

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 3094

**Implementacija igre za
uvježbavanje kibernetičkog
ratovanja na strateškoj razini**

Stjepan Marjanović

Zagreb, veljača 2023.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Opis igre	3
2.1. Entiteti	3
2.1.1. Ruska strana	4
2.1.2. Britanska strana	5
2.2. Akcije	6
2.3. Događaji	9
2.4. Sredstva	9
2.5. Crno tržište	10
2.6. Kraj igre	11
3. Opis implementacije	12
3.1. Pokretanje aplikacije	12
3.2. Tehnologije	14
3.3. Postavljanje razvojne okoline	15
3.4. Pregled koda na visokoj razini	15
3.5. Poboľšanja i upute za daljnji razvoj	17
3.6. Pregled izvornog koda	18
4. Rezultati igranja	20
4.1. Iskustva testnih igrača	20
4.2. Analiza primjera igre	21
4.3. Usporedba digitalne verzije i igre na ploči	24
5. Zaključak	25
Literatura	26

1. Uvod

Kibernetička sigurnost domena je koja pridobiva sve više na važnosti. Sve veći dio ljudskog djelovanja ovisan je o tehnologiji i povezanosti s Internetom. Kibernetički napadi stoga porasli su u broju i opasnosti koju predstavljaju jer mogu učiniti više štete nego ikad prije. Najveća slabost u obrani od kibernetičkih napada često nije tehničke prirode. Često su to ljudi koji nisu dovoljno upoznati sa svojom ulogom u kibernetičkoj sigurnosti te ne pridaju dovoljnu važnost izbjegavanju rizičnih ponašanja. Kako bi se smanjila ova ranjivost, potrebno ih je upoznati s opasnosti koju takvo ponašanje predstavlja.

Postoji nekoliko edukacijskih metoda kojima se pokušava poboljšati poznavanje rizika u ovom području. Jedna od njih su kibernetičke vježbe, često u obliku igre. Cilj takvih igara je upoznati igrače s raznim opasnostima i načinima djelovanja malicioznih aktera. Primjer takve igre na strateškoj razini, s temom međudržavnih kibernetičkih napada, osmislio je Andreas Haggman u svojoj doktorskoj disertaciji (14). U istome radu argumentirao je da igra na stvarnoj ploči ima značajne prednosti nad računalnom implementacijom te iste igre. Primjerice, autor smatra da se prepuštanjem računalu da provodi mnoge mehanike bez uvida igrača otežava razumijevanje tih mehanika. Implementacija ove igre na ploči u digitalnom obliku pogodnom za igru preko mreže tema je ovog diplomskog rada. Kod diplomskog zadatka dostupan je na stranici GitHub (12).

Diplomski rad podijeljen je na tri poglavlja. U prvome poglavlju nalaze se opis pravila igre, opis tematike inspirirane stvarnim svijetom, te opis različitih mehanika koje se pojavljuju u igri.

Drugo poglavlje sadrži upute za korištenje aplikacije i opis implementacije koja je napravljena u sklopu ovog rada. Opis uključuje objašnjenje i obrazloženje korištenja raznih tehnologija, kratak opis osnovnih putova podataka kroz aplikaciju te potencijalna poboljšanja u daljnjem razvoju ove aplikacije.

Treće poglavlje bavi se analizom primjera odigranih igara koje je igralo nekoliko testnih igrača i analizu jedne odigrane igre. Uključuje i opažanje uzoraka koji su se

ponavljali, kao i nekoliko primjedbi s ciljem poboljšanja iskustva igranja te korištenja postojećih mehanika.

2. Opis igre

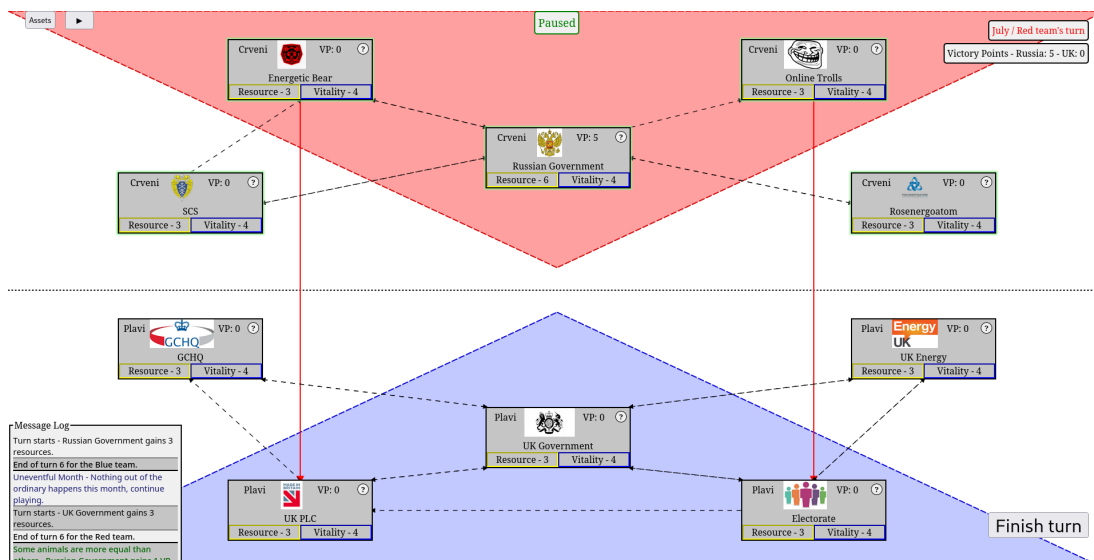
Igra se bavi fiktivnim kibernetičkim sukobom između dvije države, Ruske Federacije i Ujedinjenog Kraljevstva. Obje strane podijeljene su na pet dijelova društva (entiteta), svaki sa svojim ciljevima, te resursima i vitalnosti koji su predstavljeni u numeričkom obliku. Resursi predstavljaju novac i slične financijske instrumente koje pojedini entitet kao zajednica posjeduje. Svaki entitet može imati neograničen broj resursa, a igru počinje s 3 resursa. Vitalnost može imati različita značenja ovisno o kojem dijelu društva je riječ. Tako vitalnost u isto vrijeme označava blagostanje, sigurnost, financijsku stabilnost, kao i produktivnost i društvenu koheziju. Iznos vitalnosti svih entiteta također je neograničen, a početni iznos je 4. Svaku stranu igra jedan tim koji dijeli kontrolu nad entitetima te strane među svojim igračima. Tim se može sastojati od 1-5 igrača. Kako bi igra započela, jedan igrač mora u aplikaciji stvoriti novu igru te složiti sastav oba tima.

Igra se igra u krugovima. U svakom krugu prvo igra ruski tim, a potom britanski tim. Svaki puni krug predstavlja jedan mjesec. Igra traje 12 krugova, koji zajedno predstavljaju jednu godinu, tijekom kojih svaki tim odigra po 12 poteza. Igra može završiti i ranije ako se vitalnost nekog entiteta smanji na nulu. Svaka strana ima načine za osvajanje bodova (engl. *Victory Points*). Cilj igre je osvojiti više bodova od protivnika. Igrači imaju 3 minute za potez, a osoba koja je napravila igru može pauzirati vrijeme.

2.1. Entiteti

Prikaz ploče koji se nalazi na slici 2.1 sadrži rusku stranu na gornjoj, a britansku stranu na donjoj polovici. Povezanost među entitetima iste strane prikazana je crnim, isprekidanim strjelicama, dok su crvenim, punim strjelicama prikazani smjerovi napada. Primjerice, *Energetic Bear* može slati resurse ruskoj vladi, a primiti ih može od ruske vlade ili SCS-a. Entiteti *Energetic Bear* i *Online Trolls* mogu napadati britanske entitete UK PLC i izbornu tijelo.

