

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Ode-Iris Orro
Keelemäng „Spelling Bee“
Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendajad: Sven Aller, MSc
Heili Orav, PhD

Tartu 2025

Keelemäng „Spelling Bee“

Lühikokkuvõte:

Siinse bakalaureusetöö eesmärk oli luua The New York Timesi „Spelling Bee“ sõnamängu eestikeelne versioon koos vihjete süsteemiga. Valminud mäng on veebipõhine ning vihjete süsteem kasutab keeleressurssi Eesti Wordnet. Mäng eeldab mitmekesisist sõnavara valdamist, mistõttu sobib rakendus eelkõige juba eesti keelt pädevalt kõnelevatele inimestele. Teoreetilises osas antakse ülevaade keelemängude olulisusest ja tüüpidest, kirjeldatakse arenduses kasutatud tehnoloogilisi vahendeid, mängu loomise protsessi ja reeglistikku ning analüüsitakse võimalikke edasiarendusi ja kasutajate tagasisidet.

Võtmesõnad: keelemäng, keeleressurss, sõnavara

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria

Language game „Spelling Bee“

Abstract:

The aim of this Bachelor's thesis was to create an Estonian version of The New York Times „Spelling Bee“ word game with a hint system. The completed game is web-based and the hint system uses the language resource Estonian Wordnet. The game requires mastering a broad vocabulary, and the application is suitable for people who already speak Estonian competently. The theoretical part provides an overview of importance and types of language games, describes the technological tools used in the development, the game creation process and rules, and analyses possible further developments and user feedback.

Keywords: language game, language resource, vocabulary

CERCS: P175 Informatics, systems theory

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Keelemängud	5
1.1 Keelemängude tähtsus.....	5
1.2 Keelemängude tüübid.....	6
1.3 New York Timesi „Spelling Bee“ ja sarnased mängud	6
1.3.1 Scrabble	7
1.3.2 Boggle.....	8
1.3.3 Wordle	8
2. Spelling Bee.....	10
2.1 Mängureeglid.....	10
2.2 Sõnade töötlemine	11
2.3 Vihjete süsteem.....	12
2.4 Veebirakendus	12
3. Kasutatud tehnoloogiad	16
3.1 Python.....	16
3.2 JavaScript	16
3.3 Eesti Wordnet	16
4. Testimine ja tagasiside	18
4.1 Testimine	18
4.2 Edasiarendamise võimalused	19
Kokkuvõte.....	21
Viidatud allikad.....	22
Lisad.....	24
1. Küsimustik.....	24
2. Litsents	27

Sissejuhatus

Kaasaegne keeleõpe on järjest enam liikumas traditsioonilisest klassiruumist digikeskkonda. Eesti keelel põhinevatel digitaalsetel keelemängudel on võrreldes ingliskeelsete keeleõpperessurssidega veel suur kasutamata potentsiaal. Sõnavara laiendamine ja õigekirjaoskus moodustavad grammatika kõrval keeleõppe aluspõhja, mistõttu eestikeelse „Spelling Bee“ loomine täidab selle lünka nii emakeelse kui eesti keelt teise keelena õppija jaoks.

Siinse rakendusliku bakalaureusetöö eesmärk on luua eestikeelne versioon populaarsest The New York Timesi keelemängust „Spelling Bee“, mis on meelelahutuslik viis sõnavara ja õigekirjaoskuse testimiseks ning arendamiseks. Mängule lisatakse semantiline vihjesüsteem, mis kasutab keeleressurssi Eesti Wordnet, võimaldades pakkuda nii mängijatele kaudseid vihjeid sõnade välja mõtlemisel.

Töö on jaotatud neljaks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade „Spelling Bee“ mängule sarnastest mängudest, keelemängude tähtsusest ja tüüpidest. Teises peatükis tutvutakse mängu loomiseks kasutatud tehnoloogilisi vahendeid. Kolmandas peatükis kirjeldatakse mängu loomise protsessi ja reegleid. Neljandas peatükis analüüsitakse mängu testimisel saadud tagasisidet ning tuuakse välja edasiarenduse võimalused. Lisades on kaasa pandud mängu tagasiside küsimustik.

1. Keelemängud

Keeleõpe on viimastel aastatel üha enam liikunud digikeskkonda, pakkudes õppijatele mitmekesiseid ja interaktiivseid võimalusi keele omandamiseks. Üheks tõhusaks lähenemiseks on digitaalsed keelemängud, mis ühendavad mängulise tegevuse ning haridusliku eesmärgi, soodustades nii emakeelsete kui eesti keelt teise keelena õppijate motivatsiooni ja keeleoskuse arengut [1]. Veelgi enam, vene õppekeele koolid läksid 2025. aastal üle eestikeelsele õppele, mistõttu on oluline mitmekülgsete keelemängudega toetada nende sõnavara ja õigekirjaoskuse arendamist. Siinses peatükis antakse alapeatükis 1.1 ülevaade keelemängude tähtsusest ning alapeatükis 1.2 tuuakse välja erinevaid keelemängude liike ja näiteid.

1.1 Keelemängude tähtsus

Keele õppimine võib olla keeruline ja kohati ka üksluine protsess, eriti algtasemel õppijatele. Sõnavara omandamine on keeleõppe üks olulisemaid aspekte, kuna see on aluseks nii kuuldu kui loetu mõistmisele, suulisele eneseväljendusele ning tekstide tõlgendamisele. Keelemängud pakuvad nutikat ja tõhusat viisi, kuidas muuta õppimist nauditavamaks ning lõbusamaks [2].

Keelemängude kasutamine õppetöös aitab oluliselt arendada õpilaste sõnavara [1]. Mängude abil õpitakse lisaks sõnade tähenduste ka nende asjakohast kasutamist õiges kontekstis [2]. Lisaks keeleliste oskustele aitavad mängud tõsta õppijate sisemist motivatsiooni ja edendada suhtlemispädevust. Aktiivne osalemine mängulises tegevuses suurendab õpihuvi ja vähendab hirmu eksimise ees [2]. Mängimise käigus saadakse koheselt tagasisidet, seetõttu saavad mängijad koheselt oma vigu parandada [3]. Kordamine on keeleõppe nurgakivi, sest iga sõnale on seotud nii palju informatsiooni, et üksainus kokkupuude ei taga selle täielikku mõistmist [4]. Godwin-Jonesi sõnul [3] aitab mängude loomulik korduvus õppijatel teadmisi paremini kinnistada. Tema sõnul toimuvad sellised tegevused turvalises keskkonnas, mis toovad mängijatele lõbu ja saavutustunnet, sest mängus tehtud edusamme tunnustatakse ning premeeritakse. Nii klassiruumis kui ka iseseisvalt kasutatavad keelemängud on seetõttu tõhusad keeleõppimise tööriistad, mis aitavad muuta keeleõppe protsessi nauditavamaks ja õppijasõbralikumaks.

