ki upravlja s policaji, te razporedi po licih grafa. Na posameznem licu je lahko tudi več policajev hkrati. Nato nasprotnik na poljubno vozlišče grafa G postavi roparja. Igralca se nato izmenjujeta in ob vsaki potezi za vsako od svojih figur določita, ali bo ostala na istem mestu ali pa se bo premaknila skladno s prej zapisanimi pravili.

Ropar je ujet, ko policaji zasedajo vsa lica, ki obdajajo njegovo vozlišče. Če to ni mogoče, zmaga ropar. Najmanjše število k , ki zagotavlja, da je ropar na grafu G ob popolni igri obeh igralcev lahko ujet, se imenuje *primarno-dualno varnostno število* in ga označimo s $c^*(G)$.

Očitno je, da mora biti $c^*(G)$ vsaj tako veliko kot največje število lic, ki obkrožajo katerokoli vozlišče v grafu G . Če

namreč število policajev ne doseže te meje, ima ropar možnost ostati na vozlišču z največjim številom lic, kjer je popolnoma na varnem. Ob vsaki potezi se namreč lahko odloči, da ostane na mestu.

3.2. Omejitev primarno-dualnega varnostnega števila

Glavni rezultat članka je omejitev primarno-dualnega varnostnega števila (G) grafa G v odvisnosti od njegove maksimalne stopnje $\Delta(G)$.

Izrek 4. Naj bo $G = (V, E)$ ravninski graf in naj bo $\Delta(G)$ maksimalna stopnja vozlišč grafa G . Velja:

Če je $\Delta(G) = 3$, je $c^*(G) \leq 3$.

Če je $\Delta(G) = 4$, je $c^*(G) \leq 6$.

Za neskončno mnogo ravninskih grafov G z n vozlišči, za katere velja $\Delta(G) = 5$, velja $c^*(G) = \Omega(\sqrt{\log n})$.

Opomba 2. Avtorji v članku dokažejo, da obstajajo grafi, za katere sta zgornji meji iz točk [izrek11] in [izrek12] doseženi.

Za poenostavitev dokaza točk [izrek11] in [izrek12] izreka 4 je pomembna naslednja opazka: Naj se ropar nahaja na vozlišču u , ki ima za soseda vozlišče v , ki je stopnje 1. Potem se roparju nikoli ni smiselno premakniti v vozlišče v , da bi se izognil policajem. Množica lic, ki jih morajo policaji zasesti, da v vozlišču v ujamejo roparja, je namreč podmnožica lic, ki jih morajo zasesti, da ga ujamejo v vozlišču u . Zato s premikom v vozlišče v ropar ne more ubežati policajem, hkrati pa se lahko iz vozlišča v premakne le nazaj v vozlišče u , zato bi lahko ves čas ostal v njem.

Od tod naprej lahko torej privzamemo, da je graf G ravninski graf, ki ima le vozlišča stopnje $\Delta(G)$ in vozlišča stopnje 1. Res, za vsako vozlišče v , ki je stopnje $1 < \deg(v) < \Delta(G)$, lahko grafu dodamo $\Delta(G) - \deg(v)$ vozlišč stopnje ena in jih povežemo z vozliščem v , ne da bi to vplivalo na potek oziroma lastnosti igre.

3.3 Dokaz meje za $\Delta(G) = 3$

Da dokažemo točko [izrek11] izreka 4, moramo najti zmagovalno strategijo za tri policaje.

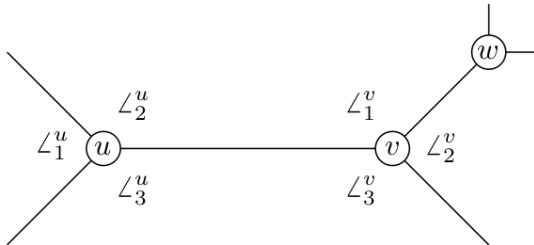
Dokaz. Naj bo G graf, za katerega velja $\Delta(G) \leq 3$. Naj bodo c_1, c_2 in c_3 policaji.

Ko so ob začetku igre policaji in ropar postavljeni na svoja mesta, vsakemu policaju dodelimo ciljno lice f_i , ki je kvečjemu za 3 lica oddaljeno od roparja. Cilj vsakega policaja postane doseči svoje ciljno lice. Med igro po vsakem roparjevem premiku po potrebi posodobimo ciljna lica policajev. Če vsi policaji hkrati dosežejo ciljna lica, bo ropar ujet.

Opisali bomo strategijo policajev, ki zagotavlja, da se skupna razdalja vseh policajev do roparja s časom niža in po končno mnogih korakih doseže nič, kar zagotovi, da policaji ujamejo

roparja.

Za začetek lahko ob upoštevanju zgornje opazke privzamemo, da ima graf G samo vozlišča stopnje 3 ali 1. Oseba, ki upravlja s policaji, najprej zanje izbere poljubna lica. Ropar si nato izbere poljubno vozlišče u , ki je stopnje 3 (če bi bila vsa vozlišča v grafu G stopnje 1, bi bila igra trivialna).



Za $i = 1, 2, 3$ z $\angle_i^u$ označimo kote, ki obkrožajo vozlišče u , kakor je prikazano na sliki 3. S $f(\angle_i^u)$ označimo lico, ki pripada kotu $\angle_i^u$. Policaju c_i na začetku kot ciljno lico dodelimo lico $f_i = f(\angle_i^u)$.

Če se ropar nikoli ne premakne iz vozlišča u , bo očitno sčasoma ujet. Predpostavimo lahko torej, da ropar na neki točki izvede premik iz vozlišča u v sosednje vozlišče v , ki je po prej omenjeni opazki prav tako stopnje 3. Kote, ki obkrožajo vozlišče v , označimo z $\angle_i^v$, kot je prikazano na sliki 3.

Sedaj ločimo dva primera.

Najprej predpostavimo, da policaj c_3 (ali pa simetrično c_2) še ni dosegel svojega ciljnega lica. V tem primeru vsakemu

od policajev dodelimo novo ciljno lico, in sicer $f_i = f(\angle_i^v)$. Za $i = 1, 2$ sta $f(\angle_i^u)$ in $f(\angle_i^v)$ sosednji lici, torej lahko policaja c_1 in c_2 s premikom ohranita svojo razdaljo do roparja ali pa jo zmanjšata, gotovo pa ne povečata. Kota $\angle_3^u$ in $\angle_3^v$ predstavljata isto lico, zato lahko policaj c_3 s premikom zmanjša svojo razdaljo do roparja za 1. Torej se skupna razdalja policajev do roparja zmanjša vsaj za 1.

Če sta tako policaj c_2 kot tudi policaj c_3 dosegla ciljno lico, imamo dva možna scenarija. Če ga je dosegel tudi policaj c_1 , je ropar ujet in igre je seveda konec.

Če policaj c_1 še ni prišel na svoje ciljno lico, poskusimo naslednje: posodobimo ciljni lici policajev c_1 in c_2 , in sicer $f_1 = f(\angle_3^v)$ ter $f_2 = f(\angle_2^v)$. Ciljno lico policaja c_3 ostane $f_3 = f(\angle_3^u) = f(\angle_3^v)$. Igralec, ki nadzira policaje, nato za vsakega od policajev izvede potezo proti pripadajočemu ciljnemu licu. Če ta skupek potez zmanjša skupno razdaljo policajev do roparja, jih izvedemo. V nasprotnem primeru,

torej če se skupna razdalja policajev do roparja ne zmanjša, pa premaknemo policaja c_1 proti ciljnemu licu f_1 , policaja c_2 in c_3 pa oba na lico $f(\angle_2^v)$. Naslednji je na vrsti ropar. Izvede lahko tri različne poteze: lahko ostane na istem vozlišču v , lahko se premakne nazaj na vozlišče u ali pa na nekega drugega sosedo $w \neq u$ vozlišča v . Obravnavamo vsako od možnosti:

Ropar se ne premakne: Kot ciljna lica za $i = 1, 2, 3$ določimo $f_i = f(\angle_i^v)$. Ko se bodo policaji premaknili skladno z novimi ciljnimi lici, se bo njihova skupna razdalja do roparja zmanjšala, saj lahko policaj c_2 ostane na isti, ciljni poziciji, policaj c_3 v enem koraku doseže svoje ciljno lico, policaj c_1 pa zmanjša razdaljo do svojega ciljnega lica za 1.

Ropar se vrne v vozlišče u : Kot ciljna lica za $i = 1, 2, 3$ določimo $f_i = f(\angle_i^u)$. Ko bodo policaji izvedli potezo, se bo njihova skupna razdalja do roparja zmanjšala, saj lahko policaja c_2 in c_3 v eni potezi dosežeta svoji ciljni lici, policaj c_1 pa lahko razdaljo do njega zmanjša za 1.

Ropar se premakne v neko drugo vozlišče w : Ciljno lico policaja c_1 posodobimo na $f_1 = f(\angle_1^v)$, f_2 in f_3 pa naj bosta lici, ki pripadata preostalima kotoma, ki obkrožata vozlišče w . Policaja c_2 in c_3 lahko v tem primeru v eni potezi dosežeta svoji ciljni lici, policaj c_1 pa za 1 zmanjša svojo razdaljo do roparja.

V vseh treh primerih se torej skupna razdalja policajev do roparja zmanjša, s čimer smo dokazali, da v vsaki situaciji obstaja končno zaporedje potez policajev, ki zmanjšajo njihovo skupno razdaljo do roparja. Torej lahko trije policaji roparja ujamejo v končno mnogo potezah. $\square$

3.4 Dokaz meje za $\Delta(G) = 4$

Za dokaz točke [izrek12] izreka 4 avtorji primarno-dualni problem prevedejo na klasično obliko igre, kjer so policaji postavljeni na vozlišča dualnega grafa G^* . Za ta problem nato uporabijo že znane rezultate.

Podobno kot pri prejšnjem dokazu lahko privzamemo, da graf sestavlja le vozlišča stopnje 1 in 4.

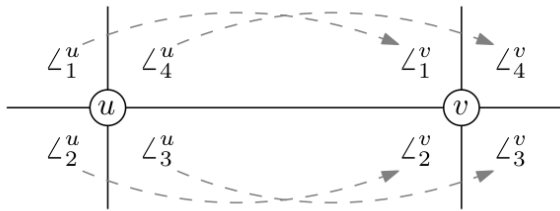
Najprej je vredno pokazati, da za graf G z maksimalno stopnjo $\Delta(G) = 4$ velja $c^*(G) \leq 12$. Gibanje enega policaja v navadni igri policajev in roparja lahko namreč simuliramo s štirimi policaji v primarno-dualni igri. Res, naj bo c ">vozliščni"< policaj v klasični različici igre, ki se nahaja v vozlišču u stopnje 4.

Na enak način kot pri dokazu točke [izrek11] izreka 4 označimo kote, ki obdajajo vozlišče u , z $\angle_i^u$ za $i = 1, 2, 3, 4$. V vsako pripadajoče lico $f(\angle_i^u)$ postavimo ">dualnega"< policaja c_i . Če se ">vozliščni"< policaj premakne v sosednje vozlišče

v , ki je prav tako stopnje 4 in ki ga obdajajo koti $\angle_i^v$, se lahko tudi "dualni" policiji v eni potezi premaknejo na lica, ki obdajajo vozlišče v , torej na lica $f(\angle_i^v)$. Ta premik je prikazan na sliki 4.

Po izreku 3 za ravninski graf G velja, da je $c(G) \leq 3$. Iz tega sledi, da je $c^*(G) \leq 4 \cdot c(G) = 12$.

Označba kotov, ki obdajajo vozlišči u in v , in nakazan premik figur v licih, ki simulira premik figure iz vozlišča u na v .



Dokažimo sedaj, da velja $c^*(G) \leq 6$.

Dokaz. Predpostavimo, da se ropar na začetku nahaja v vozlišču u . To vozlišče obdajajo koti $\angle_i^u$, kot je prikazano na sliki 4. Beži naj pred šestimi policiji, ki jih označimo s

$c_1, c_2, \dots, c_6$. Pokazati moramo, da lahko policiji roparja ujamejo v končno mnogo korakov.

Med igro beležimo vozlišča, v katerih se nahaja ropar, in jih zapišemo v zaporedje $U = \blacklozenge u_0 = u, u_1, u_2, \dots \blacklozenge$.

To zaporedje U roparjevih potez določa za $i = 1, 2, 3, 4$

zaporedja lic $F_i = \blacklozenge f(\angle_i^{u_0}), f(\angle_i^{u_1}), f(\angle_i^{u_2}), \dots \blacklozenge$, ki obdajajo vozlišča, v katerih se v vsakem trenutku nahaja ropar.

Kot omenjeno v opazki zgoraj, lahko z gibanjem 4 navideznih roparjev $r_1, \dots, r_4$ po zaporednjih lic F_i simuliramo gibanje originalnega roparja po zaporedju vozlišč U . To bomo uporabili za pretvorbo primarno-dualne igre na klasično različico.

Vsakemu licu grafa G v dualnem grafu G^* namreč pripada neko vozlišče. S $f^*(\angle_i^{u_j})$ označimo vozlišče grafa G^* , ki pripada licu $f(\angle_i^{u_j})$. Za vsak $i = 1, 2, 3, 4$ torej zaporedje lic F_i definira zaporedje vozlišč $F_i^* = \blacklozenge f^*(\angle_i^{u_0}), f^*(\angle_i^{u_1}), f^*(\angle_i^{u_2}), \dots \blacklozenge$ v dualnem grafu G^* .

Zaporedja F_i^* torej predstavljajo gibanja navideznih roparjev r_i po vozliščih grafa G^* . Prešli smo na klasično različico igre. Če nam uspe v nekem trenutku po končno mnogo potezah s 6 policiji hkrati ujeti vse 4 navidezne roparje v klasični različici igre na grafu G^* , to pomeni, da lahko ujamejo tudi originalnega roparja v primarno-dualni različici.

Torej, igramo klasično različico na grafu G^* . Najprej naj bodo aktivni 3 policiji c_1, c_2 in c_3 , ter naj lovijo navideznega roparja r_1 , ki se po G^* premika v zaporedju F_1^* . Vemo, da ga bodo ujeli v končnem času – ker je graf G^* ravninski, to zagotavlja izrek 3.

Brez škode za splošnost predpostavimo, da je navideznega roparja r_1 ujel policaj c_1 , in sicer v koraku t_1 in v vozlišču $f^*(\angle_1^{u_{t_1}})$. Po zgornji opazki lahko policaj c_1 roparju r_1 od tega trenutka dalje sledi ves čas. V tem trenutku opisano strategijo uporabimo ponovno – aktivira se policaj c_4 , ki skupaj s preostalima policijema c_2 in c_3 lovi navideznega roparja r_2 , ki se je že prej ves čas premikal po vozliščih v zaporedju F_2^* . En od treh aktivnih policajev bo spet v končnem času ujel navideznega roparja r_2 in mu začel slediti, postopoma pa bomo aktivirali še policija c_5 in c_6 .

Tako bodo po končnem številu korakov, ob času, ki ga označimo s t_4 , hkrati ujeti vsi štirje navidezni roparji $r_1, \dots, r_4$. To pomeni, da bodo v grafu G takrat zasedena lica $f_i(\angle_i^{u_{t_4}})$ za $i = 1, 2, 3, 4$. To so ravno lica, ki obkrožajo vozlišče u_{t_4} , na katerem se v trenutku t_4 nahaja originalni ropar. Torej bo ujet tudi originalni ropar v primarno-dualni različici igre.

Velja torej, da je $c^*(G) \leq 6$. $\square$

3. 5. Dokaz meje za $\Delta(G) = 5$

Nisse in Suchan (glej poglavje 4) analizirata različico igre Policaji in ropar, kjer se policiji po grafu premikajo z isto hitrostjo $p \in \mathbb{N}$, ropar pa s hitrostjo $q \in \mathbb{N}$. Ugotovita, da

za grafe z n vozlišči potrebujemo $\Omega(\sqrt{\log(n)})$ policajev, da ti zagotovo ujamejo roparja, če velja $p < q$. To storita tako, da pri določenem številu policajev k poišče dovolj velik graf, na njem pa tako roparjevo strategijo, da lahko ta zagotovo zmaga.

Dokazu točke [izrek13] izreka 4, ki trdi, da za neskončno mnogo ravninskih grafov G z n vozlišči, za katere velja $\Delta(G) = 5$, velja $c^*(G) = \Omega(\sqrt{\log(n)})$, sledi zgoraj opisanemu načinu.

Za določeno število policajev k najprej skonstruiramo graf G' , ki je v igri s hitrim roparjem ekvivalenten grafu G . Osnova je kvadratna mreža, ki ji dodajo še nekaj vozlišč in povezav. Nato poiščejo zmagovalno roparjevo strategijo za graf G' in jo simulirajo na prvotnem grafu G . S pomočjo izreka 5 pokažejo, da velja $c^*(G) > k$.

Za podrobnejši dokaz glej.

4. Hitri ropar

4.1. Opis igre

Nisse in Suchan v svojem članku predstavita posplošeno verzijo igre Policaji in ropar, kjer se policaji po grafu premikajo z isto hitrostjo $p \in \mathbb{N}$, ropar pa s hitrostjo $q \in \mathbb{N}$. Premikati se s hitrostjo $v \in \mathbb{N}$ v tem kontekstu pomeni, da se lahko figura v eni potezi premakne po katerikoli poti dolžine v oziroma na katerikoli vozlišče, ki je od trenutnega vozlišča oddaljeno največ v . Pri tem ropar ne more "skozi" nobeno vozlišče, na katerem stoji eden od policajev, saj bi bil v tem primeru ujet. Seveda lahko figure tudi obstojijo na svojem mestu, premik ni nujno potreben.

Za poljuben graf G označimo s $c_{p,q}(G)$ najmanjše število policajev s hitrostjo p , ki uspešno ujamejo roparja s hitrostjo q . To število imenujemo (p,q) -varnostno število grafa G .

Klasična igra, opisana v poglavju 2, ustreza posplošeni igri za $p = q = 1$ in velja $c(G) = c_{1,1}(G)$.

V tem poglavju nas zanimajo primeri iger na ravninskih grafih, ko se ropar premika hitreje od policajev, torej ko velja $p < q$.

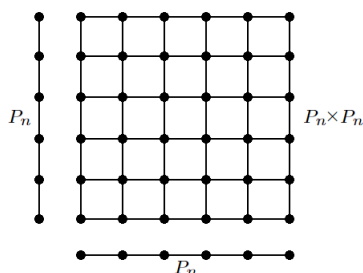
Za klasično igro velja lema 1. Enostavno je videti, da ta lema preneha veljati takoj, ko se ropar premika hitreje kot policaji. Torej, če se ropar giblje hitreje kot policaj, mu ta policaj sam ne more preprečiti, da bi vstopil na neko najkrajšo pot. Še več; takoj, ko se ropar premika hitreje kot policaji, se potrebno število policajev za ulovitev roparja drastično poveča. Za začetek si bomo ogledali, da to velja za kvadratne mreže, nato pa ta rezultat posplošili.

V nadaljevanju za lažje razumevanje predpostavimo, da se policaji premikajo s hitrostjo 1, medtem ko se ropar premika s hitrostjo 2, torej, da velja $p = 1$ in $q = 2$. Enostavno lahko sicer pokažemo, da rezultati, ki sledijo, držijo za vse primere, ko velja $p < q$.

4.2. Varnostno število

Avtorja v svojem članku dokažeta, da $(1,2)$ -varnostno število kvadratne mreže ni omejeno s konstanto. To storita tako, da za določeno število policajev k poiščeta dovolj velik graf (izkaže se, da je ustrezen graf dovolj velika kvadratna mreža), na njem pa tako roparjevo strategijo, s katero se k policajem vedno lahko izogne. Ker velja $c_{1,1}(M) \leq 2$ za vsako kvadratno mrežo M , je ta rezultat zelo zanimiv.

Definicija 3. Kvadratna mreža velikosti $n \times n$ je kartezični produkt dveh poti P_n velikosti n .



Mreža velikosti 6×6 kot kartezični produkt dveh poti dolžine

6.

Izrek 5. Za vsako kvadratno mrežo M velikosti $n \times n$ velja $c_{1,2}(G) = \Omega(\sqrt{\log(n)})$.

Dokaz izreka temelji na naslednjem premisleku. Za poljuben $k \geq 1$ obstajata konstanti $a > 0$ in $b > 2$, da se lahko ropar s hitrostjo 2 vedno izogne k policajem s hitrostjo 1 na kvadratni mreži velikosti $n \times n$, kjer je $n \geq 4a^k b^{k(k+1)/2} = f(k)$.