Obje strane imaju slične kategorije entiteta, ali s bitnim razlikama, što dovodi do



Slika 2.1: Računalni prikaz ploče za igru

asimetrične igre. Primjer kategorija koje obje strane dijele su vlada, sigurnosna služba, energetska infrastruktura te industrija. Preostali entitet na obje strane originalno je predstavljao narod, ali je izmijenjen na ruskoj strani u entitet *Online Trolls*.

Glavna razlika između dvaju strana je što Ruska Federacija nakon prvog poteza ima otvorena dva pravca za napad na entitete britanske strane, što ih navodi na agresivniji način igre. Mogućnost napada dana je tek nakon prvog poteza kako bi se britanskoj strani dalo nešto vremena za pripremu. Napadi omogućuju nanošenje štete drugoj strani smanjivanjem vitalnosti napadnutih entiteta te su glavni oblik interakcije između dvije strane.

S druge strane, Ujedinjeno Kraljevstvo ima bolju povezanost među entitetima što omogućuje bolji protok resursa tamo gdje će biti najkorisniji. Uz nedostatak opcija za napad na početku igre, ovo ih čini stranom koja se više bavi obranom i jačanjem svojih entiteta. Tijekom igre moguće je steći sredstva koja otvaraju opcije za napad, što će biti bolje objašnjeno u poglavlju o sredstvima.

2.1.1. Ruska strana

Ruska strana sastoji se od ruske vlade, *Online Trolls*, grupe *Energetic Bear*, vladine organizacije Special Communications Service (SCS), te energetske industrije koju predstavlja tvrtka Rosenergoatom.

Ruska vlada na početku svog poteza dobiva tri resursa koje može podijeliti ostalim entitetima. S druge strane, ta povezanost znači da će polovica sve štete koju zadobiju drugi entiteti pogoditi vladu, budući da se nanošenjem štete polovica nje nanosi svim

povezanim entitetima. Uz to, u slučaju da Ujedinjeno Kraljevstvo otvori smjer za napad s britanske vlade na rusku korištenjem odgovarajućeg sredstva, ova povezanost može značiti puno štete raširene preko svih ruskih entiteta. Na kraju svakog svog poteza koji ruska vlada završi s 3 ili više resursa dobiva jedan bod, a pri svakom napadu *Online Trolls* gubi jedan bod ako je u napad uloženo 3-4 resursa i dva boda ako je uloženo 5-6 resursa.

Online Trolls predstavljaju tijelo koje širi dezinformacije i propagandu kojom se cilja britansko izborno tijelo. Ovaj entitet igru započinje s otvorenim napadačkim pravcem na entitet koji predstavlja britansko izborno tijelo. Osim toga, ako ruska strana posjeduje *Ransomware* i iskoristi ga pri napadu u koji je ovaj entitet uložio barem 3 resursa, za to će osvojiti 4 boda.

Energetic Bear je ime za jednu od grupa koje se bave industrijskom špijunažom. Ona u ovom scenariju iskorištava britansku industriju kako bi osnažila i obogatila rusku industriju, te stoga ima otvoren napadački smjer na UK PLC koji predstavlja britansku industriju. *Energetic Bear* za cilj ima podizati vlastitu vitalnost te na osnovi toga može osvojiti bodove svaka četiri mjeseca ako je uspješno pojačao svoju vitalnost. Ako ovaj entitet ima veću vitalnost na kraju travnja nego na početku igre dobit će 1 bod, ako u kolovozu ima više nego u travnju dobit će 3 boda, a ako na kraju igre ima više nego u kolovozu dobit će još 5 bodova.

Special Communications Service (SCS) je naziv ruske državne službe koja se bavi informacijskom sigurnošću i kriptografijom. Cilj ove agencije je ostvariti nadmoć nad suparnicima u kibernetičkim sposobnostima te stoga dobiva 2 boda svaki mjesec u kojem Rusija ima više napadačkih sredstava nego što Ujedinjeno Kraljevstvo ima obrambenih. Više o razlici između ove dvije vrste sredstava nalazi se u poglavlju o sredstvima.

Rosenergoatom predstavlja dio ruske energetske industrije zasnovan na nuklearnim elektranama. Ovo je ključni dio infrastrukture, tako da mu se treba osigurati opstanak i širenje. U igri ovo je predstavljeno vitalnošću Rosenergoatoma. Za svaki kvartal u kojem mu je vitalnost narasla u odnosu na prošli, Rosenergoatom dobije jedan bod i dodatna 2 boda za svaki kvartal u nizu u kojem je ostvaren rast.

2.1.2. Britanska strana

Britanska strana sastoji se od britanske vlade, izbornog tijela, UK PLC odnosno predstavnika britanske industrije i poslovanja, GCHQ koji predstavljaju britansku vojsku i obavještajnu službu, te energetske industriju pod imenom UK Energy.

Britanska vlada, slično ruskoj, također dobiva tri resursa na početku svakog poteza, i također je povezana sa svim ostalim entitetima. U tijeku igre postoji mogućnost da Ujedinjeno Kraljevstvo otvori napadački smjer od britanske vlade na rusku, što bi predstavljalo britansku međunarodnu diplomatsku i ekonomsku moć iskorištenu protiv Rusije. Budući da je cilj ljudi u britanskoj vladi ostati na vlasti, ona dobiva jedan bod svaki mjesec koji izborno tijelo završi s 4 ili više resursa. Uz to, ako ruska vlada ima manje vitalnosti na kraju igre nego što je imala na početku, za to dobiva 5 dodatnih bodova.

Izborno tijelo predstavlja cjelokupni narod Ujedinjenog Kraljevstva. Ciljevi ovog entiteta su osigurati si blagostanje i držati vladu odgovornom za njeno djelovanje, bilo da je riječ o korupciji ili o politici koju narod ne podržava. Protive se oduzimanju njihove imovine, te stoga dobivaju -1 bod svaki put kada se njihovi resursi pošalju drugdje. Meta su ruskih *Online Trolls* koji im mogu narušiti slogu.

UK PLC predstavlja javne tvrtke Ujedinjenog kraljevstva koji se smatraju ključnima u osiguranju britanskog blagostanja i sigurnosti. Ove tvrtke podržavaju vojne i obavještajne mogućnosti britanske vlade. Budući da je igra smještena u doba Brexita, njihov glavni cilj je osigurati si dovoljno resursa kako bi sigurno prošli taj period nesigurnosti. Ako imaju 3 ili više resursa u travnju za to će dobiti 2 boda, u kolovozu će dobiti 3 boda za 6 ili više resursa, a u prosincu 4 boda za 9 ili više resursa. Pod rizikom su napada *Energetic Bear* grupe koji im mogu napraviti štetu industrijskom špijunažom.

GCHQ je britanska tajna služba zadužena za vojno i obavještajno djelovanje. Pandan su ruskom SCS-u, tako da je i njima cilj ostvariti nadmoć nad suparnicima u kibernetičkom prostoru. Za svaki kvartal u kojem je vitalnost narasla u odnosu na prošli, GCHQ dobije jedan bod i dodatna 2 boda za svaki kvartal u nizu u kojem je ostvaren rast.

UK Energy jedan je od najvećih britanskih proizvođača energije, te je stoga dio kritične infrastrukture. Slično Rosenergoatomu, cilj mu je održati proizvodnju energije. Dobiva 2 boda ako na kraju lipnja ima 6 ili više vitalnosti i 3 boda ako na kraju igre ima 9 ili više vitalnosti.

2.2. Akcije

Postoje dvije osnovne akcije koje ima svaki entitet, te još dvije koje su ograničene na određene entitete. Tijekom svakog poteza entitet može odabrati samo jednu koju će napraviti.

Prva akcija je *prijenos resursa* na druge entitete koji su s njime povezani strjelica. Mnoge takve veze su jednostrane te tijekom resursa može ići samo u jednom smjeru. U jednom potezu može se raspodijeliti do 5 resursa povezanim entitetima.

