

Linda Alksne

VIDEO LEKCIJAS KĀ KODA ANALĪZE KOMBINĒTAJĀ APMĀCĪBU MODELĪ

Promocijas darbs



Liepājas Universitāte
Dabas un inženierzinātņu fakultāte



VIDEO LEKCIJAS KĀ KODA ANALĪZE KOMBINĒTAJĀ APMĀCĪBU MODELĪ

Linda Alksne

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai
elektrotehnikas, elektronikas, informācijas un komunikāciju tehnoloģijas nozarē,
e-studiju tehnoloģiju un pārvaldības apakšnozarē

Promocijas darba zinātniskais vadītājs

Dr. habil. phys. Andris Ozols

Liepāja

Rīga

2023

Promocijas darbs izstrādāts Liepājas Universitātes Dabas un inženierzinātņu fakultātē no 2014. līdz 2022. gadam.

Darbā ir ievads, trīs daļas, 13 nodaļas, 52 apakšnodaļas, rezultāti, nobeigums un secinājumi, izmantotās literatūras un avotu saraksts, kā arī pielikums. Promocijas darbā iekļauti 57 attēli un 19 tabulu.

Darba forma: promocijas darbs elektrotehnikas, elektronikas, informācijas un komunikāciju tehnoloģijas nozarē, e-studiju tehnoloģiju un pārvaldības apakšnozarē.

Darba zinātniskais vadītājs

Dr. habil. phys. Andris Ozols, Rīgas Tehniskā universitāte

Darba recenzenti:

- *Dr. paed.* Sarma Cakula, Vidzemes Augstskola, Latvija
- *Dr. sc. ing.* Jurgis Poriņš, Rīgas Tehniskā universitāte
- *Ph. D. Carlos Turro Ribalta*, Valensijas Politehniskā universitāte, Spānija

Promocijas darba aizstāvēšana notiks Rīgas Tehniskajā universitātē 2023. gada 20. martā Elektrotehnikas, elektronikas, informācijas un komunikāciju tehnoloģijas nozares promocijas padomē "RTU P-21" (elektrotehnikas, elektronikas, informācijas un komunikāciju tehnoloģijas nozare).

Rīgas Tehniskās universitātes promocijas padomes priekšsēdētājs *Dr. phys.* Atis Kapenieks, padomes sekretāre Mārīte Treijere.

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Linda Alksne (paraksts)

Datums:

Anotācija

E-studijās par vienu no pamata informācijas nodošanas veidiem tiek izmantota video lekcija. Šajā darbā video lekcija ir apskatīta kā kods, ar kura palīdzību studentiem tiek nodota informācija. 1948. gadā K. Šenons ar savu rakstu “Sakaru matemātiskā teorija” (“A Mathematical Theory of Communication”) izstrādāja informācijas teoriju, lai apskatītu būtiskākos sakaru sistēmu aspektus. Galveno lomu K. Šenona informācijas teorijā spēlē entropija – vidējā informācija uz vienu ziņojumu no ziņojumu avota. Šenona entropija ir skaitlis, kas atkarīgs tikai no informācijas avota statistiskās dabas. Entropija ir ziņojumu avota informācijas mērs.

Līdz šim entropija nav lietota video lekciju uztveramības kvantitatīvai novērtēšanai. Tāpēc darba pētījuma mērķis bija ar entropijas palīdzību veikt video lekciju analīzi, lai noskaidrotu sakarību starp video lekcijas veidu un entropiju, kā arī to, kā vadlīnijas, kas zinātniskajā literatūrā pierādītas kā noteicošas studentu uztveres spēju palielināšanai, ietekmē entropiju. Tas dod iespēju tagad kvantitatīvi novērtēt video lekciju uztveramību.

Darba gaitā ir apkopotas un definētas vadlīnijas viegli uztveramas video lekcijas filmēšanai, pētīti studentu video lekciju skatīšanās parametri un izvēlētas 11 dažādu veidu video lekcijas, kam ar programmas *Matlab* palīdzību noteikta vidējā video un audio entropija. Iegūtie rezultāti ir analizēti, pētot vadlīniju ietekmi uz entropiju, kā arī entropijas atkarību no izvēlētajā video lekcijas filmēšanas veida. Konstatēta tendence, ka video lekcijas, kuras pēc vadlīnijām būtu jāuztver labāk, ir ar zemāku entropiju.

Promocijas darba struktūru veido anotācija, ievads, trīs daļas, 12 nodaļas, 53 apakšnodaļas, rezultāti, nobeigums un secinājumi, izmantotās literatūras un avotu saraksts, kā arī pielikums. Promocijas darbā ir iekļauti 57 attēli un 20 tabulas.

Annotation

In e-studies, a video lecture is used as one of the basic information transfer methods. In this work, the video lecture is considered as a code by which information is passed on to students. In 1948, K. Shannon developed an information theory with his article "A Mathematical Theory of Communication" to look at the most important aspects of communication systems. Entropy, the average information per message from a message source, plays a key role in Shannon's information theory. Shannon entropy is a number that depends only on the statistical nature of the information source. Entropy is a measure of information from a source of information.

Up to now, entropy has not been used to evaluate the comprehension of video lectures quantitatively. Therefore, the aim of this research was to investigate the relationship between the type of video lecture and entropy, and how guidelines that have been shown in the scientific literature to be critical for increasing student comprehension affect entropy. This approach enables one to have a quantitative evaluation of video lecture comprehension.

In the course of the work, guidelines for filming easy-to-understand video lectures are compiled and defined, the parameters of watching students' video lectures are studied and 11 different types of video lectures are selected, for which the average video and audio entropy is determined with the help of Matlab. The obtained results are analyzed by studying the effect of the guidelines on entropy, as well as the dependence of entropy on the chosen way of filming the video lecture. A trend was found for video lectures, which according to the guidelines should be perceived better, to have lower entropy.

The structure of the dissertation consists of an annotation, introduction, three parts, 13 chapters, 52 subsections, results, conclusion and conclusions, list of used literature and sources, as well as an appendix. The doctoral thesis includes 57 figures and 19 tables.

Saturs

Anotācija	2
Annotation.....	3
Ievads	8
1. Informācija un tās definīcija sakaru teorijā	14
2. K. Šenona definīcija diskrētu ziņojumu ansambļim	16
3. Ziņojuma ansambļa galvenie raksturlielumi.....	17
3.1. Entropija.....	17
3.2. Savstarpējā informācija.....	18
3.3. Redundance	19
4. Entropijas lietojums.....	22
4.1. Biznesa inteligences process ETL un entropijas nozīme tajā	22
4.2. Entropija kā paroles drošības mērs.....	26
4.3. Šenona entropijas aprēķins, lai pieņemtu lēmumu.....	29
4.4. Valodu entropija.....	31
5. Kоди, to nozīme un to vēsture.....	33
5.1. Vispārīgs priekšstats par kodēšanu un dekodēšanu.....	33
5.2. Šifri un šifrēšanas vēsture	35
5.2.1. Renesanse (XIV–XVI).....	36
5.2.2. Tendences XVII–XVIII gs.....	37
5.2.3. XIX gs. kriptogrāfijas izgudrojumi.....	38
5.2.4. XX gadsimts.....	38
5.3. Koriģējošie kodi	39
6. Datu saspiešana.....	43
6.1. Datu saspiešanas metožu īsa vēsture.....	43
6.2. Datu saspiešana ar zudumiem.....	44
6.3. Datu saspiešana bez zudumiem.....	45

6.3.1.	Hafmena kods	45
6.3.2.	Šenona-Feno kods	48
6.4.	Populārākās metodes attēlu bezzudumu saspiešanai	50
6.4.1.	RLE kodēšana	50
6.4.2.	LZW kodēšana	50
6.4.3.	Kvadrokoka kodēšana	51
6.4.4.	Kontūru kodēšana	51
6.5.	Populārākie saspiesto datu formāti	51
7.	Šenona teorēma diskrētām trokšņainām kanālam	52
8.	Traucējumnoturīgas kodēšanas pamatprincipi	54
8.1.	Redundantie kodi	55
8.2.	Blokveida kodi	55
8.3.	Nepārtrauktie kodi	55
8.4.	Izdalāmie kodi	56
9.	Latviešu valodas kā koda salīdzinājums dažādos komunikāciju kanālos	58
10.	Kombinētais apmācību modelis	70
10.1.	Situācija Covid-19 pandēmijas laikā	72
10.2.	Kā veidot video lekcijas, lai piesaistītu studentus un sniegtu maksimālo informācijas apjomu	75
10.2.1.	Multivides apmācības	75
10.2.2.	Video lekciju veidi un noformējumi	78
10.2.3.	Video lekciju tehnisko standartu vadlīnijas	81
10.2.4.	Video lekciju saturs	82
10.2.5.	Vadlīnijas video lekcijas radīšanai	83
10.3.	Mācīšanās datu analītika	84
11.	Informācija no studentu video lekciju skatīšanās darbību pierakstiem	87
12.	Video lekcijas maksimālā sintaktiskā informācija	94
12.1.	Skaņas apakškanāls	96
12.1.1.	Skaņas kanāla entropija	96
12.1.2.	Kopējā maksimālā informācija skaņas apakškanālā un tā caurlaides spēja	98
12.2.	Gaismas apakškanāls	98

12.2.1.	Gaismas kadra entropija.....	98
12.2.2.	Kopējā maksimālā informācija gaismas apakškanālā un tā ietilpība.....	100
12.3.	Kopējā maksimālā lekcijas informācija un lekcijas kā komunikācijas kanāla caurlaides spēja.....	100
13.	Video lekciju raksturojums un analīze.....	103
13.1.	Video lekciju raksturojums	103
13.2.	Video lekcijas kā koda analīze	110
13.2.1.	Video entropija.....	111
13.2.2.	Audio entropija pēc laika (temporālā entropija)	112
13.2.3.	Audio spektrālā entropija	112
13.2.4.	Programmas pārbaude.....	113
14.	Rezultāti	114
	Nobeigums un secinājumi.....	133
	Izmantotā literatūra	135
	Pielikumi	142

Darbā izmantotie saīsinājumi

DW – *data warehouse* jeb datu noliktava

ETL – *extract, transform, load* jeb izvilkšana, transformēšana un ielāde – viens no biznesa inteliģences procesiem

H – entropija (biti)

kHz – frekvences mērvienība, kiloherci

LiepU – Liepājas Universitāte

LZW – *Lempel-Ziv-Welch* datu saspiešanas algoritms

NSTI – Nacionālais standartu un tehnoloģijas institūts ASV

RTU – Rīgas Tehniskā universitāte

RLE – *Run-length encoding* jeb darbības garuma kodējums

Covid-19 – 2019. gada koronavīrusa slimība (no angļu val. *coronavirus disease 2019*) ir elpceļu infekcijas slimība, ko izraisa SARS-CoV-2 vīruss.

Ievads

Video lekcija ir videoieraksts, kurā tiek piedāvāts izglītojošs materiāls par tēmu, kas jāapgūst. Videoieraksts ir elektroniska tehnoloģija vizuālas informācijas ierakstīšanai, kas tiek pasniegts video signāla vai video datu digitālās straumes veidā fiziskā datu nesējā, lai saglabātu šo informāciju un būtu iespēja to pēc tam atskaņot un parādīt izvades ierīcē (monitorā, ekrānā vai displejā). Organizējot studiju procesu kombinētā studiju modulī, lai video lekcijas publicētu, nepieciešama arī tāda tehnoloģija kā e-studiju vide vai platforma.

Vienalga, vai cilvēkam ir pieci vai deviņdesmit pieci gadi, internets mūsdienās piedāvā daudz. Īpaši, ja meklētā tēma ir izglītība, tad resursi šķiet bezgalīgi. Tādas e-studiju platformas kā *Coursera*, *Khan Academy*, *Open Culture Online Courses*, *Udemy*, kā arī lielāko universitāšu – Hārvardas, Jēlas un Bērklījas – un citu pasaules ranga augšgalā esošo universitāšu tiešsaistes studiju platformas, kas satur tūkstošiem mācību priekšmetu, kuri balstīti galvenokārt uz video lekciju publicēšanu, parāda šīs tēmas aktualitāti.

Arī Latvijā jau 2012. gadā Rīgas Tehniskajā universitātē moderni tika aprīkotas auditorijas video lekciju ierakstīšanai un video materiālu izvietošanai pielāgotajā *Moodle* e-studiju platformā. Šim piemēram sekoja arī Latvijas Universitāte, Rīgas Stradiņa universitāte, kā arī e-studiju platformas tiek lietotas vispārizglītojošās skolās, izmantojot savu vai *eduspace.lv* piedāvātu e-studiju platformas risinājumu.

Darba nosaukums “Video lekcijas kā koda analīze kombinētajā apmācību modelī” (*blended learning*) norāda uz dažādo mācību video ierakstu analīzi – gan lekciju ierakstiem no auditorijas, gan gatavotiem mācību materiāliem, kas filmēti kā studiju papildmateriāli. Kombinētās mācības padara izglītības vidi elastīgu, jo nepieciešamās zināšanas un informācija ir pieejamas jebkurā laikā, jebkurā vietā.

Darba problēma: autore vēlas kvantitatīvi noskaidrot, kāda ir viegli uztverama video lekcija. Tā kā entropija ir sakaru teorijas svarīgākais kvantitatīvais mērs, kas plaši tiek izmantots ne tikai sakaru tehnoloģijās, bet arī biznesa inteliģencē, reklāmā, lingvistikā un citur, tad ir loģiski to pielietot arī video lekciju raksturošanai, kas līdz šim, cik man zināms, nav izdarīts. Autores promocijas darbā tiek pārbaudīts, kā iepriekš veiktajos citu autoru pētījumos definētās labu video lekciju kvalitatīvās vadlīnijas ietekmē entropiju un kā entropija korelē ar video lekcijas veidu. Kā darba nosaukumā jau tiek atspoguļots, video lekcija tiek analizēta kā (optisks un akustisks) kods. Dažādām video lekcijām atbilst dažādi kodi. Promocijas darbā tiek analizēta vadlīniju ietekme uz šiem kodiem, lai studentiem tie būtu pēc iespējas labāk uztverami.

Jēdziens “video lekcija” aptver ļoti plašu ekspozīcijas stilu klāstu. Autore savā darbā aplūko 11 dažādu stilu materiālus, kurus ir iespējams definēt kā video lekcijas un kuri aptver galvenos

video lekciju veidus. Lai sniegtu kvantitatīvu kritēriju, kurš no šiem ir visvieglāk uztverams skatītājam un klausītājam, tiek izmantota entropija.

Tēmu “Video lekcijas kā koda analīze kombinētajā studiju modulī” autore izvēlējās divu iemeslu dēļ. Sākotnēji tika nolemts, ka autore saistīs savu promocijas darbu ar video lekcijām, jo savulaik kā Rīgas Tehniskās universitātes darbiniece “Erasmus” programmā apmeklēja Valensijas Politehnisko universitāti (*Universitat Politècnica de València*) Spānijā, kur redzēja, cik aktīvi šajā universitātē tiek veikti video lekciju ieraksti un kā tie tiek gatavoti studijās par konkrētām tēmām.

Otrām kārtām arvien populārāka mūsdienās kļūst tālmācība, e-studijas, studiju kursi tiešsaistē dažādās populārās augstskolās visā pasaulē. Pasaule šobrīd, kad top darbs, ir Covid-19 pandēmijas varā. Ne tikai universitātes, bet arī vidusskolas un pamatskolas pāriet uz attālinātām mācībām. Saturs, kas top, galvenokārt tiek radīts spontāni, lai nosegtu apgūstamo vielu un sniegtu informāciju, nevis pārdomāti, jo neviens nebija gatavs šādai situācijai.

Tomēr tas ir arī devis iespēju cilvēkiem pārbaudīt savas spējas, mācīties attālināti, kā arī devis vairāk laika, lai pievērstos neklātienas apmācībām.

Lai arī ir veikti dažādi pētījumi, nav tādu konkrētu noteikumu vai vadlīniju, kā jāveido video lekcijas, lai tās būtu tik efektīvas, cik iespējams. (*Chandler, 1991*) Katrs pasniedzējs vai katra augstskola var veidot vai ierakstīt lekcijas, kā vēlas. Tomēr studentiem tas ir svarīgi, lai lekcijas būtu pieejamas, viegli saprotamas. Tāpēc autore vēlējās iedziļināties šajā tēmā, jo Latvijā augstskolas vēl ir iesācējas šajā jomā, un, ja būtu kādas vadlīnijas vai sīkāka informācija, kādai jābūt video lekcijai, lai studentiem tā būtu vieglāk uztverama, ieguvēji būtu gan pasniedzēji, gan studenti.

Būtu jāpievērš uzmanība arī tam, ka notiek paaudžu maiņa, jāņem vērā, kas ir aktīvie studenti. Ja kādreiz tā sauktajai milēniuma paaudzei pietika ar lekcijām sagatavotu *Power Point* prezentāciju, tad šobrīd, lai informācija sasniegtu Z¹ paaudzes studentus, lekcijā jāizmanto dažādi, tajā skaitā arī interaktīvi elementi satūra pasniegšanai. (*Rubene, 2020*)

¹ Z paaudze ir demogrāfiskā grupa, kas seko tūkstošgades paaudzei un pirms alfa paaudzes. Pētnieki un populārie plašsaziņas līdzekļi izmanto 1990. gadu vidu un beigas kā sākuma dzimšanas gadus un 2010. gadu sākumu kā beigu dzimšanas gadus.

Tomēr video materiāliem vajadzētu būt tādiem, kas samazina kognitīvo slodzi, un jāoptimizē arī darba atmiņas izmantošana. (Chandler, 1991)

Nākamie jautājumi, kas radās, bija, kā tad noskaidrot, cik laba un informācijas piesātināta ir video lekcija, un kā to izmērīt? Kā izmērīt informāciju, ko sniedz video lekcija?

Precīza un visos gadījumos pieņemama informācijas definīcija nav izveidota. Tomēr ir izveidota t. s. sintaktiskās informācijas kvantitatīva teorija, kas sekmīgi apraksta informācijas pārraidi un uztveršanu sakaru kanālos. Informācijas materiālais nesējs ir signāls. Signāls ir fizikāls process, kura parametra maiņa atveido pārraidāmo informāciju. Informatīvs signāls kalpo informācijas pārvešanai. Informatīvo signālu veido informācijas avots, izmainot atbilstoši noraidāmajai informācijai atbilstošās zīmes.

1948. gadā K. Šenons savā rakstā “Sakaru matemātiskā teorija” (“A Mathematical Theory of Communication”) pirmo reizi izklāstīja sintaktiskās informācijas teoriju, lai apskatītu būtiskākos sakaru sistēmu aspektus. Šīs teorijas galvenās īpatnības ir, pirmkārt, liels uzsvars uz varbūtību teoriju un, otrkārt, uz kodēšanas un dekodēšanas lielo nozīmi. No tā laika informācijas teorija ir vairāk precizēta, paplašināta un tiek vairāk pielietota praktiski tehniskajās sakaru pārraides sistēmās. (Shannon, 1948)

Galveno lomu K. Šenona informācijas teorijā spēlē entropija – vidējā informācija uz vienu ziņojumu no ziņojumu avota.

Šenona entropija ir skaitlis, kas atkarīgs tikai no informācijas avota statistiskās dabas. Ja informācijas avotam ir vienkāršs modelis, tad entropija var tikt izrēķināta. Entropija ir ziņojumu avota informācijas mērs. Šajā darbā aprakstītā un analizētā entropija ir Šenona entropija, kas tiek mērīta bits.

Savā bakalaura un maģistra darbā autore ir veikusi entropijas aprēķinus dažādiem rakstiskiem informācijas avotiem latviešu valodā, kā arī meklēja dažādas sakarības, kas izskaidrotu entropijas izmaiņas.

Tā autore ir nonākusi pie savas disertācijas darba tēmas, vēloties izpētīt video lekciju kā kodu, tas ir, kā noteiktā veidā kodētu optisku un akustisku ziņojumu ansambli. No šī koda ir atkarīga video lekcijas kvalitāte. Aprēķināt entropiju video lekcijai un veikt izpēti, vai, ievērojot rekomendācijas par to, kāda tad ir studentiem visvieglāk uztveramā video lekcija, šādas video lekcijas entropijas aprēķins atšķiras no nejausi izvēlētas video lekcijas un pierāda to, ka sniegtā sintaktiskā informācija lekcijai, kas ir filmēta pēc rekomendācijām, ir zemāka.

Pētījuma objekts: dažādu e-studijās izmantoto video tehnoloģiju un mācību materiālu veidošanas programmatūru korelācija ar informācijas teorijas entropiju.

Subjekts: video lekcijas kā koda analīze, nosakot entropiju ar aprēķinu un datorsimulācijas palīdzību.

Pētījuma mērķis: ar entropijas palīdzību veikt video lekciju kā informācijas pārraides tehnoloģiju analīzi, lai noskaidrotu viegli uztveramas video lekcijas vadlīniju saikni ar entropiju.

Globālais darba mērķis ir uzlabot video lekciju kvalitāti, lai tās tiktu veidotas, arī tehniski, tā, lai studentiem tās būtu vieglāk uztveramas.

Pētījuma apakšmērķis: izveidot metodi maksimālās entropijas aprēķināšanai video lekcijai. Realizējot šo mērķi, iespējams noteikt video un audio kanālu ietekmi uz entropiju un kopējo video lekcijas kā sakaru kanāla informāciju.

Hipotēze: e-studiju video materiālu entropiju nosaka izmantotās video lekcijas veids, izmantotās izstrādes tehnoloģijas un iepriekš definēti video lekciju kvalitātes nosacījumi.

Aizstāvamās tēzes:

1.Video lekcijas veids nosaka video lekcijas entropiju.

2.Entropija video lekcijai ir aprēķināms lielums. Aprēķināta dabīgas lekcijas nestā maksimālā absolūtā entropija, kas kalpo kā video lekcijas entropijas augšējā robeža, kā arī citi ar to saistītie lekcijas maksimālie informatīvie raksturlielumi – tās nestā informācija, lekcijas kanāla un tās apakškanālu informācijas caurlaides spējas.

3.Jo precīzāk ir ievērotas vadlīnijas lekcijas ierakstīšanā, jo zemāka ir video lekcijas entropija. Pastāv negatīva korelācija starp lekcijas vidējo video entropiju un izpildīto vadlīniju skaitu.

Pētījuma aktualitātes raksturojums un problēmas apzināšana atļauj **formulēt pētījuma jautājumus:**

1. Kāda ir video entropijas atkarība no izvēlētās tehnoloģijas un zinātniskajos pētījumos definēto vadlīniju ievērošanas?
2. Kā aprēķināt informācijas teorijas maksimālo entropiju video lekcijai?
3. Vai pastāv iespēja izmainīt audio un video vidējo entropiju?
4. Kā izmantot pētījuma rezultātus video lekciju kvalitātes uzlabošanai?

Lai rastu atbildes uz izvirzītajiem pētījuma jautājumiem, promocijas darbā tika noteikti šādi **pētījuma uzdevumi:**

1. Veikt zinātnisko rakstu literatūras analīzi, lai atrastu tos tehnoloģiskos parametrus, kas jāievēro, lai radītu viegli uztveramas video lekcijas noteikumus jeb vadlīnijas.
2. Veikt video lekcijas maksimālās entropijas aprēķinu.
3. Atlasīt dažādu veidu video lekcijas, ņemot vērā tehnoloģiju un izmantoto programmatūru, kurām veikt analīzi.
4. Noteikt katras video lekcijas vidējo video entropiju, vidējo spektrālo audio entropiju un vidējo temporālo audio entropiju.
5. Veikt rezultātu analīzi un dokumentāciju atbilstoši vadlīnijām.
6. Sniegt ierosinājumus video lekciju kvalitātes uzlabošanai.

Pētījuma robežas iezīmē pētījuma priekšmets, kas nosaka, ka tiek analizētas video lekcijas, kas filmētas dažādos veidos gan auditorijā, gan video studijā.

Pētījuma bāzi veido 11 video lekcijas (skaitis, cik analizētas).

Pētījuma metodes

1. Teorētiskās izpētes metodes:

1.1. zinātniskās un metodiskās literatūras analīze – deskriptīvā un salīdzināšanas metode.

2. Empīriskās izpētes metodes.

2.1. Datu ieguves metodes:

2.1.1. datu izgūšana no Informācijas sistēmas.

2.2. Datu apstrādes un analīzes metodes:

2.2.1. grafiskās analīzes metode kvalitatīvo un kvantitatīvo pētījumu datu klasificēšanai un analīzei izmantotas programmas – datu apstrādes programma *Matlab*;

2.2.2. datu grafiska attēlošana – *Matlab* un *MS Excel*;

2.2.3. kvalitatīvo datu apstrāde;

2.2.4. kvantitatīvo un kvalitatīvo datu interpretācija.

Promocijas darba izstrāde notikusi četros posmos:

- Pētījuma pirmais posms (2014. gada 1. septembris – 2015. gada 1. septembris). Pētāmās tēmas izvēle. Sava esošā pētījuma sasaiste ar e-studiju un video lekciju tēmu.

- Pētījuma otrais posms (2015. gada septembris – 2017. gada septembris). Pētāmās problēmas un pretrunu konstatācija, pētāmās problēmas aktualitātes raksturojums un izpēte, pētījuma dizaina izstrāde. Padziļināta literatūras analīze par video lekciju veidošanu, kombinēto apmācību moduli, tā priekšrocībām un trūkumiem, par entropijas izmantošanu video analīzē, kā arī par tehniskiem risinājumiem entropijas mērīšanā. Pētījuma zinātniskās literatūras un avotu atlase un klasifikācija. Video lekcijas uzņemšanas rekomendāciju izstrāde.

- Pētījuma trešais posms (2018. gada septembris – 2020. gada decembris). Maksimālās strukturālās informācijas aprēķina izvešana. Plāna sastādīšana turpmākam darbam. Video lekciju skatīšanās paradumu analīze. Tehnisko risinājumu apzināšana un izvēle.

- Pētījuma ceturtais posms (2020. gada janvāris – 2021. gada decembris). Video lekciju atlasīšana un analizēšana. Kopējās pētnieciskās darbības rezultātu analīze un interpretācija.

Promocijas darba priekšizstrādēšana fakultātē notikusi 2022. gada 27. janvārī. Darba recenzents – profesors Atis Kapenieks.

Promocijas darba struktūru veido anotācija, ievads, trīs daļas, 13 nodaļas, 52

apakšnodaļas, rezultāti, nobeigums un secinājumi, izmantotās literatūras un avotu saraksts, kā arī pielikums. Promocijas darbā ir iekļauti 57 attēli un 19 tabulas. Kopumā minēti 106 literatūras avoti latviešu un angļu valodā, bet darba gaitā izlasīts vismaz piecreiz lielāks skaits.

Pētījuma zinātniskā novitāte un teorētiskā nozīmība

1. Pirmo reizi veikts maksimālās informācijas un entropijas aprēķins dabīgai lekcijai kā informācijas pārraides kanālam. Iegūtie rezultāti ir augšējā robeža video lekcijai.

2. Veikti detalizēti pētījumi *Matlab* vidē par dažādu video lekciju veidošanai izmantoto tehnoloģiju un programmatūru ietekmi uz entropiju un uz studentu uztveršanas spēju.

Pētījuma praktiskā nozīmība

1. Sniegta tehniskas vadlīnijas video lekciju ierakstīšanai.

2. Izveidota datortehnoloģijās balstīta metodika, kā veikt e-studiju vajadzībām radīta video sakaru kanāla kā koda analīzi.

4. Izstrādāti iespējamie inovatīvie risinājumi video lekciju izvērtēšanā jauniešu izglītošanai.

Autores ieguldījums un pētījumu rezultātu aprobācija: **Promocijas darbā aprakstītie pētījumi ir izstrādāti Liepājas Universitātes Dabas un inženierzinātņu fakultātē.**

Dati par video lekciju skatīšanos iegūti no Valensijas Politehniskās universitātes, sadarbojoties ar Karlosu Turro Ribaltu, Tīkla un mediju pakalpojumu direktora vietnieku. *Matlab* programmas pielāgošana vidējās entropijas noteikšanai tika izstrādāta kopā ar Lauri Cikovski, Rīgas Tehniskās universitātes HPC centra vadītāju un vadošo pētnieku. Darbs izstrādāts Rīgas Tehniskās universitātes profesora Andra Ozola vadībā.

Zinātniski pētnieciskā darba rezultāti publicēti zinātniskos, recenzētos izdevumos:

1. Alksne L., Cikovskis L., Ozols A. (2022). *Entropy of video lecture* (iesniegts publicēšanai BJMC);

2. L. Alksne, A. Ozols. *Maximum Shannon information delivered in a lecture*. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 2022, Nr.2, pp.12–22. DOI:10.2478/lpts-2022-0008. SCOPUS;

3. Alksne, L., Jansone, A., & Bērzkalne, Z. (2019). *Benefits from analyzing video lecture logs with leading business analytics tools*. *Baltic Journal of Modern Computing*, 7(3), 393-404. doi:10.22364/bjmc.2019.7.3.06;

4. Alksne, L. (2016). *How to produce video lectures to engage students and deliver the maximum amount of information*. *Society. Integration. Education*. Proceedings of the international scientific conference. Volume ii, may 27th- 28th, 2016. 503–516;

5. Bajarune, L., & Ozols, A. (2015). *Latvian language as a code in different communication channels*. Paper presented at the Vide. Tehnoloģija. Resursi – Environment, Technology, Resources, 3 11–16. doi:10.17770/etr2015vol3.182 Retrieved from www.scopus.com.

Teorētiskā daļa

1. Informācijas teorija

1.1. Informācija un tās definīcija sakaru teorijā.

Teorētiskajā daļā tiek detalizēti aplūkots informācijas jēdziens, akcentējot sintaktisko Kloda Elvuda Šenona (K. Šenona) informāciju, kas abstrahējas no satura un tiek lietota sakaru teorijā. Autore sniedz skaidrojumu par to, kā informācija ir saistīta ar entropiju, ar galveno parametru, kas tiek noteikts un analizēts darba pētnieciskajā daļā. Informācijas pārraidīšanai ir bijusi milzīga loma no pagātnes līdz pat mūsdienām, tāpēc nodaļā apskatīta informācijas kodēšana, kodu izcelsme un vēsture, kā arī datu saspiešana.

Ar informācijas apmaiņas sistēmu ir iespējams regulēt attiecības starp atsevišķiem sabiedrības locekļiem un to grupām; tā nodrošina cilvēku kopas pastāvēšanu ārējā vidē. Katrs indivīds sazinoties saņem vai arī sniedz par kaut ko informāciju. Latīņu valodā vārds “informatio” nozīmē izskaidrojumu, izklāstu, skaidrojumu. Informācijas apmaiņas sistēma cilvēku sabiedrībā ir tik tālu attīstījusies, ka tajā jau kopš cilvēces pastāvēšanas sākumiem vienlaikus ar dabiskajiem informācijas apmaiņas līdzekļiem plaši izmanto arī mākslīgos. Attīstot un pilnveidojot mākslīgos informācijas pārraides un apmaiņas līdzekļus, cilvēks šodien ir izveidojis bagātīgu tehnisko līdzekļu arsenālu. Cilvēku sabiedrības attīstības līmeni lielā mērā raksturo tās rīcībā esošā tehniskā informācijas apmaiņas sistēma.

Informācija ir viena no matērijas eksistences formām; tā ir neatņemama materiālās pasaules īpašība. Var pat uzskatīt, ka katrā materiālās pasaules stāvoklī vai norisē slēpjas informācija. Tās jēdzienu stipri izcēla zinātnes nozare – kibernetika. Vārds “kibernetika” ir cēlies no grieķu valodas, tulkojumā tas nozīmē – māksla vadīt. Mūsdienās ar kibernetiku saprot zinātnes nozari par informācijas iegūšanas, glabāšanas, pārraides un pārveidošanas likumībām un to pētīšanu sarežģītās sistēmās. Viduslaikos šo zinātni praktiski aizmirsā. Savos zinātniskajos darbos kibernetikas jēdzienu no jauna sāka lietot izcilais franču zinātnieks A. Ampērs (1834. g.). Pēc Ampēra nāves (1836. g.) to atkal aizmirsā, līdz 1984. gadā mūsdienu kibernetikas un informācijas teorijas pamatlicējs, ASV zinātnieks Norberts Vīners šajā maz pazīstamajā vārdā nosauca savu grāmatu. Līdz ar šīs grāmatas iznākšanu (1984. g.) sāka strauji attīstīties informācijas teorija.

Informācijas jēdzienu parasti saista ar divu objektu – informācijas avota un patērētāja – eksistenci. Precīza un visos gadījumos pieņemama informācijas definīcija nav izveidota.

Pētot tās dabas un sabiedrības parādības, kuras saistītas ar informāciju, un pētot informācijas īpašības, jāsaprot ar informācijas jēdzienu visdažādākajos aspektos: var interesēties par

informāciju, kas slēpjas atsevišķu vārdu vai to sakopojumu jēgā (semantiskā jeb metriskā informācija); informāciju, kas raksturo tās saņēmēja relatīvo zināšanu pieaugumu (pragmatiskā jeb sintaktiskā informācija); informāciju, kura ietverta dažādos mākslas darbos (idealizētā informācija). Liela un praktiska nozīme ir informācijas tehniskajai jēgai, iedomājoties informāciju kā simboliku, kuru izmanto sazināšanās nolūkā. Tā ir definēta arī šādi: informācija ir ziņas, ar kurām operē kā ar objektu, tās noraidot, sadalot, pārveidojot, uzglabājot vai tieši izmantojot.

Informācijas materiālais nesējs ir signāls. Signāls ir fizikāls process, kura parametra maiņa atveido pārraidāmo informāciju. Informatīvs signāls kalpo informācijas pārņemšanai. Informatīvo signālu veido informācijas avots, izmainot atbilstoši noraidāmajai informācijai atbilstošās zīmes. Par zīmēm var kalpot secīgi rakstīti burti. Ziņojums ir zīmju kopa, kas attēlo pārraidāmo informāciju. Ziņojuma ansamblis ir cipari, alfabēts u.tml. Ziņojuma ansambļa secīgs sakārtojums veido ziņu. Tātad informatīvo signālu lieto ziņojuma pārņemšanai jeb ziņošanai. Signāla uztvērējs uztver signālu kā ziņojumu, tālāk ziņojums tiek pārveidots informācijā, kuru saņem informācijas patērētājs. Informācijas pārveidošanas procesu ziņojumā sauc par kodēšanu, bet pretējo procesu par dekodēšanu.

Komunikācija ir apmainīšanās ar ziņojumiem – sazināšanās. Tehniskās informācijas pārraidē vispārīgās komunikācijas shēmas galvenie elementi ir ziņojuma avots, sakaru kanāls un ziņojuma saņēmējs. Šāda sistēma ir domāta informatīva ziņojuma pārraidei. (Grabinskis, 1984)

Secinājumi

1. Dots vispārīgs priekšstats par informācijas jēdzienu.
2. Definēti sintaktiskās informācijas pamatjēdzieni – zīme, ziņojums, signāls, kodēšana un dekodēšana.

1.2. K. Šenona definīcija diskrētu ziņojumu ansamblim

1948. gadā K. Šenons ar savu rakstu “Sakaru matemātiskā teorija” (“A Mathematical Theory of Communication”) izstrādāja sintaktiskās informācijas teorijas pamatus, lai matemātiski apskatītu būtiskākos sakaru sistēmu aspektus un gūtu iespēju optimizēt sakaru sistēmas. (Shannon, 1948) Šīs teorijas galvenie momenti ir, pirmkārt, lielais uzsvars uz varbūtību teoriju un, otrkārt, koda un dekodera lielā nozīme. No tā laika informācijas teorija ir vairāk precizēta, paplašināta un tiek vairāk pielietota praktiski tehniskajās sakaru pārraides sistēmās.

Galveno lomu K. Šenons piešķir tieši informācijas pārraidīšanas veidam un uztveršanai. K. Šenons pilnībā ignorē to, vai teksts ir nozīmīgs, saprotams, pareizs, nepareizs vai bez nozīmes. Līdzīgi tiek izslēgti arī jautājumi par to, kurš informāciju raida un kurš ir uztvērējs. Pēc K. Šenona informācijas teorijas izriet, ka ir mazsvarīgi, vai teksts ir secīgs un nozīmīgs, vai burti ir izvēlēti uz labu laimi. Šeit parādās paradokss – uz labu laimi izvēlēti burti sasniedz maksimumu informācijas saturā, bet tur, kur teksts ir ar lielāku nozīmi un lingvistisko dažādību, tas atbilst mazākai vērtībai. (Gitt, 1996)

Ziņojumu ansamblis jeb ziņojumu avota alfabēts ir ziņojumu kopa, ko ziņojumu avots izmanto informācijas pārraidei. Tie var būt burti, cipari, pikseli utt.

Teletaips² un telegrāfs ir divi visvienkāršākie piemēri informācijas pārraidīšanai diskrētā kanālā. Diskrēts kanāls nozīmē sistēmu, kur tiek pārraidīts galīgs skaits elementāru simbolu S_1, \dots, S_n no viena punkta uz otru. Katrs simbols S_i pieņem noteiktu laiku t_i sekundēs.

Teletaipa gadījumā, kur visi signāli ir ar vienu pārraidīšanas ilgumu un jebkādu kārtību no 32 simboliem, tas nozīmē, ka katrs simbols attēlo 5 bitu informāciju. Ja sistēma pārraida n simbolus vienā sekundē, tad varam teikt, ka kanāla caurlaides spēja ir $5n$ biti sekundē. Tas nenozīmē, ka teletaipa kanāls vienmēr pārraidīs ar šādu ātrumu – tas ir maksimālais ātrums, tas, vai maksimums tiks sasniegts un kāds būs pārraidīšanas ātrums, ir ļoti atkarīgs no informācijas avota. (Shannon, 1948)

Diskrēta kanāla definīcija ir tikai viena daļa no K. Šenona raksta, vēl tiek dotas definīcijas diskrētam trokšņainam kanālam, kā arī dažādas teorēmas un aprēķinu formulas.

Secinājumi

1. Raksturota K. Šenona pieeja diskrētu ziņojumu ansambļa definīcijai.
2. Uzsvērta K. Šenona pieejas statistiskā daba.

² Teletaips – tādu ierīču kā lentes perforatoru un lapušprinteru kopums, ko izmanto telekomunikācijai.

1.3. Ziņojuma ansambļa galvenie raksturlielumi

Entropija ir ziņojumu ansambļa vidējā informācija uz vienu ziņojumu. Ziņojumu piemēri ir burti, vārdi, attēli. Viena ziņojuma nesto informāciju, ja dots ziņojumu ansamblis a_1, a_2, \dots, a_n ar varbūtībām p_1, \dots, p_n definē kā

$$I(a_k) = \log_2 \frac{1}{p_k} .$$

Visu varbūtību p_k summai jābūt vienādai ar 1. Sakaru kanāla caurlaides spēja ir vienāda ar tajā iespējamo maksimālo informācija pārraides ātrumu.

$$C = R_{max} .$$

kur C – kanāla caurlaides spēja, bet R – pārraides ātrums:

$$R = \frac{\partial I(t)}{\partial t} \quad (1).$$

1.3.1. Entropija

Entropija ir situācijas nenoteiktības kvantitatīvs mērs, ko plaši lieto termodinamikā un informācijas teorijā. Entropijas jēdzienu izmanto dažādos informācijas optimālās kodēšanas problēmu pētījumos. Entropijas jēdziens informāciju teorijā apraksta, cik daudz nejaušības ir signālā vai nejaušā notikumā.

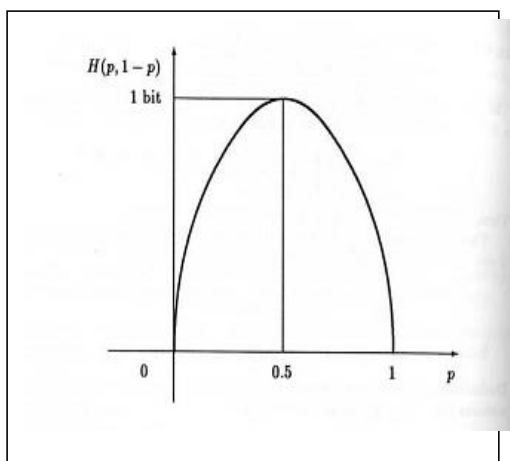
K. Šenons savā rakstā “Sakaru matemātiskā teorija” pierādīja, ka pastāv noteikta robeža informācijas saspiešanai bez zudumiem. Šī robeža ir entropija, kas tiek apzīmēta ar H . Entropijas H vērtība ir atkarīga no informācijas avota. Lai bez zudumiem saspiestu informāciju, saspiešanas koeficientam jābūt tuvu entropijas lielumam.

Entropija ir skaitlis, kas ir atkarīgs tikai no informācijas avota statistiskās dabas. Ja informācijas avotam ir vienkāršs modelis, tad entropija var tikt izrēķināta.

Izvēloties patvaļīgu ziņojumu ansamblī $X = (X_1, X_2, X_3, X_4, \dots)$, kas ir teksts, un ziņojumi ir burti, ir iespējams izrēķināt vairākas entropijas kārtas. Katra kāрта atšķiras ar to, ka jo augstāka ir kāрта, jo vairāk tiek aprēķināta blakus stāvošo burtu ietekme uz vienu burtu.

Entropijas H īpašības:

1) $H(X) \geq 0$,



3.1. att. Entropijas atkarība no varbūtības divu ziņojumu ansambļa gadījumā.

2) entropija ir aditīvs lielums diviem neatkarīgiem ziņojumu ansambļiem X un Y

$$H(X + Y) = H(X) + H(Y), \quad (2)$$

3) entropija ir ierobežots lielums $H \leq H_{max} = \log_2 N$, kur N ir ziņojumu skaits ansablī.

Nulltās kārtas entropiju rēķina pēc formulas

$$H(0) = H_{max} = \log_2 N \text{ biti/simbolu.} \quad (3)$$

Ja N ir burtu skaits alfabētā, tiek ņemta vērā arī atstarpe, ja tiek rēķināta entropija rakstītai valodai. Šajā gadījumā tiek pieņemts, ka burti nav atkarīgi viens no otra. $H(0)$ tiek arī uzskatīta par $H(max)$, jo nevienas kārtas entropija nevar būt augstāka par nultās kārtas entropiju.

Pirmās kārtas entropiju aprēķina pēc formulas

$$H(1) = \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i \text{ biti/simbolu,} \quad (4)$$

kur p_i – ziņojuma (simbola) varbūtība, arī šajā gadījumā tie ir neatkarīgi viens no otra.

Otrās kārtas entropiju aprēķina pēc formulas

$$H(2) = \sum_{i=1}^m p_i \sum_{j=1}^m p_{ji} \log_2 p_{ji} \text{ biti/simbolu,} \quad (5)$$

kur p_{ji} – nosacītā varbūtība ziņojumam j , ja iepriekšējai ir bijis, piemēram, burts, tomēr ziņojumam nav obligāti jābūt burtam. Tas var būt arī, piemēram, pikselis. Lai aprēķinātu otrās kārtas entropiju, ir jāņem vērā tas, kāds simbols stāv pirms simbola jeb visas iespējamās divu simbolu kombinācijas.

Trešās, ceturtās un lielākas kārtas entropiju aprēķina pēc tādas pašas formulas, tikai ar katru kārtu tiek ņemti vērā vairāk ziņojumu, kas atrodas pirms attiecīgi definētā ziņojuma.

Entropijas minimums ir $H(X) = 0$, un to sasniedz tie ziņojumi, kuriem sniegtās informācijas varbūtība ir vienāda ar 1. Maksimālā entropija n – simbolu ziņojumam A ir $H(X) = \log_2 m$ biti, un tiek sasniegta tad, ja simboliem ir vienāda varbūtība

$$p_i = \frac{1}{m}. \quad (6)$$

Beztrokšņu kanālā vienmērīgas pārraides gadījumā

$$R = \frac{H(X)}{\tau}, \quad (7)$$

kur τ – viena ziņojuma pārraides vidējais ilgums. Nevienmērīgas pārraides gadījumā:

$$R = \frac{\partial I(t)}{\partial t} \quad (1). \quad (Zjuko, A. G., Korobov, Y. F., 1972)$$

1.3.2. Savstarpējā informācija

Savstarpējā informācija starp diviem diskrētiem, brīvi izvēlētiem ziņojumu ansambļiem X un Y tiek apzīmēta kā $I(X, Y)$. Savstarpējā jeb relatīvā informācija ir lielums, kas norāda informācijas

daudzumu, kas tiek dalīts starp trokšņaina kanāla ieeju (ansamblis X) un izeju (ansamblis Y). Savstarpējā informācija tiek mērīta bitos.

Tāpat savstarpējā informācija ir informācijas mērs starp X un Y . Ja X un Y ir neatkarīgi, tad X nesatur nekādu informāciju par Y un otrādi, tādā gadījumā to kopējā informācija ir nulle. Ja X un Y ir identiski, tad visa X nodotā informācija tiek dalīta ar Y . Ja X nesāņem nekādu atbildi no Y un otrādi, tad kopējā informācija ir vienāda ar viena paša X (vai Y) nosūtīto informāciju, sauktu par X entropiju.

Savstarpējā informācija tiek aprēķināta šādi:

$$I(X;Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X), \quad (8)$$

kur $H(X|Y)$ un $H(Y|X)$ ir ansambļu nosacītās entropijas – X attiecībā pret Y un Y attiecībā pret X . Savstarpējās informācijas maksimālā vērtība ir vienāda ar trokšņaina informācijas kanāla caurlaides spēju (biti/simbols).

Savstarpējās informācijas īpašības:

1. Savstarpējā informācija ir simetriska

$$I(X;Y) = I(Y;X);$$

2. Savstarpējā informācija vienmēr ir nenegatīva

$$I(X;Y) \geq 0;$$

3. Savstarpējā informācija ir saistīta ar kanāla kopējo ieejas un izejas entropiju šādi

$$I(X;Y) = H(X) + H(Y) - H(X,Y) \quad (9),$$

kur $H(X,Y) = H(X) + H(Y|X) = H(Y) + H(X|Y)$ ir ansambļu X un Y kopējā entropija.

Relatīvo informāciju lieto trokšņainu sakaru kanālu gadījumā informācijas caurlaides spējas noteikšanai, kā arī informācijas pārraides ātruma definēšanai

$$R = \frac{I(X,Y)}{\tau}. \quad (10) \text{ (Carlson, Bruce, 1986)}$$

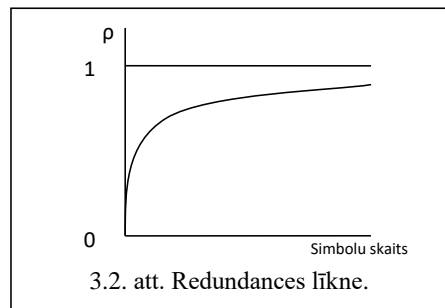
1.3.3. Redundance

Aprēķinot entropiju, ir iespējams izrēķināt arī ziņojuma avota redundanci (3.2. att).

$$\rho = 1 - \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = 1 - \frac{H_n(A)}{H_0(A)} \quad (11)$$

Ar informatīvo redundanci saprot tādu dublējošu vai papilddatu ieslēgšanu sistēmas datu masīvos, kuru izņemšana nemazina šo masīvu adekvātumu reālajiem objektiem, ko tie apraksta. (Mackay, D. J. C, 2006) Redundance informācijas teorijā bitu skaits, kas tiek lietoti, lai nosūtītu ziņu mīnus patiesās informācijas daudzums bitos. (Latvian Academy of Sciences, 2015)

Datu saspišana ir veids, kā izslēgt nevēlamo redundanci, bet, ja ziņojuma pārraide jāveic trokšņainā kanālā ar ierobežotu ietilpību, tad redundance ir vēlama. Tāpat redundance,



3.2. att. Redundances līkne.

piemēram, mūsu valodā ir tie vārdi, kurus mēs pasakām, bet arī bez šiem vārdiem informācija būtu saprotama. Par to varam pārlicināties ikreiz, kad sūtām īsziņu, cenšoties pateikt pēc iespējas vairāk ar pēc iespējas mazāk simboliem, lai sanāktu tikai viena īsziņa – tiek izlaisti vārdi, burti vai pat rakstīti bez atstarpēm, bet teksts taču vienlīdz ir saprotams.

Tksts bz ptsknm: tekstsbezatstarpēm – ja pēc šī teksta mēs varam rekonstruēt šo teikumu, kas ir rakstīti bez patskaņiem vai bez atstarpēm, nozīmi, tas nozīmē, ka šie patskaņi vai atstarpes šai ziņai ir redundanti.

Tomēr redundantie vārdi vai burti ir tie, kas ļauj mums saprast informāciju, ja, piemēram, runājam trokšņainā vietā. “Kur ir sāls paciņa?” Ja, pasakot šo teikumu, garām būs braukusi trokšņaina smagā mašīna, “sāls” var izklausīties kā “māls” vai “tāls”, bet redundants vārds “paciņa” tomēr ļaus saprast jautājumu. Šis varbūt ir ļoti primitīvs piemērs, bet vairumā gadījumu, ja teikumā būs izlaists viens vārds, mēs varēsim uzminēt šo trūkstošo vārdu. Ja izlaists būs burts, tad tas, ka to uzminēsim, ir gandrīz viennozīmīgi.

Saksaņā ar kdāas agņļu uvinersiātetes pjuētfīmu, nav sravīgi kādā sbebiā ir srākatoti bturi vādrā, veigīni savgīri, lai primias un pdējēais butrs btūu sāavs vtieās. Pēārije var būt plniīgi saukjati un jūs jjooprām vēiearst lsīat bez pomblrēām. Tas ntoeik tēpāc, ka pabestiā mēs nāealsm kratu btruu atšseiķvi, bet gan vrādu kā vneiu velesu. (<http://klab.lv>)

Ja 50% valodas ir redundanta, tad būtu iespējams ietaupīt 50% no ieguldījumiem, kas nepieciešami šīs valodas ziņu elektroniskai nosūtīšanai. Kaut kas līdzīgs notiek, kad fails tiek saspīests, bet, ja kaut kur pārraidīšanā gadās kāds trokšnis un tiek iznīcināts kāds no simboliem, ko satur saspīestais fails, tad ir neiespējami atjaunot oriģinālu failu.

Ziņu digitālajā kodēšanā redundance ieņem svarīgu lomu, izmantojot kodēšanu ar vieninieku pāra skaitu. Burtam A binārajā sistēmā atbilst 01000001. Tātad, lai pārraidītu burtu A, mums nepieciešami 8 biti, mums jāpārraida šīs astoņas zīmes. Bet, ja līnija ir ar traucējumiem un ieviešas kļūda, un mēs saņemam 010000?1, mēs vairs nevaram noteikt, kāds burts tas ir. Tas var būt A, ja trūkstošā zīme ir 0, bet, ja šī zīme ir bijusi 1, tad tas ir bijis burts C. Protams, ka normālā kontekstā mums nebūtu problēmas to saprast, bet, ja redundance jau ir pielietota un fails ir saspīests? Tādā gadījumā, pievienojot paritātes bitu, kas būtu vēl viens redundants bits, būtu iespējams pārvarēt problēmu. Ja skaitļu summa ir pāra skaitlis, tad tiek pievienota 0, bet, ja nepāra, tad – 1. Tātad saņemot 010000?10, pievienotā nulle mums pasaka priekšā, ka mums vajadzēja saņemt A (01000001); ja mēs saņemtu 010000?11, tad pievienotais 1 pasaka, ka saņemtais burts C (01000011). Ja ir gaidāms patiesi trokšņains kanāls, ir iespējams vienoties par paritātes bitu sūtīšanu pēc katriem 4 bitiem. Tas var šķīst nevajadzīgi – sūtīt liekus bitus, kuri patiesībā nav vajadzīgi. Bet, ja mēs tekstu no 10 000 zīmēm būtu saspīeduši līdz 8000, izslēdzot redundantos simbolus, katrai nosūtītajai zīmei jāpievieno arī viens paritātes bits – tie būtu 8000 paritātes biti. 8000 biti ir ekvivalenti 1000 zīmēm, tas nozīmē, ka tas ir izdevīgāk. (*Underwood J. M.*, 2006)

Šī metode ir koriģējošais kods, kas tiek apskatīta arī šī darba 5.3. punktā.

Redundance ir cieši saistīta ar saspiežamības koeficientu, ko aprēķina:

$$r = \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = \frac{H_n(A)}{H_0(A)} = 1 - \rho \quad (12)$$

Autores secinājumi ir, ka, lai arī informācijas teorija nav tik sena, tā ir ļāvusi strauji attīstīties informācijas pārraides tehnoloģijām. Uz K. Šenona veiktajiem aprēķiniem un atklājumiem tiek balstīta mūsdienu informācijas apmaiņa un video kodēšana.

Secinājumi

1. Definēti K. Šenona informācijas teorijas galvenie jēdzieni diskrētām kanālam – entropija, savstarpējā informācija, redundance, saspiestamība, pārraides ātrums un to saistība.
2. Pasvītota tās lielā nozīme informācijas pārraides tehnoloģijās.

2. Entropijas lietojums

2.1. Biznesa inteligēnces process ETL un entropijas nozīme tajā

Datu izvilkšana, transformēšana un ielāde (ETL – *extract, transform and load*) ir viens no biznesa inteligēnces jeb datu analītikas procesiem, kas satur datu izvilkšanu no viena vai vairākiem datu avotiem, dažādu datu transformācijas veidu pielietošanu un to ielādēšanu specifiskās mērķa sistēmās. ETL process – izvilkšana, pārveidošana, ielādēšana – ir process datu glabāšanā, kas ietver:

- datu izvilkšanu no ārējiem avotiem,
- pārveidošanu, lai tie atbilstu biznesa vajadzībām (kas var ietvert sevī arī kvalitātes līmeni),
- datu ielādēšanu vajadzīgajā vietā, t. i., datu glabāšanā.

Dati tiek saglabāti datu glabāšanā, vai ETL procesā tie var tikt saglabāti datu bāzē. ETL var tikt izmantots, lai saīstētu divas sistēmas.

Pirmā ETL procesa daļa ir datu izvilkšana no avota. Tie var būt dažādu sistēmu avoti. Katrai sistēmai var būt arī atšķirīgs lietoto datu formāts. Vienādiem datu formātiem ir radniecīgas datu bāzes un izplātā datne³, bet var tikt ietvertas arī neradniecīgu datu bāžu struktūras. Izvelkot datus no datu avotiem, tie ir tādā formātā, lai tos varētu pārveidot.

Būtiska datu izvilkšanas daļa ir datu analīze, vai dati atbilst sagaidāmajam veidam vai struktūrai. Ja neatbilst, tad dati tiek pilnībā noraidīti. (Balta, 2007)

Datu pārveidošanas posms izvilktajiem datiem izmanto likumus vai funkcijas, lai panāktu datu ielādēšanu mērķa datu glabāšanā. Dažiem datu avotiem ir nepieciešama ļoti maza vai pat nekāda datu apstrāde. Citos gadījumos būs nepieciešami viens vai pat vairāki pārveidojumu veidi, lai atbilstu biznesa un tehniskajām prasībām, kādas nepieciešamas galamērķa datu glabāšanai:

- ielādēšanai izvēlēties tikai noteiktas kolonnas datu bāzē (vai nevienu),
- pārveidot kodētās vērtības (piemēram, ja avota sistēmā ar skaitli 1 tiek apzīmēts “vīrietis”, bet ar skaitli 2 – “sieviete”, bet mērķa datu glabāšanā M ir “vīrietis” un S ir “sieviete”, tā ir automātiskā datu attīrīšana), ETL procesā nenotiek manuāla datu attīrīšana,
- pārveidot, lai dati būtu bez vērtībām (piemēram, attēlojot “vīrietis” kā 1 un “Mr” kā M),
- ieviest jaunu aprēķināto vērtību (piemēram, pārdotais daudzums = daudzums*vienības cena),

³ Datne, kas nav fizikāli saistīta ar citām datnēm un nesatur norādes uz tām.