1.2 Keelemängude tüübid

Keelemänge on mitmesuguseid ning neid saab liigitada vastavalt mängumehhanismile või õpieesmärgile. Üheks põhjalikumaks jaotuseks on Jill Hadfieldi pakutud keelemängude taksonoomia, mis sisaldab mitmeid erinevaid kategooriaid [5]:

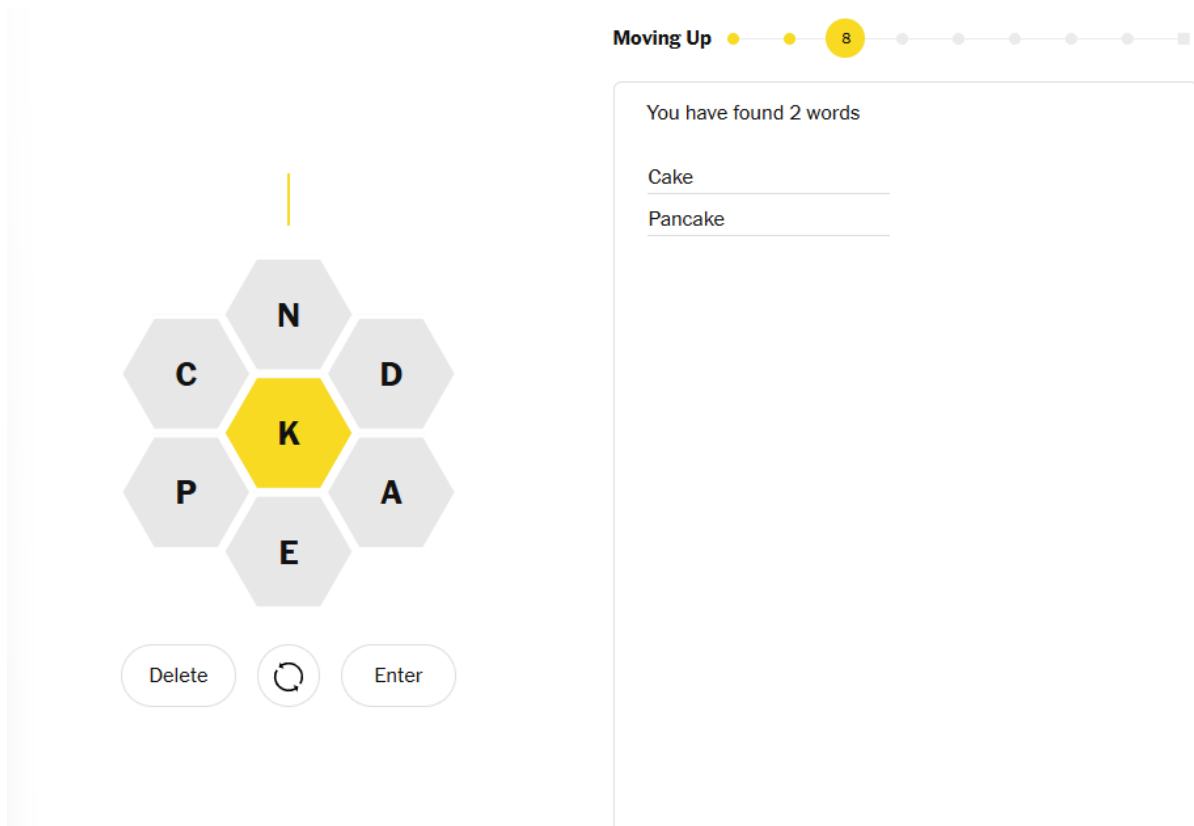
- sorteerimis-, järjestamis- või paigutusmängud, näiteks peavad mängijad esemeid või pilte jagama gruppidesse, näiteks eristama toidupoe kaupu muudest poe toodetest;
- infolüngaga mängud, näiteks esimene mängija peab pilti kirjeldama nii, et teine mängija saaks selle kuulnud info põhjal joonistada pildi koopia;
- äraarvamise mängud, näiteks mängija proovib ära arvata tegelase või eseme, esitades küsimusi, millele saab vastata kas jah või ei;
- otsimismängud, näiteks igal mängijal on infot otsitava probleemi või eseme kohta ja mängijad peavad omavahel suhtlema, et lahendus leida;
- sobitamismängud, näiteks tuleb leida üles samasuguste piltide paarid;
- nimetamismängud, näiteks mängijad sobitavad pildid ja sõnad omavahel kokku;
- vahetamis- ja kogumismängud, näiteks mängijad peavad omavahel kaarte vahetama, et kokku saaksid siniste kaartide komplekti;
- laua- ja kaardimängud, näiteks mängijad peavad lahti saama kõikidest kaartidest, kaardid või nupud laual on mõeldud suhtlemisvahetuse esilekutsumiseks;
- rollimängud, näiteks mängijad kehastuvad erinevatesse rollidesse, näiteks arstiks, et improviseerida ning kasutada sõnavara, millega muidu igapäevaselt kokku ei puututa.

Need mängud võimaldavad mitmekesistada keeleõpet ja arendada erinevaid keeleoskusi. Paljudel neist mängudest leidub ka digitaalne versioon, mis muudab nende kasutamise veelgi paindlikumaks nii klassis kui iseseisval õppimisel. Mäng „Spelling Bee“ paigutub Hadfieldi taksonoomias peamiselt lauamängude kategooriasse, kus mängijad peavad tahvlil sõnu looma etteantud tähtedest, püüdes saavutada võimalikult kõrget skoori.

1.3 New York Timesi „Spelling Bee“ ja sarnased mängud

Keelemängude mitmekesisuses eristub populaarne The New York Timesi „Spelling Bee“ oma unikaalse formaadi ja mängumehhanismiga. Traditsioonilises Spelling Bee võistluses peavad osalejad etteantud sõnu tähthaaval õigesti ette lugema [6]. Selle digiversioon (joonis 1), mida pakub The New York Times, muudab lähenemist mängule. Mängija ei loe ette sõnu, vaid moodustab ise seitsmest etteantud tähest võimalikult palju uusi sõnu, kusjuures üks nendest tähtedest peab esinema igas sõnas (vt lähemalt alaptk 2.1) [7]. Mängu foorumisse laekub

päevas ligi 1 000 kommentaari ja kokku on üle interneti „Spelling Bee“ mängu kohta üle miljoni kommentaari [8], mis tõestab mängijate kogukonna erakordset aktiivsust.



Joonis 1. New York Timesi "Spelling Bee".

Järgnevalt tutvustatakse teisi mängu, mis sarnanevad „Spelling Bee“ mängule, kuid erinevad mängumehhanismide poolest.