Druga osnovna akcija je *revitalizacija*. Ovom se akcijom resurse može pretvarati u vitalnost u omjeru 1:1 do 2 vitalnosti, a za više od toga mora se platiti jedan resurs više nego što se dobije vitalnosti. Primjerice, za 2 vitalnosti potrebno je platiti 2 resursa, a 3 vitalnosti košta 4 resursa. Maksimum vitalnosti što se može dobiti pretvorbom iz resursa u jednome potezu je 6.

Od akcija koje su ograničene na određene entitete prva je *napad*. Napadi su mogućih tek od početka veljače. Napadati, u pravilu, mogu samo *Energetic Bear* i *Online Trolls*. Kao što je ranije spomenuto, postoji sredstvo koje omogućuje otvaranje novih smjerova napada. Pri napadu potrebno je odlučiti koliko će se resursa uložiti u njega. Više resursa znači da je moguća šteta veća, ali je šansa neuspjeha i posljedica povećana. Razina uspjeha i neuspjeha određuje se bacanjem kocke i čitanjem tablice 2.1. Zelena polja označavaju uspjeh i štetu meti, a crvena označavaju neuspjeh i štetu sebi. Bijela polja predstavljaju neuspješan napad koji nije imao negativnih posljedica niti za napadača niti za žrtvu.

Kocka predstavlja vjerojatnost ishoda, te u originalnoj verziji predstavlja generator slučajnih brojeva. U ovoj implementaciji zadržana je ista prezentacija tako da se koristi generator slučajnih brojeva uniformne distribucije kako bi se dobio nasumičan broj u rasponu od 1 do 6, te se dobiveni broj koristi pri određivanju rezultata. Primjerice, ako je napad u koji su uložena 3 resursa na kocki dobio broj 4, u tablici ćemo pogledati treći red i četvrti stupac te vidjeti da je rezultat uspješan napad uz nanošenje 2 štete. Broj na polju označava iznos štete. Izračunata šteta primjenjuje se oduzimanjem iznosa od vitalnosti oštećenog entiteta. Polovica iznosa te štete oduzima se vitalnosti entiteta povezanim s entitetom koji je bio meta napada. Entiteti su povezani ako između sebe imaju strjelice koje prikazuju moguć prijenos resursa.

U domeni kibernetičke sigurnosti često je teško reći i dokazati tko stoji iza pojedinog napada. U ovoj igri ako napad visokog profila ne uspije, postoji šansa da se napad uspješno pripisuje napadaču, što dovodi do posljedica za napadača. Razina pripisivanja određuje kolika je sigurnost da je taj napad ispravno pripisan napadaču te određuje ozbiljnost posljedica. Osnovna posljedica je što će se šteta primijeniti na njega i entitete povezane s njim, a dodatne posljedice uključuju dodjelu sredstava protivniku ili zabranu napada nekoliko poteza. Posljedice su prikazane u tablici 2.2 u kojoj se razina posljedica pripisivanja određuje prema razini neuspjeha iz tablice 2.1.

Posljednja akcija je *pristup crnom tržištu* na kojem se mogu kupiti sredstva. Ova

Potrošeni resursi	Rezultat kocke					
	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	1	1	2
2	0	1	1	1	2	2
3	-1	0	1	2	2	3
4	-1	0	1	2	3	4
5	-2	-1	2	3	3	4
6	-2	-1	0	3	5	6

Tablica 2.1: Tablica za računanje posljedica štete

Napadač	Razina pripisivanja	
	-1	-2
Energetic Bear	UK dobiva <i>Software Update</i> sredstvo.	UK dobiva <i>Software Update</i> i <i>Recovery Management</i> sredstva.
Online Trolls	UK dobiva <i>Education</i> sredstvo.	UK dobiva <i>Education</i> sredstvo. <i>Online Trolls</i> ne mogu napadati sljedeća 2 poteza.
SCS	UK dobiva <i>Software Update</i> sredstvo. SCS ne može kupovati s crnog tržišta 2 poteza.	UK može otvoriti napadački smjer GCHQ - Rosenergoatom ili britanska vlada - ruska vlada.
GCHQ	GCHQ ne može napadati 2 poteza.	GCHQ ne može raditi nikakve akcije 2 poteza. Britanska vlada gubi 1 vitalnost.
Britanska vlada	Rusija dobiva <i>Bargaining Chip</i> sredstvo.	Rusija dobiva <i>Bargaining Chip</i> sredstvo. Britanska vlada gubi 2 vitalnosti i 2 resursa.

Tablica 2.2: Tablica za računanje posljedica pripisivanja

Naziv događaja	Opis događaja
Uneventful Month (x8)	Ovaj mjesec nije se dogodilo ništa značajno.
Nuclear Meltdown	UK Energy gubi 1 vitalnost.
Clumsy Civil Servant	Izorno tijelo gubi 1 vitalnost. Britanska vlada gubi 2 resursa.
Software Upgrade	UK PLC gubi 2 resursa.
Banking Error	Onemogućen prijenos resursa za sve britanske entitete.
Embargoed	SCS ovaj mjesec ne može kupovati na crnom tržištu.
Lax OpSec	Ruska vlada gubi 1 vitalnost i 1 resurs.
People's Revolt	Rusija ne dobiva resurse na početku ovog mjeseca.
Quantum Breakthrough	Svi entiteti dobivaju 1 vitalnost i 1 resurs.

Tablica 2.3: Tablica koja prikazuje sve postojeće događaje

je akcija ograničena na SCS i GCHQ. Detaljnije objašnjenje crnog tržišta slijedi u zasebnom poglavlju.

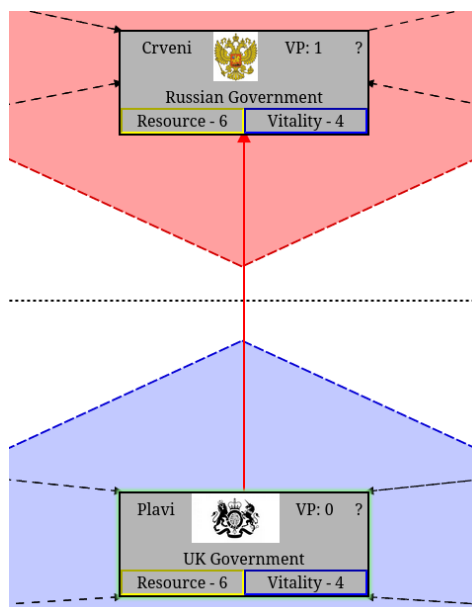
2.3. Događaji

Na početku svakog kruga nasumično se odabere kartica događaja koja simulira nepredvidive okolnosti. Od 16 korištenih kartica događaja, polovica kartica jednake su te nemaju nikakav učinak, a učinci druge polovice rangiraju od jedva primjetnih do vrlo značajnih.

Neki od događaja predstavljaju propuste u informacijskoj sigurnosti, poput *Clumsy Civil Servant* gdje javni službenik izgubi prijenosno računalo s osjetljivim podacima. Drugi događaji pokazuju utjecaj drugih područja na ovu domenu, poput primjerice tehnološkog napretka u slučaju *Quantum Breakthrough* događaja, ili pak utjecaj drugih političkih sila u slučaju događaja *Embargoed*. Opis svih događaja naveden je u tablici 2.3. Prvi događaj u tablici nema nikakav učinak te se među karticama nalazi 8 primjeraka tog istog događaja.

2.4. Sredstva

Sredstva su kartice s raznovrsnim učincima koje se mogu dobiti dražbom na crnom tržištu ili kao posljedica napada. Dije se na dvije osnovne kategorije, napadačka i obrambena sredstva. U slučaju napadačkih sredstava obično je riječ o zloćudnim programima ili ucjeni, a kod obrambenih se radi o obrazovanju, ulaganju u sigurnost i implementaciju politika kojima je svrha ograničavanje štete u slučaju kompromitacije



Slika 2.2: Prikaz otvorenog smjera napada britanske vlade na rusku

sigurnosti. Sredstva se ne moraju iskoristiti čim se dobiju, nego se mogu čuvati za budućnost.