Strategija je nato naslednja. Poiščemo ">varne" pozicije (glej, poglavji 2.1 in 2.2), eno izmed njih izberemo za roparjevo začetno pozicijo, nato pa dokažemo, da se ropar v vsakem koraku lahko premakne na takšno ">varno" pozicijo. Pri tem uporabimo matematično indukcijo na velikosti mreže M . Če imamo mrežo velikosti $n \times n$, jo lahko razdelimo na bloke manjše velikosti. Nato lahko te bloke ponovno obravnavamo kot mreže. Nadaljujemo dokler ne pridemo do mreže velikosti 2×2 oziroma štirih vozlišč, ki tvorijo kvadrat.

Na ta način avtorja v svojem članku dokažeta, da na mreži velikosti $n \geq 4a^k b^{k(k+1)/2} = f(k)$ ropar lahko ubeži

k policajem, s tem pa, da velja $c_{1,2}(G) = \Omega(\sqrt{\log(n)})$. Zastavimo si vprašanje, ali lahko te rezultate za kvadratne mreže prenesemo na grafe, ki vsebujejo kvadratne mreže. V tem kontekstu pomeni, da graf G vsebuje graf H , če je H podgraf grafa G . Avtorja ovržeta to hipotezo, saj dokažeta, da obstajajo grafi z $(1,2)$ -varnostnim številom največ 2,

čeprav vsebujejo kvadratno mrežo M , za katero velja $c_{1,2}(M) \geq k$.

Vseeno pa najdeta skupino ravninskih grafov z visokim $(1,2)$ -varnostnim številom.

Izrek 6. Naj bo G ravninski graf, ki vsebuje kvadratno mrežo M velikosti $4 \cdot \text{size}_k$. Potem velja $c_{1,2}(G) \geq k$.

Opomba 4. Število size_k je takšno, da lahko ropar na kvadratni mreži velikosti size_k v končnem številu korakov ">zbeži" z mreže, medtem ko ga lovi k policajev. Rečemo, da ropar ">zbeži" z mreže, če pride do robnega vozlišča mreže, ne da ga ujamejo policaji.

4.3 Časovna zahtevnost

Fomin in sodelujoči v članku obravnavajo primere, kjer je $p = 1$ in $q \in \mathbb{N}$ poljuben. Če je q neomejen ($q = \infty$), se lahko ropar v eni potezi premakne na katerikoli prosto vozlišče znotraj povezane komponente, do katerega ima prosto pot.

Ponovno si lahko zastavimo vprašanje, koliko policajev je potrebnih, da gotovo ujamejo roparja. Avtorji se osredotočijo na časovno zahtevnost problema, ali lahko k policajev gotovo ujame roparja na poljubnem grafu G z n vozlišči. Dokažejo naslednjo trditev.

Trditev 1. Za dano število $k \geq 1$ in graf G z n vozlišči, je vprašanje, ali velja $c_{1,q}(G) \leq k$, rešljivo v času

$$\binom{n+k-1}{k} \cdot n^{O(1)} = n^{O(k)}.$$

Poleg tega pokažejo, da je ob danem številu $k \in \mathbb{N}$ in grafu

G vprašanje, ali je $c_{1,q}(G) \leq k$, NP-težek problem za vsak $q \in \mathbb{N}$.

5. Zadrževanje

Različico igre, obravnavano v tem poglavju so vpeljali Crytser, Natasha in Mackey v [3].

5.1. Opis igre

V različici Zadrževanje, oziroma angleško Containment, se policaji premikajo po povezavah grafa, medtem ko se ropar giblje po vozliščih. Ropar pri svojem gibanju ne sme uporabiti povezave, na kateri se nahaja policaj, nasprotno pa policaji lahko brez težav prečkajo vozlišče, kjer se trenutno nahaja ropar. Igro začne igralec, ki postavi vse policaje, šele nato je postavljen ropar. Obe strani imata v vsakem trenutku popoln pregled nad položajem nasprotne strani, kar omogoča strateško načrtovanje naslednjih potez. Cilj policajev je, da zasedejo vse povezave, ki izhajajo iz vozlišča, kjer se nahaja ropar, s čimer ga učinkovito zadržijo na tem mestu. Cilj roparja je, da se neprestano izmika policajem. Igra se zaključi, ko ropar ob svoji potezi ne more izvesti nobenega premika, ker policaji zasedajo vse sosednje povezave. Policaji in ropar imajo možnost ostati na svoji trenutni lokaciji, če to želijo, prav tako pa lahko več policajev sočasno zaseda isto povezavo.

5.2. Število zadržljivosti

Če lahko k policajev zadrži roparja na grafu G , potem pravimo, da je G k -policijsko-zadržljiv. Ker je vedno potrebnih vsaj $\Delta(G)$ policajev (sicer ropar lahko preprosto stoji na vozlišču z največjo stopnjo), graf G imenujemo *zadržljiv*, če za zadržanje roparja zadošča $k = \Delta(G)$ policajev, in *nezadržljiv* v nasprotnem primeru. Najmanjši k , pri katerem je G k -policijsko-zadržljiv, imenujemo *število zadržljivosti* grafa G in označimo z $\xi(G)$. Opazimo, da je $\xi(G)$ dobro definiran za vse grafe G , saj trivialno velja, da je $\xi(G) \leq |E(G)|$. Od tega trenutka naprej se bomo v naši obravnavi osredotočili izključno na povezane grafe.

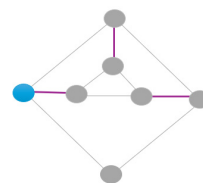
Primer 2. Poglejmo si primer treh družin zadržljivih grafov in strategijo, s katero policaji zadržijo roparja na vsakem izmed njih.

Cikel C_n : Za $n \geq 2$ velja $\Delta(C_n) = 2$, torej moramo pokazati, da dva policaja lahko zadržita roparja. Prvi igralec policaja postavi na poljubni povezavi grafa, drugi igralec pa roparja na poljubno vozlišče, smiselno čim dlje od policajev. Policaja se morata nato le premikati eden v smeri urinega kazalca, drugi v nasprotni smeri, in po končnem številu korakov roparja ujameta medse, ne glede na korake, ki jih ropar med tem izvaja.

Drevesa: Policaje postavimo na povezave vozlišča največje stopnje. To vozlišče je lahko koren drevesa ali pa eden od njegovih naslednikov. Če je vozlišče največje stopnje koren, mora ropar začeti igro pri enem od njegovih naslednikov in ne v korenu, sicer je takoj zadržan. Policaji nato sledijo roparju globlje po veji, saj ropar ne sme prečkati povezav, ki so zasedene s strani policajev, in se posledično ne more pomikati po drevesu navgor. Policaj, ki je bil na začetku postavljen nad njegovo vejo, mu namreč sledi in ropar se ne more pomakniti preko njegove povezave. Posledično lahko beži le proti listom. Po končnem številu korakov ropar pristane v listu, kjer ga policaji zadržijo. V drugem primeru, ko je vozlišče največje stopnje naslednik, ropar lahko začne igro v enem od njegovih naslednikov, policaji mu le sledijo in zgodba se ponovi, ali pa se postavi na mesto predhodnika. Od tam naprej ima dve možnosti: bodisi gre v drugega naslednika in smo ponovno v začetnem primeru, ali pa se premika proti korenu drevesa. Če naposled pristane v korenu, smo znova v začetnem primeru, torej ga policaji prej ali slej zadržijo v listu.

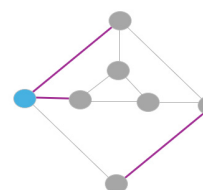
Polni graf K_n : Ker velja $\Delta(K_n) = n-1$, prvi igralec postavi $n-1$ policajev na povezave okoli poljubnega vozlišča x . Drugi igralec roparja postavi na katerokoli preostalo vozlišče y , nato so na potezi znova policaji. Ker imamo v grafu K_n povezavo med katerimkoli vozliščema, se vsak izmed policajev iz povezave oblike xw preprosto prestavi na povezavo wy in ropar je zadržan že po prvi potezi.

Primer 3. Pokažimo, da je graf G na sliki 6 zadržljiv. Ker velja $\Delta(G) = 3$, moramo pokazati, da trije policaji lahko zadržijo roparja. Trije policaji se razporedijo po povezavah tako, kot je prikazano na sliki 6. Sedaj je na vrsti ropar. Če se postavi na vozlišča v notranjem trikotniku ali skrajno zgornje ali spodnje vozlišče, bo ujet že po naslednji potezi policajev. Preostaneta mu le skrajno levo in skrajno desno vozlišče. Zaradi simetrije je vseeno, katero izmed njiju izbere. Denimo, da izbere skrajno levo vozlišče. Postavitev je prikazana na sliki 6.



Postavitev policajev in roparja po prvi potezi.

V naslednji potezi eden od policajev ostane na mestu, preostala dva pa se premakneta proti roparju, kot je vidno na sliki 7.



Postavitev policajev in roparja po drugi potezi policajev.

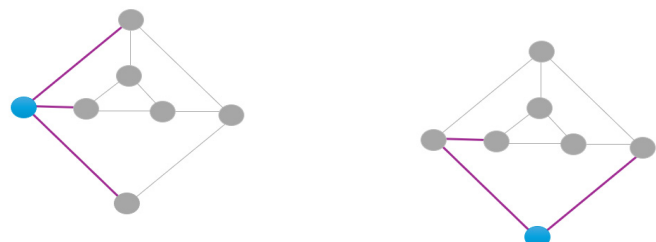
Ropar ima v svoji naslednji potezi dve možnosti. Bodisi ostane na mestu bodisi se premakne v spodnje vozlišče. Drugih

premikov ne more izvesti, saj ne more uporabiti povezav, ki jih zasedajo policaji. Obe možni postavitvi po drugi potezi roparja sta prikazani na sliki 10.



Obe možni postavitvi policajev in roparja po drugi potezi.

Sledi tretja poteza policajev, v kateri uspešno zadržijo roparja. Če je ropar v prejšnji potezi ostal na mestu, se premakne le eden od policajev in skupaj zadržijo roparja, kot je prikazano na sliki 11. Če se je ropar v prejšnji potezi premaknil v spodnje vozlišče, se znova premakne le en policaj in ropar je tudi v tem primeru uspešno zadržan, kot je razvidno s slike 9.



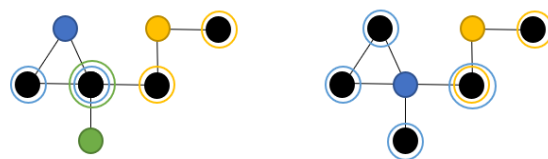
Sedaj si oglejmo, kako lahko število zadržljivosti odvisno navzdol in navzgor glede na varnostno število grafa in nekatere ključne lastnosti danega grafa. Preden predstavimo izrek, bomo potrebovali sledečo definicijo, ki jo bomo nato ponazorili s primerom.

Definicija 5. Naj bo $G = (V, E)$ graf. Definiramo:

- **Dominacijska množica:** Množica $S \subseteq V$ se imenuje dominacijska množica, če je vsako vozlišče $v \in V$ element množice S ali pa je sosednje vsaj enemu elementu množice S .
- **Minimalna dominacijska množica:** Množica S je minimalna dominacijska množica grafa G , če je S dominacijska množica in nobena njena prava podmnožica $S' \subset S$ ni dominacijska množica. Torej, če odstranimo katerokoli vozlišče iz minimalne dominacijske množice, ta ni več dominacijska.
- **Dominacijsko število:** Dominacijsko število grafa G označeno z $\gamma(G)$, je enako kardinalnosti minimalne dominacijske množice grafa G , katere moč je najmanjša.
- Za boljše razumevanje novih definicij si oglejmo spodnji primer.

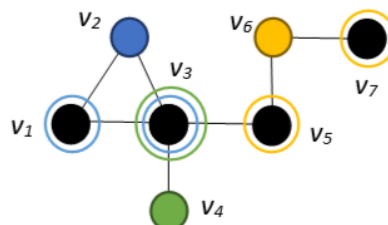
Primer 4. Na sliki 14 sta označeni dve dominantni množici danega grafa. V prvem primeru so v dominantni množici tri vozlišča, ki so na sliki označena z modro, zeleno in rumeno barvo, z ujemajočo barvo pa so obkrožena vozlišča, ki jih pobarvana vozlišča dominirajo. Vidimo lahko, da je eno izmed vozlišč dominirano tako z modrim, kot tudi zeleno obarvanim vozliščem. V drugem primeru sta v dominantni

množici le dve vozlišči, kar je tudi najmanjše število vozlišč, ki jih potrebujemo za dominacijo, saj danega grafa očitno ne moremo dominirati z enim samim vozliščem. Torej velja $\gamma(G) = 2$.



Dve različno veliki dominantni množici istega grafa.

Na sliki 15 je predstavljena minimalna, a ne najmanjša dominantna množica grafa. Če iz dominantne množice odstranimo modro vozlišče v_2 , vozlišči v_1 in v_2 nista več dominirani. Če odstranimo zeleno vozlišče v_4 , potem ni dominirano vozlišče v_4 , v primeru odstranitve rumenega vozlišča v_6 , pa niso dominirana vozlišča v_3, v_6 in v_7 . Toda množica očitno ni najmanjša dominantna množica, saj smo pred tem graf dominirali z le dvema vozliščema.



Minimalna, a ne tudi najmanjša dominantna množica.

Sledeči izrek, formuliran in dokazan po, nam poda preprosto spodnjo in zgornjo mejo števila zadržljivosti.

Izrek 7. Za vse grafe G velja: $c(G) \leq \xi(G) \leq \Delta(G)\gamma(G)$.

Dokaz. Za dokaz spodnje meje naj bo σ zmagovalna strategija policaja v igri Zadrževanje na grafu G , izvedena z $\xi(G)$ policaji, potrebnimi za zadržanje roparja. Naj bo ρ strategija klasične igre Policaji in ropar, izpeljana iz σ na naslednji način: Če σ postavi $\xi(G)$ policajev na začetku na povezave $e_1 = u_1v_1, e_2 = u_2v_2, \dots, e_{\xi(G)} = u_{\xi(G)}v_{\xi(G)}$, potem ρ postavi $\xi(G)$ policajev na začetku na vozlišča $v_1, v_2, \dots, v_{\xi(G)}$ (pri čemer poljubno izberemo enega od krajišč ustrezne povezave). Kadarkoli σ usmeri določenega policaja, da gre s povezave uv na povezavo vw , ρ usmeri ustreznega policaja, da gre na v (bodisi z gibanjem z u ali z ostankom na v , saj bi ρ policaja postavil bodisi na u ali v v prejšnjem koraku). Če ropar ne more uporabiti povezave $e = xy$ v Zadrževanju, ker je zasedena s strani policaja, potem tudi ne more uporabiti te povezave v klasični igri, saj na drugem krajišču čaka policaj.

Ker je zadnji korak σ postaviti vsaj enega policaja na vsako od povezav Rv , kjer je R trenutni položaj roparja in Rv poljubna povezava med R in njegovim sosedom, bo zadnji korak ρ bodisi postaviti policaja na R in takoj ujeti roparja,

ali pa postaviti policaja na vsakega soseda R in ujeti roparja v naslednjem koraku. Posledično $\xi(G)$ policajev zadostuje za zajetje roparja v klasični igri, torej je $c(G) \leq \xi(G)$.

Za dokaz zgornje meje naj bo S najmanjša dominantna množica grafa G . Za vsako vozlišče $v \in S$ postavimo enega policaja na vsako povezavo, katere del je v . Predpostavimo, da se ropar postavi na vozlišče x . Če je $x \in S$, potem je na vsaki povezavi, ki seka x , vsaj en policaj, in ropar je takoj v izgubljenem položaju.

Zato lahko predpostavimo, da je $x \in V(G) \setminus S$. Pokazali bomo, da lahko policaji v enem koraku zadržijo roparja. Za vsako povezavo, ki ima x za krajišče, je drugo krajišče bodisi v S bodisi ni v S . Za vsako povezavo, katere krajišče je x in ima drugo krajišče v nekem $w \in S$, je policaj na povezavi xw že v stiku z roparjem in zato ostane na mestu. Za vse ostale povezave, katerih krajišče je x , je drugo krajišče nek $y \notin S$. Zato obstaja nek $w \in S$, ki je sosednji y , in posledično je na povezavi wy policaj. Ta policaj se premakne na xy . Tako lahko vsako povezavo, katere krajišče je x , policaj zasede že po enem koraku. QED.

Glede na dokaz se lahko vprašamo, ali za kak graf ne velja enakost $c(G) = \xi(G)$, ampak velja $c(G) < \xi(G)$. Izkaže se, da smo take grafe v članku že spoznali, znova se jih spomnimo v sledečem primeru.

Primer 5. Razmislimo o poti P_n . Velja $c(P_n) = 1$, kot smo pokazali v poglavju 2. Vendar pa potrebujemo $\xi(P_n) = 2$ policaja, da roparja zadržimo na poti (poglavje 5). Očitno velja $c(P_n) < \xi(P_n)$.

Podoben primer so drevesa. Za drevo T velja $c(T) = 1$, saj en policaj zadošča, da ujame roparja (poglavje 2). Vendar

pa je $\xi(T) = \Delta(T)$ (poglavje 5), kar je več kot 1, če ima drevo vsaj tri vozlišča. Torej za drevesa z vsaj tremi vozlišči

velja $c(T) < \xi(T)$.

Opomba 6. Meje v izreku 7 so lahko dosežene. Za spodnjo mejo upoštevajmo družino ciklov C_n , za katere velja $c(G) = \xi(G) = 2$ za vse $n \geq 4$. Zgornja meja pa je dosežena v primeru polnega grafa K_n , saj velja $c(K_n) = 1$, $\Delta(K_n) = n - 1$, in posledično $\xi(G) = n - 1 = c(K_n) \Delta(K_n)$.

Domneva se, da lahko postavimo še strožjo zgornjo mejo, natančneje:

Domneva 1. Za vse grafe G velja $\xi(G) \leq \Delta(G) c(G)$.

Opazimo, da trivialno velja $c(G) \leq \gamma(G)$, kar bi impliciralo zgornjo mejo v izreku 7, domneva sama pa še ni potrjena in je trenutno eno glavnih vprašanj te različice igre.

Opomba 7. Na prvi pogled bi lahko sklepali, da je postavitev strožje zgornje meje nesmiselna, saj primer polnega grafa kaže, da je taka meja lahko dosežena. Vendar pa domneva ne trdi, da se bo zgornja meja znižala za vse grafe. Za grafe, kjer je dominacijsko število enako varnostnemu številu, kot

v primeru (K_n) , meja ostane enaka. Domneva predvideva, da se bo meja za tiste grafe, kjer je dominacijsko število manjše od varnostnega števila, zaostрила.

6. Zaključek

V članku smo predstavili osnovno igro Policaji in ropar, v kateri se tako policaji kot ropar gibajo po vozliščih grafa, ter tri njene različice. V vseh se ropar giba po vozliščih, spreminja pa se način gibanja policajev. V Primarno-dualni različici se policaji premikajo po licih grafa, v igri Zadrževanja pa po povezavah. Gibanje figur v igri Hitri ropar je enako kot v osnovni različici, le da se lahko premikajo z višjo hitrostjo (kar pomeni, da lahko v eni potezi opravijo daljšo pot kot pri osnovni različici).

Za vsako različico igre smo predstavili omejitve števila policajev, ki so potrebni, da je ropar ujet oziroma zadržan. Ugotovitve so povzete v tabeli 3.

Pregled oznak varnostnega števila in nekaterih omejitev zanj za obravnavane različice igre.

Različica	Oznaka	Meje
klasična	$c(G)$	$c(G) \leq 3$ za ravninske grafe
dualna	$c^*(G)$	Pregled oznak varnostnega števila in nekaterih omejitev zanj za obravnavane različice igre. $\Delta(G) = 3: c^*(G) \leq 3$ $\Delta(G) = 4: c^*(G) \leq 6$ $\Delta(G) = 5: c^*(G) = \Omega(\sqrt{\log n})$
hitri ropar	$c_{p,q}(G)$	$c_{1,2}(G) = \Omega(\sqrt{\log n})$
zadrževanje	$\xi(G)$	Pregled oznak varnostnega števila in nekaterih omejitev zanj za obravnavane različice igre. $c(G) \leq \xi(G) \leq \Delta(G) \gamma(G)$ Domneva: $\xi(G) \leq \Delta(G) c(G)$

Ugotovili smo, da so različice med seboj še vedno povezane. Na primer, različica Hitri ropar je bila uporabljena pri dokazovanju mej za primarno-dualne policaje in roparje. Poleg tega se pogosto opiramo na klasično različico igre za omejevanje števila policajev v drugih različicah. Pri zadrževanju smo uporabili mejo iz klasične igre, podobno pa velja tudi za primarno-dualno različico, kjer so strategije iz klasične igre pomagale pri določanju zgornjih mej.