- filtrēšana,
- kārtošana,
- vairāku datu apvienošana no dažādiem avotiem (piemēram, vairāku rindu summēšana),
- apkopošana,
- apmainīt vietām vai sagriezt (pārveidot vairākas kolonnas rindās vai otrādi),
- vienas kolonnas sadalīšana vairākās,
- izmantot jebkuru vienkāršu vai komplicētu datu formu. (Balta, 2007)

Ielādēšanas fāzē dati tiek ielādēti mērķa datu glabātavā, tā saucamajā *data warehouse* ⁴ (DW). Atkarībā no prasībām šis process norit plaši. Dažos DW ik pēc nedēļas tiek pārrakstīta tur esošā informācija ar kopīgiem, atjaunotiem datiem, bet citos DW (vai dažu DW daļās) dati tiek pievienoti laika gaitā, piemēram, ik pēc stundas. Šis laiks un periodiskums, kad pievienot vai aizvietot informāciju, ir stratēģiska izvēle, kas atkarīga no pieejamā laika un biznesa vajadzībām. Kompleksās sistēmas pieprasa vēsturi un pārbaudi visām izmaiņām DW.

Kad ielādēšanas fāze mijiedarbojas ar datu bāzi, ierobežojumi, kas ir definēti datu bāzes shēmā, kā arī triggeros, tiek aktivizēti, kas arī ietekmē vispārējo datu kvalitāti ETL procesa izpildē.

Tipisks reāls ETL process sastāv no šādiem soļiem:

1. Cikla ievadīšana;
2. Norādījumu došana;
3. Izvilksana (no avota);
4. Apstiprināšana;
5. Pārveidošana (tīrīt, pielāgot noteikumiem, pārbaudīt datu viengabalainību, veidot apkopojumus);
6. Organizēšana (ielādēt izveidotās tabulās – ja tādas tiek lietotas);
7. Ziņojumu pārbaude (vai tiek ievēroti nosacījumi, vai kļūdas gadījumā notiek diagnoze un atjaunošana);
8. Publiskošana (izvadīšana mērķa tabulās);
9. Arhivēšana;
10. Tīrīšana. (Balta, 2007)

Datu iegūšanā ir svarīgi lietot efektīvus mērījumu algoritmus. Tiek lietoti mērījumi datu apgabaliem, kas ir balstīti uz Šenona entropiju, lai izpētītu vērtību koncentrācijas līmeni. Šenona entropijas aprēķināšana tiek lietota ielādēto datu sastāva pārbaudīšanas procesā. Aprēķinot Šenona entropiju datu apgabalam, šīs vērtības var tikt izmantotas, lai ziņotu par iespējamu problēmu datu izvilksanas procesā.

DW periodiska datu integrācija no ārējiem avotiem ar ETL procesiem rada lielu daudzumu datu. Kaut arī katrs ETL process satur pārbaudes posmus, tomēr ir iespējams, ka sīkas anomālijas

⁴ Datu noliktava.

var parādīties un var netikt pamanītas. Šīs anomālijas noteikti nav radušās nepareizu darbību rezultātā, tomēr ir lietderīgi tās atrast. Piemēram, ja šajā brīdī kāds no ārējiem datu avotiem nedod datus (vai dod mazāk datu, nekā parasti), kaut kas, iespējams, nav kārtībā. Atrodama šāda kļūda būs vienkārši, izmantojot entropijas aprēķinus, kas definēti datu apgabaliem. Aprēķinot entropiju dotajam datu apgabalam, var tikt iegūta ļoti noderīga informācija attiecībā uz vērtībām datu apgabalu blokos. (Balta, 2007)

Lai aprēķinātu entropiju datu apgabalam, ir jāapzīmē dotais datu apgabals $\pi = \{B_1, \dots, B_n\}$ kā daļa no galīgas un netukšas kopas A. Tad ir iespējams uzrakstīt:

$$X_\pi = \left(\frac{|B_1|}{|A|} \dots \frac{|B_n|}{|A|} \right)$$

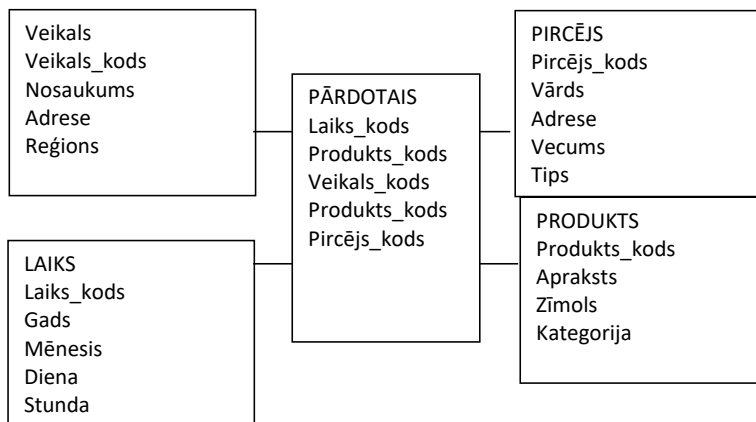
Šenona entropija datu apgabalam π tiek definēta kā Šenona entropija X_π . Šī entropija var tikt lietota, lai izmērītu vērtību koncentrāciju datu apgabālā. Piemēram, ja mums ir kopā A 15 elementi un datu apgabālā 5 šādi bloki, tad katram gadījumam ir:

- $|B_1| = 11, |B_2| = 1, |B_3| = 1, |B_4| = 1, |B_5| = 1 \Rightarrow H(X_\pi) = 1.3699$
- $|B_1| = 6, |B_2| = 6, |B_3| = 1, |B_4| = 1, |B_5| = 1 \Rightarrow H(X_\pi) = 1.8389$
- $|B_1| = 5, |B_2| = 4, |B_3| = 4, |B_4| = 1, |B_5| = 1 \Rightarrow H(X_\pi) = 2.0662$
- $|B_1| = 3, |B_2| = 3, |B_3| = 3, |B_4| = 3, |B_5| = 3 \Rightarrow H(X_\pi) = 2.3219$

Šenona entropijas vērtība ir proporcionāla stāvoklim, kādā elementi tiek vienādi izkaisīti starp apgabala blokiem. Jo lielāka entropija, jo vairāk kopas A elementi ir sadalīti pa π blokiem.

Atkarībā no shēmas dimensiju rakstura ir iespējams identificēt svarīgus gadījumus, kad datu ievadi datu glabātājā izkropļo anomālijas, kas radušās dažu datu nepieejamības gadījumā. Tā kā laiks un telpa vienmēr attēloti DW, piemēram radīsim šādu situāciju: tehnisku iemeslu dēļ vienam no veikaliem (vai reģioniem) nebija iespējams nosūtīt nepieciešamo informāciju DW atjaunošanai. (Balta, 2007)

Otrs piemērs: trūkstošie dati ir noteiktā periodā – vienu dienu.



4.1. attēls. Faktu tabula (Balta, 2007).

Pirmajā gadījumā nepieciešams atrast trūkstošos pārdošanas datus no veikala. Redzams, ka iespējams definēt datu apgabalu, kas inducēts tabulā “Pārdotais” pēc pazīmes *veikala_kods*. Tiek pieņemts, ka pārdotais tiek sadalīts starp 5 veikaliem trīs secīgās dienās.

3.1. tabula

Veikalu ieņēmumi

Diena\Veikals	1	2	3	4	5
1	100,000	110,000	100,005	100,003	120,000
2	130,000	90,000	0	101,000	115,000
3	100,000	110,000	20,000	100,000	120,000

(Balta, 2007)

Ja tiek aprēķināta Šenona entropija šim datu apgabalam par šīm 3 dienām, tad rezultāti ir:

3.2. tabula

Entropija pa dienām

Diena	<i>H</i>
1	2,3179
2	1,9864
3	2,1694

(Balta, 2007)

Rezultāti parāda, ka, uzmanīgi izvēloties līmeni, ir iespējams ziņot par iespējamu kļūdu jebkurā ieejā, kurā entropija nokrītas zem šī līmeņa. Protams, ka atšķirības vērtībās var izraisīt arī tehniska problēma. Piemēram, otrajā dienā no trešā veikala nav ieraksta. Redzams, ka tas

atstāj nozīmīgu ietekmi uz Šenona entropijas lielumu. Tas var būt tehniskas kļūmes pēc vai arī var būt normāla situācija (gadījums, kura dēļ veikals bija jāslēdz šajā dienā). Tomēr šādi pārbaudei, izmantojot entropiju, būtu jāseko līdzī.

Otrajā gadījumā, kad trūkstošie dati bija par noteiktu laika periodu, ieņēmumu skaitīšana un analīze katram veikalam jāveic tāpat. Ienākošajiem datiem būtu jābūt gandrīz vienādi sadalītiem laikā. Šajā gadījumā entropiju var rēķināt katram veikalam, apskatot apgabalu, kas inducēts tabulā pēc pazīmes *laika_kods*. Tad iegūtais rezultāts ir:

3.3. tabula

Entropija pa veikaliem

Veikals	H
1	1,5734
2	1,5788
3	0,6502
4	1,5849
5	1,5847

(Balta, 2007)

Šajā gadījumā var ievērot, ka atšķirība starp entropijas vērtībām parastam veikalam un veikalam, kam radušās problēmas (trešajam), ir lielāka nekā iepriekšējā reizē. Tas ir tāpēc, ka katra veikala vērtības ir vienādākas starp katru dienu nekā katrā atsevišķā dienā.

No šiem diviem piemēriem iespējams secināt, ka arī apzīmējumu izvēle, kas tiek lietota, lai definētu datu apgabalus, ietekmē galarezultātu. Tie jāizvēlas tā, lai normālā situācijā elementu (ierakstu) skaits katram blokam no inducētā apgabala būtu aptuveni vienāds. (Balta, 2007)

Šis piemērs bija ļoti vienkāršs, lai saprastu, kā entropija tiek pielietota. Protams, reāli vieglāk būtu piezvanīt uz šo veikalu, tomēr reāli šādu entropiju ērtāk aprēķināt, nekā meklēt kļūdas, iegūstot informāciju no dažādām datu bāzēm, kur darbības veic dators.

2.2. Entropija kā paroles drošības mērs

Paroles drošība ir paroles kā akreditācijas datu efektivitātes mērs. Tas kalkule, cik mēģinājumi uzbrucējam, kam nav tiešas piekļuves parolei, būtu vajadzīgi, lai precīzi atminētu paroli. Paroles drošība ir garuma, sarežģītības un nejaušības funkcija.

Izvēloties drošas paroles, pazeminās vispārējais risks “izlauzt robu” drošībai, bet drošas paroles neaizvieto vajadzību pēc citām efektīvām drošības kontrolēm. Efektīvas paroles drošību stingri nosaka sistēmas programmatūras izstrādātāji, kā arī tiek noteikts, cik bieži paroles uzminēšanas mēģinājumi var tikt veikti, arī tas, cik droši lietotāju paroles tiek glabātas un pārsūtītas. Pastāv arī riski, kas pārkāpj datoru drošības sistēmu un nav saistīti ar paroles drošību,

piemēram, pārtveršanu⁵, personas datu izmānīšanu, kas ir, interneta lietotāju novirzīšana uz tādām interneta vietnēm, kas “kopē” populāru organizāciju vai zīmolu interneta mājaslapas, ar viltu. Kibernoziedznieku mērķis ir izgūt no lietotājiem to paroles, informāciju par kredītkartēm, ziņas par lietotāju vai citus personas datus, kurus varētu ļaunprātīgi izmantot. Vēl pie kiberuzbrukumiem var pieskaitīt nospiesto klaviatūras taustiņu ierakstīšanu un pēc tam atkārtošanu, lai iegūtu rakstītās paroles, rakāšanos atkritumos, lai izgūtu dzēstus failus, programmatūras ievainojamības⁶ izmantošana u.tml.

Ir divi veidi, kā tiek radītas paroles: pirmā – automātiski, kad simboli tiek sakārtoti pēc nejaušības principa un to dara sistēma, otrā – paroli izdomā cilvēks. Pēc nejaušības principa izveidotas paroles drošību var aprēķināt precīzi. Sarežģītāk ir ar parolēm, kuras ir ģenerētas pēc cilvēka izvēles, ņemot vērā noteikumus vai ieteikumus. Piemēram, konta izveidošana datoru sistēmām. Šajā gadījumā cilvēki mēdz sekot paraugiem šādu uzdevumu izpildīšanā. Turklāt saraksts ar biežāk izvēlētajām parolēm ir pieejams paroļu atminēšanas programmām. Visas paroles no šī saraksta ir atzītas par vājām, tāpat arī tās, kas tiktu iegūtas, nedaudz izmainot kādu no sarakstā esošajām. Dažu desmitu gadu laikā paroļu izmeklēšana, aptverot vairākas datorsistēmas, liecina, ka 40% paroļu vai pat vairāk ir viegli uzminamas, izmantojot tikai datorprogrammas, un vēl vairāk var tikt uzminētas, ja uzbrukuma laikā tiek ievākta sīkāka informācija par lietotāju.

Datoru ražotājiem ir standarts mērīt paroles drošību saskaņā ar informācijas teoriju. Minējumu skaitam, kas nepieciešams, lai atrastu paroli, tiek izmantots skaitļa logaritms pie bāzes 2, kas ir līdzvērtīgs bitu skaitam parolē. Piemēram, parole ar drošības pakāpi 42 biti, kas aprēķināta šādā veidā, būs atbilstoša virknei no 42 nejauši izvēlētiem bitiem. Citiem vārdiem sakot, būtu nepieciešami 2^{42} mēģinājumi, lai atrastu 42 bitu drošu paroli. Tātad, izmantojot entropiju, dubultosies nepieciešamo minējumu skaits, lai paroli atklātu. Vidēji uzbrucējam būs jāizmēģina puse no iespējamajām parolēm, lai atrastu īsto.

Nejauši izvēlētas paroles sastāv no noteikta garuma simbolu virknes, kas ņemti no kādas simbolu kopas, lietojot nejaušas izvēles procesu, kur katrs simbols ir vienlīdzīgs, lai tiktu izvēlēts. Simboli var būt atsevišķas rakstzīmes no rakstzīmju kopas, zilbes, kas būtu izrunājamas paroles, vai vārdi no vārdu saraksta, lai veidotu paroli. Parolēm, kas tiek veidotas, izvēloties izlases veidā skaitli N no simbolu kopas, kur katrs simbols ir vienlīdz iespējams, iespējamo paroļu skaits var tikt aprēķināts, reizinot simbolu skaitu kopā ar N. Paroles pēc nejaušības principa parasti ģenerē datorprogrammas. Šādas programmas var tikt pielāgotas, lai nodrošinātu, ka radītā parole atbilst lokālajai paroles drošības politikai, piemēram, vienmēr radot paroli no burtiem, cipariem un speciālajām rakstzīmēm.

Nejauši izvēlētas paroles drošību var aprēķināt, izmantojot entropiju (4.1. tabula). Ja katrs simbols parolei tiek izvēlēts atsevišķi, tad entropijas formula parolei ir:

⁵ Pieslēgšanās sakaru līnijai, lai noklausītos sarunas vai novērotu un izgūtu datus. Lai izvairītos no nesankcionētas sarunu noklausīšanas draudiem, izmanto galšifrēšanu.

⁶ Jebkura datoru tīkla konstruktīva nepilnība, kas var pazemināt tīkla drošību draudu gadījumā.

$$H = L \log_2 N = L \frac{\log N}{\log 2}, \quad (13)$$

kur N – iespējamo simbolu skaits, L – simbolu skaits parolē. H mērvienība ir biti.

4.1. tabula

Paroles simbolu skaita atbilstība bitiem

Simbolu kopa	N	Entropija
Tikai cipari (0–9)	10	3,32 biti
Tikai mazie burti (a–z)	26	4,7 biti
Tikai mazie burti un cipari (a–z, 0–9)	36	5,17 biti
Visi burti un cipari (a–z, A–Z, 0–9)	62	5,95 biti
Visas standarta klaviatūras zīmes	94	6,55 biti

Gadījumā, ja izvēlas paroli no mazajiem burtiem un cipariem ar astoņiem simboliem, entropija būtu 41 bits ($8 \cdot 5,17$). Tāda paša garuma parolei, bet izvēloties no visām zīmēm, entropija būtu 52 biti.

Nejausi izvēlētas paroles drošība ir atkarīga no izmantotā nejauso ciparu ģeneratora patiesās entropijas.

Cilvēki diemžēl ir kūtri, lai radītu paroles, kas sasniedz pietiekamu entropiju. Analizējot vairāk nekā 3 miljonus astoņu simbolu garas paroles, burts e atkārtojas vairāk nekā 1,5 miljonus reižu, bet burts f tikai 250 000 reižu. Pēc vienotas sadales katrai zīmei būtu jābūt lietotai aptuveni 2000 000 reižu. Visbiežāk lietotais cipars parolēs ir 1, un visbiežāk lietotie burti ir a, e, o un r. (Burnett, 2006)

NSTI⁷ izmanto šādu sistēmu, lai aprēķinātu entropiju:

- Entropija pirmajam simbolam ir 4 biti;
- Entropija nākamajiem 7 simboliem ir 2 biti par simbolu;
- 9–20 simbolam ir 1,5 biti entropija par simbolu;
- Simboliem 21 un vairāk ir viens bits entropija par simbolu (NSTI, 2017).

Tas liecina par to, ka manāmas paroles izveides sistēmas trūkuma gadījumā 8 simbolu parole būs ekvivalenta 18 bitu drošumam. Pat ja būs paroles izveides noteikumi, ka parolei jāsaturs vismaz viens skaitlis, viens simbols un gan lielie, gan mazie burti, tā sasniegs tikai 30 bitu entropiju.

NSTI standarts visdrošākajām parolēm ir 80 biti, kas var tikt sasniegts ar 12 simbolu garu paroli ar izvēli no 95 simboliem, t. i., no visām klaviatūras zīmēm. ($12 \cdot 6,5 = 78$ biti). (Carné de Carnavalet, X. 2014) Piemērs šādai parolei ir A11#jd93&@N\$.

⁷ Nacionālais standartu un tehnoloģijas institūts.

Aprēķinot entropiju vārdam (nevis pēc NSTI noteiktajiem standartiem), *CertainKey Cryptosystems* produktu izstrādātāji ir aprēķinājuši, ka paroles entropijai vajadzētu pārsniegt vismaz 3 bitus. Šeit ir rekomendācijas drošas paroles izveidei:

- parole nav balstīta uz angļu valodas vārda;
- parole satur vismaz 3 mazos burtus;
- parole satur vismaz 3 lielos burtus;
- parole satur vismaz 2 skaitļus;
- parolei jābūt vismaz 8 simbolus garai.

Izveidojot šādu paroli Lb1Vv2Il, entropija ir tieši 3 biti. Lai atminētu šādu paroli, datoram būtu nepieciešamas 500 dienas. Ievadot savu vārdu vai telefona numuru kā paroli, datoram pat nav vajadzīga viena diena, lai atšifrētu paroli. A1l#jd93&@N\$. Paroles atminēšanai būs vajadzīgas 999999999 dienas, t. i., parole ir principā neatšifrējama. (*Burnett, 2006*)

2.3. Šenona entropijas aprēķins, lai pieņemtu lēmumu

Šenona entropija var kalpot kā palīgs, lai pieņemtu lēmumus. Aprēķinus, kas balstīti uz Šenona entropiju, izmanto, lai raksturotu pircēju gaumi vai pēc simptomiem noteiktu iespējamo pacienta slimību.

Lai nolemtu, vai rekomendēt kādu produktu, sākotnēji nepieciešama dinamiska īpašība, kas raksturo produktu, un ietekmes sadale. Tabulā 4.2. norādīts produkta ID, apraksts, cenas novērtējums un kvalitātes novērtējums, ko sniedzis eksperts. Tabulā 4.3. attēlots, kad produkts ir pirktis un vai tas ir jauns. (*Lopez, 2007*)

4.2. tabula

Produktu raksturojums (*Lopez, 2007*)

Id Produkta	Apraksts	Cena	Kvalitāte
P1	Produkts 1	0.4	0.6
P2	Produkts 2	0.2	0.5
P3	Produkts 3	0.4	0.4
P4	Produkts 4	0.4	0.5

4.3. tabula

Nopirkto produktu daudzums (*Lopez, 2007*)

Lietotājs	Id Prod.	Datums	Daudzums	Jauns
1	P1	01/01/2005	2	Nē
1	P2	14/01/2005	1	Nē
1	P3	04/02/2005	3	Nē
1	P4	07/02/2005	1	Jā

Otrais solis ir entropijas aprēķināšana “pirms” un “pēc” jaunais produkts parādījies tirgū. Pēc iegūtajiem entropijas rezultātiem tiek pieņemts lēmums, rekomendēt produktu vai ne. (Lopez, 2007)

Aprēķiniem tiek izmantota formula

$$H_j = - \left(\sum_{i=1}^b p_{ij} \log_2 p_{ij} \right) * 1/b, \quad (14)$$

kur p_{ij} ir produkta piršanas biežums, ko aprēķina $p_{ij} = \frac{a}{n}$, kur a – nopirkto preču daudzums ar vienādu īpašību (cenu vai kvalitāti), n – visu nopirkto produktu daudzums un b – to produktu skaits, kam ir vienāda īpašība. (Lopez, 2007)

Tātad aprēķins pirms produkta Nr.4 parādās tirgū:

$$\text{Pēc cenas: } p_1(0,4) = \frac{5}{6}; p_2(0,2) = \frac{1}{6}; p_3(0,4) = \frac{3}{6}$$

$$H(c) = - \left(\frac{5}{6} \log_2 \left(\frac{5}{6} \right) + \frac{1}{6} \log_2 \left(\frac{1}{6} \right) + \frac{1}{2} \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) \right) \times \frac{1}{2} = 0,32501$$

$$\text{Pēc kvalitātes: } p_1(0,6) = \frac{2}{6}; p_2(0,5) = \frac{1}{6}; p_3(0,4) = \frac{3}{6}$$

$$H(k) = - \left(\frac{1}{3} \log_2 \left(\frac{1}{3} \right) + \frac{1}{6} \log_2 \left(\frac{1}{6} \right) + \frac{1}{2} \log_2 \left(\frac{1}{2} \right) \right) \times \frac{1}{3} = 0,48638$$

Aprēķins pēc produkta Nr.4 iekļaušanas tirgū:

$$\text{Pēc cenas: } p_1(0,4) = \frac{5}{7}; p_2(0,2) = \frac{1}{7}; p_3(0,4) = \frac{1}{7}$$

$$H'(c) = - \left(\frac{5}{7} \log_2 \left(\frac{5}{7} \right) + \frac{1}{7} \log_2 \left(\frac{1}{7} \right) + \frac{5}{7} \log_2 \left(\frac{5}{7} \right) \right) \times \frac{1}{3} = 0,3829$$

$$\text{Pēc kvalitātes: } p_1(0,6) = \frac{2}{7}; p_2(0,5) = \frac{2}{7}; p_3(0,4) = \frac{3}{7}$$

$$H'(k) = - \left(\frac{2}{7} \log_2 \left(\frac{2}{7} \right) + \frac{2}{7} \log_2 \left(\frac{2}{7} \right) + \frac{3}{7} \log_2 \left(\frac{3}{7} \right) \right) \times \frac{1}{3} = 0,51889$$

Tiek aprēķināta starpība, šoreiz cenai - $dif_{cena} = |H'_{cena} - H_{cena}| = 0,05793$

Aprēķināta tiek arī vērtība $\varepsilon = \frac{1}{[n \times \log_2(n)]}$, kur n ir visas nopirkās preces.

$\varepsilon = 0,05089$. Parametrs ε ir atkarīgs no cenas un kvalitātes vērtībām un no produktu daudzuma.

Lēmums tiek pieņemts, salīdzinot H' un vērtību ε . Produkts netiek rekomendēts, jo vērtība H' nepārsniedz ε , tas ir, $0,05793 > 0,05089$. (Lopez, 2007)

2.4. Valodu entropija

Dabiskā valoda ir viens no galvenajiem komunikācijas līdzekļiem. Kā zīmju sistēma tā ir instruments informācijas novadišanai un izplatīšanai. Ar savas zīmju sistēmas, simbolu un to kombinācijas, savienošanas un salikuma likumu palīdzību valoda ir unikāls komunikācijas kods, saskaņā ar kuru tiek lietoti arī citi neverbālie kodi.

Valoda kopš saviem pirmsākumiem ir arī informācijas uzkrāšanas līdzeklis un veido struktūru un “navigācijas sistēmu” glabātajai informācijai. Tieši tādēļ valoda veido konceptuālus un pat uztveres likumus. Valoda kā komunikācijas līdzeklis ir atvērts kods ar īpašiem attīstības likumiem.

Ar informāciju pārblīvētā telpā, kurā modernās tehnoloģijas atļauj ciešu mijiedarbību starp cilvēkiem, kuru atrašanās vietas ir lielā attālumā viena no otras, un kurā informācija plūst un tiek apmainīta tādos ātrumos kā mūsdienās, jāmaina arī pieeja valodas pētīšanai un normu noteikšanai dabiskai valodai, lai valoda attīstītos nevis kā abstrakts līdzeklis abstraktai komunikācijai, bet kā bagāts, radošs rīks, ar kura palīdzību var glabāt un nodot tālāk informāciju par jauno un ātri mainīgo realitāti. Tāpēc ir nepieciešami ne tikai valodas pielietojuma, gramatikas, sintakses un stila pētījumi, bet ir svarīgi pievērst arī uzmanību valodas statistiskajām īpašībām. (*Papadimitriou, 2010*)

Jau rakstot bakalaura darbu par valodas entropiju, autorei diemžēl nācās secināt, ka par mūsu valodas entropiju un statistiskajām īpašībām nav nekādu pētījumu, neviena aprēķina, turpretī angļu un krievu valodā runājošie savu valodu ir izpētījuši ļoti smalki – veikuši aprēķinus dažādu žanru literatūrai: gan dzejai, gan romāniem, gan telegrammām. Arī entropijas aprēķini veikti ļoti augstās pakāpēs, krievu valodā pat līdz astotajai. Bakalaura darbā autore aprēķināja entropiju preses sakaru kanālam, bet maģistra darbā dažādiem avotiem, lai tos varētu salīdzināt un meklēt sakarības starp žanru, kādā darbs rakstīts, un entropijas skaitli.

Valodu entropija

H(N)	Angļu valoda	Krievu valoda
H(0)	4.75	5
H(1)	4.07	4.05
H(2)	3.36	3.52
H(3)	2,77	
H(8)		2

K. Šenons šādus skaitļus ieguvis, analizējot septiņus literāros darbus. Pirms aprēķinu sagatavošanas lielie burti tika pārveidoti uz mazajiem, tika izņemti visi skaitļi un speciālās rakstzīmes, kopā bija 5 086 936 simboli. (*Kulkarni, 2002*) Valodu entropija tiks aplūkota arī tālāk (skat. 9. nodaļu).

Autore secina, ka entropijas pielietojums ir ļoti plašs. To iespējam pielietot ļoti dažādās nozarēs un dažādiem informācijas nesējiem.

Secinājumi

1. Detalizēti izskatīta Šenona entropijas lietošana biznesa inteligences procesos. Izcelta tās svarīgā nozīme.
2. Analizēta entropijas kā informācijas drošības mēra loma.
3. Aplūkota valodu entropijas nozīme lingvistikā. Konstatēts, ka latviešu valodas entropija līdz autores darbiem nav aprēķināta un analizēta. Tas tiks darīts tālāk disertācijas izklāstā.

3. Kodi, to nozīme un to vēsture

3.1. Vispārīgs priekšstats par kodēšanu un dekodēšanu

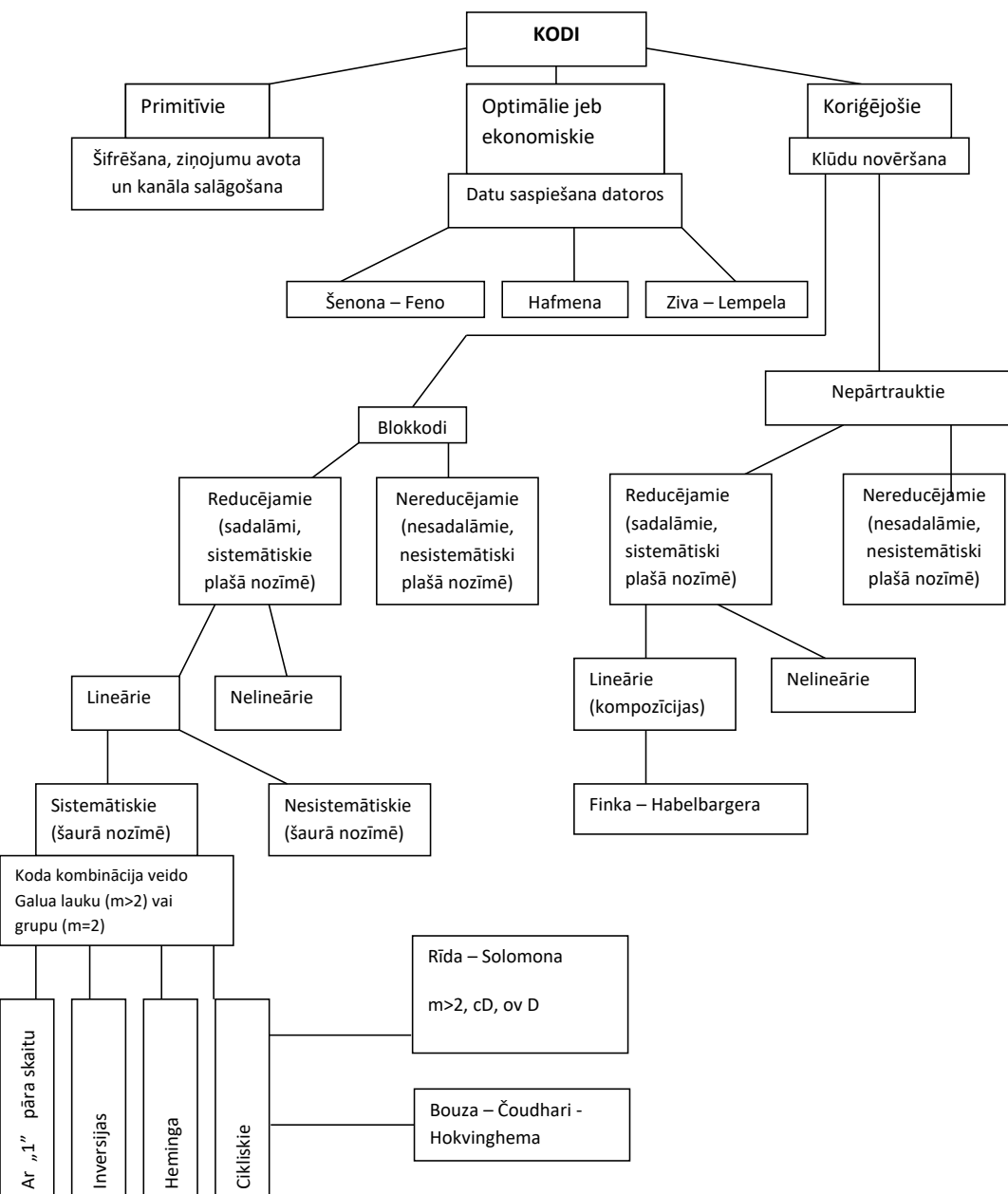
Par kodēšanu sauc informācijas attēlošanu ar iepriekš norunātiem simboliem vai signāliem pēc iepriekš noteiktas kārtulas. Kodēšana plašā nozīmē ir signāla pārveidošana, lai to labāk pārraidītu un uztvertu, tā ir ziņojuma pārveide citā formā, tādā, kas pēc kāda kritērija ir vairāk piemērota pārraidei. Kodēšana šaurā nozīmē ir pielietošana diskrētiem ziņojumiem.

Ja kāds ziņojums ir attēlots ar minētajiem simboliem vai signāliem, tad saka, ka tas ir kodēts. Kodēta ziņojuma pārveidošanu sākotnējā formā sauc par šī ziņojuma dekodēšanu.

Ikdienā visu informāciju parasti izsakām dzimtajā valodā, arī tā ir uzskatāma par noteiktu kodēšanas veidu. Teksta tulkošana no vienas valodas citā ir šī teksta kodēšana vai dekodēšana.

Atkarībā no informācijas glabāšanas vai pārraides ierīču īpatnībām lieto dažādas pieļaujamo simbolu kopas jeb koda alfabētus. Katram simbolam atbilst ierīces elementu noteikts stāvoklis, kuram jābūt droši atšķiramam no stāvokļiem, kas atbilst citiem simboliem. Kodēšana ir viens no datorzinātņu un informācijas tehnoloģiju pamatuzdevumiem.

Informāciju ir svarīgi prast kodēt (ierakstīt, reģistrēt) precīzā un efektīvā veidā, lai varētu šo informāciju apstrādāt un uzglabāt. Visa informācija, kas eksistē reālajā pasaulē, ir diskrēta un var tikt aprakstīta ar diskrētās matemātikas jēdzienu palīdzību.



5.1. att. Kodu klasifikācija
(Zjuko, A. G., Korobov, Y. F., 1972; Mackay, D. J. C., 2006).

Kodu iedalījums ir redzams 5.1. attēlā, visi kodi iedalās trijās lielās grupās:

- primitīvie kodi (šifri),
- optimālie jeb ekonomiskie kodi – visīsākās kodu kombinācijas (Bodo, Feno),
- koriģējošie kodi – kodi, ar kuru palīdzību var fiksēt un novērst kļūdas.

Valoda ir atjaunojams kods, tāpēc savā darbā sīkāk apskatu tieši šos koriģējošos kodus, kas tālāk iedalās:

- blokkodi – koda kombinācijai paredzēts noteikts skaits bitu,
- nepārtraukti kodi – kods kā simbolu virkne.

Efektīvie kodi – optimālākie no koriģējošiem kodiem, neefektīvie – vairāk kodu kombināciju, nekā vajadzīgs.

Galvenie kodēšanas uzdevumi:

- 1) reprezentēt jebkuras dabas datus (skaitļus, tekstus, programmas, attēlus, skaņas u.c.) datoru atmiņā,
- 2) aizsargāt informāciju no nesankcionētas pieejas (šifrēšana),
- 3) nodrošināt informācijas apmaiņu pa sakaru līnijām bez kļūdām (kļūdas labojošā kodēšana),
- 4) efektīvi izvietot informāciju (informācijas “saspiešana”, arhivēšana).

Kodēšanas uzdevums vispārīgā veidā – ja ir doti ziņojuma ansamblis un kodu alfabēts, atrast kodējošo funkciju, kas apmierina dotos nosacījumus un ir kaut kādā nozīmē optimāla (piemēram, kodu garumi ir minimāli).

Iespējamie kodēšanas nosacījumi var būt:

- 1) dekodējošās funkcijas eksistēšana – svarīgs nosacījums, bet ne vienmēr tiek pieprasīts, piemēram, programmu kompilēšanā,
- 2) drošība kļūdu gadījumā,
- 3) noteikta kodējošās un dekodējošās funkcijas aprēķināšanas grūtības pakāpe, piemēram, šifrēšanā kodējošai funkcijai ir jābūt viegli aprēķināmai, bet dekodējošai funkcijai – grūti aprēķināmai.

Dekodēšana ir kodētā ziņojuma pārveide sākotnējā ziņojumā, aizvietojojt esošās, pirms tam kodētās zīmes ar sākotnējā ziņojuma elementiem. (*Carlson*, 1986), (*Ozols A.*)

3.2. Šifri un šifrēšanas vēsture

“Kodus, ko lieto slepenības nodrošināšanai, sauc par šifriem. Vajadzība šifrēt uzrakstīto radās līdzās rakstībai. Senās Indijas, Ēģiptes un Divupes vēsturiskajos dokumentos atrodamas ziņas par šifrēto rakstu sastādīšanas sistēmām un paņēmieniem. Tā seno indiešu manuskriptos ir izklāstīti 64 veidi teksta pārveidošanai, to starpā zīmju rakstīšanas secības jaukšanas noteikumi. Daudzus no šiem veidiem var uzskatīt par kriptogrāfiskiem, tā kā tie nodrošina sarakstes slepenību. Slēptā rakstība tolaik esot skaitījusies par vienu no 64 prasmēm, kuru vajadzētu pārzināt gan vīriešiem, gan sievietēm.” (*Līce*, 2006)

“Senās Grieķijas rašanās laikā kodēšana piedzīvoja manāmu uzplaukumu. Spartā 5.–6. gs. p. m. ē. tika izmantoti šādi pazīstami šifrēšanas rīki – *Scitals*, Eneja disks un grāmatu šifrs.” (Līce, 2006)

“*Scitals* (klaidonis) – taisns cilindrisks priekšmets, uz kura tika uztīta papirusa strēmele, neatstājot starpas starp malām un bez pārļaišanām. Tad uz šī cilindra tika uzrakstīts teksts un strēmele notīta un aizsūtīta. Nolasīt tekstu varēja, uztinot strēmeli uz tāda paša diametra cilindra. Arhimeds kā atšifrēšanas metodi piedāvāja papirusa strēmeli uztīt uz konusa. Pamazām pārvietojot strēmeli uz augšu, vienā vietā teksts kļūs salasāms un kļūst zināms konusa diametrs.” (Līce, 2006)

“Sengrieķu pulkvedis Enejs Taktika izgudroja Eneja disku. Nelielā diskā tika izurbti caurumiņi, no kuriem katrs apzīmēja kādu alfabēta burtu. Cauri šiem caurumiem tika izvērts diegs atbilstoši aizkodējamā teksta burtu secībai, un atšifrēt tekstu varēja, velkot diegu ārā. Šī it kā primitīvā metode bija noderīga kara apstākļos, jo ziņojuma pārtveršanas draudu gadījumā viegli varēja saplēst diegu, tādā veidā iznīcinot sūtījuma saturu. Pēc līdžīga principa darbojās arī Eneja lineāls. Viena no šifrēšanas metodēm, kura tika izmantot līdz pat XX gs. un kuru aprakstīja Enejs, ir tā sauktais “grāmatu šifrs”. Viņš piedāvāja virs grāmatas attiecīgajiem burtiem izdurt nelielus caurumiņus. Tad attiecīgi zinātais no šiem burtiem varēja salikt vēstījumu. Vēl viens grāmatu šifrēšanas veids ir vienošanās par iespieddarbu, lapaspušu, rindiņu un burta secīgo numuru rindiņā, tādējādi aizšifrējot tekstu ar cipariem.” (Līce, 2006)

“Polībija ir aprakstījis sistēmu, kas tiek saukta par “Polībija kvadrātu”. 5x5 rūtiņu kvadrātā tika sarakstīts latīņu alfabēts, un vēstījuma teksts tika aizkodēts ar burtu koordinātēm.” (Līce, 2006)

“Jūlijs Cēzars izmantoja šifru, kurā, pierakstot tekstu, burtus nobīdīja alfabētā par 3 uz priekšu. Ja aizkodētais teksts bija garš, tad gan Polībija, gan Cēzara šifru varēja salīdzinoši viegli atkodēt, zinot valodā lietojamākos burtus.” (Līce, 2006)

3.2.1. Renesanse (XIV–XVI)

“Līdz Renesanses laikmetam ir maz ziņu par pielietotajiem kodiem. Šķiet, populārākais veids bija burtu aizstāšana ar simboliem. Tāds ir arī Kārļa Lielā (780.–814. g.) šifrs.” (Līce, 2006)

“Renesanses laikā attīstās zinātne un amatniecība, tiek izdotas pat vairākas grāmatas par alfabēta kodēšanu jeb kriptogrāfiju. Pirmā drukātā grāmata tika izdota 1518. gadā. Tās autors ir abats Johans Tritēmijs. Viens no tajā aprakstītajiem šifrēšanas veidiem attīsta daudzalfabētu aizvietošanas ideju. Šifrēšana tiek veikta šādi: tiek sagatavota aizvietošanas tabula (5.1. tabula), kurā pirmā rinda ir alfabēts, otrā rinda ir alfabēts, kas pabīdīts par vienu soli, utt. Šifrēšanas laikā, atvērtā teksta pirmais burts tiek aizstāts ar burtu, kas atrodas pirmajā rindā, otrais burts ar burtu, kas atrodas otrajā rindā utt.” (Līce, 2006)

“1553. gadā iznāk neliela grāmata “Senjora Belazo šifrs”. Par autoru Džovanni Belazo ir zināms maz. Viņa ieguldījums ir tajā, ka viņš piedāvāja lietot vārdu vai vārdu grupu kā paroli.

Teksta aizkodēšana notika šādi: tika izveidota aizvietošanas tabula, kurā alfabēts sākās ar atbilstoša vārda pirmo burtu. Aizvietošanas tabulā ar paroli “Anita” vārda “saule” aizkodēšana izskatīsies šādi “TODFF.” (Līce, 2006)

5.1. tabula

Aizvietošanas tabula (Līce, 2006)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A

“Itāļu matemātiķis un filozofs Džirolamo Kardano uzraksta grāmatu “Par smalkām lietām”, kuras daļa ir veltīta kriptogrāfijai. Viņa ieguldījums sastāv no divām lietām. Pirmkārt, izmantot atvērto rakstu kā atslēgu, otrkārt viņš piedāvāja šifru, kas mūsdienas ir pazīstams kā Kardano režģis. Ir režģis, kurā tukši ir tikai daži caurumi. To uzliek un tajos caurumos ieraksta tekstu, tad režģi pagriež un turpina rakstīt.” (Līce, 2006)

“XVI gadsimtā vēl vienu zīmīgu soli kriptogrāfijas attīstībā spēra Blezs Viženers, franču sūtnis Romā, viņš 1585. gadā uzrakstīja grāmatu “Traktāts par šifriem”, kurā izklāsta kodēšanas un kriptogrāfijas pamatus.” (Līce, 2006)

3.2.2. Tendences XVII–XVIII gs.

“XVII gs. mēdz saukt par melno kabinetu ēru, jo šajā laikā radās pirmie dešifrēšanas dienesti. Vienu no tādām nodaļām izveidojis bija arī Francijas karalis Ludvigs XIV pēc kardināla Rišelje priekšlikuma, un to vadīja Antuans Rossinjols. Rossinjolam pat pieder doktrīna, ka kara šifra izturībai ir jābūt tik lielai, lai nodrošinātu ziņojuma slepenību pavēles izpildei nepieciešamajā laika posmā. Diplomātiska šifra izturībai ir jābūt tādai, lai nodrošinātu slepenību vairāku desmitu gadu garumā. Pats Rišelje ir radījis “Rišelje šifru”, kas ir pārkārtojumu šifrs. Tajā atklātais teksts tiek sadalīts nogriežņos, un nogriežņu iekšpusē burti tiek pārkārtoti atbilstoši fiksētiem pārkārtojumiem.” (Līce, 2006)

“Šajā laika posmā rodas “masonu šifrs”, kas bija oriģināls zīmju šifrs, kurā no uzrakstīta alfabēta uz diviem krustiem, taisna un slīpa, tika ņemtas zīmes burtu aizvietošanai.” (Līce, 2006)

3.2.3. XIX gs. kriptogrāfijas izgudrojumi

“1819. gadā Francijā iznāk enciklopēdija, kurā tiek apkopoti tolaik zināmie šifru un to atšifrēšanas piemēri. Jaunu pavērsienu šifrēšanas attīstībā nodrošina S. Morzes 1844. gada izgudrojums – telegrāfs. Uzreiz tika nopublicēts komercakods ar nosaukumu “Vārdnīca slepenajai korespondencei; pielāgota lietošanai uz elektromagnētiskā Morzes telegrāfa”. Komercakodu attīstība atstāja iespaidu arī uz diplomātiskajiem kodiem. Sakaru šifrēšanas speciālisti nonāca pie secinājuma, ka sakaru šifrēšanā ir nepieciešama hierarhija, kurā katram hierarhijas līmenim būtu sava šifrēšanas sistēma. Pieaugot datu pārraides ātrumam, radās nepieciešamība pēc datu šifrēšanas ātruma paaugstināšanas, kas veicināja mehānisko ierīču radīšanu. To starpā T. Džefersona šifrators un Č. Vinstona šifrators.” (Līce, 2006)

“1863. gadā Prūsijas armijas majors Fridrihs Kazijskijs publicē grāmatu ar nosaukumu “Slepenrakstības māksla un dešifrēšana”, kurā jauns ieguldījums kriptogrāfijā bija jaunas metodes izklāstīšana, ar kuru varēja atvērt daudzalfabētu šifru, piemēram, Vinžera šifru, kurš līdz šim tika uzskatīts par neuzlauzamu. Kazijskijs piedāvāja paroles burtu skaita statistiskās analīzes metodi, kas balstīta uz sekojošo: burtu atkārtotāšanās parolē kopā ar burtu atkārtotāšanās atvērtajā tekstā dod burtu atkārtotāšanās šifrētajā tekstā. Autors nonāca pie secinājuma, ka attālums starp atkārtotajiem šifrētajā tekstā būs vienāds vai daļiesies bez atlikuma ar paroles periodu, t. i., tā garumu. Pēc paroles garuma noskaidrošanas aizšifrētais teksts tiek sadalīts gabalos, kas ir vienādi ar paroles garumu. Vienīgais atlikušais uzdevums ir noskaidrot nobīdi. Šī metode tiek saukta par Kazijskija metodi.” (Līce, 2006)

“No XIX gs. 80. gadiem visās vadošajās valstīs kriptogrāfiju sāk uzskatīt par zinātņi un sāk mācīt militārajās akadēmijās.” (Līce, 2006)

3.2.4. XX gadsimts

“XX gs. ir divu pasaules karu laiks un zinātniski tehniskā progresa laiks. Laiks, kad tika pārdalītas valstu robežas. Šajā gadsimtā valodas kodēšana vispirms kļuva elektromehāniska un pēc tam – elektroniska.” (Līce, 2006)

“Populārākās pagājušā gadsimta 20. gadu šifrēšanas mašīnas, kas bija izgudrotas šifrēšanas automatizēšanai, bija amerikāņu SIGABA M-134, angļu TYPEX, vācu ENIGMA un japāņu PURPLE. Tās visas darbojās pēc rotora principa: mehāniska rata, kas tika lietots substitūcijas veikšanai. Rotoru mašīnas sastāv no klaviatūras un savā starpā sasiētiem rotoriem. ENIGMA gadījumā šifrēšana notika pēc Viženera (franču XVI gs. diplomāts) principa, vairāk – alfabētu šifra principa, kas tika publicēts 1586. gadā un nosaukts franču XVI gs. diplomāta vārdā, kurš nodarbojās ar šifrēšanas sistēmu pilnveidošanu. Viženera šifrēšanas princips ir līdzīgs Cēzara šifrēšanai, kurā substitūciju atslēga mainās no burta uz burtu.” (Līce, 2006)

“Vēlāk, 20. gs. 80. un 90. gados, kriptogrāfija ieņēma nopietnu lomu komerciālajā komunikāciju nozarē. Datoru un interneta plašā izmantošana mainīja tās elitāri militāro nozīmi,

un datu šifrēšana kļuva par kritiski nepieciešamu nozari informācijas tehnoloģijās. Šobrīd vispopulārāko algoritma principu RSA izgudroja 70. gados.” (Līce, 2006)

Tātad jau no seniem laikiem ir bijusi vajadzība kodēt informāciju, alfabētu un valodu, lai to droši pārraidītu, bet bijusi arī vajadzība saņemto informāciju atkodēt un saprast. Laikam ejot uz priekšu, pieaug informācijas kodēšanas sarežģītība, kā arī pārraidīšanas tehnoloģijas.

3.3. Koriģējošie kodi

Koriģējošie kodi ir tādi kodi, kas tiek nosūtīti kopā ar informāciju, lai traucējumu gadījumā tiktu konstatētas un vajadzības gadījumā izlabotas radušās kļūdas.

Kļūdas koriģējoša metode ar paritātes bitu jau tika aprakstīta 2.3. punktā. Paritātes bita metode nav ļoti spēcīga, jo tad, ja pārraidot mainīsies bitu skaits, kļūda netiks atklāta. Ja kļūda tiek atklāta, tomēr nav iespējams noteikt to, kurš bits bija kļūdainais, kodu nav iespējams izlabot. Traucētas pārraides gadījumā normāla pārraide un kļūdu izlabošana var aizņemt ļoti ilgu laiku vai pat nekad nenotikt. Lai arī paritātes bita metode nav tik efektīva, tomēr tā aizņem tikai vienu bitu, un tad, ja zināms trūkstošais bits, atrod un izlabo kļūdu. (*Wikipedia*, 2022)

1940. gadā Bells lietoja kodu, kuru sauca “divi no pieciem” (*two out of five*). Šis kods nodrošināja, ka katrā piecu bitu (5-block) blokā būs tieši divi vieninieki. Uztvērējs varētu atrast kļūdu, ja saņemtajā blokā nebūtu tieši divu vieninieku. Tomēr arī šis kods spēj atklāt tikai nepāra kārtas kļūdas. Ja vienā blokā viens bits izmainītos no 0 uz 1, bet otrs no 0 uz 1, kļūdu atklāt nebūtu iespējams, jo koda likums izpildītos un blokā būtu divi vieninieki. (*Wikipedia*, 2022)

Lietojot kādu citu kodu, katrs bits, lai būtu nodrošināta tā pareiza nosūtīšana, vienā laikā tiek nosūtīts vairākas reizes. Piemēram, ja tiek sūtīts skaitlis 1 un $n=3$ – atkārtojošais kods, tad tiek nosūtīts “111”. Ja trīs saņemti biti nav identiski, tiek konstatēta kļūda. Ja kanāls ir pietiekami tīrs no traucējumiem, tad lielākoties nevajadzētu mainīties vairāk par vienu no trijiem bitiem. Tādā gadījumā 001, 010 un 100 atbilst vērtībai 0, bet 110, 011 un 101 atbilst vērtībai 1. Biti tiek skaitīti līdzīgi kā balsis, lai noskaidrotu oriģinālo bitu. Kodu, kuram ir spēja rekonstruēt oriģinālo ziņojumu kļūdu klātbūtnē, sauc par kļūdu koriģējošo kodu (*error-correcting code*). Tomēr arī šie kodi nespēj atklāt visas kļūdas. Piemēram, ja sistēma sajauc divus bitus, nevis vienu, un uztvērējs saņem 001, tiek konstatēta kļūda un pieņemts, ka pareizais bits ir 0, kas nebūs pareizi. Ja tiek palielināts skaitlis n , un $n = 4$, tad ir iespējams konstatēt arī to, ja divi biti ir kļūdaini, bet nebūs iespējams kļūdu izlabot pāra “balsošanas” dēļ; ja $n = 5$ būs iespējams konstatēt visas divu bitu kļūdas, bet nebūs iespējams konstatēt visas trīs bitu kļūdas. Tātad arī atkārtojošais kods n ir neefektīvs, jo efektivitāte stipri krītas, ja tiek palielināts bitu atkārtošanas skaitlis, lai uzrādītu un atklātu vairākas kļūdas. (*Wikipedia*, 2022)

Heminga kodi ir bināru lineāru blokkodu saime, ko 1950. gadā atklāja Ričards Hemings un kas ļauj atrast un izlabot jebkuru atsevišķu kļūdu koda kombinācijā. No pirms tam eksistējošajiem iepriekšminētajiem kļūdu labojošajiem kodiem neviens nebija ne tuvu tik efektīvs kā R. Heminga atklātais. (*Haddadi*, 2004)

Ja ar ziņu tiek nosūtīti vairāki kļūdu koriģējošie biti un ja šos bitus būtu iespējams pārveidot tā, ka atšķirīgie nepareizie biti radītu atšķirīgu kļūdainu rezultātu, tad “sliktos” bitus būtu iespējams identificēt. Septiņu bitu ziņojumā ir iespējamas septiņas viena bita kļūdas, tāpēc trīs kļūdu kontrolbiti varētu ne tikai norādīt uz kļūdas ieviešanas, bet arī uz kļūdainajiem bitiem. (*Hamming, 1950*)

R. Hemings ir aizrautīgi studējis visas kodējošās shēmas, ieskaitot kodu divi no pieciem, un vispārināja to pamatus, kā arī radīja terminoloģiju, ieskaitot informācijas daudzumu bitos un kļūdu koriģējošajiem bitiem blokā. Pieņemot pēc ASCII ar 7 bitu vārdiem, R. Hemings aprakstīja tos ar (8,7) kodu, kur no astoņiem bitiem septiņi ir informācijas biti. Informācijas ātrums ir iekavās otrā cipara daļējums ar pirmo, šajā gadījumā 7/8. (*Hamming, 1950*)

R. Hemings pievērsa uzmanību arī tam, ja kļūdaini bija 2 un vairāk bitu, to viņš aprakstīja kā “attālumu”, kas tagad tiek saukts par Heminga attālumu. Lai vieglāk būtu saprotams, ir jāsāk ar piemēru:

Heminga attālums starp **1011101** un **1001001** ir 2

Heminga attālums starp **2143896** un **2233796** ir 3

Heminga attālums starp **LINDA** un **LIEPA** ir 2

Tātad, ja attālums ir 2, tad biti tiek atkārtoti 2 reizes, bet, ja attālums ir 3, tad 3 reizes, tādējādi, ja kļūdaini būtu 2, tas nepaliktu nepamanīts, jo būtu zināmi pareizie biti, kuriem būtu jābūt vienādiem ar blakus stāvošā atbilstošajiem bitiem. (*Hamming, 1950*)

Heminga attālums ir simbolu skaits starp diviem kodiem. (*Hamming, 1950*)

R. Hemingu interesēja divas lietas – pēc iespējas vairāk palielināt “attālumu” un tajā pašā laikā palielināt informācijas pārraides ātrumu. 40. gados viņš atklāja dažas kodēšanas sistēmas, kas bija dramatiski uzlabojumi eksistējošajiem kodiem. Heminga sistēmas visa atslēga bija pārbaudes biti, kas daļēji sakrīta ar nosūtāmo informāciju, tie bija gan kontrolbiti, gan informācija vienlaicīgi. (*Hamming, 1950*)

Algoritms ar pārbaudes bitiem galvenajam Heminga kodam ir vienkāršs:

1. Pozīcijas 2^n (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, utt.) ir pārbaudes biti;
2. Pārējās pozīcijas ir kodējamā informācija;
3. Katrs pārbaudes bits aprēķina paritāti dažiem bitiem koda vārdā.

Pārbaudes bita pozīcija norāda kārtību, kādā biti ir jāpārbauda vai jāizlaiž;

- Pozīcija $1(n=1)$: pārbauda 0 bitu ($n-1$), 1 bitu (n) izlaiž, 1 bitu (n) pārbauda, 1 bitu (n) izlaiž, 1 bitu (n) pārbauda utt.
- Pozīcija $2(n=2)$: pārbauda 1 bitu ($n-1$), divus (n) bitus izlaiž, divus (n) bitus pārbauda, divus (n) bitus izlaiž, divus (n) bitus pārbauda utt.
- Pozīcija $4(n=4)$: pārbauda 3 bitus ($n-1$), 4 bitus (n) izlaiž, 4 bitus (n) pārbauda, 4 bitus (n) izlaiž, 4 bitus (n) pārbauda utt.
- Un tā uz priekšu.