U igri postoje dva primjerka sredstva *Attack Vector* koje otvara novi napadački smjer. Kada se iskoristi može se odabrati između otvaranja napada iz GCHQ na Rosenergoatom, napada iz SCS na UK Energy, ili napada britanske vlade na rusku vladu. Otvoren pravac s britanske vlade na rusku vladu prikazan je na slici 2.2 gdje je vidljiva crvena strjelica koja vodi od britanske vlade prema ruskoj vladi.

2.5. Crno tržište

Crno tržište mjesto je gdje se sredstva mogu kupiti resursima. Iz opisa u disertaciji nije jasno koliko se često treba dodavati nova sredstva na tržište, a ni koliko ih se treba dodavati svaki put. U ovoj implementaciji na crno tržište se dodaje po jedno novo sredstvo na početku svakog mjeseca. Pristup na crno tržište imaju samo SCS i GCHQ kao sigurnosne službe svojih država. Ono radi na principu dražbe u kojoj se svaka ponuda odmah plaća i nema povrata resursa za stranu koja je izgubila dražbu. U slučaju da protivnički tim u svom potezu podigne ponudu, dražba se nastavlja. Kada jedna strana propusti podići ponudu, dražba završava i tim koji je dao najvišu ponudu dobiva predmet dražbe.

Novi predmeti stavljaju se na tržište na početku svakog mjeseca. Svaki predmet ima vlastitu početnu cijenu koja približno odgovara utjecaju predmeta na igru. Prim-

Naziv	Tip	Cijena	Opis
Attack Vector	napadački	5	Otvora jedan od ponuđenih smjerova napada: GCHQ - Rosenergoatom, SCS - UK Energy, britanska vlada - ruska vlada.
Education	obrambeni	3	Izorno tijelo prima polovicu dodijeljene štete iduća 3 poteza.
Recovery Management	obrambeni	4	Na kraju poteza, ako je UK PLC pretrpio ikakvu štetu, dobiva 1 vitalnost.
Software Update	obrambeni	2	UK PLC, UK Energy ili Rosenergoatom postanu imuni na direktne napade na 2 poteza.
Bargaining Chip	obrambeni	3	Ruska vlada prima polovicu dodijeljene štete iduća 3 poteza.
Network Policy	obrambeni	2	Jedan entitet postane imun na štetu koja dolazi od povezanih entiteta. Taj entitet može slati ili primiti samo 2 resursa svaki potez.
Stuxnet 2.0	napadački	4	Izravni napad iz GCHQ ili SCS entiteta radi dvostruku štetu UK Energy odnosno Rosenergoatomu. Djeluje jednokratno.
Ransomware	napadački	3	Kada je uključen u uspješni napad paralizira UK PLC ili izorno tijelo na 2 poteza, osim ako plate napadaču 2 resursa. Djeluje jednokratno.
Cyber Investment Programme	obrambeni	3	Entitet može regenerirati vitalnost za 1 resurs manje.

Tablica 2.4: Popis svih sredstava koja se mogu pojaviti na crnom tržištu

jerice, već spomenuto sredstvo *Attack Vector* dražbu počinje s vrijednošću od 5 resursa, dok *Software Update* košta najmanje 2 resursa. Popis svih sredstava koja se mogu pojaviti na crnom tržištu naveden je u tablici 2.4.

2.6. Kraj igre

Igra završava nakon 12 punih krugova ili kada vitalnost barem jednog entiteta padne na nulu. Kada entitet izgubi svu vitalnost protivničkom timu dodjeljuje se 10 bodova. Na kraju igre vrše se i posljednje dodjele bodova na osnovi ciljeva koja imaju pojedini entiteti, te se određuje pobjednik na osnovi ukupnog zbroja bodova među svim entitetima na pojedinačnom timu. Ciljevi entiteta opisani su u poglavljima u kojima se nalaze detaljni opisi entiteta. Iz ovoga proizlazi da pad vitalnosti entiteta na nulu ne znači nužno i gubljenje igre.

3. Opis implementacije

Igra je implementirana u obliku web aplikacije. U ovome poglavlju nalaze se upute za postavljanje okoline i pokretanje aplikacije, kao i opis korištenih tehnologija te pregled koda.

3.1. Pokretanje aplikacije

Podrška za pokretanje Docker kontejnera preduvjet je za pokretanje aplikacije. Izvršavanjem naredbe `git clone https://github.com/sm48337/wargame` dohvaća se kod aplikacije s GitHuba. Unutar direktorija u kojem se nalazi `Dockerfile` potrebno je pokrenuti naredbu `docker build -t wargame .` kako bi se prvo izgradila početna slika (engl. *image*) aplikacije koja se zatim može pokrenuti. Nakon toga aplikacija se pokreće naredbom `docker run -p <port>:5000 wargame` gdje je `<port>` priključak na sustavu na kojem će aplikacija biti dostupna.

Aplikaciji se pristupa internetskim pretraživačem na adresi sustava koji pokreće aplikaciju. Kako bi se došlo do igre potrebno je prvo se registrirati klikom na poveznicu *Register* te unosom jedinstvenog korisničkog imena i lozinke. Izgled te stranice prikazan je na slici 3.1. Nakon toga korisnik se preusmjerava na stranicu na kojoj će se nalaziti tablica s pregledom svih igara u kojima je korisnik sudionik. Tablica sadrži imena timova koji sudjeluju u igri, pobjednika ako je igra završila, te poveznicu na kojoj se može pristupiti prikazu ploče.

Ako korisnik želi započeti novu igru, može pristupiti poveznici na kojoj piše *Click here to start a new game* kako je prikazano na slici 3.2. Nakon toga korisnik treba sastaviti dva tima igrača pridjeljivanjem svakom entitetu u igri po jednog igrača, dati timovima imena, te opcionalno unijeti opis igre. Izgled ovog prikaza vidljiv je na slici 3.3 gdje su sve uloge na ruskoj strani dodijeljene igraču mirko, a sve na britanskoj strani igraču marko. Klikom na gumb *Create game* igra počinje, te je korisnik odmah preusmjeren na prikaz ploče. Igrači koje je korisnik dodao u jedan od timova na svojoj početnoj stranici vidjet će novi unos u tablici koji pripada ovoj igri. Praćenjem

[Login](#)

Registration form

Username:

Password:

Repeat Password:

Slika 3.1: Izgled stranice za registraciju

[Home](#) [Logout](#)

Hello Stjepan!

You haven't played any games yet!

[Click here](#) to start a new game.

Slika 3.2: Izgled početne stranice

[Home](#) [Logout](#)

Red Team	Blue Team
Team name: <input type="text" value="Crveni"/>	Team name: <input type="text" value="Plavi"/>
Russian Government player: <input type="button" value="mirko"/>	UK Government player: <input type="button" value="marko"/>
Energetic Bear player: <input type="button" value="mirko"/>	UK PLC player: <input type="button" value="marko"/>
Online Trolls player: <input type="button" value="mirko"/>	Electorate player: <input type="button" value="marko"/>
SCS player: <input type="button" value="mirko"/>	GCHQ player: <input type="button" value="marko"/>
Rosenergoatom player: <input type="button" value="mirko"/>	UK Energy player: <input type="button" value="marko"/>

Game description (optional):

Slika 3.3: Dodjela uloga igračima

odgovarajuće poveznice oni također mogu pristupiti prikazu ploče te početi s igrom.