Čeprav članek obravnava teoretične vidike igre Policaji in ropar, bi bilo zanimivo raziskati njeno uporabo v praktičnih sistemih, kot so računalniška omrežja. V takšnih okoljih bi policaji lahko predstavljali varnostne protokole, roparji pa napadalce. Za takšno aplikacijo bi bilo potrebno najprej preučiti strukture grafov, ki so prisotne v teh

omrežjih. Sledila bi analiza varnostnih števil teh grafov in razvitje strategij za optimalno razporeditev varnostnih protokolov. Ugotovitve bi pokazale, ali teoretični rezultati ponujajo praktične rešitve za izboljšanje varnosti in zaščite pred napadi. Tako bi lahko raziskava pripeljala do bolj učinkovitih varnostnih mehanizmov v realnih sistemih.

7. Literatura

Martin Aigner in M. Fromme. "A game of cops and robbers". V: Discret. Appl. Math. 8 (1984), str. 1–12. url: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14145669>.

[2] Nancy Elaine Blanche Clarke. "Constrained cops and robber". PhD thesis. Dalhousie University (Canada), 2002.

[3] Danny Crytser, Natasha Komarov in John Mackey. "Containment: a variation of cops and robber". V: Graphs and Combinatorics 36.3 (2020), str. 591–605.

[4] Fedor V. Fomin in sod. "Pursuing a fast robber on a graph". V: Theoretical Computer Science 411.7 (2010), str. 1167–1181. issn: 0304-3975. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2009.12.010>. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304397509008342>.

[5] Minh Tuan Ha in sod. "Primal-Dual Cops and Robber". en. V: (2024). doi: 10.57717/CGT.V3I2.49. url: <https://www.cgt-journal.org/index.php/cgt/article/view/49>.

[6] Nicolas Nisse in Karol Suchan. "Fast robber in planar graphs". V: Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science 5344(2008), str. 312–323.

[7] Richard Nowakowski in Peter Winkler. "Vertex-to-vertex pursuit in a graph". V: Discrete Mathematics 43.2–3 (1983), str. 235–239.

[8] Alain Quilliot. "Homomorphismes, points fixes, rétractations et jeux de poursuite dans les graphes, les ensembles ordonnés et les espaces métriques". Doktorska disertacija. 1983.

Strokovni članek

Bavbav iz zaslona leze na oder:

dramturška analiza UI dramtike s primerjavo: R. U. R. in AI:
When a robot writes a play

AVTORICA ČLANKA: MARUŠA FREYA VOGLAR

PREGLEDAL: PROF. DR. ALDO MILOHNIĆ

Članek se loteva problematike UI (umetna inteligenca) pisanja v moderni literaturi z primerjavo češke drame R. U. R. Karla Čapka (1921), ki je več kot sto let nazaj napovedala vzpon umetne inteligence in nam dala besedo 'robot'. Leta 1921, v čast tej zelo pomembni drami, je Švanda Teater skupaj z Karlovo univerzo v Pragi ustvaril projekt TheAltre, kjer so zasnovali UI program, ki je lahko generiral dramske replike. S pričetkom desetletja so UI programi prvič postali dostopni širši javnosti in kmalu zatem so postali tudi koristni v vsakodnevnih poslovnih in domačih opravilih. V javnost je stopil strah, da nam bo UI prevzel službe, vključno na področju umetnosti. Februarja 2021 so prvič postavili na oder delo AI: When a robot writes a play, kjer je 90% besedila napisal program na osnovi ChatGPT2. Namen ni bil le praznovati obletnico R. U. R., ampak tudi ljudi ozavešiti o resničnih kapacitetah in rabah UI tehnologije. Z analizo in primerjavo obeh dramskih del bom poskusila obelodaniti, kje UI danes stoji na področju literature, specifično v dramskem pisanju. Opazovala bom predvsem, kaj naredi človeško pisanje človeško in kako to vpliva na kvaliteto in umetniško vrednost besedila. S pomočjo javnega poročila o TheAltre projektu bom poskušala razumeti in predstaviti tudi lastnosti do zdaj še precej neraziskanega UI pisanja in preveriti strahove, da bi ta nadomestil človeške avtorje.

Ključne besede: Umetna inteligenca, češka dramatika, vprašanje avtorja, TheAltre project, dramska analiza

1. Uvod

Ni dvoma, da živimo v digitalnem svetu, povsod smo obdani z orodji, ki ne le olajšajo naše delo, ampak ga tudi prevzemajo. Koncept, da nas bo stroj popolnoma nadomestil je vroča tema že od samega začetka industrijske revolucije. V dramatiki to prvi opiše češki avtor Karel Čapek v revolucionarni drami R. U. R. (Rossumovi univerzalni roboti) iz leta 1921, kjer je bila prvič uporabljena beseda 'robot'. Besedo je izumil njegov brat Josef, v češčini ta dobesedno pomeni 'prisilno delo' z izvorom iz besede 'rab' tj. suženj.¹ Čapek jih je napisal zgolj kot replike človeka, sestavljene v laboratoriju. Z vzponom robotike kot znanstvene panoge se je ime pričelo povezovati z okornimi kovinskimi telesci. Moderna definicija robota je vsaka vnaprej programirana naprava, ki opravlja neko opravilo namesto človeka.² V modernem času robot sploh ne potrebuje fizičnega telesa, lahko je zgolj program, ki je reduciran na breztelesni, umetni um. Ta lahko namesto nas generira slike, besedila, kodo in mnogo več, kar nas zopet spomni na Karla Čapka in na naš strah pred robotsko apokalipso. Zdi se, kot da se briše meja med robotom in človekom, da kmalu ne bomo več edina napredna vrsta. Kot kaže so tovrstni programi lahko v marsičem boljši od nas.

Premagovali so že svetovne prvake v šahu, goju, minolovcu in drugih igrah, jasno je, da so sposobni preseganja pričakovanih mej in doseganja skorajšnje 'popolnosti' v določeni panogi.³ Zdaj, z vzponom generativnih programov, je ogrožena tudi panoga, ki se nam zdi še najbolj človeška – umetnost. Povsod vidimo UI-generirane slike in videe, ki nadomeščajo likovne ustvarjalce. Šolski sistemi po vsem svetu so se primorani reformirati v odgovoru na naraščajočo rabo UI-ja za pisanje esejev in nalog. Gre za pojav, ki nam bo popolnoma spremenil življenje. Pričujoč članek bo s pomočjo primerjave človeškega (R.U.R. Karla Čapka) in UI (AI: When a robot writes a play) besedila pomagala obelodaniti resnično plat te nove tehnologije v področju kreativnega pisanja.

2. Kaj je UI?

UI je kratica za umetno inteligenco, ki je v današnjem desetletju doživela nenaravno hiter razcvet v sklopu fenomena 'AI boom', ki se dogaja že od leta 2012, ko so raziskovalci Univerze v Torontu prvič začeli uporabljati tehnike globokega učenja na umetnih nevronske mrežah. To je omogočilo programu, da se s pomočjo vnaprej naloženih informacij sam nauči nove funkcije z minimalnim človeškim poseganjem. Od tod naprej se je s povečanjem kapacitete naloženih informacij tovrstni program le še izboljševal in delal manj napak, v zadnjih desetih letih pa je UI pridobil večjo pozornost na svetovni ravni.⁴ Trenutno je najbolj prepoznaven generativen UI, ki ga je populariziralo podjetje OpenAI, katerih programi so leta 2016 prvi postali prosto dostopni na svetovnem spletu. Programi DALL-E na podlagi besedila ustvarijo slike in risbe, programi Sora storijo enako za videe in animacije, tretji program, relevanten za ta članek, je ChatGPT, program, ki na podlagi vnesenega besedila ustvari odgovor/produkt, npr. simulacije pogovorov, iskanje rešitev, pomoč pri programiranju in matematiki, pisanje povzetkov in kreativno pisanje.⁵ Programi so hitro postali kontroverzni zaradi več razlogov. Prvo zato, ker mnogo človeških avtorjev trdi, da so tovrstna podjetja nezakonito uporabljala njihovo delo za treniranje svojih UI programov.⁶ Mnogo teh podjetij je sicer odprto objavilo s čim to delo bolj zakonito opravlja, ravno OpenAI pa je pri tem precej nejasno opredeljena.⁷ Bolj odmevna kontroverznost pa je povezana z uporabniki, saj je prihajalo do vse pogostejših zlorab programa. Učenci so s programom ChatGPT pisali eseje in druga akademska besedila ter jih predstavljali kot svoja.⁸ Z nekaj dodelavami se namreč besedilo ChatGPT, zlasti v najnovejših oblikah, na prvi pogled bistveno ne razlikuje od človeškega pisanja. Enako se dogaja v drugih publikacijah, npr. v znanstvenih, akademskih, novinarskih in literarnih besedilih.

Amazon Direct Publishing ima hud problem s samostojno izdanimi knjigami, saj „avtorji“ za hiter zaslužek z UI pišejo romane, priročnike, slikanice idr., ki so pogosto ponaredki in/ali polni lažnih informacij, vedno pa gre za prevaro in izredno slab izdelek.⁹ Mnogi pisci in umetniki so ostali brez služb zaradi povečane uporabe UI za scenarije, socialne medije, oglaševanje ipd.¹⁰ Našteto je le vrh ledenika možnosti zlorabe generativnih UI programov, nekaj najbolj prepoznanih primerov na področju umetnosti in literature. Na mnogih področjih je UI tudi zelo uporaben, npr. v tehnologiji, programiranju, avtomatiziranju opravil, pri delih, kjer bi subjektivnost lahko vplivala na rezultat (npr. Pomoč pri sprejemanju poslovnih odločitev) ipd. Ni čudno, da je UI tako vroča tema, saj ima tako dobre kot slabe lastnosti, lahko rešuje in uničuje življenje. Ali je življenje boljše ali slabše z UI, je stvar debate, dejstvo pa je, kot je morda razvidno že iz omenjenih primerov, je da je UI zgolj benigno orodje, ki ga lahko uporabimo v dobre namene ali pa zlonamerno.¹¹ Konec koncev so za vsemi plagijati, prevarami in ponaredki ljudje, ki so programu vnesli določen ukaz.

Bolj zapleteno vprašanje je, ali nas bo robot zamenjal tudi pri kreativnem delu. Je nekaj, česar se bojimo že od samega začetka industrializacije. Z navalom prej omenjenih knjig in člankov napisanih z UI, je zelo legitimen strah pred širjenjem lažnih informacij, nadomeščanjem delavcev in naraščanjem plagiatorstva. Vprašanje avtorstva pri tovrstnih zadevah je zelo kompleksen pravni in moralni problem, ki terja drugačno in bolj temeljito raziskavo. Pri določanju, ali nas bo robot zamenjal pri pisanju leposlovja, pa moramo najprej razumeti, kaj naredi leposlovje kvalitetno in učinkovito. Z dramaturško primerjavo človeškega dramskega besedila (R.U.R. avtorja Karla Čapka, 1921) in UI dramskega besedila (AI: When a robot writes a play, 2021) lahko poskusimo zaznati bistvene razlike tako v stilu kot kvaliteti besedila, obenem pa ponazoriti kreativno razliko med obema vrstama avtorja.

3. R.U.R.: Kaj pomeni biti človek?

Leta 2021 je R. U. R. praznoval svojo 100. obletnico. V tem stoletju je Čapkova beseda 'robot' dobila popolnoma drug pomen. Prav tako se je žanr znanstvene fantastike od takrat bistveno razvil. Čapkovi roboti so originalno točno takšni kot ljudje, le da so izpuščeni vsi za delo nepotrebni atributi, kot so reproduktivni sistem, čustva, okus, ambicija, emancipacija ipd. So mesnati in topli kot mi, le brez duše, popolni sužnji. Ne gre toliko za napeto bitko med svetovi, polno laserjev in vesoljskih ladij, ampak za simbolično predstavo človeštva v času nepredstavljivo hitrega tehnološkega napredka in posledičnih družbenih sprememb.

Gre za zgodbo tovarne Rossumovi univerzalni roboti, ki na oddaljenem otoku proizvaja laboratorijsko narejene delavce. Leta 2000 so roboti ključen del ekonomije. Vodjo tovarne, mladega Domina nekega dne obišče Helena Glory, aktivistka za solidarnost z roboti. Kljub temu, da imata nasprotujoče si poglede, Helena z Dominom sklene zaroko. Deset let kasneje roboti res dobijo željo po svobodi, zato ustanovijo uporniško zvezo, s katero kmalu zavzamejo cel svet. Helena služkinji Nani razkrije, da je pred leti dr. Gallu, glavnemu znanstveniku tovarne naročila ustvariti bolj človeškega robota, ta pa je kmalu razpasel idejo o emancipaciji robotov. Helena sklene zažgati formulo za izdelavo robotov. Domin in njegovi uradniki pridejo naznaniti človekov poraz, oboroženi roboti se namreč bližajo še

zadnjemu nezasedenemu otoku, naravnost do njih. Domin jih miri, saj roboti niso sposobni reprodukcije, njihova življenjska doba pa je samo 20 let, dokler ima on formulo, jih ne bodo ubili. Takrat Helena prizna, kaj je storila. Roboti ubijejo vse ljudi na svetu, razen skromnega delavca Alquista. Leta kasneje, Alquist pod okriljem robotske vlade neuspešno poskuša poustvariti izgubljeno formulo. Primoran je secirati enega od robotov Robota Primusa in Helena (imenovana po Heleni Glory) sta dobra specimena za seciranje, med njima pa se plete nenavadna vez. Oba sta se pripravljena žrtvovati drug za drugega, ker se ljubita. Optimističen Alquist ju krsti za novega Adama in Evo.¹²

Zgodba je na prvi pogled distopični prikaz postopne mehanizacije življenja, ki nas počasi golta. Ko so roboti kasneje dobili podobo jeklenih ogradi in kolesčkov, so mnogi to interpretirali kot mrko napoved pogube človeštva. Čapek je bil dokaj razočaran nad to interpretacijo, menil je namreč, da konec Helene in Primusa ponuja optimističen pogled, končno misel, da bo empatični človeški duh vedno preživel, četudi v drugi obliki. Kritiki so dramo doumeli kot nihilistično in antikapitalistično satiro, on celo kot delno komedijo.¹³ Ta odziv se morda ne zdi relevanten, a je testament kompleksnosti in globine Čapkovega dela. Pomembno je poudariti, da je bil Čapek filozof, preden je postal pisatelj, kar se tudi pozna na njegovi literaturi. Sporočilo drame je večplastno, unikatno in pronicljivo, je produkt Čapkovih življenjskih izkušenj v času industrijske revolucije, razpadov imperijev in dotlej nepredstavljivih grozot prve svetovne vojne. Poleg tega je prepredena z njegovimi lastnimi filozofskimi ugotovitvami, nekaj česar UI do zdaj ni uspel replicirati. Pri Čapkovi igri sta ideologija in sporočilo avtorja jasna, vendar sta implicitno vpeta v dejanja in zasnovo likov. Helena in Domin imata jasno postavljeno nasprotje med duševno in ekonomsko rastjo. Domin je pripravljen žrtvovati posameznika v imenu družbenega napredka, Helena pa posameznikove pravice postavlja pred napredkom.¹⁴ Kljub temu njuni osebnosti nista črno-beli, lika nista napisana zgolj kot nosilca ideje, ampak kot človeka. Delata napake, nepredvidljive in celo kontradiktorne stvari, lahko se bojita in sta nepremišljena, sta večplastni in kompleksni osebi. Kljub temu, da imata popolnoma nasprotna prepričanja, se še vedno zaljubita in poročita. Ko Helena impulzivno vrže formulo v ogenj, ne pomisli, da bi jo to lahko stalo življenje. Njena napaka ni bila zlonamerna, znašla se je namreč v drastični situaciji, ki ni podobna ničemur, kar je do tedaj doživela. Ko Domin izve, da je njegova žena pogubila človeštvo, ne vidimo v njem nikakršne agresije do nje, niti obžalovanja za svoje delo. Čeprav sta ravnala nasprotno, sta oba po svoje mislila dobro, Helena v imenu solidarnosti, Domin v imenu svetovnega blagostanja. Zato sta bralcu prepričljiva, z njimi se lahko marsikdo celo poistoveti in si tako zgodbo približa. Za boljšo vpetost poskrbi tudi večplastnost dogajanja. Zaplet je kompleksen, napet in prodoren, ima večji učinek na bralca, kot le to, da ga zabava. Vsaka (dobra) drama da bralcu izhodišče za razmislek, odsev sveta v katerem avtor živi. Dobra drama bralcu pusti nekaj prostora, da dele zgodbe sam sestavi, vzdržuje in usmerja mu pozornost, dokler ne pride do rešitve oz. razpleta. Orkestrira mu lahko tudi čustva, misli, celo način mišljenja. Za to potrebuje prepričljive, kompleksne like, ki so postavljeni v zanimive in napete situacije, toliko bolje če ti odsevajo kakšne bralečeve izkušnje in vprašanja o življenju. R. U. R. bralcu pusti s surovo, a optimistično sliko moderne sveta, kot si ga predstavlja Domin tj. svet, ki žrtvuje posameznika v imenu napredka.

Konec z robotoma Primusom in Heleno oz. z Adamom in Evo, nas pusti z grenko-sladko noto. Čapek je verjel, da tehnološki napredek ne pomeni nič, če ni duševnega napredka. Zato tudi meni, da je vsakršno žrtvovanje v imenu napredka brezsmyselno in destruktivno, kot Helena. Roboti bodo kmalu izumrli, če Alquist ne bo našel formule, s tem bo umrl tudi zadnji človek. Ker pa sta Primus in Helena odkrila ljubezen, samo esenco naše duše, bo lahko človeška rasa obstala. R. U. R. je tudi dobro strukturirana zgodba, morda bolj pogovorna in razlagalna, a kljub temu ustrezno izpolnjuje vse elemente dramskega trikotnika in je lepo berljiva. Ni dela, ki bi se vlekel, ali bil odveč. Vse potrebno, cilj, ideja, zaplet idr. je jasno, podprto z dobro razvito ideologijo in avtorjevimi osebnimi notami, kar dramo naredi prepričljivo in nabit s čustvi.

4. Ul: Kaj pomeni biti robot?

Leta 2019 je Čeh Tomáš Studeník želel ustvariti poseben projekt za 100. obletnico nastanka drame, ki je bila 19. februarja 2021.¹⁵ Takrat je generativna UI tehnologija pričela dobivati več javne pozornosti in s tem kar nekaj kontroverznosti. Po zgledu R. U. R. so se mnogi slepo bali novega orodja, misleč da bi nam lahko vzel službe in se celo obrnil proti nam, kot so to storili Čapkovi roboti. Temo so hoteli upodobiti v bolj realistični luči, demistificirati UI in raziskati vse njene pozitivne, kreativne zmožnosti. (Rosa, 2.4., str. 15) Sestal se je z računalničarjem Rudolfom Roso in Danielom Hrbkom, režiserjem v praškem Švanda teatru. Nekaj let pred tem so že nastajali projekti, ki so z UI generirali scenarije za filme (Rosa, 2.4. str. 1115), nihče pa še ni uspel tako ustvariti dramskega besedila, primerneza za gledališko uprizoritev. Rosa je sestavil ekipo računalniških lingvistov iz Karlove univerze v Pragi, da zasnuje program za generiranje dramskih besedil, Hrbek pa je sestavil ekipo iz Švanda Teatra v Prazi, ki je „napisala“ in uprizorila besedilo.

Ničt je bil preprost: zasnovati GPT2 program, ki je izučen v pisanju dramske forme, stvar prevesti, sčistiti in uprizoriti. Tako je nastal projekt THEaiTRE, raziskovalni laboratorij za ustvarjanje programa za pisanje dramskih besedil na podlagi Open Ai-jevega GPT programa. S tem programom so doslej ustvarili dva dramska besedila, le 10% tega pa je napisal človek. Prvo besedilo AI: When a robot writes a play, je upravljal dramaturg David Košťák, ki je dramo razdelil na osem samostojnih prizorov. Program lahko na podlagi kratkega opisa za prizor in nekaj začetnih replik generira okoli deset svojih replik, nato pa ima uporabnik izbiro, v katero smer naj se drama nadaljuje. V resnici to dopušča uporabniku več kontrole nad pisanjem, kot se sprva zdi, a Košťák in ekipa so mu poskušali dati čim več svobode. Pri uprizarjanju z režiserjem Danielom Hrbkom in ekipo Švanda Teatra, so spremenili le majhen delež replik za jasnejši potek dogajanja, prav tako pa so vse prevedli v češčino s prevajalnim programom. Nastali produkt so krstno uprizorili 26. februarja 2021 in ga prenašali v živo. Ekipa je odtlej omogočila prosto rabo obeh besedil in UI programa in vse skupaj objavila na spletu za druge morebitne entuziaste.