1.3.1 Scrabble

Britannica andmetel [9] on Scrabble kahe kuni nelja mängijaga lauamäng, kus iga mängija loob ruudukujulistel nuppudel kujutatud tähtedest sõnu 225-ruudulisel mängulaul, ühendades need ristsõna stiilis omavahel põimunud jadadena. Iga vooru alguses võtab mängija seitse juhuslikku tähenuppi ning pärast oma käiku võtab ta uuesti nii palju tähenuppe, et kokku tuleks seitse. Tähenuppe hoitakse salajas, see tähendab, et iga mängija näeb ainult oma nuppe. Mängus on kokku sada nuppu, kus iga tähenupu peal on märgitud punktiväärtus. Sõnu hinnatakse, liites kokku nende tähtede punktiväärtused ja korrutades need preemianuppude väärtustega, näiteks kahekordne või kolmekordne täht. Mängu edenedes võib ühe käiguga teenida punkte mitme uue sõna eest, kui nuppude paigutus moodustab kombineeritult rohkem kui ühe sõna. Allika kohaselt lõpeb mäng, kui mõnel mängijal on nupud otsas või laud on täidetud, võitjaks

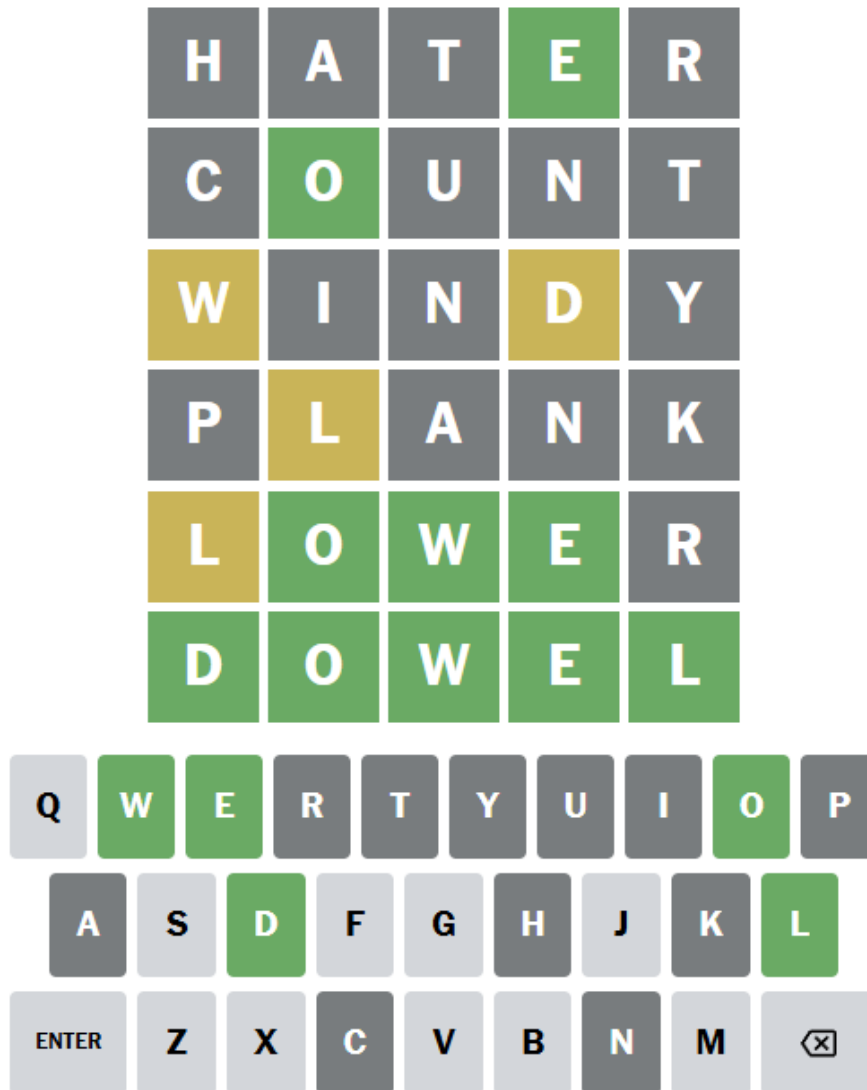
kuulutatakse enim punkte kogunud osaleja, kellelt lahutatakse tema kätte jäänud nuppude väärtus. Scrabble on ajutreenimis mäng, mis aitab mängija sõnavara laiendada, arendada kirjaoskust ning testida mälu [10]. Scrabble kuulub tüübilt lauamängude hulka, sest mängu eesmärk on koguda sõnade moodustamise läbi võimalikult palju punkte.

1.3.2 Boggle

BoardGameGeek järgi [11] on Boggle tempokas sõnamäng, kus igaüks saab tavaliselt kolm minutit uurida 4x4 suurusega tähelauda ja märkida üles kõik võimalikult palju omavahel seotud sõnu. Pärast ajapiiri lõppu võrreldakse kõigi mängijate nimekirju, kui sama sõna on mitmel mängijal, tühistatakse see sõna. Punkte saab iga alles jäänud sõna eest vastavalt selle pikkusele, kusjuures originaalmängus peavad kõik sõnad sisaldama kolm või enam tähte. Allika kohaselt on ajaga loodud mitmeid erinevaid mängu variante nagu Big Boggle 5x5, mis kasutab 5x5 suurusega tähelauda, sundides mängijaid otsima pikemaid sõnu. Boggle on otsimismäng, sest mängu eesmärk on kiiresti tähelauast leida üles kõik võimalikud sõnad, see tähendab, et mängijal peab olema lai sõnavara ning kirjaoskus.

1.3.3 Wordle

Viidates Mashable'ile [12] on Wordle veebipõhine sõnamõistatus. Mängu alguses antakse ette tühi 5x6 suurusega ruudustik, kuhu mängija sisestab kuni kuus viietähelist sõna. Pärast iga sõna sisestust värvuvad tähekastid: roheline tähistab, et täht leidub sõnas ja asub õigel kohal; kollane, et täht leidub sõnas, kuid valel positsioonil; ning hall, et täht ei kuulu päeva sõnasse. Allika kohaselt on mängijal maksimaalselt kuus katset, et proovida päevane sõna ära arvata. Kui katsete arv saab täis või sõna on ära arvatud (joonis 2), lõpeb mäng. Lühidalt võib öelda, et mängija eesmärk on ära arvata päevane sõna võimalikult väheste katsetega [13]. Seega kuulub Wordle Hadfieldi taksonoomias äraarvamise mängude kategooriasse, kuna mängija peab sisestama järjestikusest sõnu salasõna ära arvamiseks, mis nõuab laia sõnavara ja kirjaoskust.



Joonis 2. Sõnamõistatuse ära arvamine.

Kokkuvõttes pakuvad Spelling Bee, Scrabble, Boggle ja Wordle igaüks oma eripärast mängumehhanismi, vastavalt tähtede paigutamist, sõnade ülesleidmist ja sõna ära arvamist, mis kõik toetavad sõnavara ja kirjaoskuse arengut omal moel.

2. Spelling Bee

Eestikeelne „Spelling Bee“ ühendab originaali selged reeglid ja punktipõhise väljakutse ning täiendab seda semantilise vihjete süsteemiga, kus vihjed saadakse keeleressursist Eesti Wordnet. Kuigi mängu põhimõte näib esmalt lihtne, on sobivate sõnade leidmine märgatavalt keeruline, mistõttu rakendatakse mängule täiendavat vihjete süsteemi. Keelemäng asub veebiaadressil <https://kodu.ut.ee/~odorro/keelemang/> ja repositoorium aadressil <https://github.com/odeiris/keelemang>.

2.1 Mängureeglid

Eestikeelne „Spelling Bee“ mäng on üles ehitatud samade reeglite põhjal nagu originaalmäng ja iga päeva alguses genereeritakse uus pusle [14]. Mängureeglid on järgmised [7]:

- seitsmest etteantud tähest üks täht on kesktäht, mis peab esinema igas moodustatud sõnas;
- tähti võib ühes sõnas korduvalt kasutada;
- sisestatavad sõnad peavad olema vähemalt neljatähelised;
- sisestatavad sõnad ei tohi olla ropud;
- neljatähelised sõnad annavad ühe punkti;
- rohkem kui neljatähelised sõnad annavad punkte vastavalt sõna pikkusest (näiteks viietäheline sõna annab viis punkti);
- igas mängus leidub vähemalt üks pangramm, see on sõna, mis sisaldab kõiki seitset etteantud tähte.