3.2. Tehnologije

Aplikacija je napisana u programskim jezicima Python i JavaScript. Značajan dio je napisan u jeziku za predloške Jinja2 (9) koji služi za dinamičko stvaranje HTML dokumenata na poslužitelju. Poslužitelj koristi Flask (1) razvojni okvir za web aplikacije. Poslužitelj uključuje i dva dodatna paketa, Flask-Login (2) koji nudi jednostavnu autentikaciju i korištenje kolačića i sjednica u pregledniku, te Flask-SQLAlchemy (4) koji na SQLAlchemy (6) knjižnicu dodaje programsko sučelje prilagođeno Flasku. SQLAlchemy knjižnica sadrži podršku za jednostavnu programsku interakciju s različitim bazama podataka. Flask je odabran zbog jednostavnosti u odnosu na neke druge razvojne okvire kao što je Django koji ima u sebe uključeno mnogo mogućnosti nepotrebnih za ovakvu aplikaciju, kao što su ugrađeno administratorsko sučelje i podrška za signale koji omogućuju komunikaciju između različitih dijelova aplikacije na temelju događaja. Za razliku od tog pristupa, Flaskov pristup je bogat izbor dodataka na osnovnu funkcionalnost koji se uključuju po potrebi.

SQLAlchemy knjižnica nudi pretvorbu podataka iz SQL baze u Python objekte i suprotno, kao i napredne upite i modele koji se pretvore u tablice u bazi. Za pohranu stanja i podataka koristi se SQLite (7) baza radi njene jednostavnosti. Jinja2 predlošci koriste se za generiranje HTML stranica, a JavaScript i CSS za organiziranje elemenata, dodavanje ponašanja te poboljšavanje prikaza. Pozadina i strjelice koje prikazuju smjer prijenosa resursa i napada nacrtani su u SVG formatu i upravljani JavaScriptom. Pri spremanju i provjeravanju lozinki koristi se funkcionalnost koju nudi paket Werkzeug (13), knjižnica koja uključuje podršku za WSGI standard web aplikacija koje tada mogu posluživati poslužitelji poput Gunicorna (8).

Gunicorn je HTTP poslužitelj koji koristi *pre-fork* način rada gdje jedan glavni proces unaprijed pokrene nekoliko radničkih procesa. Radničkim procesima glavni proces predaje zahtjeve klijenata na obradu. Ovakav model rada omogućava sigurnije korištenje knjižnica koje nisu predviđene za višedretveno korištenje. Jedan od nedostataka ovakvog modela rada je relativno visok trošak dodavanja novih radničkih procesa, zbog kojeg Gunicorn u jednom trenu može posluživati ograničen broj zahtjeva. Ovo čini Gunicorn osjetljivim na napade poput Slowloris napada u kojemu napadač otvara što je više veza moguće i drži ih otvorenim koliko god je dugo moguće. Ovakav problem obično se rješava korištenjem posrednika koji tada preuzima ulogu komunikacije s klijentom, te poslužitelju predaje zahtjev tek kada je potpun i spreman

za obradu. Nakon obrade odgovor poslužitelj predaje posredniku kako bi ga on poslao klijentu.

Docker je alat koji omogućuje stvaranje izoliranih programskih okolina (engl. *container*) uz malo zauzeće računalnih resursa. Često se koristi za pokretanje aplikacija radi ove izolacije jer se time olakšava instalacija svih paketa o kojima ovisi aplikacija, te se stoga takva aplikacija lako pokreće na različitim platformama. Repozitorij s kodom sadrži `Dockerfile` potreban za stvaranje ovakve okoline.

3.3. Postavljanje razvojne okoline

Razvojnu okolinu moguće je postaviti kloniranjem repozitorija naredbom `git clone https://github.com/sm48337/wargame`. Nakon toga potrebno je stvoriti virtualno okružje za instalaciju Python paketa naredbom `python3 -m venv .venv` te instalirati potrebne pakete naredbom `python3 -m pip install -r requirements/base.txt`. Razvojno okružje moguće je pokrenuti korištenjem `Makefile` datoteke naredbom `make debug`.

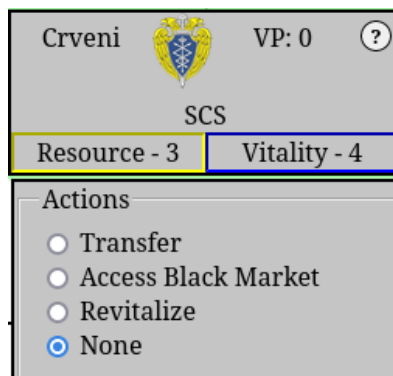
3.4. Pregled koda na visokoj razini

Pri stvaranju nove igre čita se početno stanje iz JSON datoteke koja se nalazi na putanji `wargame/static/initial_state.json` koja definira imena entiteta, početno stanje njihovih resursa i vitalnosti, njihove međusobne veze kao i moguće napade. U strukturi se nalazi prikaz trenutnog poteza, skup predmeta na crnom tržištu i popis svih entiteta zajedno s njihovim stanjem. Ova struktura služi kao osnova prikaza stanja igre te se u tome obliku sprema u bazu podataka svaki puta kada dođe do promjene stanja. Nakon učitavanja, a prije početka igre, iz skupa sredstava crnog tržišta nasumično se odabere jedno, te se doda u listu sredstava koja su trenutno dostupna u njemu.

Igra započne zaustavljena kako bi se igrači stigli upoznati sa svojim ulogama. Svaki entitet na svojoj kartici sadržava pomoćni tekst poput teksta prikazanog na slici 3.4, koji opisuje što on predstavlja, što može raditi, te kako on osvaja bodove. Entiteti kojima trenutni igrač može upravljati označeni su zelenim obrubom. Klikom na karticu takvog entiteta prikazuju se akcije koje taj entitet može napraviti. Primjer akcija koje može napraviti entitet SCS vidljiv je na slici 3.5. Vidljivo je da SCS može prenijeti resurse nekom drugom entitetu, pristupiti crnom tržištu, potrošiti resurse na podizanje



Slika 3.4: Prikaz pomoćnog teksta entiteta



Slika 3.5: Prikaz akcija entiteta SCS

vlastite vitalnosti ili ne učiniti ništa. Prikaz preostalog vremena za potez dostupan je na vrhu sučelja prikazanog na slici 2.1. Istekom vremena ili klikom na gumb za završetak poteza na donjoj desnoj strani slike 2.1 ovi se unosi spremaju u bazu i čekaju dok svi igrači koji su na potezu ne završe svoj potez.

Nakon što su svi igrači poslali svoje unose počinje njihova obrada. Primjenjuju se učinci iskorištenih sredstava, provodi se dražba na crnom tržištu, te se provode akcije zadane entitetima. Neke akcije i događaji ostavljaju privremene ili trajne učinke na entitetima. Primjerice, sredstvo *Software Update* daje imunost na dva poteza, a sredstvo *Network Policy* do kraja igre onemogućuje štetu koja dolazi od oštećenog susjeda, ali i ograničava količinu resursa koju može prenositi na druge entitete. Takvi se učinci bilježe imenom u listi `traits` svakog entiteta.

Kada su svi unosi provedeni, provjerava se je li vitalnost bilo kojeg entiteta pala na nulu. Ako je, suparniku se dodjeljuje 10 bodova za svaki takav slučaj te igra završava. Ako nije, prelazi se na sljedeći potez i dodjeljuju se resursi

Budući da ova aplikacija ne uključuje podršku za izvršavanje zadataka nakon isteka zadanog vremena radi smanjenja kompleksnosti, praćenje trajanja i isteka rundi ostvareno je na drugačiji način. Pri početku poteza bilježi se stanje dvije varijable: vremena početka poteza i vremena trajanja poteza, odnosno 3 minute, u sekundama. U slučaju da je igra zaustavljena, aplikacija postavlja zastavicu, te sprema preostalo vrijeme u sekundama u tom trenutku. Kada se igra ponovno pusti, postavlja se novo vrijeme početka runde, ali s kraćim preostalim vremenom. Klijenti redovito osvježavaju stanje preostalog vremena kako bi mogli pravovremeno vidjeti je li igra zaustavljena ili je li runda završila ranije. Ovaj se mehanizam također koristi za provjeru preostalog vremena na poslužitelju. Ono se koristi zajedno s vremenom kada je igra ponovno puštena za računanje kada je vrijeme isteklo. U slučaju da je ono isteklo, runda se završava, te se svi unosi koji su do tada prikupljeni od igrača koriste pri računanju rezultata runde.