Piemērs, lietojot (11/7) Heminga kodu:

Apskatīsim 7 bitu kombināciju “0110101”. 5.2. un 5.3. tabulā ir redzams, kā Heminga kodi darbojas, lai atrastu un izlabotu kļūdu. **i** tiek lietots, lai apzīmētu informācijas bitus, bet **p**, lai apzīmētu pārbaudes bitus. Vispirms nosūtāmās informācijas biti tiek salikti atbilstošajās pozīcijās un tad pievienoti un aprēķināti pārbaudes biti. (*Hamming*, 1950)

5.2. tabula

Heminga koda pārbaudes bitu piešķiršana (*Hamming*, 1950)

	p ₁	p ₂	i ₁	p ₃	i ₂	i ₃	i ₄	p ₄	i ₅		i ₆	i ₇		p ₁	p ₂	i ₁	
Nosūtāmā kombinācija (bez pārbaudes)			0		1	1	0		1		0	1		Nosūtāmā kombinācija (bez pārbaudes)			0
p₁ pozīcijas	1		0		1		0		1			1		p₁ pozīcijas	1		0
p₂ pozīcijas		0	0			1	0				0	1		p₂ pozīcijas		0	0
p₃ pozīcijas				0	1	1	0							p₃ pozīcijas			
p₄ pozīcijas								0	1		0	1		p₄ pozīcijas			
Nosūtāmā kombinācija ar pārbaudi	1	0	0	0	1	1	0	0	1		0	1		Nosūtāmā kombinācija ar pārbaudi	1	0	0

Jaunā kombinācija kopā ar pārbaudes bitiem tagad ir “10001100101”. Tagad pieņemsim, ka traucējumu iespaidā pēdējā bita vietā tiek saņemts nevis 1, bet 0, tātad “10001100100”. Pārbaudot, ja kontroles bits ir nepareizs, tad atzīmējam 1. (*Hamming*, 1950)

5.3. tabula

Bitu pārbaude (*Hamming*, 1950)

	p ₁	p ₂	i ₁	p ₃	i ₂	i ₃	i ₄	p ₄	i ₅	i ₆	i ₇	Pārbaude	Pārbaudes bits
Saņemtā kombinācija:	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	
p₁ pozīcijas	1		0		1		0		1		0	Nesakrīt	1
p₂ pozīcijas		0	0			1	0			0	0	Nesakrīt	1
p₃ pozīcijas				0	1	1	0					Sakrīt	0

Pēdējais solis ir pārbaudes bitu summas novērtēšana (5.4. tabula). Pārveidojot pārbaudes bitus uz decimālo sistēmu, to summa ir 11, šis skaitlis norāda, kurš bits pēc kārtas saņemtajā kombinācijā ir jāsamaina. (*Hamming*, 1950)

Summas novērtēšana (*Hamming*, 1950)

	p₄	p₃	p₂	p₁	
Binārā sistēma	1	0	1	1	
Decimālā sistēma	8		2	1	Σ = 11

Samainot 11 bitu, saņemtā kombinācija “10001100100” tiek pārveidota par “10001100101”, kas sakrīt ar pareizo nosūtīto kombināciju. Tagad, noņemot Heminga kodu, tas ir, izņemot tās pozīcijas, kurās atrodas pārbaudes biti, tiek iegūta oriģinālā kombinācija “0110101”. (*Hamming*, 1950)

Mūsdienās Heminga kods attiecas uz specifisku (7,4) kodu, ar kuru Hemings iepazīstināja 1950. gadā. Šis Heminga kods pievieno trīs papildu pārbaudes bitus pēc katriem ziņojuma četriem bitiem. Heminga (7,4) algoritms var izlabot katru viena bita kļūdu un konstatēt visas viena bita un divu bitu kļūdas. Tas nozīmē, ka vidējās pārraides gadījumā sprādzienkļūda⁸ neparādīsies. Heminga (7,4) kods ir efektīvs, jo normālā gadījumā, ja no septiņiem bitiem 2 izkristu, tad tam jābūt ļoti trokšņainam kanālam.

Praksē Heminga kodus lieto, izmantojot tā saucamās Heminga ģenerācijas matricas kodēšanai un Heminga kontroles matricas dekodēšanai.

Secinājumi

1. Nodaļā ir dots vispārīgs priekšstats par kodēšanu un dekodēšanu. Dota kodu klasifikācija.
2. Īpaša uzmanība nodaļā ir veltīta koriģējošajiem kodiem un kodēšanas vēsturei.

⁸ Sprādzienkļūda – vairāku kļūdainu blakussimbolu secība pārraidāmo datu masīvā. Šādas kļūdas rodas sakaru līnijās trokšņu rezultātā, un tās raksturo ar kļūdaino blakussimbolu skaitu.

4. Datu saspiešana

Efektīva datu kompresija patlaban ir galvenais informācijas glabāšanas un pārraides metožu attīstības pamatnosacījums. Sakaru kanālu caurlaides spēja ir daudz dārgāks resurss nekā datu glabāšanas resursi, tādēļ aktuāla ir datu saspiešana pirms pārraidīšanas, kas ļauj pārraidīt vairāk datu laika vienībā. Datu saspiešanas algoritmi veidoti tādējādi, ka tiek kodēta izejošā informācija un dekodēta pienākošā informācija. Izmantojot multimediju datu saspiešanu, samazinās nepieciešamais datu joslas platums un aizkaves datu pārraidē.

Gandrīz katrs datorlietotājs ir saskāries ar datu kompresijas programmām, kas palīdz risināt datora cietā diska pārpildīšanās problēmu, kā arī palīdz datu nesējā – disketē vai zibatmiņā – ierakstīt vairāk informācijas. Ir izveidotas daudzas datu kompresijas programmas, vairāk pazīstamās ir *WinZip*, *WinRar*, mazāk zināmās – *Stacker* un *Doublespace*.

Optimālu datu kompresijas metožu izstrāde patlaban ir viens no galvenajiem faktoriem, kas veicina informācijas tehnoloģiju attīstību. Bez šīm metodēm tādi plaši lietoti komerciāli produkti kā DVD, videofoni, digitālās fotokameras, bezvadu internets, skaņas un videopārraides internetā kļūtu virtuāli neiespējami.

4.1. Datu saspiešanas metožu īsa vēsture

“Semjuela Morzes 1838. gadā izveidotā Morzes ābece ir viens no pirmajiem datu saspiešanas (kodēšanas) piemēriem, jo tekstos angļu valodā visbiežāk sastopamie burti e un t tika kodēti ar īsāku kodu – e ar vienu īso signālu, t – ar vienu garo signālu.

Mūsdienās pazīstamās informācijas saspiešanas metodes tika izveidotas reizē ar informācijas teorijas izstrādi 1940. gadu beigās. Pirmo pasaulē pazīstamo digitālo signālu kompresijas algoritmu, kas balstījās uz atsevišķu teksta bloku sastopamības varbūtību, 1949. gadā neatkarīgi viens no otra izstrādāja Klods Šenons un Roberts Fano. Optimālāku metodi datu saspiešanai, kas bija kompromiss starp datu saspiešanu un kļūdu korekciju, izstrādāja Deivids Hafmens 1951. gadā.

70. gadu vidū, kad kļuva aktuāla teksta failu saspiešana pārsūtīšanai internetā, tika izstrādāti vairāki algoritmi, kuros atkārtoti izmantoja Hafmena informācijas kodēšanas metodes. 1977. gadā Abrahams Lempels un Jakobs Zivs realizēja ideju par atsauču un frāžu vārdnīcu izmantošanu kodēšanā. Viņu darbu turpināja Terijs Velčs, izstrādājot LZW (nosaukums veidots no autoru uzvārdu pirmajiem burtiem) datu saspiešanas algoritmu, kuru izmantoja daudzās datu kompresijas sistēmās, piemēram, programmā PKZIP, patlaban – algoritmos LZ77 un LZ78. Lempela-Ziva-Velča algoritmā atkārtotu vārdu vietā ievieto atsauces uz sākotnējo vārdu, metodes priekšrocība ir tā, ka nav jāpārsūta kodējuma tabula kopā ar datiem.

80. gadu beigās līdz ar digitālo attēlu popularitātes pieaugumu tika izstrādāti arī standarti attēlu saspiešanai. 90. gadu sākumā attēlu saspiešanā sāka plaši lietot datu kompresijas metodes

ar zudumiem. Patlaban attēlu saspiešanas standartos iekļautas tādas datu saspiešanas metodes kā FAXCCITT3, GIF, JPEG, BMP, TIFF u.c. Pēdējos 15 gados Hafmena kodēšanas metode tiek aizstāta ar aritmētisko (*Aritmetic coding*) kodēšanu, kuras būtība ir aizstāt ienākošo simbolu plūsmu ar īpašu kodu, kas ir liels decimāldaļskaitlis. Aritmētiskajā kodēšanā viss ziņojums tiek aprakstīts ar vienu reālu skaitli intervālā (0,1), kur katra zīme aiz komata attēlo vienu simbolu.

Piemēram, burtu kombināciju ABBCAB jākodē intervālā no 0 līdz 2 (0, 1, 2) pie bāzes 3. Tātad burtu kombinācija kļūs par decimāldaļskaitli $0,011201_3$. Pārejot uz kodu pie bāzes 2, burtu kombinācija tagad atbilst skaitlim $0,001011001_2$ (0 ir 0, 1 ir 01, 2 ir 11). Šajā kombinācijā ir tikai 9 biti, kas būs par 25% mazāk nekā, ja tiktu izmantots blokkods ar 2 bitiem katram burtam.

Joprojām lieto arī it kā triviālo datu saspiešanas metodi, piemēram, BMP tipa failos, kur bieži sastopamās apakšvirknes aizstāj ar īsāku kodu, atkārtotus simbolus aizstāj ar simbola kodu un skaitli, cik reižu pēc kārtas šis simbols atkārtojas.

Mūsdienu datu kompresijas metodes tekstu saspiež apmēram trīs reizes, digitālos attēlus saspiež divas reizes, digitālos attēlus ar zudumiem saspiež apmēram 20 reižu. Biežāk lietotie bezzudumu saspieyto datu tipi ir ZIP, BZIP un RAR.

Pie datu saspiešanas metožu pētījumiem gandrīz 40 gadus ir strādājuši K. Šenons, R. Feno un D. Hafmens. Datu saspiešanas mērķis ir samazināt/pielietot redundanci glabātos datos vai informācijā, kas tiek izplatīta, tādā veidā palielinot datu blīvumu. Datu saspiešanai ir svarīga loma failu glabāšanā un datu izplatīšanas sistēmās. Uz datu saspiešanu var raudzīties kā uz informācijas teorijas nozari, kuras primārais uzdevums ir samazināt pārsūtāmo datu daudzumu. Tā dēļ ir izstrādāti dažādi datu saspiešanas algoritmi.

Datu saspiešanas algoritmus var iedalīt divās grupās: datu saspiešana bez zudumiem un datu saspiešana ar zudumiem. Šādu algoritmu pamatā ir kompromiss starp rezultāta audio un vizuālo kvalitāti un izmēru.” (Mika, 2008)

4.2. Datu saspiešana ar zudumiem.

Datu saspiešana ar zudumiem plaši tiek izmantota grafisko attēlu (JPEG), skaņas (MP3, AAC, WMA) un video (MPEG4) failu formātos, tādos gadījumos, kad dekodēto datu atšķirība no oriģinālajiem datiem nav pamanāma vai būtiska, bet datu saspiešana ar zaudējumiem daudzārt samazina pārraidāmo datu apjomu. Šāds saspiešanas veids nodrošina visu sākotnējo datu atjaunošanu, bet ļauj atbrīvoties no mazāk būtiskām detaļām grafiskajos attēlos, audio un video ierakstos, kas cilvēkam šo materiālu uztverei nav svarīgas, un kopējais priekšstats, piemēram, par attēlu praktiski paliek nemainīgs. Kodēšanas metodēm ar zaudējumiem ir lielāks datu saspiešanas koeficients, taču dekodētie dati atšķiras no izejas datiem. Algoritms attēlu ar līdzīgām krāsu vērtībām noapaļo to vērtības līdz vidējām. Šāda izmaiņa cilvēka acij nebūs ievērojama, bet ļaus šādu pārveidotu attēlu saspiegt labāk. Daudzi šīs grupas algoritmi pēc algoritma pamatdaļas darba iegūto datu kopu saspiež ar kādu no datu saspiešanas bez zudumiem

algoritmiem. Piemēram, JPEG formāts vispirms attēlu “vienkāršo”, bet pēc tam saspiež ar Hafmena kodu. (Mika, 2008)

4.3. Datu saspiešana bez zudumiem

Datu saspiešana bez zudumiem ir plaši pielietota datu arhivēšanā un pārraidē. Šāda datu saspiešana garantē to, ka dati pēc atspiešanas paliek nemainīgi salīdzinājumā ar sākotnējiem datiem. Bezzudumu datu saspiešanu lieto teksta dokumentu, izpildāmo failu, augstas kvalitātes audio un grafisko datņu kodēšanai. Algoritmi, kas kodē informāciju bez zudumiem, parasti veido īsākus kodus biežāk lietojamiem simboliem, bet garākus – retāk lietojamiem simboliem. Izplatītākie šāda veida algoritmi ir LZW, LZ77 un Hafmena kods. LZ77 un Hafmena kods ir apvienoti algoritmā DEFLATE, kas ir pamatā vairākiem mūsdienu failu formātiem, piemēram, tādiem kā ZIP un PNG. Šīs grupas algoritmi tiek pielietoti arī grafisko attēlu (JPEG 2000, PNG, TIFF), skaņas (*WMA Lossless, RealPlayer*) un video (H.264) failu formātos. Metodes trūkums ir tas, ka, lai iegūtu lielāku datu saspiešanas koeficientu, nākas izmantot ievērojamas atmiņas daudzumus. (Mika, 2008)

4.3.1. Hafmena kods

Pirmoreiz šīs datu saspiešanas metodes apraksts tika publicēts 1952. gadā, un šī metode kļuva par bāzi daudziem pētījumiem datu apstrādē.

Hafmena kodēšanas idejas būtība ir kodēt tekstā biežāk sastopamos simbolus ar mazāku bitu skaitu, retāk sastopamos – ar lielāku bitu skaitu. Hafmena algoritms kodē tekstu divos piegājienos – pirmajā tiek sastādīta simbolu biežuma tabula un ģenerēti kodi, otrajā – kodēts teksts.

Hafmena koda algoritms sastāv no šādiem soļiem:

1. Tiek noteikts katra simbola atkārtotās biežums.
2. Simboli pēc atkārtotās biežuma tiek sakārtoti dilstošā secībā.
3. No simboliem tiek izveidots “mežs”.
4. Divas mazākās virsotnes tiek apvienotas binārajā kokā ar sakni, kurā tiek saglabāta abu virsotņu vērtību summa.
5. Atkal “mežs” tiek sakārtots dilstošā secībā.
6. Ceturtā un piektā darbība tiek atkārtota, līdz atlicis tikai viens simbols.
7. Katrai kreisajai šķautnei tiek piešķirta vērtība 0, bet labajai – 1.
8. Vērtību (bitu) secība, ko veido šķautņu vērtība līdz katram simbolam, ir arī katra simbola kods.

Pieņemsim, ka ir teksts, kurā ir 8 simboli un pēc teksta analīzes tiek iegūta šāda biežuma tabula (6.1. tab).

6.1. tabula

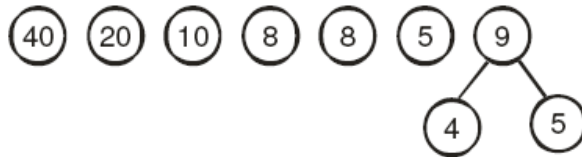
Izmantoto simbolu biežums							
a	B	c	d	e	f	g	H
40	20	10	8	8	5	5	4

Atbilstoši tiek iegūts mežs ar 8 kokiem:



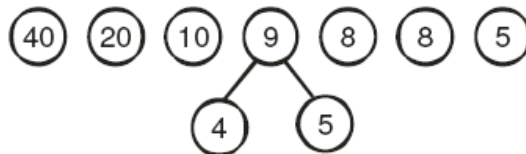
6.1. att.

Apvienojot divas pēdējās virsotnes, iegūst:



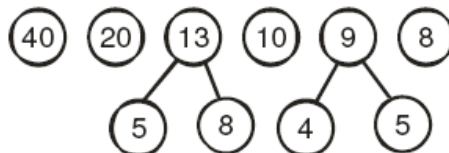
6.2. att.

Mežu sakārto pēc virsotnēm

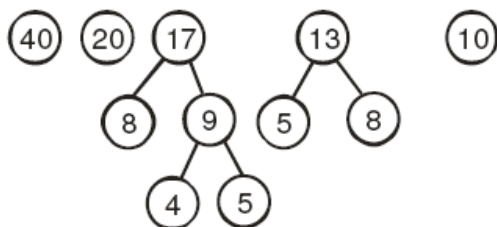


6.3. att.

Šo procesu turpina, līdz iegūst vienu bināro koku

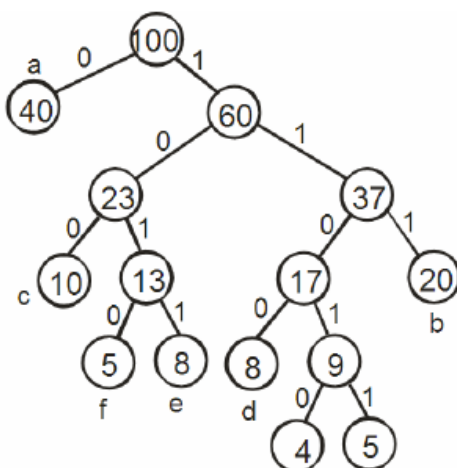


6.4. att.



6.5. att.

Rezultātā binārais koks izskatās šādi:



6.6. att.

Nolasot no šī koka visus ceļus līdz simboliem, tiek iegūti atbilstošie kodi katram simbolam.

6.2. tabula

Simboliem atbilstošie kodi

Rakstzīme	Kods	Lietojuma biežums
A	0	40
B	111	20
C	100	10
D	1100	8
E	1011	8

F	1010	5
G	11011	5
H	11010	4

Hafmena kodēšanas principi tika izmantoti komerciālās programmās, piemēram, PKZIP un LHA, kā arī JPEG algoritmā grafisko attēlu saspiešanai. Arī mūsdienās tā nav zaudējusi savu nozīmi, jo Hafmena algoritms (parasti saistībā arī ar citiem algoritmiem) tiek lietots ikdienā katru reizi, kad tiek arhivēti faili, skatītas fotogrāfijas vai filmas datorā, tiek sūtīts fakss, lietoti modemi, datortīkli, digitālā televīzija vai notiek mūzikas klausīšanās. (*Bookstein, 1993*)

4.3.2. Šenona-Feno kods

Ap 1960. gadu K. Šenons un R. Feno izstrādāja pirmos optimālos kodus. Pie kodēšanas lieto kodēšanas koku un tabulas. Šenona-Feno kodēšanas tehnika ir viena no pirmajiem algoritmiem, kuras rezultāts ir radīt kodu ar minimālo redundanci. Šenona-Feno kodēšana ir statistiski atkarīga kodēšanas shēma, kas rada dažādu garumu kodus. Koda garums katram no ievadītajiem datiem ir atkarīgs no zīmju parādīšanās biežuma varbūtības. Tas nozīmē, ka daži simboli var tikt attēloti ar īsāku kodu nekā ar citām ziņojuma zīmēm. Lai novērtētu kāda koda garumu, kritērijs ir simbola parādīšanās biežuma varbūtība. Jo varbūtība būs augstāka, jo koda garums būs īsāks. Lai gan šajā kodēšanā kodu garumi nav vienādi, tomēr tā rada tādus kodus, kur pēc tam nokodētie vārdi ir vienkārši dekodējami. Šenona-Feno kodēšana ir informācijas saspiešanas metode bez zudumiem.

Šenona-Feno kodēšanas algoritms:

- 1) ziņojuma katra simbola varbūtības noteikšana;
- 2) sakārtot simbolus dilstošā secībā pēc to varbūtībām;
- 3) sadalīt simbolus divās grupās tā, lai abu grupu varbūtību summa būtu vienāda vai gandrīz vienāda;
- 4) pirmajai grupai piešķirt vērtību 0, bet otrai – 1;
- 5) tad ar katru grupu atsevišķi izpildīt sadalīšanu divās daļās un vērtību piešķiršanu, un tā, kamēr vairs nepaliek ko dalīt.

Piemērs, kā darbojas Šenona-Feno kodēšana:

6.4. tabula

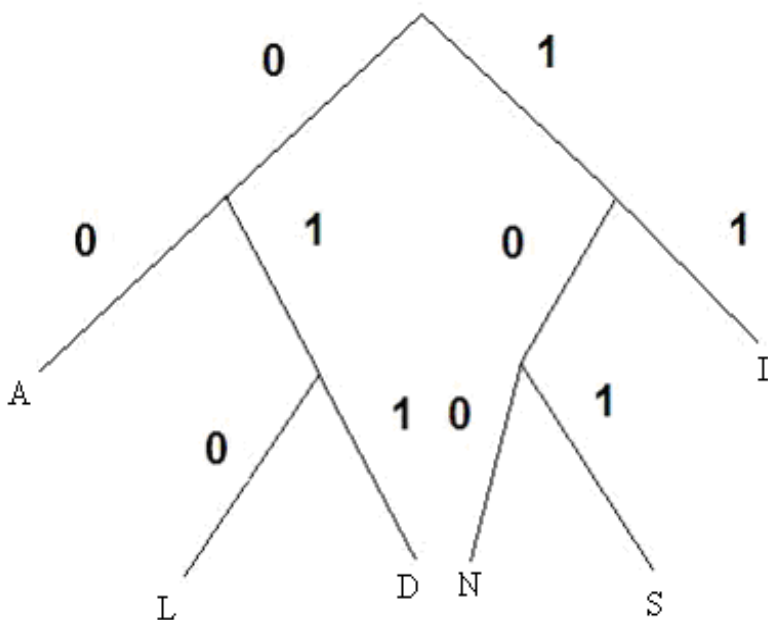
Simbols	Biežuma varbūtība
L	0.12
I	0.21
N	0.17
D	0,07
A	0.31
S	0.12

6.5. tabula

Simbols	Biežuma varbūtība
A	0.31
I	0.21
N	0.17
L	0.12
S	0,12
D	0.07

Tiek saskaitīti burti un izdalīti ar kopējo burtu skaitu, tā tiek iegūta burta biežuma varbūtība – cik bieži tas parādās attiecībā pret visu burtu skaitu. Šajā piemērā burtu varbūtības ir pieņemtas. Tad burti tiek sakārtoti dilstošā secībā pēc varbūtību lieluma, lai vieglāk būtu sadalīt grupās.

Tālāk simboli tiek sadalīti grupās tā, lai abās grupās būtu vienāda summa no varbūtībām. Pirmā grupa – A, L, D, otrā grupa – I, N, S, abu grupu varbūtību summa ir 0,5. Tad tiek veidots bināro kodu koks (6.7. att.) – grupai ALD tiek piešķirta vērtība 0, bet grupai IND tiek piešķirta vērtība 1; tālāk grupa ALD tiek sadalīta vēl divās grupās A un LD, A ir atsevišķi, jo tam ir lielākā varbūtība no šiem trīs burtiem un tāpēc arī visīsākais kods – 00; L un D atkal tiek sadalīti un piešķirtas vērtības 0 un 1, tā kā šiem burtiem varbūtības ir mazākas, tādēļ arī kodu garumi ir garāki. Tieši tāpat rīkojas arī ar otro grupu, kur I tiek pie īsākās kodu kombinācijas, bet atlikušie burti pie garākām.



6.7. attēls. Kodu koks.

Kodu shēma dod šādus burtu kodus:

6.6. tabula

Burtu kodi

Simbols	Kods
L	010
I	11
N	100
D	011
A	00
S	101

Šis ir ļoti vienkāršots piemērs, bet tas palīdz saprast, kā jārikojas sarežģītākos gadījumos. (Roussev, 2009)

4.4. Populārākās metodes attēlu bezzudumu saspiešanai

4.4.1. RLE kodēšana

“Šīs metodes pamatprincips ir attēlu pierakstīt kā baitu virkni un šajā virknē atkārtojošo baitu virkni aizstāt ar īsāku kodu. Atkārtojošie baiti rodas no attēla apgabaliem ar vienu un to pašu krāsu. Lai baitu virkni nokodētu, to pārvērš intervālos no vienādiem baitiem un katram intervālam pieraksta tā vērtību un garumu.

Šādu saspiešanu izmanto attēla formātā PCX, kas gan mūsdienās vairs netiek lietots. Kā viens no variantiem šāda saspiešana tiek lietota arī BMP un TIFF formātos, taču populārākais lietojums ir faksu pārraidē.” (Freivalds, 2015)

4.4.2. LZW kodēšana

“Šī saspiešana arī vispirms pārvērš attēlu baitu virknē. Tad šajā virknē tiek meklēti atkārtojošie fragmenti, pierakstīts tikai viens no fragmentiem, bet pārējās parādīšanās reizēs notiek tikai atsaukšanās uz šo fragmentu. Lai fragmentus efektīvi atrastu un sanumurētu, tos sakārto vārdnīcā, turklāt katrs fragments vārdnīcā vai nu sastāv no viena simbola, vai ir iegūstams no kāda cita fragmenta, pievienojot vienu simbolu. Šādā gadījumā var efektīvi konstruēt šo vārdnīcu, kā arī fragmentus sanumurēt pēc to parādīšanās laika kodēšanas procesā.

LZW saspiešanu izmanto GIF un TIFF formātos.” (Freivalds, 2015)

4.4.3. Kvadrokoka kodēšana

“Šī metode ir paredzēta, lai efektīvāk nokodētu vienkrāsainus attēla laukumus. Ar šo metodi attēlu sadala četrās daļās. Ja kāda no daļām ir vienā krāsā, tad pieraksta krāsu, ja ne, tad rekursīvi turpina, līdz sasniegts uzrādītais minimālais daļas izmērs. Visas nenokodētās daļas tad saspiež ar kādu citu saspiešanas algoritmu.

Lai darbinātu šo metodi, ir vajadzīgs kaut kāds algoritms atlikušo fragmentu saspiešanai, tāpēc pati par sevi šī metode nav lietojama vai arī ir mazefektīva. Taču pareizi kombinējot, tā ir labi izmantojama, piemēram, tās modifikāciju tagad plaši pielieto vilnīšu saspiešanā, nokodējot starpību kvadrantus.” (Freivalds, 2015)

4.4.4. Kontūru kodēšana.

“Šī saspiešanas metode paredzēta divkrāsu attēliem, kas sastāv no fona un objektiem. Šādi attēli, piemēram, ir skenēti teksti. Vispirms tiek izdalīti objekti un nokodēta katra objekta kontūra. Parasti kontūra tiek aproksimēta ar lauztu līniju un pierakstīts kontūras sākumpunkts. Tālāk katram līnijas segmentam vajag pierakstīt galapunkta x un y nobīdi pret sākumpunktu. Šīs nobīdes nokodējot ar Hafmena vai aritmētisko kodējumu, iegūst saspiesto attēlu.

Šāds paņēmieni, starp citu, tiek lietots dežavū attēlu saspiešanas algoritmā. Dežavū formāts tiek lietots skenētu dokumentu un grāmatu saspiešanai un ir stipri efektīvāks par citiem, tajā skaitā PDF.” (Freivalds, 2015)

4.5. Populārākie saspiesto datu formāti

“Viens no galvenajiem datu saspiešanas mērķiem ir saspiegt audio/video signālu līdz datu joslas platumam. Pazīstamākie kompresētu attēlu datu formāti ir JPG (*Joint Photographic Experts Group*), GIF (*Graphics Interchange Format*), populārākie kompresētu videodatu formāti ir MPEG (*Moving Picture Group*), AVI (*Audio Video Interleave*), populārākais kompresētu audiodatu formāts – MP4.” (Mika, 2008)

“Arī datora multivides aprīkojums jeb aparatūras un programmatūras komplekts, ar kuru var apstrādāt informāciju multivīdē, piemēram, CD/DVD atskaņotājs/rakstītājs, skaņas karte, ir savā ziņā kompresētu datņu veidotājs un patērētājs. Multivides sistēmās tiek veidota, apstrādāta, glabāta, prezentēta vai pārraidīta gan no laika neatkarīga informācija (teksts, vektorgrafika, rastra grafika), gan no laika atkarīga informācija (audiodati, videodati, animācijas, interaktīvas spēles tīmekļa vidē).” (Mika, 2008)

Secinājumi

1. Nodaļa ir veltīta datu saspiešanas metožu izklāstam. Datu saspiešana ir nepieciešama, lai palielinātu informācijas pārraides ātrumu un samazinātu atmiņas ierīču izmērus.
2. Aplūkoti populārākie kodi, ko lieto datu saspiešanai (optimālais Šenona-Feno kods, koriģējošais Hafmena kods, LZW kods un citi).
3. Aplūkoti arī populārākie saspiesto attēlu formāti – JPG, GIF, MPEG, AVI, I, MP3 un MP4.

5. Šenona teorēma diskrētām trokšņainām kanālam

Teorēma diskrētām trokšņainām kanālam, arī dota K. Šenona slavenajā 1948. gada rakstā (*Shannon, 1948*), ir visnozīmīgākais rezultāts informācijas teorijā. (*Gallaper, 1968*)

Ir gadījumi, kad signāla pārraidīšanā vienā vai vairākos pārraidīšanas punktos iespiežas arī troksnis. Tas nozīmē, ka saņemtais signāls nebūs tieši tāds pats, kā tas bija raidītājā. Varam atšķirt divus gadījumus. Ja noteikts raidītais signāls vienmēr pāriet noteiktā saņemtajā signālā, t.i., ja saņemtais signāls ir definēta funkcija no raidītā signāla, tad iznākums ir saucams par kropļojumiem. Ja šī funkcija ir inversa – ne visi divi raidītie signāli rada to pašu saņemto signālu –, kropļojumi var tikt koriģēti, tikai izpildot inversi darbojošos algoritmu saņemtajam kanālam.

Interesantākais ir tas, ka, noraidot signālu, tas ne vienmēr mainās vienādi. Tātad, ja saņemtais signāls ir E , tā būs funkcija no noraidītā signāla S un trokšņa N .

$$E = f(S, N)$$

Troksnis ir kā nejaušs mainīgais, gluži tāpat kā ziņa. Patiesībā tas var tikt definēts kā stohastisks process⁹. Lai izpētītu trokšņainu kanālu, ir labi jāraksturo arī diskrēts kanāls bez trokšņiem. Tiek pieņemts galīgs skaits stāvokļu un varbūtībām $p_{\alpha,i}(\beta, j)$. Tā ir varbūtība, ka kanāls atrodas stāvoklī α un tiek pārraidīti i simboli, tiek saņemti j simboli un kanāls pāriet stāvoklī β . Tādā veidā α un β ir iespējamie stāvokļi, i ir iespējamie pārraidītie signāli un j ir iespējamie saņemtie signāli. Gadījumā, kad secīgajiem signāliem piejaucas troksnis, ir tikai viens iespējamais kanāla stāvoklis, tas tiek aprakstīts ar pārejas varbūtībām $p_i(j)$ – varbūtība, ka nosūtīti simboli i tiks saņemti kā simboli j .

Ja ziņojuma avota ražība ir $R_a \leq c - \varepsilon$, kur ε ir pēc patikas mazs skaitlis, tad eksistē kodēšanas metode, ar kuras palīdzību var pārraidīt visus ziņojumus ar pēc patikas mazu kļūdas varbūtību un informācijas pārraides ātrums ir vienāds ar ziņojuma avota ražību:

$$R = R_a$$

Ja $R_a > C$, tad pārraide bez kļūdām nav iespējama.

$$C_{\max} = \frac{I(X, Y)}{\tau} \text{ trokšņainā kanālā} \quad (15)$$

⁹ Stohastisks process – process, kura attīstību laikā var precīzi aprakstīt, izmantojot varbūtību teorijas terminus.

Ja trokšņainā kanālā tiek ievadīts ziņojums, tad darba gaitā ir divi statistiski lielumi – ziņojums un troksnis. Tādēļ ir nepieciešams aprēķināt divas entropijas. Pirmā ir ziņojuma entropija pirms pārraidīšanas – $H(X)$, bet otra ir saņemtā ziņojuma entropija – $H(Y)$. Gadījumā, kad trokšņi neeksistē, tad $H(X) = H(Y)$.

Ja ir trokšņi, tad rodas informācijas zudumi, ko raksturo nosacītā entropija $H(X|Y)$ vai $H(Y|X)$, saņemta tiek relatīvā informācija $I(X,Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X)$, un trokšņaina diskrēta kanāla informācijas caurlaides spēja ir maksimālā:

$$C = \max \frac{I(X,Y)}{\tau} \quad (16). \text{ (Shannon, 1948)}$$

Secinājumi

1. Formulēta Šenona teorēma diskrētam trokšņainam kanālam.
2. No šī formulējuma izriet, ka informācijas pārraide ar augstu ticamību ir iespējama arī trokšņainos sakaru kanālos, turklāt pārraides ātrums var būt liels.

6. Traucējumnoturīgas kodēšanas pamatprincipi

Kodēšanu pielieto diskretu signālu pārraidē, lai saskaņotu signāla un sakaru kanāla raksturlielumus, kā arī lai paaugstinātu signāla traucējumnoturību. Koda kombināciju daudzuma palielināšanu vai tā traucējumnoturības paaugstināšanu realizē, izmantojot impulsus ar dažādām kvalitātes pazīmēm.

Koda veidošanas metode nosaka maksimālo koda kombināciju skaitu, ko var izveidot no dotā impulsu daudzuma ar pieņemtajām kvalitātes īpašībām. Vispārīgās kodu veidošanas metodes nav atkarīgas no impulsu fizikālās dabas un no impulsu sadalīšanas metodēm signālu pārraidīšanai pa sakaru kanāliem. Kombinēšanas metodika balstās uz savienojumu teorijas galvenajiem secinājumiem.

Televadības tehnikā un citās sakaru nozarēs pārsvarā lieto vienmērīgos kodus. Vienmērīgā koda katra kombinācija satur vienu un to pašu impulsu skaitu. Tas paaugstina vadības drošumu, jo patvaļīga impulsu pievienošanās vai to zudums ir viegli atklājami.

Lai paaugstinātu impulsu izmantošanas efektivitāti kodu veidošanā, nepieciešams ar noteiktu skaitu izmantojamo impulsu iegūt pēc iespējas lielāku daudzumu koda kombināciju. Savukārt, lai paaugstinātu koda traucējumnoturību, lietojamo koda kombināciju skaitu samazina, veidojot redundantas kombinācijas ar elementu virsdaudzumu. Tas ir daudzums, kas pārsniedz (kā) vajadzīgo, vēlamo daudzumu.

Kombinātievi kodi ir kodi, kas veidoti pēc matemātiskās kombinatorikas principiem. Kodi pēc kombināciju principa informācijas pārraidei paredz izmantot visas iespējamās kombinācijas. Šie kodi var būt vienmērīgi (kad koda kombinācija sastāv no konstanta skaita simbolu) vai nevienmērīgi (kombinācijas ir sastāvošas no dažāda simbolu skaita).

Vienmērīgos kodus pēc kombināciju principa var veidot, izmantojot tikai simbolus ar divām vai vairākām kvalitātes pazīmēm ($K \geq 2$), piemēram, lielie un mazie burti $K=2$. Nevienmērīgos kodus pēc kombināciju principa veido no vienveidīgiem impulsiem ($K=1$), izmantojot visas iespējamās kombinācijas no 1 līdz n .

Vienmērīgajam kodam pēc kombināciju principa piemīt lielāka traucējumnoturība nekā nevienmērīgajam kodam, jo simbolu zudums vai to pievienošanās kombinācijai sakaru kanālā ir viegli fiksējami. Bināros vienmērīgos un nevienmērīgos kodus plaši izmanto sakaru tehnikā diskretās informācijas pārraidīšanai.

No vienmērīgajiem kodiem, kam piemīt lielāka traucējumnoturība, ir kodi ar fiksētu vieninieku skaitu jeb viena salikuma kodi.

Koda traucējumnoturība ir atkarīga no Heminga attāluma starp tuvākajām koda kombinācijām. Ja koda attālums palielinās, pieaug arī koda traucējumnoturība, taču vienlaikus palielinās koda redundance.

Traucējumnoturības paaugstināšanai lieto arī inverso bināro kodu. Šim kodam ir dubultots elementu skaits, jo izejas n pozīciju kombinācijas ir papildinātas vēl ar n pozīcijām pēc noteikta

likuma. Ja izejas kombinācija satur pāra vieninieku skaitu, tad to vienkārši atkārto, ja – nepāra, tad kombināciju, ar kuru papildina izejas kombināciju, iegūst, invertējot izejas kombināciju. Piemēram, kombināciju 0110 pārraida kā 01100110, bet kombināciju 1110 kā 11100001. Salīdzinot izejas un papildinātās kombinācijas, skaidrs, ka inversajā kodā koda attālums palielinājies četras reizes (vispārīgajā gadījumā n reizi). Jāievēro, ka līdz ar to ievērojami pieaug arī koda redundance.

Dekodējot inverso kodu, sākumā nosaka vieninieku skaitu izejas kombinācijā. Ja iegūst pāra skaitli, tad uztvertos papildu kārtas simbolus reģistrē bez izmaiņšanas, ja nepāra skaitli, tad papildu kārtu simbolus invertē. Pēc tam veic izejas un papildu kombinācijas summēšanu pēc moduļa divi (bez pārnesanas). Ja summā iegūst n nulles, tad koda kombinācija ir uztverta pareizi.

Burtu un ciparu informācijas kodēšanai pārraides kodu izvēlas tādu, lai nodrošinātu pieprasīto pārraides pareizību, ja sakaru kanālā ir traucējumi. Šajā nolūkā pārraides koda kombinācijām jābūt ar noteiktu elementu virsdaudzumu. Tādēļ tiek izmantoti redundanti kodi, jo šie kodi ļauj fiksēt un izlabot kļūdas uztvertajās koda kombinācijās.

6.1. Redundantie kodi

Redundantie kodi, kurus lieto burtu vai ciparu informācijas pārraidīšanai, var būt binārie un daudzfrekvenču kodi. Visplašāk izmanto bināros vienmērīgos (komplektos) kodus, kurus iedala blokveida kodos un nepārtrauktajos kodos. (Katikovs, 1978)

6.2. Blokveida kodi

Par blokveida kodiem sauc tādus kodus, kuros katra ziņojuma (vai ziņojuma elementa) noraidīšanai paredz izmantot simbolu bloku (kodu kombināciju). Šos simbolu blokus kodē un dekodē neatkarīgi citu no cita. Vienmērīgajos kodos bloka elementu skaits n visiem blokiem ir vienāds.

6.3. Nepārtrauktie kodi

Nepārtrauktos kodos (tos sauc arī par rekurentajiem jeb ķēdes tipa kodiem) ziņojuma pārraidīšanai izmanto simbolu virkni, kura nav sadalīta koda kombinācijās. Šiem kodiem raksturīgs nepārtraukts kodēšanas un dekodēšanas process. Noraidāmo simbolu virkni veido, noteiktā kārtībā papildinot informācijas simbolu virkni ar pārbaudes simboliem pēc viena un tā paša likuma. Nepārtrauktajos kodos ir iespējams atrast un izlabot kļūdu paketes.

6.4. Izdalāmie kodi

Par izdalāmiem kodiem sauc $n-k$ kodus, kuros k informatīvie simboli un $(n-k)$ pārbaudes simboli vienmēr ieņem vienas un tās pašas vietas koda kombinācijā. Tas ir nepieciešams, lai būtu iespējams atrast kļūdas un tās izlabot.

Izdalāmos kodus iedala sistemātiskajos un nesistemātiskajos kodos. Par sistemātiskajiem jeb paritātes kodiem sauc blokveida izdalāmos (n, k) kodus, kuros pārbaudes simbolu pozīcijas ir informatīvo simbolu pozīciju lineārās kombinācijas. Šie kodi ir grupveida kodi, jo koda kombinācijas ir grupa attiecībā pret saskaitīšanas operāciju pēc moduļa divi.

Svarīgākie kodi sistemātisko kodu grupā, kurus pielieto burtu un ciparu kodēšanā, ir iepriekš aprakstītie Heminga kodi un cikliskie kodi.

Galvenais parametrs, kas raksturo traucējumnoturību redundantam kodam, ir izlabošanas koeficients:

$$\lambda = \frac{A}{A+B} \quad (17),$$

kur A – kopējais izkropļoto kombināciju skaits, kurās izlabojamas kļūdas, B – kopējais kombināciju skaits.

Atļauto kombināciju skaitu n, k kodam nosaka informatīvo pozīciju skaits

$$M = 2^k = 2^{n-s} = \frac{2^n}{2^s} = \frac{N}{2^s} \quad (18),$$

kur s – pārbaudes pozīciju skaits ($s=n-k$),

$N - n$ – zīmīga koda kopējais kombināciju skaits.

Ja traucējumu darbības rezultātā pārraidītā (atļautā) kombinācija pārveidojas neatļautajā kombinācijā, tad kļūda ir atrodama un labojama. Tādu pārveidojumu skaits ir

$$A = M \cdot (N - M). \quad (19)$$

Ja palielina informācijas elementu daudzumu koda kombinācijā, n, k kodiem samazinās redundance. Traucējumnoturība turklāt samazinās par nenozīmīgu lielumu.

Par cikliskajiem kodiem sauc grupveida kodus, kuriem simbolu virkne, ko iegūst, cikliski pārbīdot elementus koda kombinācijā, arī ir koda kombinācija. (Katikovs, 1978), (Shannon, 1948)

Valoda ir traucējumnoturīgs kods, un to vistiešāk pierāda tas, ka tā ir redundantā, kas nozīmē, ka tā satur simbolus, arī bez kuriem tā būtu saprotama un atjaunojama. Valoda pieder pie korigējošiem kodiem, kur kodu kombinācijas var būt visīsākās, tas ir burts.

Secinājumi

1. Nodaļā ir aplūkoti traucējumnoturīgas kodēšanas principi un traucējumnoturīgo kodu veidi.

2. Aprēķināti kodu raksturlielumi, kas ir nepieciešami, lai atrastu un izlabotu noteikta kārtnuma kļūdu.

7. Latviešu valodas kā koda salīdzinājums dažādos komunikāciju kanālos

Tā kā video lekcija satur skaņas kanālu, kur lektors runā kādā valodā, aplūkosim valodu kā kodu. Konkrēti – latviešu valodu. Jebkura valoda ir kods, ar ko ļaudis kodē savstarpējās saziņas informāciju. Aplūkosim rakstītu valodu.

Valodā par ziņojumu var uzskatīt:

- 1) burtu,
- 2) vārdu,
- 3) teikumu.

Latviešu valodā skaņa atbilst burtam, tāpēc burtu var uzskatīt par koda simbolu, kas atbilst ziņojumam – skaņai.

Es izvēlējos burtu kā kodu simbolu, kas raksturo kodu, jo burts ir pamats visai valodai. Valoda ir kā kods, ar ko nodot informāciju, un burti ir kodu kombinācijas, ar ko kodē informāciju.

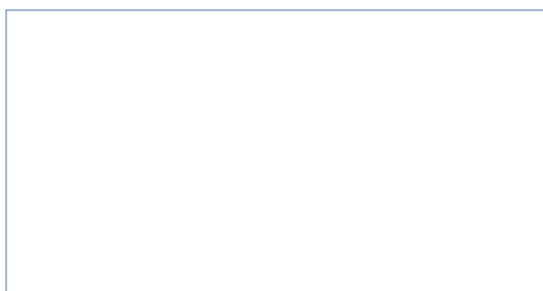
Savā pētījumā autore izvēlējās salīdzināt entropiju, ņemot latviešu valodas tekstus no preses kanāla (trīs raksti), literatūras avotiem un latviešu valodā rakstītiem likumiem.

Lai veiktu aprēķinus, tika izveidota programma. Programma veidota interneta mājaslapas veidā, izmantotā programmēšanas valoda ir *php*, kā arī izmantota *html* valoda. Visi aprēķini veikti izmantojot *php* skriptu un *MySQL*¹⁰ datu bāzes vadības sistēmu, kas izvietoti uz *Apache* web servera. (*web.hc.lv*, 2008)

Programmas skripts pielikumā Nr.1

Programmas darbošanās princips:

1. Analizējamais teksts tiek ierakstīts vai iekopēts pievienošanas formā (9.1. att.).



Pievienot

¹⁰ Daudzpavedienu daudzlietotāju SQL datu bāzu vadības sistēma (DBVS), kas ir uzstādīta vairāk nekā sešos miljonos datoru visā pasaulē.

9.1. attēls. Programmas logs.

Pēc teksta ievadīšanas jāspiež poga “Pievienot”.

2. Programma aizstāj visus lielos burtus ar mazajiem, noņemtas visas pieturzīmes un atstarpes aizvietotas ar simbolu “_”.

3. Teksts tiek apstrādāts, izdalot trīs burtu kombinācijas, divu burtu kombinācijas un burtus pa vienam. Programma, analizējot tekstu, datu bāzē ieraksta katru jauno kombināciju, bet, ja kombinācija tiek atrasta atkārtoti, tad ierakstīto kombināciju skaits datu bāzē palielinās par vienu.

4. Kad teksta analīze pabeigta, iegūto kombināciju skaits tiek ielikts formulās, lai aprēķinātu teksta entropijas pirmo, otro un trešo kārtu, t. i., tiek izvadīti rezultāti $H(1)$, $H(2)$ un $H(3)$.

Maksimālo latviešu valodas entropiju autore aprēķināja pēc formulas:

$$H(0) = \log_2 m \text{ biti/simbolu}, \quad (20)$$

kur m ir burtu skaits alfabētā un atstarpe, latviešu valodā $m = 33 + 1$

$$H(\max) = H(0) = 5.0875 \text{ biti/simbolu}$$

Pirmās kārtas entropijas formula ir šāda:

$$H(1) = - \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i \text{ biti/simbolu}, \quad (21)$$

$$p_i = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_i}{N}, \quad (22)$$

kur p_i ir simbola parādīšanās varbūtība, t. i., atsevišķā simbola skaits pret visu teksta simbolu skaitu, ja šo simbolu skaits ir liels.

Lai aprēķinātu otrās kārtas entropiju $H(2)$, formulā jāievieto p_i – simbola i parādīšanās varbūtība, p_{ij} – simbola parādīšanās varbūtība, ja pirms simbola i ir cits noteikts simbols j , t. i., kombināciju skaits no diviem burtiem i un j pret simbola i skaitu, kura parādīšanās varbūtība tiek aprēķināta.

$$H(2) = - \sum_{i=1}^m p_i \sum_{j=1}^m p_{ji} \log_2 p_{ji} \text{ biti/simbolu} \quad (23)$$

$$p_{ji} = p(a | a_i) = \lim_{N_j \rightarrow \infty} \frac{N_{ij}}{N_j} \quad (24)$$

Trešās kārtas entropija $H(3)$ tiek aprēķināta pēc šādas formulas:

$$H(3) = - \sum_{i=1}^m p_i \sum_{j=1}^m p_{ji} \sum_{k=1}^m p_{k|j,i} \log_2 p_{k|j,i} \text{ biti/simbolu} \quad (25)$$

$$p_{k|j,i} = p(a_k | a_j \cdot a_i) = \lim_{N_{ji} \rightarrow \infty} \frac{N_{k|ji}}{N_{ji}} \quad (26)$$

Šeit p_i un p_{ij} ir tie paši lielumi, kas $H(1)$ un $H(2)$ gadījumā bet $p_{k|i,j}$ ir simbola k nosacītā parādīšanās varbūtība, ja pirms simbola k ir simboli i un j varbūtība, t. i., kombinācija par trīs simboliem pret tādas kombinācijas pa diviem simboliem skaitu, kas ir pirms simbola, kura varbūtība aprēķināta pie p_i .

Tā kā programma ir izstrādāta, lai to izmantotu neierobežotu reižu skaitu, izvēlējos tekstus no katras manis sākotnēji izvēlētās kategorijas, teksta fragmentiem ir aptuveni vienāds simbolu skaits.

Iegūtie rezultāti:

- Izglītības likums (5069 simboli) (www.likumi.lv)

$H(1)= 4.349815972854$

$H(2)= 2.923080865874$

$H(3)= 1.5184876867063$

- Darba likums (5055 simboli) (www.likumi.lv)

$H(1)= 4.2634495552793$

$H(2)= 3.0348646651092$

$H(3)= 1.7572303727057$

- Meža likums (5075 simboli) (www.likumi.lv)

$H(1)= 4.280832823845$

$H(2)= 3.1072458132097$

$H(3)= 1.6503462658157$

- Rainis, "Tālas noskaņas zilā vakarā" (5042), (Rainis, 1903)

$H(1)= 4.1655032631897$

$H(2)= 3.08465847253$

$H(3)= 1.9725815401199$

- A. Pumpurs, "Lāčplēsis" (5052), (Pumpurs, 1888)

$H(1)= 4.1902519411154$

$H(2)= 3.0167031089157$

$H(3)= 1.8641893821756$

- R. Blaumanis, "Salna pavasarī" (5057), (Blaumanis, 1958)

$H(1)= 4.2996599130587$

$H(2)= 3.3166620129879$

$H(3)= 2.1391020983167$

- Brāļi kaudzītes, "Mērnīeku laiki" (5014), (Kaudzītes, 1879)

$H(1)= 4.3218684830753$

$H(2)= 3.3380220823268$

$H(3)= 2.2467898718413$

- Bakalaura darbā analizētais teksts no avīzes "5 minūtes"

$H(1)= 4.4171518380824$

$H(2)= 3.3706035633218$

$H(3)= 1.9541757696007$

- "Diena" (Diena, 2008)

$H(1)= 4.3788652103022$

$H(2)= 3.3894964595281$

$H(3)= 2.2223302874547$

- "LETA" (LETA, 2008)

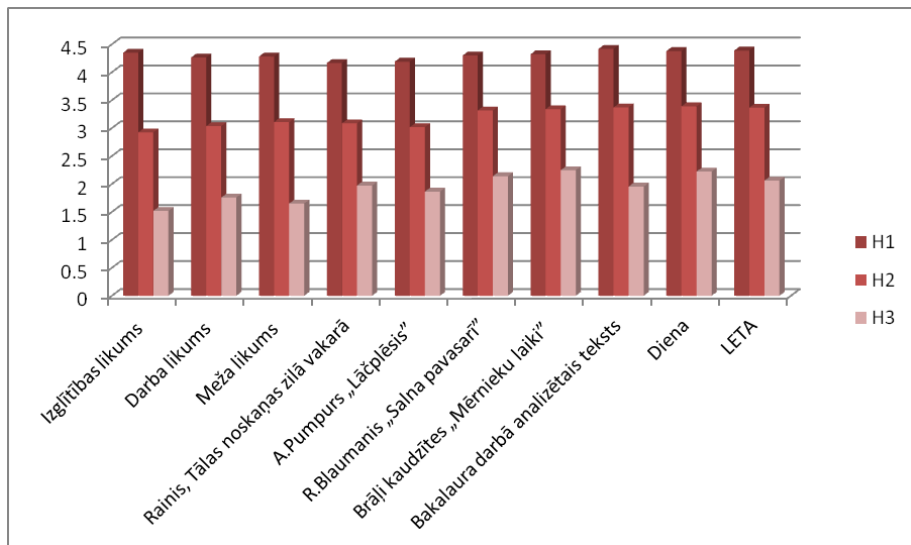
$H(1)= 4.3883573930156$

$H(2)= 3.3656853313569$

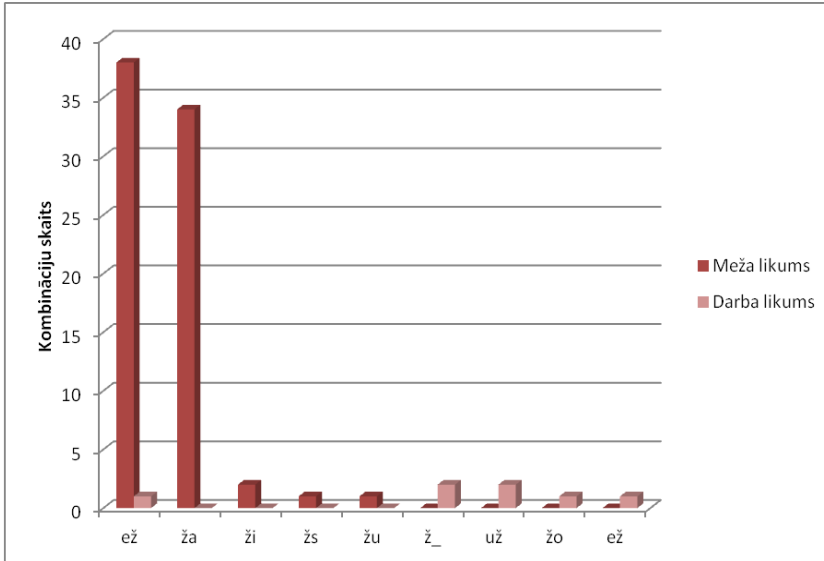
$H(3)= 2.0605372669881$

9.2. attēlā redzami grafiski aprēķinu rezultāti visām trīs entropijas kārtām, tas ir, $H(1)$, $H(2)$ un $H(3)$. Redzams, ka vienāda veida tekstiem ir līdzīga entropija.

Visaugstākā entropija ir tekstiem no preses avotiem un prozas darbiem, tas skaidrojams ar bagātīgu vārdu krājuma pielietojumu. Tālāk seko likumu teksti, šajā gadījumā ļoti augsta entropija ir Meža likumam, kas ir ļoti bieži šajā likumā izmantotā burtu \check{z} deļ (37 reizes), tādējādi radot kombinācijas ar burtu \check{z} , kas netiek bieži izmantotas, ja teksta saturs ir cits, piemēram, Darba likumā, burts \check{z} parādās tikai 3 reizes. 9.3. attēlā redzams salīdzinājums kombinācijām ar burtu \check{z} , aprēķinot otrās kārtas entropiju Darba likumā un Meža likumā.

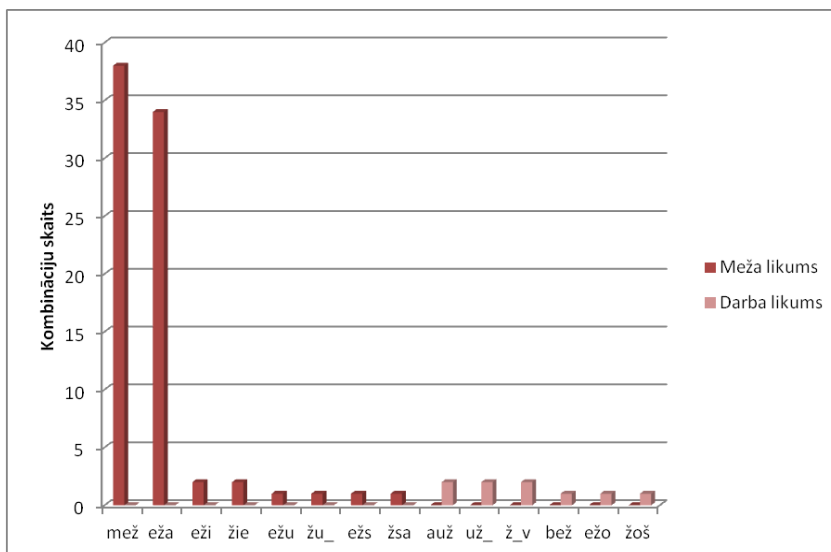


9.2. att. Aprēķinātā entropija.



9.3. att. Burta ž kombinācijas $H(2)$.

9.4. attēlā ir salīdzinājums kombinācijām ar burtu ž, aprēķinot trešās kārtas entropiju šiem diviem likumiem.



9.4. att. Burta ž kombinācijas $H(3)$.

9.3. attēlā, kas parāda $H(2)$ kombinācijas, visbiežāk redzamās kombinācijas *ež* un *ža* veido saskaitāmos attiecīgi 0,0208197308569 un 0,00108960894717. Meža likumā, bet *ž_* un *už*, kas ir kombinācijas, kuras biežāk atkārtojas Darba likumā, veido saskaitāmos 0,000233844693472 un 0,00263838210761. Lai gan šeit kombinācijām *ža* un *už* saskaitāmais Meža likumam ir mazāks nekā Darba likumam, tomēr tie nav jāsalīdzina, jo kombinācijās ir svarīgi, kurā pozīcijā, pirmajā vai otrajā, atrodas burts *ž*.

Dzejas un eposa fragmenti sniedza viszemāko entropijas $H(1)$ vērtību. Pētot iegūtās kombinācijas, salīdzināju Raiņa dzeju un R. Blaumaņa lugu “Salna pavasari”. Dzejā kombināciju skaits burtiem gan pa divi, gan pa trīs bija lielāks, tomēr prozas darbā kombinācijas atkārtojas daudz biežāk un dažādāk, kas galarezultātā rada vislielāko entropiju.