Mängus on kasutusel punktipõhine tasemesüsteem, mis motiveerib mängijat paremate tulemuste poole püüdlema. Maksimaalne võimalik punktisumma on iga tähepusle puhul erinev, kuid saavutatavad tasemed arvutatakse maksimum punktide põhjal vastavalt [15]:

- 0% - tase Beginner;
- 2% - tase Good start;
- 5% - tase Moving up;
- 8% - tase Good;
- 15% - tase Solid;
- 25% - tase Nice;
- 40% - tase Great;
- 50% - tase Amazing;
- 70% - tase Genius;
- 100% - tase Queen Bee.

Eestikeelses versioonis on vastavad tasemed nimetatud järgmiselt: algaja, hea algus, tõusuteel, tubli, soliidne, väga hea, suurepärane, imeline, geenius, võitja. See tähendab, et tase „Võitja“ saavutatakse, kui kõik sõnad on ära arvatud.

2.2 Sõnade töötlemine

Mängu sõnaloendi lähteandmestik pärineb Tartu Ülikooli Eesti Keele Sagedussõnastikust¹, kust valiti 10 000 sagedasemat lemmat, et katta eesti keele põhisõnavara. Esmalt töödeldakse läbi kogu lemmaloend, genereerides sõnastiku, kus võtmeks on unikaalsete tähtede sorteeritud jada ja selle väärtuseks sõnade hulk, milles esinevad võtmes antud tähed. Näiteks võtmele 'klo' vastab sõnade hulk ['koll', 'kool']. Sõnad, mis on lühemad kui neli, jäetakse sõnastikust välja. See eeltöötlus võimaldab hiljem iga tähe kombinatsiooni puhul üheainsa otsinguga kätte saada kõik sobivad sõnad, ilma et peaks kordama kõigi sõnade uuesti läbikäimist.

Edasi valitakse sõnastikust juhuslik pangramm ehk sõna, mis sisaldab täpselt seitset unikaalset tähte. Need seitse tähte moodustavad mängu tähestiku, millest kõik mängus kasutatavad sõnad peavad koosnema. Tähestik on mängureeglite tuum, ühtegi tähemärki väljaspool seda seitset ei tohi üheski lahendussõnas esineda. Et leida kõik sõnad, mis antud tähtede hulgast moodustada saab, genereeritakse rekursiivselt tähtede kõigi alamhulkade kombinatsioonid pikkustega kaks kuni seitse. Luuakse ka kahe ja kolme tähelised kombinatsioonid, sest mõned pikemad sõnad võivad sisaldada ainult kahte või kolme unikaalset tähte, näiteks „kook“. Iga sõna selles mängus kuulub mõnda äsja genereeritud kombinatsiooni sisse. Kui kombinatsioonide loend valmis, teisendatakse iga kombinatsioon tähtede sorteeritud jadaks, näiteks ['p', 'ä', 'i', 'k', 'e'] teisendatakse 'eikpä'. Seejärel otsitakse mängu alguses loodud sõnastikust kõik nende tähtedega sõnad ning tagastatakse nende nimekiri. Niimoodi genereeritakse sõnaloend, mis on täpselt tähepiirangu sees ning on vähemalt neljätäheline.

Lõpuks määratakse kesktäht, valides seitsme tähe seas kõige sagedasema tähe esinemissageduse alusel, et tagada maksimaalne lahendussõnade arv ning säilitada mängu tasakaal. Seejärel filtreeritakse sõnaloend uuesti, jättes alles üksnes need sõnad, kus valitud kesktäht esineb. Seitse tähte koos kesktähga salvestatakse eraldi JavaScripti faili, et brauseris kuvada mängu tähestik, ning lõplik filtreeritud sobivate sõnaloend salvestatakse tekstifaili.

¹ <https://www.cl.ut.ee/ressursid/sagedused/>

2.3 Vihjete süsteem

Vihjete süsteemi tuumaks on Eesti WordNeti (EstWN) semantiline võrgustik, mille lähteandmetena kasutati Tartu Ülikooli EstWNi XML-väljundit. Selles võrgustikus on iga lemma seotud ühe või enama sünohulgaga (ehk sünonüümihulk), mis katavad koos kõik sõna erinevad tähendused. Kuna EstWN XML-andmestik sisaldab sadu tuhandeid kirjeid, toimub vihjete genereerimise protsess kahes etapis.

Esmalt viiakse läbi EstWNi andmestiku eeltöötlus Pythoni standardteegi `xml.etree.ElementTree` abil. Teek pakub mugavat viisi XML-dokumentide lugemiseks, muutmiseks puu kujul [16]. Läbitakse kõik leksikaalsed kirjed ja sünohulgad, kogudes iga lemma taha tema sünohulkade identifikaatorid. Iga sünohulga identifikaatori taha salvestatakse selle definitsioonid ja hüperonüümid ehk ülemmõisted alammõistete suhtes [17]. See eeltöötlus salvestatakse JSON-failina.