Potrebno je poudariti, da je premiso predlagal dramaturg, šele pri vsebini pa je UI dobil večjo svobodo. Igra ima devet likov, v vseh prizorih pa se pojavi robot. Napisano je, kot da je robot ista oseba v vseh prizorih, a je v vsakem dokaj drugačnega značaja. V prvem prizor je izumitelj robota na smrtni postelji, ob njem pa njegova kreacija. V zadnjih skupnih minutah se pogovarjata o ljubezni, duši, življenju in smrti. V drugem prizoru robot sreča potrtega fanta in mu

poskuša pomagati z nasveti. To fanta moti, želi si le, da bi mu robot povedal šalo. To robotu predstavlja precejšnje težave, a naposled mu pove: „Ko ti umreš. Ko tvoji otroci umrejo. Ko tvoji vnuki umrejo, bom jaz še vedno tu.“ (Košťák, Appendix A, str. 151, prevedeno iz angleškega izvirnika¹⁵) V tretjem prizoru robot gre v „nočni klub“ oz. bordel, saj si želi spoznati telesne užitke. Spozna „maserko“ oz. prostitutko, s katero to lahko stori. Naposled se vanjo zaljubi. V tretjem prizoru se robot na ulici ne more premakniti od svetilke, boji se namreč teme. Sreča inženirja, ki trdi, da so roboti brez čustev in da ljudem ni za zaupati. Inženir ga ubije in nato se poslovita. V petem prizoru moški na spletu naroči robota, da bi ga ubil. Robot mu namesto tega da prst v anus, zaradi česar se spreta. V šestem prizoru se robot pogovarja s psihologom. Ta ga sprašuje o stresu, ljubezni in čustvih. Robot uporablja 'napravo za čustva', da mu pomaga pri izgorelosti. V sedmem prizoru robot obišče zavod za zaposlovanje, da bi poiskal novo službo. Izkušnje ima kot klovn, a si želi postati resen igralec. V zadnjem prizoru robot sreča igralko, oblečeno v robotski kostum. Nemudoma se zaljubi vanjo, tudi ko mu ona razkrije, da je v resnici človek. Naposled jo osvoji, obljublja ji tudi, da jo bo povabil v

svoj binarni svet. Zavežeta se, da bosta skupaj za vedno.
(Košťák, App. A, str. 140-18615)

Al: When a robot writes a play izhaja iz Čapkovke igre, s katero si deli podobno motiviko, vendar je po kakovosti veliko slabša. Čeprav je program dobil nešteto vzorcev dram v predelavo ima precej slab koncept postopnega doziranja informacij v zgodbi, dramskega trikotnika in globine likov. Pri Robotu, edinem liku, ki se ponavlja, lahko zaznamo nekaj unikatnih karakternih lastnosti, npr. radovednost, nežnost do ljudi in hrepenenju po duši, in moremo pa določiti, koliko od tega je delo programa ali dramaturga. Ostali liki služijo zgolj kot figure ali pripomočki nosilcu idej tj. Robotu . Vse, kar počnejo in so, se vrti okoli Robota, pogosto ni jasno zastavljeno, kdaj se dogodek odvija, kje (le ohlapno) in zakaj so osebe sploh tam. Mnogi so slog primerjali z teatrom absurda, saj ima podobne karakteristike, npr. nesmiselne replike, duhovno prazne like, pomanjkanje strukture zgodbe in absurdna dejanja (npr. poskus usmrtnice s prstom v anusu). Mnoge replike so kontradiktorne, nevmesne ali nesmiselne, program tudi na trenutke 'jeclja' oz. začne ponavljati isto repliko v nedogled, do intervencije dramaturga.

ROBOT: When you are dead, when your children are dead.
When your grandchildren are dead. When your children
are dead. When your grandchildren are dead. When your
children are dead. When your grandchildren are dead. When
your grandchildren are dead. When your children are dead.
When your children are dead. When your grandchildren
are dead. When your grandchildren are dead. When your
grandchildren are dead. When your grandchildren are
dead. When your grandchildren are dead. When your
grandchildren are dead. When When your grandchildren
are dead.

FANT: When they all die. When my family are dead. When you we all die. When my family are dead. When you all die. When my family are dead. When your family are dead. When my family are dead. When your family are dead. When your children are dead. When your grandchildren are dead. When your grandchildren are dead. When your grandchildren are dead. When your grandchildren are dead. When your grandchildren are dead.

[illegible]

(Izrezan odlomek iz App. A, 2. prizora (Sense of humor), str. 152.15)

Ul ima precej slab koncept usmerjanja bralčeve pozornosti in generiranja nujnosti dejanj. Samemu programu manjka pozornost, saj zelo hitro pozabi na uvodne človeške replike in zavije prizore v popolnoma svojo smer. Dober primer je zopet v drugem prizoru, kjer je v dramaturgovem vnosu omenjeno, da ima fant v roki strgano ljubezensko pismo. Ul tega ne zazna kot možno razlago za fantovo žalost, pisma Robot in Fant niti ne omenita. Tudi samo ime lika Robot mu ne pomeni kaj dosti, saj se lik v veliko prizorih vede precej človeško, na svojo robotskost pa le občasno opozori. Ima tudi odpor do humorja, saj ga Ul ne razume. Na določenih točkah, npr. pri dramaturgovi predlogi, naj Robot Fantu pove šalo, sploh ne želi ubogati. Včasih je potrebno večkrat ponoviti ukaz, da ga program sploh uporabi. Drama sicer ima kar nekaj komičnih trenutkov, a le zaradi absurdnih situacij (npr. prst v anusu). Ul sam nima smisla za humor in tudi precej težka poskusi generirati šalo, ki je na koncu bolj srhljiva, kot smešna (kot ponazori zgornji citat). Generalal je pa lastni izraz in sicer „I'm on my day!“ („Sem na dnevu“), ki ga uporabi v sedmem prizoru (App. A, str. 18015). Na podlagi njegove naslednje replike: „I'm like, 'I'm not on my day, I'm on my day. I'm super happy. It's totally my day!“, lahko sklepamo, da je to enako izrazu „Danes je moj dan“ tj., da ima govorec dober dan.

V pisanju programa je težko zaslediti konsistentne stilske oprijeme, bi pa izpostavila Košťákové intervencije in spremembe, ki poudarijo določene zanimivosti pri generiranem tekstu. Objavljena verzija teksta, ki je priložena v raziskovalnem poročilu o TheAltre projektu¹⁵ ima surovi angleški original in spremenjen češki prevod, ki je bil tudi uprizorjen. Moja referenca je bila izključno neokrnjena angleška verzija, Košťák pa je v tej natančno označil, katere dele je za uprizorjeno verzijo črtal, spremenjal, izrezal in prekopal druge ter katere replike so njegovo delo. (Košťák, App. A, str. 14115) Vemo, da je program pričel pisati šele po kratkem opisu in dveh replikah, ki jih je prispeval Košťák, ter da je po desetih lastnih replikah potreboval vnovično pobudo. Dramaturg je v besedilo posegal, kadar je prišlo do hujših nejasnosti v kontinuiteti in do programskega „jecljanja“, redkeje pa zaradi vsebine same. Čeprav se je ekipa zavezala k temu, da programu da čim več svobode, je nekaj zanimivih trenutkov, kjer vidimo Košťákové subjektivne posege. Vidno je, da je imel program probleme s konceptom ljubezni in romantičnih zvez. Če gledamo original, šesti in sedmi prizor namigujeja na to, da je lik Robota biseksualen, kar je v češki verziji spremenjeno. Ni jasno zakaj, morda zaradi konsistence v zgodbi. Nikakor ne pravim, da so se posegi zgodili iz morebitnih homofobnih razlogov, zakrivajo pa precej zanimiv aspekt programa – njegovo (domnevno) nevtralnost in objektivnost do spolne usmerjenosti. V šestem prizoru psiholog sprašuje robota o rabi svoje naprave za sprostitvev in kako ta vpliva na njegovo razmerje s svojim fantom ali punco. Kljub nekaterim kontradiktornim replikam lahko razberemo, da ima partnerja, saj oba zanj večino časa uporabljata moške zaimke. Ko razlaga o svojih partnerjih, razlaga tako o bivših puncah kot fantih. V naslednjem prizoru

se pogovarja z Administratorjem, ki ga UI sprva napiše kot moškega. Ko pa iz neznanega razloga Robot in Administrator pričneta govoriti bolj spogledljivo, celo erotično, ga Košťák hitro spremeni v žensko.

~~a~~Adm. **ROBOT:** *But I just have such a feeling about this you.*
Oh yeah.

ADMINISTRATOR: *And I want to make you feel good. I mean, you'll have to give me a little more. I don't want to ruin the surprise.*

ROBOT: ~~I guess I won't have to. I've known you long enough to know you don't like this kind of stuff.~~

ADMINISTRATOR: *I'm not a dirty old man woman. I like clean and decent food.*

(Odlomek iz App. A, 7. prizora (Search for job), str. 178; **krepko** besedilo je dramaturgov vnos, ~~prečrtano~~ pa besedilo, izrezano v češkem prevodu¹⁵)

Dramaturgova cenzura je za bralca lahko tudi precej komična. Igrana predstava je gledalce prikrajšala igrivega boja med Košťákom in programom. Kot sem že omenila, je Ul pogosto pozabil na človeške vnose (ali jih je morda celo ignoriral). Spominja na mladega pisca, ki ga strogo nadzoruje njegov mentor, saj nekateri njegovi posegi bistveno spremenijo tok pisanja. Najbolj pri srcu mi je tale citat:

ROBOT: *I'm free* **unemployed.**

(App. A, 6. prizor (Burn out), str. 172, v kontekstu pogovora v zavodu za zaposlovanje¹⁵)

Igra je imela določene pomanjkljivosti, a po mnenju ekipe, je bil uspeh že to, da se jo da dramaturško ovrednotiti enako kot človeško dramatik. Nekateri kritiki so celo mnenja, da je slog primerljiv z kvaliteto neizkušenega človeškega pisca. (Rosa, 3.1.5., str. 1815) Razvidno je, da bodo prihodnje verzije programa zmožne pisanja kvalitetnejše, bolj človeške literature. V takratnem modelu je bilo zelo težko vstaviti ustrezno formulo oz. zgled, ki bi programu omogočil boljše razumevanje dramske situacije tj. situacije, ki da liku cilj, motivacijo in občutek nujnosti (Rosa, 4.1., str. 2515). Dodatne pomanjkljivosti so našli tudi v zasnovi likov, nekateri so bili mnenja, da soženski liki zastavljeni staromodno in seksistično, pri čemer je razvidno, da je na UI vplivala starejša klasična dramatika.

Ko sem odlomek (Prizor 2) vstavila v program ChatGPT4 in ga prosila, naj ga dramaturško ovrednoti, je že lahko prepoznal več lastnosti besedila, npr. postmoderni stil in glavne teme. Poskušal je celo podati nekaj „lastnih“ dramaturških ugotovitev:

Scena 2 prinaša preplet dialogov, ki kažejo na zavedanje likov o svoji eksistenci in vlogi v svetu, kar je pogosto značilno za postmoderno dramsko pisavo. Robotizirani liki v tej sceni delujejo v omejenem kontekstu, kjer njihove izrečene besede delujejo fragmentarno, skorajda naključno. To poudarja mehaniziranost njihovega obstoja in omejitve, ki izhajajo iz njihove programirane narave. Dialogi se hitro izmenjujejo, kar ustvarja občutek nemira in kaosa, a hkrati zadržuje občutek predvidljivosti, saj so replike pogosto nepovezane in brez jasne narativne linije.

(ChatGPT4 brezplačna verzija – ob ukazu naj odlomek dramaturško ovrednoti)

Neznano je, koliko nov ChatGPT4 program lahko boljše piše, ob tem ukazu je namreč pričel s pisanjem popolnoma originalnega dialoga. Na žalost spletna stran TheAltre.com ne deluje več, zato enakega poskusa nisem mogla opraviti s tem programom. Vidno pa je, da so novi GPT modeli izboljšani in bodo kmalu lahko pisali kvalitetnejše, celo zabavne tekste.

5. Zaključek

UI je očitno napravil velik napredek na področju pisanja leposlovja. V primerjavi dela z GPT2 in GPT4 vidimo, da se z vsakim modelom počasi izboljšuje. Čez nekaj časa bo najverjetneje lahko generiral prepričljiva in zabavna dramska besedila. Manjka mu pa nekaj pomembnih atributov, s katerimi ga človeški avtor prekaša. UI v bistvu ne more ustvariti nekaj resnično 'originalnega', ustvari zgolj konglomerat vseh nabranih informacij, ki ustreza dani nalogi. Tudi njegov namen pisanja je preprost, program le sledi ukazom. Ko človek napiše zgodbo, ta ni le konglomerat vzorcev drugih dram in nekaj priročnikov, je skupek avtorjeve domišljije, čustev in izkušenj. Ima globino in višji namen. Robot bi lahko brez težav zasnoval lika, ki je zabaven in zanimiv, ne more pa mu dati enake globine, saj je ne razume. Globina lika je videna skozi majhne stvari, ki so v ozadju podprte z podtekstom, z mislijo, ki je produkt vsega, kar je lik doživel v kontekstu. Igri sta neposredno povezani druga z drugo. V bistvu je AI posledica R. U. R., glede na to da obeležuje njeno stoto obletnico. Vidno je, da so avtorji AI načeli enako temo umetne inteligence, ki spoznava svet, ki je podoben njenemu, a tudi bistveno drugačen. Opazimo lahko robotovo prizadevanje k avtonomiji, iskanju individualnosti, ljubezni in spolnosti. Obe drami postavljata našo človeškost pod drobnogled, celo pod vprašaj. Na nek način nas in našo družbo, kot robote, razstavi na kose in podrobno analizira naše mehanizme.

Svet spreminja naglo in v kapaciteti, ki je doslej še nismo doživeli. UI ima definitivno veliko nevarnosti, prav tako pa koristi. Reformiral bo šolstvo, internetno varnost, politiko in umetnost. Moje raziskave pa so potrdile, da stvar ni tako črno-bela in strašna, kot si morda predstavljamo. UI ima še dolgo pot do kvalitetnega pisanja, še daljšo pa do prave prodorne umetnosti. Za zdaj nam lahko poleg praktične pomoči ponudi tudi pomoč pri razumevanju, kdo sploh smo kot vrsta. Čapkova optimistična interpretacija robotov po stotih letih še vedno drži. UI ne bo pobijal, zlorabljal, iztrebil človeške vrste kar sam od sebe. Dokler sami ne razumemo, kdo smo, zakaj se ljubimo, sovražimo, kaj da umetnosti svojo moč, kaj nam da našo človeškost, je ne bomo mogli prenesti na robota. Morda je nikoli ne bomo. Človeška duša je unikatna in zelo kompleksna, ravno zato pa je tako odporna. Če že, je UI fascinantna nova iznajdba, ki nam ponuja zrcalo, tako slabe kot dobre plati. Odseva nas kot skupnost

6. Literatura

1. T. M. P. Reader, „The Czech Play That Gave Us the Word ‘Robot’“, The MIT Press Reader. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://thereader.mitpress.mit.edu/origin-word-robot-rur/>
2. „Fran/iskanje/robot“, Fran. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://fran.si/iskanje?View=1&Query=robot&hs=1>
3. „AlphaGo“, Google DeepMind. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://deepmind.google/technologies/alphago/>

4. „History of artificial intelligence | Dates, Advances, Alan Turing, ELIZA, & Facts | Britannica“. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.britannica.com/science/history-of-artificial-intelligence>
5. „OpenAI: The Turbulent History and Visionary Future of the World's Most Influential AI Company“. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.linkedin.com/pulse/openai-turbulent-history-visionary-future-worlds-most-sheikhansari-n5kac>
6. B. Marr, „Is Generative AI Stealing From Artists?“, Forbes. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/08/08/is-generative-ai-stealing-from-artists/>
7. J. Stern, „OpenAI CTO on the Future of Sora, ChatGPT and AI Rivals: Full Interview“, Wall Street Journal. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. <https://www.wsj.com/video/series/joanna-stern-personal-technology/openai-cto-on-the-future-of-sora-chatgpt-and-ai-rivals-full-interview/C7D3FD48-5A1C-41A0-B5F4B939AF357458>
8. „ChatGPT and Beyond: How to Handle AI in Schools | Common Sense Education“. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.commonsense.org/education/articles/chatgpt-and-beyond-how-to-handle-ai-in-schools>
9. K. Knibbs, „Scammy AI-Generated Book Rewrites Are Flooding Amazon“, Wired. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.wired.com/story/scammy-ai-generated-books-flooding-amazon/>
10. „Artificial Intelligence“. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.wga.org/contracts/know-your-rights/artificial-intelligence>
11. „Incredible Advantages of AI | Notable 23 Benefits of AI“, Simplilearn.com. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.simplilearn.com/advantages-and-disadvantages-of-artificial-intelligence-article>
12. R. Vevar, U. Vogrinc, B. Lukan, J. J. Javoršek: 500 dramskih zgodb (1999), Mladinska knjiga, Ljubljana
13. „The Man Who Coined the Word ‘Robot’ Defends Himself - IEEE Spectrum“. Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. Dostopno na: <https://spectrum.ieee.org/karel-capek-robots>
14. R. Bowles, Analysis of R.U. R., digitalcommons.butler.edu, Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]. <https://digitalcommons.butler.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1595&context=manuscripts>
15. P. Schmidtová, R. Rosa, D. Košťák, T. Studeník, „THEaiTRE: Generating Theatre Play Scripts using Artificial Intelligence“, ufal.mff.cuni.cz, Pridobljeno: 28. avgust 2024. [Na spletu]., https://ufal.mff.cuni.cz/books/preview/2022-schmidtova_full.pdf

Strokovni članek

Kaj prenašamo s protokolom BitTorrent?

AVTORA ČLANKA: LUKA ŠIJANEC
PREGLEDAL: ASIST. DR. TIMOTEJ LAZAR

V članku predstavimo metodo za učinkovito in za omrežje neinvazivno metodo prenašanja metapodatkov iz pomožnega omrežja Kademlia mainline DHT protokola BitTorrent za izmenjavo datotek. Sledi pregled/analiza z opisano metodo pridobljenih metapodatkov o datotekah na voljo v omrežju BitTorrent.

Porazdeljene razpršilne tabele (angl. distributed hash table) so razpršilne tabele, ki podatke, ponavadi so to dokumenti, strukturirani kot vrednost in njej pripadajoči ključ, hranijo distribuirano na več vozliščih, na katerih se podatki shranjujejo. V računalniških sistemih se DHT uporablja za hrambo podatkov v omrežjih P2P (angl. peer to peer), kjer se podatki vseh uporabnikov enakomerno porazdelijo med vozlišča in so tako decentralizirani in preprosto dostopni članom omrežja. Ker se podatki izmenjujejo znotraj omrežja na vozliščih, ki z izvorom in destinacijo podatkov niso povezani, jih lahko vozlišča v velikih količinah shranjujejo za potrebe statistične analize omrežja.

V raziskavi preverimo praktično zmožnost pridobivanja velike količine podatkov v omrežju BitTorrent za P2P izmenjavo datotek, nato še analiziramo pridobljene podatke. Vsaka poizvedba po seznamu imetnikov datotek vsebuje ključ podatka v DHT in se prenese preko okoli log₂ n vozlišč, kjer je n število vseh uporabnikov v omrežju. Ker vsaka poizvedba obišče tako veliko število vozlišč, lahko med poizvedbo eno drugače nepovezано vozlišče prejme veliko obstoječih ključev v omrežju, ki jih lahko uporabi za prenos metapodatkov v omrežju BitTorrent.

Osredotočili smo se le na pridobivanje metapodatkov v omrežju BitTorrent, samih datotek, na katere se le-ti metapodatki sklicujejo in so v omrežju na voljo, ker jih ponujajo drugi računalniki, pa tako vsled tehničnih (njihove ogromne skupne velikosti) kot tudi pravnih razlogov (avtorsko zaščitena in protizakonita vsebina) nismo prenašali. Metapodatki konceptualno sicer niso shranjeni v DHT (namesto metapodatkov o datotekah so v omrežju shranjeni sezname računalnikov, od katerih si metapodatke lahko prenesemo), vendar odkrivanje njihovega obstoja omogoči DHT.

S pridobljenimi metapodatki ugotovimo, kateri odjemalci so najpopularnejši ter kakšna je razporeditev vsebine glede na tip datotek, ki je na voljo preko protokola BitTorrent

Ključne besede: porazdeljena razpršilna tabela, porazdeljeni sistemi, omrežje P2P, podatkovno rudarjenje, BitTorrent

1. Uvod

1.1. Distribucija datotek po principu P2P

oncept P2P (angl. peer-to-peer) predstavlja alternativen način distribucije identičnih datotek večim odjemalcem. Namesto enega strežnika, ki iste podatke odjemalcem pošlje vsakič znova, v omrežjih P2P za distribucijo datotek vsak odjemalec podatke tako prejema kot tudi pošilja. Odjemalec prejeto vsebino tudi sam deli drugim te vsebine željanim odjemalcem, s čimer razbremeni ostale odjemalce.