Vidējā iegūtā entropija pa žanriem redzama 9.6. attēlā. Pirmās kārtas entropija parāda, ka vislielākā entropija ir preses kanālam, tad seko likumi, pēc tam proza un beidzamā ir dzeja. Tomēr otrās kārtas entropija vismazākā ir likumiem, bet vislielākā preseī un prozai. Otrās kārtas entropija parāda viena burta atkarību no pirms tam stāvoša burta. Jo lielāka entropija, jo lielāka ir burtu kombinācijas pa divi parādīšanās varbūtība. Trešās kārtas entropija aprēķina varbūtību summu, ja viena burta parādīšanās ir atkarīga no pirms tam stāvošiem diviem burtiem. Vismazākā trešās kārtas entropija ir likumiem, tad seko dzeja, bet visaugstākā entropija ir prozai. Jo mazāka entropija, jo lielāka saspiežamība jeb redundance. Jo mazāka entropija, jo vieglāk ir paredzēt, kāds burts sekos viens otram. Jo vairāk burtu tiek “atklāti”, jo vairāk entropija samazinās, jo burtu secība ir vieglāk paredzama.

Ir izveidota spēle, balstoties un Šenona entropijas definīciju, kur jāmin burti, lai atminētu vārdus. Pēc tā, cik ātri tiek atminēta burtu secība, tiek noteikta entropija. 9.5. attēlā redzams autores mēģinājums izspēlēt spēli. Rezultāti būtu labāki, ja spēle būtu latviski, jo pēdējo vārdu bija grūti atminēt nezināšanas dēļ. Uzdevums ir veiksmīgi atminēt nākamo burtu, zinot tikai iepriekš atminēto. K. Šenons burtu minējumu skaita secību uzskata par teikuma šifrējumu un eksperimenta entropiju vērtē kā entropiju angļu valodas burtiem. (Kozłowski, 2008), (Mika 2008)

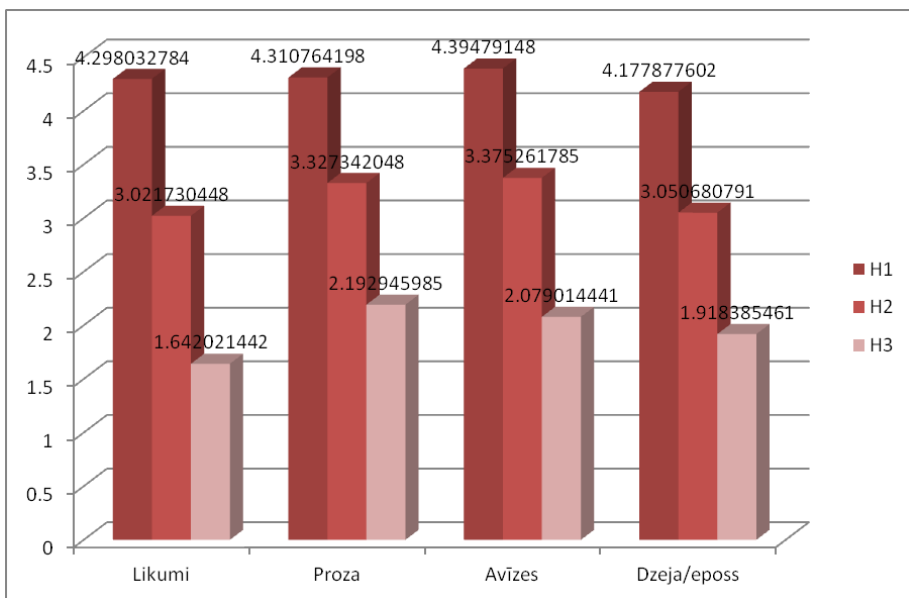
Diemžēl interneta vietnē <https://mathweb.ucsd.edu/~crypto/java/ENTROPY/> palicis tikai apraksts par spēli, bet spēles principam tiek izmantots entropijas kalkulators.

SINCE THE LESSONS ARE FREE IF K
6 5 2 20 1 2 15 9 1 1 3 3 13 1 1 1 3 1 2 1 1 2 23 16 3 1 1 4 25 1 4
NITTING DOESNT APPEAL TO YOU TH
25 1 19 1 1 1 1 1 14 11 10 4 2 2 1 7 22 2 1 1 22 2 3 6 1 3 1 1 1 3 5
EN YOU MIGHT WANT TO LEARN TO W
1 3 2 1 1 1 1 11 1 1 1 1 1 15 2 1 1 1 1 1 1 22 4 1 1 1 1 4 15 27 21
ATERSKI
3 14 16 2 20 26 1

The entropy for this experiment is 3.0859928

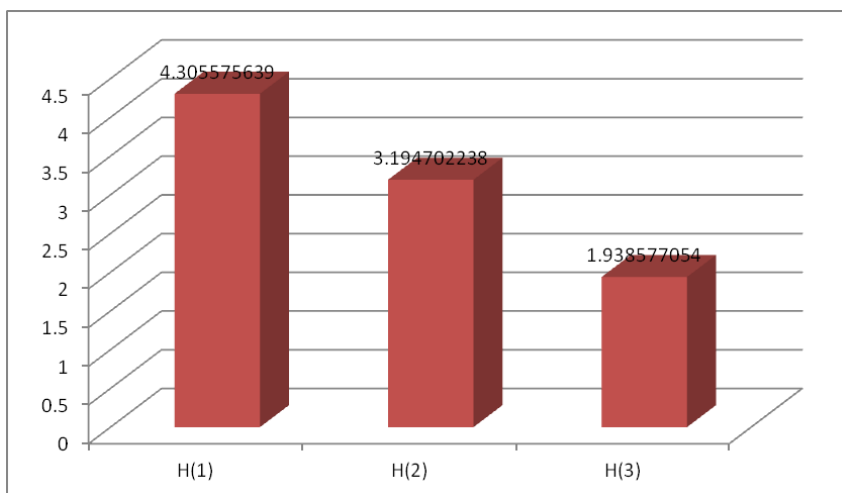
Letters New Quote Audio: On Off

9.5. att. K. Šenona eksperiments entropijas noteikšanai.



9.6. att. Vidējā entropija pa žanriem.

Vidējie entropijas rezultāti visiem izmantotajiem tekstiem, kam tika aprēķināta entropija, redzami 9.7. attēlā.



9.7. att. Vidējā entropija pa kārtām.

9.1. tabula

Entropijas salīdzinājums

H(N)	Latviešu valoda	Angļu valoda	Krievu valoda
H(0)	5.0875	4.75	5
H(1)	4.3056	4.07	4.05
H(2)	3.1947	3.36	3.52
H(3)	1.9386	2.77	-

9.1. tabulā redzama latviešu valodas entropija, ko autore aprēķināja, K. Šenona iegūtais rezultāts angļu valodai un pasniedzēja dotā informācija par krievu valodas entropiju. Latviešu valodas entropija ir lielāka, jo latviešu valodā ir vairāk burtu, bet tā straujāk krītas, jo kombinācijas atkārtojas retāk, līdz ar to saspiežamība ir lielāka.

Pēc iegūtajām entropijām ir iespējams izrēķināt redundanci (9.2. tabula) un saspiežamības koeficientu. Jo precīzāk ir noteikti šie parametri, jo augstākas kārtas entropija tiek lietota aprēķiniem. Redundance:

$$\text{Pie } H(1) \rho = 1 - \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = 1 - \frac{H_n(A)}{H_0(A)} = 1 - \frac{4,3056}{5,0875} = 0,1537 = 15,4\%$$

$$\text{Pie } H(2) \rho = 1 - \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = 1 - \frac{H_n(A)}{H_0(A)} = 1 - \frac{3,1947}{5,0875} = 0,3720 = 37,2\%$$

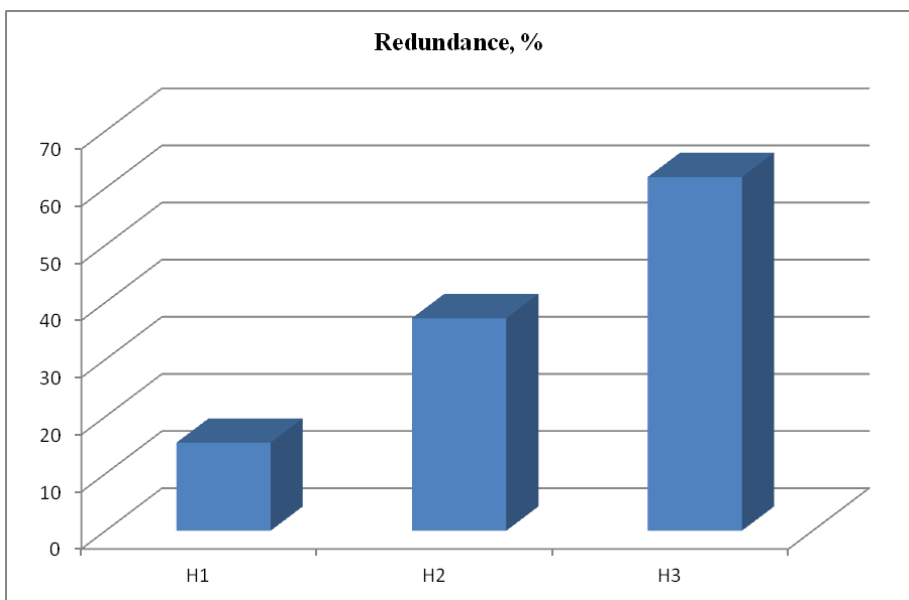
$$\text{Pie } H(3) \rho = 1 - \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = 1 - \frac{H_n(A)}{H_0(A)} = 1 - \frac{1,9386}{5,0875} = 0,6189 = 61,9\%$$

9.2. tabula

Redundances salīdzinājums

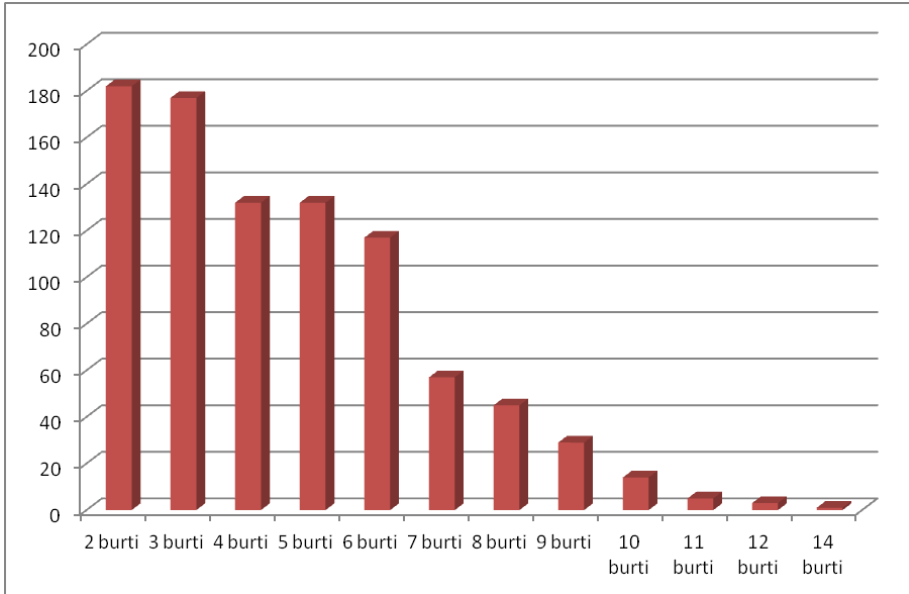
$\rho_{H(N)}$	Latviešu valoda	Angļu valoda	Krievu valoda
$\rho_{H(1)}$	15,4%	14,3%	19%
$\rho_{H(2)}$	37,2%	29,2%	29,6%
$\rho_{H(3)}$	61,9%	41,7%	-

Salīdzinot latviešu valodas redundanci ar angļu un krievu valodu, redzams, ka latviešu valodai redundance ir vislielākā. Tas ir skaidrojams gan ar garumzīmēm un mīkstinājuma zīmēm, gan arī jau iepriekš pieminētajiem patskaņiem, bez kuriem latviešu valoda arī ir saprotama. Entropiju lielāku var sasniegt, ja ir augstāka dažādība, t. i., kombinācijas atkārtojas dažādi, arī tas palielina redundanci. Ja visbiežāk lietotā kombinācija tiek izlaista, to varētu uztvert tāpat. Piemēram, vārdu *izglītība* Izglītības likumā aizstāt ar *izglīt*, tas uzreiz ļautu atbrīvoties no vairākām kombinācijām, bet būtu saprotams visos locījumos.



9.8. att. Redundance pie $H(1)$, $H(2)$ un $H(3)$.

Lai noteiktu, kāda būtu visprecīzākā redundance, pie kāda $H(n)$ tā jāaprēķina, bija jānosaka vidējā vārda garums. Autore izvēlējās tekstu no R. Blaumaņa lugas “Salna pavasarī” un manuāli aprēķināja vidējo vārda garumu. Tas ir 4,52, noapaļojot būtu jāaprēķina $H(5)$, lai aprēķinātu visprecīzāko redundanci latviešu valodai. Teksta sadalījumu pa vārdu garumiem skatīt attēlā Nr.9.9. (Bajarune, 2015)



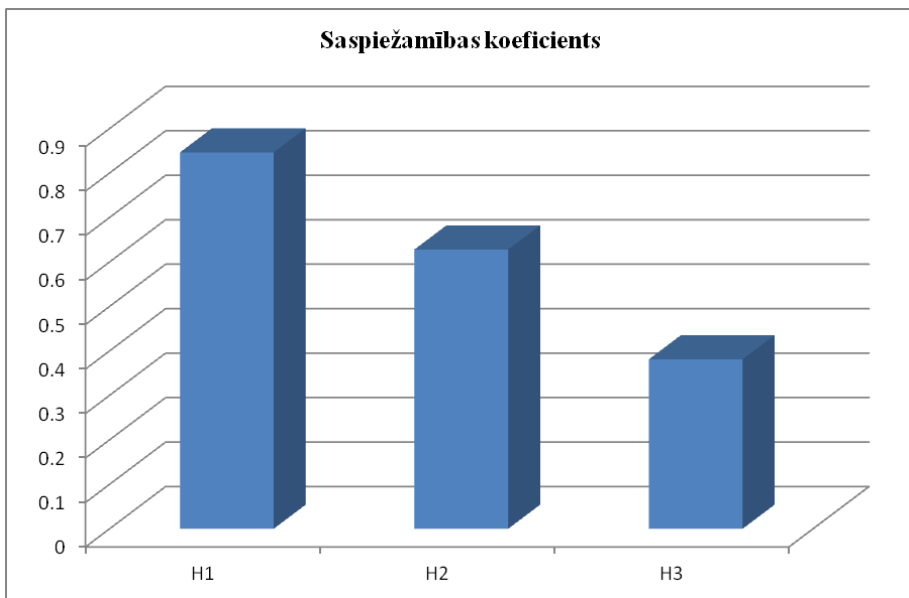
9.9. att. Vārdu sadalījums pa garumiem.

Saspiežamības koeficients:

$$\text{Pie } H(1) \quad r = \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = \frac{H_n(A)}{H_0(A)} = 1 - \rho = 0,8463$$

$$\text{Pie } H(2) \quad r = \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = \frac{H_n(A)}{H_0(A)} = 1 - \rho = 0,628$$

$$\text{Pie } H(3) \quad r = \frac{H(A)}{H_{\max}(A)} = \frac{H_n(A)}{H_0(A)} = 1 - \rho = 0,3811$$



9.10. att. Saspiežamības koeficients pie $H(1)$, $H(2)$ un $H(3)$.

Secinājumi

1. Pirmo reizi ir kvantitatīvi analizēta latviešu valoda kā kods dažādos tekstos. Veikts dažādu tekstu entropiju salīdzinājums.
2. Latviešu valodas entropijas ir salīdzinātas ar angļu un krievu valodas entropijām. Parādīts, ka latviešu valodas tekstu redundance ir lielāka nekā angļu un krievu valodā, jo tiek lietotas arī garumzīmes un mīkstinājuma zīmes.

8. Kombinētais apmācību modelis

Šīs nodaļas mērķis ir apskatīt esošo studiju modeļi, kur mūsdienās arvien lielāku lomu ieņem video lekcijas, un sniegt vadlīnijas tam, kādai tad būtu jābūt video lekcijai, lai tā būtu viegli uztverama studentiem.

“E-studiju izmantošana bieži asociējas ar mācību materiālu pieejamības nodrošināšanu internetā, izmantojot virtuālās studiju vides. Tomēr e-studiju mērķtiecīga izmantošana izglītības institūcijās paver iespēju nodrošināt datoratbalstīto mācīšanos, sadarbojoties, izmantojot informācijas un komunikācijas tehnoloģijas (turpmāk tekstā IKT). Balstoties uz sociokulturālo teoriju un piedalīšanās metaforu, datoratbalstītā mācīšanās, sadarbojoties kombinētajās studijās, veicina studentu aktīvāku iesaistīšanos studiju procesā un sekmē studentu savstarpējo sadarbību jaunu zināšanu radīšanā un apguvē.” (Ulmane-Ozoliņa L., 2012)

“Kombinētās studijas Latvijā ienākušas, īpaši tām nepievēršot uzmanību. Izglītības zinātnē Latvijā kombinētās studijas pētītas maz. Kombinētās studijas tiek definētas kā pārdomātas klātienē un tiešsaistes mācīšanās salikums. Tomēr pašreiz kombinēto studiju definīcija ir plašāka, jo kombinētās studijas sevī ietver ne tikai tiešsaistes mācīšanos, bet e-studijas kā tādas.” (Ulmane-Ozoliņa L., 2012)

“Latvijā termins “kombinētās studijas” parādījās līdz ar e-studiju attīstību. 2003. gada tālmācības kursā “Tālmācības un e-studiju metodika un tehnoloģija”, kuru izstrādājuši Rīgas Tehniskās universitātes Tālmācības studiju centra vadošie speciālisti ar Latvijas Izglītības un zinātnes ministrijas atbalstu, kombinētās studijas tiek definētas kā ar e-studiju elementiem papildinātas tradicionālās studijas. Dažkārt kombinētās studijas tiek saprastas kā klātienē verbālā komunikācija kombinācijā ar tiešsaistes vai e-studiju neverbālo komunikāciju. Ņemot vērā jaunās tehnoloģiju attīstības tendences vai konkrētāk *web* 2.0 darbības līdzekļus, e-studijās verbālo komunikāciju var nodrošināt tikpat veiksmīgi kā klātienē, īpaši vēl izceļot asinhrono komunikācijas darbības līdzekļu plašo pieejamību. Zinātniskajos un metodiskos materiālos par kombinētajām studijām nav noteikts vienots procentuālais līdzsvars starp tradicionālām studijām un e-studijām, lai kombināciju nosauktu par kombinētām studijām. Par kombinētām studijām var runāt, ja tradicionālās studijas mērķtiecīgi ir papildinātas ar kādu no e-studiju elementiem, tad šādu formu arī var saukt par kombinētajām studijām.” (Ulmane-Ozoliņa L., 2012)

Kombinētās mācības arvien vairāk tiek izmantotas augstākajā izglītībā un ir gan tradicionālās, gan tiešsaistes mācību pieejas priekšrocība. Secinājumos norādīts, ka kombinēto apmācību modeļa pieeja uzlabo studentu iesaistīšanos mācībās un pieredzi, jo šis apmācību veids rada nozīmīgu ietekmi uz studentu izpratni par mācību veidu un mācīšanās fonu. Kombinētās apmācības jāizstrādā kā vadošā mācību pieeja nākotnei un viena no galvenajām izglītības tendencēm divdesmit pirmajā gadsimtā. Jautājums ir nevis par to, vai augstākajā izglītībā būtu

jāievieš kombinētās mācības, bet gan par to, kā praksē veiksmīgāk ieviest šo apmācību modeli. (Poon, 2004)

Jēdziens “kombinētās studijas” iepriekš bija saistīts ar klases apmācību, izmantojot e-apmācību aktivitātes. Attiecīgi kombinētās studijas ir tradicionālās klātienē un e-apmācības paradīgas integrācija. Kombinētās studijas nodrošina tiešsaistes un klātienē (F2F – *face to face*) studiju kombinācija, lai palīdzētu pasniedzējiem sasniegt pedagoģiskos mērķus, mācot studentus radīt konstruktīvu prasmi pašiem mācīties, palīdz uzlabot pasniegšanas spējas un panākt sociālo sadarbību. Kombinētās studijas ietver dažādu piegādes metožu, mācīšanās stilu un pasniegšanas veidu kombinācijas. Kombinētās studijas bieži lieto kopā ar tādiem terminiem kā integrēts, elastīgs, jaukts režīms, daudzveidīgs vai hibrīds mācīšanās veids. Mūsdienās kombinētās studijas ietver dažādu iniciatīvu integrāciju, kas panākta, apvienojot 30% F2F un 70% ar IT rīku palīdzību. Kā veiksmīgs kombinēto studiju modelis tiek minēts arī, kur 80% sastāv no augstas kvalitātes tiešsaistes apmācībām, kas integrētas ar 20% mācībām klasē. Kombinētās studijas ir dažādu didaktisko pieeju (kooperatīvā mācīšanās, atklājumu mācīšanās ekspozīcija, prezentācijas utt.) un piegādes metodes (personiskā komunikācija, apraide, publicēšana utt.) kombinācija.

Kombinētais apmācību modelis piedāvā elastīgu studiju tempu studentiem un pasniedzējiem, veicina personalizāciju, uzlabo studentu darba rezultātus, veicina autonomijas un pašvirzīšanās izaugsmi mācībās, rada izredzes profesionālai apmācībai, samazina izmaksas, palielina komunikāciju starp studentiem un pasniedzējiem, kā arī studentu starpā. Kombinētās studijas veido harmonisku un saskaņotu līdzsvaru starp tiešsaistes piekļuves zināšanām un tradicionālo cilvēku apmācīšanu, ņemot vērā studentu un pasniedzēju attieksmi. (Bervell, 2018)

Tāpēc kombinētais apmācību modelis ir nozīmīgs pedagoģiskais jēdziens, jo galvenā uzmanība tiek veltīta, lai nodrošinātu visefektīvāko mācību un mācīšanās pieredzi.

Kombinētajā studiju modelī ir iespēja piedāvāt piekļuvi tiešsaistes resursiem un informācijai, kas atbilst studentu zināšanu un intereses līmenim. Tas rada studiju apstākļus, kas piedāvā iespējas profesionālai sadarbībai, kā arī uzlabo pasniedzēju laika lietpratību. (Guillen-Gamez, 2020) Studijas kombinētajā apmācību modulī vairo studentu interesi par individuālo mācīšanās progresu, atvieglo iespēju mācīties katram savā ātrumā un sagatavo studentus nākotnei, iemācot reālas prasmes, kas viņiem palīdz pielietot gan savas akadēmiskās zināšanas, gan pašmācības spējas un datorprasmes. (Yeou, 2016)

Kombinētā studiju modeļa izmantošana studiju procesā uzlabo sociālo komunikāciju universitāšu kopienās, uzlabo studentu spēju un pašpaļāvību, paaugstina mācību kvalitāti, uzlabo kritisko domāšanu mācību vidē un iekļauj tehnoloģijas kā operatīvu rīku kursa satura nodošanai studentiem. (Baragash, 2018)

8.1. Situācija Covid-19 pandēmijas laikā

Smags akūtais respiratorais sindroms koronavīrus-2 (SARS-CoV-2), tautā pazīstams kā Covid-19, pirmo reizi tika identificēts 2019. gada decembra beigās Vuhaņā, Ķīnā. (*Temsah et al.*, 2020). Tas izplatījās vairāk nekā 200 valstīs visā pasaulē. Pasaules Veselības organizācija (PVO) 2020. gada 11. martā nekavējoties izziņoja globālu pandēmiju. Līdz 2020. gada 5. jūlijam tika ziņots par kopumā 11 125 245 apstiprinātiem gadījumiem visā pasaulē ar 203 836 jauniem gadījumiem un kopā par 528 204 nāves gadījumiem (PVO, 2020). Miljoniem cilvēku, tostarp pētnieki, akadēmiskie un korporatīvie darbinieki, kā arī studenti un valstu valdības, bija spiesti palikt drošībā, norobežojoties vai īstenojot veselu un/vai daļēju pašizolāciju visā pasaulē. (*Cooper*, 2020)

Šajā Covid-19 krīzes posmā valstīs atsāk darbu skolās, taču veselības problēmas joprojām pastāv un ierobežojumi var palikt spēkā, kas ietekmētu izglītības procesu organizāciju. Skolām un universitātēm ir jāpieņem jaunie apstākļi, kas prasa nākotnes plānošanu un pastāvīgu elastību. Galvenā pieeja, kas tiek apspriesta, ir kombinētās studijas – ikdienas skolas un tālmācības kombinācija. Izglītības pētniekiem, praktiķiem un politikas veidotājiem ir jādomā, kā pielāgot “tradicionālos” mācību un mācīšanās organizēšanas veidus, kā pāriet no mācību priekšmetos balstītas zināšanu nodošanas uz individuālo kompetenču attīstību un kā atbalstīt skolotājus un skolas būt novatoriskiem attiecībā uz savu darba organizāciju, kā mainīt pedagoģiskās metodes par labu visiem izglītojamiem.

Kombinētā mācīšanās ir veids, kā pāriet uz kompetencēs balstītu pieeju, kur izglītojamais atrodas centrā. Skolotājiem jāukta mācīšanās ļauj novērtēt visus izglītojamos, diferencēt un personalizēt mācīšanu. Kombinētā mācīšanās dod iespēja atbalstīt izglītojamos ar īpašām vajadzībām, izmantojot jauktu mācīšanos, kas bija acīmredzams jau pirms Covid-19 krīzes.

Kaut arī krīze ir veicinājusi tālmācības attīstību (ko šobrīd saprot kā “Avārijas tālvaldības pulci mācīšanā”), jāņem vērā, ka apvienojumā ar ierobežotu aktivitāti skolā, pozitīvu un pilnībā attīstītu pieeju efektīvai jauktai apmācībai skolas saskaras ar izaicinājumiem:

- mācīšanās attālināti var būt piemērota vecākiem skolēniem un pieaugušajiem, kam ir lielāka kontrole par savu mācīšanās laiku, vietu, ceļu un/vai tempu, tomēr jaunākiem skolēniem un tiem, kam nepieciešams papildu atbalsts mācībās, var rasties grūtības mācīties patstāvīgi;
- efektīvas klātienē mācīšanās apvienošana un elastīgas tālmācības veicināšana visiem skolēniem tādā veidā, lai darbotos vienota pedagoģiskā pieeja, prasa no skolotājiem un skolu vadītājiem augstu kompetences un inovāciju līmeni;
- efektīvai jauktai apmācībai pat atsevišķās iestādēs nepieciešama elastība vai būtiskas izmaiņas izglītības sistēmā un tās atbalsta mehānismos (likumu vide un sistēmas, resursi, profesionālā pilnveide, kvalitātes nodrošināšana).

Lai gan šīs problēmas ir jāuztver gana nopietni, krīze ir pierādījusi, ka pārmaiņas un elastība ir gan iespējamas, gan vēlamas.

Latvijas valsts izglītības saturs centrs ir izdevis metodiskos ieteikumus vispārējās un profesionālās izglītības iestādēm Covid-19 izplatības laikā “Vadlīnijas klātienēs, kombinētu un attālinātu mācību īstenošanai”. Covid-19 izplatības laikā izglītības iestāde lemj par mācību procesa īstenošanai atbilstošāko modeli, lai pēc iespējas mazinātu skolēnu/audzēkņu un izglītības iestādes darbinieku inficēšanās riskus. Plānojot mācību īstenošanu, izglītības iestāde organizē mācību darbu tā, lai mazinātu kontaktu apjomu. Mācības organizē pa klasēm, specifiski veidotām grupām, piemēram, daļa klases, vai izglītības posmiem, lai šīs skolēnu/audzēkņu grupas būtu nošķirtas viena no otras, savstarpēji noslēgtas un ilgākā laika posmā nemainītos to sastāvs, ar ko ikdienā saskaras skolēni/audzēkņi un pedagogi. Viens no veidiem, kā to var panākt, ir daļu no mācībām 7.–12. klašu skolēniem/audzēkņiem īstenojot attālināti. Tāpat izglītības iestādei jāturpina īstenot mācību procesu skolēniem, kas atrodas pašizolācijā vai mājas karantīnā. Izglītības iestāde veido un īsteno individuāli pielāgotu mācību plānu un nodrošina atgriezenisko saiti tiem skolēniem/audzēkņiem, kas atrodas pašizolācijā vai mājas karantīnā un var mācīties attālināti (tikai mājās), kamēr pārējie mācās izglītības iestādes telpās vai daļēji attālināti. Covid-19 izplatības laikā izglītības iestāde mācību procesu īsteno atbilstoši vienam no trim modeļiem vai kombinē divu vai vairāku modeļu īstenošanu vienlaikus atkarībā no apstākļiem konkrētā izglītības iestādē. Izglītības iestādei jābūt gatavai mācību procesa īstenošanas modeļu maiņai atbilstoši strauji mainīgajai situācijai. Tā plāno, veic nepieciešamos sagatavošanās darbus un nepieciešamības gadījumā nekavējoties organizē mācību procesa īstenošanas modeļa maiņu – no A uz B vai C modeli (10.1. att.) vai otrādi – atbilstoši situācijai.

A	B	C
KLĀTIENES	KOMBINĒTAIS	ATTĀLINĀTAIS
<p>Ja izglītības iestāde var nodrošināt pamatprasības:</p> <ul style="list-style-type: none"> • informēt, • ievērot higiēnu, • uzraudzīt personu veselības stāvokli, • sociāli distancēties. 	<p>Ja izglītības iestāde nevar nodrošināt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • optimālu koplietošanas telpu piepildījumu, • pamatprasībām atbilstošu plūsmu koordināciju. 	<p>Īsteno, ja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • izglītības iestādē konstatēta inficēšanās vai saslimstība ar COVID-19, • SPKC noteicis ierobežojumus, • valsti/pašvaldībā noteikti obligāti pretepidēmijas pasākumi.
Mācības notiek klātienē ar vai bez attālināto mācību elementiem.	Mācības notiek gan klātienē, gan attālināti.	Mācības notiek attālināti.
<p>1. – 6.klasē – klātienē. 7. – 12.klasē (arī profesionālajā izglītībā) – klātienē, līdz 20 % attālināti.</p>	<p>1. – 6.klasē – klātienē. 7. – 12.klasē – 40–60 % klātienē; 40–60 % attālināti. Profesionālās izglītības iestādēs – 60–80 % klātienē; 20–40 % attālināti.</p>	<p>1. – 12.klasē (arī profesionālajā izglītībā) attālināti.</p>
Aktivitātes ārpus formālās izglītības var notikt, nodrošinot pamatprasības, priekšroku dodot pasākumiem brīvā dabā.	Jāierobežo ārpus formālās izglītības pasākumu norise. Ja pārklājas klašu grupu plūsmas, pasākumi var notikt brīvā dabā.	Jāizvērtē pasākuma iespējamība valstī kopumā un konkrētā skolā atbilstoši noteiktajiem ierobežojumiem.

10.1. att. Mācību procesa īstenošanas modeļi Covid-19 izplatības laikā (VISC, 2021).

Lai gan tiešsaistes apmācība ir daudzsološa fiziskās klases alternatīva, skolēni negatīvi uztver tiešsaistes mācību formu, kas varētu atstāt būtiskas sekas ne tikai uz zināšanām, bet arī radīt psiholoģiskus pārdzīvojumus. Studenti un skolēni ir noraižējušies, jo klasē nav prieka. E-apmācību negativitātei ir dažādi iemesli, piemēram, kursu kvalitāte, satura lietojamība, tehnoloģiskais vieglums, tehniskās palīdzības pieejamība un mijiedarbības iespēja ar vienaudžiem.

Lielākā daļa e-apmācības problēmu ir saistītas ar tehnoloģijām, kā arī programmatūras un aparatūras atbalsta nepieejamību. (VISCS, 2021)

8.2. Kā veidot video lekcijas, lai piesaistītu studentus un sniegtu maksimālo informācijas apjomu

Autore uzskata, ka ir svarīgi sākt ar dažādu pētījumu analīzi par video lekcijām un sniegt pieredzes apkopojumu šajā jomā, lai uzzinātu, kā sasniegt galveno mērķi. Labas video lekcijas galvenais noteikums ir tāds, ka studentiem to vajadzētu viegli uztvert. Autore sniedz vadlīnijas, kuras apkopotas pēc zinātniskās literatūras un pētījumu analīzes, pēc kuras veikta video lekciju analīze, par kvalitāti ņemot lekcijas atbilstību vadlīnijām.

Autore ir apspriedusi entropijas nozīmi valodā 9. nodaļā. Tajā latviešu valoda ir pētīta kā literārais kods tādos saziņas kanālos kā prese, dzeja, proza un juridiskā literatūra. Tāpat ir aprēķināta latviešu valodas entropija, kas ir salīdzināta ar citu valodu entropiju. (Bajarune, 2015) Video lekcijas kā koda analīze ir turpinājums iepriekš veiktajiem pētījumiem.

Dabiskā valoda ir viens no galvenajiem saziņas veidiem. Kā zīmju sistēma tas ir informācijas nosūtīšanas un saņemšanas rīks. Ar savu zīmju sistēmu, to simbolu un likumu kombināciju savienojumiem un salikumiem valoda ir unikāls komunikācijas kods, saskaņā ar kuru tiek izmantoti visi pārējie neverbālie kodi. (Shannon, 1948) No komunikācijas teorijas viedokļa jebkura valoda ir kods. Cik informatīvs ir šis kods, to raksturo Šenona entropija. Ja valodas daudzveidība ir lielāka, arī Šenona entropija ir augstāka. (University of Texas at Austin, 2015)

Lai gan daudzas izglītības organizācijas veido un kopīgo video lekcijas, nav pieejami video lekciju izveides standarti. Nav arī pieejamas vadlīniju video lekciju prezentācijas stilam. (Ilioudi, 2013)

Jāņem vērā, ka katra tiešsaistes video lekciju veida priekšrocības un ierobežojumi studijās vēl nav rūpīgi izpētīti. Kopumā, neskatoties uz pieaugošo tiešsaistes izglītojošo video lekciju skaitu un daudzveidību, to efektivitāte studiju jomā līdz galam nav pierādīta. (Chorianopoulos, 2013)

8.2.1. Multivides apmācības

Lielākā daļa pētnieku, piemēram, Benets, Brehts un Čens, analizē video lekcijas ieguvumus vai salīdzina dažādu veidu video lekcijas. Multivides mācīšanās priekšrocību ir daudz, un tās ir kopīgas visiem autoriem. Salīdzinot ar tradicionālajām mācību metodēm, multimediju mācīšanas metodēm ir daudz priekšrocību. Tradicionālais mācību modelis ir ildzis daudzus gadus bez būtiskām izmaiņām. Multimediju parādīšanās ir mudinājusi instruktorus izpētīt un izstrādāt jaunus mācību rīkus, lai uzlabotu mācību metodes un pasniegšanas kvalitāti, lai atbrīvotu skolotājus no tradicionālās tāfeles. Skolotājiem vairs nav jāstājas auditorijas priekšā, vienmuļi lasot lekciju, kamēr studenti pieraksta piezīmes. Jauno mācību metode uzlabo gan mācību procesu, gan iedvesmo studentus kļūt par entuziastiskākiem izglītojamiem. Multivides mācību metodes rada bagātīgu un relaksējošu mācīšanās vidi studentiem. Tās veicina satura

interaktivitāti, dažādo izteiksmi un stimulē studentu maņu reakciju, tādā veidā mazinot studentu nogurumu un spriedzi pēc lekcijām. Studentu intelektuālās un ne intelektuālās spējas mijiedarbojas, veicinot viņu attīstību. Studenti var mācīties patstāvīgi un aktīvi, iegūstot labākus rezultātus savos pētījumos. Mācību laiks, izmantojot multimediju tehnoloģijas, tiek palielināts. Pedagogi un pasniedzēji uzlabo mācību programmu kvalitāti, un līdz ar to uzlabojas arī izglītojamo izpratne un zināšanas par kursu saturu. Tajā pašā laikā tas ir izaicinājums pedagogiem, jo šis darbs prasa daudz vairāk laika un pūļu nekā tradicionālās mācības, viņiem ir jāplāno ne tikai lekcijas, bet arī jā sagatavo mācību saturs e-studiju vidē, taču tas viss uzlabo mācību kvalitāti.

Izmantojot dažādus multivides materiālus un rīkus e-studiju vidē, tiek paplašināti gan darbības, gan studiju virzieni. Tradicionālais mācību modelis ir vērst uz klātienē lekciju vai lekciju mazām auditorijām, tomēr tas nevar garantēt efektivitāti lielās teritorijās, plašā mērogā un tālmācībā. Video lekcijas var ļoti atvieglot skolotāju slogu pārpildītās klasēs un pieprasītos kursus un tādējādi uzlabot mācīšanas efektivitāti.

Multivide veicina efektivitāti divvirzienu mācīšanas un mācīšanās īstenošanā. Tradicionālajā izglītībā pasniedzējiem ir grūti sazināties ar katru studentu, savukārt izmantojot e-studiju vidi var pilnībā izmantot tajā iebūvētās divvirzienu mijiedarbības funkcijas. Izmantojot datoru saziņai un īstenojot savlaicīgu un kvalitatīvu atgriezenisko saiti, katra skolēna vai studenta mācību procesu var kontrolēt. Kas attiecas uz zināšanām, multimediju mācīšana abstraktās zināšanas var pārvērst konkrētās zināšanās, sarežģītas lietas vienkāršās lietās un sarežģītus materiālus viegli lietojamos materiālos. Izmantojot datoru, studenti atklāj neizskaidrojamu problēmu būtību un uzlabo savu studiju efektivitāti. (Dai, 2012)

Multivides apmācībai ir arī vairāki trūkumi. Daži pasniedzēji domā, ka, lai veicinātu izglītības modernizāciju un reformētu mācību modeli, datorizēta apmācība ir obligāta. Tādējādi neatkarīgi no faktiskās vajadzības skolotāji datoru lieto no paša lekcijas sākuma līdz beigām. Viņi ir aizstājuši materiālu pasniegšanu tradicionālajā mācību modelī ar mācību materiālu parādīšanu elektroniski. Psihologi uzskata, ka, lekcijā pārāk daudz izmantojot datorizētu tekstu, tas var negatīvi ietekmēt, studentu uzmanību, to novēršot. Jo vairāk no studentiem tiek prasīta nedalīta uzmanība, jo grūtāk notiek mācību un informācijas pārraides process. Saņemtā informācija šādā veidā studentiem nav lietderīga.

Skolotājiem ir galvenā loma mācīšanas aktivitātēs, bet studentiem ir galvenā loma kognitīvās aktivitātēs. Mācīšanas process ir atkarīgs no mācību vides, skolotāju un studentu savstarpējās mijiedarbības un ietekmes kognitīvo darbību attīstīšanā. Lai gan multivide var sniegt daudz vairāk informācijas nekā tradicionālās mācību metodes, tā nevar sasniegt emocionālos izglītības mērķus vai šajā ziņā aizstāt tradicionālo mācīšanos. Mācībās izmantotās tālmācības studijas klases atmosfēru bieži padara garlaicīgu vai nenozīmīgu. Studentiem trūkst emocionālas mijiedarbības. Tie netiek stimulēti mācīties patstāvīgi tā, kā tas notiktu grupā, izjūtot konkurenci, un mācīšanas efektivitāte tāpēc nevar būt garantēta.

Multivides materiālu ieviešana mācību procesā var sniegt skaidrākas un visaptverošākas zināšanas. Tomēr multimediju materiālu izmantošana var arī likt skolotājiem domāt, ka nav nepieciešams pievienot savus izskaidrojumus, piemērus un secinājumus visaptverošai, sistemātiskai un detalizētai informācijai par izmantotajiem materiāliem. Faktiski definīcija, teorēma, problēmas aprēķināšana, aprēķina metode un tehnika nevar skaidri un pilgti tikt izskaidrotas tikai ar materiāliem e-vidē, aptverot visa kursa programmu. Citiem vārdiem runājot, bez pasniedzēja paskaidrojumiem studentiem ir tikai vispārējs priekšstats par saturu bez dziļas izpratnes par sarežģītajiem punktiem.

Lai pievērstu studentu uzmanību, daudzi kursu izstrādātāji pārspilē ar pieejamajiem programmu efektiem un izmanto pārlietu spēcīgas krāsas, attēlus un animācijas.

Studenti ir sajūsmā par pilgtu audiovizuālo lekciju noformējumu, bet patiesie rezultāti var neapmierināt. Izmantojot multivides piedāvāto daudzveidību, studentu uztvere var tikt stimulēta un ietekmēta psiholoģiski, tiek nomākta spēja atšķirt primāro no sekundārā, un daži ekrāna attēli var pat kļūt nepanesami, lai mācītos. Šajos vizuāli efektīvajosursos ir priecīga atmosfēra, bet galvenais lekcijas mērķis beigās netiek sasniegts. (*Dai, 2012*)

Cilvēka acis un smadzenes gan klasificē, gan atlasa. Šo faktu apstiprina vairāki pētījumi. Acis un smadzenes spēj uztvert ierobežotu skaitu informācijas bitu, ko tās instinktīvi papildina ar trūkstošajām detaļām.

No otras puses, vizuālais mehānisms darbojas arī pretējā nozīmē unikālā veidā: neskatoties uz daudz stimuliem, kas var pastāvīgi iedarboties uz redzes sistēmu, tas spēj precīzi atšķirt reālos signālus un traucējumus, pateicoties sarežģītajam filtra mehānismam smadzenēs.

Mūsu atmiņa saglabā 40% no tā, ko mēs redzam, un 20% no tā, ko mēs dzirdam. (*Weber, 1980*)

Izglītībā pieaug video lekciju popularitāte no klātienes lekcijām. Pareizi veidojot un lietojot, video var būt spēcīgs mācību materiāls. Video lekcijas var piesaistīt studentu uzmanību un motivēt viņus mācīties arī tad, ja tiek parādītas lietas, kuras citādi viņiem nebūtu iespējams redzēt, (piemēram, medicīniskās procedūras) vai ir nepieciešams kādu tēmu "humanizēt" (piemēram, parādot filmas, mācīt par karu). (*Bennett, 2007*)

Interaktīvo studiju iezīmes, studentu kontroles un aktīvā mācīšana ir tagadne mūsdienu video lekciju izmantošanā. Mācīšanās ir aktīva, kad studenti meklē paskaidrojumus. Kurša pasniedzējs kontrolē pieejamo saturu, bet studenti var izvēlēties tos video lekciju segmentus, kurus viņi vēlas skatīties. (*Brecht, 2012*)

Ir apkopotas klātienes lekciju filmēšanas priekšrocības. Tās piesaista studentus, paaugstina apmierinātību, uzlabo izpratni par kursa saturu, ir iespējams vēlreiz noklausīties sarežģītākas tēmas, tiek uzlabota kursa piezīmju precizitāte un to pieejamība studentiem, kuru dzimtā valoda nav angļu valoda. Pasniedzējiem, kuri izmanto šo metodi – video lekciju filmēšanu –, ir samazinājies pieprasīto klātienes konsultāciju skaits. (*Wiese, 2013*)

Ir izpētīts, kā multimediju materiāli, pasniegti dažādos stilos, ietekmē skolēnu emocijas un viņu sniegumu. Viņu rezultāti liecina, ka uz video balstīti multivides materiāli, kas satur kustīgus

attēlus ar skaņu, animēti, uz mijiedarbību balstīti multivides materiāli, kas satur tekstu un animētos attēlus ar interaktīvām funkcijām, rada labākus mācīšanās sasniegumus un pozitīvākas emocijas nekā multivides materiāli, kas satur tikai statisku tekstu. (Chen, 2015)

8.2.2. Video lekciju veidi un noformējumi

Ir dažādi video lekciju veidi. Video ieraksts, kas vienkārši ieraksta instruktora prezentāciju tiešsaistes apskatei. Video parasti satur *PowerPoint* slaidus, pasniedzēja balsi un reizēm video ar pasniedzēju un tāfeli ar tekstu.

“Balss pāri prezentācijai” (*voice over*) veids sinhronizē lekcijas audio ierakstu ar *Power Point* slaidu pievienošanu, izmantojot speciālu programmatūru (piemēram, *Microsoft Producer* vai *Power Cam*).

“Attēls attēlā” veids rāda pasniedzēja attēlu un lekciju slaidus un satur pasniedzēja balsi, virsrakstus vai pat *flash* animāciju.

“*Khan* stila” video lekcijas galvenokārt balstās uz rokrakstā sagatavotām apmācībām, izmantojot digitālo pildspalvu un planšetdatoru, ar skolotāja audio balss pārraidi.

Ir pierādīts, ka balss prezentācijas (*voice over*) veids ģenerē visaugstāko uzmanības noturību. (Chen, 2015)

Ne tikai video lekciju stils, bet arī noformējums ietekmē studentu informācijas uztveri.

Brehts dalās ar informāciju no saviem pētījumiem ASV universitātē (*California State University, Sacramento, California, USA*). Ir pārbaudīti trīs dažādi video noformējumi. 1. dizains ievērojami atšķīrās no 2. un 3. dizaina. Vispirms tika izstrādāts un pārbaudīts 1. dizains. Pēc aptaujas rezultātu analīzes un studentu komentāru izskatīšanas tika izstrādāts 2. dizains. 2. dizains tika pārbaudīts nākamajā semestrī. Pēc 2. dizaina aptaujas rezultātu analīzes tika izstrādāts un pārbaudīts 3. dizains.

Video ar spēcīgu prezentācijas reljefu un elementu maiņas tempu (grafiku un skaņas izmantošana 2. dizainā) ir visefektīvākie prezentāciju modeļi. Tas liek domāt, ka studentu uzmanība un iesaistīšanās studijās ir smalks jautājums. (Brecht, 2008)

Daži pētnieki ir novērtējuši studentu uzmanību, viņiem skatoties dažādus video. Uzmanības laiks ir standarta metrika, ko izmanto arī bezmaksas video publicēšanas platformu izstrādātāji, piemēram, *YouTube*, un pakalpojumu sniedzēji uzņēmumiem, piemēram, *Wistia*. Dati pierāda, ka īsāki videoklipi ir saistošāki nekā garāki videoklipi. Videoklipiem, kuru ilgums nepārsniedz 2 minūtes, jācenšas padarīt saturu pēc iespējas īsāku, lai garantētu visaugstāko uzmanības noturēšanu. Ja videoklipa ilgums ir 30 sekundes, ļoti iespējams, ka lielākā daļa cilvēku to noskatīsies līdz galam. (Wistia, 2013)

Pilna laika klātienes studijās video lekcijas garums parasti ir 1–1,5 stundas.

Studenti pārskata klases lekcijas parasti pirms eksāmeniem. Tāpēc tiek izstrādāti 5–10 minūšu video kopsavilkumi, kuros izklāstīti galvenie punkti no iknedēļas klātienes lekcijām. Lai iegūtu sīkāku informāciju, studenti izmanto *PowerPoint* slaidus. (Whatley, 2007)

Studenti parasti vairāk notur uzmanību tajos video, kuros redzama pasniedzēja seja, (*talking head*), kas runā. Iespējams, cilvēka seja rada “intīmāku un personiskāku” sajūtu un atdzīvina vienmuļus *PowerPoint* slaidus vai ekrānus, kuros tiek attēlots, piemēram, programmas kods. Tāpēc ir ieteicams nofilmēt pasniedzēju un pēc tam ievietot to prezentācijas video attiecīgajā laikā (10.2. att.)

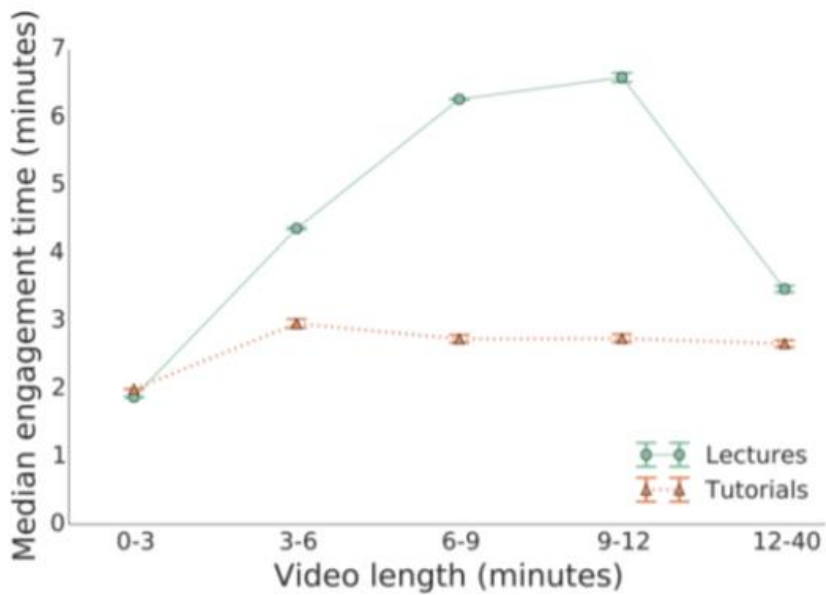
Runājošo pasniedzēju sejas parasti tiek filmētas šaurā rāmī, kamēr instruktors stāv aiz pjedestāla un bieži vien apskata auditoriju, it kā veidojot acu kontaktu ar studentiem, nevis skatoties tieši pret kameru. Video producenti šo vēlamu īpašību sauc par “personalizāciju” – to sajūt arī studenti, ka video ir domāts tieši viņiem. Ir ieteicams izmēģināt filmēšanu neformālā vidē, kur pasniedzējs var izveidot labu acu kontaktu. Tas maksā mazāk, bet video varētu būt efektīvāks, nekā filmēts profesionālā studijā.

Apmācības, kas ietver pakāpenisku problēmu risināšanu, kā visos *Khan* stila mācību videoklipos, kur ir instruktors, kas zīmē digitālo planšetdatoru, ir saistošākas, nekā rādīt *PowerPoint* slaidus un/vai koplietot ekrānu ar kodu. *Khan* stila apmācības prasa lielāku plānošanu pirms filmēšanas nekā slaidu prezentēšana vai koda ievadīšana teksta redaktorā. Visefektīvākās *Khan* stila apmācības ir tās, kuras pasniedzējs ir sagatavojis skaidrā rokrakstā, ja pasniedzējam piemīt labas zīmēšanas prasmes un rūpīgi ir izplānots izkārtojums, pārāk nepārslogojot ekrānu. Konsultācijas ir ieteicams nofilmēt *Khan* stilā, ja, piemēram, jāparāda slaidi vai kods, kas sīkāk jāpaskaidro.

Pirms filmēšanas (t.i., plānošanas) fāzei ir vislielākā ietekme uz studentu uzmanības noturību radītajos videoklipos. Ierakstot tradicionālās vienas stundas lekcijas dzīvās klases priekšā, pat ja pasniedzēji izplānojuši rūpīgi katru stundu, šis video nebūs tik efektīvs kā virkne īsu, diskretu gabalu, kas vēlāk varētu tikt viegli radīti no izplānotās lekcijas un izplatīti tiešsaistē. Ir lietderīgi ieguldīt laiku pirms produkcijas, pat ja pasniedzēji paliek tikai pie klātienē lekciju ierakstīšanas.

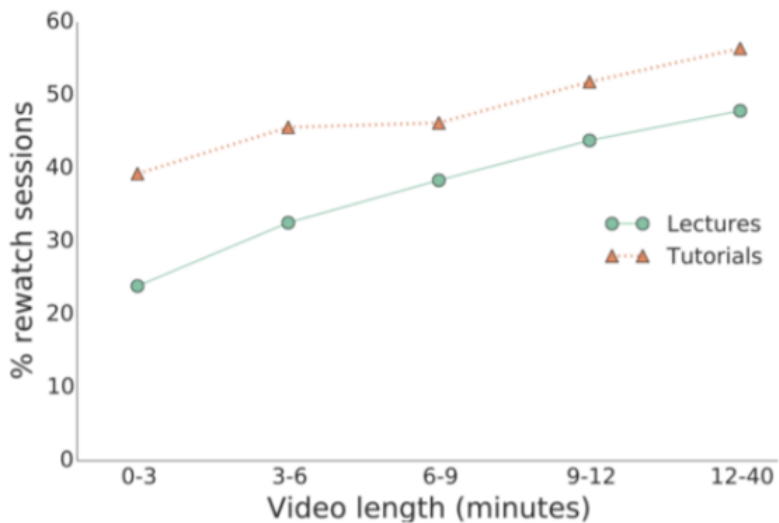
Studenti uzmanību notur ilgāk, ja videoklipos pasniedzēji runā ātrāk. Daži praktizētāji par optimālu runu prezentācijā iesaka 160 vārdus minūtē. Ieteicams strādāt ar pasniedzējiem, trenēt viņu runu, lai izceltu viņu dabisko entuziasmu, pārliecinātu viņus, ka, arī runājot ātri, tas ir efektīvi. (*Williams, 1998*)

Studenti lekciju video un mācību video skatās atšķirīgi. Lekciju video parasti sniedz konceptuālās (deklaratīvās) zināšanas, savukārt mācību video – procesuālās zināšanas. 10.2. attēlā redzams, ka studenti katru mācību video skatās tikai vidēji divas līdz trīs minūtes neatkarīgi no tā garuma. 10.3. attēlā redzams, ka studenti mācību video pārskata biežāk nekā lekciju video.



10.2. att. Uzmanības noturības laiks pret video lekciju un mācību video materiālu garumu.

(Guo, 2014)



10.3. att. Atkārtoti skatītās video sesijas, procentos. (Guo, 2014)

Šie atklājumi liek domāt, ka studenti biežāk atkārtoti skatīsies un pāries uz garāka mācību video attiecīgajām daļām. Hipersaites grāmatzīmju vai vizuālo norāžu pievienošana uz mācību videoklipiem, piemēram, izmantojot lielākus teksta blokus, lai apzīmētu pārejas no vienas tēmas uz otru, varētu atvieglot tēmu meklēšanu un atkārtotu video skatīšanos. Turpretī studenti sagaida no lekcijas, lai tā būtu nepārtraukta informācijas plūsma, tāpēc pasniedzējiem būtu jārada laba pirmās reizes skatīšanās pieredze. Pasniedzējiem būtu jāveido atšķirīga stratēģija, filmējot lekciju video un mācību video, jo veids, kā tos skatās studenti, ir atšķirīgs. Jābūt lekcijas video plānam, lai optimizētu pirmās skatīšanās pieredzi. Mācību video garumam nav tik lielas nozīmes kā tam, kādi atbalsta rīki ir izmantoti atkārtotai video skatīšanai un meklēšanai. (Guo, 2014)

8.2.3. Video lekciju tehnisko standartu vadlīnijas

ARSC *Online Media* komiteja ir izdevusi video veidošanas vadlīnijas, kuras apstiprināja ARSC direktoru padome 2015. gada 27. maijā. Šīs vadlīnijas nav obligātas prasības, bet ieteikumi. Tās ir paredzētas vislabākās kvalitātes video un audio materiālu uzņemšanai un ražošanai.

Iestatīšana un uzņemšana.

Apgaismojums un redzamība: uzņemiet videoklipus labi apgaismotās vietās; priekšmetiem video jābūt labi pamanāmiem.

Kadrēšana un fokusēšana: visiem kadriem jābūt skaidri fokusētiem un labi kadrētiem; tālumaīpa jāizmanto tikai uzmanības fokusēšanai, pretējā gadījumā no tās lietošanas būtu jāizvairās.

Stabilitāte: izmantojiet statīvu vai citu ierīci, ja tāda ir pieejama. Turiet fotokameru pēc iespējas nekustīgāku.

Audio: skaņai jābūt dzirdamai un skaidri saprotamai visā videoklipā, ar minimālu troksni vai bez, ideālā gadījumā bez apkārtējā trokšņa. Ieteicama ir ārējā mikroфона lietošana, lai traucējumi būtu minimāli un skaidrība maksimāla.

Rediģēšana.

Ievietots teksts: pievienojot tekstu videoklipam, izvēlieties standarta fontu.

Pārbaudiet teksta precizitāti un gramatiku.

Efeki: dažādu efektu izmantošanai nevajadzētu ietekmēt video kvalitāti, efektiem jāparādās vienmērīgi, nevis pēkšņi.

Fona troksnis: fona troksnim, pārtraukumiem, svilpieniem un citiem traucējumiem jābūt izredīgētiem.