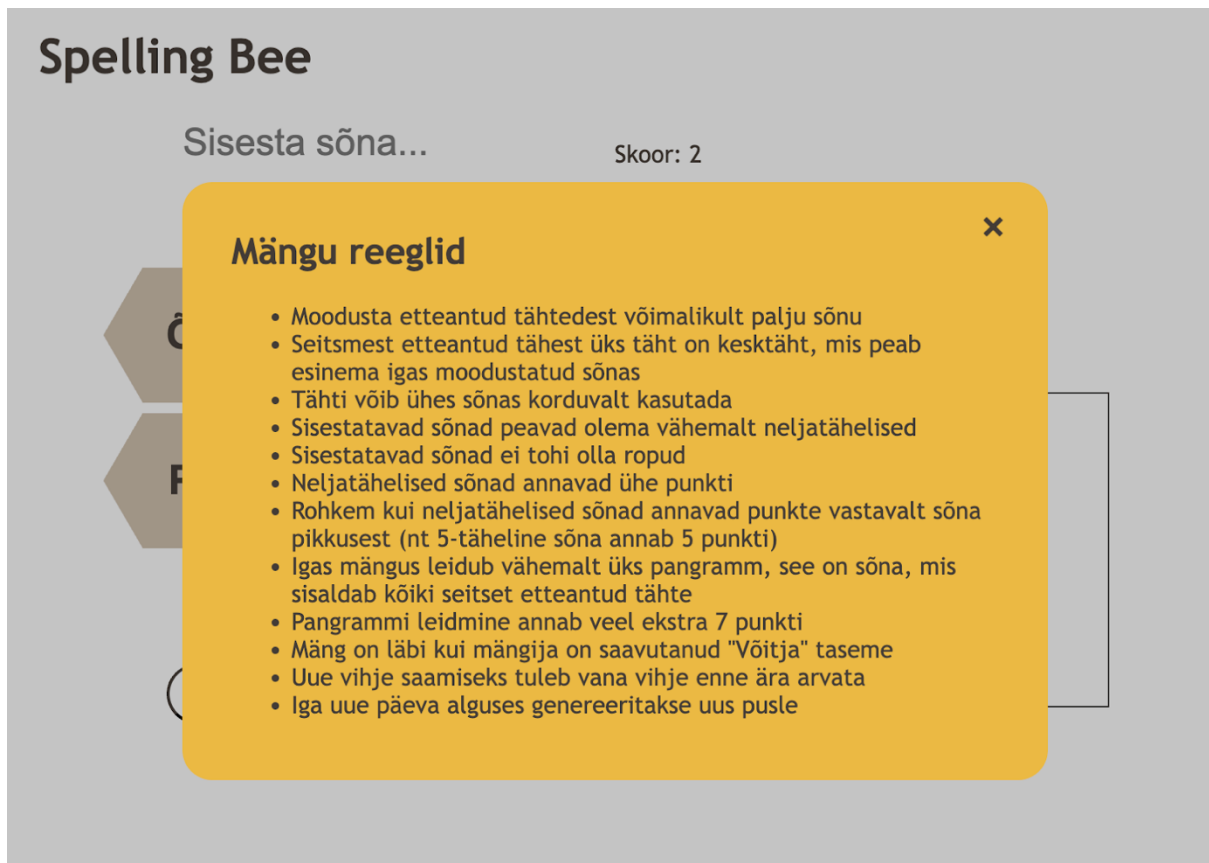
Teises etapis loetakse eelnevalt koostatud JSON-fail sisse ja genereeritakse mängu sobivatele sõnadele vihjed. Iga sõna puhul kontrollitakse, kas sellel leidub mõni sünohulk ehk kas selle lemma all leidub mõni sünohulga identifikaator. Sünohulga leidumisel antakse sõna vihjeks üks kõige üldisema kategooria kirjeldus ehk hüperonüüm. Algoritm püüab leida iga sünohulga identifikaatorile vastava hüperonüümi ja selle definitsiooni, kui see õnnestub, tagastatakse hüperonüümi definitsioon. Näiteks sõna „päike“ puhul võib vihjena öelda „taevakeha“. Võib juhtuda, et sõna eksisteerib EstWNis, kuid sellel ei leidu hüperonüümi. Sel juhul antakse vihjeks sõna enda definitsioon EstWNist, näiteks sõna „raha“ puhul antakse vihjeks „mistahes vara, mille vahendusel makstakse kaupade või teenuste eest“. Selline järjepidev skeem (esalt hüperonüüm, siis definitsioon ja lõpuks veateade) tagab, et iga antud vihje on maksimaalselt informatiivne, ent ei avalda vastust otseselt.

Lõpuks koondatakse kõigile sobivatele sõnadele genereeritud vihjed ühte JSON-faili, mida veebirakendus mängu käivitamisel laadib ja kasutajaliideses kuvab. Vihjed luuakse üksnes nendele sõnadele, mille töötlemist kirjeldati alapeatükis 2.2. Sõnadel, millel pole hüperonüümi ega definitsiooni, jäetakse vihjete failist välja, ent neid võib mängus endiselt ära arvata.

2.4 Veebirakendus

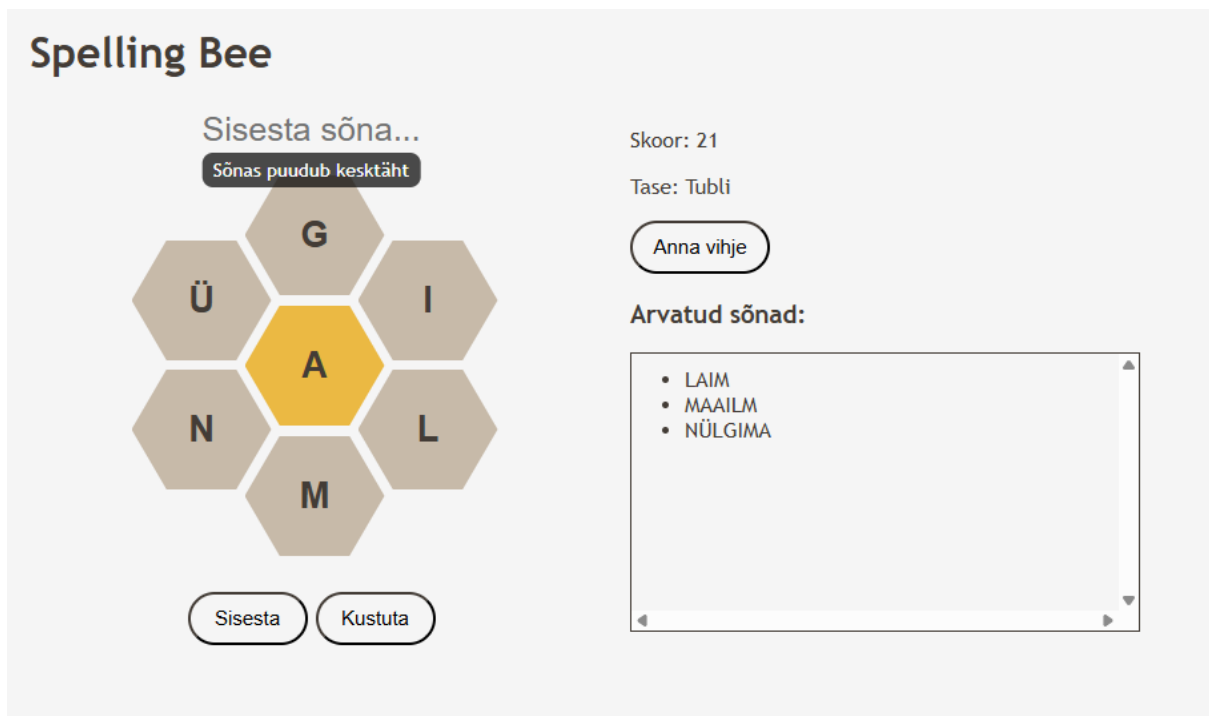
Veebirakendus mahutab kogu mängu loogika JavaScripti koodi. Esmalt laaditakse puslefail, kust saadakse seitse lubatud tähte. Need tähed kuvatakse ekraanile, kus kesktäht on kollase

värviga esile tõstetud. Tähtede kohal asub sisendväli, kuhu kasutaja võib kas klaviatuurilt või klikkides interaktiivsetel tähtedel sisestada märkide kaupa sõna. Iga sisestatud täht ilmub automaatselt sisendväljale ja vajutades nuppu „Sisesta“ või Enter klahvi sisestatakse sõna. Tähti saab ükshaaval sisendväljalt kustutada klaviatuuril Backspace klahviga või „Kustuta“ nuppu vajutades. Mängureeglitega saab tutvuda, kui vajutada nuppu „Mängu reeglid“ (joonis 3).



Joonis 3. Mängu reeglid.

Sisestatud sõna valideerimine toimub reaajas brauseris. Valideerimisel kontrollitakse järjest, kas sõna koosneb üksnes lubatud tähtedest, sisaldab kohustuslikku kesktähte ja on vähemalt neljatäheline. Seejärel vaadatakse, kas sõna leidub sobivate sõnade hulgas (alapeatükk 2.2) ning kas seda ei ole juba varem arvatud. Kui kõik tingimused on täidetud, lisatakse sõna ekraanil kuvatavasse „Arvatud sõnad“ loendisse. Ebaõnnestumise korral antakse konkreetne veateade, näiteks „Sõnas puudub kesktäht“ (joonis 4).