Na glavnome prikazu dostupan je i gumb koji otvara prozor sa sredstvima koje tim trenutnog igrača može koristiti, te zapisnik događaja koji su se do tada odvijali u igri. Oni su vidljivi u gornjem lijevom te u donjem lijevom kutu na slici 2.1.

3.5. Poboljšanja i upute za daljnji razvoj

Aplikaciju je moguće pokrenuti kloniranjem repozitorija i korištenjem `Makefile` datoteke, ili korištenjem Dockera i `Dockerfile` datoteke uključene u repozitorij. U trenutnoj konfiguraciji ne postavljaju se certifikati i postavke koje bi omogućile HTTPS komunikaciju, nego se koristi tek HTTP komunikacija. HTTP komunikacija ne po-

država enkripciju, te ne sadrži u svom protokolu verifikaciju poslužitelja, stoga je preporučljivo koristiti HTTPS komunikaciju. Iako je moguće omogućiti HTTPS komunikaciju s Gunicorn poslužiteljem, postoji i opcija korištenja posrednika poput Nginx (10). Njega je moguće konfigurirati da koristi HTTPS komunikaciju prema klijentu, a običnu HTTP komunikaciju s poslužiteljem koji se obično nalazi na istom sustavu. Uz to, takav bi posrednik pomogao s napadima poput ranije spomenutog Slowloris napada, kao i s redovnim radom gdje se poslužitelj mora nositi s većim brojem klijenata.

U slučaju da performanse SQLite baze nisu dovoljno dobre kada se u isto vrijeme odvija previše igara, prelazak na drugu bazu, poput primjerice PostgreSQL (11), ne bi zahtijevao puno rada upravo zbog SQLAlchemy knjižnice. Pri promjeni modela nužno je obrisati bazu koja se nalazi na putu `wargame/database.db` kako bi se mogla stvoriti nova tablica s odgovarajućim poljima. Instalacija paketa Flask-Migrate (5) omogućila bi lakše mijenjanje modela bez gubitka podataka dodavanjem mogućnosti izmjene modela podataka u bazi bez potrebe da se cijela tablica koja pripada tome modelu izbriše.

Rješenje korišteno za završavanje poteza kada istekne predviđeno vrijeme zahtijeva poziv s klijenta. Bolje rješenje zahtijevalo bi proces koji se izvršava neovisno o zahtjevima s klijenta. Celery (3), distribuirani red zadataka, dobar je kandidat za sustav koji može obavljati zadatke asinkrono od glavne petlje poslužitelja.

U aplikaciji je prilično česta komunikacija između klijenta i poslužitelja zbog mogućnosti da je drugi tim završio s potezom ranije. Ovakve česte provjere mogle bi biti bolje implementirane koristeći protokol koji podržava dvosmjernu i istodobnu komunikaciju poput protokola WebSocket. Jedna veza između klijenta i poslužitelja ostala bi otvorena, te bi poslužitelj mogao javiti istog trena kada potez završi ili je igra zaustavljena.

3.6. Pregled izvornog koda

Izvorni kod ove aplikacije možemo podijeliti na tri kategorije. Prva kategorija je Python kod koji se izvršava na poslužitelju. U njemu se nalazi srž aplikacije jer je u njemu sadržana implementacija svih mehanika te on nudi API sučelja kojima se može upravljati stanjem. Najbitnije datoteke u ovoj kategoriji su `auth.py` koja implementira API sučelja za prijavu i registraciju korisnika, `game.py` koja nudi sučelja za upravljanje igrom te `models.py` koji definira modele igre, korisnika i timova te procesuiraju poteze. U ovoj kategoriji nalazi se još i `utils.py` koji sadrži korisne funkcije i definicije događaja i sredstava koje koriste `models.py` i predlošci.

Drugu kategoriju čine predlošci napisani u Jinja2 jeziku. Oni se na poslužitelju

pretvaraju u HTML dokument koji poslužitelj tada pošalje klijentu. Nalaze se u `templates` direktoriju. Najznačajniji predložak je `board.html` koji je zadužen za prikaz ploče te u sebi koristi druge predloške poput `entity.html` koji prikazuje pojedini entitet te `black_market.html` koji prikazuje crno tržište i `assets.html` koji prikazuje sučelje za korištenje sredstava. Unutar ovih predložaka koriste se JavaScript datoteke.

JavaScript datoteke čine treću kategoriju te se nalaze na putanji `static/js`. Datoteka `board.js` zadužena je za interaktivne elemente na prikazu ploče, a datoteka `new_game.js` osigurava na sučelju da se jednom igraču mogu dodijeliti entiteti iz samo jednog tima.

4. Rezultati igranja

Kako bi se eksperimentalno utvrdilo prednosti i nedostaci ovog oblika igre, odigrano je i analizirano nekoliko testnih igara. Iz njih je izvučeno nekoliko mogućih poboljšanja te su služile i za usporedbu s originalnim oblikom igre.

4.1. Iskustva testnih igrača

Šesnaestero testnih igrača dan je pristup aplikaciji uz dodatne usmene upute za igru. Elektronička komunikacija kroz kanale izvan aplikacije ispostavila se kao nužna za bilo kakvu suradnju i učinkovitu igru. Budući da je komunikacija unutar tima nužna za igru, dodavanje komunikacijskog kanala u aplikaciju čini se korisnim kako bi se smanjila ovisnost o drugim komunikacijskim sredstvima. Igrači su podijeljeni u 8 timova po 2 igrača, te su komunicirali preko videopoziva.

Pravila su djelovala kao previše brojna i složena kako bi se igrači dobro upoznali s njima u za to predviđenom vremenu. Za kvalitetnije upoznavanje i igru mogao bi biti učinkovit interaktivni vodič prije početka igre u timu, no implementacija takvog nečega ispostavila se presloženom za vrijeme predviđeno za rad na ovome diplomskom radu. Odvajanje pravila od tematskog okruženja također bi moglo pomoći razumijevanju pravila, ali bi isto tako moglo i naškoditi edukacijskim ciljevima vježbe koja je samo površna simulacija stvarnih odnosa. U takvoj situaciji postoji rizik da igrači obraćaju previše pozornosti na iskorištavanje pojedinosti mehanika igre, a premalo na ono što one predstavljaju u stvarnome svijetu, te na ono što bi iz toga iskustva mogli naučiti.

Među testnim igračima nalazilo se troje ljudi s iskustvom igranja igara na ploči s mnogo pravila, sedam iskusnih s računalnim igrama, te dvoje bez posebnog iskustva s ijednim od navedenih medija. Kod prve grupe primijećeno je donekle bolje razumijevanje pravila nego kod druge, ali su se i prva i druga grupa bolje snašle od treće. Razlika u uspjehu između prve i druge grupe nije bila primjetna. Timovi su igrali više igara, ali budući da su igrači u verziji na ploči igrali samo jednu igru, razmotrit ćemo samo njihove prve igre.