Skaļuma kontrole: skaļumam jābūt izlīdzinātam tā, lai viens skaļrunis nav manāmi skaļāks par otru.

Fona mūzika/audio: ja ar nolūku tiek pievienots fona audio, tam jābūt pēc iespējas labākā līdzsvarā ar primāro skaņu.

Paskaidrojoši ievadi, biogrāfijas utt.: ja ievada materiāls ir ļoti plašs, to vajadzētu rediģēt un iekļaut rakstiskajā *YouTube* aprakstā; lieko tekstu ieteicams izgriezt un pievienot atsevišķā teksta dokumentā kopā ar video; *YouTube* konta pārvaldnieks tad to pievienos apraksta laukam.

Tehniskie standarti (cik vien ir iespējams, būtu jāievēro šādi tehniskie standarti).

Vēlamie failu formāti: MP4 ar H.264 kodeku.

Malu attiecība: malu attiecība jāievēro, lai tuvākā mala būtu kā aploksnei, piemēram, 16:9; ja tiek izmantota mobilā ierīce, video vai foto jāuzņem ainavas orientācijā.

Izšķirtspēja: video jābūt augstas izšķirtspējas ar 1280x720, 1920x1080 vai augstāk.

Vēlamais audio formāts: AAC.

Sākotnējais video avots: pirms augšupielādes pēc iespējas izvairieties no atkārtotas kodēšanas. (ARSC, <https://www.arsc-audio.org/contact.html>)

Videoieraksta veikšanai nevajadzētu traucēt klātienē video lekciju. Videoieraksta veikšanai jābūt pēc iespējas nepamanāmākai, ja video lekcijas ieraksts tiek veidots no klātienē lekcijas. Nepamanāms šeit nozīmē to, ka pasniedzējs var koncentrēties uz lekciju, būtiski nepielāgojoties, un ka izmantotā tehnoloģija netraucē un nenovirza uzmanību no studijām. Veidojot lekciju videoierakstus, ir cerība, ka tehnoloģija un ieraksts nemainītu to, ka studenti piedalās klātienē nodarbībās.

8.2.4. Video lekciju saturs

Ja video lekciju pieejamības mērķis ir studentiem, kuri mācās no video, iedot tādus pašus starta nosacījumus kā studentiem, kas lekcijas apgūst klātienē, tad tādā gadījumā visam lekcijas materiālam ir jābūt pieejamam kopā ar pasniedzēja skaidrojumiem e-studiju vidē. Kombinētajā apmācību modulī tas nav obligāti, ja video materiāli ir kā papildinājums klātienē lekcijām.

Parasti viens no video lekciju radīšanas un izmantošanas mērķiem ir pievienot studijām elastību. Lai tas notiktu, video producēšanai jāaptver visa kursa programma, kas tiek pasniegta, cik vien iespējams visaptveroši. Izmantotai ierakstu sistēmai un ar to saistītajām programmām jāspēj tikt galā ar lieliem datu apjomiem video ierakstīšanas, rediģēšanas un publicēšanas laikā, vienlaikus spējot tikt galā ar visām pārējām izvirzītajām prasībām.

Elastība tiek palielināta arī tad, ja videoklipus padara skatāmus pēc iespējas vairāk tehnoloģiskajās platformās. Plānojot video veidošanu, ir svarīgi pievērst uzmanību formātam, kādā video tiek veidots, un vai to būs iespējams noskatīties, izmantojot, piemēram, mobilo telefonu. Video formāta maiņa pēc filmēšanas var būt diezgan darbietilpīgs un dārgs process. (Myllymäki, 2014)

Lai uzlabotu multimediju mācīšanu, ir dažādas metodes. Pirmkārt, ir svarīgi izvēlēties mācību metodes atbilstoši mācību saturam un mērķim. Veidojot mācību plānus, pasniedzējiem vajadzētu sākt ar konkrēto mācību saturu un mērķiem. Multivides ieviešanai programmā jābūt sakārtotai atbilstoši zinātniskajiem rakstiem, klases diskusijām un eksperimentālajām darbībām, kā arī citiem līdzekļiem, kas tiek izmantoti kursa apguvei. Pasniedzējiem jāpievērš uzmanība

dažādu mācību metožu saskaņībai un integrācijai, modernajai multivides mācību ierīcei, platformai vai rīkam jāatrod labs pielietojums.

Pirmkārt, ir jāizveido izcils multimediju kurss. Kursa veidošanai jāizmanto metožu daudzveidība, dažādu multimediju programmatūras rīku izmantojums padara kursa programmas satura izkārtojumu atšķirīgu. Pirmkārt, jāņem vērā tekstuālais kursa programmas saturas, kursa apjoms un metodes. Pārāk daudz teksta var būtiski ietekmēt mācību programmas kvalitāti un studentu ieinteresētību.

E-studiju materiāli, kas publicēti, neizdzēšot neko no oriģinālā teksta, arī nedos labu mācību efektu. Veidojot kursu, galvenie un sarežģītākie punkti jāizceļ ar īpašu krāsu un teksta formatējumu, parādot atšķirību. Tas stiprinās vizuālā efekta ietekmi, uzlabos kopējo iespaidu par kursu un arī mācību kvalitāti.

Otrkārt, e-studiju kursa izkārtojuma grafiskajām krāsām jābūt atšķirīgām no skolotāju individuālās iezīmes un jāatbilst kursa raksturam, taču tās nedrīkst būt pārāk daudzveidīgas, kā arī krāsas un spilgtuma kontrasts nedrīkst būt pārāk intensīvs.

Pasniedzējiem precīzi jāsaplāno mācību grafiks. Arī tad, ja saturs ir sarežģīts, lieliski izstrādāta, visaptveroša kursa programma ļaus to izprast vieglāk, pat ja kursa apguves ātrums vai mācību ritms studentam nav pakārtots individuāli.

Pasniedzējiem, lai mācītu, jāizmanto multimediju un tradicionālo mācību kombinācija. Tradicionālie mācību līdzekļi ir tāfeles, sienas diagrammas, modeļi, magnetofoni, slaidu projektori, videomagnetofoni utt., kam arī ir savas priekšrocības. Tradicionālie mācību līdzekļi ir vienkārši un ērti izmantojami.

Izmantojot tradicionālās mācību metodes, var viegli nostiprināt komunikāciju ar studentiem, var uzlabot arī studentu iniciatīvu. Tāpēc ir vēlams apvienot multivides mācību metodes ar tradicionālajām mācību metodēm, lai sasniegtu labākus mācību rezultātus.

Protams, lai panāktu labus rezultātus, e-studiju kursu izveidošanā ir daudz jāiegulda. Profesionāli kursu programmu izstrādātāji var izveidot e-studiju vidi neatkarīgi no mācību programmas, piepildīt to ar dažādu saturu, sastādīt attēlu un materiālu bibliotēku, lai pasniedzēji varētu izvēlēties nepieciešamos materiālus kursa programmai un tos koplietot atbilstoši faktiskajai situācijai.

Skolām ir jānozīmē šādas personas, kas regulāri pārbaudītu un atjauninātu e-studiju vidi, aprīkojumu un mācību kursu bibliotēkas, kas nodrošinātu e-studiju uzturēšanu un vadīšanu. (Dai, 2012)

8.2.5. Vadlīnijas video lekcijas radīšanai

Tālāk tiek izklāstītas autore apkopotās vadlīnijas video lekciju veidošanā un atbilstošo mācību materiālu filmēšanā papildus iepriekš minētajām tehnisko standartu vadlīnijām. Šīs vadlīnijas autore ir izstrādājusi, balstoties uz rūpīgu literatūras analīzi. Tālāk tiks aprēķināta

video lekciju entropija un sintaktiskā informācija un tiks analizēta vadlīniju ietekme uz šiem informatīvajiem raksturlielumiem.

1. Pirms sākt video filmēšanu, jācenšas ievērot tehniskās vadlīnijas, kas rekomendē tehniskos standartus filmēšanai, rediģēšanai un uzstādīšanai.
2. Izmantotajai tehnoloģijai nevajadzētu traucēt vai novirzīt studentu uzmanību no lekcijas.
3. Izmantotajai video reģistrācijas sistēmai jāspēj pārvaldīt arī lielākus video ražošanas apjomus.
4. Videoklipiem jābūt pielāgotiem tādām formātām, lai tie būtu skatāmi pēc iespējas vairākās platformās.
5. Jāpievērš uzmanība videoklipu veidošanas formātam.
6. Visilgstošāk uzmanību piesaista “Balss kopā ar prezentāciju” veida video lekcijas.
7. Video veidotājiem vajadzētu mēģināt filmēt neformālā vidē, kur pasniedzējs var izveidot labu acu kontaktu ar auditoriju.
8. Video ar spēcīgi izplānotu prezentācijas gaitu un elementu maiņas tempu studijās ir visefektīvākie.
9. Izkārtējuma krāsas nedrīkst būt pārāk daudzveidīgas.
10. Īsāki videoklipi ir saistošāki nekā garāki.
11. Veidojot mācību materiālu, jāņem vērā, ka *Khan* stila mācību video ir saistošāki nekā *PowerPoint* slaidi un/vai koda ekrānuzņēmumi.
12. Filmējot video, teksts jāraksta skaidrā rokrakstā un jāizmanto labas zīmēšanas prasmes.
13. Kā optimālais runas ātrums prezentācijām ir 160 vārdi minūtē.
14. Visiem kadriem jābūt skaidri fokusētiem un labi kadrētiem; tālummaiņa jāizmanto tikai uzmanības fokusēšanai, pretējā gadījumā no tās lietošanas būtu jāizvairās.
15. Pasniedzējiem pirms video uzņemšanas jāvelta laiks plānošanai; plānošanas posmam ir vislielākā ietekme uz iegūto videoklipa rezultātu.
16. Pilnas klases lekciju saturs jāsadala 5–10 minūšu garos kopsavilkuma video.
17. Visu klasē stāstīto un rādīto materiālu vēlams parādīt arī video.
18. Kurša programmas ievada un satura teksta attēlojums nedrīkst būt pārāk garš un ilgs. (Alksne, 2016)

8.3. Mācīšanās datu analītika

Katru reizi, kad students mijiedarbojas ar savu universitāti, vai tas ir apmeklējums bibliotēkā, ielogošanās virtuālajā mācību vidē vai vērtējuma skatīšanās tiešsaistē, viņš aiz sevis atstāj digitālās pēdas. Mācīšanās analītika ir šo datu izmantošanas process, lai uzlabotu mācīšanu un mācīšanos. Izmantojot pieaugošo lielo datu kopu pieejamību par izglītojamā aktivitāti un digitālajām pēdām, ko atstāj studenta darbība mācību vidēs, mācīšanās analītika mūs aizved tālāk, nekā to var šobrīd pieejamie dati. Video, ieskaitot tos, kas ir no tradicionālajām lekcijām, un arī tos, kurus pasniedzēji īpaši ierakstījuši e-studijām, kā arī citi izglītojoši video tiek

pieskaitīti pie mācīšanās analītikas. Dati var parādīt to, cik lielā mērā studenti iedziļinās materiālos. Piemēram, ir pētījums, kas ir ieteicis optimālo videoklipa garumu, pamatojoties uz laika daudzumu, kādā lielākā daļa lietotāju skatās video, pirms to pārslēdz. (Alksne, 2019)

Tehnoloģiju attīstība ir radījusi daudz vairāk iespēju vākt un analizēt datus par izglītojamiem un viņu darbībām. Tiešsaistes platformu visuresamība, studiju vadības sistēmas, sociālie mediji, digitālie studentu ieraksti un tīklā esošās ierīces ir palielinājušas bagātīgu datu kopu uzkrāšanu, kas sniedz ieskatu visā mācību procesā. Izglītības kontekstā ģenerētie dati bieži ir apjomīgi, sarežģīti un neviendabīgi, un ir grūti tos analizēt pat tad, ja ir pieejamas labi attīstītas datu analītikas iespējas. Lai gan mūsdienās ir salīdzinoši viegli iegūt bagātīgus datus par studentiem un viņu uzvedību, pasniedzējiem un izglītības iestādes administrācijai parasti ir grūti apstrādāt un interpretēt šādus datus, jo viņiem ir ierobežota izpratne par nepieciešamo datu ieguves un apstrādes tehniku.

Ja pedagogiem būtu pieejama efektīva izglītības datu vizualizācija, viņi to varētu potenciāli izmantot, lai iegūtu informatīvu atgriezenisko saiti un uzlabotu mācību materiālus. Līdzīgi, nodrošinot studentiem piekļuvi šiem rīkiem, varētu veicināt viņu metakognitīvo prasmju attīstīšanu un ļaut viņiem pašiem izvēlēties mācīšanās veidus (*U.S. Department of Education, 2016*)

Parasti datu analīzi veic divu galveno mērķu dēļ – izprast un prognozēt –, kas ir salīdzinoši neatkarīgi virzieni. Tādējādi prognozēšanas modelis (piemēram, varbūtības vai balstīts uz neironu tīklu) nav obligāti jāsaprot cilvēkam. Izšķirošā loma ir tam, kā ar efektīvu vizuālo reprezentāciju novadīt šo informāciju līdz cilvēka uztverei. Tomēr, kad ir jāizprot ļoti apjomīgi vai sarežģīti dati, nepietiek tikai ar vizuālām metodēm. (*Andrienko, 2014*)

Arvien pieaugošā digitālo datu pieejamība sniedz vēl nebijušas iespējas analizēt dažādus izglītības aspektus. Studenti, pasniedzēji, dizaineri un vadītāji ir mobilizēti, lai izpētītu, kā datus var izmantot, lai uzlabotu mācīšanos un mācīšanu. Šī intensīvā interese ir radījusi mācīšanās analītikas rīkus un paņēmienus. (*Baker, 2014*)

Skaitļošanas rīku un metožu sasniegumi ir radījuši iespēju novērtēt studentu izpratni par beztermiņa uzdevumiem, piemēram, inženiertehniskajā dizainā vai programmēšanā. Pētnieki un pedagogi ir izmantojuši procesu datus no studentu mijiedarbības ar izglītības programmatūru, lai raksturotu viņu projektēšanas stratēģijas. Tāpat, izmantojot neuzbāzīgus reģistrētos datus no studentu mijiedarbības ar izglītības rīkiem, platformu pētnieku mērķis ir identificēt studentu uzvedības modeļus, kuri var izraisīt noteiktas situācijas, kas ietekmē studentu sniegumu un noturību (piemēram, gūt panākumus kursā, pamest kursu). (*Vieira, 2014*)

Mācīšanās analītikā parasti izmanto datus, ko lietotāji ģenerējuši normālā mijiedarbībā ar e-apmācības tehnoloģijām. Mūsdienu mācību analītikas rīki papildus ņem vērā resursu saturu un studentu mijiedarbībai. Veidojot e-studiju vidi nākamajām paaudzēm, tai ir jābūt personalizētai mācību videi, nodrošinātai ar resursiem, kas ir pielāgoti izglītojamo vajadzībām, vienlaikus integrējot mijiedarbības, kompetenču, prasmju un zināšanu apguves disciplīnas kartēšanu. (*Siemens, 2012*)

Multivides klasifikācija un indeksēšana ir divi uzdevumi, kas nepieciešami, lai sakārtotu un uzglabātu resursus, ko varētu ātri atrast. Viena lieta, ko mēs visi parasti darām lekcijās vai skatoties video lekcijas, ir piezīmju rakstīšana. Šī darbība tomēr netiek atbalstīta, mācoties no video lekcijām. Parastās video skatīšanās programmas nepiedāvā lietotājiem ātri atrast un atzīmēt piezīmes pie svarīga videoklipa satura. Veicot piezīmes, lietotājam ir jāpiefiksē svarīga informācija, piemēram, fakti, skaitļi un formulas, un tā jāsaprot, vienlaikus nepārtraukti straumējot informāciju no video. Turklāt, rakstot piezīmes, lietotājam jātiek galā ar ārējo video vadību, piemēram, video apturēšanu vai attīšanu atpakaļ, lai nepalaistu garām kaut ko svarīgu no stāstītā, un jāturpina skatīties video. Šo informāciju par studenta darbībām, skatoties video lekciju, mēs varam iegūt no darbību pierakstiem jeb “logiem”. (*Piolat, 2005*)

Secinājumi

1. Definētas kombinētās studijas kā ar e-studiju elementiem papildinātas tradicionālās studijas. Aplūkota to vēsture, veikts salīdzinājums ar klātienē un attālinātajām studijām.
2. Analizēta multivides optimizācija, lai sasniegtu pēc iespējas labākus apmācības rezultātus.

Formulētas prasības un vadlīnijas efektīvām video lekcijām.

Promocijas darba praktiskā daļa

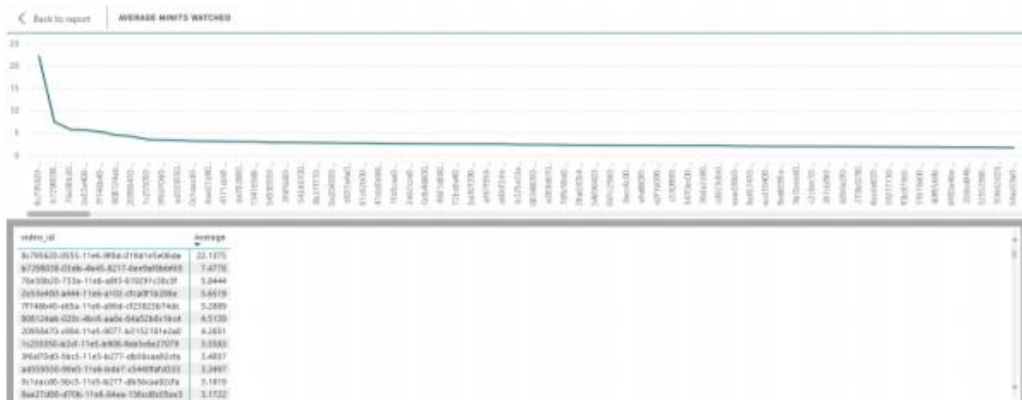
9. Informācija no studentu video lekciju skatīšanās darbību pierakstiem

Autore savos pētījumos ir analizējusi datus no diviem UPV (*Universitat Politècnica de València*) video lekciju ierakstu sistēmas žurnāliem.

Pirmais logs ir no 2016./2017. gada, otrs no 2018./2019. gada, abi ir no pirmā semestra (septembris – janvāris). Žurnālos ir divu veidu reģistri – “darbības” un “pēdas”. Darbības ir darbības ar video atskaņotāju, tāpēc tās parādās pēc tam, kad lietotājs kaut ko dara. Tās lielākoties ir saprotamas. “Darbības” un “pēdas” ir reģistru nosaukumi, tādēļ tie kaut kā jāizdala.

“Pēdas” ir periodiska informācija, ko atskaņotājs nosūta kopā ar video daļu, kura tiek skatīta. “Pēdas” netiek ierosinātas pēc lietotāja izraisītiem notikumiem, jo lietotājs var aizvērt interneta pārlūku vai logu ar video, un tad žurnāls zaudētu visu pēdējo informāciju, tāpēc aiz tā glabājas loģika sadalīt datus laika intervālos. Tie pāriet no punkta uz punktu sekundēs. *Inpoint* un *outpoint* ir sekunžu skaits videoklipā, kurā notikusi darbība. Notikumi (piemēram, PLAY) abi būs vienādi. “Course_id” ir kurss (UPV sāk semestri no februāra) un “Mediapackage” ir videoklipa ID. Kurša ID ir sērijas_id. Tātad multivides paketes (video) pieder kursam (sērijas_id).

Pirmais, ko autore analizējusi, ir video skatīšanās sesija, kas ir viens gadījums, kad students skatās konkrētu videoklipu. Ir noteikta vidējā video skatīšanās sesija, kas ir vidējais veltītais laiks video lekcijai. Šis ir iesaistīšanās galvenais raksturlielums, laika ilgumus, ko students tērē videoklipam, t.i., video skatīšanās sesijas ilgums. Iesaistīšanās (*engagement*) laiks ir standarta metrika, ko izmanto bezmaksas video nodrošinātāji, piemēram, *YouTube* un uzņēmumu pakalpojumu sniedzēji, piemēram, *Wistia*. Tomēr tās ierobežojums vai neprecizitāte ir tāda, ka tas nevar uztvert, vai students aktīvi pievērš uzmanību video vai vienkārši atskaņo to fonā, vienlaikus veicot blakus uzdevumus. (*Guo*, 2014)



10.4. att. Video skatīšanās laiki.

Pa y asi attēloti vidējie skatīšanās laiki minūtēs, pa x asi video lekciju id. Tabulā zem grafika attēlots video lekciju id un vidējais skatīšanās laiks minūtēs, kas attiecas uz grafika sākumu.

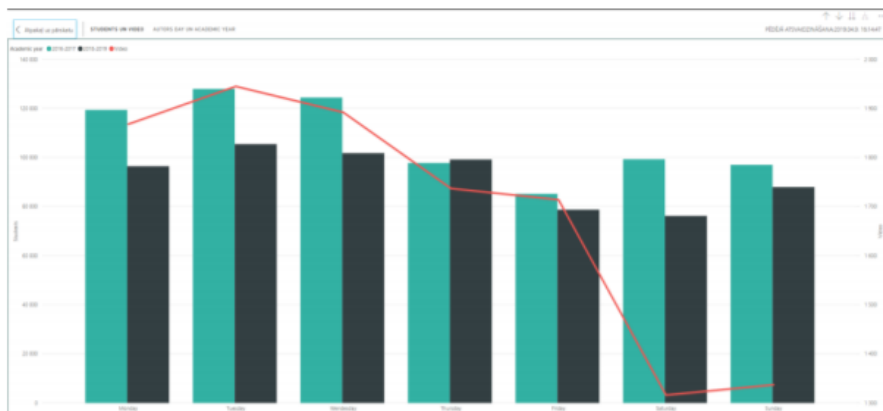
Kā redzams 10.4. attēlā, kur attēlota funkcija un vidējie video skatīšanās laiki, kas izgūti ar *Power Bi*, autore ir ieguvusi ļoti noderīgu informāciju, ko jau ir minējusi video lekcijas filmēšanas vadlīnijās, ka labāk lekciju sadalīt 5–10 minūšu garos, tēmai atbilstošos video, jo tas ir vidējais ilgums, cik aptuveni students skatās lekciju bez pārtraukuma. Lai meklētu dziļākas sakarības, par video vajadzētu zināt vairāk informācijas.

10.5. attēlā autore varēja arī atrast un attēlot informāciju par laiku, kad studenti skatās video lekcijas – vai darba nedēļas laikā, vai vairāk nedēļas nogalē, vai šis laiks ir vienāds visu semestri, vai studenti ir aktīvāki, kad semestra beigās tuvojas eksāmeni.

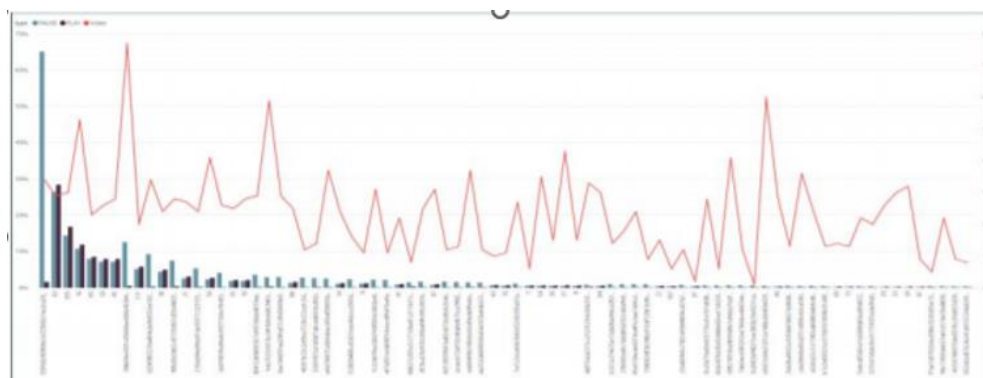
Bija interesanti arī uzzināt par video lekcijas pārtraukšanu – pastāv zināma saikne starp kursa ID un paužu biežumu, iespējams, piezīmju izdarīšanai, 10.6. att.

Izmantojot datu analizēšanas rīkus, piemēram, *Power Bi* vai *Tableau*, tas ir ātrs veids, kā universitātes darbiniekiem iegūt informāciju par populārākajiem video un mācību priekšmetiem. Varētu būt interesanti salīdzināt šo informāciju ar studentu skaitu katrā klasē. Arī videoklipiem, kas ir skatīti visbiežāk, būtu interesanti redzēt to saturu. Vai tie ir ļoti interesanti, vai tie ir ļoti grūti, vai šajā mācību priekšmetā ir ļoti daudzi studenti.

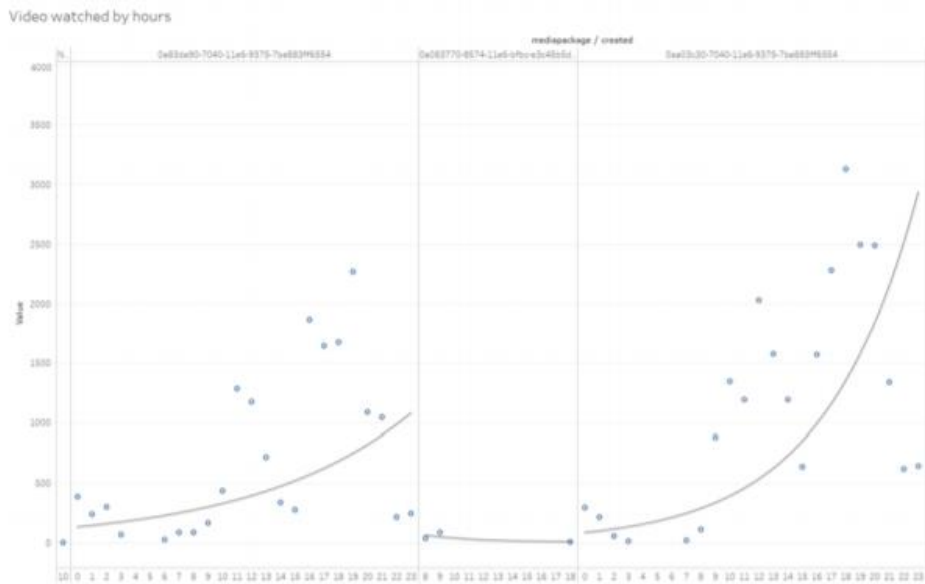
Eksponenciālās funkcijas līkne 10.7. attēlā tiek izmantota, lai redzētu tendenci, kurā diennakts stundā studenti skatās video. Ir video, kuri tiek skatīti visas dienas garumā – gan studiju laikā universitātē, gan mācoties mājās, un ir tādi, kuri ir skatīti tikai dažas reizes, varbūt vienu reizi lekcijas laikā. Universitātes darbinieki var novērtēt ne tikai to, cik pieprasīti vai populāri ir videoklipi, bet arī to, cik noslogoti un izmantoti serveri ir dienas garumā dažādos laikos. Tātad ieguvēji ir ne tikai pasniedzēji un administrācija, bet arī infrastruktūras turētāji, gan nodrošinot pakalpojumu, gan plānojot attīstību.



10.5. att. Video lekciju skatīšanās pa nedēļas dienām.

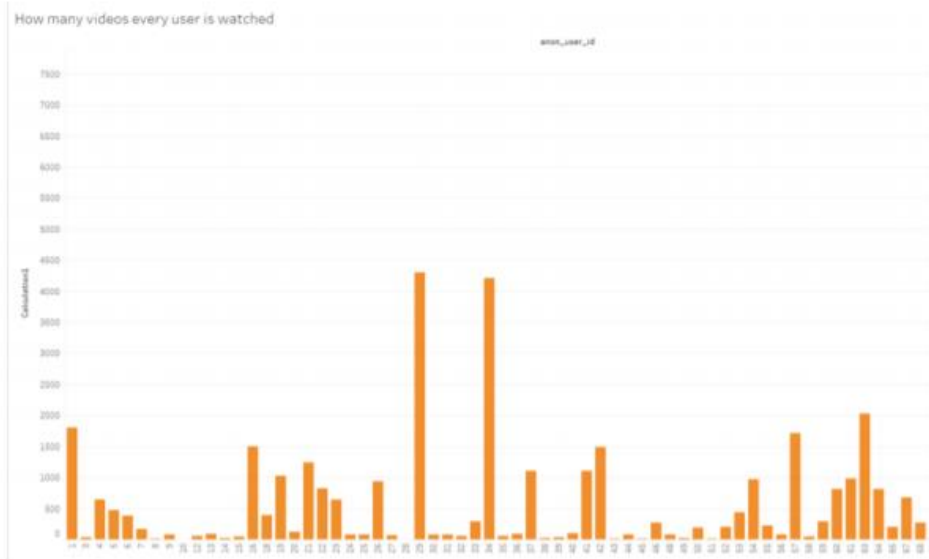


10.6. att. Video apturēšanas biežums pret video skatīšanās biežumu.



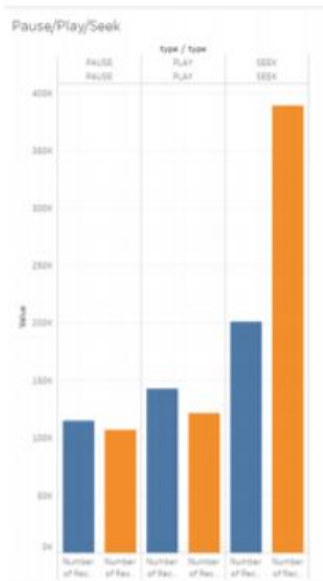
10.7. att. Video lekciju skatīšanās pa diennakts stundām.

10.8. attēlā sniegta ļoti interesanta informācija par studentu aktivitāti – cik reizes katrs students ir skatījis videoklipus.

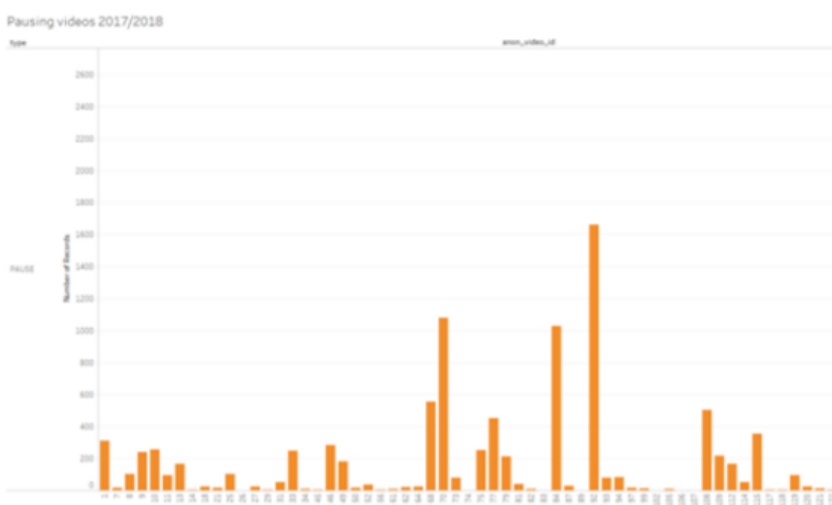


10.8. att. Katra lietotāja skatīto video lekciju skaits.

Pēc šī attēla redzams, ka ir studenti, kas izmanto iespēju skatīties video lekcijas ļoti bieži, un ir studenti, kas tās vispār neskatās. Protams, šeit arī mēs varam izdarīt secinājumus par to, cik vispār pieprasīti ir šie video no lekcijām, bet, lai pieņemtu konkrētus lēmumus, jābūt informācijai arī par konkrētā studenta apmeklējumu un informācijai par kursiem, kas tiek skatīti. Konkrētajā universitātē skatīties video lekcijas nav obligāti, tomēr varam redzēt, ka pieprasījums no studentu puses ir milzīgs.



10.9. att. Pauzes, *Play* un meklēšanas pogu izmantošana.



10.10. att. Cik bieži apturēta katra video lekcija.

10.9. att. autore ir apkopojusi abus datu avotus no abiem semestriem, un ir izfiltrētas darbības, kas veiktas ar videoklipiem – atskaņošana, apturēšana un meklēšana. Redzams, ka pēdējā semestra laikā studenti ir aktīvāk izmantojuši meklēšanas iespēju, skatoties video. Autore domā, ka tas ir tāpēc, ka tehnoloģijas ir attīstījušās šo divu gadu laikā, kas ir starp abiem semestriem, un meklēšana dod labāku rezultātu. Tā ir arī laba informācijas pasniedzējiem, ja viņiem jāuzlabo videoklipa atslēgvārdi vai grāmatzīmes. E-studiju vides izstrādātāji var izdarīt secinājumus, vai esošais meklētājs ir pietiekami attīstīts. (Alksne, 2019)

Secinājumi

1. Detalizēti izpētīta video lekciju skatīšanās Valensijas Politehniskajā universitātē.
2. Vislabāk ir video lekciju sadalīt 5–10 minūšu garos video, jo tas uzlabo lekcijas uztveri no studentu puses.
3. Visaktīvāk studenti meklē videoklipus otrajā semestrī, kas izskaidrojams ar meklēšanas rīku straujo attīstību.

10. Video lekcijas maksimālā sintaktiskā informācija

Ar sintaktisko informāciju tiek raksturots tās saņēmēja zināšanu relatīvais pieaugums. Sintaktiskā informācija ir zināšanas, ko saņemam no vispārīgā gadījumā trokšņaina datu kanāla. 1953. gadā K. Šenons pētīja jautājumu par sintaktiskās informācijas kvantitatīvo noteikšanu, lai analizētu sakaru sistēmas. Mūsdienās, 21. gadsimtā, ir radušies jaunu veidu dati, piemēram, bioloģiskie dati, tīmekļa dati, topogrāfiskās kartes, medicīniskie dati utt. Analizējot jaunus datus un atklājot jaunas zināšanas par jaunajiem datiem, ir radušās jaunas metrikas arī sintaktiskajai informācijai. (*Li A and Pan Y*, 2016)

Informācija var tikt uztverta vai pārraidīta kā mainīgais, kam var būt dažādas vērtības. Tehniski mēs saņemam informāciju kā mainīgo, apskatoties, kāda ir tās vērtība, tāpat kā mēs saņemam informāciju no e-pasta, kad iepazīstamies ar tā saturu. Tikai mainīgā gadījumā informācija ir process, kas stāv aiz tā. (*Vajapeyam*, 2014)

Ir svarīgi atcerēties, ka sintaktiskā Šenona informācija nekādā veidā neparāda sniegtās informācijas kvalitāti vai patiesumu. Šim nolūkam kalpo semantiskā informācija, kas ietver tādus jēdzienus kā tēzauris un dinamiskā entropija. Šenona entropija ir informācijas vidējais daudzums, ko satur ziņojums. Entropija ir lielums, kas atkarīgs tikai no ziņojuma avota statistiskā rakstura, kas izteikts ar to varbūtībām (formula (4)). (*Carlson*, 1986)

Lai novērtētu video informatīvo saturu, tiek izmantotas dažādas entropijas definīcijas. Entropija ir skaitlis, ko var aprēķināt izlases veidā izvēlētas video lekcijas uz labu laimi izvēlētam laika intervālam, kas uzņemts auditorijā, un tikpat ilgam laika posmam video lekcijai, kas uzņemta, ievērojot izstrādātās vadlīnijas, kā izveidot labu, studentiem vieglāk uztveramu video lekciju. (Alksne, 2016) Visbiežāk entropija tiek izmantota, lai atrastu konkrētas vietas videoklipā. Piemēram, entropija ir daļa no *Hue* parametra HSV krāsu sistēmā, lai identificētu kadra reģionus, kas raksturo noteiktu darbību noteiktā periodā. Entropija ir labs veids, kā attēlot datu kopas nevienmērīgumu vai neparedzamību, kā arī tā ir atkarīga no mērījuma konteksta. (*García-Rodríguez*, 2013)

Tāpat ir izstrādāts algoritms, kura pamatā ir cilvēka skeleta informācijas entropija, tas tiek izmantots, lai analizētu informāciju no RGBD video. Tiek analizēta cilvēka skeleta leņķu informācijas entropija, kuras vērtība ir ievērojami augstāka video, kuros notiek kaut kas ārpus normālā, nekā parastos videoklipos. Šādi var detektēt lielu daļu nenormālas uzvedības, piemēram, kautiņus, laupīšanas vai līdzīgu haosu. (*Luo*, 2016)

Eksperimentālie rezultāti pētījumos uzrāda, ka panikas pārņemta pūļa kustības stāvoklim ir augstāka entropija, bet normālam pūļa stāvoklim ir zemāka entropija. Kad izceļas masu nekārtības, gājēji bieži pārvietojas steigā. Gājēju pārvietošanās ir atkarīga no vairākiem parametriem, piemēram, no vecuma un dzimuma. Tāpat atšķiras indivīdu kustības ātrums, arī

indivīda ķermeņa daļu (roku, rumpja un kāju) kustību informācija ir atšķirīga. Kustības plūsma pūļa video atspoguļo kārtības vai nekārtību stāvokli. (*Xuguang Zhang, 2019*)

Līdzīgs pētījums tika veikts, apkopojot uz atmiņu balstīto entropiju video. Autori prognozēja atmiņas jeb neaizmirstamības rādītāju un aprēķināja attēla entropijas vērtību. Lai izveidotu kāda video kopsavilkumu, tiek izvēlēts kadrs ar maksimālo neaizmirstamības rādītāju un entropijas vērtību katrā kadrā.

Visos šajos iepriekš minētajos gadījumos entropija meklē un izceļ atšķirīgus videokadrus. Iepriekš minētie autori ir pierādījuši, ka ne tikai ir iespējams izmantot entropiju, kad videoklips jau ir uzņemts, bet arī ietekmēt entropiju, uzņemot videoklipu, ievērojot noteikumus vai vadlīnijas, kurām jau ir pierādīti rezultāti, pārraidot informāciju cilvēkiem. Jau iepriekš minētajos pētījumos ir pētīta video lekciju ietekme uz mācību rezultātiem. (*Weber, 1980*)

Autore ir kvantitatīvi novērtējusi maksimālo sintaktisko informāciju, ko var sniegt klātienē lekcija ar noteiktu garumu. Ja šī lekcija tiek filmēta, tad atbilstošā video lekcija satur daudz mazāk informācijas uztverošās un raidošās videokameras tehnisko ierobežojumu dēļ. Līdz ar to autores novērtējums klātienē lekcijai ir video lekcijas informatīvo parametru augšējā robeža.

Kā jau minēts, sintaktiskā informācija attiecas tikai uz negaidītu datu daudzumu, nevis uz to nozīmi. Tiek pieņemts, ka pasniedzējs runā un rāda slaidus un demonstrējumus 10 minūtes (piemēram ņem 10 minūtes). Tādējādi auditorija ir saņēmusi noteiktu daudzumu optiskās un akustiskās informācijas, izmantojot acis un ausis. Šī ir maksimāli iespējamā informācija. Ja lekcija tiek uzņemta video ar skaņu un vēlāk tiek producēta, šajā video lekcijā sniegtā informācija tiks samazināta videoreģistratora tehnisko ierobežojumu dēļ (ierobežots optiskais un akustiskais joslas platums utt.). Dabiska pasniedzēja lasīta lekcija tiek uzskatīta par trokšņainu komunikācijas kanālu, kas sastāv no skaņas apakškanāla un gaismas apakškanāla. Katrs apakškanāls pārraida kadrus, kuriem tiek aprēķināta Šenona maksimālā entropija, pamatojoties uz dažādu parametru cilvēka izšķirtspēju, kas kodē pārraidīto informāciju. Kadru ātrumu nosaka cilvēka ausu un acu ierobežojošās īpašības. Tiek aprēķināts maksimālais pārsūtītais kopējais informācijas daudzums gan apakškanālos, gan visā kanālā, kā arī atbilstošā kanāla caurlaides spēja.

Matemātiski dabīgas lekcijas informatīvo raksturlielumu aprēķins balstās uz nepārtraukta trokšņaina sakaru kanāla informācijas caurlaides spējas aprēķina formulu

$$C = 2B_{\max} I(X, Y), \text{ bits/s,}$$

kur B_{\max} ir sakaru kanāla frekvenču josla, $I(X, Y)$ – raksturojošā relatīvā informācija. Šī formula ar zināmiem tuvinājumiem tiek vienkāršota tā, lai relatīvo informāciju $I(X, Y)$ varētu aizvietot ar Šenona entropiju $H(X)$ (formula (4)) diskretizētiem signāliem. (*Alksne, 2022*)

10.1. Skaņas apakškanāls

10.1.1. Skaņas kanāla entropija

Tiek pieņemts, ka pasniedzēja ir sieviete, kuras balss ir soprāns. Viņas runai raksturīga skaņas intensitāte I_s , skaņas intensitātes modulācijas frekvenču joslas platums $F_{s\ mod}$ un skaņas frekvence f_s . Soprāna pamatfrekvences pieder spektrālajam intervālam $f_s = 260-1050\ Hz$. (Jehonovičs, 1984) Tas nodrošina skaļruņa galveno skaņas enerģiju. Soprāna gadījumā nozīmīga loma var būt arī harmonikai līdz ceturtajai ("Diena", 2008), tomēr mūsu sieviete ir pasniedzēja, nevis dziedātāja. Tādējādi mēs pieņemam, ka viņas skaņas frekvences joslas platums ir $F_s = 790\ Hz$. Tas nozīmē, ka mēs varam dzirdēt ātrāk, nekā redzam, jo atbilstošais gaismas intensitātes modulācijas joslas platums cilvēkiem ir tikai aptuveni $10\ Hz$. Jāuzsver, ka abi intensitātes joslas platumi attiecas uz intensitātes laika atkarības apliecējfunkciju. Ierobežotā skaņas intensitātes modulācijas joslas platuma dēļ skaņas signālu var uztvert ar diskretizācijas laika intervālu. (Carlson, 1986)

$$\Delta t_s = \frac{1}{2 \times F_{s\ mod}} = 1 \times 10^{-3} s \quad (27)$$

un nepārtraukta laika vietā var ņemt vērā tikai atlasītus momentus.

Katrā diskretizētā laika momentā klausītāji uztver skaņas kadru – skaņas spektru $I_s(f_s)$, kas nes attiecīgajā brīdī spektrālo skaņas informāciju (tas ir nepieciešams, jo tiek ņemta vērā tikai skaņas intensitātes laika atkarības apliecējfunkcija. Gan skaņa, gan gaisma ir periodiski procesi ar mainīgu amplitūdu un frekvenci. Apliecējfunkcija ņem vērā tikai lēnās amplitūdas izmaiņas daudzu periodu laikā). Principā ir bezgalīgs skaits iespējamo skaņas kadru noteiktā izlases laika momentā, jo skaņas intensitāte un frekvence nepārtraukti mainās. Tātad šie mainīgie ir jāpadara diskreti. No otras puses, šī kvantēšana notiek dabiski, jo cilvēka ausij ir ierobežota intensitāte un frekvences izšķirtspēja. Tādējādi skaņas kadrs ir 2D ziņojums no komunikācijas teorijas viedokļa. Lektors ir šo ziņojumu avots, kas seko ar frekvenci $2F_{s\ mod}$. Vidējā informācija uz vienu šādu ziņojumu pēc definīcijas ir vienāda ar Šenona entropiju visu šādu ziņojumu ansambli saskaņā ar vienādojumu (27).

Tādējādi Šenona entropijas aprēķins balstās uz skaņas kadra mainīgo I_s un f_s diskretu veidošanu, ņemot vērā cilvēka auss izšķirtspējas jaudu. Skaņas frekvenci sadalām intervālos $\Delta f_s = 1\ Hz$ (minimālā frekvenču starpība, ko var izšķirt ar ausi) (Nave, 2016) un skaņas intensitāti intervālos

$$\Delta I_s = 1.2 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2 ,$$

kas atbilst minimālajām pamanāmajām skaņas spiediena izmaiņām $0,5\ dB$

(Errede, 2002–2017).

Tātad

$$\frac{F_s}{\Delta f_s} = \frac{790}{1} = 790 \quad (28)$$

diskrēti skaņas frekvenču intervāli. Ja pieņemam, ka skaļruņa augstākā skaņas intensitāte atbilst fortissimo (100 dB jeb 10^{-2} W/m²)!, tad (saglabājot tikai veselus skaitļus, jo daļēju skaņas intensitātes intervālu cilvēka auss nevar izšķirt)

$$\frac{I_{s \max}}{\Delta I_s} = \frac{10^{-2}}{1.2 \times 10^{-6}}$$

skaņas intensitātes intervāli, kurus var noteikt ar ausi. Tādā veidā varam sadalīt skaņas kadru $N_s = 790 \cdot 8333 = 6583070$ 2D ($\Delta I_s \times \Delta f_s$) šūnās.

Atkarībā no skaņas signāla katra šūna var būt piepildīta vai tukša. Vienkāršības labad mēs pieņemam, ka izpildes varbūtības ir vienādas visām šūnām. Skaņu kadri atšķiras pēc aizpildīto un tukšo šūnu skaita un sadalījuma. Kā minēts iepriekš, katru kadru var uzskatīt par ziņojumu. Lai iegūtu maksimālo kadra entropiju, šo ziņojumu varbūtībām jābūt vienādām (Alksne, 2022). To var viegli redzēt no Šenona entropijas izteiksmes (4), ļaujot visām n ziņojumu varbūtībām būt vienādām:

$$p(x_i) = 1/n, \quad (29)$$

$$H(X) = \log_2 n. \quad (30).$$

Cik daudz ir ziņojumu? Fiksētajam aizpildīto šūnu skaitam k atbilst $C_{N_s}^k$ ziņojumi, kur $C_{N_s}^k$ ir N_s elementu kopas fiksēto k kombināciju skaits. Skaitlis k var mainīties no 0 līdz N_s . Tāpēc mums ir jāskaita visi $C_{N_s}^k$ pie $k = 0, 1, 2, \dots, N_s$ un jāiegūst kombināciju skaits visiem k . Rezultāts ir:

$$\sum_{k=0}^{N_s} C_{N_s}^k = 2^{N_s} \quad (31)$$

Tādējādi ziņojumu skaits ir $n = 2^{N_s}$ un skaņas kadra maksimālā entropija ir

$$H_{s \max} = \log_2 2^{N_s} = N_s. \quad (32)$$

Iepriekš aprēķināts, ka $N_s = 6583070$, tāpēc $H_{s \max} = 6583070$ **biti**. (Alksne, 2022)

10.1.2. Kopējā maksimālā informācija skaņas apakškanālā un tā caurlaides spēja

Šajā darbā ir aprēķināta arī kopējā maksimālā informācija, kas tiek pārraidīta pa skaņas apakškanālu. Lekcijas laikā $t = 600\text{s}$, pārraidīto skaņas kadru skaits bija

$$\frac{t}{\Delta t_s} = \frac{600}{1 \times 10^{-2}} = 600000$$

Katrs skaņas kadrs satur maksimālo vidējo informāciju $H_s \text{ max} = 6583070$ biti, kā parādīts iepriekšējā sadaļā. Pieņemot, ka visi ziņojumi (skaņas kadri) ir statistiski neatkarīgi, mēs atklājam, ka kopējā maksimālā pārraidītā informācija pa skaņas apakškanālu ir (Alksne, 2022)

$$Info_s \text{ max} = \left[\frac{t}{\Delta t_s} \right] \times H_s \text{ max} \quad . (33)$$

Ievietojot vienādojumā (8) visus zināmos lielumus $t=600\text{s}$, $\Delta t_s = 1 \times 10^{-3}\text{s}$ un $H_s \text{ max} = 6583070$ biti, iegūst $Info_s \text{ max} = 3,95 \text{ 1012}$ biti. Šeit un turpmāk saglabāsim ciparu skaitu, lai precizitāte nebūtu zemāka par 0,3%.

Sakaru kanāla caurlaides spēja tiek definēta kā maksimālais pārsūtītās informācijas apjoms sekundē. Tādējādi autores beztrokšņu skaņas apakškanāla maksimālā informācijas caurlaides spēja ir

$$C_s \text{ max} = \frac{Info_s \text{ max}}{t} = \frac{H_s \text{ max}}{\Delta t_s} \quad . (34)$$

Ievietojot iepriekš minētās $Info_s \text{ max}$ un t vai $H_s \text{ max}$ un Δt_s vērtības (34) vienādojumā, mēs iegūstam

$$C_s \text{ max} = 6.58 \times 10^9 \text{ bits/s.}$$

10.2. Gaismas apakškanāls

10.2.1. Gaismas kadra entropija

Optiskās informācijas pārraide gaismas apakškanālā tiek aplūkota analogiski skaņas apakškanālam. Gaismas apakškanālu raksturo gaismas intensitāte I_l , gaismas intensitātes modulācijas frekvenču joslas platums $F_{l \text{ mod}}$, kas raksturo gaismas intensitātes temporālo izmaiņu ātrumu, gaismas frekvence f_l , kas nosaka attēla krāsas (neņemam vērā acs jutības spektrālo atkarību), redzes lauka leņķi θ_x un θ_y gar ainas šķērsvirziena koordinātām x un y un pārraides laiku t , kas ir tāds pats kā skaņas apakškanālam.

Maksimālo gaismas kadra (attēla) ātrumu nosaka acs gaismas intensitātes modulācijas joslas platums $F_{l \text{ mod}}$, kas ir vienāds ar 10 Hz pie acs kontrastjutības funkcijas līmeņa 200. Šis līmenis atbilst 0,5% cilvēka acs gaismas intensitātes izšķirtspējai. Mazākas intensitātes atšķirības cilvēka acs nevar izšķirt (Gaisler, 2010). Tas nozīmē, ka

$$\frac{I_l}{\Delta I_l} = 200$$

diskrēti nosakāmi gaismas intensitātes intervāli. No otras puses, saskaņā ar nolašu ņemšanas teorēmu gaismas intensitātes apliecinājuma laika atkarību var ņemt nolases ar laika intervālu

$$\Delta t_l = \frac{1}{2 \times F_{l \text{ mod}}} = \frac{1}{2 \times 10} = 5 \times 10^{-2}$$

Fiksētam nolašu ņemšanas laikam auditorija uztver optisko attēlu, gaismas kadru, ko nosaka gaismas intensitātes I_l atkarība no f_l , θ_x un θ_y . Šis attēls ir 4D ziņojums no Šenona informācijas teorijas viedokļa. Atkal vidējā informācija uz vienu šādu ziņojumu pēc definīcijas ir vienāda ar Šenona entropiju visu šādu ziņojumu ansamblī, kā parādīts vienādojumā (29).

Tālāk gaismas kadru entropijas aprēķins ir analogs skaņas kadra entropijas aprēķinam, kas aprakstīts 12.1. sadaļā. Gaismas frekvenci sadalām intervālos $\Delta f_l = 3,0 \text{ 1012 Hz}$. Šī ir minimālā frekvences atšķirība, ko var izšķirt ar aci (Gaisler, 2010). Video lekcijā redzamais spektrālais diapazons ir no 400 līdz 750 nm (Richards, 2011), kas atbilst gaismas frekvenču diapazonam $F_l = 3,5 \text{ 1014 Hz}$. Tātad (atkal saglabājot tikai veselus skaitļus)

$$\frac{F_l}{\Delta f_l} = \frac{3,5 \times 10^{14}}{3,0 \times 10^{12}} = 116$$

izšķiramie gaismas frekvences intervāli. Šeit autore vēlas uzsvērt, ka krāsu skaits, ko uztver cilvēks, ir daudz lielāks. Cilvēka smadzenes konstruē krāsas no uztvertajām dažādās intensitātes frekvencēm šajos intervālos. Mēs aprobežojamies tikai ar fizikāliem, nevis fizioloģiskiem procesiem, kas saistīti ar lekcijas lasīšanu.

Minimālos skata leņķu intervālus θ_x un θ_y nosaka pieņemtās minimālās nosakāmās gaismas intensitātes izmaiņas 0,5% apmērā un ir vienādas ar $\Delta \theta = 15$ loka minūtes = $4,36 \times 10^{-3}$ rad (24). Maksimālais horizontālais redzes lauks pa horizontālajām x asīm ir $\theta_{x \text{ max}} = 1600 = 2,79$ rad un gar vertikālo $\theta_{y \text{ max}} = 1300 = 2,27$ rad. (Jehonovičs, 1984), (Werner, 2010)

Minimālos skata leņķu intervālus θ_x un θ_y nosaka pieņemtās minimālās nosakāmās gaismas intensitātes izmaiņas 0,5% apmērā un ir vienādas ar $\Delta \theta = 15$ loka minūtes = $4,36 \times 10^{-3}$ rad (24). Maksimālais horizontālais redzes lauks pa horizontālajām x asīm ir $\theta_{x \text{ max}} = 1600 = 2,79$ rad un gar vertikālo $\theta_{y \text{ max}} = 1300 = 2,27$ rad [18, 27]. Tāpēc ir

$$\frac{\theta_{x \text{ max}}}{\Delta \theta} = \frac{2,79}{4,36 \times 10^{-3}} = 640 \text{ and } \frac{\theta_{y \text{ max}}}{\Delta \theta} = \frac{2,27}{4,36 \times 10^{-3}} = 520$$

vesels intervālu skaits attiecīgi pa θ_x un θ_y asīm (analoģiski kā skaņas kanālā daļējus leņķiskos intervālus nevar noteikt ar cilvēka aci).

Tātad vienā gaismas kadrā ir N_l 4D šūnas, kur

$$N_l = \frac{I_{l \text{ max}}}{\Delta I_l} \times \frac{F_l}{\Delta f_l} \times \frac{\theta_{x \text{ max}}}{\Delta \theta} \times \frac{\theta_{y \text{ max}}}{\Delta \theta} = 7720960000 \approx 7,72 \times 10^9.$$

Mēs varam tieši piemērot vienādojumus (31) un (32) gaismas apakškanālam, aizstājot 2D šūnu skaitu N_s ar 4D šūnu skaitu N_l , jo rezultāts ir atkarīgs tikai no šūnu skaita, nevis to dimensijas. Tādējādi

$$H_{l \text{ max}} = \log_2 2^{N_l} = N_l \quad (35)$$

un $H_{l\max} = 7.72 \times 10^9$ biti.

10.2.2. Kopējā maksimālā informācija gaismas apakškanālā un tā ietilpība

Kopējo maksimālo informāciju gaismas apakškanālā un tai atbilstošo ietilpību aprēķina tāpat, kā skaņas apakškanāla gadījumā (11.1.2. sadaļa). Tāpēc

$$Info_{l\max} = \left[\frac{t}{\Delta t_l} \right] \times H_{l\max} \quad (36)$$

un

$$Info_{l\max} = \frac{600}{5 \times 10^{-2}} \times 7.72 \times 10^9 \approx 9.26 \times 10^{13} \text{ bits}.$$

Gaismas apakškanāla gadījumā izteiksmei (34) atbilst izteiksme

$$C_{l\max} = \frac{Info_{l\max}}{t} = \frac{H_{l\max}}{\Delta t_l} \quad (37)$$

un līdz ar to, vienādojumā (37) ieliekot vērtības $Info_{l\max}$ un t , vai $H_{l\max}$ un Δt_l , iegūstam

$$C_{l\max} \approx 1,54 \times 10^{11} \text{ biti/s}.$$

10.3. Kopējā maksimālā lekcijas informācija un lekcijas kā komunikācijas kanāla caurlaides spēja

Iegūtie skaņas un gaismas apakškanālu informācijas raksturlielumi ļauj atrast visas lekcijas maksimālo informāciju un maksimālo ietilpību, vienkārši summējot atbilstošos lielumus, jo varam pieņemt, ka tie ir neatkarīgi. Tādā veidā aplūkotās video lekcijas sasniegtā maksimālā informācija

$$Info_{\max} = Info_{s\max} + Info_{l\max} \quad (38)$$

un visa lekciju kanāla maksimālā jauda ir

$$C_{\max} = C_{s\max} + C_{l\max}. \quad (39)$$

Tā kā informācijas apjomus var summēt, bet informācijas pārraides laiks abiem apakškanāliem ir vienāds, ieliekot atbilstošos lielumus vienādojumos (38) un (39), mēs iegūstam

$$Info_{\max} = (3.95 \times 10^{12} + 9.26 \times 10^{13}) \text{ biti} \approx \mathbf{9.65 \times 10^{13} \text{ biti}}, \text{ un}$$

$$C_{\max} = (6.58 \times 10^9 + 1.54 \times 10^{11}) \text{ biti/s} \approx \mathbf{1.61 \times 10^{11} \text{ biti/s}}.$$

No šiem rezultātiem ir skaidri redzams, ka visa lekciju kanāla Šenona (sintaktiskās) informācijas raksturlielumus gandrīz pilnībā nosaka gaismas apakškanāls, jo skaņas apakškanāla pārnēsātā informācija ir mazāka par vairāk nekā vienu lieluma kārtu. Gaismas un skaņas kadru entropiju attiecība ir vēl lielāka:

$$\frac{H_{l\max}}{H_{s\max}} = \frac{7.72 \times 10^9}{6583070} \approx 1173$$

Tādējādi lektora balss ieguldījums sintaktiskajā informācijā ir gandrīz niecīgs. No pirmā acu uzmetiena šis rezultāts šķiet sagaidāms, jo redze ieņem augstāko vietu cilvēka maņu hierarhijā. Lekcijā, šķiet, ir nepieciešama tikai slaidu demonstrēšana. No otras puses, tas ir paradoksāls rezultāts, jo praktiski mēs zinām, ka pasniedzēja loma ir primāra. Šis paradoksālais rezultāts ir lekcijas jēgas neievērošanas sekas, aprēķinot sintaktisko K. Šenona informāciju. Ne tikai balsij, bet arī lektora intonācijai un žestiem ir liela nozīme, paužot pasniedzēja attieksmi pret saturu. Jāņem vērā arī tas, ka, ja pasniedzējs izmantotu papildu skaņas pavadījumu, piemēram, mūziku ar lielāku skaņas frekvenču joslas platumu līdz 20 kHz (cilvēka auss maksimālais joslas platum) (18), tad $H_s \max$, $Info_s \max$ un $C_s \max$ palielinātos par vairāk nekā vienu kārtu, sasniedzot maksimālās iespējamās vērtības, kas ir salīdzināmas ar attiecīgajiem gaismas apakškanāla parametriem. Šāda situācija ir koncertos.