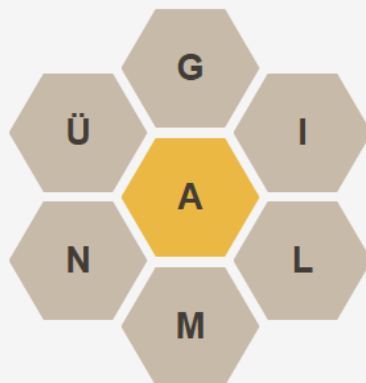
Joonis 4. Veateade pärast sõna ilma kesktäheta sisestamist.

Vihjenupu „Anna vihje“ vajutamisel saab mängija igal hetkel vihje, kusjuures enne uut vihjet ei saa, kuni vana pole ära arvatud. JavaScript valib selleks suvalise seni leidmata sõna ja kuvab selle sõnaga seotud vihje, mis pärineb eelnevalt saadud vihjete JSON-failist (joonis 5). Juba arvatud sõnade vihjed jäävad peidetuks. Selline lähenemine pakub vajalikku abi just siis, kui mängija seda vajab.

Spelling Bee

Sisesta sõna...

Skoor: 51



Täht: Vihje
kaunite õite, lehtede või viljadega (roht)taim, mis paljuneb sibulate abil

Arvatud sõnad:

- LAIM
- MAAILM
- NÜLGIMA
- MAAGIA
- MAALIMA
- MAGAMA
- LAMAMA
- LILLA

Sisesta

Kustuta

Joonis 5. Vihje kuvamine.

Mäng on läbi, kui tase „Võitja“ on saavutatud. Kuna iga päeva alguses genereeritakse uus püsle, sõltub taseme „Võitja“ saavutamise keerukus päevapüslest, sest iga päev on maksimum arvatavate sõnade arv erinev. Miinimum arvatavate sõnade arv on 15, kuid ülemine piir võib ulatuda kuni sadadeni. Mängu saab võib päeva jooksul igal ajal katkestada ja hiljem jätkata, sest juba ära arvatud sõnad, tase ning skoor salvestatakse kasutaja brauseris lokaalselt kuni päeva lõppemiseni.

3. Kasutatud tehnoloogiad

Selles peatükis tutvustatakse olulisi tehnoloogilisi vahendeid, mida kasutatakse digitaalse keelemängu „Spelling Bee“ arendamisel. Alustuseks antakse alapeatükkides 3.1 ja 3.2 ülevaade programmeerimiskeeltest Python ning JavaScript, mis täidavad töö erinevates etappides olulisi rolle vastavalt mängu loogika ning kasutajaliidese loomisel. Alapeatükis 3.3 selgitatakse, mis on Eesti Wordnet, kuna sellest võetakse eestikeelsed andmed.

3.1 Python

Pythoni dokumentatsiooni andmetel [18] on programmeerimiskeel tõlgendatav, kõrgetasemeline ja objektorienteeritud programmeerimiskeel, millel on sisseehitatud andmestruktuurid ning tugi moodulitele ja pakettidele, mis soodustavad koodi modulaarset ülesehitust ja koodi taaskasutust. Dokumentatsioonis on välja toodud, et kompileerimisetapi puudumise tõttu on arendustükkel kiire, sest tehtud muudatusi saab koheselt testida ning silumine on tõhus. Lihtsa süntaksi ja loetavuse tõttu on see keel populaarne nii algajate kui ka kogunud arendajate seas [19]. Siinses töös kasutati Pythonit peamiselt sõnaloendi töötlemiseks ja mängu ettevalmistamiseks.

3.2 JavaScript

GeeksForGeeksi artikli põhjal [20] on JavaScript mitmekülgne ja dünaamiline programmeerimiskeel, mida kasutatakse nii kliendi- kui ka serveripoolsete veebirakenduste loomiseks. See töötab ühe lõimega, on tõlgendatav ning toetab erinevaid programmeerimisstiile. JavaScripti saab käivitada otse HTML-failis või serveris Node.js keskkonnas. Keelele on iseloomulik lihtne süntaks, vähene ressursikasutus ning võimalus luua interaktiivseid rakendusi kiirelt ja tõhusalt. Artikli kohaselt keele peamisteks puudusteks on turvariskid, keerukus suuremate süsteemide puhul ja nõrk veakontroll. Töös kasutati JavaScripti kasutajaliidese interaktsiooni loomiseks, mängureeglite kontrollimiseks ning vihjete kuvamiseks.

3.3 Eesti Wordnet

Eesti Wordnet on semantiline keeleressurss, mis põhineb leksikaalse semantika ja psühholingvistika ehk Wordneti teoorial, kasutades Princetoni WordNeti ja EuroWordNeti põhimõtteid [21]. Princetoni Wordnet on suur leksikaalne andmebaas inglise keele jaoks [22] ning EuroWordNet on mitmekeelne andmebaas, mis sisaldab wordnete mitmele Euroopa keelele, sealhulgas eesti keelt [23]. Princetoni WordNet ja EuroWordNet põhinevad mõlemad

sünonüümihulkadel, mis ühendatakse omavahel semantiliste ja leksikaalsete suhete kaudu [22, 23].

Keeleressurss Eesti Wordnet hõlmab omadussõnu, nimisõnu, tegusõnu ning mäarsõnu, mis iga sõnaliigi sees on rühmitatud tähenduslikesse sünohulkadesse [21]. Eesti Wordneti [24] sõnade vahel on märgitud erinevad semantilised ja leksikaalsed suhted, näiteks hüperonüümia ja hüponüümia. Allika kohaselt sisaldab ressurss umbes 92 500 mõistet ja umbes 40 suhet, mida on rakendatud 306 000 korda (aprill 2025) ning seda täiendatakse pidevalt. Töös kasutati EstWNI keelemängu vihjete süsteemi jaoks.

4. Testimine ja tagasiside

Selles peatükis analüüsitakse väikese kasutajagrupi poolt antud tagasisidet mängu „Spelling Bee“ testimisel. Tagasiside kogumiseks koostati Google Formsis küsitlus (vt Lisa 1) ning töö autor viibis testimise ajal testijate kõrval, et dokumenteerida ka spontaanne suuline tagasiside.

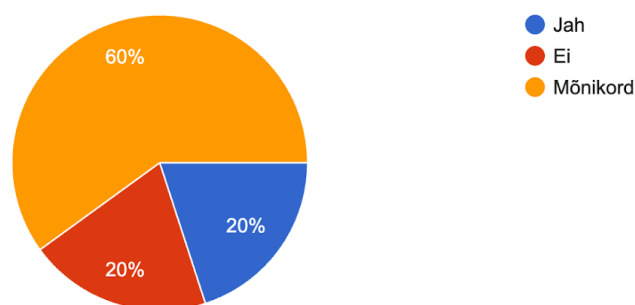
4.1 Testimine

Keelemängu „Spelling Bee“ testimisel osales kuus inimest, kelle ülesanne oli mängus leida vähemalt 10 sobivat sõna. Enne mängimist paluti testijatel läbi lugeda küsitluse küsimused, et nad teaksid, millele oleks vaja tähelepanu pöörata. Küsitlus hõlmas nii varasemat kokkupuudet originaalse „Spelling Bee“ mänguga kui ka mängu jooksul tehtud valikuid ning subjektiivset hindamist.