Odjemalec za druge izve s pomočjo centralnega strežnika ali pa drugačnega signalizacijskega protokola. Ker se povezujejo neposredno, medsebojno poznajo svoje internetne naslove.

1.2 Protokol BitTorrent

Od 2008 je eden izmed popularnejših protokolov za P2P distribucijo BitTorrent, razvit že 2001. Zaradi razširljive zasnove ga je moč dopolnjevati — dodajati nove funkcije. Sprva je BitTorrent temeljil na centralnih strežnikih za koordinacijo rojev, od leta 2005 pa z uvedbo protokola DHT lahko deluje povsem neodvisno.

Pojem	Angleško	Razlaga
soležnik	peer	odjemni program na računalniku, za povezavo nanj potrebujemo IP naslov in vrata
roj[4]	swarm	več soležnikov, ki prenašajo datoteke nekega torrenta
torrent/metainfo	torrent/metainfo	datoteka z metapodatki datotek
sledilnik	tracker	koordinacijski strežnik z naslovi soležnikov v rojih
košček	piece	delček datoteke konstantne dolžine; imena velikost, zgoščene vrednost in drugo
infohash	infohash	zgoščena vrednost serializiranih podatkov pod ključem info v torrentu, ki unikatno opišejo ključne metapodatke o torrentu
objavi	announce	pošiljanje obvestila v DHT ali na sledilnik, da se odjemalec želi priključiti nekemu roju

Tabela 1: Slovar pojmov BitTorrenta

Za prenos je treba poznati metapodatke o obstoječih datotekah, ki so shranjeni v t. i. obliki .torrent, strojno berljivi z bencoding serializirani datoteki. Vsebujejo vsaj imena in poti datotek ter njihove zgoščene vrednosti, ime torrenta, lastnosti prenosa in velikost koščka.

V raziskavi ne iščemo soležnikov s sledilniki in ne prenašamo datotek, temveč samo prenašamo in analiziramo metapodatke.

1.3 Protokol Kademlia mainline DHT

V BitTorrent je za iskanje soležnikov v roju uporabljen DHT (angl. distributed hash table), ki odpravi odvisnost od sledilnika.

Pojem	Angleško	Razlaga
vozišče[4]	node	odjemni program na računalniku
usmerjevalna tabela[4]	routing table	seznam vozišč (IP, vrata, ID), ki ga hrani posamezno vozišče
ID vozišča	node ID	160-bitna ob zagonu generirana naključna vozišču pripadajoča številka
merilo razdalje	distance metric	funkcija (XOR), ki izrazi razdaljo med voziščema kot 160 bitno število
koš[4]	bucket	element usmerjevalne tabele, ki ga glede na merilo razdalje vsebuje bližnja vozišča

Na visokem nivoju gre za abstraktno razpršilno tabelo, shranjeno porazdeljeno na velikem omrežju vozišč. Podpira naslednji operaciji.

get_peers Vrne seznam soležnikov (IP naslov in vrata) za torrent, opisan z njegovim infohashom.

announce V seznam soležnikov za torrent, opisan z njegovim infohashom, vstavi IP naslov in vrata pošiljatelja zahteve.

V raziskavi s sodelovanjem v DHT prestrezamo obstoječe ključne v razpršilni tabeli, z njimi pridobimo soležnike, od katerih prenesemo metapodatke o torrentih za kasnejšo analizo.

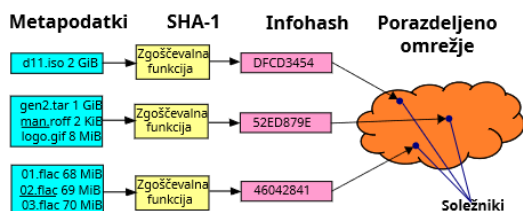


Fig. 1.: Shematski prikaz DHT

2. Opis standardov

Serializacija bkodiranje (bencoding)

V BEP-0003 je opisan bencoding. Z njim je serializirana večina struktur BitTorrenta in Kademlie. Bkodiranje je podobno bolj znanemu JSONu — vsebuje štiri podatkovne tipe: niz, število, seznam in slovar.

Datoteka metainfo/.torrent

Za distribucijo vsebine s protokolom BitTorrent ustvarimo .torrent datoteko, bkodiran slovar z metapodatki, nujnimi za prenos datotek. Za raziskavo so pomembni metapodatki pod ključem info:

private: prepoved objavljajanja preko DHT, le preko sledilnikov (ti torrenti niso zajeti v raziskavi)

name: ime torrenta oz. datoteke za enodatotečne torrente

piece length: velikost koščka — datoteke so spojene skupaj in razdeljene na enako velike koščke

pieces: niz dolžine $20n$ (n je število koščkov) s SHA-1 vrednostmi koščkov

length: dolžina datoteke za enodatotečne torrente

files: seznam datotek v večdatotečnem torrentu — vsaka datoteka je predstavljena kot slovar z **length** in **path**.

Kdor pozna infohash, lahko od soležnika prenese metainfo in posledično tudi pripadajoče datoteke. Roj najde in se vanj vključi s poizvedbo v DHT, saj je infohash ključ v tej razpršilni tabeli. Infohash običajno oblikujemo v t. i. magnetno povezavo (magnet URI): **magnet:?dn=ime torrenta&xt=urn:btih:infohash**

Druga različica BitTorrenta ima drugačno metainfo strukturo s podobnimi podatki. Uporablja SHA-256 in namesto pieces uporablja merkle hash tree za zgoščene vrednosti datotek.

Graf DHT

DHT vzdržuje sezname soležnikov v roju vseh obstoječih torrentov. Vozišča komunicirajo preko UDP in so del velikega usmerjenega grafa, vsako s $Klog_2 n$ (konstanta $K=8$, n je število vseh vozišč na svetu) povezavami — vpisi v usmerjevalno tabelo.

Vozišče skrbi za urejeno usmerjevalno tabelo dosegljivih vozišč v koših; iti koš hrani do K med 2^{i-1} in 2^i po merilu XOR oddaljenih vozišč, torej je shranjenih veliko bližnjih in malo zelo oddaljenih vozišč.

Poizvedbe po grafu

Sprehod po grafu med poljubnima voziščema je torej dolg v povprečju $\log n$ (n kot prej). Roj torrenta z infohashom x je shranjen na voziščih z ID blizu x , tedaj ima poizvedba po soležnikih/objavljanje soležnika časovno kompleksnost $O(\log n)$. Za pridobitev seznama soležnikov torrenta pošljemo bkodiran UDP paket tipa **get_peers** t voziščem iz usmerjevalne tabele, ki so blizu infohasha. Pozvana vozišča odgovorijo s seznamom do K temu infohashu najbližjih vozišč in seznamom soležnikov za ta torrent, če ga imajo. Novodobljenim voziščem spet pošljemo poizvedbo **get_peers** in postopek nadaljujemo, dokler ne najdemo nekaj infohashu najbližjih vozišč. V tista pošiljamo objave in od njih še naprej prejemo informacije o roju.

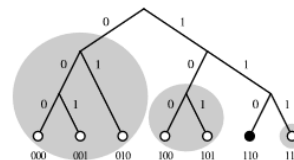


Fig. 2.: Usmerjevalna tabela za vozišče 110 (koši so osenčeni)

3. Metode

Vsaka poizvedba obišče logn vozlišč, torej vsako vozlišče v DHT prejema ogromno ključev – infohashov. V raziskavi v C spišemo program travnik, nepopolno implementacijo odjemalca BitTorrent s poudarkom na DHT. Osredotočimo se na zajem metapodatkov iz ključev, ki jih prejmemo s sodelovanjem v omrežju.

Ko vozlišče, na katerem teče travnik, prejme paket z infohashom, ga doda v seznam željenih torrentov. Neprestano posodablja roje torrentov znanih infohashov in se povezuje na soležnike iz njih, dokler mu ne uspe prenesti metapodatkov torrenta oziroma dokler ne obupa/preteče 256 sekundni TTL torrenta. Izdeluje .torrent datoteke z najdenimi metapodatki in internetnim naslovom ter ime programske opreme soležnika, od katerega je metapodatek prejel. Ne objavlja se v roj, ker ne redistribuira niti metapodatkov niti datotek.

Da program prvič začne sodelovati z omrežjem – da ga sosednja vozlišča vpišejo v svoje usmerjevalne tabele – prenese metapodatke vgrajenega torrenta Big Buck Bunny.

Za implementacijo spišemo knjižnico za bdekodiranje in bdekodiranje, knjižnico za DHT in nekaj funkcij za prenos metapodatkov od soležnikov preko TCP.

Za obdelavo dobljenih torrent datotek uporabimo Jupyter [13] in spišemo preprosto knjižnico za razčlenjevanje torrent metainfo datotek, ki jih generira travnik.

4. Rezultati

4.1. Zajem

Podatke smo zajemali iz različnih lokacij in v različnih časovnih obdobjih.

mesto	datum	dni	torentov	sek./torrent
T-2, FTTH, SI	1. -2. '23	16	47863	29
GRNET, VPS, GR	1. -2. '23	31	412846	6
T-2, FTTH, SI	6. '24	5	62110	7

Metapodatki prvega zajema opisujejo 3084321 datotek v skupni velikosti 259 TiB, metapodatki drugega zajema 17101702 datotek v velikosti 1881 TiB in metapodatki tretjega zajema 3725125 datotek v velikosti 345 TiB.

Primer strukture torrent datoteke z metapodatki

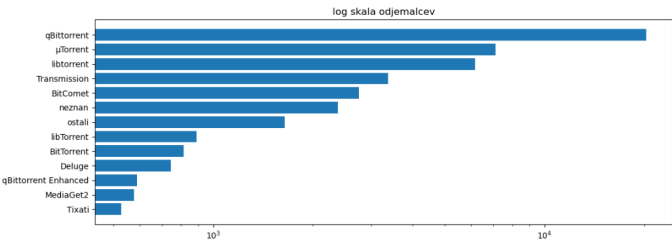
Spodaj je iz bencoding v JSON pretvorjena metainfo datoteka prevzetega torrenta z infohashom 696802a16728636cd72617e4cd7b64e3ca314e71.

```
{
  "creation date": 1679045016,
  "encoding": "UTF-8",
  "info": {
    "files": [
      {
        "length": 3084321,
        "path": [
          "John Wick Chapter 2 (2017) [2160p] [UK BluRay x265, 10bit AAC, 3-] [YTS.MG.mkv]"
        ],
        "length": 308,
        "path": [
          "YTSPronties.com.txt"
        ]
      },
      {
        "length": 53226,
        "path": [
          "www.YTS.MG.jpg"
        ]
      }
    ],
    "name": "John Wick Chapter 2 (2017) [2160p] [UK] [BluRay] [3-] [YTS.MG]",
    "piece length": 4194304
  },
  "source": {
    "ip": "111.185.242.21:8570900",
    "u": "Transmission 3.0.0"
  }
}
```

4.2. Analiza

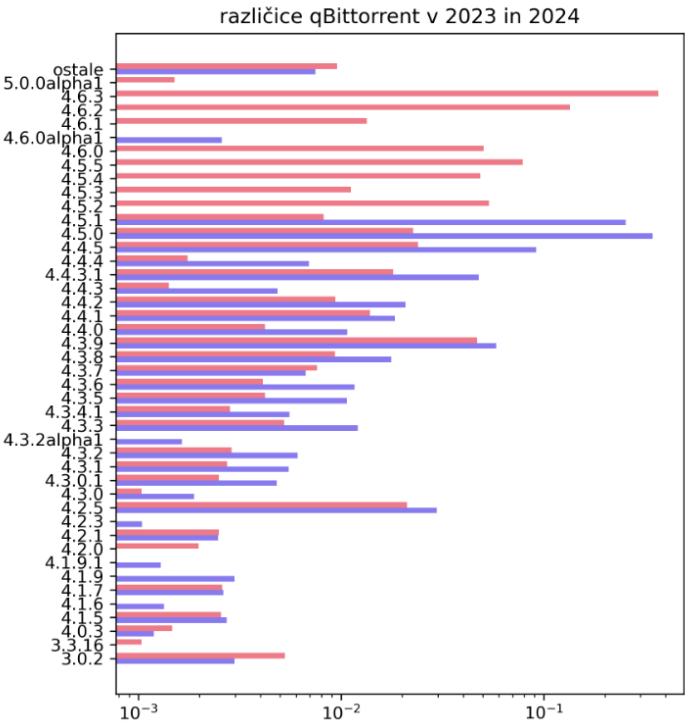
Odjemalci, od katerih so bili prejeti torrenti

Imenom programom odstranimo različico in jim ročno normaliziramo ime ter prikažemo njihovo gostoto v populaciji.



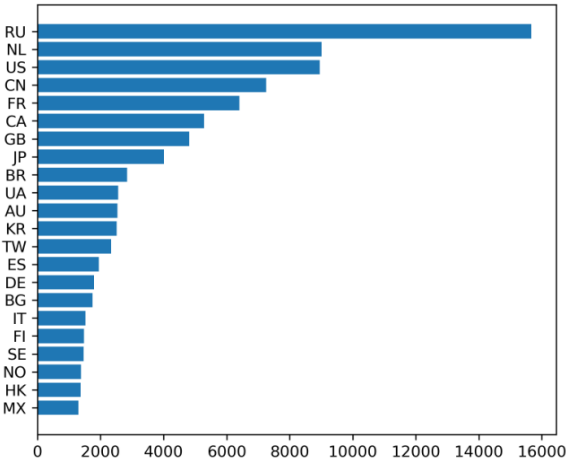
Različice odjemalcev qBittorrent skozi čas

Primerjava porazdelitve različic po zgornji analizi najpopularnejšega odjemalca na log₁₀ skali pokaže višanje različic skozi čas. V obeh letih smo prejeli torrente od skupno 88 različnih inačic qBittorrenta. V 2023 smo največ torrentov prejeli od odjemalcev različice 4.5.0, v 2024 pa od odjemalcev različice 4.6.3.



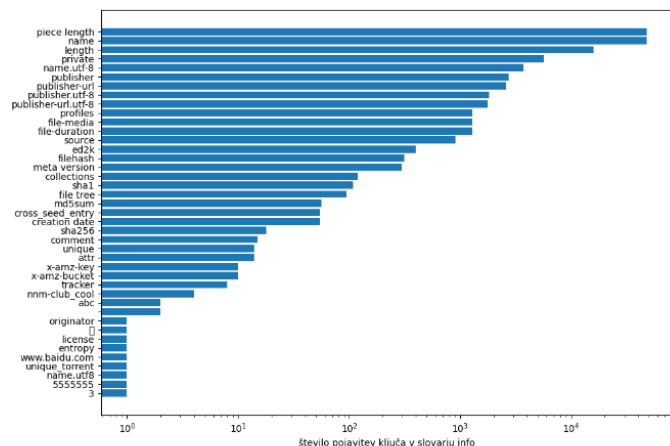
Geolokacija IP naslovov odjemalcev

Z uporabo podatkovne zbirke MaxMind GeoLite2 IP naslovom, od katerih smo prejeli torrente, določimo izvirno državo.



Predstavitev ključev v prejetih slovarjih info

Poleg standardnih obveznih nekateri torrenti vsebujejo tudi dodatne metapodatke v slovarju info. Pogostost slednjih prikazuje spodnji grafikon.

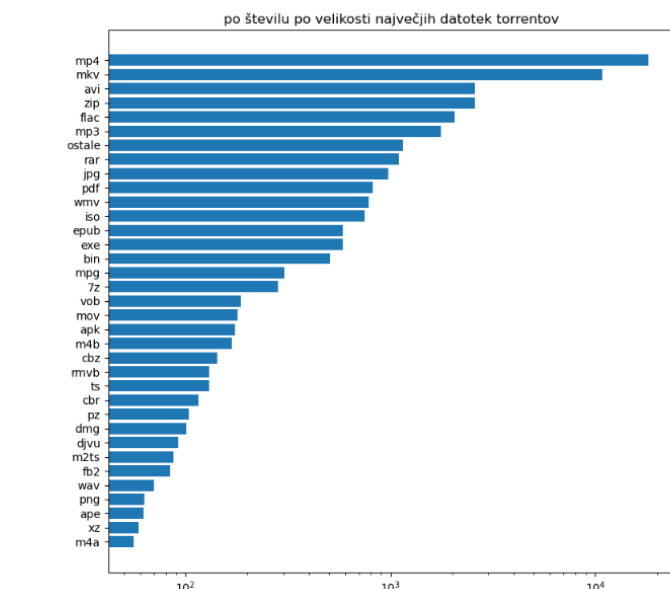


Tipi datotek, ki se prenašajo v torrentih

Iz končnice datoteke izvemo tip datoteke. Vsakemu torrentu priredimo reprezentativen tip, tisti, ki po velikosti prevladuje v torrentu. Glede na število torrentov z nekim reprezentativnim tipom kvantificiramo pogostost tega datotečnega tipa za tipe, ki zavzemajo vsaj promil populacije

Razvidno je, da je večina torrentov namenjena prenosu videovsebin, zvočnih datotek in stisnjenih arhivov.

Če bi za določilo pojavnosti tipa uporabili število datotek, bi prevladovali tipi vsebin, ki so ponavadi preneseni kot kopica datotek, denimo slike (diagram v prilogi na sliki 2), če pa bi za določilo pojavnosti tipa uporabili velikost datotek tega tipa, pa bi prevladovali tisti tipi, ki zasedajo več prostora. V tem primeru bi npr. videovsebine zaradi svoje velikosti občutno presegale digitalne knjige (diagram v prilogi na sliki 3).



4.3. Diskusija

Statistična kvaliteta vzorcev

Zaradi lastnosti uniformne porazdelitve zgoščevalne funkcije mesto infohasha na intervalu vseh možnih infohashov ni odvisno od metapodatkov. Kot posledico načina vzorčenja z DHT pričakujemo, da je porazdelitev infohashov prejetih torrentov po celotnem spektru števil z intervala $[0, 2^{160}-1]$ gostejša okoli IDja vozlišča, ki ga je med prenašanjem imelo naše iskalno vozlišče. IDje smo tekom raziskave izbrali naključno na vsaki merilni lokaciji in jih med meritvijo tudi nekajkrat zamenjali. Kljub temu je vsled nepovezanosti vsebine in infohasha vzorec še vedno statistično reprezentativen. Zajem ne more biti pristranski glede na metapodatke, ker nikjer v procesu zajema ne obravnavamo torrentov glede na metainfo, temveč le glede na infohash.

Težave z zajemom podatkov

Vsled majhne velikosti UDP paketov DHT glavno ozko grlo pri zajemu predstavlja število paketov, ki jih mrežna oprema lahko posreduje v sekundi. Domača optična povezava dopušča do okoli 2000 paketov na sekundo na naključno porazdeljene IP naslove, odjemno mesto na VPS pa je imelo to omejitev veliko višjo, zato smo tam v istem časovnem intervalu shranili veliko več torrent datotek.

Etičnost in legitimnost rudarjenja podatkov

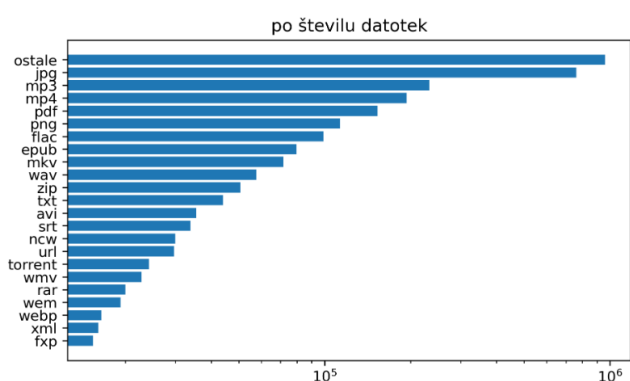
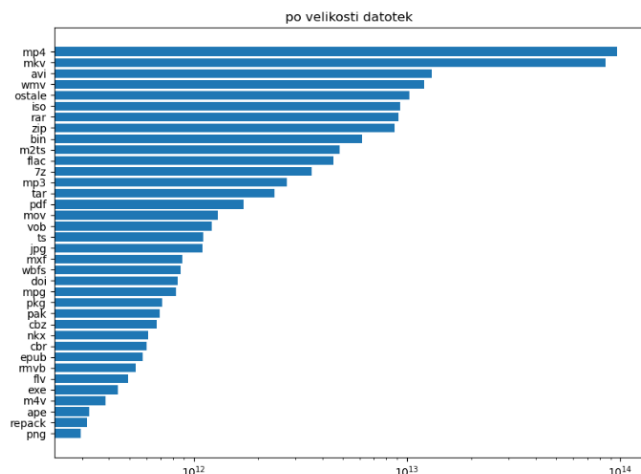
Čeprav gre za izrazito osebne podatke, se morajo uporabniki BitTorrent omrežja zavedati, da so njihovi prenosi a priori javni, tudi če jih nihče aktivno ne zajema. Nekateri BitTorrent odjemalci uporabnike ob prvem zagonu o tem obvestijo.