Pobjednik	Bodovi - UK	Bodovi - Rusija
Rusija	6	23
Rusija	10	16
UK	18	16
Rusija	24	29

Tablica 4.1: Rezultati odigranih igara

Od četiri odigranih igara, čiji su rezultati navedeni u tablici 4.1, dvije su igre završile naglo uz agresivnu igru ruske strane, te uz pobjedu Ruske Federacije. U trećoj igri Ruska Federacija je također igrala agresivno, ali neuspješno. Posljedica toga bila je da je britanska strana ojačala radi stečenih sredstava i prednosti u dostupnim resursima, te je na kraju pobijedila. Četvrta se igra odvijala sporije, uz podjednak broj bodova na obje strane. Obje su strane redovito kupovale sredstva na crnom tržištu, ali zbog dovoljnog broja sredstava nije bilo nadmetanja na dražbi. Oko sredine igre britanska je strana kupila *Ransomware* sredstvo misleći da ga mogu iskoristiti, no to je sredstvo korisno samo ruskoj strani koja nije pokazala interes za nadmetanje. Na kraju je Rusija ostvarila usku pobjedu djelomično uzrokovanu pogrešnim kupovanjem britanske strane. Čini se da uz malo sreće igra može često završiti prilično rano, te da posljedice neuspjelog napada nisu dovoljne da se spriječi nastavak napada. Broj ovakvih situacija mogao bi se smanjiti jačim kažnjavanjem takvih napada. Također se čini da britanska strana precjenjuje vitalnost svojih entiteta, te često smatra da je početnih 4 dovoljno da se odupru početnim napadima. Crno tržište u igrama koje su ga koristile nije dovelo do nadmetanja, što znači da su se sredstva vjerojatno prečesto dodavala na njega. Bilo bi korisno omogućiti mijenjanje postavki dražbe pri stvaranju igre kako bi se moglo bolje postaviti broj i učestalost dodavanja sredstava na crno tržište.

4.2. Analiza primjera igre

Slijedi analiza odigrane igre u kojoj su oba tima igrali na osvajanje što više bodova nastojeći ostvariti ciljeve svojih entiteta umjesto pokušaja brze pobjede jakim napadima.

Ruski tim na prvom je potezu pojačao vitalnost *Energetic Bear* i Rosenergoatom entitetima, iz vlade poslao resurse *Energetic Bear*, SCS i Rosenergoatomu, te pristupio crnom tržištu sa SCS-om. Na tržištu nalazio se *Bargaining Chip* koji nije odlučio pokušati kupiti jer nije smatrao da će mu vladin entitet biti u opasnosti. U svome

prvom potezu britanski tim odlučio je pojačati vitalnost na svim svojim entitetima osim vlade, te iz vlade resurse podijeliti između izbornog tijela i GCHQ. Crnom tržištu nije pristupio jer je vidio da ni ruski tim nije potrošio resurse na njemu.

U veljači zbog događaja People's Revolt ruski tim nije dobio resurse na početku poteza. Pristupio je crnom tržištu te vidio da je novi predmet na njemu Attack Vector. Odlučio je platiti 5 resursa za njega jer je vidio da britanski igrač ne može ponuditi više, budući da je GCHQ entitet imao samo 4 resursa. Zbog nedostatka novih resursa odlučio je napraviti dva slaba napada korištenjem jednog resursa na *Energetic Bear* i *Online Trolls* entitetima. Potez je završio prijenosom jednog resursa iz vlade u SCS. Britansko izborno tijelo primilo je 2 štete zbog uspješnog napada Online trolls entiteta, a napad *Energetic Bear* entiteta nije bio uspješan. SCS je pristupio crnom tržištu, no nije odlučio uložiti resurse. Britanska vlada podijelila je resurse UK Energy i UK PLC entitetima, a UK Energy entitet obnovio je nešto svoje vitalnosti.

Ožujak nije imao nikakav značajan događaj, a ruska vlada počela je ponovno dobivati resurse. SCS je uspješno osvojio Attack Vector, ali ga je odlučio ne koristiti kako bi ostvario dobitak od 2 boda po mjesecu jer ruska strana ima više napadačkih sredstava nego što britanska ima obrambenih. Pogledao je crno tržište i na njemu vidio *Cyber Investment Programme* koji će britanska strana vjerojatno htjeti kupiti, no budući da na raspolaganju ima samo jedan resurs nije ništa uložio. Ruska vlada poslala mu je 5 resursa kako bi mogao napraviti veću ponudu od britanske strane. Vidjevši uspjeh prošlog napada ruski tim odlučio ga je ponoviti. Britanska strana zadobila je 1 štete na izbornom tijelu i UK PLC-u. GCHQ odlučio je napraviti ponudu za *Cyber Investment Programme*, a izborno tijelo obnovilo je 1 vitalnosti. Britanska vlada podijelila je resurse između GCHQ i izbornog tijela.

U travnju SCS nudi više nego GCHQ za *Cyber Investment Programme* sredstvo. Ruska vlada šalje resurse *Energetic Bear*-u, te se napadi ponavljaju. Ovaj puta izborno tijelo prima 2 štete, a UK PLC prima 1 štetu. GCHQ podiže ponudu za 3, te time osigurava sredstvo budući da SCS ima samo četiri resursa te neće moći premašiti postojeću ponudu. UK PLC podiže vitalnost, te njemu i izbornom tijelu vlada šalje resurse. Izborno tijelo ne podiže vitalnost jer vidi da *Online Trolls* nemaju resurse za napad, te žele zadržati svoja 4 resursa radi osvajanja bodova.

U svibnju ruska vlada gubi jedan resurs i jednu vitalnost zbog događaja Lax OpSec. SCS vidi kako neće moći zadržati nadmoć kibernetičkog arsenala i da na tržištu nema novih napadačkih sredstava, te odlučuje iskoristiti sredstvo Attack Vector kako bi se otvorio napad iz SCS-a na UK Energy. *Energetic Bear* ponavlja svoj napad, a ruska vlada raspodjeljuje sve svoje resurse entitetima koji mogu napadati. Rosenergoatom

povisuje svoju vitalnost. UK PLC zadobio je 1 štete od napada, te ponovno podiže svoju vitalnost. GCHQ odlučuje iskoristiti sredstvo *Cyber Investment Programme* na izbornom tijelu kako bi obnavljanje njegove vitalnosti koštalo jedan resurs manje. Britanska vlada dijeli resurse GCHQ i UK Energy entitetima.

Lipanj počinje pojačanim ruskim napadima iz svih dostupnih entiteta, a ruska vlada svakom od njih daje po jedan resurs kako bi idući mjesec mogli nastaviti. Napadi nisu vrlo uspješni, britansko izborno tijelo i UK Energy primaju po 1 štetu. Izborno tijelo, GCHQ i vlada obnavljaju svoju vitalnost.

People's Revolt događaj ponavlja se u srpnju. *Energetic Bear* i Rosenergoatom podižu vitalnost, a SCS ponavlja napad, koji je neuspješan. Britanska vlada dijeli resurse UK PLC-u i izbornom tijelu.

Kolovoz počinje događajem Clumsy Civil Servant koji oduzima 1 vitalnost britanskom izbornom tijelu, a 2 resursa britanskoj vladi. Ruska strana zbog nedostatka resursa ne radi ništa osim jednog napada entiteta *Online Trolls* koji čini 1 štetu britanskom izbornom tijelu. Zbog nedostataka resursa britanski tim neće uspjeti pogoditi metu od 6 dostupnih resursa na UK PLC entitetu na kraju kolovoza, te odlučuje nastojati ostvariti ciljeve GCHQ i UK Energy entiteta. Britanska vlada šalje 1 resurs UK Energy entitetu, a on obnavlja jednu vitalnost.

U rujnu događaj je Nuclear Meltdown, te UK Energy gubi jednu vitalnost. Ruski tim odlučuje pažnju predati napadima na UK Energy, te šalje 3 resursa iz vlade u SCS. Britanski tim šalje dodatne resurse UK Energy, te obnavlja vitalnost na njemu i izbornom tijelu.

Listopad ponavlja Clumsy Civil Servant događaj. Ruska strana radi napad koji koristi 3 resursa na UK Energy, a ruska vlada šalje resurse SCS i *Energetic Bear* entitetima. Napad nije vrlo uspješan te oštećuje vitalnost samo za 1. Britanska strana nastavlja slati resurse UK Energy i podizati mu vitalnost.