The New York Timesi „Spelling Bee“ mängu on 33% osalejatest varem proovinud, mistõttu olid mängureeglid neile juba selged. Viis vastajat kuuest kasutasid mängimise ajal vähemalt korra vihjeid. Enamik kasutajatest küsis kaks vihjet, kõige rohkem küsiti testi jooksul 8 vihjet. Enne esimese vihje kasutamist leiti kesmiselt 6 sõna. Vihjete kasulikkust hindas „mõnikord“ 60% vastajatest, üks inimene tundis ennast kogu aeg abistatuna ning üks inimene ei saanud vihjetest abi ehk 80% testijatest sai mingil määral vihjetest abi (joonis 6). Sellest võib järeldada, et vihjed osutuvad kasulikuks pigem mängu lõpu poole, kui sõnade väljamõtlemine muutub keerulisemaks ning kõik võimalikud tähekombinatsioonid on läbi proovitud. Üks testija kinnitas, et ei kasuta vihjeid enne, kui jõuab „Geeniuse“ tasemele.

Kas said abi vihjest?

5 responses



Joonis 6. Vihjete kasulikkus.

Kõik vastajad suutsid leida vähemalt 10 sobivat sõna. Selleks kulunud aeg varieerus seitsme kuni 20 minuti vahel, keskmiselt leiti 10 sobivat sõna umbes 13 minutiga. Pangrammi leidis 33% testijatest. Taseme „Väga hea“ saavutas kolm inimest, üks inimene saavutas taseme „Geenius“, üks „Soliidne“ ja üks „Hea algus“.

Mängu raskusastet hinnati skaalal 1-5, kus 1 on väga lihtne ning 5 väga keeruline, näitas, et 50% vastajatest andsid raskusastmeks 3 ja ülejäänud 50% andsid raskusastmeks 4. Seega keskmiseks raskusastmeks kujunes 3,5, mis jääb keskmise ja keerulise raskusastme vahele, mis viitab sellele, et mäng on sobiv juba keelt valdavale sihtrühmale, kuid piisavalt keerukas, et „Võitja“ tasemele jõuda. Üks mängija märkis, et mäng muutub ajas järjest keerulisemaks, kuna lihtsad sõnad saavad otsa. Siinses testis olid kõik mängijad emakeelsed, mistõttu olid tulemused ootuspärased. Kindlasti tasuks testida eesti keelt teise keelena õppijaid, et hinnata mängu laiahaardelisemalt.

Testijatel oli päris mitu soovitus mängu täiendamise osas. Näiteks kaks osalejat tõid välja, et ei saanud alguses mängu juhiste puudumise tõttu aru, kuidas mäng käib. Samuti soovitati pikendada vihjete kuvamise aega ning võimaldada korraga rohkem kui ühte vihjet, sest kõik vihjed ei osutunud võrdselt abistavaks. Testijate vastused näitavad, et mängus pakuvad semantilised vihjed tuge, ent võiksid olla veelgi paindlikumad ja pakkuda korraga rohkem vihjeid. Üks testija soovitas jagada „Arvatud sõnad“ nimekirja kaheks veeruks, lihtsustamaks loetelu jälgimist. Teine soovitus oli eemaldada üks pusle päevas ja anda kasutajale võimalus ise uusi puslesid genereerida, millal ise tahab. Mõnda mängijat häiris, et vahepeal ei aktsepteeritud reeglitele vastavaid sõnu, kuna need ei kuulunud 10 000 kõige sagedasema lemma hulka. Üks katsetaja, kelle eesmärk oli jõuda „Võitja“ tasemele, saavutas „Geeniuse“ taseme, aga vihjete puuduse tõttu ei leidnud enam uusi sõnu, mistõttu soovitas ta lisada kõikidele sõnadele vihjed. Samuti soovitati, et päeva lõpuks kuvataks vastused, mida mängija välja ei suutnud mõelda, ekraanile.

4.2 Edasiarendamise võimalused

Testijate ettepanekute põhjal võiks kõigepealt täiustada vihjete süsteemi. Hetkel leiab vihjete süsteem vihje ainult sõnadele, mis on Eesti Wordnetis olemas, kuid on sõnu, mida keeleressursis ei leidu, näiteks ülivõrdes sõna „pisim“. Selliste sõnade puhul võiks algoritm leida sõna algvormi, et ka nendele sõnadele saaks vihje leida EstWNI abil. Alternatiivina saab lisada mängule lihtsalt sellise piirangu, et arvata saab ainult omadussõnu, nimisõnu, tegusõnu

ning määrsõnu. Lisaks saab vihjete kuvamise aega pikendada paari sekundi võrra või muuta see selliseks, et see ei kao ära enne, kui sõna on arvatud.

Üks murekoht oli, et reeglitele vastav sõna puudub 10 000 sagedasema lemma hulgast. Selle lahendamiseks saab kasutada mahukamat sõnastikku või korpust, mis tagaks suurema katvuse ja võimaldaks ära tunda ka harvemini esinevaid sõnu. Näiteks saab kasutada Tartu Ülikooli suurt tasakaalustatud ilukirjanduse korpust². Samas tuleb arvestada, et suurema sõnastiku kasutamine suurendab pusle keerukust, kuna iga päev tuleb ära arvata rohkem võimalikke sõnu. Probleemi saab lahendada, arendades mängule erinevaid mängurežiime, näiteks tuleb leida etteantud tähtede abil kõik omadussõnad või võtta kesktäheks kõige vähem esinev täht.

Mängule võiks lisada ka erinevad raskusastmed mitteemakeelsetele kasutajatele, et neil õppijail oleks suurem motivatsioon mängida. Tagasiside näitas, et isegi eesti keelt emakeelena kõnelejate jaoks on mäng küllaltki keeruline. Lihtsama raskusastme saavutamiseks võib 10 000 sagedasema lemma sõnastiku töödelda väiksemaks failiks, kus on näiteks ainult 2000 kõige sagedasemat sõna. Selline lähenemine aitab ka nõrgemal keelekõnelejal saavutada „Võitja“ taseme.

² <https://www.cl.ut.ee/korpused/grammatikakorpus/ilukirjeldus/>

Kokkuvõte

Bakalaureusetöö eesmärk oli luua New York Timesi „Spelling Bee“ mängu eestikeelne versioon koos semantilise vihjete süsteemiga, mis kasutab keeleressurssi Eesti Wordnet. Mäng toetab nii emakeelset kui eesti keelt teise keelena õppijat sõnavara ning õigekirja õppimisel. Tulemuseks valmis veebirakendus aadressil <https://kodu.ut.ee/~odorro/keelemang/>, kus iga päev antakse seitse tähte ja mängija saab moodustada nendest sõnu pakutud tähti kombineerides, kusjuures üks täht peab esinema igas sõnas. Sõnade äraarvamisel võib küsida vihjet, kuid enne uut vihjet ei saa, kui vana vihje pole ära arvatud.