Iepriekš aprēķinātās skaņas un gaismas apakškanālu caurlaides spēju varam salīdzināt ar zināmajām cilvēka dzirdes un redzes informācijas kapacitātēm. Ir noskaidrots, ka $C_s \max = 6,58 \times 10^9$ biti/s un $C_l \max = 1,54 \times 10^{11}$ biti/s, turpretim cilvēka dzirdes kanāla informācijas caurlaides spējas ir attiecīgi aptuveni 10^4 biti/s un cilvēka redzes kanāla kapacitāte ir attiecīgi aptuveni 10^7 biti/s, kā novērtējis Temņikovs. (Temņikov, 1971) Jaunākie rezultāti šiem cilvēka sensoru kanāliem ir līdzīgi – aptuveni 10^5 biti/s un aptuveni 10^7 biti/s. (Markowsky, 2017) Autore aprēķinātās jaudas vērtības ir par 4–5 kārtām lielākas.

Kā var izskaidrot tik lielu atšķirību? Pirmkārt, mēs esam aprēķinājuši dabiskās lekcijas informatīvo raksturlielumu maksimālās vērtības, pieņemot, ka klausītāju un skatītāju sensori – acis un ausis – darbojas uz izšķirtspējas robežas, kas ir pārspilējums, un ka visas šūnas un visi kadri ir vienlīdz ticami. Praktiski tas tā nav, jo ausu un acu jutība ir spektrāli selektīva. Piemēram, cilvēka auss ir visjutīgākā pret skaņām frekvenču diapazonā no 1500 līdz 4000 Hz, bet cilvēka acs ir visjutīgākā pie zaļi dzeltenas gaismas viļņa garuma 555 nm ($5,4 \times 10^{14}$ Hz). (Jehonovičs, 1984) Arī lekcijas saturs var ietekmēt kadru varbūtības. Savos aprēķinos mēs arī neņemām vērā trokšņa klātbūtni gan skaņas, gan gaismas apakškanālos. Visbeidzot, tiek ignorēta uztvertā gaismas un skaņas informācijas pārraide nervu sistēmā un tās apstrāde smadzenēs. Zināms, ka tur notiek milzīga informācijas saspiešana. (Markowsky, 2017) Acīmredzot cilvēku optiskās un akustiskās uztveres sistēmas nespēj uztvert visu fiziski pieejamo informāciju.

Neskatoties uz to, iegūtie rezultāti dabiskai lekcijai liekas pārvērtēti. Taču tos var izmantot kā augšējās robežas atbilstošām video lekcijām, jo videokameras tehnisko ierobežojumu dēļ informācijas raksturlielumi būs daudz zemāki.

Piedāvātā K. Šenona informācijas raksturlielumu aprēķināšanas metode ir izmantojama ne tikai to maksimālo vērtību noteikšanai, bet arī vispārīgākā gadījumā, ieviešot šūnu varbūtību sadalījumus visos kadrus un arī mainot šūnu izmērus. Atbilstošās varbūtības sadalījuma un šūnu izmēru variācijas ļautu izpildīt optimālas lekcijas empīriskos nosacījumus. (Alksne, 2016) Tādējādi varētu aprēķināt optimālas lekcijas informācijas raksturlielumus. Protams, šajā gadījumā ir nepieciešama piedāvātās pieejas matemātiskā modifikācija.

Metode, kas balstīta uz nepārtrauktas komunikācijas kanāla caurlaides spējas formulu (11. nodaļas ievaddaļā), kas tiek piedāvāta un izmantota, lai aprēķinātu dabiskās lekcijas maksimālos Šenona informācijas raksturlielumus, nav precīza, jo tika ignorēts troksnis un signālu diskretizācijas kļūdas. Tomēr mēs uzskatām, ka metode ir loģiska un veiktie tuvinājumi rezultātus būtiski nemaina. Lai pierādītu tās praktisko pielietojamību, ir nepieciešami turpmāki teorētiskie un eksperimentālie pētījumi.

Principā piedāvātā metode ir diezgan vispārīga. To var izmantot jebkura pasaules objekta, piemēram, ainavas un ielas ar cilvēkiem, kosmiska objekta, sintaktiskās, optiskās un akustiskās informācijas raksturlielumu aprēķināšanai.

Secinājumi

1. Izstrādāta aptuvena metode, lai aprēķinātu dabīgas lekcijas maksimālos informatīvos parametrus, kas balstās uz K. Šenona teorijas formulu nepārtraukta trokšņaina sakaru kanāla informācijas caurlaides spējas formulu un uz lektora skaņas un gaismas kanāla raksturlielumu diskretizāciju, izmantojot faktu, ka klausītāju dzirdes un redzes izšķirtspēja ir ierobežota.

2. Iegūtie skaitļi kalpo kā video lekcijas augšējās robežvērtības. Salīdzinot ar cilvēka dzirdes un redzes kanālu eksperimentālajām vērtībām, iegūtie skaitļi ir daudz lielāki. Šim apstāklim tiek sniegti skaidrojumi.

3. Izstrādātā metode var tikt modificēta, lai veiktu video lekciju optimizāciju.

11. Video lekciju raksturojums un analīze

11.1. Video lekciju raksturojums

Analizēšanai jeb entropijas aprēķināšanai tika izvēlētas 11 dažādas lekcijas (12.1. tabula). Lekcijas var iedalīt pēc veida, kā lekcija ir filmēta – auditorijā, video studijā, Zoom, kā arī, vai tā ir koriģēta vai ne.

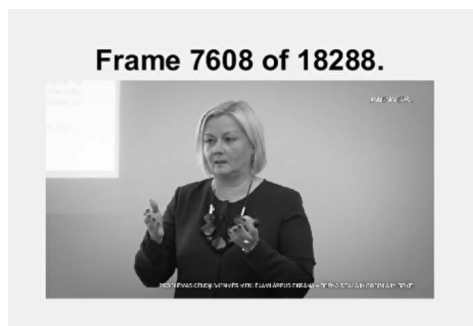
13.1. tabula

Video kārtas numurs un video lekcijas veids

Video Nr.1	Zandas Rubenes video lekcija	Filmēts auditorijā, montēts
Video Nr.2	Jura Blūma video lekcija	Filmēts auditorijā, nemontēts
Video Nr.3	Kāna stila video lekcija – Jūlija Maksimkina	Prezentācija ar balsi (<i>Voice over presentation</i>)
Video Nr.4	Aleksandra Dolgicera video lekcija	Prezentācija ar balsi (<i>Voice over presentation</i>)
Video Nr.5	Ingus Skadiņa video lekcija	Filmēts pēc scenārija
Video Nr.6	Anša Jurgā Stabinga video lekcija	Filmēts auditorijā, montēts
Video Nr.7	Paulas Freimanis video treniņš	Filmēts pēc scenārija
Video Nr.8	Fizikas eksperimenta fragments	Prezentācija ar balsi (<i>Voice over presentation</i>)
Video Nr.9	Intas Volodko video lekcija	Filmēts auditorijā, montēts
Video Nr.10	Andra Ozola video lekcija	Prezentācija ar balsi (<i>Voice over presentation</i>)
Video Nr.11	Zandas Rubenes otrā video lekcija	Filmēts auditorijā, montēts

1. video ir fragments no Zandas Rubenes lekcijas (12.1. att.). Tā izvēlēta, jo fonā nav nekā, kas varētu traucēt, skatoties video lekciju. Tāpat lektore runā normālā tempā un pārliecinoši, lekcijas laikā nenotiek neparedzēta darbība vai tēla maiņa. Autorei subjektīvi vērtējot šo lekciju, tā šķita viegli uztverama, tāpēc tā tika izvēlēta, lai veiktu tās analīzi pēc vadlīnijām un entropijas aprēķiniem.

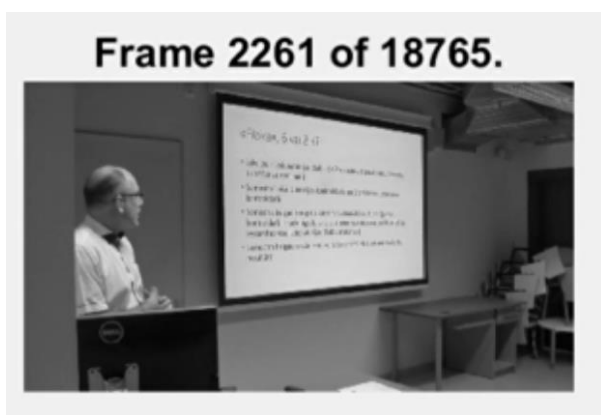
<https://www.youtube.com/watch?v=MN-xCEdEDJI&t=56s>



13.1. att. Zandas Rubenes video lekcijas fragments.

2. video ir fragments no Jura Blūma lekcijas (13.2. att.). Šī lekcija tika izvēlēta, jo tajā nav izmantoti efekti vai video rediģēšana. Tā ir dabiska lekcija no auditorijas, kas iemūžināta auditorijā ar studentu klātbūtni. Vienu reizi lekcijas fragmenta laikā tiek veikta manuāla kadrējuma maiņa.

<https://www.youtube.com/watch?v=85CNYz3uyVs&t=520s>

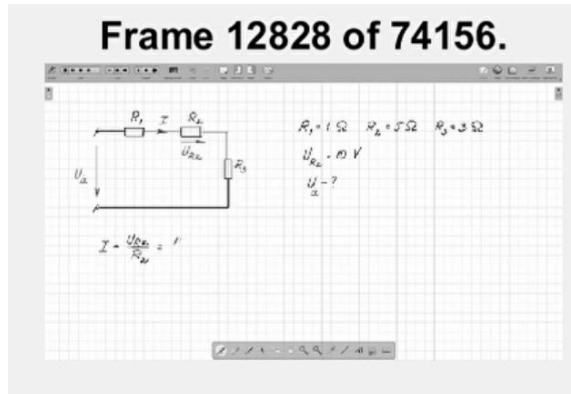


13.2. att. Jura Blūma video lekcijas fragments.

3. video ir Kāna stila (*Khan style*) video lekcijas fragments no Jūlijas Maksimkinas lekcijas (13.3. att.). Šī lekcija izvēlēta, jo vadlīnijās teikts, ka Kāna stila video lekcijas studentiem ir visvieglāk uztveramas. Kāna stila video ir ļoti populāri, tāpēc šķīta ļoti interesanti analizēt šāda veida video. Kāna stila apmācības prasa lielāku gatavošanos un plānošanu pirms lekcijas, ne tikai slaidu sagatavošanu vai koda sagatavošanu teksta redaktorā. Visefektīvākās Kāna stila pamācības ir tās, kuras sagatavojuši instruktori ar skaidru rokrakstu, labām zīmēšanas prasmēm

un rūpīgu izkārtojuma plānošanu, lai nepārbļīvētu ekrānu. (Williams, 1998) Autoresprāt, šīs prasmes ir arī novērojamas šajā lekcijas fragmentā.

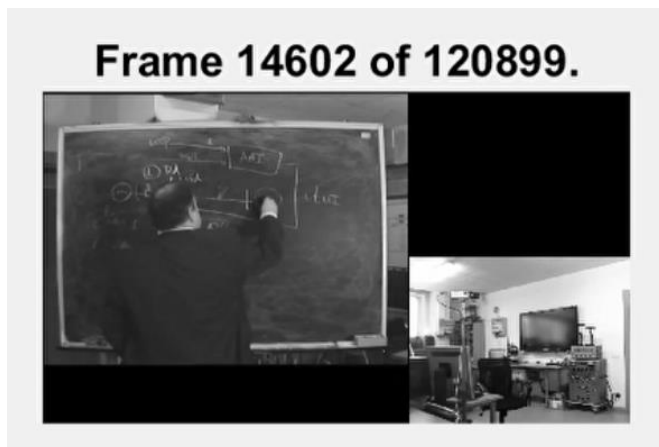
<https://www.youtube.com/watch?v=SFnf4RK3uuk&t=994s>



13.3. att. Kāna stila video lekcijas fragments.

Video Nr.4 ir fragments no Aleksandra Dolgicera lekcijas (13.4. att.). Šī lekcija piesaista uzmanību, jo tiek filmēta no divām kamerām vienlaikus. Telpa ir laboratorija, kas ir pilna ar dažādām lietām. Tajā pašā laikā tiek pārraidīta visdažādākā informācija, skaņas un video kvalitāte ir viduvēja. Tas, kam vēl jāpievērš uzmanība šajā lekcijā, ir melnie laukumi ekrānā, kas ir nemainīgi visu fragmenta laiku. Šī nemainīgā pārraidītā informācija, kas proporcionāli aizņem vērā ņemamu daļu no ekrāna, ietekmē arī entropijas rezultātu. Tomēr tā kā tiek pārraidīts gan ekrāns, gan pasniedzējs, tad šī prezentācija tiek iedalīta kā "Balss pāri prezentācijai" (*Voice over presentation*).

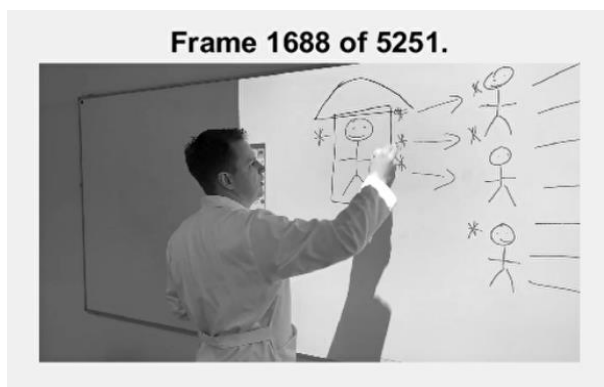
<https://www.youtube.com/watch?v=8QAYVYqAoxs&t=884s>



13.4. att. Aleksandra Dolgicera video lekcijas fragments.

Video Nr.5 ir fragments no Ingus Skadiņa lekcijas (13.5. att.). Šis video izvēlēts, jo maina vidi, tiek filmēts gan auditorijā, gan pie tāfeles, kā arī izmantota rakstīšana un zīmēšana uz tāfeles. Lai gan tas ir līdzīgs 4. video. Šim video ir laba skaņas un video kvalitāte. Šis video ir arī samontēts, izgriežot liekās sekundes.

<https://www.youtube.com/watch?v=baz9LYvWsro>



13.5. att. Ingus Skadiņa video lekcijas fragments.

Video Nr.6 ir fragments no Anša Jurģa Stabinga lekcijas (13.6. att.). Šī lekcija ir ļoti līdzīga lekcijas veidam, kāds ir 1. video, taču mainās fons, kas šajā gadījumā nav vienkāršs. Lekcija ir ļoti līdzīga arī 11. video, atšķirība ir tikai tā, ka pasniedzējs ir vīrietis un filmēts ir no sāna, nevis no priekšas, redzami vairāki telpas elementi.

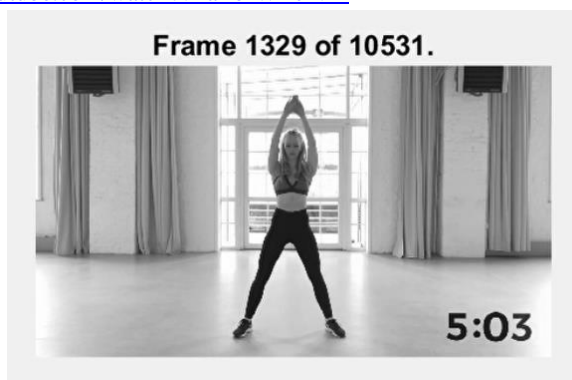
<https://www.youtube.com/watch?v=76lpS1hHbfY>



13.6. att. Anša Jurgā Stabinga video lekcijas fragments.

Video Nr.7 ir Paulas Freimanis fitnesa treniņu video (13.7. att.). Šis video ir pilnīgi atšķirīgs. Tas ir sporta treniņš, taču tas ir arī speciāli filmēts kā video treniņš, kur skatītājam vajadzētu būt iespējai uzreiz uztvert video, jo viņam viss ir jādara vienlaikus ar instruktori. Šis video tika izvēlēts tāpēc, ka vadlīnijās uztverama video ierakstīšanai tiek rekomendēts, lai nebūtu izmantota pārlietu bieža pietuvināšanas funkcija, bet šajā video tā tiek izmantota periodiski.

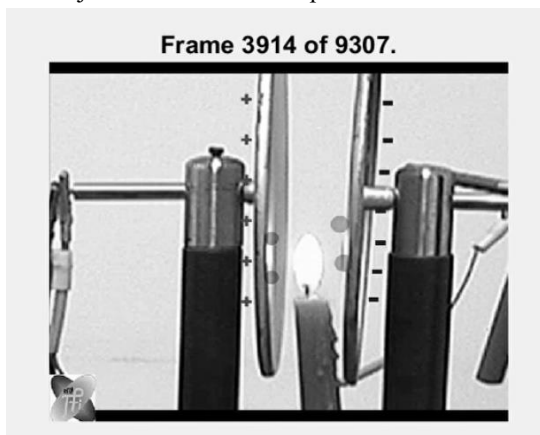
<https://www.youtube.com/watch?v=aZbfWLezvlk>



13.7. att. Paulas Freimanis video treniņa fragments.

Video Nr.8 ir video lekcija, kurā tiek filmēti un skaidroti dažādi eksperimenti (13.8. att.). Tas ir no Rīgas Tehniskās universitātes publiskā fizikas kursa. Šis video tika izvēlēts dažādu izmantoto efektu un bagātīgas informācijas dēļ, kas video laikā mainās ļoti ātri. Vadlīnijās

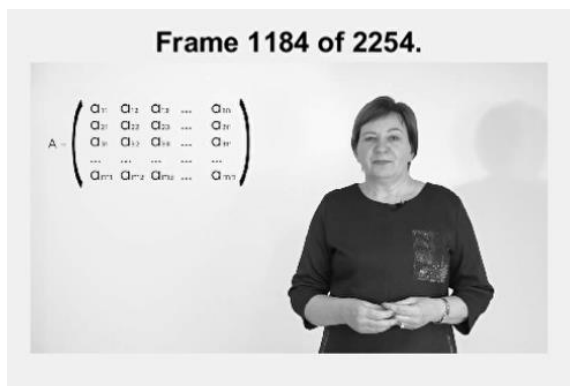
rekomendē, ka students skatās prezentāciju un tikai dzird pasniedzēja balsi, šo video var pielīdzināt šādam video lekcijas stilam “Voice over presentation”.



13.8. att. Fizikas eksperimenta fragments.

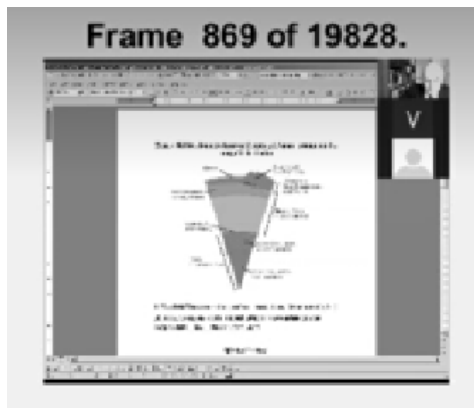
Video Nr.9 ir Intas Volodko video lekcija (13.9. att.). No vadlīniju viedokļa šī ir lekcija, kas atbilst gandrīz visiem kritērijiem, lai būtu ļoti labi uztverama video lekcija. Bija prieks konstatēt, ka kaut ko līdzīgu šīm video lekcijām ir iespējams nofilmēt arī tepat, Latvijā. Ir pierādīts, ka balss pārraides veids rada vislielāko uzmanības noturību. (Chen, 2015)

https://www.youtube.com/watch?v=ZOuuLXXCI4&list=PLoZe_Ym7-r3_oCHJIWQPFy3FolQTiqK&index=1



13.9. att. Intas Volodko video lekcijas fragments.

Video Nr.10 ir profesora Andra Ozola video lekcija (13.10. att.). Šāda veida lekcijas šobrīd piedzīvo studenti un skolēni visā pasaulē, jo universitātes un skolas pielāgojas epidemioloģiskajai situācijai un vajadzības gadījumā pārslēdzas uz tālmācību Covid-19 dēļ. Šo lekciju nodrošināšanai tiek izmantoti dažādi videokonferenču rīki, šajā gadījumā *Zoom*. Lekcijā ir redzams gan pasniedzējs, gan studenti, ir dažādas telpas, attēli, kā arī tiek koplietots ekrāns. Profesors lekcijas laikā runā ātri, un studenti parasti vairāk iesaistās videoklipos, kuros pasniedzēji runā ātrāk. Daži praktiķi iesaka 160 vārdus minūtē kā optimālo runas ātrumu prezentācijām. (*Williams, 1998*) Tomēr savos pētījumos par robežu ņēmām vērtību 100 vārdi minūtē, jo latviešu valodā nav artikulu un sarunvalodas temps ir lēnāks.



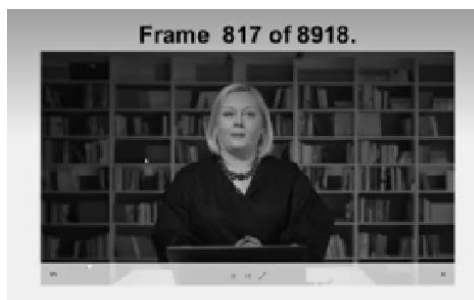
13.10. att. Andra Ozola video lekcijas fragments.

Video Nr.11 (13.11. att.) ir tā pati pasniedzēja un lekcijas forma 1. video, mainās tikai fons no vienkāršaina uz vairākkāršu fonu. Šis video ļauj apskatīt fona ietekmi uz entropiju, jo vadlīnijas uztveramākai lekcijai rekomendē vienkāršainu fonu.

Viss mūsu vizuālais process ir balstīts uz to, ka mēs nepārtraukti uztveram atšķirīgās īpašības un salīdzinām tās savā starpā. Objektu var uztvert tikai tad, kad tas izceļas uz fona kāda veida kontrasta dēļ. Robežlīnija starp abiem iezīmē šī objekta ārējo formu.

No pirmā brīža, kad skatāmies uz kadru vai attēlu, mēs instinktīvi izvēlamies vienu objektu, kas kalpo kā figūra, bet pārējais kļūst par fonu. Šai atlasei nepieciešamais laiks ir tikai 1/100 sekundes. Šī sākotnējā uztveres fāze tādējādi nosaka atšķirību starp figūru (kas mums šķiet svarīgāka) un fonu (kas šķiet mazāk svarīgs). Tāpēc ir svarīgi, lai pasniedzējs izceltos uz video lekcijas fona. (*Weber, 1980*)

<https://www.youtube.com/watch?v=aaWgm0JBrjo>



Rezultāti tabulā tiek parādīti kopā 1. video.

13.11. att. Zandas Rubenes otrā video lekcija.

11.2. Video lekcijas kā koda analīze

Dabiskā lekcija, ko vada pasniedzējs, tiek traktēta kā beztrokšņa komunikācijas kanāls, kas sastāv no skaņas apakškanāla un gaismas apakškanāla. Katrs apakškanāls pārraida kadrus, kuriem Šenona entropijas aprēķina pēc formulas (40)

$$H = \frac{\sum_{n=1}^N p(n) \log_2 p(n)}{\log_2 N} \quad (40),$$

kur p – varbūtības sadalījums,

N – kopējais punktu skaits sadalījumā.

Entropijas vērtība H tiek normalizēta, lai iegūtu relatīvu mērījumu, ko varētu salīdzināt ar video lekcijām. $\log_2 N$ formulā (1) apzīmē maksimālo entropiju.

Katrai video lekcijai tiek aprēķinātas trīs dažādas entropijas:

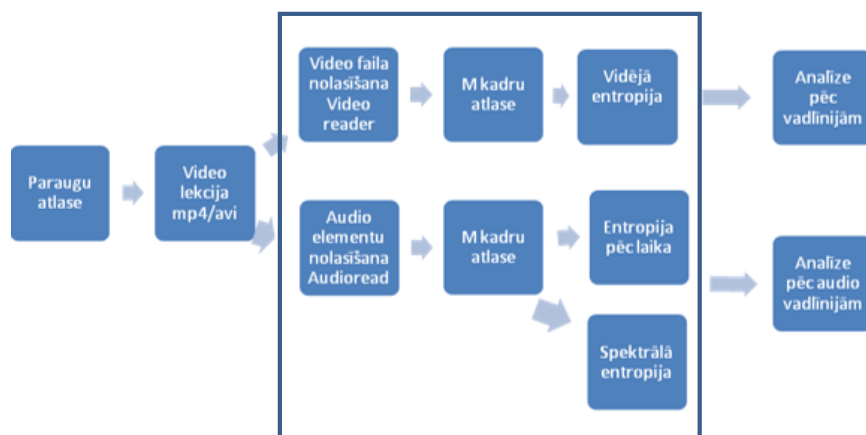
- a) video kadru entropija (video entropija),
- b) audio signāla intensitātes entropija (audio laika entropija),
- c) audio signāla spektra entropija (audio spektrālā entropija).

Tā kā video lekcijās ir lēni mainīgas ainas, entropija tiek aprēķināta nevis katram kadram, bet mazākam nejausi izvēlētu kadru skaitam. Autore pieņem, ka šie kadri uztver pietiekami daudz informācijas, lai raksturotu visu lekciju. Audio kadri/paraugi tiek atlasīti tādā pašā veidā. Visbeidzot tiek iegūts vidējais entropijas līmenis, kas ir

$$H = \frac{\sum_{m=1}^M H(m)}{M} \quad (41),$$

kur M – video vai audio kadru skaits.

12.12. attēlā redzams process, pēc kura tika analizēta katra video lekcija, ar programmu *Matlab*.



13.12. att. Video analīzes process ar *Matlab*.

11.2.1. Video entropija

Video entropija raksturo attēla intensitātes sadalījuma dažādību.

Soļi, kā programma *Matlab* aprēķina video entropiju:

1. No video lekciju faila tiek nolasīti video dati,
`videoObject = VideoReader(movieFullName);`
2. Tiek atlasīti M nejauši kadri. Video entropijas rezultāti tiek iegūti, katrai lekcijai izmantojot 250 kadrus. 5 minūšu garam paraugam tie ir 50 kadri minūtē.
3. Tiek analizēts katrs kadrs no $m=1$ līdz M :
 - a) RGB krāsu rāmis tiek pārveidots pelēktoņu attēlā.
`grayImage = rgb2gray(thisFrame);`

- b) tiek iegūta pelēktoņu kadra histogramma, kas satur kadra toņu sadalījumu – pikseļu skaitu katrai tonālajai vērtībai. Pelēktoņu pikseļus raksturo vērtības no 0 līdz 255. $h = \text{imhist}(\text{grayImage}, 256)$;
- c) histogramma tiek normalizēta, lai iegūtu tonālo varbūtības sadalījumu $p = h / \text{sum}(h + 1e-12)$;
- d) entropija tiek aprēķināta pēc formulas $H = -\text{sum}(p * \log_2(p)) / \log_2(\text{length}(p))$.

11.2.2. Audio entropija pēc laika (temporālā entropija)

Temporālā audio entropija raksturo lektora balss izmaiņu nevienmērību.

1. Audio celiņš tiek nolasīts no video lekcijas faila. Stereo skaņas gadījumā tiek izmantots tikai viens kanāls.

`[y,Fs] = audioread(movieFullFileName)`

`y=y(:,1)`

2. Līdzīgi kā video analīzei, arī šeit tiek atlasīti M nejauši audio kadri. Audio kadra (saukta arī par logu) garums ir izvēlēts 214 paraugi, kas pie 44,1 KHz diskretizācijas ir vienāds ar 0,372 sekundēm. Šāds garums ir aptuveni vienāds ar viena vārda garumu, ja runas ātrums ir 160 vārdi minūtē.

3. Tiek analizēts katrs kadrs no $m=1$ līdz M :

a) tiek iegūta skaņas intensitātes histogramma, kas satur katra intensitātes līmeņa atgadījumu skaitu. Rezultāti tiek iegūti ar izšķirtspējas 100 intensitātes līmeņiem

$h = \text{hist}(\text{audioF}, 100)$;

b) histogramma tiek normalizēta, lai iegūtu katra intensitātes līmeņa varbūtības sadalījumu $p = h / \text{sum}(h + 1e-12)$;

c) entropija tiek aprēķināta pēc formulas

$$H = -\text{sum}(p * \log_2(p)) / \log_2(\text{length}(p)).$$

11.2.3. Audio spektrālā entropija

Spektrālā audio entropija raksturo lektora balss frekvenču izmaiņas lekcijas laikā.

Sākotnējie soļi ir līdzīgi laika entropijas analīzes 1. un 2. solim. Tālāk katram kadram tiek aprēķināta spektrālā entropija no $m=1$ līdz M :

a) signāla spektru iegūst, izmantojot ātro Furjē transformāciju (*fast Fourier transform*):

`X=fft(audioF)`;

b) tiek aprēķināts jaudas spektrālais blīvums

`X=X(1:winSize/2+1)`

`S=abs(X).^2*(1/winSize^2)`

$S(2:\text{end}-1) = 2 * S(2:\text{end}-1);$

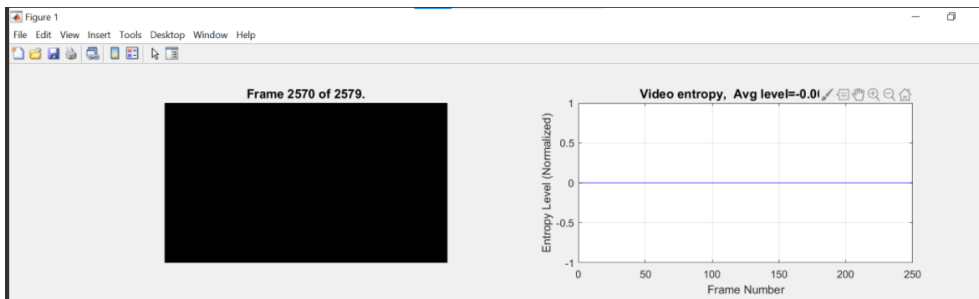
c) jaudas blīvums tiek normalizēts, lai iegūtu jaudas varbūtības sadalījumu $p = S ./ \text{sum}(S + 1e-12);$

d) entropiju aprēķina, izmantojot formulu $H = -\text{sum}(p .* \log_2(p)) / \log_2(\text{length}(p)).$

Mērogošanas koeficients $\log_2 N$ atspoguļo baltā trokšņa maksimālo spektrālo entropiju.

11.2.4. Programmas pārbaude

Lai pārlicinātos par *Matlab* rezultātu atbilstību, veiktu validāciju un verifikāciju, programma tika pārbaudīta ar video, kas ir pilnīgi melns, nemainīgs (12.13. att). Rezultāts ir 0, jo iegūtā informācija no šāda video ir 0. Entropijas minimums ir $H(X) = 0$, un to sasniedz tie ziņojumi, kuriem sniegtās informācijas varbūtība ir vienāda ar 1. (*Shannon*, 1948)

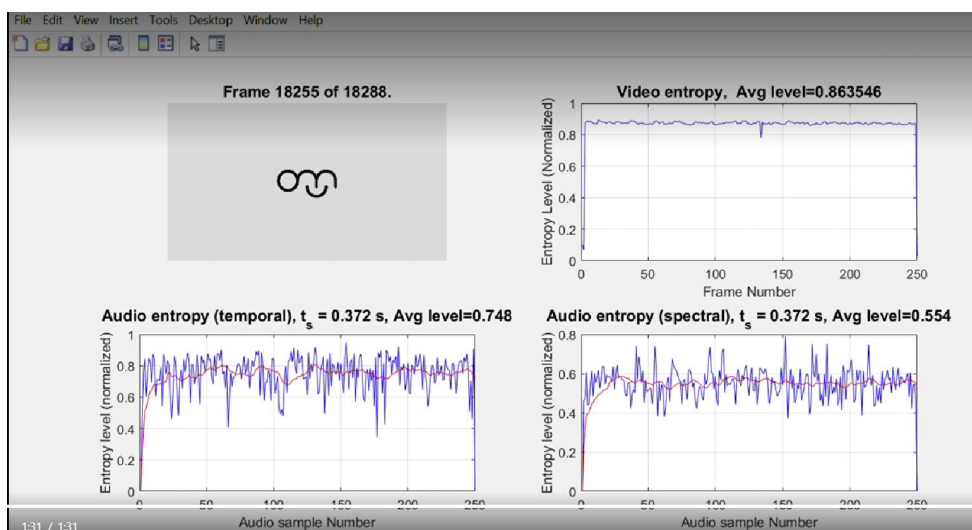


13.13. att. Programmas *Matlab* pārbaude.

Kā alternatīvu var izmantot *Matlab* iebūvēto funkciju *entropy*.

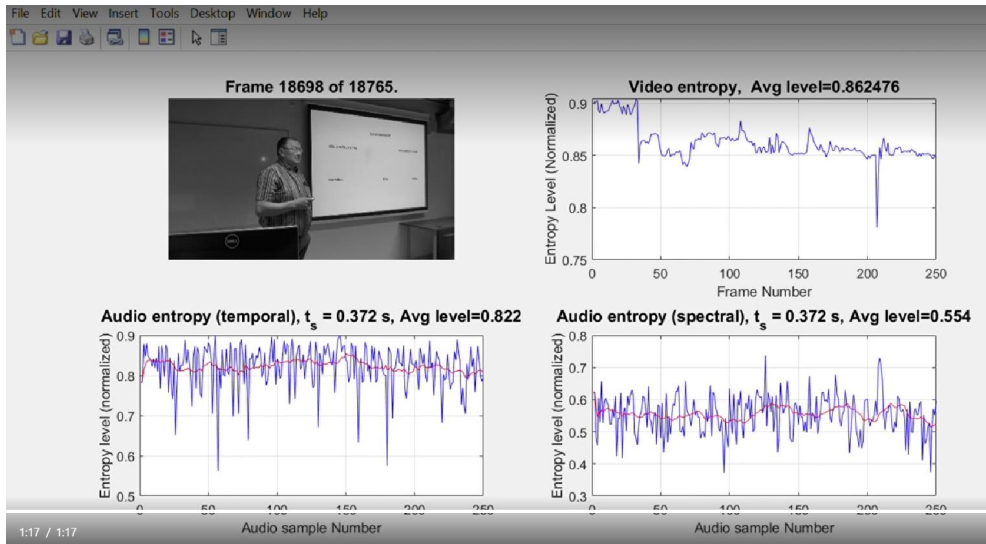
12. Rezultāti

Pirmais video ir Z. Rubenes video lekcija. Entropiju rezultāti redzami 14.1. attēlā.



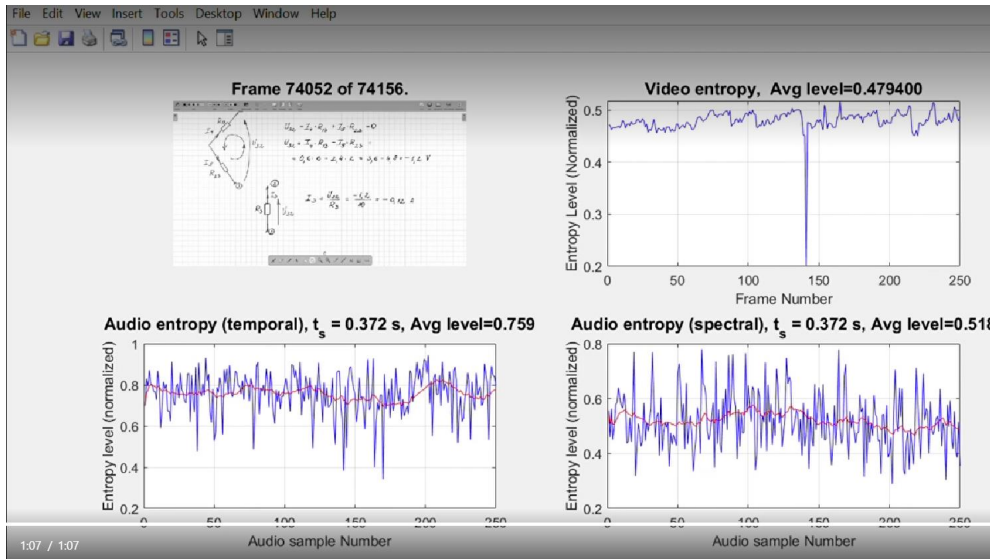
14.1. att. Z. Rubenes video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

Tas, kas redzams pēc video entropijas, ka tā ir gandrīz nemainīga. Tikai sākumā varam novērot izmaiņas, jo sākums ir konstants, tad sākas lekcija, un lielāko entropijas svārstību veido projektora attēls, kas parādās kadrā. Vidējā audio entropija (kā temporālā, tā spektrālā) arī ir bez ievērojamām svārstībām, jo lektore runā vienmērīgi, nemainot runas ātrumu, toni un skaļumu, visu lekcijas fragmenta laiku.



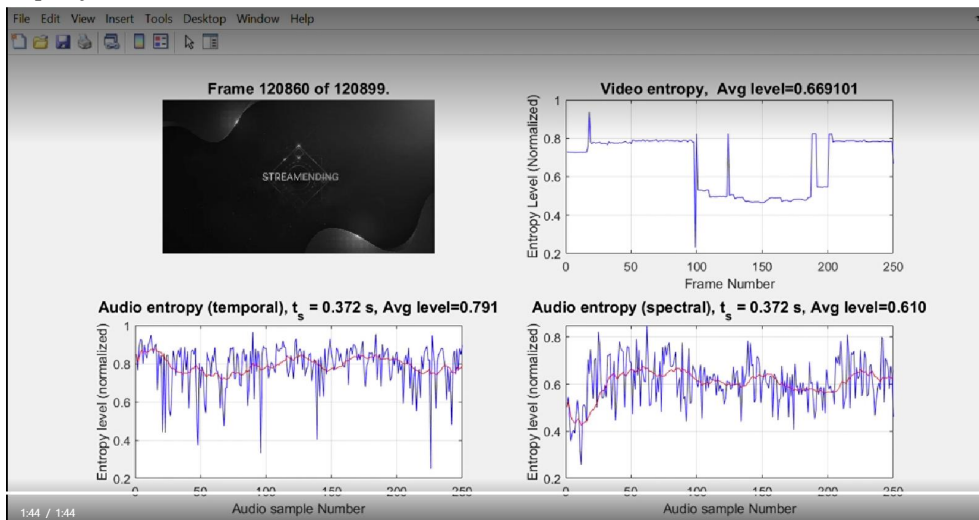
14.2. att. J. Blūma video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

Otrajā lekcijā, kas filmēta auditorijā, video entropija svārstās brīžos, kad no kadra tiek izņemts auditorijas stūris ar krēsliem, kā arī brīdī, kad nomainās pasniedzējs – un tas ir redzams grafikā. Audio svārstības pirmajam un otrajam pasniedzējam neatšķiras ļoti, bet tomēr pēc grafika varam secināt (un lekcijā pārbaudīt), ka otrs pasniedzējs runā lēnāk.



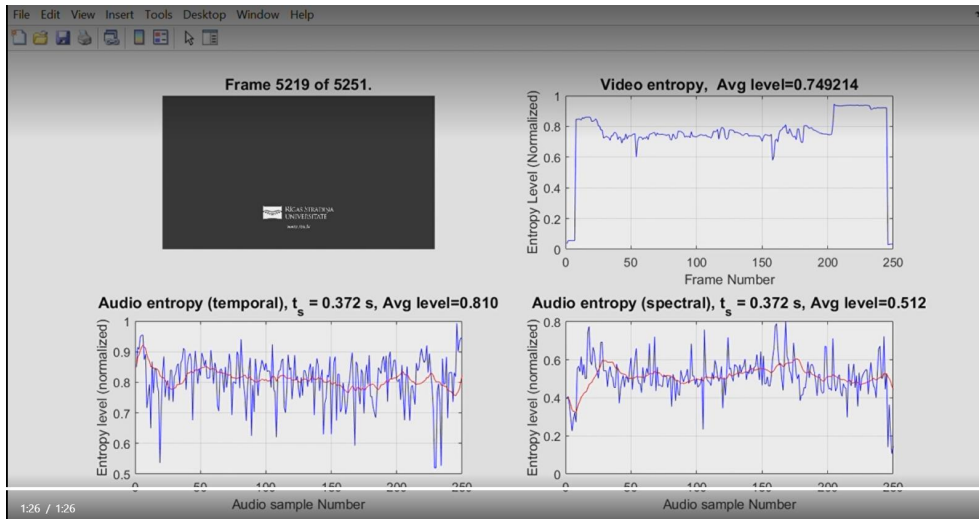
14.3. att. Kāna stila video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

Trešajā (Kāna stila) lekcijā video entropija ir daudz zemāka, jo laukums, kas ir nemainīgs, ir lielāks. Entropijas svārstību, kas redzama attēlā, izraisa uz mirkli pilnīgi baltā lapa, kas ir bez aizpildījuma.



13.4. att. A. Dolgicera video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

Šī ceturrtā lekcija sniedz zemu vidējās video entropijas rezultātu, bet, vērtējot pašu lekciju, redzams, ka tiek filmēti divi ekrāni, bet starp tiem melni laukumi, kas dod zemu vidējās entropijas rezultātu, kaut gan, vērtējot filmētos kadrus, vidējai entropijai būtu jābūt daudz augstākai. Šī lekcija atklāj to, kādos gadījumos rezultāts var neatbilst filmēto kadru vidējai entropijai – ja gala versija satur nemainīgus, vienkrāsainus laukumus. Šī lekcija ir interesanta arī no vidējās audio entropijas rezultātiem, jo pasniedzējs maina savu atrašanās telpā – gan stāv pret kameru, gan runā ar seju pret tāfeli un ar muguru pret kameru, līdz ar to mainās gan skaļums, gan temps, kādā notiek lekcija, un šīs svārstības ir novērojamas attēlos.



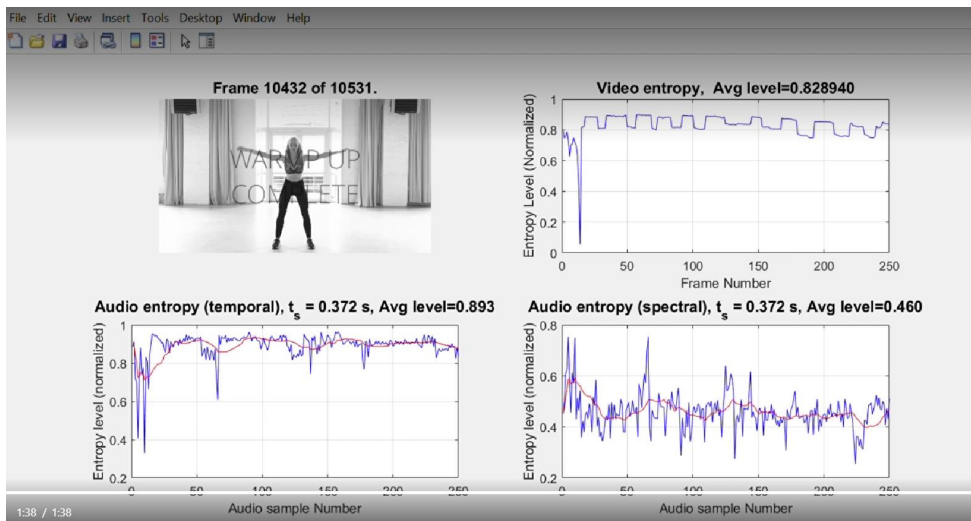
14.5. att. Piektās video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

Piektā video lekcija demonstrē ne tikai video entropijas svārstības, pasniedzējam mainot atrašanās vietu telpā un ar lekcijas sākuma un nobeiguma kadriem, bet mainās arī audio entropija, pasniedzējam runājot gan pret kameru, gan atrodoties ar seju pret tāfeli un ar muguru pret kameru, kā arī runājot tieši kamerā – kad balss ir skaļāka, spektrālās svārstības ir izteiktākas, bet, kad pasniedzējs vienlaikus raksta uz tāfeles un runā lēnāk, tad tiek novērotas izteiktākas audio entropijas svārstības pēc laika.



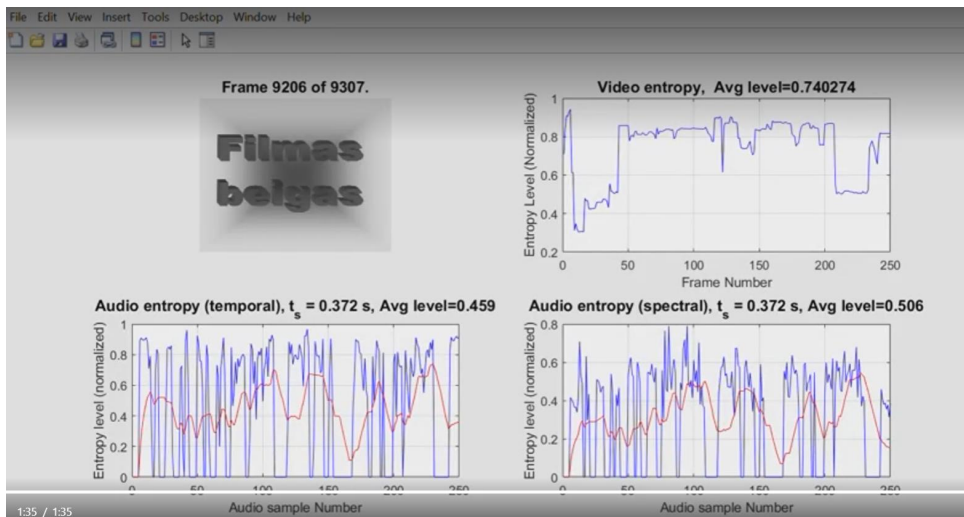
14.6. att. Sestās video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

Vērojot sestās lekcijas video entropijas analīzi, redzams, ka svārstības, ja neskaita ievada un beigu kadrus, ir ļoti minimālas. Fons visu lekcijas laiku ir nemainīgs, tomēr, salīdzinot ar lekciju Nr.1, vidējā entropija ir lielāka – tātad varam secināt un apstiprināt vadlīnijās pausto, ka labāk izmantot vienkrāsainu video lekcijas fonu. Audio entropijas vidējā līkne ir stabila, jo pasniedzējs visu lekcijas laiku nemaina savu novietojumu pret kameru un pret auditoriju, kā arī runa ir vienmērīga. Lielākās svārstības pēc laika rodas brīžos, kad tiek uzdots kāds jautājums auditorijai un ieturēta pauze, lai turpinātu stāstījumu – atbildētu uz attiecīgo jautājumu.



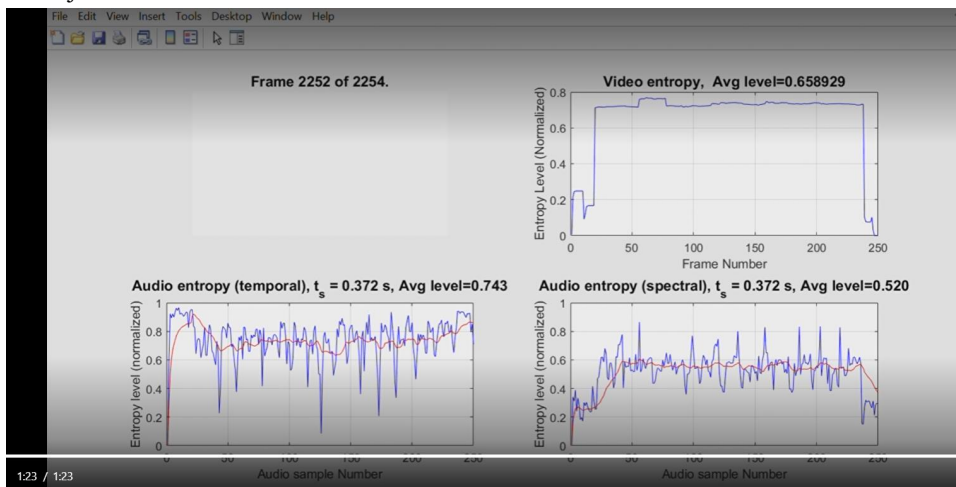
14.7. att. Paulas Freimanes video treniņa analīzes entropiju rezultāti.

Nākamā apskatītā lekcija nav klasiska akadēmiskā lekcija, bet, tā kā mūsdienu pandēmijas apstākļos ir radies gan pieprasījums, gan piedāvājums pēc iespējas sportot mājās, tad tiek radīti dažādi video, lai cilvēki varētu sportot mājās un varētu mācīties darīt to pareizi. Šis video autores uzmanību piesaistīja tāpēc, ka vadlīnijās ir minēts, ka video lekcijā būtu jāizvairās no pārlietu biežas pietuvināšanas izmantošanas, taču šajā video tas tiek darīts periodiski. Tas, ko varam uzreiz secināt, – jā, tas būtiski ietekmē video lekcijas vidējo entropiju. Par audio entropiju jāmin tas, ka fonā skan tikai mūzika un nav dzirdama sievietes balss.



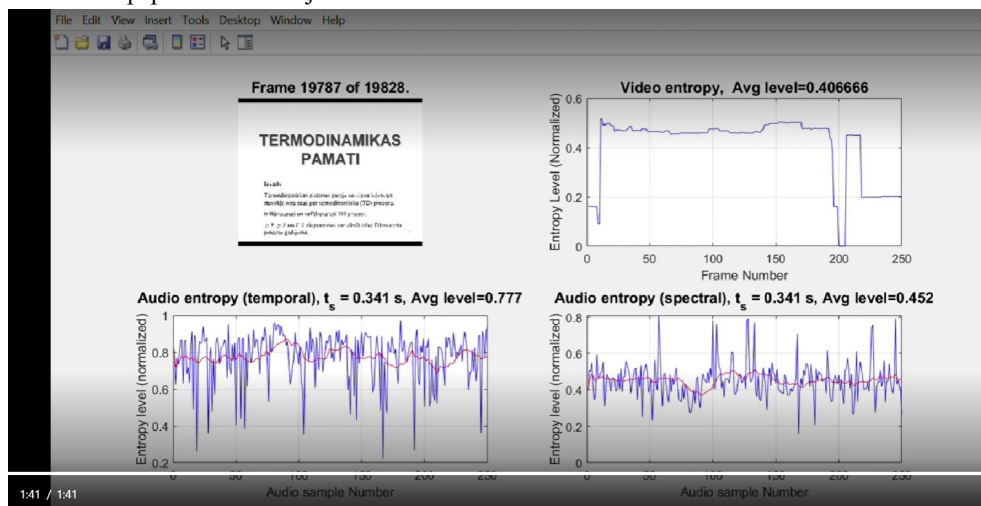
14.8. att. Fizikas eksperimenta video analīzes entropiju rezultāti.

Šis video ir fizikas eksperiments, kurā nemitīgi mainās kadri, video satur daudz informācijas un dažādus efektus. To var redzēt arī pēc video entropijas attēlojuma grafikā. Sieviete video runā lēni un ar lielām pauzēm, kā arī dzirdama mūzika un zibens skaņas, kas arī rada audio entropijas ievērojamās svārstības.



14.9. att. I. Volodko video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

I. Volodko video lekcija atbilst visām vadlīnijām, kā arī, tīri subjektīvi vērtējot, tā ir viegli uzverama gan garuma, gan labā apgaismojuma, gan labi redzamās prezentācijas dēļ, kā arī labās skaņas dēļ. Lekcijas materiāls ir izcili sagatavots ierakstīšanai. Tāpēc video entropijas svārstības ir nelielas – izmaiņas ir pie ievada kadra un beigu kadra, kā arī tad, kad video lekcijā parādās fotoattēls – papildu informācijas daudzums.



14.10. att. A. Ozola video lekcijas analīzes entropiju rezultāti.

A. Ozola lekcija platformā Zoom ir šī brīža tipisks piemērs attālinātai lekcijai – pasniedzējs un prezentācija vai materiāls, kas tiek kopīgots no pasniedzēja ekrāna. Šajā gadījumā vidējā video entropija ir zema, jo lielā daļā prezentācijas tiek kopīgots ekrāns, bet brīdī, kad entropija nokrīt līdz 0, redzams melns ekrāns.

Visi rezultāti ir parādīti tālāk esošajā tabulā. Ņemot vērā, ka vadlīnijas ir radītas maksimāli kvalitatīvu lekciju filmēšanai, tad autore uzskata, ka video lekcijas kvalitāte ir proporcionāla no literatūras ņemto vadlīniju skaitam. Bet vispirms būtu jāapskata arī vadlīnijas, apskatītās vadlīnijas apkopotas tabulā 14.1.

Pirmā apskatītā vadlīnija (skat. tabulu Nr.14.1.) ir *Voice over presentation* jeb prezentācija ar pasniedzēja balsi fonā. Ir četri videoklipi, kurus mēs varam definēt kā prezentācijas ar balsi – tās video lekcijas, kur nav redzams runātājs vai runātājs ir redzams blakus ekrānā, un slaidu vai citu materiālu video dzirdama pasniedzēja balss. Video Nr.3 ir Kāna stila prezentācija, video Nr.8 ir fizikas eksperimenti un video Nr.10 ir video lekcija, kas notiek ar videokonferenču rīka Zoom izmantošanu, kur lielākā daļa ir lekcijas materiāla prezentācija ar balsi fonā. Kā redzams tabulā ar rezultātiem, šīm trim video lekcijām tiešām ir viszemākā entropija. Kā redzams tabulā, šai vadlīnijai atbilstoša ir arī video lekcija Nr.9, jo, pat ja mēs varam redzēt pasniedzēju, lielākā daļa video lekcijas ekrāna satur prezentāciju. Arī 4. lekcijai ir zema entropija šī iemesla pēc – tiek

pārraidīts gandrīz nemainīgs ekrāns. Tātad pirmā vadlīnija ir apstiprināta – video lekcijai, kurā ir mācību materiālu prezentācija ar pasniedzēja balsi fonā, ir viszemākā strukturālā informācija.