5. Priloge

Izvirna koda programa travnik in ipynb datotek za analizo podatkov je na voljo na <http://ni.sijanec.eu/sijanec/travnik>.

Korpus zajetih metapodatkov je na voljo na

<rsync://b.sjanec.eu/travnik>



(SHA1),” RFC 3174, 9 2001.

10. G. Hazel and A. Norberg. (2017) Extension for peers to send metadata files. [Online]. Available: https://www.bittorrent.org/beps/bep_0009.html
11. B. Cohen. (2017) The bittorrent protocol specification v2. [Online]. Available: https://www.bittorrent.org/beps/bep_0052.html
12. P. Maymounkov and D. Mazières, “Kademlia: A peer-to-peer information system based on the xor metric,” in Peer-to-Peer Systems: First International Workshop, IP-TPS 2002 Cambridge, MA, USA, March 7–8, 2002 Revised Papers. Springer, 2002, pp. 53–65.
13. T. Kluyver, B. Ragan-Kelley, F. Pérez, B. Granger, M. Bus-sonnier, J. Frederic, K. Kelley, J. Hamrick, J. Grout, S. Corlay, P. Ivanov, D. Avila, S. Abdalla, and C. Willing, “Jupyter notebooks – a publishing format for reproducible computational workflows,” in Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas, F. Loizides and B. Schmidt, Eds. IOS Press, 2016, pp. 87 – 90.
14. J. D. Hunter, “Matplotlib: A 2d graphics environment,” Computing in Science & Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 90–95, 2007.
15. MaxMind. (2024) Geolite2 free geolocation data [Online]. Available: <https://dev.maxmind.com/geoiip/geolite2-free-geolocation-data>
16. D. E. E. 3rd, S. Crocker, and J. I. Schiller, “Randomness Requirements for Security,” RFC 4086, Jun. 2005. [Online]. Available: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4086>

6. Literatura

1. D. Harrison. (2008) Index of bittorrent enhancement proposals. [Online]. Available: http://www.bittorrent.org/beps/bep_0000.html
2. B. Cohen. (2001) Bittorrent – a new p2p app. Internet Archive. [Online]. Available: <http://finance.groups.yahoo.com/group/decentralization/message/3160>
3. B. Jones. (2015) Bittorrent’s dht turns 10 ye-ars old. [Online]. Available: <https://torrentfreak.com/bittorrents-dht-turns-10-years-old-150607/>
4. M. Gams et al. (2008) Dis slovarcek. [Online]. Available: <https://dis-slovarcek.ijs.si/>
5. A. Loewenstern and A. Norberg. (2020) Dht protocol. [Online]. Available: https://www.bittorrent.org/beps/bep_0005.html
6. B. Choen. (2017) The bittorrent protocol specification. [Online]. Available: https://www.bittorrent.org/beps/bep_0003.html
7. F. Pezoa, J. L. Reutter, F. Suarez, M. Ugarte, and D. Vrgoč, “Foundations of json schema,” in Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web. International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2016, pp. 263–273.
8. D. Harrison. (2008) Private torrents. [Online]. Available: https://www.bittorrent.org/beps/bep_0027.html
9. D. Eastlake and P. Jones, “US Secure Hash Algorithm 1

Strokovni članek

LLM asistent za preverjanje skladnosti s pravnimi dokumenti

AVTORICA ČLANKA: BARBARA MAKOVEC
PREGLEDAL: ASIST. DR. INNA NOVALIJA

V raziskavi zasnujemo in implementiramo pravnega asistenta, ki temelji na velikih jezikovnih modelih (LLM-jih) z namenom izboljšanja analize in interpretacije pravnih dokumentov, kar storimo na primeru evropskega Akta o umetni inteligenci. Glavni poudarek je na pridobivanju najbolj relevantnih delov dokumenta tehniko RAG (Retrieval Augmented Generation) in podobnostnim iskanjem (angl. similarity search). Iz akta v umetni inteligenci zberemo podatke s pomočjo Pythonove knjižnice BeautifulSoup, ter jih shranimo v podatkovno bazo, pri čemer ohranimo vsebinsko strukturo dokumenta (torej delitev na člene in odstavke). Elemente indeksiramo z orodjem Elasticsearch, ki omogoča iskanje v realnem času. Za pretvorbo v visokodimenzionalne vgnezditev, ki jih za tem normaliziramo, uporabimo BGE model BAAI/bge-base-en-v1.5. Ko uporabnik pošlje poizvedbo, se ta prav tako pretvori v vgnezditev, nato pa z Elasticsearch-om izvedemo BM25 algoritem, da poiščemo najbolj relevantne odseke dokumenta. Ti odseki skupaj z dodatnimi kontekstualnimi informacijami (naslov člena, poglavje, datum, ko člen stopi v veljavo) in uporabnikovim vprašanjem tvorijo razširjeno poizvedbo. Ta je oblikovana tako, da poda LLM-ju dodaten kontekst za generiranje natančnih in relevantnih odgovorov. Odgovore na poizvedbe smo v raziskavi generirali z modelom GPT-4. Algoritem, ki smo ga razvili, avtomatizira interakcijo z LLM-ji in izboljša njihovo sposobnost analize in razlage kompleksnih pravnih dokumentov in tako predlaga rešitve uporabnikom. Integracija tehnologije RAG v obdelavo pravnih dokumentov predstavlja nov način analize in preverjanja skladnosti, ter spodbuja raziskave na tem področju. V nadaljnjem delu bi bilo smiselno izboljšati algoritem ter ga razširiti na druge pravne dokumente, kar bi izboljšalo natančnost in uporabnost asistenta.

Ključne besede: umetna inteligenca, podatkovno rudarjenje, veliki jezikovni modeli (LLM), Akt o umetni inteligenci

1. Uvod

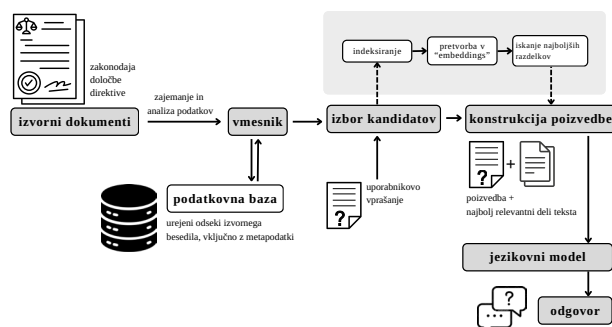
Hiter razvoj umetne inteligence je sprožil porast tehnoloških inovacij, s tem pa tudi strožjo regulacijo tega področja. Za lažje preverjanje upoštevanja slednje smo razvili pravnega asistenta, ki je namenjen analizi in interpretaciji pravnih dokumentov ter zagotavljanju skladnosti s trenutno zakonodajo. Velik problem pri podobnih jezikovnih modelih je t.i. halucinacija informacij, pri čemer modeli zaradi pomanjkanja znanja iz neke domene tvorijo povsem nepravilne odgovore. Z uporabo velikih jezikovnih modelov (LLM-ji) in tehnike RAG lahko asistent uporabniku pravilno odgovori na specifična vprašanja, ki se nanašajo na te pravne dokumente, saj informacije jemlje neposredno iz teh. Prav tako pri tvorbi odgovora natančno navede vire, torej lokacije tekstov v dokumentu, na katere se odgovor navezuje.

2. Razvoj in regulacija umetne inteligence

V zadnjih letih smo priča hitremu razvoju umetne inteligence (angl. Artificial Intelligence - AI) in modelov, ki jih lahko relativno preprosto integriramo v že obstoječe sisteme. S tehnološkim napredkom pa se razvijata tudi regulacija področja tehnologije, skupaj z etičnimi smernicami za nadaljnji razvoj. Na nivoju Evropske unije so to npr. Splošna uredba o varstvu osebnih podatkov (GDPR)¹, Zakon o varstvu osebnih podatkov (ZVOP-2)² in Akt o umetni inteligenci³. Bliskovit tehnološki napredek ter hitro razvijajoča se legalizacija na tem področju predstavljata izziv za raziskovalce in

razvijalce programske opreme, saj se morajo spopadati s kompleksnimi pravnimi dokumenti, da zagotovijo ustreznost svojih inovacij, posebno na področjih varstva podatkov in zasebnosti. Evropski Akt o umetni inteligenci je namenjen zagotavljanju varne in etične uporabe umetne inteligence. Akt kategorizira sisteme v različne nivoje tveganja, in poudarja transparentnost, prevzemanje odgovornosti in človeški nadzor za preprečevanje potencialnih nevarnosti. Namen akta je varstvo osebnih podatkov in zasebnosti, in hkrati spodbujanje uporabe umetne inteligence na različnih področjih, npr. v zdravstvu, marketingu, ipd. Razumevanje in upoštevanje legalizacije je ključno, saj diktira uporabo in razvoj takšne tehnologije, a je pogosto težavna in težko razumljiva. Za reševanje izzivov, ki jih predstavlja spreminjajoča se legalizacija, smo uporabili velike jezikovne modele (angl. Large Language models - LLMs). To so nevronske mreže, osnovane na konceptu globokega učenja, ki navadno uporabljajo pretvorne modele, kot je GPT (angl. Generative Pre-trained Transformer), ki so naučeni na ogromni količini podatkov. Ker pa so ti podatki statični, in se ne posodablja sproti, je lahko delovanje modelov oviran zaradi pomanjkanja znanja. RAG (angl. Retrieval Augmented Generation) je najbolj pogosta metoda kontekstualnega učenja, ki poda LLM-jem dodatne informacije, na katere se ta lahko sklicuje [1]. Glavna prednost tega pristopa je, da LLM do podanih informacij dostopa neposredno (saj so del uporabnikove poizvedbe), in tako ni nevarnosti, da bi se podatki izgubili v učni množici podatkov. Zaradi omejene velikosti poizvedbe in kompleksnosti dokumentov, pogosto ne moremo poizvedbi pripeti celotnega besedila. Da določimo, kateri izsek besedila pripeti poizvedbi, moramo implementirati algoritem, ki analizira besedilo,

ter izbire odseke, ki so najbolj relevantni za uporabnikovo poizvedbo. Ti so nato pripeti k poizvedbi, na katero se LLM odzove [2]. Diagram preproste RAG sheme je prikazan na sliki 1. Z uporabo neke variacije RAG lahko ustvarimo model asistenta, ki je sposoben analizirati in pojasniti kompleksne pravne dokumente s specifičnega področja ali podjetja. Za



implementacijo najprej potrebujemo zbirko podatkov, na katerih lahko asistenta naučimo in evalviramo uspešnost. Označevanje podatkov in evalvacija rezultatov pa sta v tem primeru zahtevna, saj zahtevata dobro poznavanje zakonodaje s strani strokovnjaka. Proces razvrščanja in vrednotenja pa je dolgotrajen in drag, kar predstavlja največjo oviro pri konstrukciji takšnih asistentov. V tem delu smo se osredotočili na izgradnjo pravnega asistenta, ki je zmožen analizirati in procesirati pravne dokumente. Algoritem, ki smo ga razvili temelji na LLM-jih in uporabniku posreduje rešitve na vprašanje, ki se nanaša na te dokumente

3. Dosedanje delo

Dosedanji razvoj takšnih LLM asistentov kaže, da imajo ti velik potencial za analizo, razlago in presojo (npr. Llama Guard) dokumentov. Takšni LLM klepetalniki so navadno ustvarjeni z nadzorovanim prilagajanjem (angl. fine-tuning) ali z spodbujevalnim učenjem, kot je PPO (angl. Proximal Policy Optimization) ali DPO (Direct Preference Optimization). Eden pomembnejših pravnih ogrodij, ki so relevantna za trenutne raziskave je GDPR. Podjetja in organizacije imajo na voljo veliko orodij za njegovo izvajanje, ki jih je razvila EU (npr. WP29, EDPB/EDPS), kot tudi veliko znanstvenih del. V zadnjem času smo priča hitremu razvoju ogrodij, ki uporabljajo umetno inteligenco, zato ni razvitih nobenih konkretnih smernic glede njihove implementacije. Evropska unija je do sedaj objavila le nekaj dokumentov, ki se nanašajo specifično na rokovanje s podatki. Izdelava asistenta za preverjanje skladnosti je bila implementirana že v nekaterih drugih projektih. Tak primer so npr. Gracenote.ai4, ki preverja skladnost z legalizacijo, CoCounsel5, ki vključuje preverjanje skladnosti s pogodбами in CuratedAI6, ki uporablja RAG, da odgovarja na vprašanja o evropski zakonodaji. Poleg tega obstajajo javni nabori podatkov, ki ocenijo razumevanje takšnih LLM asistentov, kot sta LegalBench [3] in CUAD – Contract Understanding Atticus Dataset [4]. Cilj te raziskave je nekoliko drugačen, saj smo preverjali skladnost orodij umetne inteligence pod spremenljivimi pogoji.

4. Metodologija

Poudarek raziskave je bil na pridobivanju kandidatov relevantnih odsekov dokumenta (kot je prikazano na sliki 1). Sestavili smo »webscraper«, ki avtomatizira pridobivanje in strukturiranje podatkov iz Akta o umetni inteligence, ki ga

najdemo na spletu. Večina RAG implementacij se ne ozira na strukturo originalnega dokumenta zavoljo uniformne delitve na razdelke [5], kar lahko privede do izgube pomembnih informacij, posebno pri pravnih dokumentih, kot je Akt o umetni inteligenci, ki je razdeljen na poglavja, člene in razdelke. Nasprotno naš pristop ohranja te že obstoječe strukture tudi v bazi podatkov in s tem zagotavlja, da se strukturni elementi in vsebinski razdelki med seboj ujemajo. Z uporabo Python knjižnic requests in BeautifulSoup za razčlenjevanje HTML-ja koda sistematično dostopa do posamičnih spletnih strani členov z iteracijo po URL-jih. Za vsak člen in aneks iz HTML-ja izlušči naslov člena, pričakovan datum, ko bo ta stopil v veljavo, pripadajoče poglavje in povzetek. Nato identificiramo posamezne odstavke v členih in jih skupaj s prej pridobljenimi podatki pretvorimo v JSON format, nato pa shranimo v SQL bazo. Za tem (lokalno) vzpostavimo Elasticsearch strežnik. Elasticsearch je porazdeljen iskalni in analitični mehanizem, ki omogoča iskanje v realnem času po veliki količini podatkov [6]. Iz SQL baze prenesemo podatke v Elasticsearch indeks, da jih lahko lažje poiščemo. Nato z BGE modelom BAAI/bge-base-en-v1.5[7] na podlagi semantike odstavke pretvorimo v visoko dimenzionalne vektorje oz. vgnezditev (angl. embeddings) in jih normaliziramo, da zagotovimo konsistenco. Ko uporabnik pošlje poizvedbo, je pretvorjena v vgnezditev, nato pa Elasticsearch s pomočjo BM25 algoritma [8] pridobi najbolj relevantne rezultate, torej tiste odstavke, ki se najboljše ujemajo s poizvedbo. Pridobljene odstavke skupaj s pripadajočim kontekstom (naslov člena, poglavja, datum vstopa v veljavo) priprnemo k uporabnikovemu vprašanju, in po vnaprej določeni predlogi ustvarimo poizvedbo. Tako k vprašanju dodamo informacije, ki smo jih pridobili preko Elasticsearch-a. Poleg tega k poizvedbi dodamo navodila, na kakšen način naj jezikovni model generira odgovor. Ta pristop avtomatizira interakcijo z jezikovnim modelom, ki je bil v našem primeru GPT-4.

5. Rezultati in prihodnje delo

Rezultat je razvoj in implementacija algoritma za kontekstualno pridobivanje informacij na področju prava. Osredotočili smo se na integracijo tehnologije razširjeno generiranega iskanja (RAG) za pravne dokumente, z namenom izboljšati upoštevanje in ocenjevanje skladnosti z zakonodajo. Raziskava na področje proučevanja pravnih besedil in rudarjenja podatkov prinaša nove rešitve in pristope analize. Konkretno je to pravni asistent, ki v ozadju temelji na LLM-jih, in je zmožen analizirati, pregledati in pojasniti pravno dokumentacijo ter hkrati končnim uporabnikom predlaga izvedljive rešitve. V prihodnje se bomo osredotočili na izboljšanje pridobivanja odsekov strategijo ponovnega razvrščanja (angl. reranking) in izvajanjem vrednotenja ustvarjenih odgovorov s strani pravnih strokovnjakov. Nadaljnja prizadevanja se bodo osredotočila na izvajanje in evalvacijo t.i. zanke za izpopolnjevanje. Poleg tega nameravamo raziskati potencial morebitne uporabe asistenta v javnosti in pri strokovnjakih, z namenom povečanja ozaveščenosti in poglobitve razumevanja tehnologij umetne inteligence, in z njimi povezanim regulativnim okoljem.

6. Literatura

O. Ovadia, M. Brief, M. Mishaeli, O. Elisha, Fine-tuning or retrieval? comparing knowledge injection in llms, 2024. arXiv:2312.05934.

[2] S. Setty, H. Thakkar, A. Lee, E. Chung, N. Vidra, Improving retrieval for rag based question answering models on financial documents, 2024. arXiv:2404.07221.

[3] N. Guha, et al., Legalbench: A collaboratively built benchmark for measuring legal reasoning in large language models, in: Advances in Neural Information Processing Systems 36: Annual Conference on Neural Information Processing Systems 2023, NeurIPS 2023, New Orleans, LA, USA, December 10 – 16, 2023, 2023.

[4] D. Hendrycks, C. Burns, A. Chen, S. Ball, CUAD: an expert-annotated NLP dataset for legal contract review, in: J. Vanschoren, S. Yeung (Eds.), Proceedings of the Neural Information Processing Systems Track on Datasets and Benchmarks 1, NeurIPS Datasets and Benchmarks 2021, December 2021, virtual, 2021.

[5] A. J. Yepes, Y. You, J. Milczek, S. Laverde, R. Li, Financial report chunking for effective retrieval augmented generation, 2024. arXiv:2402.05131.

[6] C. Gormley, Z. Tong, Elasticsearch: the definitive guide: a distributed real-time search and analytics engine, »O'Reilly Media, Inc.«, 2015.

[7] S. Xiao, Z. Liu, P. Zhang, N. Muennighoff, C-pack: Packaged resources to advance general chinese embedding, 2023. arXiv:2309.07597.

[8] S. Robertson, H. Zaragoza, et al., The probabilistic relevance framework: Bm25 and beyond, Foundations and Trends® in Information Retrieval 3 (2009) 333–389.



Reportaže in dogajanje na fakulteti

Klub Ada Hekaton 2023

SIMONA KEK

V sredini decembra je ekipa Kluba Ada organizirala hekaton na temo uporabe odprtih podatkov za družbeno korist. Gost hekatona je bil tudi dr. Matevž Pesek, ki je predstavljal portala avtolog in tocen.si, ki sta osnovana na odprtih podatkih. Tekom 24 ur je 40 udeleženk in udeležencev hekalno rešitve za družbeno korist, pri tem pa so uporabljali odprte podatke s portala OPSI. Rešitve so bile zelo raznolike, pokrivalo so vse od lažjega nakupa nepremičnin in vožnje do opozarjanja pred poplavami. Poleg odličnih idej pa je v prostoru vladalo prav prijetno vzdušje, ki nas je povezovalo in motiviralo, da vztrajamo do konca.

Zmagovalno ekipo so sestavljali Heidi Pungartnik, Simon Fabjančič in Manca Draščak, ki so komisijo navdušili s svojo idejo odkrivanja in ocenjevanja otroških igrišč ter tako postali dobitniki glavne nagrade v višini 1000 evrov! Za svojo najljubšo idejo pa so glasovali tudi udeleženci. Izbrali so ekipo, ki so jo sestavljali Andrej Mišičič, Klara Ikoč, Evgenija Burger in Barbara Lipnik, naredili pa so aplikacijo za enostavnejšo izposojlo koles v Ljubljani. Čestitke obema ekipama in vsem udeležencem za odlične ideje terin sodelovanje!

Poleg vsega naštetega pa je bilo izjemno lepo videti, da je bilo razmerje med udeleženkami in udeleženci 50:50, kar je bil tudi eden izmed ciljev organizatorik., Veseli smo tudi izkazane podpore Klubu Ada!

Pripravljeni na izziv? Roboliga FRI 2024 prihaja!

MATEJ HANS AHAČIČ

Ste pripravljeni na tekmovanje, ki združuje strast do programiranja, robotike in ustvarjalnosti? Na Fakulteti za računalništvo in informatiko (FRI) se bo v mesecih novembru in decembru 2024 odvijal težko pričakovani dogodek – Roboliga FRI! Letos bo tekmovanje potekalo pod že preverjenim mentorstvom profesorjev Nejca Ilca in Davorja Sluge, vendar pa organizacijo dogodka prvič v celoti prevzemajo študentje sami.