U studenom ruska vlada ponovno ne dobiva resurse zbog događaja People's Revolt, no napadi na UK Energy iz SCS-a nastavljaju. *Energetic Bear* obnavlja vitalnost kako bi ostvario svoj cilj. Napad ponovno oštećuje vitalnost samo za 1, te UK Energy odmah nadoknađuje tu štetu. Britanska vlada nastavlja mu slati resurse.

U prosincu, zadnjem mjesecu igre, ruska strana resurse ima samo na vladi. Vlada odlučuje obnoviti vitalnost kako ne bi završila igru s manje vitalnosti nego što je imala na početku, što je jedan od ciljeva britanske vlade. Britanska strana uspješno podiže vitalnost UK Energy entiteta na 9 te time osvaja dodatna 3 boda.

Igra završava pobjedom Ujedinjenog Kraljevstva, uz ukupni rezultat 16 bodova za Rusiju, a 18 za Ujedinjeno Kraljevstvo.

4.3. Usporedba digitalne verzije i igre na ploči

Autor originalne verzije igre u svome je radu argumentirao zašto verzija igre na ploči ima prednost nad računalnom verzijom. Smatrao je kako bi u računalnoj verziji mehanike igre bile nedostupnije jer je bi ljudima bilo teže pratiti tijekom igre i što se sve točno događa kako ona protječe. Iz rezultata ovog projekta nedostupnost mehanika i pravila djeluje kao stvaran problem, ali on bi se mogao riješiti boljim uvodom u igru u obliku interaktivnog vodiča ili boljim prikazom slijeda događaja na kraju poteza. Dalje je autor naveo teškoću modifikacije, probleme priuštivosti i kompatibilnosti s različitim uređajima i platformama, te ljudsko iskustvo. Modifikacija gotove igre i cijena pravljenja nove zasigurno su viši u računalnoj verziji nego verziji napravljenu na papiru, no računalna verzija nudi veću skalabilnost te pristup većem broju igrača bez dodatnog troška. Kao drugi dio problema priuštivosti autor navodi da računalna verzija nakon razvoja zahtijeva još i napredan i skup uređaj za igranje, no uz visoku raširenost takvih uređaja argument ne djeluje uvjerljivo. Nadalje, kompatibilnost je problem koji se djelomično može riješiti korištenjem tehnologija poput Dockera, koju koristi i ovaj projekt. Na kraju, kao što autor ispravno argumentira, igranje protiv računalne simulacije može pomoći razviti vještinu u toj igri, ali ne nudi nužno iskustva koja su cilj ovakvih vježbi. Ipak, ljudsko iskustvo ne mora nužno biti zamijenjeno u računalnom obliku, jedino zahtijeva drugačiji medij komunikacije.

S druge strane, čini se da je prednost računalne verzije manja potreba za baratanjem brojevima, praćenjem pravila i procesa, te manja mogućnost propusta tijekom igre. Druga prednost je skalabilnost i lakoća prikupljanja podataka kako je koja igra išla, uz koje se mogu prikupljati i primjerice demografski podatci ili podatci o uvjetima u kojima je igra igrana. Uz to, računalna verzija omogućuje igranje ljudima koji nisu na istoj lokaciji ako imaju dostupnu komunikaciju poput videopoziva.

5. Zaključak

Igra opisana u doktorskoj disertaciji (14) koja je izvorno zamišljena kao igra na ploči implementirana je kao web aplikacija napisana u Pythonu i JavaScriptu korištenjem Flask i SQLAlchemy knjižnica te SQLite baze podataka. Predviđeni način pokretanja aplikacije je korištenjem Gunicorn poslužitelja kroz Docker.

Uspješno je ostvarena implementacija opisanih mehanika igre, no nedostaje dobar uvod igračima u pravila igre. Uz to, aplikacija zbog nedostatka podrške za HTTPS i osjetljivosti na napade iscrpljenja resursa poput Slowloris napada nije podobna za izlaganje Internetu u ovome stanju. Ovo je moguće ispraviti korištenjem Nginx posrednika bez preinaka izvornog koda ove aplikacije kako je opisano u radu.

Web aplikacija djeluje kao prihvatljiv medij za ovakvu kibernetičku vježbu, ali dodavanje interaktivnog vodiča djeluje kao nužan korak za poboljšanje razumijevanja pravila igrača. Prednosti izvornog oblika su lakša komunikacija, bolji uvid u mehanike igre, te bolja mogućnost praćenja igrača i nuđenja dodatnih objašnjenja i savjeta. S druge strane, prednosti ovog oblika su mogućnost igranja s ljudima koji nisu na istom mjestu, manja potreba za ručnim praćenjem procesa i stoga manja šansa propusta, te lakše prikupljanje i obrada podataka. Za poboljšanje trebalo bi dodati bolje upute igračima integrirane u igru kako bi se mogli bolje snaći u pravilima, te unaprijediti sučelje kako bi igrači mogli bolje pratiti što se događa i razne interakcije između sustava igre.

LITERATURA

- [1] Flask. URL <https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [2] Flask-login. URL <https://flask-login.readthedocs.io/en/0.6.2/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [3] Celery. URL <https://docs.celeryq.dev/en/v5.2.7/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [4] Flask-sqlalchemy. URL <https://flask-sqlalchemy.palletsprojects.com/en/3.0.x/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [5] Flask-migrate. URL <https://flask-migrate.readthedocs.io/en/latest/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [6] SQLAlchemy. URL <https://www.sqlalchemy.org/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [7] SQLite. URL <https://www.sqlite.org/docs.html>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [8] Gunicorn. URL <https://gunicorn.org/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [9] Jinja2. URL <https://jinja.palletsprojects.com/en/3.1.x/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [10] Nginx. URL <https://docs.nginx.com/nginx/admin-guide/web-server/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [11] PostgreSQL. URL <https://www.postgresql.org/docs/15/index.html>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [12] Wargame. URL <https://github.com/sm48337/wargame>. Pristupljeno 20. 2. 2023.

- [13] Werkzeug. URL <https://werkzeug.palletsprojects.com/en/2.2.x/>. Pristupljeno 20. 2. 2023.
- [14] Andreas Haggman. *Cyber Wargaming: Finding, Designing, and Playing Wargames for Cyber Security Education*. Doktorska disertacija, Royal Holloway, University of London, 2019.

Implementacija igre za uvježbavanje kibernetičkog ratovanja na strateškoj razini

Sažetak

Kibernetička sigurnost je sve važnija domena. Najveća slabost u obrani od kibernetičkih napada često su ljudi. Postoji nekoliko edukacijskih metoda kojima se nastoji smanjiti ova slabost, među kojima su i kibernetičke vježbe u obliku igara. U sklopu ovog diplomskog rada ostvarena je računalna implementacija igre koju je osmislio u obliku igre na ploči Andreas Haggman u svojoj doktorskoj disertaciji. Igra je implementirana kao web aplikacija napisana u Pythonu i JavaScriptu korištenjem Flask i SQLAlchemy knjižnica. Aplikacija se koristi kroz Docker koristeći Gunicorn poslužitelja. Analizirane su prednosti i mane pojedine verzije i navedeni su prijedlozi za daljnje unaprijeđenje aplikacije.

Ključne riječi: kibernetičko ratovanje, igra, Web aplikacija, Flask

Game implementation for practicing cyber war on a strategic level

Abstract

Cyber security is an increasingly important domain. The greatest weakness in the defense from cyber attacks are often people. There are several educational methods which seek to reduce this weakness. Among them there are cyber exercises in the form of games. As a part of this master's thesis, a computer implementation of a game developed as a board game by Andreas Haggman in his doctoral dissertation was developed. The game was implemented as a web application written in Python and JavaScript using Flask and SQLAlchemy libraries. The application is used through Docker using a Gunicorn server. Advantages and disadvantages of each version were analyzed and suggestions for further development of the application were specified.

Keywords: cyber warfare, game, Web application, Flask