Töö teoreetilises osas anti ülevaade keelemängude tähtsusest ja tüüpidest, tutvustati mängu arendamise jaoks kasutatud tehnoloogilisi vahendeid, selgitati mängureegleid, mängu loomise protsessi, analüüsiti testijate poolt antud tagasisidet ning toodi välja edasiarendamise võimalused. Esmalt eeltöödeldi Tartu Ülikooli sagedussõnastiku 10 000 lemmat, moodustades sõnastiku, kus võtmeks on unikaalsete tähtede jada. Sõnastikust valiti juhuslik pangramm, tähed salvestati JavaScripti faili. Pangrammi tähtede abil genereeriti sobivate sõnade loend. Kesktäht määratakse sobivate sõnade loendi kõige sagedasema tähe esinemissageduse põhjal. Sobivate sõnade loend filtreeriti ehk eemaldati sõnad, mis ei sisalda kesktähte. Sobivad sõnad salvestati tekstifaili ja nendele sõnadele genereeriti vastavusse vihjed. Vihjed saadi keeleressursist EstWN ning need esinevad kas süno- või hüperonüümidenä. Kogu mängu loogika mahutati JavaScripti koodi.

Keelemängu testimisel osales kuus emakeelset mängijat, kelle ülesanne oli leida mängus vähemalt kümme sõna. Enamus testijaid jõudsid sihtmärgini ning küsisid vähemalt ühe vihje. Keskmiselt leiti kuus sõna enne vihje küsimist ning 80% vihje küsijatest sai ka mingil määral vihjest kasu. Peamine tagasiside anti vihjesüsteemile, soovitati vihjete kuvamise aega pikendada ning näidata korraga rohkem vihjeid. Lisaks soovitati 10 000 sagedasema lemma sõnastiku asemel kasutada mahukamat sõnastikku.

Viidatud allikad

- [1] Tsai C.-C., Tsai M.-J. Digital game-based second-language vocabulary learning and conditions of research designs: A meta-analysis study. *Computers & Education*, 2018, nr 125, lk 345-357.
- [2] Komiljonova M. A. The Role of Language Games in Developing Linguistic Abilities. *European Science Methodical Journal*, 2024, nr 6, lk 350-354.
- [3] Godwin-Jones R. Games in language learning: Opportunities and challenges. *Language Learning & Technology*, 2014, nr 18(2), lk 9-19.
- [4] Nation I. S. P. *Learning Vocabulary in Another Language*. Cambridge: Cambridge University Press. 2001.
- [5] Hadfield J. *Intermediate Vocabulary Games*. Harlow, Essex: Longman. 1999.
- [6] Encyclopaedia Britannica. National Spelling Bee. *Kids Britannica*. <https://kids.britannica.com/kids/article/National-Spelling-Bee/598983> (24.04.25).
- [7] Glossary of Spelling Bee Terms. *The New York Times*, 2021. <https://www.nytimes.com/2021/07/26/crosswords/spelling-bee-forum-introduction.html> (24.04.25).
- [8] To Celebrate the 2,500th Spelling Bee Puzzle, NYT Games Thanks Its Most Scrupulous Speller with a Special Solve. *The New York Times Company Press*, 2025. <https://www.nytimes.com/press/celebrating-the-2500th-spelling-bee-puzzle/> (05.05.25).
- [9] The Editors of Encyclopaedia Britannica. Scrabble. *Encyclopaedia Britannica*, 2025. <https://www.britannica.com/sports/Scrabble> (05.05.25).
- [10] Anderson W. Scrabble: A Great Brain Game For Kids | Play Scrabble. 2023. <https://playscrabble.com/news-blog/scrabble-a-great-brain-game-for-kids-play-scrabble> (12.05.25).
- [11] BoardGameGeek. Boggle. <https://boardgamegeek.com/boardgame/1293/boggle> (05.05.25).
- [12] Rosenberg A. What is 'Wordle'? Here's everything you need to know. *Mashable*, 2022. <https://mashable.com/article/wordle-word-game-what-is-it-explained> (05.05.25).
- [13] Yang H. What Is Wordle? Everything You Need To Know. *ProWritingAid*, 2003. <https://prowritingaid.com/what-is-wordle> (05.05.25).
- [14] The New York Times Help Center. Spelling Bee. <https://help.nytimes.com/hc/en-us/articles/23675493312404-Spelling-Bee#:~:text=When%20to%20Play,every%20day%20of%20the%20week> (12.05.2025).


- [15] Talbot D. NYT Spelling Bee – Game Rules And Help. *WordsRated*, 2024. <https://wordsrated.com/nyt-spelling-bee-game-rules-and-help/> (24.04.25).
- [16] xml.etree.ElementTree – The ElementTree XML API. <https://docs.python.org/3/library/xml.etree.elementtree.html> (24.04.25).
- [17] Võõrsõnade leksikon. Hüperonüüm. <https://arhiiv.eki.ee/dict/vsl/index.cgi?Q=h%C3%BCperon%C3%BC%C3%BCm>.
- [18] What is Python? Executive Summary. <https://www.python.org/doc/essays/blurb/> (19.04.2025).
- [19] Ujkani A. Why Is the Programming Language Python So Popular? 2024. <https://blog.rwth-aachen.de/itc/en/2024/05/06/python/#:~:text=Why%20is%20Python%20So%20Popular,of%20parentheses%20or%20other%20separators>. (19.04.25).
- [20] Introduction to JavaScript, GeeksForGeeks, 2025, 4. <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-javascript/> (20.04.2025).
- [21] Orav H., Zupping S., Vare, K. Leksikosemantiliste suhete hägusus Eesti Wordnetis. *Emakeele Seltsi aastaraamat*. Tallinn: Eesti Teaduste Akadeemia, 2014, 171-194.
- [22] Princeton University. WordNet. <https://wordnet.princeton.edu/> (23.04.25).
- [23] EuroWordNet. <https://archive.illc.uva.nl/EuroWordNet/> (23.04.25).
- [24] Eesti Wordnet. <https://www.cl.ut.ee/ressursid/teksaurus/> (24.04.24).


Lisad

1. Küsimustik

Keelemäng "Spelling Bee" testimine

Enne mängimist lugege küsimused läbi. Proovige leida vähemalt 10 sõna. Mäng asub aadressil <https://kodu.ut.ee/~odorro/keelemang/indeks.html>.

orroode@gmail.com [Switch account](#) 

 Not shared

* Indicates required question

Kas oled varem The New York Timesi "Spelling Bee" mängu mänginud? *

Jah

Ei

Kas küsisid vihjet? *

Jah

Ei

Mitu korda vihjet küsisid?

Your answer _____

Mitu sõna leidsid enne vihje küsimist?

Your answer _____

Kas said abi vihjest?

- Jah
- Ei
- Mõnikord

Kas leidsid vähemalt 10 erinevat sõna? *

- Jah
- Ei

Kui kaua võttis aega 10 erineva sõna leidmine?

Your answer _____

Kas leidsid sõna, milles esinesid kõik tähed (pangramm)? *

- Jah
- Ei

Millise taseme saavutasid? *

- Algaja
- Hea algus
- Edasiliikuv
- Tubli
- Soliidne
- Väga hea
- Suurepärane
- Imeline
- Geenius
- Võitja

Kuidas hindad mängu raskusastet? *

- | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Väga lihtne | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Väga keeruline |

Kas on täiendavaid kommentaare? Kas muudaksid midagi? Mis tegi mängu keeruliseks?

Your answer

Submit

Clear form

2. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Ode-Iris Orro,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose **Keelemäng „Spelling Bee“**, mille juhendajad on Sven Aller ja Heili Orav, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commons litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, alates **15.05.2025** kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Ode-Iris Orro

15.05.2025