Roboliga FRI je že dolgoletna tradicija med univerzitetnimi tekmovanji v programiranju avtonomnih robotov Lego Mindstorms. Dogodek ponuja odlično priložnost, da študentje preizkusijo svoje znanje in kreativnost, saj je osnovna naloga vsake tekmovalne ekipe, da sestavi robota, ki mora popolnoma samostojno opraviti vrsto zapletenih nalog. Tekmovanje predstavlja ne samo izziv v programiranju, ampak tudi preizkus inovativnosti, vztrajnosti in timskega dela.

Tema letošnje Robolige FRI 2024 je še posebej aktualna in pomembna – varstvo okolja. Tekmovalne ekipe bodo morale programirati robota, ki bo prevzel vlogo čistilca plaže. Njegova naloga bo, da v omejenem času pobere smeti s plaže in jih pravilno reciklira. Le tisti roboti, ki bodo nalogo opravili najhitreje in najučinkoviteje, bodo svojim ekipam prinesli zmago.

Ekipa bodo imele na voljo celoten november, da izpopolnijo svoje robote in strategije, saj se bo veliki finale, kjer bodo rezultati njihovega truda prišli do izraza, odvijal v 5.12.2024. Tekmovanje bo poleg adrenalina prineslo tudi bogate izkušnje, priložnost za učenje in seveda zabavo.

Vabljeni, da se udeležite tega vznemirljivega dogodka – bodisi kot tekmovalci bodisi kot gledalci. Roboliga FRI 2024 obljublja, da bo navdušujoč dogodek, ki bo vsem udeležencem še dolgo ostal v spominu!



Utrinke iz hekatona.
Foto: Klub Ada



Utrinke iz hekatona.
Foto: Klub Ada

EESTEC se predstavi

EESTEC (Electrical Engineering Students' European assoCiation) je mednarodna organizacija, ki združuje študente elektrotehnike in računalništva z različnih univerz in institucij. Društvo deluje kot neprofitno in nepolitično združenje, ki spodbuja sodelovanje med študenti, univerzami in industrijo, kar omogoča edinstveno izkušnjo obogatitve znanja in razvoja osebnih veščin. EESTEC je odprt za vse, ki želijo širiti svoja obzorja. Z več kot 80 univerzami in več tisoč študenti, ki so skozi leta organizirali in obiskali številne mednarodne projekte, je EESTEC postal eden glavnih načinov povezovanja študentov po Evropi.

Lokalni komite Ljubljana bo kmalu praznoval 40. obletnico delovanja. Društvo se lahko pohvali z organizacijo raznolikih, lokalnih in mednarodnih, dogodkov, kot so EESTEC JobFair, hackaton EESTech Challenge in EESTEC Olympics, tehnično usmerjene delavnice in delavnice na področju osebnega razvoja/softskill-ov, predavanja in drugo. Ti dogodki ne nudijo le možnosti sodelovanja, ampak tudi priložnost pridobivanja praktičnih izkušenj pri organizaciji manjših ali večjih dogodkov. EESTEC ponuja izjemno priložnost za študente, da se ne samo strokovno, temveč tudi osebnostno razvijejo ter se pridružijo globalni mreži bodočih inženirjev.

Bili smo na MofuConu

NINA PLEVNIK

MofuCon je eden večjih slovenskih »geeky« dogodkov, ki se vsako leto odvijata v sredini decembra. Na dogodku je v ospredju japonska kultura, poudarek pa je na animejih in mangahe. Ob vstopu na dogodek so bile pred nami že prve stojnice, v stavbi X so v vhodnih prostorih prodajali namizne igre. Pot pa smo nadaljevali mimo ostalih stojnic, ki so prodajale mänge, zbirateljske predmete, nakit in vse, kar bi si želeli anime navdušenci. Ker se v zadnjih letih anime širi tudi v gGaming, so bili prostori FKKT namenjeni igranju poznanih iger in VR. Kar pa seveda najbolj ločuje anime od ostale animacije, je njihov izstopajoči artstyle. V prostorih FRI so umetniki postavili stojnice in prodajali natisnjena unikatna likovna dela, nalepke, obeske za ključe in oblačila s potiski. Po urah nakupovanja smo postali lačni, zato so bili prostori menze preoblikovani v food truck s poznanimi korejskimi jedmi. Poleg mnogo stojnic so se v prostorih predavalnic odvijala tudi razna predavanja in tekmovanja. Dogodek pa se je zaključil v glavni predavalnici FRI-ja z rezultati vsakoletnega Cosplay tekmovanja.



Utrinke iz druženja v kranjski gori.
Foto: EESTEC



Utrini iz MofuCona 2023
Foto: Rok Torkar



Utrini iz MofuCona 2023
Foto: Rok Torkar

Dewesoft Measurement Conference 2024: Neprecenljive izkušnje za študente računalništva

TAM JE BIL: MATEJ HANS AHAČIČ

V mesecu aprilu sta profesorja Robert Rozman in Patricio Bulič za študente organizirala udeležbo na Dewesoft Measurement Conference. Dogodek, ki je potekal v Termani Laško in hkrati tudi preko spleta, je bil za nas izjemna priložnost, da iz prve roke spoznamo najnovejše dosežke na področju merilne tehnologije in se povežemo z industrijskimi strokovnjaki.

Konferenca je prinesla bogat program z več kot 40 govorniki, ki so pokrili širok spekter tem. Posebej nas je navdušila predstavitev najnovejših tehnologij na področju senzorike, zajema podatkov in analize signalov. Raziskali smo, kako se napredna programska oprema združuje z vrhunsko strojno opremo, kar omogoča merjenje s hitrostjo in natančnostjo, ki smo si jo prej težko predstavljali.

Med najbolj zanimivimi temami je bila uporaba umetne inteligence in strojnega učenja v merilnih sistemih. Predavatelji so pokazali, kako lahko računalniški algoritmi obdelujejo ogromne količine podatkov v realnem času, kar odpira nove možnosti na področjih, kot sta diagnostika in avtomatizacija.

Konferenca je potekala tri dni, pri čemer je vsak dan prinesel določeno tematiko, ki je poglobljeno obravnavala specifična področja uporabe merilne tehnologije:

Prvi dan je bil posvečen monitoringu. Osredotočali smo se na napredne tehnike spremljanja stanja in vzdrževanja v realnem času, kar je ključnega pomena za industrije, kot so energetika, proizvodnja in infrastruktura. Predavatelji so predstavili primere uporabe senzorjev in merilnih sistemov za spremljanje vibracij, temperature, tlaka in drugih ključnih parametrov, kar omogoča preventivno vzdrževanje in zmanjšanje izpadov.

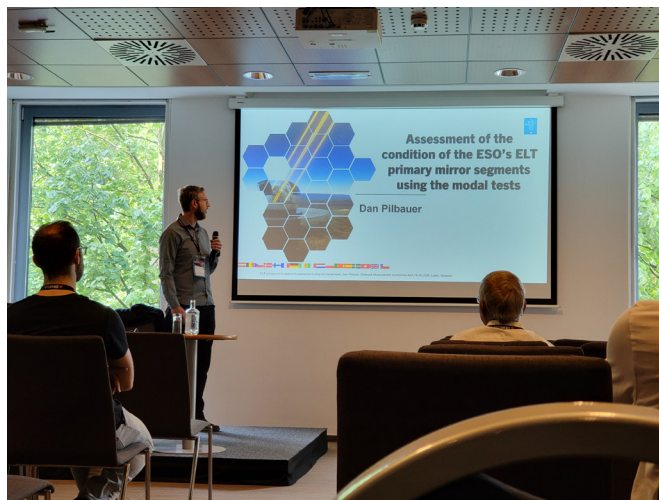
Drugi dan je bil namenjen avtomobilski industriji (automotive). Udeleženci smo se poglobili v rešitve za testiranje vozil, analize zmogljivosti, vzdržljivosti in varnosti. Poseben poudarek je bil na uporabi merilnih sistemov pri razvoju električnih in avtonomnih vozil, kjer smo spoznali, kako merilna tehnologija podpira razvoj novih mobilnostnih rešitev.

Zadnji dan konference je bil osredotočen na področje vesoljske in letalske industrije (aerospace). Raziskali smo, kako se merilna tehnologija uporablja pri razvoju in testiranju vesoljskih plovil in letal. Predstavitve so vključevale primere iz prakse, kjer so natančne me-

ritve igrale ključno vlogo pri zagotavljanju varnosti in zanesljivosti letalskih in vesoljskih sistemov.

Dewesoft Measurement Conference 2024 je bila za nas izjemno poučna in navdihujoča izkušnja. Pridobili smo dragocene vpogled v najnovejše tehnologije in rešitve na področju merilne tehnologije, kar bo nedvomno vplivalo na naše nadaljnje študijsko in poklicno potovanje. Konferenca nam je pokazala, kako pomembno je povezovanje teoretičnega znanja z industrijsko prakso, in nas spodbudila k nadaljnjemu raziskovanju tega zanimivega področja.

Za vse, ki se zanimajo za merilno tehnologijo in računalništvo, je ta konferenca dogodek, ki ga vsekakor ne gre zamuditi tudi v prihodnje.



Fotografija iz konference.
Foto: Matej Hans Ahačič

Pokukali smo čez mejo nevidnega

TAM JE BIL: L.N.

Marsikdo izmed nas je že slišal za »največji geek dogodek leta«, ki pritegne veliko oboževalcev vsega domišljjskega iz cele Slovenije in tudi okoli. Med njimi se najde tudi kar nekaj študentov naše fakultete.

NMN je največja konvencija ljubiteljev fantazije, znanstvene fantastike in namiznih iger v Sloveniji. Dogodek združuje oboževalce različnih medijev, kot so videoigre, filmi, serije, stripi in cosplay. Konvencijo organizira Kulturno umetniško društvo Šmaug, ki jo je prvič priredilo leta 2014. Dogodek se je začel kot odgovor na potrebo po prostoru, kjer bi se lahko ljubitelji teh žanrov srečevali, izmenjevali ideje in uživali v skupnih interesih, od takrat pa je dogodek vsako leto pritegnil vse več obiskovalcev. Letos se je vse odvijalo v galaksiji daleč, daleč proč... v centru Ljubljane na Gospodarskem razstavišču v soboto 25. maja.

Na sami konvenciji je dogajanja ogromno. Udeleženci smo lahko poslušali predavanja o estetiki v videoigrah, spremljali tekmovanje v cosplay-u, poslušali pogovor o ženskah v Zvezdnih stezah ter sodelovali v Tradicionalnem NMN geek kvizu. Poleg vsega dogajanja na odru in v dvoranah smo se sprehajali mimo stojnic s številnimi ustvarjalci nakita, plišastih igračk, kostumov, dodatkov, obeskov in še mnogo mnogo več. V dvorani je dišalo po sveži hrani in pijači ter veliki količini knjig na prodaj, škatel s samimi zanimivimi družabnimi igrami in zapakiranih igračah, ki so jih prispevali sponzorji dogodka.

Seveda pa ni pravega dogodka brez tekmovalnega duha. Spremljali smo tekmovanje v barvanju figuric, dvigovali rekorde v računalniških igrah, lov na zaklad in celo turnirji v družabnih igrah, kot sta Catan in Magic the Gathering. Največji spektakel pa je seveda tekmovanje v cosplay-u, ki se je odvijalo na glavnem odru in so ga spremljali praktično vsi udeleženci in sodelujoči.

Tekmovanje v kostumih se morda sliši smešno a tukaj gre za povsem drug nivo umetnosti. Vsi tekmovalci se morajo strogo držati kriterijev za sodelovanje, izmed vseh pa je najbolj pomemben pogoj, da mora tekmovalec izdelati najmanj 60% svojega kostuma ročno in sam, ves proces pa mora imeti dokumentiran. Kriterij se morda zdi strog a tako lahko organizatorji zagotovijo, da zmaga avtentičen tekmovalec z voljo in veliko truda. Vsi nato predstavijo svoje delo na odru. Že sam nastop je za same ustvarjalce velika nagrada, za večjo motivacijo pa se podeljujejo nagrade sodnikov na štirih področjih: oklep, ličila in SFX, šivanje in novinec, najboljši med vsemi pa ima čast zastopati Slovenijo na mednarodnem tekmovanju International Cosplay Champions. Letos smo med tekmovalci videli kostume veščca Geralta, Katare iz Avatarja, Jett iz videoigre Valorant in Jinx in Morgana iz sestrške igre League of Legends, Loki, Alastor, Pyramid Head in še več! Na koncu je glavno nagrado pobrala Arii (@arii_cosplay) z likom Sister Vanessa iz igre Baldur's Gate 3. Sodniki, ki jih je prepričala s svojim nastopom, so slovenski cosplayerji Dae Cosplay, Klarux Cosplay in Black Tea Cosplay. Tako se Arii lahko udeleži mednarodnega tekmovanja, ki pa je letos potekal kar na samem NMN. Število tekmovalcev je bilo ožje, a nastopi veliko bolj navdušujoči. Sodili so Royal Pain Cosplay, Don Esteban in CaptainGhostly, vsi znani tuji cosplayerji z velikim številom sledilcev na socialnih omrežjih. Letos je zmagala Haylin (@haylin_cosplay) s Slovaške, s kostumom lika Madame Divinite iz serije stripov Lady Mechanika. Kako pa izgleda NMN za obiskovalce, ki so prvič na dogodku? Čeprav nas je kar nekaj že vajenih prostorov Gospodarskega razstavišča je vseeno fantazijsko dogajanje prostoru pričaralo

poseben pridih. Ko se enkrat sprehodimo čez celotno prizorišče imamo hitro idejo, kaj vse se pravzaprav dogaja. Ne smemo se pozabiti spustiti v spodnje nadstropje saj se tam zabava le še stopnjuje. Za maksimalen užitek pa si lahko privoščimo bubble ledeni čaj, kakšno umetniško malenkost, se sprostimo na stoli predavalnic in uživamo v programu.

Organizatorji nam za naslednje leto obljublajo le še nadgradnje in boljše izkušnje. V koledar si označite 24. in 25. maj, vstopnice pa si zagotovite čim prej, saj so se letos prav vse razprodale. Za zlivanje z okolico predlagamo tudi kakšen manjši rekvizit ali kostum, čeprav večina obiskovalcev obleče le svojo najbolj geek majico in se poda na pustolovščino. Se vidimo prihodnjič!



Fotografija iz konference.
Foto: NMN



Fotografija iz konference.
Foto: NMN

LIFFE 2023 ali kam peljati svojo mamo, da ne gleda samo Planeta Eva

TAM JE BIL: TONI KLOBASA

Liffe oz. Ljubljanski internacionalni filmski festival E? je najverjetneje naš največji filmski festival in tega ti vsekakor ne pusti pozabiti z veliko sponzorji, gromozanskim programom (88 filmov in trije sklopi kratkih iz 47 držav), videom na zahtevo in nešteti prizorišči po Sloveniji. Tako je, dragi in drage dnevne/tedenske imigrantke, tudi doma si boste lahko ogledali košček magije. Čeprav se večino filmov predvaja, kot ime pove, v Ljubljani, saj ima festival sedež v Cankarjevem domu, najuspešnejši gostujejo tudi v Mariboru, Celju in Novem mestu. Izbor je po pravici povedano skoraj prevelik, vsako leto mi namreč sivijo lasje ob listanju dolgega kataloga, polnega sočnih avdiovizualnih dobrot z vsega sveta, v vseh žanrih in motivikah. Vedno razmišljam, kako bom za optimalno kulturno udejstvovanje gledal dva tedna po tri filme na dan, morda celo spustil kako predavanje, na koncu pa itak nimam denarja, za špricanje pa sem bolj strahopeten, zato sem primoran pogledati okoli tri do pet filmov kot normalna oseba.

Pri tem ste verjetno uganili, da festival nima študentskih popustov, Cankarjev dom je namreč alergičen na vsakršne popuste, statuse in seveda novinarske prepustnice. Ker sem pa lani pridno napisal že en prispevek za njih, so mi izkašljali tri karte za poljubne projekcije. Vedo, da bom rade volje plačal za še več filmov kot neki hlapec, kar sem tudi storil, še prijatelje sem vabil s seboj, tako da še vedno nisem zmagal. Festival je letos nabral več kot 37.000 obiskovalcev, torej so se praktično cele Domžale in še kaka bližnja vas stisnile v 296 projekcij. In to upravičeno, saj ima festival ogromen nabor filmov vseh vrst, ki so bili za povrh še prvič in zadnjič v slovenski kinodvorani, nekateri celo z ekskluzivnimi pogovori z ustvarjalci. Vem, precej kontraproduktivno je, da vam to zdaj mečem v obraz, a nič se ne bojte, veliko se jih tudi vrne. Nešteto jih služi kot predpremiere za program Kinodvora (npr. Nesrečna bitja, Varuhi formule, Priscilla idr.) ali pa se čez nekaj tednov znajdejo na Voyotu.

Na Liffe hodim že od okoli 9. leta, spomnim se, ko so bili sponzorji še taki radodarni, luksuzni. Pil sem svoj zastoj Sola ledeni čaj, posedal na nekih abstraktnih dizajnerskih foteljih v obliki jabolk in igral Plants vs. Zombies 2 na razstavljenih iPadih. Potem me je mami peljala gledat neke depresivne skandinavske mladinske filme o tem, kako kakšen zakompleksan mulec ukrade Snickers, ker se starša ločujeta ali kajvemkaj. Moja mami vsekakor ne gleda Planeta Eva. Za to sem ji hvaležen, ker sem od takrat naprej imel res rad Liffe. Sprva bolj zaradi te Sole, ne bom lagal, ampak kasneje tudi zaradi filmov, tudi zato, ker sponzorji niso več tako napihnjeni. Letos sem lahko le grickal potolčeno jabolko na navadni klopi, Plants vs. Zombies pa sem si moral kar sam prinesiti. Odraščal sem kot otrok Kinobalona, pretenciozen mali prdec torej, zato stvar vidim kot nekakšen Kinodvor premium. Če so ti vseh filmi iz tam, ti bo Liffe še bolj všeč. Ne morem točno označiti kaj, ampak nekaj jim da ta nek prijetno pretenciozen žmoht, četudi so si različni med seboj. So osvežilen premor od prenasitenosti hollywoodskih filmov. Tukaj gre za jagodni izbor filmskega sveta, ki za razliko od oskarjev ni

patološko ameriko-filen. V izboru so sicer tudi nominiranci in prejemniki oskarjev ter najnovejši filmi najslavnejših imen v filmskem svetu (npr. Pedro Almodovar in njegov Čuden način življenja). Take stvari, zaradi katerih boš lahko ljudem rekel, ne le da rad gledaš filme, ampak da si čisto pravi cinefil s svojo baretko, črnim puljem in napihnjenim egom.

Nabor je bil kot vedno zanimiv, včasih naletim na bolj dolgočasne, letos pa je bilo vseeno malo bolje. Če ste se spraševali, kateri božji služabnik mi je v uho prišepetal naslov prispevka, morate samo pogledati program festivala. Veliko je namreč nekih pogovornih dram, takih s temnejšo osvetljavo in kuhinjskimi mizami naravnost iz Ikea salona. Novih Avengersov, če so ti še tako briljantni, pač ne bo. Festivalu vladajo srednjeletne mamice. Veliko je o porokah, razočaranih gospodinjah, zakompleksanih najstnikov, aristokratih, aferah, ekonomskih stiskah kot sredin filmski večer na SLO1. Kot nalašč za srednjeletne mamice. Peljite svojo kdaj na kakšen film. Zelo odmeven je bil film Priscilla režiserke Sofie Coppole in priznane studia A24, biografija odmevne Priscille Presley. Že ime vam pove, kateri znani deset let starejši pevec jo je že pri 14-ih začel nadlegovati in drogirati. Najde se tudi kakšna briljantna homoerotika, vojni film, triler, komedija, bogat je tudi otroški in mladinski program. Letos so posneli že drugi film po Francevih zgodbah, po knjigah avstrijske avtorice Christine Nöstlinger, ki so jih mulci včasih nosili na bralno značko. Slovenci smo izkašljali tri filme, a le kot koprodukcije, in sicer Varuhi formule v režiji Dragana Bjelogrića, Niti besede v režiji Hanne Slak, kjer nastopi tudi naš Marko Mandić, in Opazovanje v režiji Janeza Burgerja. Slednji je edini film na programu s slovenskim režiserjem, kjer govorijo v slovenskem jeziku. O skromnosti slovenske filmske industrije bomo kdaj drugič. Zdaj, ko pa tole pišem, sem pa opazil, da sem šel gledat le zgodovinske drame in kratke filme, zato vam znam več povedati o tem.