Otra rekomendācija ir labs acu kontakts ar pasniedzēju (skat. 14.1. tabulu). Šajā kategorijā varam salīdzināt tikai video lekcijas, kurās redzams pasniedzējs. Tās ir 1., 11., 5. un 9. Pēc entropijas rezultātiem varam secināt, ka nav iespējams noteikt, vai pasniedzējs skatās tieši kamerā vai ir filmēts no malas, ja viņš lekcijas laikā nestaigā pa auditoriju. Ja pasniedzējs kustas, kā tas ir video lekcijā Nr.5, var novērot, kā mainās video entropija brīdī, kad pasniedzējs zīmē uz tāfeles, vai brīdī, kad viņš skatās kamerā. Šādā gadījumā to ir iespējams detektēt ar video entropijas vērtības maiņu. Tāpēc, skatot JĀ rezultātu par vadlīniju ievērošanu, šis elements nevar tikt ņemts vērā. Tāpat ir ar skaidru rokrakstu un zīmējumiem. To arī nav iespējams noteikt ar entropiju, ja neanalizē tikai rokraksta entropiju. Tomēr tas, ka šis ieteikums netiek ņemts vērā pie entropijas aprēķina, nenozīmē, ka pasniedzējiem tas nebūtu jāuztver nopietni. Pie šiem ieteikumiem tiek pieskaitīts un rekomendēts standarta fonts.

Trešais ieteikums jeb vadlīnija ir spēcīga prezentācija ar tempa un elementu variācijas maiņu. Video lekcijās Nr.2, 3 un 9 prezentācijas ir kā slaidrādes. Ja paskatāmies uz video entropijas rezultātiem, tad var redzēt, ka video Nr.3 un 9 tiešām ir ar zemu entropiju. Video Nr.2 entropija ir augstāka. Ja analizējam šo video, redzams, ka bez prezentācijas video lekcijā saskatāmas dažādas lietas – ir divi dažādi pasniedzēji, mēbeles, un prezentācijas laikā mainās kadra fokuss. Tātad mēs pieņemam, ka, ja ir spēcīga prezentācija, kurai nav daudz blakusparādību, tad entropija ir mazāka un studentiem ir vieglāk koncentrēties uz prezentāciju un pasniedzēju, nevis pārējām lietām auditorijā. Tāpat redzams, ka video Nr.3 un 9 ir filmēti kā mācību materiāli, bet lekcija Nr.2 ir filmēta auditorijā. Ir viegli secināt, ka auditorijā uzņemtajām lekcijām būs lielāka entropija, jo tās netiek rediģētas, kā arī video lekcijas uzņemšanas procesā nav izmantots fons vai video studija.

Izkārtojuma krāsas nav pārāk daudzveidīgas, un video lekcija tiek filmēta labi apgaismotās vietās. Lai atrastu korelāciju starp entropiju un tieši šīm vadlīnijām, autorei vajadzētu ierakstīt vai atrast divas identiskas video lekcijas, kurām mainās tikai gaisma vai fons, piemēram, izmantojot zaļo fonu. Sākotnēji, kad videoklipi Nr.1 un Nr.11 tika izvēlēti kā ļoti līdzīgi, bet video Nr.2 fons bija tikai tumšāks, autore domāja, ka tas varētu būt veids, kā pārbaudīt šo teoriju, taču video Nr.1 ir lielāka entropija, jo prezentācijas stūris tiek parādīts ekrānā un ārpus tā. Tāpēc, lai pārbaudītu šo video lekciju, vajadzētu vairāk eksperimentēt ar konkrētu video uzņemšanu. Bet, tā kā tas ir ļoti svarīgs noteikums, šī vadlīnija video analizē tiek uzskatīta par JĀ. (Dai, 2012)

Trīs gadu laikā eksperti sadarbībā ar izglītības nozares profesionāļiem, dizaineriem un krāsu speciālistiem veica pētījumu, noskaidrojot krāsu un materiālu ietekmi uz bērnu, skolēnu un studentu attīstību un mācību procesu.

Pusaudži vecumā no 12 līdz 18 gadiem atrodas sevis meklējumos, un tieksme izpausties, parādīt savu personību ietekmē arī krāsu izvēli. Šajā vecumā dominē kā ļoti spilgti toņi, neiedomājami kontrasti, tā arī melnā krāsa. Stilīgi kontrasti, spilgti akcenti interjerā aktivizē

jauniešus un motivē uz rīcību, bet kontrasts ar neitrāliem gaišiem toņiem fokusē uzmanību uz mācībām.

Augstākās izglītības studenti ir daudz neatkarīgāki nekā jaunākās grupas. Viņi dodas un izmanto mācību telpas, bibliotēkas vai praktiskās laboratorijas, lai strādātu paši. Uzsākot ēkas projektēšanu, tā ir ļoti svarīga vajadzība, kas ir jāņem vērā. Krāsām un materiāliem ir fundamentāla nozīme. No vienas puses, studenti vēlas mieru un klusumu, lai koncentrētos, bet, no otras puses, viņi vēlas saglabāt motivāciju. Tas ir grūti sasniedzams līdzsvars.

Studentu (18+ gadi) izpēte parādīja, ka motivējošs mācību vai darba telpas interjera noformējums ir atkarīgs no cilvēka domāšanas jeb intelekta tipa un attiecīgi arī izglītības jomas. Tāpēc šajā gadījumā eksperti izdalīja trīs studiju jomas, kas atbilst cilvēka personības tipam:

- inženierzinātnes un citas precīzas zinātniskās nozares. Šo nozaru studenti priekšroku dot tīriem materiāliem, minimālismam arhitektūrā un dizainā, dabīgām nokrāsām un minimāliem kontrastiem;

- humanitārās un sociālās zinātnes. Šāda tipa cilvēki labi jutās telpās ar piesātinātām krāsām interjera noformējumā, kas labi saskan savā starpā un veido harmonisku vidi, bet bez izteiktiem kontrastiem;

- vizuālā māksla un arhitektūra. Šeit izteiktas būs negaidītas krāsu kombinācijas, spilgti kontrasti, stilu un tendenču sajaukums.

Krāsām ir liela ietekme uz mūsu atmiņu, un tās ievērojami uzlabo mācīšanos. 14.11. attēlā auditorijā ir pelēka grīda, perfektā līdzsvarā ar pelēkajiem krēslu toņiem, tas rada ļoti mierīgu atmosfēru lekciju zālē (13.11. att.). Koka raksta grīda un maigas krāsas studentu redzeslokā uzlabo to koncentrēšanās spējas. (Tarkett, 2015)



14.11. att. Auditorijas krāsu paletes piemērs. (Foto autors: Marc Detiffe, Tarkett, 2015)

Kāna stila apmācību video ir viens, un tas arī ir ar viszemāko entropiju, tāpēc šī vadlīnija ir patiesa, tajā ir vismazāk Šenona informācijas.

Fona audio balanss ir tikai sporta treniņa video, tas parasti netiek izmantots video lekcijās – visu laiku ir mūzika, tāpēc šī vadlīnija netiek skaitīta pie JĀ rezultāta.

Plašs ievadmateriāls – ja pirms lekcijas vērojam, kā mainās entropija, kad ir ievadmateriāls, mēs varam redzēt, kā mainās entropija šajā jomā, kā arī to, kā tā maina vidējo entropiju. Protams, ir nepieciešams un ērti, ka mēs šo informāciju redzam, bet, ja mēs to pārrunājam no tehniskās puses, tad labāk, ja ievads ir ārpus video, varbūt zem tā, aprakstā, kurā publicēta lekcija. Taču, tā kā tas ir normāli jebkuram videoklipam, mēs varam uzskatīt, ka tas netiek uzskatīts par JĀ, skaitot visas vadlīnijas, kas ietver katru videoklipu.

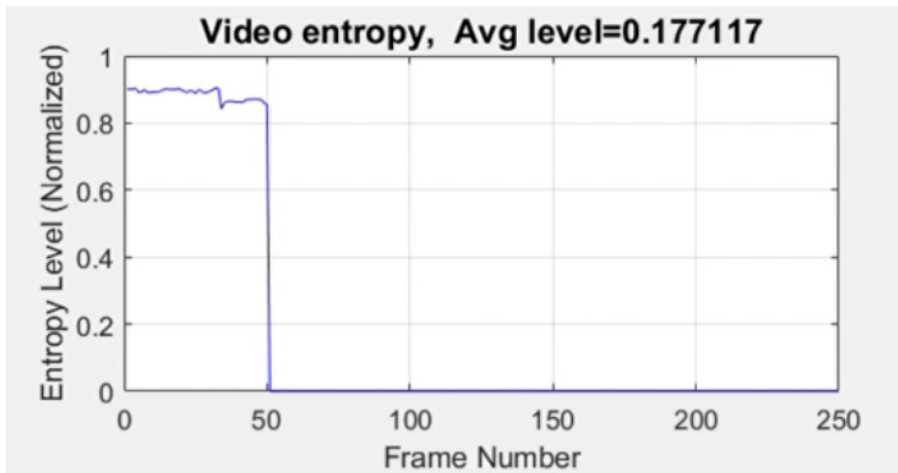
Tā kā mēs nevērtējam video lekciju saturu, bet tikai Šenona informāciju, tāpēc arī nevaram izmantot šo vadlīniju: video tēma ir viegli uztverama.

Jāizvairās no tālummaiņas – šo vadlīniju mēs nevaram redzēt, skatoties uz vidējās entropijas rezultātiem, bet to varam skaidri redzēt 2. video un 7. video vizuālajā materiālā (14.12. att. un 14.13. att.), kur var redzēt, kā mainās entropija un informācija, pietuvinot video. Video Nr.2 tas notiek vienreiz, bet video Nr.7, izmanto tālummaiņu, visa video garumā. Efekts ir tāds pats, ja video kamera nav statiska. Piemēram, to var novērot 1. video, kur šis prezentācijas stūrītis nāk iekšā un iet ārā no video.

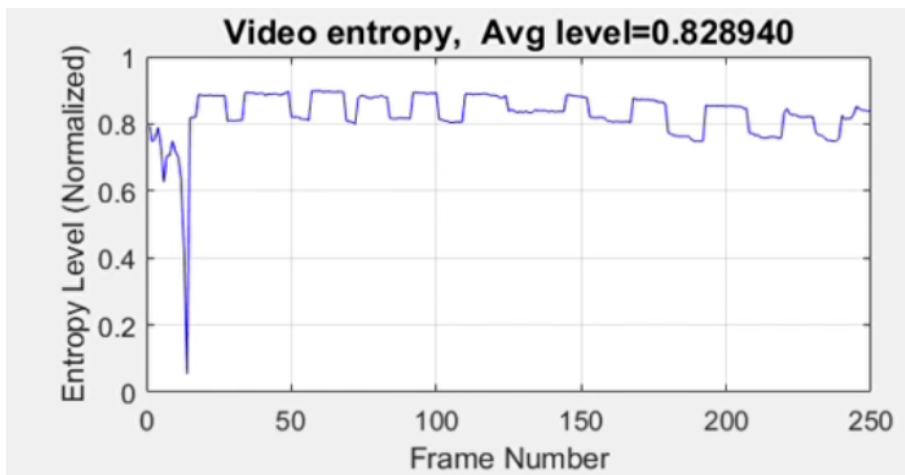
Fizioloģiski izskaidrojums ir tāds, ka, ja kustinām acis tā, lai kustīga objekta attēls saglabātos tajā pašā tīklenes vietā, fiksētais iespaids pazūd dažu sekunžu laikā. Acs ātrās skenēšanas kustības funkcija izraisa nepārtrauktas nelielas attēla nobīdes uz tīklenes, tādējādi novēršot adaptāciju un nepārtraukti radot jaunus signālus smadzenēm, kas savukārt rada arvien jaunu informāciju.

Pirmie māju video tika filmēti ar kamerām bez statīva, bieži vien uz robežas ar fiziskām mocībām. Kameras kustības liek skatītājam sajūties, it kā zeme zem kājām pazustu. Šī kameras raustīšanās, dažbrīd pārāk ātri, citu brīdi pārāk lēni, var izraisīt sliktu dūšu. Pārmērīga tālummaiņa palielina diskomfortu, liekot mūsu acīm ņīrbēt. Spīdzināšana beidzas, kad video ir beidzies.

Kas tad izraisa diskomfortu? Kamera objektīvi ieraksta tikai to, kas tiek piedāvāts, un reproducē ierakstītos attēlus patiesi un nemainītus. Cilvēka vizuālais process savukārt ietver attēla stabilizācijas funkciju, ko varētu salīdzināt ar žiroskopu ar kardānu, kas vienmēr atgriežas horizontālā stāvoklī. Turklāt smadzenes filtrē jebkādas traucējumus, neļaujot tos apzināties. (Weber, 1980)



14.12. att. Video Nr.2 tāluma maiņas efekts uz video entropiju.



14.13. att. Video Nr.7 tāluma maiņas efekts uz video entropiju.

Vienmērīgos efektus arī var iekļaut, analizējot video lekciju, jo, kad efektu maiņa nav vienmērīga, tad entropijas izmaiņas ir lielākas.

Visu entropiju rezultātu un ievēroto vadlīniju apkopojums redzams 14.1. tabulā.

Ievēroto vadlīniju skaits

	Video kārtas numurs									
	Nr.1	Nr.2	Nr.3	Nr.4	Nr.5	Nr.6	Nr.7	Nr.8	Nr.9	Nr.10
Balss pāri prezentācijai	Nē	Jā	Jā	Jā	Nē	Nē	Nē	Nē	Jā	Nē
Labs acu kontakts	Jā	Nē	Nē	Nē	Jā	Nē	Nē	Nē	Jā	Nē
Spēcīga prezentācija, mainīgs temps	Nē	Jā	Jā	Nē	Nē	Nē	–	Nē	Jā	Nē
Nav pārāk daudz krāsu	Jā	Jā	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Nē
Kāna stila video lekcija	Nē	Nē	Jā	Nē	Nē	Nē	Nē	Nē	Nē	Nē
Skaidrs rokraksts un zīmējumi	–	–	Jā	Nē	Jā	–	–	Jā	–	–
100 vārdi minūtē	99	117	94	40	76	146	–	55	104	116
Labs apgaismojums	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Jā
Skaidri fokusēts un labi kadrēts	Jā	Jā	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā
Jāizvairās no tālummaiņas	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Jā	Nē	Nē	Jā	Jā
Nekustīga kamera	Nē	Nē	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā
Skaidri saprotama runa	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā
Mīnīmāls troksnis	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā	Nē
Standarta fons	Jā	Jā	Nē	Nē	Nē	Jā	Jā	Jā	Jā	Jā
Gludi efekti	Jā	Jā	Jā	Nē	Jā	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā
Apstrādāts video	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Nē
Fona audio balanss	–	–	–	–	–	–	Jā	–	–	–
Plašs ievadmateriāls	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Nē	Jā	Nē

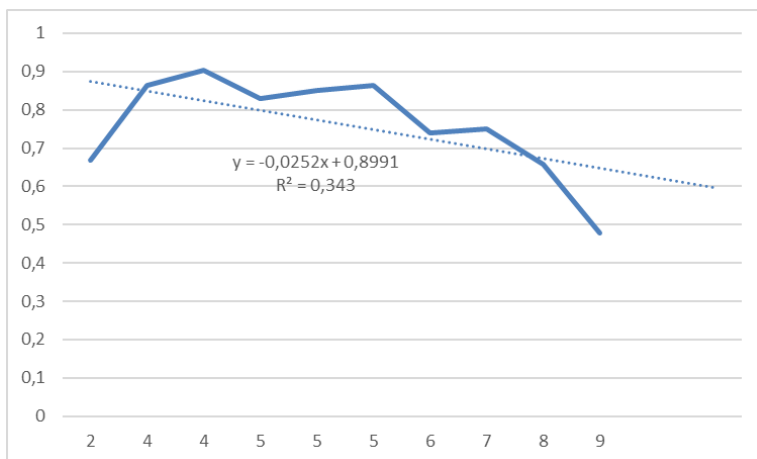
Ieraksts studijā	Nē	Nē	Jā	Jā	Jā	Nē	Jā	Jā	Jā	Jā
Lektora balss vīrietis/sieviete	Sieviete	Vīrietis	Sieviete	Vīrietis	Vīrietis	Vīrietis	Mūzika	Sieviete	Sieviete	Vīrietis
JĀ rezultāts video	5	4	9	2	7	4	5	6	8	5
JĀ rezultāts skaņai	4	2	4	0	3	3	4	3	5	2
Kopējais rezultāts	9	6	13	2	10	7	9	9	13	7

Tabula Nr.14.2.

Vidējās entropijas rezultāti video lekcijām

	Video kārtas numurs									
	Nr.1	Nr.2	Nr.3	Nr.4	Nr.5	Nr.6	Nr.7	Nr.8	Nr.9	Nr.10
Vidējā video entropija, relatīvās vienībās	Video Nr.1 0,8635 Video Nr.11 0,8516	0,8625	0,4794	0,6691	0,7492	0,9028	0,8289	0,7403	0,6589	0,4067
Vidējā laika audio entropija, relatīvās vienībās	Video Nr.1 0,748 Video Nr.11 0,754	0,822	0,759	0,791	0,810	0,747	0,893	0,459	0,743	0,777
Vidējā spektrālā audio entropija, relatīvās vienībās	Video Nr.1 0,554 Video Nr.11 0,559	0,554	0,518	0,610	0,512	0,543	0,460	0,506	0,520	0,452

Ja saskaitām tās vadlīnijas, kuras varam noteikt ar entropiju, un iegūstam rezultātus no vidējās entropijas, varam redzēt, ka – jo vairāk vadlīniju ir aptvertas, jo zemāka ir entropija, tāpēc Šenona informācija samazinās (14.14. att.).



14.14. att. Vidējās video entropijas atkarība no ievēroto vadlīniju skaita (JĀ skaita rezultāta).

Tuvināti var pieņemt, ka vidējās video entropijas un vadlīniju skaita korelāciju var raksturot ar lineārās regresijas vienādojumu. To nosaka pēc vismazāko kvadrātu metodes. Vienādojums un regresijas taisne ir parādīti 14.14.attēlā.

Lai pārlicinātos par atrastās sakarības ciešumu starp vadlīniju skaitu video lekcijā un vidējo video entropiju, tiek izmantots Pīrsona korelācijas koeficients:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (42),$$

kur x_i – pazīmes variānte (mūsu gadījumā izpildīto vadlīniju skaits jeb “jā” skaits) ;

y_i – rezultatīvās pazīmes variānte (mūsu gadījumā entropijas vērtības);

\bar{x} – pazīmes vidējais aritmētiskais;

\bar{y} – rezultatīvās pazīmes vidējais aritmētiskais;

n – varianšu pāru skaits jeb paraugkopas apjoms (mūsu gadījumā aplūkoto video lekciju veidu skaits $n=10$). Autore izmanto MS Excel funkciju, lai veiktu korelācijas koeficienta aprēķinu pēc formulas (42). Pīrsona koeficients ir

$$r = - 0,59546.$$

Korelācijas koeficients ir negatīvs, jo regresijas taisne ir dilstoša. Tā modulis atbilst vidēji ciešai lineārai korelācijai starp vidējo entropiju un vadlīniju skaitu. Ņemot vērā, ka faktiskā sakarība 14.14. attēlā ir sarežģītāka par lineāru, rezultāts jāuzskata par labu.

To, kāda ir iegūtā Pīrsona korelācijas koeficienta ticamības varbūtība jeb ticamība α , var atrast no Stjudenta sadalījuma (kas izsakās caur gamma funkcijām) lielumam

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}. \quad (43)$$

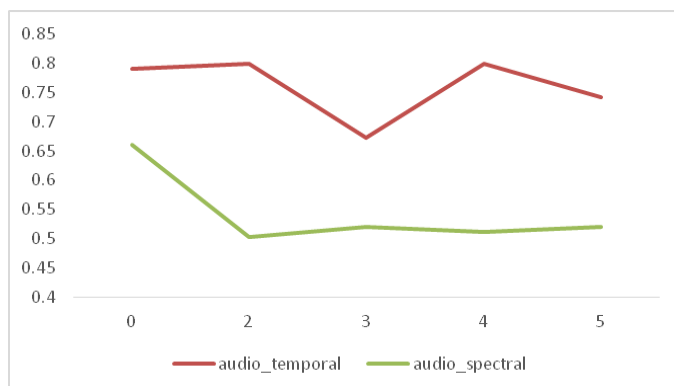
Tas tika izmantots MS Excel funkcijā arī Pīrsona koeficienta r aprēķinam. MS Excel ir arī funkcija Pīrsona koeficienta r kļūdas varbūtības

$$p=1-\alpha \quad (44)$$

aprēķinam. To lietojot autore ir atradusi kļūdas varbūtību $p=0.069323 \approx 0.0693$ un atrastā Pīrsona korelācijas koeficienta ticamību $\alpha=0.931$. Tātad video lekciju entropijas negatīvo korelāciju ar vadlīniju skaitu var uzskatīt par pierādītu.

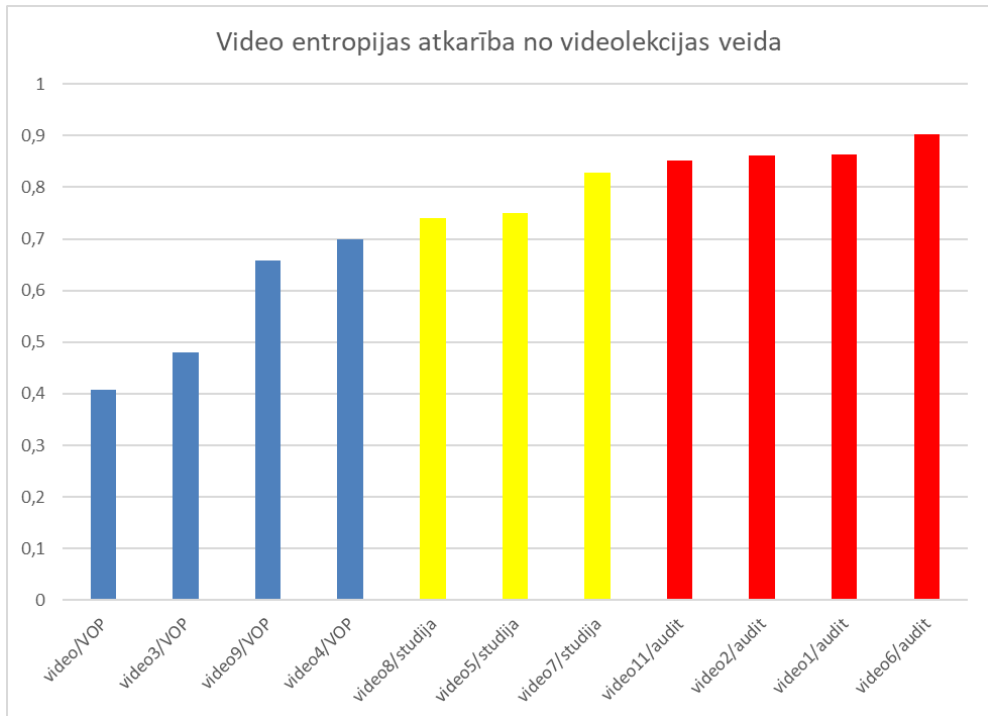
Turpinot video lekciju analīzi ir jāatzīmē, ka ir arī izņēmumi, šajā gadījumā video Nr.4, kā redzam, video lekcija saņem tikai divus JĀ, jo, lai arī ir divi ekrāni, tomēr ir arī lielas melnas ekrāna daļas, kas nemainās visa video garumā, tāpēc šī videoklipa entropija ir zema.

Lai izdarītu dažus secinājumus par skaņas entropiju, tad tabulā Nr.1, kur redzams, ka tur, kur pasniedzējas ir sievietes, viņu entropija ir zemāka, autore ir skaitījusi vārdus pirmajā eksperimenta minūtē, lai iegūtu aptuvenu runātāja aprakstu. Mēs nevaram to izmantot, lai pieņemtu lēmumus par visu lekciju, jo lekcijās Nr.4 un 5 redzam, ka pasniedzējs runā lēnāk, kad zīmē, un ātrāk, runājot kamerā. To varam redzēt arī 8. video, kur entropija ir patiešām zema, jo sieviete visu laiku runā lēnā tempā.



14.15. att. Vidējo audio entropiju atkarība no ievēroto vadlīniju skaita (JĀ skaita).

Vērtējot vidējo entropiju pret JĀ skaitu (audio atbilstības vadlīnijas), var redzēt, ka nav būtiskas korelācijas starp atbilstību audio vadlīnijām un audio spektrālo un audio temporālo entropiju (14.15. att.), taču katras video lekcijas spektrālā un laika entropijas analīze mums sniedz lielu ieguvumu, jo varam izdarīt secinājumus par runātāja/skolotāja balss un runas ietekmi uz entropiju. Jo vienmērīgāka runa, jo vidējā entropija ir zemāka un runa vieglāk uztverama.



14.16. att. Video entropijas atkarība no video lekcijas veida.

14.16. attēlā redzams, ka video lekcijas entropija ir atkarīga no tās veida. Ar zemāko entropiju, kas pierāda arī vienu no vadlīnijām, ir “balss pāri prezentācijai” (VOP jeb *Voice over presentation*). Šajā grupā ir gan Zoom video, gan video, kur var redzēt pasniedzēju kopā ar prezentāciju. Pa vidu, ar dzeltenu krāsu, ir tās video lekcijas, kas filmētas pēc scenārija, bez auditorijas un kadri ir samontēti. Visaugstākā entropija ir visām auditorijā filmētajām lekcijām. Pēc tā varam secināt, ka studentam, skatoties video lekciju, kas sastāv no prezentācijas un pasniedzēja runas, video būs daudz vieglāk uztverams nekā auditorijā filmētās video lekcijas.

Tādus video lekciju parametrus kā runas temps, apgaismojums, kameras fokuss un tālummaiņa pasniedzējs vai video lekcijas veidotājs var mainīt, lai ietekmētu entropiju – gan ar savu uzvedību, gan ar tehniskiem parametriem.

Galvenais šī doktora darba secinājums ir, ka pastāv korelācija starp lekcijas veidu un entropiju. Vismazākā entropija ir Kāna stila video lekcijām ar balss prezentāciju, un pētījumos ir arī pierādīts, ka šīs lekcijas studentiem uztvert ir vieglāk. (*Chen, 2015*)

Secinājumi

1. Balss prezentācijas un Kāna stila video lekcijām ir viszemākā video entropija, ir arī pierādīts, ka šīs lekcijas studentiem uztvert ir vieglāk.
2. Studentam, skatoties video lekciju, kas sastāv no prezentācijas un pasniedzēja balss, video būs daudz vieglāk uztverams nekā auditorijā filmētās video lekcijas.
3. Tālummaiņas video, mainīgs kameras fokuss un vienmērīgi efekti maina video entropiju.
4. Montētām lekcijām, kas uzņemtas studijā, ir zemāka video entropija.
5. Lekcijām, kas filmētas labi apgaismotā vietā, kur spilgtuma izmaiņas un izkārtojuma krāsas nav pārāk daudzveidīgas, video entropija ir mazāka.
6. Ja runātājs runā lēnāk, audio entropijas svārstības ir lielākas.
7. Ja runātājs runā lēnāk, vidējā audio entropija ir zemāka.
8. Video lekcijās ar sieviešu balsīm audio entropija ir zemāka.
9. Video ar ievada ekrānu ir zemāka vidējā skaņas entropija.
10. Audio entropija ir lielāka, ja runātājs ieraksta brīdī sāk runāt ātrāk un skaļāk.

Nobeigums un secinājumi

Darba pētījuma mērķis bija ar entropijas palīdzību veikt video lekciju analīzi, lai noskaidrotu sakarību starp video lekcijas veidu un entropiju, kā arī to, kā vadlīnijas, kas zinātniskajā literatūrā pierādītas kā noteicošas studentu uztveres spēju palielināšanai, ietekmē entropiju. Veikts literatūras apskats par informācijas teoriju un tās lietojumiem, akcentējot kodēšanu un entropijas nozīmi. Darba gaitā ir veikts dabīgas lekcijas informatīvo raksturlielumu maksimālo vērtību aprēķins, ir apkopotas un definētas vadlīnijas viegli uztveramas video lekcijas filmēšanai, pētīti studentu video lekciju skatīšanās parametri un izvēlētas 11 dažādu veidu video lekcijas, kam ar programmas *Matlab* palīdzību noteikta vidējā video un audio entropija. Šāda veida pētījums līdz šim nav veikts. Iegūtie rezultāti ir analizēti, pētot vadlīniju ietekmi uz entropiju, kā arī entropijas atkarību no izvēlēta video lekcijas filmēšanas veida. Konstatēta tendence, ka video lekcijas, kuras pēc vadlīnijām būtu jāuztver labāk, ir ar zemāku entropiju. Darba gaitā autore ir nonākusi pie šādiem secinājumiem.

1. Ir izstrādāta metode, lai aprēķinātu dabiskās lekcijas Šenona informācijas raksturlielumu absolūtās maksimālās vērtības, balstoties uz nepārtraukta trokšņaina sakaru kanāla informācijas caurlaides spējas formulu un fizikāliem apsvērumiem. Cik autorei zināms, tas veikts pirmo reizi. Pēc dažām matemātiskām modifikācijām (skat. 12.3.) to varētu praktiski pielietot gan klasisko, gan video lekciju optimizēšanai, jo pastāv zināma korelācija starp sintaktiskās un semantiskās informācijas raksturlielumiem.

2. Ir aprēķināti maksimālie Šenona informācijas raksturlielumi (skaņas un gaismas kadru entropijas, kopējās akustiskās un optiskās informācijas apjomi, skaņas un gaismas apakškanālu informācijas caurlaides spējas, kopējais informācijas apjoms un kopējā caurlaides spēja), ko uztver auditorija. Šīs vērtības ir video lekcijas augšējās robežas. Konstatēts, ka fizikāli skaņas apakškanāla maksimālā informācijas caurlaides spēja $C_{s \max} = 6,58 \times 10^9$ biti/s ir par kārtu mazāka salīdzinājumā ar gaismas apakškanāla maksimālo kapacitāti $C_{l \max} = 1,54 \cdot 10^{11}$ biti/s. Tātad galvenā informācijas plūsma notiek pa gaismas jeb optisko kanālu.

3. Aprēķinātās maksimālās skaņas un gaismas apakškanālu informācijas caurlaides spējas ir par 4–5 kārtām lielākas nekā iepriekš novērtētās cilvēka dzirdes un redzes informācijas kanālu informācijas caurlaides spējas izmantoto aproksimāciju dēļ, kā arī tāpēc, ka tiek ignorēti informācijas pārraides fizioloģiskie procesi nervu sistēmā un tās apstrāde smadzenēs.

4. Pēc 11 dažādu video lekciju vidējo video entropiju un audio entropiju *Matlab* aprēķina un rezultātu analīzes ir iespējams izdarīt šādus secinājumus:

- 4.1. Balss prezentācijas un Kāna stila video lekcijām ir viszemākā video entropija, ir arī pierādīts, ka šīs lekcijas studentiem uztvert ir vieglāk. (*Chen, 2015*);

- 4.2. Studentam, skatoties video lekciju, kas sastāv no prezentācijas un pasniedzēja balss, video būs daudz vieglāk uztvert nekā auditorijā filmētās video lekcijas;
 - 4.3. Tālummairas video, mainīgs kameras fokuss un vienmērīgi efekti maina video entropiju;
 - 4.4. Montētām lekcijām, kas uzņemtas studijā, ir zemāka video entropija;
 - 4.5. Lekcijām, kas filmētas labi apgaismotā vietā, kur spilgtuma izmaiņas un izkārtojuma krāsas nav pārāk daudzveidīgas, video entropija ir mazāka;
 - 4.6. Ja runātājs runā lēnāk, audio entropijas svārstības ir lielākas;
 - 4.7. Ja runātājs runā lēnāk, vidējā audio entropija ir zemāka;
 - 4.8. Video lekcijās ar sieviešu balsīm audio entropija ir zemāka;
 - 4.9. Video ar ievada ekrānu ir zemāka vidējā video entropija;
 - 4.10. Audio entropija ir lielāka, ja runātājs ieraksta brīdī sāk runāt ātrāk un skaļāk.
5. Darbā iegūtie rezultāti ļauj optimizēt video lekciju veida izvēli un to ierakstu.

Izmantotā literatūra

1. Andrienko, G. (2014). *Visual Analytics Tools for Analysis of Movement Data*. December, 2007, <https://doi.org/10.1145/1345448.1345455>.
2. Alksne, L. (2016). *How to produce video lectures to engage students and deliver the maximum amount of information*. Rēzekne : Proceedings of the International Scientific Conference, doi:<http://dx.doi.org/10.17770/sie2016vol2.1424>.
3. Alksne, L., Jansone, A., & Bērzkalne, Z. (2019). *Benefits from analyzing video lecture logs with leading business analytics tools*. *Baltic Journal of Modern Computing*, 7(3), 393–404, doi:10.22364/bjmc.2019.7.3.06.
4. Alksne L., Ozols A. *Maximum Shannon information delivered in a lecture*. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 2022, Nr.2, pp. 12–22. DOI:10.2478/lpts-2022-0008. SCOPUS.
5. ARSC, Association for Recorded Sound Collections, USA, Available from Internet <https://www.arsc-audio.org/contact.html>.
6. ARSC, Association for recorded sound collections. USA, Available from Internet http://www.arscaudio.org/committees/video_production_guidelines.html.
7. Bajarune, L. & Ozols A. (2015). *Latvian language as a code in different communication channels*. *Liepaja* : www.scopus.com, Doi:10.17770/etr2015vol3.182.
8. Baker, R. S., Inventado, P. S. (2014). *Educational data mining and learning analytics*. In *Learning analytics* (pp. 61e75). Springer.
9. Balta M. *Data verification in ETL processes – Romania*, Alexandru Ioan Cuza University, 2007.
10. Baragash, Reem & Al-Samarraie, Hosam (2018). *Blended learning: Investigating the influence of engagement in multiple learning delivery modes on students' performance*. *Telematics and Informatics*. 35. 10.1016/j.tele.2018.07.010.
11. Bennett, E., Maniar, N. (2007). *Are videoed lectures an effective teaching tool?*, 1–7.
12. Benjamin A. T., Quinn, J. J. (2003). *The Proofs that Really Count. The Art of Combinatorial Proof*. The Dolciani Mathematical Expositions 27, The Mathematical Association of America, ISBN 978-0-88385-333-7.
13. Bervell, Brandford & Umar, Irfan (2018). *Blended learning or face-to-face? Does Tutor anxiety prevent the adoption of Learning Management Systems for distance education in Ghana?* *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*. 35. 1–19. 10.1080/02680513.2018.1548964.

14. Blaumanis, R., Salna pavasarī, Egle, K. (sast.). *Kopoti raksti*, 2. sējums, Rīga : Latvijas Valsts izdevniecība, 1958, 225.–238. lpp.
15. Bookstein A. *Is Huffman coding dead?* USA, University of Chicago, 1993.
16. Brecht, H. D. (2012). *Learning from Online Video Lectures*. *Journal of Information Technology Education*, 11.
17. Brecht, H. D., & Ogilby, S. M. (2008). *Enabling a Comprehensive Teaching Strategy: Video Lectures*. *Journal of Information Technology Education*, 7, 71–86. Retrieved from <http://go.galegroup.com/ps/i.do?action=interpret&id=GALE|A199685531&v=2.1&u=ggl&it=r&p=AONE&sw=w&authCount=1>.
18. Burnett, Mark in Kleiman, Dave. *Perfect Passwords*. Rockland : MA: Syngress Publishing, 2006, 181. lpp.
19. Carlson, Bruce A. (1986). *Communication Systems. An Introduction to Signals and Noise in Electric Communication*. New York etc.: McGraw-Hill Book Company.
20. Carnap R., & Bar-Hillel (1953). *Semantic information*. *Brit.J.Phil.Sci.*, 4.
21. Carné de Carnalet, Xavier & Mannan, Mohammad (2014). *From Very Weak to Very Strong: Analyzing Password-Strength Meters*. 10.14722/ndss.2014.23268.
22. Chandler, Paul & Sweller, John (1991). *Cognitive Load Theory and the Format of Instruction*. Faculty of Education – Papers. 8. 10.1207/s1532690xci0804_2.
23. Chen, C.-M., & Wu, C.-H. (2015). *Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance*. *Computers & Education*, 80, 108–121., <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.015>.
24. Chorianopoulos, K., & Giannakos, M. N. *Usability design for video lectures*. In The 11th European Conference on interactive TV and video, June 24 e 26, Como, Italy, 2013, 163–164.
25. Cooper, Ian & Mondal, Argha & Antonopoulos, Chris. (2020). *A SIR model assumption for the spread of Covid-19 in different communities*. *Chaos, Solitons & Fractals*. 139. 110057. 10.1016/j.chaos.2020.110057.
26. Dai, W., & Fan, L. (2012). *Discussion about the Pros and Cons and Recommendations for Multimedia Teaching in Local Vocational Schools*. *Physics Procedia*, 33, 1144–1148. <http://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.05.188>.
27. Diena, Ivo Leitāns. Svētdiena, 7. decembris (2008).
28. Domizio, P. (2008). *Giving a good lecture*. *Diagnostic Histopathology*, 14(6), 284–288.
29. Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. *Computers & Education*, 80, 108–121. Available from Internet. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.015>.
30. Errede, S. (2002–2017). *The Human EarHearing, Sound Intensity and Loudness Levels*. UIUC Physics 406 Acoustical Physics of Music,1–33.
31. [Electronic Authentication Guideline](#), NIST. Retrieved on March 27, 2008.

32. Fei, M., Jiang, W., & Mao, W. (2017, JANUARY). *Memorable and rich video summarization*. Journal of Visual Communication and Image Representation.
33. Freivalds K., Ķikusts. *Attēlu apstrāde un analīze*. Lekciju materiāls.2015.
34. Gaisler, W. S, Banks, M. S. (2010). *Visual performance*. In Editor in Chief M. Bass. Handbook of Optics , vol. III. *Vision and Vision Optics* (pp. 2.1.–2.51.). New York etc.: McGraw Hill Companies, Inc.
35. Gallaper G. Robert. *Information Theory and reliable communication*. USA : John Wiley and Sons, inc., 1968, 588. lpp.
36. Garcez, A., & Eisenberg, Z. (n.d.). *Production and analysis of video recordings in qualitative research*. *Qualitative Research*, 249–260.
37. García-Rodríguez, M. M. (2013). *Football Video Annotation Based on Player Motion Recognition Using Enhanced Entropy*. Lecture Notes in Computer Science. Doi: https://doi-org.resursi.rtu.lv/10.1007/978-3-642-38682-4_52.
38. Gitt Werner. *Information, Science and Biology*. Journal of Creation 10, no 2 (August, 1996), 181–187.
39. Google. YouTube Analytics. Available from Internet <http://www.youtube.com/yt/playbook/yt-analytics.html#details>.
40. Grabinskis A., Pētersons L. *Signālu pārraide un elektrosakari*. R. : Zvaigzne, 1984, 171. lpp.
41. Guillen-Gamez, Francisco & Colomo Magaña, Ernesto & Sánchez-Rivas, Enrique & Pérez, Rocío (2020). *Attitude towards ICT: a statistical analysis of gender differences in Spanish higher education teachers*. 10.33422/3rd.aretl.2020.12.110.
42. Guo, P., Kim, J., & Rubin, R. (2014). *How video production affects student engagement: Anempirical study of mooc videos*. Proceedings of the First ACM Conference on Learning at Scale Conference, 41–50, <http://doi.org/10.1145/2556325.2566239>.
43. Haykin Simon. *Communication Systems 4th edition*. USA : McMaster University, John Wiley & Sons, inc., 2001, 816. lpp.
44. Haddadi O., Zahra Abbasi Z., Too Toonchy. *The Hamming Code Performance Analysis using RBF Neural Network*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, 2014, Vol I.
45. Hamming R. W. *Error detecting and error correcting codes*. In The Bell System Technical Journal, vol. 29, no. 2, pp. 147–160, April 1950, doi:10.1002/j.1538–7305.1950.tb00463.x.
46. <http://klab.lv/talkpost.bml?journal=mrvulfs&itemid=5697>.
47. <https://www.likumi.lv>.
48. <http://web.hc.lv/kods/php-mysql/raksti/izstrades-vides-sagatavosana-uz-windows/>.
49. Ilioudi, C., Giannakos, M. N., & Chorianopoulos, K. (2013). *Investigating differences among the commonly used video lecture styles*. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 983, pp. 21–26). CEUR-WS. Retrieved from

- <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84922519277&partnerID=tZOtx3y1>.
50. Jehonovičs, A. (1984). *Handbook of physics and technics*. Rīga : Zvaigzne. In Latvian.
 51. Katikovs F., Didiks B., Stulovs V. *Telemātika*. R : Zvaigzne, 1978, 372. lpp.
 52. Kaudzītes R. un M. Romāns *Mērnīeku laiki*. Jelgava : H. Allunans, 1879.
 53. Kulkarni R. Sanjeev. *Lecture Notes for ELE201 Introduction to Electrical Signals and Systems*. Princetone, 2002.
 54. Kozłowski, L., Shannon entropy calculator. www.shannonentropy.netmark.pl.
 55. Latvian Academy of Sciences Terminology Commission database AkadTerm [Online] Available <http://termini.lza.lv/term.php?term=redundance&list=&lang=LV&h=yes> [Accessed: Jan. 20, 2015].
 56. Lelewer A., Hirschberg D. *Data compression – ACM Computing Surveys*, 19(3): 261–296, (1987).
 57. *LETA*. Sestdiena, 6. decembris (2008).
 58. Li A. and Pan Y. *Structural Information and Dynamical Complexity of Networks*, in IEEE Transactions on Information Theory, vol. 62, no. 6, pp. 3290–3339, June 2016, doi:10.1109/TIT.2016.2555904.
 59. Likumi.lv.
 60. Līce A. *Kriptogrāfija cauri gadsimtiem*. 2006, http://fizmati.lv/zinas/datorika/kriptografija_cauri_gadsimtiem.
 61. Lopez Herrera J. *Shannon entropy as a measure for making decisions*. Spain, Universitat Politècnica de Catalunya, 2007.
 62. Luizov, A.V. (1989). *Colour and Light*. Leningrad : Energoatomizdat, In Russian.
 63. Luo, Z. B. (2016, June). *Human Abnormal Behavior Detection Based on RGBD Video's Skeleton Information Entropy*. Lecture Notes in Electrical Engineering. Doi:https://doi-org.resursi.rtu.lv/10.1007/978-3-662-49831-6_74.
 64. Mackay, J. D. C. (2006). *Information Theory, Inference, and learning Algorithms*. Cambridge University Press.
 65. Markowsky, G. (2017). *Information Theory. Encyclopaedia Britannica*. Available at <https://www.britannica.com/science/information-theory>.
 66. Michigan State University. Hamming Codes – 2015, pieejama <https://flihtml5.com/fxrb/vxad/basic>.
 67. Mika V. *Datu kompresija kļūst arvien aktuālāka*. R : Sakaru pasaule, 2(50) – 2008.
 68. Myllymäki, Mikko & Penttilä, Jari & Hakala, Ismo. (2014). *Producing Lecture Videos from Face-to-Face Teaching. International Journal of Information and Education Technology*. 4. 18–24. 10.7763/IJET.2014.V4.361.
 69. Nave, C. R. (2016). *Hyperphysics*. Atlanta : Georgia State University.

70. National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-63B, Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ. 800-63B, 78 pages (June 2017). Pieejama: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-63b>.
71. Ozols A. *Signālu pārraides teorijā*. Lekciju konspekts.
72. C. Papadimitriou, K. Karamanosa, F. K. Diakonos, V. Constantoudis, H. Papageorgiou. *Entropy analysis of natural language written texts, Contents lists available at Science Direct Physica A*. Greece, 2010 [Available: journal homepage]: www.elsevier.com/locate/physa.
73. Phillips, J. A. (2015). *Replacing traditional live lectures with online learning modules: Effects on learning and student perceptions*. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 7(6), 738–744. <http://doi.org/10.1016/j.cptl.2015.08.009>.
74. Piolat, A. and Boch, F. *Note Taking and Learning: A Summary of Research*. The WAC Journal (2005), 101–113.
75. Plomp, R., Houtgast, T., Steeneken, H. J. J. (2019). *The Modulation Transfer Function in Audition* In A. J. van Doorn, W. A. van de Grind, J. J. Koenderink (Eds.) *Limits in Perception: Essays in Honour of Maarten A. Bouman*, 16 pp., Boca Raton : CRC Press.
76. Poon, J. (2014). *A cross-country comparison on the use of blended learning in property education*. *Property Management*, Vol. 32 No. 2, pp. 154–175. <https://doi.org/10.1108/PM-04-2013-0026>.
77. Pumpurs A. *Lāčplēsis*. Rīga : B. Diriņa un biedru apgādībā, 1888.
78. Rainis. *Tālas noskaņas zilā vakarā*. Rīga, 1903.
79. Richards, A., (2011). *Alien Vision. Exploring the Electromagnetic Spectrum with Imaging Technology*. Second Edition. Bellingham, Washington : SPIE Press.
80. Roussev Vassil Huffman. Coding Lecture material, UNIVERSITY of NEW ORLEANS, 2009. Available: <https://www.scribd.com/document/405696244/Bagus-6990-DC-03-Huffman-1-pdf>.
81. Rubene Z. X, Y, Z un A *paudzēs*. LU Open Minded, 2020.
82. Seeling, P. (2010). *Scene Change Detection for Uncompressed Video*. *Technological Developments in Education and Automation*. Doi:https://doi.org/resursi.rtu.lv/10.1007/978-90-481-3656-8_3.
83. Shannon, C. E. *A Mathematical Theory of Communication*. The Bell System Technical Journal, Vol. 27, 1948., pp. 379–423, 623–656.
84. Shelton, E. N. *Faculty support and student retention*. *Journal of Nursing Education* 42 (2), 68e76, 2013.
85. Siemens, G., Gasevic, D. (2012). *Guest editorial – Learning and knowledge analytics*. *Educational Technology & Society*, 15(3), 1–2.
86. Tarkett. *Influence of colour and materials in learning environments*. Available https://media.tarkett-image.com/docs/BR_UK_Colour_Study.pdf, 2015.

87. Temnikov, F. E., Afonin, V. A., Dmitriev, V. I. (1971). *Theoretical Foundations of Information Technics*. Moscow : Energija, In Russian.
88. Ulmane-Ozoliņa L. (2012). *Datoratbalsītās mācīšanās sadarbojotiespējas kombinētajās studijās*. SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference. Available:
<http://journals.ru.lv/index.php/SIE/article/view/61/57>
89. Underwood J. M. Cultsock, available <http://ponto-kom.blogspot.com/2006/11/redundancy-and-entropy.html>.
90. University of Texas at Austin. Computer science Home page [Online] Available from Internet <https://www.cs.utexas.edu/~byoung/cs361/lecture35.pdf>.
91. U.S. Department of Education (2016). Future ready Learning: Reimagining the role of technology in education – 2016 national education technology plan. Retrieved from <http://tech.ed.gov/files/2015/12/NETP16.pdf>.
92. Vajapeyam, S. (2014). *Understanding Shannon's Entropy metric for Information*.
93. Vieira, C., Magana, A. J., Boutin, M. (2017a), *Using pattern recognition techniques to analyze educational data*. Proceedings of Frontiers in education conference (FIE), 2017.
94. VISC Vadlīnijas mācību satura plānošanai un īstenošanai Covid-19 izplatības laikā. 2021, pieejams <https://www.visc.gov.lv/lv/media/19005/download>.
95. Wieling, M. B., & Hofman, W. H. A. (2010). *The impact of online video lecture recordings and automated feedback on student performance*. Computers & Education, 54(4), 992–998. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.002>.
96. Weber Ernst A. (1980). *Vision, Composition and Photography*. Walter De Gruyter Inc.
97. web.hc.lv, 2008.
98. Whatley, Janice & Ahmad, Amrey. (2007). *Using Video to Record Summary Lectures to Aid Students' Revision*. Interdiscip J Knowl Learn Objects. 3. 10.28945/393.
99. Wiese, C., & Newton, G. (2013). *Use of lecture capture in undergraduate biological science education*. The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 4(2).
100. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Hamming_code.
101. Wistia. *Does length matter? It does for video!*, Sept. 2013. Available from Internet <http://wistia.com/blog/does-length-matter-it-does-for-video>.
102. Williams, J. R. *Guidelines for the use of multimedia in instruction*. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 42, 20, 1998, 1447–1451.
103. Werner, J. S., Scheffrin, B. E., Bradley (2010). *A Optics and Vision of the Aging Eye*. In Editor in Chief M. Bass. Handbook of Optics, vol. III. *Vision and Vision Optics* (pp.14.1.–14.38.). New York etc.: McGraw Hill Companies, Inc.
104. Xuguang Zhang, X. S. (2019). *Crowd panic state detection using entropy of the distribution*. Elsevier.

105. Yeou, Mohamed (2016). *An Investigation of Students Acceptance of Moodle in a Blended Learning Setting Using Technology Acceptance Model*. Journal of Educational Technology Systems. 44. 300-318. 10.1177/0047239515618464.
106. Zjuko, A. G., Korobov, Y. F. (1972). *Teorija peredachi signalov*. Moskva : Svjaz.