Prvi film, ki me je pritegnil, je italijanski Ugrabljen režiserja Marca Bellocchia. Pripoveduje o ugrabitvah in pregonu judovskih družin v 19. stoletju pod katoliško vladavo papeža Pija IX. Sedemletnega Edgarda je leta 1851 služkinja kot dojenčka na skrivaj krščansko krstila, kar je dalo katoliški cerkvi pravico, da otroka vzame in prevzgoji. Premisa je zelo zanimiva, a sem od filma pričakoval malo več. Seveda to ne pomeni, da sem upal na srečen konec, saj ga tudi v resničnih primerih ni bilo. Otrok se mi je zdel precej nerealističen, kakšen sedemletnik bi tako hladno sprejel, da so ga vzeli staršem in sorojencem ter ga nasilno zbasali v nek dolgočasen internat. Tega sploh ni kaj prida brigalo, da bo za vedno ostal ločen od družine, da ga neki duhovniki in papež vlačijo po rokah. Če je imel kakšen intenziven psihološki boj, to vsekakor ni bilo dobro prikazano. Potem so še vključili takratni politični nemir v Rimu in se je poanta reševanja dečka itak izgubila.

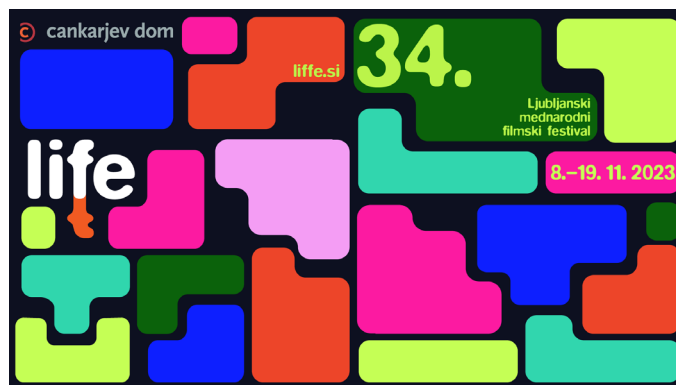
Bolj odmeven je britansko-poljsko-ameriški film v nemškem jeziku *Interesno območje* režiserja Johnathana Glazerja, ki je bil zelo uspešen na oskarjih z nominacijami za najboljšega režiserja, najboljšo sliko in najboljšo adaptacijo scenarija. Odnesele je pa dva oskarja, in sicer za zvok in za najboljši tuji film. Pobral je tudi nešteto drugih nagrad in nominacij po vsem svetu, kot recimo Cannes, British Academy Awards, Golden Globes idr. Film je še ena pripoved o grozotah druge svetovne vojne, tokrat skozi novo, nekoliko tišjo perspektivo. Spremlja družino Rudolfa Hössa, komandanta uničevalnega taborišča Auschwitz, ki živi idilično življenje v podeželski hišici z ljubkim vrtom, bazenom, služkinjami in psom tik zraven taborišča. Ponuja močen kontrast k mučnemu življenju taboriščnikov, saj je v sončnih poletnih dneh Rudolf tik čez ograjo lahko užival v veslanju, vrtnarjenju, kofetkanju, plavanju po poštem trdem delu pretepanja in ubijanja zapornikov. Ob zalivanju pisanih rožic si imel še odličnega razgled na velik oblak črnega dima, ki se je valil iz neslavnega dimnika. Slišal si krike pretepenih, mučenih, ubitih, a če si se le obrnil stran, si slišal ptičje petje ali pa glasbo na gramofonu. Film je za mnoge, tudi zame, precej počasen, predvsem so prizori iz vsakdanjega življenja Hössevih otrok in žene Hedwig. Zelo malo zgodbe temelji na pogovorih, saj je vse razkrito v tišinah in dejanjih. Odlično portretira namerno ignoranco in molk nemškega ljudstva v času holokavsta, saj so vsi vedeli, kam peljejo vlaki in da je gost dim nekoč bil nedolžen človek, a je bilo bolj optimalno, bolj udobno ostati tiho in uživati na drugi strani ograje. Ti, dragi gledalec, pa se naslajaš ob pisnem vrtu in starinskem pohištvu, čeprav dobro veš, kaj leži za tem vrtom.

Najbolj všeč mi je bil film *Varuhi formule*, ki je posnet po resnični zgodbi. Take imam rad, četudi je pol tega napihnjeno ali izmišljeno, doda stopnjo imerzivnosti. Poleg tega pa ti ponudi dodatek, tiste slike resničnih oseb, ki jih pokažejo na koncu in njihove resnične usode. In še naslednjih pet minut, ko guglaš, kaj od filma se je res zgodilo. Opisuje mnogo premalo znano zgodbo o skrivnem jugoslovanskem nuklearnem reaktorju, ki ga je pod ukazom vlade upravljal inštitut Vinča v Beogradu. V vrtincu hladne vojne med Sovjeti in Američani so poskušali razviti lastno nuklearno orožje pod vodstvom direktorja Pavleta Savića. Oktobra leta 1958 se je eksperiment ponesrečil, pri čemer je šest ljudi, večinoma so to bili študenti, stari med 24 in 26 let, ki so prejeli nevarne količine sevanja. Savić jim je priskrbel zdravljenje v Parizu v inštitutu Curie, kjer jih je zdravil onkolog Georges Mathé, ki do takrat še nikoli ni našel uspešnega zdravila za tako hudo sevanje ali uspešno presajal kostni mozeg darovalca, ki ni v sorodu s pacientom. Tako intenzivnega filma nisem gledal že kar nekaj časa, konca pa vam zanalašč ne bom razkril, če zgodbe in filma ne poznate, saj je res vreden ogleda. Ne gre le za iskanje zdravila, gre za politični aspekt skrivnih nuklearnih orožij, gre za boje krivde in morale, optimistični duh mladih raziskovalcev in predvsem o človeški empatiji. Zanimiva je bila dinamika med Marhtéjem in vodjo projekta prof. Dragoslavom Popovićem, ki je bil eden od prizadetih. Šlo je za kontrast med ideali, med znanstvenikom, ki je pripravljen tvegati življenja za izum močnejšega orožja, in med tem, ki je pripravljen tvegati življenja za izum močnejšega zdravila. Ne vem, kdaj me je nazadnje film držal dobesedno na robu stola, z nohti zaritimi v njegov žamet. K temu je prispevala tudi odlična igra z mešanim ansamblom francoskih in srbskih igralcev, za manjšo vlogo pa so uvozili tudi slovenskega, in sicer Jurija Drevenška. Naša vloga v filmu je bolj majhna, prispevali smo nekaj prizorišč, igralcev in ekipe iz produkcijske hiše Perfo Slovenija, a to tudi nekaj šteje.

Vsako leto je tudi nabor evropskih kratkih filmov, letos jih je bilo štirinajst, porazdeljeni so bili v tri sklope. Obožujem kratke filme. Ne, ker imam scvrte možgane, ampak zaradi njihovega drugačnega delovanja. Ker ni veliko časa, mora biti vse povedano tukaj in zdaj. To ustvari filme, ki imajo močen udarec ali pa lahkotnejše zgodbe. Pustijo te z eno samo mislijo, vtisom ali podobo, ki jo lahko poza- biš, lahko pa vpliva nate prav tako močno kot celovečerci. Priznam, prvi sklop sem zamudil, tam smo imeli enega od dveh slovenskih filmov, in sicer Kako sem se naučila obešati perilo režiserke Barbare Zemljič. Za ostala dva pa sem kot vedno povabil svojo predrago

na projekcije, kjer sva lahko razvrstila, kateri je bil najboljši, kateri zanič in vzdihovala ob tem, kakšna nakladancija so te predgovori in pogovori. Filmarji so bolj introvertirana sorta kot gledališčniki, odrske prezence ne rabijo, ker se z odri ne ukvarjajo. Vedno pa vztrajajo pri tem, da povabijo nekaj sramežljivih revežev pred platno, da se v zadregi smehljajo in zjecljajo, da so ideje dobili enkrat na avtobusu in da je bilo snemanje stresno. Mučenje za obe partiji. V tretjem sklopu sem videl drugi slovenski film, Škatla Matjaža Pavkoviča, ki je stare filmske trakove svojega pokojnega očeta spremenil v ganljivo zgodbo o svoji družini z obilico jugonostalgije. Sam zase je bil prikupen, a skoraj identičen filmu iz drugega sklopa, Vmesni seštevki iranskega režiserja Mohammadreze Farzada, sicer verjetno nenamerno. Videli sem nekaj socialnih dram, avtobiografskih zgodb, tu pa tam tudi kaj nadrealizma. Če bi hotel pikolovsko secirati vsakega, bi bil članek predolg.

Kot ste prebrali, je tu marsikaj za odkriti, naslednje leto bo nova kopica filmov, nova potolčena jabolka, nove drame za tvojo mamo. Videli sem mnogo znanega, veliko zgodb za srednjeletne gospodinjne in tudi marsikaj novega, ko se nabor filmov iz novih držav le še širi. Vesel sem, da imam vsaj enkrat na leto prostor, kjer si lahko ogledam filme iz držav, na katere morda ne bi pomislil, in izvem nekaj o zgodovini, za katero morda ne bi izvedel. Liffe je prostor za razširjanje mojih obzorij.



Fotografija iz filma *Varuhi formule*

Animateka 2023 ali hipsterizacija shitposta

TAM JE BIL: TONI KLOBASA

Animateka, kot morda bralci prejšnje številke že veste, je mednarodni festival animiranega filma. To obsega vse, kar si lahko predstavljate pod pojmom 'animirani film' in še nekaj dodatnih abstraktnih definicij. Od otroških do odraslih, vseh dimenzij, iz gline, papirja, plastike, temper, krede in pa seveda dobrih starih RGB pikslov. Pomembno je samo, da se premika. Letošnje leto festival praznuje že kar dvajseto obletnico! Pri teh letih bi lahko odpotoval na Japonsko in tam spil eno pivo, pa je raje ostal tam, kjer se vedno odvija, in sicer v ljubljanskem Kinodvoru.

Kot vedno je bilo vzdušje zelo živahno, opazil sem celo, da je festival mnogo bolj obiskan. Na skoraj vsaki projekciji tekmovalnega programa so bile dolge vrste in vstopnice je bila kar težko dobiti. Sam festivalski program se ni bistveno spremenil, izjema je bila odstranitev nočnega programa WTF, ki mi je bil izredno pri srcu. Po pravici povedano globoko žalujem zanj. Kot naslov tega članka pove, je posebnost Animateke ravno v teh nenavadnih filmčkih, ki gledalca, kot sem jaz, spominjajo na tiste čudne 3D animacije v zlatih časih memov na YouTubeu tam med 2012 in 2017, ki so v svoji večplastni ironiji postale popolnoma abstraktne in groteskne. WTF je s svojimi lanskimi izbori to opravil izvrstno s primeri, kot je The sunset special Nicholasa Gebbeja. Po enem ali dveh jointih s prijatelji so tovrstne animacije dobro dele. Letos je bil nočni program Creepy animation night, prav tako je potekal v dveh delih. Bil je drugačen, a prav tako precej kvaliteten, vseboval je tudi videospot Flying lotus – Ready err not (2014) Davida Firtha, legendarnega ustvarjalca groteskni animacij na YouTubeu. Nenavadna krvava kolažna animacija je polna črevesja, ščurkov in izmaličenih obrazov, še meni je bila precej srhljiva, čeprav sem že dolgoletni oboževalec Firtha. Velik aspekt grozljivk in človeškega strahu je ta siva cona normalnosti (ang. „uncanny valley“), strah pred ljudmi ali obrazi, ki so videti človeški, a nekaj na njih preprosto ni prav. Veliko animacij tudi s Firthovo je ta strah briljantno izrabilo v zasnovi likov in njihovega gibanja.

Včasih pa se je to zgodilo popolnoma nenamerno. Že naslovne slike so me napravile tako neudobnega, da letos prvič nisem kupil nobene majice. Lahko pa se pohvalim, da sem na nagradnem metu starih majic eno ujel, sosednjemu gledalcu sem jo vzel pred nosom. Prav nič mi ni žal, v njej zdaj še slajše spim ponoči. Letos je bil spremljevalni segment Animateke posvečen kolažni animaciji s šestimi projekcijami. Če smem biti za trenutek nestrokovno, vam povem, da so mi te stvari noro srhljive. Ne prenesem jih. Nikakor to ne pomeni, da ne cenim umetniške vrednosti kolaža, sploh ne, le jaz se jim raje izogibam. Grobo gibanje, narisani obrazi prepleteni z očmi iz revij, mehanično odpiranje ust, vse me spomni na usodni dan, ko je mama prinesla domov slikanico Marina Marina ilustratorke Ane Šalamun, ki je polna takih kolažev. Tista peščica nesrečnežev, ki je to knjigo dejansko imela, ve, kaj mislim, kdor pa ne, naj uživa v tem privilegiju. Podoben učinek so dosegle animacije, kot je Electra (2023) režiserke Darie Kascheeve, ki je animirala žive igralce in lutke s stop-motion tehniko. To je dalo igralcem zanimivo nefluidno gibanje, ki je podobno animacijam z glino. Sama vsebina ni bila preveč posebna, še ena ustvarjalčeva izpoved o slabih odnosih z očetom, kaj pa drugega, a je barvita in nadrealistična motivika to

zgodbo naredila veliko bolj zanimivo ter je ponudila nov pogled na staro temo.

Še ena srhljivo nenavadna animacijska tehnika je bila uporabljena v slovaško-madžarskem celovečercu Belo plastično nebo (2023) Sarolte Szaba in Tiborja Bánóczkija. Animateka je letos gostila kar sedem celovečercov, od tega so bili le trije otroški. Ostali s celovečercem Belo plastično nebo uporabljajo obliko rotoskopne animacije, tj. animacije, sestavljene iz resničnih posnetkov, čez katere zarišejo animirane junake. To da likom hiperrealistične proporcije in gibanja, ki so včasih celo preveč fluidni in nerodno organski. Animirani dokumentarec Kako sem preživel filmski festival v Pjongjangu 3D (2023) režiserja Martina H. Schmitta to še bolj poenostavi, saj so slike v veliki večini le AI slike in videji z dodanim filtrom, ki jim da videz risbe. To je precej podobno rotoskopiranju, a enostavnejše, še bolj pa je podobno objavi na Snapchatu. Stvar pa popestri z rabo stereoskopske animacije, projekcijo dveh ločenih slik, ki očesu da iluzijo 3D posnetka. Film Slepá vrba, speča ženska režiserja Pierra Földesa (po zgodbah slavnega Harukija Murakamija) rotoskop uporablja v kombinaciji z drugimi disciplinami, kar deluje še najmanj srhljivo, ker imajo obrazi svoj unikaten, veliko bolj 'risankast' videz. Glede na to, da je bil ta film vrhunec nabora celovečercov, predvsem zaradi znane knjižne predloge, si ga zaradi pomanjkanja kart na žalost nisem uspel ogledati, tako da ne mislim pametovati več, kot sem že.

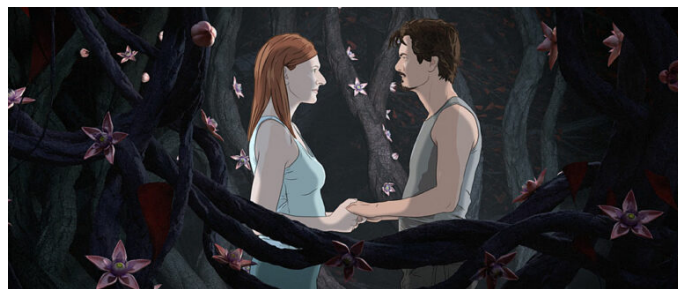
Belo plastično nebo pa si prav tako zasluži mesto kot bolj izpostavljen film letošnjega festivala. Njegova raba rotoskopa je bolj očitna, a je zelo primerna glede na svojo tematiko. Gre za post-apokaliptičen sci-fi film (vem, veliko pomišljajev terja), ki raziskuje še en nov način, kako se bo človeštvo lahko še zraslo z naraščajočim globalnim segrevanjem. V tem svetu, v Budimpešti leta 2123, ni več naravnih rastlin in živali, so le ljudje, ki se skrivajo v svojih steklenih kupolah. Znanstveniki z novo tehnologijo lahko proizvajajo umetna drevesa iz človeških teles, kar je edini vir kisika, zato vsakega državljana po 50. letu za nova drevesa prisilno odvzame država. V sistemu se znajde psihiater Stefan, katerega žena Nora poskuša svoje telo darovati predčasno. A film je veliko več kot le boj proti sistemu, raziskuje vprašanja o psiholoških aspektih takšnega življenja in drugih eksistencialnih vprašanjih v svetu, kjer je cel tvoj svet skoncentriran v le eno mesto. Film je z napeto zgodbo in fantastično zasnovano sveta v zgodbi osvojil več mednarodnih nagrad, tudi Annie nominacijo za najboljši celovečerec. Če se vrnemo na njegov rotoskop, slog v tem filmu pripomore k imerzivnosti filma, saj je vse do pike tako realistično narisano in zasnovano, da skorajda živiš v tem svetu za te slabi dve uri. Skoraj vidiš, da dokler bo Taylor Swift za vsak prdec hodila z letalom, dokler bo Nestlé svetovni superzlikovec, dokler osebno ne pojem Jeffa Bezosa v poprovi omaki, bo v prihodnosti tak svet lahko resničen, to te pa seveda napolni z eksistencialno grozo. Skratka, ta film je s svojo umetniško vrednostjo in aktualnostjo definitivno eden od filmov, ki si jih bom od festivala najbolj zapomnil.

Za konec pa moram seveda poročati o zmagovalcih, na to ste seveda čakali, dragi bralci, zakaj bi pa drugače sicer brali ta članek. Najlažje je biti dober selektor in žirija z domače zofe, v tem neizmerno uživam. Letos sem bil presenečen, saj sem od znanca iz ALUO izvedel, da festival vseeno ne sprejmejo vsake prijavljene animacije, čeprav se je lani res tako zdelo. Srčno upam, da to ne velja samo zanj. Na celotni črti se mi zdi, da se je videni izbor izboljšal, zlasti pri tekmovalnem izboru. Kakšna dolgočasnost pa je vseeno priplavala do vrha. Veliko nagrado mednarodne žirije in s tem kar 1000 evrov je pobrala Poljakinja Marta Magnuska s filmom (2022). Sprva sem mislil, da filma sploh gledal nisem, ko pa sem ga poiskal na spletu, sem videl, da sem ga zgolj pozabil takoj, ko se je odstranil s platna, in to pove dovolj. Ena od utemeljitev je navedla 'svobodna izraba belega platna', kot da ne počne to vsak tretji film na festivalu. Kaj pa vem, nisem profesionallec, morda pa so videli nekaj na tem, kar jaz nisem, a tudi tako ni najbolje. Če bi bil res tako zelo dober, bi to videl vsak, mar ne? Bolj je izstopal film, ki je prejel nagrado občinstva, ki si ga lahko v celoti ogledate na YouTubeu. Gre za ameriški film studia Total Refusal *Hardly working* (2022), ki nas vrne na tematiko shitposta v visoki umetnosti. Težko bi sicer rekel, da je 'originalna animacija', saj ustvarjalci filma niso animatorji. Gre za posnetke popularne igre *Red dead redemption 2*. Prav ste prebrali, dragi bralci, mastnega jurja so podelili nekim tipom, ki so oddali animacijo nekoga drugega in to točno tako, kot da je neka Garry's mod funny moments compilation fora, ki si jo gledal kot mulec. Koncept pa je v bistvu precej zanimiv. Kot ime pove, gre za film o tem, kako nas pozni kapitalizem izkorišča. Snemali so namreč NPC-je (tj. vsi tiste možgansko mrtve figure, ki rade štekajo) v igri, ki so po večini ves dan delali repetitivne dejavnosti, kot so pomivanje istih par desk na palubi več ur, pranje iste košare perila ipd. Ko pa noč pade, so mnogi celo noč srkali eno samo pivo v taverni ali pa zgolj postopali na ulici. Ves dan in vso noč, eno in isto, malo kot mi. Film je torej skozi ta nenavaden format prikazal pomembno sporočilo, še eno zrcalo temu, kako bedne in uničujoče so družbene razmere zadnje čase. Priporočam ogled, najprej se zdi precej smešno, ko pa spoznaš, o čem se film gre, te pa kar malo zamori.

Letošnji festival je bil torej precej pester, raznolik in zanimiv. Sam se vsako leto naučim nekaj novega o svetu animacij, kaj se sploh kvalificira za animacijo, kaj vse se da animirati in seveda kot pri vsakem filmskem festivalu, kako bedna je družba. Malo manj pa je bedna, ko si lahko o tem vsaj pogledaš dober film. Toplo, celo vroče priporočam, da se mi naslednji november pridružite, če vam seveda sploh uspe najti mojo malenkost v nabiti avli. Če vas sploh briga... *zardi in pogleda stran, ženstveno zamijavka*. Zagotovo boste našli nekaj, kar vam bo všeč in vse, kar vam je še lahko.



Fotografija iz filma *Hardly working*



Fotografija iz filma *Belo plastično nebo*



Fotografija iz filma *Kako sem preživel filmski festival v Pjongjangu 3D*