Pielikumi

1. pielikums

Izmantotā programma

```
<!DOCTYPE Doctype goes here>
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1257"/>
<title>Variācijas</title>
</head>
<body>
<?php
include($_SERVER['DOCUMENT_ROOT'].'/class/class.DB.php');
$GLOBALS['db']=NEW DB; // Datu apstrade un saglabasana datu baazee
    if (isset($_POST['pievienot'])){ //samainam lielos burtus pret maziem, atstarpes pret
    _ un izdzeesam pieturziimes
        $text=trim($_POST['text']);
        $text=str_replace(",","",$text);
        $text=str_replace(".",","",$text);
        $text=str_replace(":",","",$text);
        $text=str_replace(";","",$text);
        $text=str_replace("'",","",$text);
        $text=str_replace("","",$text);
        $text=str_replace("","",$text);
        $text=str_replace("","",$text);
        $text=str_replace(" ","_",$text);
        $text=str_replace("A","a",$text);
        $text=str_replace("Ā","ā",$text);
        $text=str_replace("B","b",$text);
        $text=str_replace("C","c",$text);
        $text=str_replace("Č","č",$text);
        $text=str_replace("D","d",$text);
        $text=str_replace("E","e",$text);
        $text=str_replace("Ē","ē",$text);
        $text=str_replace("F","f",$text);
        $text=str_replace("G","g",$text);
        $text=str_replace("Ģ","ģ",$text);
```

```

$text=str_replace("H","h",$text);
$text=str_replace("I","i",$text);
$text=str_replace("Ī","ī",$text);
$text=str_replace("J","j",$text);
$text=str_replace("K","k",$text);
$text=str_replace("Ķ","ķ",$text);
$text=str_replace("L","l",$text);
$text=str_replace("Ļ","ļ",$text);
$text=str_replace("M","m",$text);
$text=str_replace("N","n",$text);
$text=str_replace("Ņ","ņ",$text);
$text=str_replace("O","o",$text);
$text=str_replace("P","p",$text);
$text=str_replace("R","r",$text);
$text=str_replace("S","s",$text);
$text=str_replace("Š","š",$text);
$text=str_replace("T","t",$text);
$text=str_replace("U","u",$text);
$text=str_replace("Ū","ū",$text);
$text=str_replace("V","v",$text);
$text=str_replace("Z","z",$text);
$text=str_replace("Ž","ž",$text);
$skaits2=strlen($text)-1;
$skaits1=strlen($text); // BEIGAS - samainam lielos burtus pret
maziem, atstarpes pret _ un izdzeesam pieturziimes
$GLOBALS['db']->query('DELETE FROM kat_e '); // saglabajam datu baazee
apstraadaajamo tekstu
$GLOBALS['db']->query('INSERT INTO kat_e (text) VALUES ( ".$text." ');
// izdzesam veicos datus no ieprieksejiem tekstiem
$GLOBALS['db']->query('DELETE FROM kat_2 ');
$GLOBALS['db']->query('DELETE FROM kat_1 ');
$GLOBALS['db']->query('DELETE FROM kat_3 ');
// SALIEKAM KOMBINACIJAS PA 2
for ($i = 0; $i <= $skaits2; $i++) {
    $kombinacija = mb_substr ( $text, $i, 2);
    $komb_sk=strlen(trim($kombinacija));
    if ($komb_sk==2){
        $ir_jau=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT id
FROM kat_2 WHERE BINARY var=".'.$kombinacija.' ');

```

```

        if (isset($sir_jau) and $sir_jau!=null){
            $GLOBALS['db']->query('UPDATE kat_2 SET
skaits=skaits+1 WHERE id='.$sir_jau);
        }else{
            $GLOBALS['db']->query('INSERT INTO kat_2
(var) VALUES (".$kombinacija."));
        }
    }
} //kombinācijas pa 2 saliksana datu baazee beigas
//SALIEKAM BURUT SKAITU
for ($i = 0; $i <= $skaits1; $i++) {
    $kombinacija = mb_substr ( $text, $i, 1);
    $komb_sk=strlen(trim($kombinacija));
    if ($komb_sk==1){
        $sir_jau=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT id FROM
kat_1 WHERE BINARY var="".$kombinacija." ');
        if (isset($sir_jau) and $sir_jau!=null){
            $GLOBALS['db']->query('UPDATE kat_1 SET
skaits=skaits+1 WHERE id='.$sir_jau);
        }else{
            $GLOBALS['db']->query('INSERT INTO kat_1 (var)
VALUES (".$kombinacija."));
        }
    }
}
}
// BURTU SKAITA SAGLABASANAS DATU BAAZEE BEIGAS
ini_set("memory_limit","200M");
$skaits3=strlen($text)-2;
//SALIEKAM 3 BURTU KOMBINACIJAS
for ($i = 0; $i <= $skaits3; $i++) {
    $kombinacija = mb_substr ( $text, $i, 3);
    $komb_sk=strlen(trim($kombinacija));
    if ($komb_sk==3){
        $sir_jau=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT id FROM
kat_3 WHERE BINARY var="".$kombinacija." ');
        if (isset($sir_jau) and $sir_jau!=null){
            $GLOBALS['db']->query('UPDATE kat_3 SET
skaits=skaits+1 WHERE id='.$sir_jau);
        }else{

```

```

                                $GLOBALS['db']->query('INSERT INTO kat_3 (var
VALUES (".$kombinacija."));
                                }
                                }
                                }
// saliekam 3 burutu kombinacijas beigas
//Aprekinam h1 un saglabajam datum baze
$pa1=$GLOBALS['db']->query('SELECT * FROM kat_1 order by skaits desc ');
    if ($pa1!=null){
        foreach ($pa1 as $a){
            $h1=($a->skaits/$skaits1)*log((1/($a->skaits/$skaits1)),2);
            $GLOBALS['db']->query('UPDATE kat_1 SET h1=".$h1.'" WHERE
BINARY var=".$a->var."');
        }
    }
//aprekinina h1 un saglabasanas beigas
$teksts=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT text FROM kat_e');
//simbolu skaits teksta
$skaits1=strlen($teksts);
    // Aprekinam h2 un saglabajam datu baze
$h2=0;
$pa2=$GLOBALS['db']->query('SELECT * FROM kat_2 order by skaits desc ');
    if ($pa2!=null){
        $ij=1;
        foreach ($pa2 as $a){
            $pirmais_burts=substr($a->var, 0,1);
            $otrais_burts=substr($a->var, 1);
            $pirmais_skaits=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT skaits FROM kat_1
WHERE BINARY var=".$pirmais_burts.'" ');
            $otrais_skaits=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT skaits FROM kat_1
WHERE BINARY var=".$otrais_burts.'" ');
            $h2=$otrais_skaits/$skaits1*$a->skaits/$otrais_skaits*log(($pirmais_skaits/$a-
>skaits),2);
            $GLOBALS['db']->query('UPDATE kat_2 SET h2=".$h2.'" WHERE BINARY
var=".$a->var."');
            $ij++;
        }
    }
// h2 aprekinasas un saglabasanas beigas

```

```

// aprekinam h3 un sagalbajam to datu baazee
$h3=0;
$pa3=$GLOBALS['db']->query('SELECT * FROM kat_3 order by skaits desc ');
if ($pa3!=null){
    foreach ($pa3 as $a){
        $pedejais_burts=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT skaits FROM kat_1
WHERE BINARY var="'.substr($a->var, -1)."' ');
        $videjais_burts=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT skaits FROM kat_1
WHERE BINARY var="'.substr($a->var, -2, 1)."' ');
        $otrais_paris=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT skaits FROM kat_2
WHERE BINARY var="'.substr($a->var, -2)."' ');
        $pirmais_paris=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT skaits FROM kat_2
WHERE BINARY var="'.substr($a->var, 1)."' ');
        $p=1/($a->skaits/$pirmais_paris);
        $h3=($pedejais_burts/$skaits1)*($otrais_paris/$pedejais_burts)*($a-
>skaits/$pirmais_paris)*log($p,2);
        $GLOBALS['db']->query('UPDATE kat_3 SET h3="'. $h3.'" WHERE BINARY
var="'. $a->var.'"');
    }
}
//h3 aprekinasanas un saglabasanas beigas
}
//datu saglabasanas un apstrades beigas
//APSTRADATO DATU IZVADISANA UZ EKRANA
$steksts=$GLOBALS['db']->query_value('SELECT text FROM kat_e');
//izvadam apstradajamo tekstu
echo $steksts;
echo '<Br /><br />simbolu skaits-' .strlen($steksts). '<br /><br />';
echo '<table><tr><td><b>Pa divi</b></td><td><b>Pa tris</b></td><td><b>Pa
viens</b></td></tr>';
echo '<tr><td valign="top">';
// divu burtu kombinaciju izvade un h2
$pa2=$GLOBALS['db']->query('SELECT * FROM kat_2 order by skaits desc ');
if ($pa2!=null){
    foreach ($pa2 as $a){
        echo $a->var.' = '. $a->skaits.' = '. $a->h2.' <br />';
    }
}
// divu burtu kombinaciju izvades beigas

```

```

ini_set("memory_limit","200M");
echo '</td><td valign="top">';
// izvadam 3 burtu kombinacijas un h3
$pa2=$GLOBALS['db']->query('SELECT * FROM kat_3 order by skaits desc ');
    if ($pa2!=null){
        foreach ($pa2 as $a){
            echo $a->var.'='.$a->skaits.'='.$a->h3.'<br />';
            //echo $a->h3.'<br />';
        }
    }
    // beigas 3 burut kombinaciju izvadei
ini_set("memory_limit","200M");
echo '</td><td valign="top">';
//IZVADAM ara visus burtus un to skaitu un h1
$pa2=$GLOBALS['db']->query('SELECT * FROM kat_1 order by skaits desc ');
    if ($pa2!=null){
        foreach ($pa2 as $a){
            echo $a->var.'='.$a->skaits.'='.$a->h1.' <br />';
        }
    }
    // beidzam izvadit visu burtu skaitu un h1 katram burtam
ini_set("memory_limit","200M");
echo '</td></tr></table>';
echo '<Br><br /><br />';
echo '<b>H1= </b>'. $GLOBALS['db']->query_value('select sum(h1) FROM kat_1');
echo '<br />';
echo '<b>H2= </b>'. $GLOBALS['db']->query_value('select sum(h2) FROM kat_2');
echo '<br /><br />';
echo '<b>H3= </b>'. $GLOBALS['db']->query_value('select sum(h3) FROM kat_3');
//APSTRADATO DATU IZVADISANA UZ EKRANA BEIGAS
?>
<!-- Datu pievienosanas forma -->
<form action="" method="POST">
<textarea name="text" rows="10" cols="40"></textarea>
<br />
<input type="submit" name="pievienot" value="Pievienot" />
</form>
</body>
</html>

```

2. pielikums

Izmantotie teksti

Izglītības likums

pants Izglītības sistēmas finansēšanas avoti

Valsts izglītības iestādes finansē no valsts budžeta saskaņā ar gadskārtējo valsts budžeta likumu

Pašvaldību izglītības iestādes finansē no pašvaldību budžetiem Valsts piedalās pašvaldību izglītības iestāžu finansēšanā šajā likumā paredzētajos gadījumos

Privātās izglītības iestādes finansē to dibinātāji Valsts un pašvaldības piedalās privāto izglītības iestāžu finansēšanā atbilstoši Ministru kabineta noteikumiem par izglītības programmu

īstenošanas izmaksu minimumu uz vienu izglītojamo, ja šajās izglītības iestādēs tiek īstenotas akreditētas pamatzglītības un vispārējās vidējās izglītības programmas

Speciālās izglītības iestādes, kā arī speciālās izglītības klases un grupas vispārējās izglītības iestādēs finansē no valsts budžeta Ministru kabineta noteiktajā kārtībā

Izglītības iestādes var saņemt papildu finanšu līdzekļus:

ziedojumu un dāvinājumu veidā; sniedzot maksas pakalpojumus iestādes nolikumā vai satversmē noteiktajos gadījumos; no citiem ieņēmumiem

Izglītības atbalsta iestādes finansē to dibinātāji

Ar grozījumiem, kas izdarīti ar, un likumu un Satversmes tiesas spriedumu, kas stājas spēkā pants Izglītības iestāžu finansēšanas kārtība

Izglītības iestāžu dibinātāji nodrošina šo iestāžu finansējumu, ievērojot:

Ministru kabineta noteikto izglītības programmu īstenošanas izmaksu minimumu uz vienu izglītojamo;

izglītības iestāžu uzturēšanas un saimnieciskos izdevumus, tai skaitā saimnieciskā personāla darba algas, kā arī ar starptautisko sadarbību saistītos izdevumus;

izglītojamo uzturēšanas izdevumus izglītības iestādē

Atsevišķās administratīvajās teritorijās Ministru kabinets var noteikt atšķirīgas izglītības programmu īstenošanas izmaksas uz vienu izglītojamo

Izglītības iestādē īstenojamo izglītības programmu izmaksas ietver izdevumus, kas nepieciešami izglītības programmas īstenošanā iesaistīto pedagogu darba samaksai, izglītības iestādes nodrošināšanai ar mācību līdzekļiem, tās saimnieciskajiem izdevumiem, kā arī citiem

nepieciešamajiem izdevumiem Pedagogu darba samaksa valsts vai pašvaldību izglītības iestādēs, tajā skaitā piecgadīgo un sešgadīgo bērnu apmācībai, tiek nodrošināta no valsts budžeta

līdzekļiem un valsts budžeta mērķdotācijām Pašvaldību pārējo pirmsskolas izglītības iestāžu pedagogu darba samaksa tiek nodrošināta no pašvaldību budžetiem Mācību līdzekļu

sagatavošana un izdošana saskaņā ar valsts izglītības standartiem tiek finansēta ikgadējā valsts

budžetā piešķirto līdzekļu apmērā

Ja izglītības iestāde īsteno vairākas izglītības programmas, finanšu līdzekļi tiek plānoti katrai izglītības programmai atbilstoši tās īstenošanas izmaksām Vienā izglītības iestādē var īstenot vairākas izglītības programmas, un tās var finansēt no dažādiem avotiem — no valsts, pašvaldību, kā arī citu juridisko un fizisko personu līdzekļiem

Valsts budžeta un pašvaldību budžetu asignējumi izglītības iestāžu darbībai plānojami saskaņā ar izglītības iestāžu iesniegtajiem izdevumu tāmju projektiem budžeta pieprasījumiem Valsts izglītības pārvaldes institūcijas un attiecīgās pašvaldības attiecībā uz pašvaldību budžetu asignējumiem apstiprina izglītības iestādes izdevumu tāmi pēc valsts budžeta un pašvaldību budžetu apstiprināšanas Nosakot gadskārtējos valsts budžeta un pašvaldību budžetu asignējumus, jāievēro inflācijas koeficients iepriekšējā budžeta gadā

Izglītības iestāžu saimnieciskās darbības un to sniegto pakalpojumu rezultātā gūtie ienākumi, kā arī citi pašu ieņēmumi neietekmē valsts budžeta un pašvaldību budžetu gadskārtējo asignējumu apmēru

Šā likuma panta ceturtajā daļā minētie finanšu līdzekļi ieskaitāmi attiecīgās izglītības iestādes speciālā budžeta kontā un izmantojami tikai:

izglītības iestādes attīstībai;

mācību līdzekļu iegādei;

iestādes aprīkojuma iegādei;

pedagogu un izglītojamo materiālajai stimulēšanai

Ar grozījumiem, kas izdarīti ar ... un likumu, kas stājas spēkā

pants Izglītības inovācijas fonds

Izglītības sistēmas atbalstam tiek radīts Izglītības inovācijas fonds, ko veido valsts budžeta līdzekļi ikgadējā valsts budžetā noteiktajā apmērā, Latvijas un ārvalstu juridisko vai fizisko personu ieguldījumi, dāvinājumi, ziedojumi un citi līdzekļi Izglītības inovācijas fonda darbību regulē īpašs likums

likuma redakcijā, kas stājas spēkā

pants Izglītības iestāžu un izglītības atbalsta iestāžu materiālie līdzekļi

Izglītības iestāžu un izglītības atbalsta iestāžu materiālie līdzekļi ir to īpašumā, pārvaldīšanā vai lietošanā esošā nekustamā un kustamā manta Ja valsts izglītības iestāde, izņemot valsts augstskolas, izvietota valsts nekustamajā īpašumā, šis īpašums reģistrējams zemesgrāmatā uz valsts vārda Izglītības un zinātnes ministrijas personā Valsts augstskolu pārvaldīšanā n o dotais valsts īpašums reģistrējams uz valsts vārda attiecīgās augstskolas personā

Izglītības iestāžu manta tiek veidota atbilstoši tajās īstenojamo izglītības programmu prasībām un izmantota izglītības programmu īstenošanai un izglītības iestāžu uzturēšanai

Darba likums

pants Darba tiesisko attiecību tiesiskais regulējums

Darba tiesiskās attiecības regulē Latvijas Republikas Satversme, Latvijai saistošās starptautisko tiesību normas, šis likums un citi normatīvie akti, kā arī darba koplīgums un darba kārtības noteikumi

pants Darba tiesiskās attiecības regulējošo likumu spēks attiecībā uz personām

Šis likums un citi normatīvie akti, kas regulē darba tiesiskās attiecības, ir saistoši visiem darba devējiem neatkarīgi no to tiesiskā statusa un darbiniekiem, ja darba devēju un darbinieku savstarpējās tiesiskās attiecības dibinātas uz darba līguma pamata

pants Darbinieks

Darbinieks ir fiziskā persona, kas uz darba līguma pamata par nolīgto darba samaksu veic noteiktu darbu darba devēja vadībā

pants Darba devējs

Darba devējs ir fiziskā vai juridiskā persona vai arī tiesībspējīga personālsabiedrība, kas uz darba līguma pamata nodarbina vismaz vienu darbinieku

pants Uzņēmums

Uzņēmums šā likuma izpratnē ir jebkura organizatoriska vienība, kurā darba devējs nodarbina savus darbiniekus

pants Darbinieka tiesisko stāvokli pasliktinošu noteikumu spēkā neesamība

Nav spēkā darba koplīguma, darba kārtības noteikumu, kā arī darba līguma un darba devēja rīkojumu noteikumi, kas pretēji normatīvajiem aktiem pasliktina darbinieka tiesisko stāvokli

Nav spēkā darba līguma noteikumi, kas pretēji darba koplīgumam pasliktina darbinieka tiesisko stāvokli

pants Vienlīdzīgu tiesību princips

Ikvienam ir vienlīdzīgas tiesības uz darbu, taisnīgiem, drošiem un veselībai nekaitīgiem darba apstākļiem, kā arī uz taisnīgu darba samaksu

Šā panta pirmajā daļā paredzētās tiesības nodrošināmas bez jebkādas tiešas vai netiešas diskriminācijas — neatkarīgi no personas rases, ādas krāsas, dzimuma, vecuma, invaliditātes, reliģiskās, politiskās vai citas pārliecības, nacionālās vai sociālās izcelsmes, mantiskā vai ģimenes stāvokļa, seksuālās orientācijas vai citiem apstākļiem

Lai veicinātu vienlīdzīgu tiesību principa ieviešanu attiecībā uz invalīdiem, darba devēja pienākums ir veikt pasākumus, kas atbilstoši apstākļiem nepieciešami, lai pielāgotu darba vidi, sekmētu invalīdu iespējas nodibināt darba tiesiskās attiecības, pildīt darba pienākumus, tikt paaugstinātiem amatā vai nosūtītiem uz profesionālo apmācību vai kvalifikācijas paaugstināšanu, ciktāl šādi pasākumi neuzliek darba devējam nesamērīgu slogu

Ar grozījumiem, kas izdarīti ar un likumu, kas stājas spēkā no

pants Tiesības apvienoties organizācijās

Darbiniekiem, kā arī darba devējiem ir tiesības brīvi, bez jebkādas tiesas vai netiesas diskriminācijas saistībā ar kādu no šā likuma panta otrajā daļā minētajiem apstākļiem apvienoties organizācijās un iestāties tajās, lai aizstāvētu savas sociālās, ekonomiskās un profesionālās tiesības un intereses

Darbinieka piederība pie šā panta pirmajā daļā minētajām organizācijām vai darbinieka vēlme iestāties tajās nevar būt par pamatu atteikumam noslēgt darba līgumu, darba līguma uzteikumam vai citādi darbinieka tiesību ierobežošanai

Ar grozījumiem, kas izdarīti ar likumu, kas stājas spēkā no

pants Aizliegums radīt nelabvēlīgas sekas

Aizliegts sodīt darbinieku vai citādi tieši vai netieši radīt viņam nelabvēlīgas sekas tāpēc, ka darbinieks darba tiesisko attiecību ietvaros pieļaujamā veidā izmanto savas tiesības, kā arī tad, ja viņš informē kompetentās iestādes vai amatpersonas par aizdomām par noziedzīga nodarījuma vai administratīva pārkāpuma izdarīšanu darbavietā

Ja strīda gadījumā darbinieks norāda uz apstākļiem, kas varētu būt par pamatu darba devēja radītajām nelabvēlīgajām sekām, darba devējam ir pienākums pierādīt, ka darbinieks nav sodīts vai viņam nav tieši vai netieši radītas nelabvēlīgas sekas tāpēc, ka darbinieks darba tiesisko attiecību ietvaros pieļaujamā veidā izmanto savas tiesības

Ar grozījumiem, kas izdarīti ar un likumu, kas stājas spēkā no
nodaļa

Darbinieku pārstāvības vispārīgie noteikumi

pants Darbinieku pārstāvība

Darbinieki savu sociālo, ekonomisko un profesionālo tiesību un interešu aizstāvību īsteno tieši vai ar darbinieku pārstāvju starpniecību Darbinieku pārstāvji šā likuma izpratnē ir: darbinieku arodbiedrība, kuras vārdā rīkojas tās statūtos pilnvarota arodbiedrības institūcija vai amatpersona;

darbinieku pilnvaroti pārstāvji, kuri ievēlēti saskaņā ar šā panta otro daļu

Darbinieku pilnvarotus pārstāvjus var ievēlēt, ja uzņēmumā nodarbināti pieci vai vairāki darbinieki Darbinieku pilnvarotus pārstāvjus uz noteiktu pilnvaru termiņu ar klātesošo vienkāršu balsu vairākumu ievēlē sapulcē, kurā piedalās vismaz puse no attiecīgā darba devēja uzņēmumā nodarbinātajiem darbiniekiem Sapulces gaitu protokolē un pieņemtos lēmumus ieraksta protokolā Darbinieku pilnvaroti pārstāvji pauž vienotu viedokli attiecībā uz darba devēju

Ja ir vairākas darbinieku arodbiedrības, tās kopīgām sarunām ar darba devēju pilnvaro savus pārstāvjus proporcionāli katras arodbiedrības biedru skaitam, bet ne mazāk kā vienu pārstāvi katra Ja sarunām ar darba devēju izvirzīti vairāku arodbiedrību pārstāvji, viņi pauž vienotu viedokli

Meža likums

Atbildība par meža apsaimniekošanas un izmantošanas normatīvo aktu pārkāpumiem
pants

Par šā likuma un citu meža apsaimniekošanu un izmantošanu regulējošo normatīvo aktu pārkāpšanu personas saucamas pie normatīvajos aktos noteiktās atbildības

Personu saukšana pie administratīvās vai kriminālās atbildības neatbrīvo šīs personas no pienākuma atlīdzināt normatīvo aktu pārkāpumu rezultātā nodarītos zaudējumus

Ja zaudējumus nodarījis meža īpašnieks vai tiesiskais valdītājs, pārkāpjot šo likumu un citus meža apsaimniekošanu un izmantošanu regulējošos normatīvos aktus, Valsts meža dienests piedzen zaudējumu atlīdzību par labu valstij

Zaudējumu noteikšanas kārtību reglamentē Ministru kabinets

Pārejas noteikumi

Ar šā likuma spēkā stāšanos spēku zaudē:

likums "Par meža apsaimniekošanu un izmantošanu" Latvijas Republikas Saeimas un Ministru Kabineta Ziņotājs, , nr; , , nr; , , nr; , , nr;

likums "Par valsts meža izmantošanu" Latvijas Republikas Saeimas un Ministru Kabineta Ziņotājs, , nr; , nr

Ministru kabinets:

līdz gada janvārim izdod šajā likumā minētos noteikumus;

līdz gada janvārim nodrošina Meža valsts reģistra izveidošanu

Līdz attiecīgo Ministru kabineta noteikumu pieņemšanai ir spēkā šādi Ministru kabineta noteikumi, ciktāl tie nav pretrunā ar šo likumu:

gada jūnija noteikumi nr "Par mežu ieskaitīšanu kategorijās un īpaši aizsargājamu meža iecirkņu izdalīšanu";

gada janvāra noteikumi nr "Meža atjaunošanas noteikumi";

gada marta noteikumi nr "Meža apsaimniekošanas un izmantošanas sanitārie noteikumi";

gada aprīļa noteikumi nr "Noteikumi par īpaši aizsargājama meža iecirkņa "Ziemassvētku kauju vietas" izveidošanu";

gada jūlija noteikumi nr "Noteikumi par materiālo atbildību par meža apsaimniekošanas un izmantošanas noteikumu pārkāpumiem";

gada augusta noteikumi nr "Noteikumi par zaudējumu atlīdzināšanu mežsaimniecībai sakarā ar meža zemes transformēšanu vai kvalitātes pasliktināšanos";

gada augusta noteikumi nr "Valsts mežierīcības organizācijas kārtība";

gada augusta noteikumi nr "Meža monitoringa organizācijas kārtība";

gada decembra noteikumi nr "Galvenās cirtes noteikumi";

gada decembra noteikumi nr "Starpcirtes noteikumi";

gada novembra noteikumi nr "Meža fondā neietilpstošo koku un krūmu ciršanas noteikumi"

Līdz Meža valsts reģistra izveidošanai attiecīgās informācijas sistēmas funkcijas pilda datu bāze "Meža fonds"

Šā likuma panta pirmās daļas punkts stājas spēkā gada janvārī

Šā likuma panta otrās daļas punkts stājas spēkā gada janvārī

Šā likuma panta trešā daļa un panta otrā daļa attiecībā uz valsts mežiem stājas spēkā gada janvārī

Līdz tam izmantojama aktualizētajā datu bāzē "Meža fonds" esošā meža inventarizācijas informācija

Meža apsaimniekošanas projekti, kas izstrādāti pirms šā likuma stāšanās spēkā, uzskatāmi par meža apsaimniekošanas plāniem šā likuma izpratnē Meža inventarizācijas informācija, kas iekļauta iepriekš minētajos meža apsaimniekošanas projektos, atzīstama par meža inventarizācijas informāciju šā likuma izpratnē un ir derīga līdz attiecīgo meža apsaimniekošanas projektu derīguma termiņa beigām

Ministru kabinets ne vēlāk kā līdz gada jūnijam izdod noteikumus, kuros reglamentē šā likuma panta piektajā daļā minēto valsts meža zemes atsavināšanas kārtību

likuma redakcijā, kas stājas spēkā

Šā likuma panta ceturtais daļas punkts stājas spēkā gada janvārī

likuma redakcijā, kas stājas spēkā

Šā likuma panta piektajā daļā minētos noteikumus Ministru kabinets izdod līdz gada jūnijam

likuma redakcijā, kas stājas spēkā

Ja meža īpašums vai tiesiskais valdījums atrodas Gaujas, Slīteres vai Ķemeru nacionālā parka vai arī Teiču, Krustkalnu, Grīņu vai Moricsalas dabas rezervāta teritorijā, šā likuma panta pirmajā daļā minētie apliecinājumi saņemami attiecīgās teritorijas administrācijā līdz gada decembrim Ar grozījumiem, kas izdarīti ar likumu, kas stājas spēkā

Gaujas, Slīteres un Ķemeru nacionālā parka un Teiču dabas rezervāta administrācija gadā katru mēnesi līdz piektajam datumam elektroniskā veidā iesniedz Valsts meža dienestam informāciju par iepriekšējā mēnesī saņemtajiem pieteikumiem un izsniegtajiem apliecinājumiem Šā likuma panta pirmajā daļā minēto apliecinājumu veidlapas attiecīgā administrācija saņem no Valsts meža dienesta līdz gada decembrim

Pašvaldībai ir tiesības pieņemt lēmumu par atteikumu nodot privatizācijai vai atsavināšanai tai piekrītošo vai piederošo meža zemi Valsts un pašvaldību īpašuma privatizācijas un privatizācijas sertifikātu izmantošanas pabeigšanas likumā noteiktajos gadījumos, kā arī gadījumos, kad meža zeme nepieciešama rekreācijas vajadzībām. Ministru kabinets nosaka kārtību, kādā valsts meža zeme atsavināma šā panta ceturtais daļas 2. punktā minēto pašvaldības autonomo funkciju veikšanai. Šī zeme nav tālāk atsavināma citām personām vai nododama privatizācijai, kā arī nav apgrūtināma ar lietu tiesībām. Šā panta ceturtais daļas 3. punktā minētā zeme privatizējama vai atsavināma Valsts un pašvaldību īpašuma privatizācijas un privatizācijas sertifikātu izmantošanas pabeigšanas likumā noteiktajā kārtībā.

Rainis "Tālas noskaņas zilā vakarā"

CILVĒKS UN SĀPES

Cilvēka dvēsele, nabaga dvēsele,
Kur tev būt līdzī bezgala dabai?
Sāpēs un cīnīs, un graužošās šaubās
Tu esi saplēsta, nabaga dvēsele.

DZIĻĀKĀS DOMAS

Dziļākās domas
Smadzenes izvaid
Bezveida murgos,
Kvēlošās jausmās;
Domas tik plašas,
Tirdošas; smagas,
Itin kā liktens
Dzelžainā vara.
Nekāda prieka
Domāt šīs domas,
Bēgtu – kur bēgsi?
Tver, glauž un samīn.

PATS

Priekš citiem darbodamies, attīsti
Pats savus spēkus negurstošā karā –
Un mūžīgs darba lauks būs tavā varā
Un mūžam jaunots spēks un ieroči.
Bet sargies būt kā nabadzīgie garā,
Kas, sevi projām sviežot, laimīgi –
Uz tevi spļaus un samīs tevi barā.
Pats cīnies, palīdz, domā, spried un sver,
Pats esi kungs, pats laimei durvis ver.

CIETA SIRDS

Tev sirds ir pilna rūgtām asarām,
Kā rudens lietus piemirkusi pļava;
Tās krājas tur kopš bērnu rotaļām
Un rit, un rit, un gala viņām nava:

Kas raudot sirdi atraisa no tām,
Tam labi, – viņam lāga vīra slava:
“Viņš atklāts, jūtīgs svešām žēlabām!”
Tev neplūst asaras, bet pilns jau mērs, –
Lej as'ras barā – dzels kā ģifts un sērs!

PAZUDUŠAIS DĒLS

Līst lieti, vēji pūš, un vakars vēls:
Viņš vienās skrandās ģērpts un basām kājām.
Jūs domājat, ka pazudušais dēls
Nāk sagrauzts atpakaļ uz tēva mājām?
Bet vai jūs neredzat, ka viņa tēls
Ir lepni nesalauzts, ap viņa vājām
Un kušlām miesām skrandains purpurkvēls?
Nē, nenāk viņš, lai jūgā plecus liektu, –
Viņš nāk kā tiesātājs, lai jūs iz tempļa triektu.

SAIMNIECISKAS PAMATMĀCĪBAS

Taupi katru kapeiciņu,
Pēcāk būs tev simtiem rubļu:
Taupi ēdot, taupi dzerot,
Dzīvo mitrās pagrabtelpās,
Ja vēl tad nav simtiem rubļu,
Droši būs tev – agra nāve.
Taupi katru kapeiciņu,
Taupi ēdot, taupi dzerot,
Bet tik saprot' mani labi:
Taupi tik no svešas mutes,
Tad vis tukšā nepaliksi,
Daudz būs naudas, vairāk – grēku.

CAURA MUCA

Tu visu mūžu dien kas dien
Bez atpūtas, aizelsdams skrien:
Nest ūdeni ar retu sietu,
Lai caurā mucā viņu lietu.
Kā muca tev lai pilna kļūst,
Uz kaimiņu viss ūdens plūst;

No viņa aizņemta muca un siets.
Tu savās mājās viņa iebūviets.

UBAGU DZIESMA

Liku muguru
Apkārt klaidot,
Dāvanu lūgties,
Gaužot un vaidot –
Zemāka liktens
Vairs pasaulē nava:
Lūgties tā paša,
Kas tevi kāva!
Kas tev atņēma
Tavu tiesu,
Kas tev nospieda
Garu un miesu!
Lūgties, lai dzīvību
Brīdi vēl vilktu,
Nabaga gaita
Par sprīdi vēl ilgtu!
Pirmdzimtas tiesības
Atļaut sev laupīt,
Lēcas virumu
Saudzēt un taupīt:
Mīrēji ļaudis,
Mūžīgie nelgas,
Nu jums no asarām
Acis ir valgas.
Raudat sev, raudat, –
Kas glēvos ies žēlot? –
Cīnīties, krist,
Ļaut sirdij kvēlot!

FILISTRIS

Brīnums, cik drīzi,
Brīnums, cik ātri –
Vien divos gados
Filistris tiki:

Nedz brīvi smieklī,
Nedz skaļa runa,
Vispārīgs spriedums,
Atgremu domas,
Nopietnas ūsas,
Prātīgas lūpas,
Deguns miermīlīgs,
Pamatīgs vēders!
Cienība svārku
Sīkākā kroķītē,
Līdz kurpju galiņiem:
Krietn-krietnis tautiet' s!
Jaunais tavš princips:
"Visur pa godam,
Lēnām, ar apdomu
Veikala lietās!
Nevar ar pieri
Triekties pret mūriem...
Dieva liktas valdības
Pamatus šķobīt."
Aiz viņiem kalniem
Pārdrošais neprāts,
Degošās asinis
Dzesētas – alū...
Brīnums, cik drīzi
Ikdienas dzīve
Pāri tev gājusi
Smagiem soļiem!

TĒVIJAS MĪLĒTĀJI

Kas mīlē tēvijū, tiem ir savs kakts,
Kur lietū patverties un nolikt galvu;
Tiem miera prāts un maizes rieks par balvu,
Tie maz ko bēdā, lai visapkārt nakts.
Bet vai! par tiem, kas straujāk slēdz to sirdī, –
Tie liktens āmuram ir smēdes lakts,
Tos tēvuzemes sāpes kaļot tirdī –
Bez poēzijas piekaļ tos pie cietas
Pie tēvzem-sienas, rokas top tiem sietas.

PRĀTĪGA RĪCĪBA

Es dzirdu, dzirdu: – tagad jau gan
Jūs saprotot, ko dziesma skan,
Ko dziesma skan, ko zvani zvan, –
Bet cik tas palīdz jums, cik man?
Jau pirmais pārsteigums pārskrējis,
Dažs labs pie jaunā puspieradis;
Viens otrs vārdiņš pie sirds arī ies:
“Nudien, tas brangi. tur teikts, paties!”
Un paslepšus dažs vēl piebildīs:
“Es cerēju pats to, kaut ne tik drīz.”
Jā, cits pat atklāti teiks: “Nekas,
Bet jāšargās, ak, kā jāšargās!
Tā lieta par strauji maķenīt –
Vai tā nu ir jāuztraucas tūlīt?
Ar galvu jau nevar caur sienu skriet,
Ir taču jāpaciešas mazliet.
Un kas nu tūdaļ pie sirds tā ņems,
Gan liktens labākas dienas tiem lems;
Ar joni jau nepanāksat neko,
Vajaga mierā būt ar vismazāko;
No dieva puses, ar varu tik ne,
Tas pats sev kaitē, kas paģērē;
Un, kurš vēl top rupjš, kad tiesu tam liedz,
To atstās ikkurš, lai tad sev kliez!
Jo vienīgais ceļš tik ir gaidīt un lūgt,
Kurš laipni prot palūgt, kas tādām var trūkt?
Bet, kurš ir tiepša, lai pirkstos sev kož,
Kad kaimiņa rovītē cepeti ož.
Nu, cerēt, – to var, tas kaitē maz,
Ja cerības tikai nav aplamas.
I dzejā jau dažū saka, kas lieks.
Par jaunības dūšu mums slepeni prieks.
Bet dzīvē pārmērs un lepnība
Ir tie, kas karjeru izposta, –
Tad labāk ir desmitreiz muguru liekt,
Ne vienreiz par netaisnību kliegt.

Ar laipnību, lēni viss jāiesāk...”
– Jā, jā, līdz pat pļaukas panest māķ;
Lai spļauj tev acīs, tu noslauki vien,
Jo pilsonim pretī sist nepiedien!
– Es sen jau šo mācību dzirdēju,
To sauc par “prātīgu rīcību”.

A. Pumpurs "Lāčplēsis"

Zilajā debesu velvē,
Pērkona brīnišķā pili,
Kur mājo mūžīga gaisma,
Kur nemitas priecība jauka,
Sabrauca Baltijas dievi
Klausīties Likteņa tēvu,
Kurš baltas, nebaltas dienas
Gan nolēma raibajā mūžā.

Pērkona sirmajie zirgi
Stāvēja sedloti galmā:
Caur sedliem gaismiņa ausa,
Caur iemauktiem saulīte lēca.
Patrimpam kūlīšu rati,
Zeltoti stiebriņi spieķos;
Ar vaska dzelteniem zirgiem
Ir aizjūgti Patrimpa rati.

Pakola melnajie zirgi
Kaulainās kamanās jūgti,
No ribām balzoni, slieces
Un atzveltens, ilksis no stilbiem.
Antrimpam zvīnaiņi zirgi,
Zaļgani niedriņu rati;
No skaistiem gliemežu vākiem
Lokanais sēdeklis taisīts.

Līgo un Puškaitis abi
Sēdēja ziedaiņos ratos;
Ar ātriem spārnotiem zirgiem
Tie laidās caur varvīksnes vārtiem.
Dievu un Pērkona dēli
Pagalmā ieradās jāšus;
Tiem bija zeltoti sedli
Un iemaukti dimanta kalti.

Austra un Laima, un Tikla,

Daiļajās Saulītes meitas
Ar rožu vizuļu ratiem
Un spīdošiem kumeļiem brauca.
Daiļajās Saulītes meitas
Turēja zeltotus grožus;
Pār viņu celiņiem bira
Gan vizuļi sudraba, zelta!

Likteņtēvs mūžīgais, sirmais
Sēdēja dimanta klonā;
Pa labo Pērkons un Patrimps,
Pa kreisajo Pakols un Antrimps,
Tālāki Puškaitis, Līgo,
Dievu un Pērkona dēli;
Tad Austra, Laima un Tikla,
Un daiļajās Saulītes meitas.

Tad vēl pulks mazāko dievu
Ieņēma sapulcē vietas,
Jo visi labajie gari
Še varēja klausīties sanākt.
Likteņtēvs mūžīgais, sirmais
Pacēlās sēdeklī savā
Un vārdos tumšajos pauda
Viņš sapulcei lēmumu šādu:

“Aizmūžā notika brīnums!
Dzemdēja jaunava Gaisma,
Un varens dieva dēls nāca
Virš pasaules noliktā laikā!
Mācīja vareni, jauki
Cilvēkiem dievību atzīt
Un pašiem tikumos augstos
Kā dievībai līdzīgiem dzīvot.

Ļaunajie turējās pretim,
Pēdīgi nokāva viņu;
Bet pekle nespēja turēt
Pie sevīm to tumšajā varā:

Varenais cēlās no nāves,
Uzbrauca godībā augšām!
Tā vārds gan zināms jums visiem,
To pasaulē nosauca – Kristus.

Drīzumā mācības labās
Pieņēma pasaules tautas;
Tik žēl, ka cilvēki paši
Tās grozīja ļaunīgā prātā.
Nolemts ir Baltijā arī
Kristīgo ticību ievest,
Bet dieviem atļauts ir locīt
Pēc iegribas cilvēku prātu!”

Pērkons nu pacēlās, teikdams:
“Likteņa lēmumam nākas
Ir dieviem padoties pašiem;
Bet apsolos tomēr pie sevim
Apsargāt latviešu tautu.
Mācības atvēlu labas.
Nav Kristus mācība jauna,
Iz austruma pamati viņai.

Ticības nesējiem šeitān
Nolūki citādi priekšā:
Tie gribēs Baltijas zemi
Sev iekarot, kalpināt tautu.
Centieniem šādiem es būšu
Pretim un tādēļ, tik tiešām
Kā es tos akmeņus šķeļu
Un stiprākos ozolus spārdu,

Agri vai vēlākā laikā
Zibiņiem satriekšu visus,
Kas manu latviešu tautu
Še kalpināt, nospaidīt dzīsies!
Vasarā, Ziedonim nākot,
Auglīgu lietiņu došu,
Pa dienām tīrīšu gaisu

Un naksniņā uguni šķilšu;

Vienumēr tuvumā būšu
Dabā es latviešu tautai;
Tā dzirdēs Pērkona balsi
Un nezaudēs Pērkona vārdu!
Vēlēju arī jums citiem
Darīt šai priekšzīmei pakal
Ik katram savējā vietā
Un savējā noliktā kārtā!”

Patrimps nu pacēlies teica:
“Baltija maizītes zeme,
Bet zelta briedušas vārpas
Tik vienīgi latviešiem došu;
Latvieši Baltijas druvās
Bagātus pļāvumus savāks,
Bet svešajo arkli un griezes
Gan celmaņos līdumos lūzīs!”

Antrimps tad sacīja tālāk:
“Baltijas Baltajā jūrā,
Kur plosās Ziemeļa vēji
Un viruļo paslēptas radzes,
Svešajo naidnieku kuģus
Dragāšu Baltajā jūrā,
Līdz reizi Baltijas karogs
Ies, plivinās pasaules jūrās!”

Vēlāku Pakols tad teica:
“Peklē būs svešajiem vieta,
Bet latvju varoņu gari
Jo projām pa Baltiju lidos,
Ziemeļa blāzmā un baigos
Kaudamies, svešajos baidīs,
Bet, Veļos nākdami, svētīs
Tie latviešu īstajos dēlus!”

Kad šādā kārtībā visi

Pērkonam solīj'šies bija,
Tad Līgo pacēlās beidzot
Un sapulcē runāja šādi:
"Skaitos gan īsti pie dieviem
Mazākiem latviešu tautā,
Bet Likten's nolēmis manim
Pie tautības mīļāko vietu:

Uzturēt dziesmības garu
Tautiešiem visādos laikos
Un locīt, jūsmināt sirdis
Caur sērām un priecīgām dziesmām.
Līgo vārds nezudīs arī
Mūžīgi tautiešu mutē,
Ja vecā dievība šeitān
Ar citādi aizmirsta tiktu,

Tad tautas dailīgās dziesmās
Tiksiet jūs slavēti visi,
Tu, Pērkon, Laimiņa, Tikla
Un dievdēli, Saulītes meitas.
Šie vārdi, vareni dziesmās;
Vēlāki modinās tautu
No jauna gaismotā garā,
No jauna iet brīvības karā!"

Sapulce gāja uz beigām,
Dievi jau gribēja šķirties,
Kad Staburadzīte nāca
Un pēdīgi prasīja runāt;
Sacīja: "Nāku no mājām;
Nesdama dieviem par vēsti,
Kas šonakt gadījās manim
Pie atvara vecajiem vārtiem:

Sēdēju, vērpdama miglu,
Naktī uz Stabraga klintes;
Jau spole pietinās pilna
Un gaiļu laiks nebija tālu,

Te redzu lidojot gaisā
Jājošas raganas divas;
Uz līkiem ozola bluķiem
Tās laidās pār Daugavu pāri.

Piepeši nometa viņas
Atvarā jājamo bluķi;
Uz otra sēdušās abas,
Tās aizskrēja ātrumā projām.
Gribēju palūkot, zināt,
Kādēļ gan viņas tā dara,
Es laidos atvarā iekšā
Un ievilku bluķi pie sevis.

Bet kā es brīnījos, redzot
Caurajā viducī bluķī
It skaistu jaunekli guļot,
Kurš apreibis, apgībis bija;
Izvilku jaunekli bluķim,
Ienesu kristalu pilī,
Tam sausas apgērbu drēbes
Un ieliku gliemežu gultā.”

R. Blaumanis "Salna pavasarī"

Augšā – zilās debesis, zibošas mākoņu aitiņas un cīruļu nebeidzama trallināšana; lejā – spilgti zaļumi, balti ziedi, smarša daždažādā, naigas rokas un gaviles sirdīs. Naigas rokas, gaviles sirdīs: nezinu, vai pie visiem. Bet pie Vanagu Andra gan laikam tā bija. Jo lai gan saule tikai brokastlaiku vien vēl rādīja, tad tomēr lielais tūrums, lēzens paaugstinājums pļavas vidū, jau gandrīz līdz pusei bij uzarts, un puīša pietvīkušais ģimīs un kūpošais zirdziņš liecināja, ka šis darbs nebija noticis bez pūlēm. Nodzinis vagu līdz kuplam ievu krūmam, kas uz ežmaļa ziedos līgojās, viņš pieturēja pelēci, pacēla arklu, iegrūda lemešus sparīgi zemē un gāja, un nolaidās krūma pavēnī. Tik spēcīga bija saldendrūgtā smarša, ka tā Andram izlikās gandrīz vai nepatīkama. Viņš izvilka nazi, nogrieza zemu, kuplu zariņu un aizvēlās ar to no krūma drusku nost. Tad viņš noņēma cepuri, sāka jautri dungot un vija ziedus ap cepures loku.

Raidaidaida! Nopuškotā cepure uzskrēja gaisā, nokrita pļavas spilgtajā zaļumā, un puisis smējās. Muļķiskā cepure, tur tu guli un nezini, vai cīruļi dzied vai rudens aukas gaudo! Tralā, lalā, lulī! Tavu jauku laiciņu! Tavu jauku laiciņu – sirds vai kaut aiz prieka... Andrs atlaidās garšļauku, aizvēra acis, smīnēja un gulēja tā labu brīdi. Saulīte smīnēja pretim un skūpstīja puīša ziedošos vaigus, un susināja viņa valgo, balto pieri.

Pēdīgi viņš atkal pacēla galvu, atspieda to rokā un skatījās uz kalnu, aiz kura mājas skursteņa gals bija redzams. Plāns dūmu stabiņš rādīja, ka brokastīs būs kaut kas silts. Kas to gan nesīs uz leju? Viņa? Ak debestiņ, liec, lai viņa nāk un nevis Annule vai vecā Līze! Un puisis skatījās noņēmies uz kalnu un ieraudzīja tur pēc minūtu sešu septiņu ilgas gaidīšanas gaišrozā lakatiņu, tumšrozā jaku, baltu priekšautu un pelēkus brunčus. Viņa smaids tapa vēl jautrāks, un viņa acis pavādīja skuķi no kalna lejā, pār pļavu un nenovērsās no viņas, kad tā balto aizsaini nolika ievu krūmu ēnā.

Nāc nu ēst, viņa aicināja, stāvēja un svaidīja ģīmi ar ziedu ķemiem. Ā, ā, kas par spēcīgu... lai neizdziest, Andr. Ir putriņa ar gaļu. Un kar'peļi.

Nes šur, Andrs sacīja laipnā ķircinātāja balsī.

Ujā, sliņķi! Vai nu i piecelties vairs nevīžosi. Vai tad saulē labāk nekā šite?

Man tik tuvu tā smaka par stipru, puisis atbildēja, un meitene paņēma brokastu un nolika to Andram līdzās. Viņš tvēra pēc viņas rokas, bet veikli viņa izvairījās un aizlēca ar mazu lēcieni no viņa nost. Blēdi!

Puisis pasmējās gardi, atraisīja aizsaini un sāka ēst.

Vai tu pate neēdīsi?

Paēdu jau mājā.

Ak tā... Bet varēji tak vēl kādu kumosīņu... reizē ar mani. Esi tak jau atkal tādu gabaliņu gājuse.

Nē, nē.

Te ir tāds smuks liesumiņš. Tas skatās tā laipni uz tavu pusi. Par to tu gan vari apžēloties.

Lai nu paliek. Ēd vien pats.

Nu tad ej paņem manu cepuri.

Kur tad šī ir?... Ak tur! Vai kādam putnam esi pakaļ sviedis? Un appuškota! Tu tak sakies, tev tā smaka esot par stipru.

No visa krūma, bet ne no viena zieda... Par daudz: tad viņa ir rūgta. No viena zariņa: patīkama.

Tas tāpat kā ar tevi!

Kas? Ko – kā ar mani?

Redz, kad tā par daudz... par daudz ar mani lepojies, tad tu man esi rūgta, bet, kad tā drusciņ, tad tu man varen patīc.

Hm! Es šim patīkot... Še tava cepure.

Viņa sviēda to un sviēda tik veikli, ka tā Andram taisni uzkrīta uz galvas.

Nu, kā tas bij?

Andrs sagrozīja cepuri pareizi un tad pamāja, lai skuķis nosēstos.

Nāc nu, esi tik laba.

Meitene nolaidās uz ežmaļa, bet ne gluži tuvu pie Andra un skatījās viņā ar šķelmīgiem mirkļiem.

Nu es sēdu. Nu, kas nu būs? Kāpēc tu savu cepuri tā esi nopuškojis?

Kāpēc?... Puisis aplusa uz brīdi un tad sacīja drošā balsī: Tāpēc, ka pie Lienes iešu precībās.

Precībās? Pie Lienes? Pie kuras Lienes?

Pie tās pašas, kas tur ežmalā sēd.

Ujā, brāl! Vai šitā! skuķis iesaucās, ļoti gari vilkdams. Skat, kur drošība! Bet, ja nu tu izkrīti caur, brāl, – ko tad, brāl?

Par ko tad lai izkrītu? Vai tu domā, ka viņai nepatīktu?

Kas nu par nepatīkšanu, bet... bet... bet...

Nu, kas? Citi, labāki precinieki? Andrs drusku drebošā balsī viņu pārtrauca.

Ak, ko nu par citiem! Tu jau zini, ka precinieki ir gan. Bet tie... ko nu!... Bet viņai vēl negribas.

Esot vēl tik jauna, pūrs arī vēl neietaisīts, guldāmais deķis neausts...

Es būšu mierā i ar vecu zirgu segu, lai tik nāk vien.

Tu! To es ticu! Nezin ar ko visu tu nebūtu mierā. Bet tā tās lietas neiet. Visam vajaga savas ziņas.

Ak ziņas! Ej nu, Lien, tu mani ar savu ziņu vēl padarīsi traku! Nu, saki nu, - kādēļ tu pie manis nevari nākt?

Nesāc nu atkal gaudot. Tad es tūliņ bēgšu projām. Skaties, kas par jaukumu visapkārt, un šitādā laikā tu par precēšanos vari domāt!

Bet taisni šitai laikā... kur tu, cilvēks, arī acu nepagriez, tur tev... ak, š'tādās dienās tu man no prāta nemaz neizej. Mīļo Lienīt, saki nu jā. Saki nu jā.

Vai t' esi jau paēdis?

Es lūdzu, lai tu jā saki.

Un es prasu: vai tu esi paēdis? Iešu projām.

Pag, pag, pag, es jau vēl ēdu, Andrs iesaucās un sāka atkal ēst tikai tādēļ, lai Liene vēl kādu brītiņu viņa tuvumā uzkavētos. Laikam tevi saimnieks uzrunājis? viņš drusku nospiestā balsī

piebilda.

Uzrunājās jau ir, Liene atteica. Bet pie tā pakainā ķēma... hm... to ne, to vien ne.

Bet viņš krietns un pārticis cilvēks! puisis turpināja, – gribēdams zināt, ko viņa vēl teiks par viņa līdzcensi.

Bakalaura darbā izmantotais teksts no laikraksta „5minūtes”

Glābjošies no liesmām, pa logu izlec un nositas vīrietis UGUNSGRĒKS. Ceturtdienas nakti Rīgā, Daugavpils iela, ugunsgrēka laika gājis bojā kāds vīrietis, kurs izlēca pa trešā stāva logu. Ap plkst. Ugunsdzēsēji saņēma izsaukumu uz ugunsgrēku rīga, Daugavpils iela, kur piecstāvu dzīvojamās ēkas trešajā stāvā dega dzīvoklis, Kad ugunsdzēsēji ieradās negadījuma vietā, ēkas trešā stāva logā bija redzamas liesmas, bet pie logiem ceturtajā un piektajā stāvā atradās cilvēki, kas prasīja pēc palīdzības, jo ēkā bija spēcīgs sadūmojums. Glābēji, apskatot notikuma vietu, ēkas otrā pusē atrada vīrietī bez dzīvības pazīmēm, kurš bija izlēcis pa trešā stāva logu. Ugunsdzēsēji no ēkas evakuēja cilvēkus. Taču cilvēku glābšanu apgrūtināja tas, ka ēkā daudzviet bija ierīkotas režģa durvis. Un, lai tās atvērtu, iedzīvotāji ugunsdzēsējiem pa logiem metuši atslēgas. Ugunsgrēkā ar dūmiem saindējās gadu un trīs gadus veci bērni, kuri nogādāti slimnīcā. Ēkas trešā stāva dzīvoklī izdega istaba kvadrātmetru platībā. Ugunsdzēsēji fiksējuši, ka šajā dzīvoklī bija atvienota gāze un elektrība. Iespējamais ugunsgrēka iemesls – neuzmanīga rīcība ar uguni vai smēķēšana. Pēc kaimiņu teiktā, degušajā dzīvoklī bieži lietots alkohols, un arī šajā naktī kaimiņi lietojuši alkoholu. Dzīvoklis, kurā izcēlās ugunsgrēks bija pārbāzts ar dažādām mantām.

Pateicība. Ikgadējā akcijā Policists, kuram es uzticos par labākajiem policistiem atzīti iecirkņa inspektori, dežūrdaļas darbinieki, kā arī kriminālpolicijas un ceļu policijas darbinieki. Vakar svinīgā pasākumā tika godināti akcijas uzvarētāji: policisti no dažādām Latvijas pilsētām un rajoniem. Rīgā par uzticamākajiem tika atzīti policijas iecirkņa kriminālpolicijas priekšnieka vietnieks Renārs Reiniks. Un policijas iecirkņa jaunākais inspektors Boriss Joničēnoks. Visi akcijas uzvarētāji saņēma iekšlietu ministrijas goda rakstus un ceļojumu uz kādu no Eiropas Savienības valstīm. Šogad akcijas laikā tika saņemtas iedzīvotāju anketas, kurās nobalsots par policijas darbiniekiem.

Cik maksā lucavsālas zeme. Konflikts. Jaunais vērtējums atklāj, ka salas zeme ir dārgāka. Vērtējums. Nekustamo īpašumu kompānija latio lucavsālas zemei noteikusi vērtību miljonu apmērā, kas ir desmit reizes lielāka par uzņēmuma as BDO Invest un sia infinitum novērtējumu, kuriem dome iepriekš bija lūgusi novērtēt zemi. Rīgas domes pilsētas pārskatā departamenta atskaitē par lucavsālas attīstības perspektīvām teikts, ka as bdo invest zemes vērtību noteikusi par miljonu latu apmērā un sia infinitum minēto zemi novērtēja par miljoniem latu. Pretrunas. Rīgas mērs Aivars Aksenoks izteica neuzticību iepriekšējiem vērtējumiem, norādot, ka salas zeme ir novērtēta kā tirgus vērtībai neatbilstoša, tāpēc pilsētas attīstības departaments lūdza latio veikt vēl vienu zemes vērtējumu. A.Aksenoks norāda, ka šis radikāli atšķirīgais vērtējums noraida jebkurus rīgas domei izteiktos pārmetumus par vilcināšanos veidot ar sia lucavsāla kopuzņēmumu. Mani mulšina tas, ka iepriekšējās divas summas bija gandrīz identiskas, taču šī tik krasi atšķiras. Tāpēc būtu svarīgi redzēt, kādi ir novērtējumā izmantotie kritēriji un metodes, saka lucavsālas projekta vadības kompānijas būvlats direktors jānis Ādamsons. Varbūt zemes vērtība ir aprēķināta nākotnei kopā ar visām inženiertehniskajām komunikācijām.

Diena

Lai nozagtu kilogramus skaidras naudas paaugstinātas drošības objektā — Rīgas lidostā, diviem zagļiem bija vajadzīgs virtuves nazis, zils polietilēna maiss, darba vējjaka ar atstarotājiem un motorizēti bagāžas ratiņi. Viens no viņiem piekrita SestDienai atklāt, kā risinājās notikumi pērn jūnijā, kad gaišā dienas laikā dažās minūtēs [Parex banka](#) gandrīz pazaudēja , miljonus eiro Sākumā domāju — jānorok kaut kur tā, lai es pats pēc tam to neatrodu. Lai vispār nekādas saistības nebūtu ar to nekad mūžā, atceras Mārtiņš. Labi, ka neieietu Daugavā, jo pēc tam tak bija jāreda policijai, dabūtu nirt. Stāstot par pagājušā gada .jūnija notikumiem, viņš pat pasmejas. Tajā dienā diviem jauniem vīriešiem — Mārtiņam Briksnim tobrīd viņam bija un Andrejam Jermakovam izdevās no lidmašīnas izzagt vairāk nekā , miljonus eiro, kas piederēja Parex bankai. Abi strādāja par krāvējiem Rīgas lidostā. Tajā dienā Mārtiņa darba diena beidzās, tiekot pie vairāk nekā tūkstošiem latu dažādās valūtās. Viņš tik tiešām apraka naudu zemē. Nožēla par izdarīto nāca mazliet vēlāk.

Visticamāk, Mārtiņa jautrība ir nedaudz uzspēlēta, jo oktobra beigās Rīgas rajona tiesa abiem bijušajiem lidostas darbiniekiem par personu grupā izdarītu zādzību lielā apmērā pēc iepriekšējas vienošanās piesprieda trīs gadus reāla cietumsoda ar mantas konfiskāciju. Spriedums vēl nav stājies spēkā, jo, nepiekrītot noteiktajam sodam, gan prokurore, gan apsūdzētie to pārsūdzēja. Līdz tam Briksnis un Jermakovs atstāti brīvībā.

Apsūdzētie vīrieši savu vainu atzīst — atšķirībā no Andreja sievas Jūlijas Jermakovas iepriekš — Rogovajas. Viņai tika celta apsūdzība par to, ka neziņoja, droši zinot, ka izdarīts sevišķi smags noziegums, un veica iepriekš neapsolītu nozieguma pēdu un noziedzīgā kārtā iegūtu priekšmetu slēpšanu. Tiesa viņu attaisnoja. Krimināllikumus nosaka, ka noziegumu izdarījušās personas saderinātais un laulātais neatbild par iepriekš neapsolītu slēpšanu un neziņošanu. Jermakovi apprecējās tikai pagājušā gada beigās, taču dzīvo kopā jau kopš .gada, viņiem ir meita un tiek gaidīts otrs bērns.

Prokurore Lidija Cīrule apelācijas protestu iesniegusi arī daļā par Jūlijas attaisnošanu, jo nepiekrīt tiesas viedoklim, ka .gada jūnijā viņa bijusi Andreja saderinātā. Visticamāk, tieši šī iemesla dēļ Jermakovs atsaka interviju. Mēs nolēmām, ka šajā situācijā mums labāk pagaidām nerunāt, uzsver advokāte Alla Ignatjeva, kura pārstāv abus Jermakovus.

Vienreiz paslīdēja roka

Tikties ar SestDienu toties piekrīt Mārtiņš Briksnis — liela auguma, plecīgs puisis īsiem, gaišiem matiem, kura apģērbs ļauj secināt — hiphops ir viņa iecienītākais mūzikas stils. Mārtiņš tiešām atstāj pozitīvu iespaidu, kas atbilst tiesā iesniegtajiem raksturojumiem no darbavietām. Puisis gandrīz visu laiku smaida, runā atklāti un spēj pajokot arī par savu pašreizējo situāciju: ieraugot Mārtiņa seju reportāžās no tiesas zāles, viņa priekšnieks veikalā K—Rauta licis uzrakstīt atlūgumu.

Pateica, ka nevar man uzticēties. Nu, blāviens, vairākus mēnešus strādāju noliktavā, uzticējās, pēkšņi vairs ne. Tagad taču man gluži otrādi — jāuzvedas maksimāli godīgi, ironizē Mārtiņš.

Tomēr fotografēties presei viņš vairs nevēlas.

Patlaban Mārtiņš dzīvo pie vecākiem, tāpēc badu necieš, taču darbs kaut par minimālo algu nepieciešamas, lai samaksātu kredītus: par koledžu, telefonu, auto. Braucu, kamēr vēl mašīnu neatņēma. Pēc tam paliks tikai kredīts, ko maksāt, rūgti nosmej puisis, kuram piesprieda arī mantas konfiskācija. Viņš gan nenoliedz, ka pats vien pie visa vainīgs.

Arī tiesas zālē gan Jermakovs, gan Briksnis apgalvoja, ka nožēlo notikušo, tā bijusi lielākā kļūda un muļķība viņu dzīvē, solīja, ka neko tādu neatkārtos.

Neviens no viņiem nepateica, ka izdarīja noziegumu, nevis vienkārši muļķību, un nožēlo viņi drīzāk to, ka tika noķerti, savu viedokli sarunā pauž prokurore Cīrulle.

Kā radās šī pārdrošā ideja? To lielā mērā noteica banku naudas sūtīšanas procedūru salīdzinājums, kas bija par sliktu Parex bankai, atzīst Mārtiņš. Ja paskatās, kā [Latvijas Banka](#) ved savu naudu: atlido lidmašīna, uzreiz klāt piecas smagās mašīnas, pilnas ar armijniekiem. Katram krāvējam blakus staigā viens ar automātu, tu pat bez viņa atļaujas nevari pa kreisi paskatīties, nekur tu nedrīksti iet, neko darīt, viņš stāsta.

Arī citām bankām vismaz viens bruņots apsargs stāvēt blakus lidmašīnai, ar kuru ved skaidro naudu, kamēr tā nav pacēlusies. Savukārt Parex bankai viss bijis vienkārši, apgalvo Briksnis: Atnāk, ieliek trīs maisus un aizbrauc prom, un tie tur mētājas kādu stundu bez uzraudzības. Parasti ir tā — ieliek pasažieru bagāžu, tad to [naudu], tad mēs kravu. Citreiz viņi pirmie ieliek tos maisus, kad vēl neesam pie lidmašīnas. Atbraucam, skatāmies — maiši mētājas. Tāpēc arī gadījās, ka vienu dienu no visām paslīdēja roka.

Mārtiņš stāsta, ka gatavošanās ilgusi apmēram nedēļu. "Nekāda dižā plānošana nenotika, bija tāds šoks galvā: vajag, vajag! Kā tu viņu nepaņemsi, ja tev deguna priekšā stāv miljons? Neiesi taču pagriezt muguru, domāju, jebkurš daudz nedomātu," tā kā taisnojas Briksnis.

Kā stāsta prokurore, katrs no apsūdzētajiem apgalvo, ka zādzības plānu izdomājis un viņu piedalīties pierunājis otrs.



Linda Alksne dzimusi 1985. gadā Rīgā. Rīgas Tehniskajā universitātē (RTU) ieguvusi bakalaura grādu elektrozinātnē (2006) un maģistra grādu telekomunikācijās (2009). Strādājusi RTU IT departamentā. Kopš 2018. gada ir Liepājas pilsētas pašvaldības administrācijas IT daļas IT pakalpojumu pārvaldības procesu vadītāja. Patlaban ir arī Liepājas Universitātes lektore. Zinātniskās intereses saistītas ar video lekciju analīzi, informācijas tehnoloģijām un viedo pilsētu attīstību.