

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
DATORIKAS FAKULTĀTE

**DAŽĀDU MĀKSLĪGĀ INTELEKTA RISINĀJUMU
PIELIETOJUMS E-KOMERCIJĀ**

BAKALaura DARBS

Autors: **Roberts Pelle**

Stud. apl. rp18023

Darba vadītājs: Mg. sc. cogn. Maksims Ivanovs

RĪGA 2022

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbā “Dažādu mākslīgā intelekta risinājumu pielietojums e-komercijā” tiek apskatīti un analizēti dažādi mākslīgā intelekta risinājumi, kas tiek izmantoti e-komercijas vietņu un sistēmu izstrādē, kā arī tiek veikta to praktiska realizācija ar e-komercijas satvaru palīdzību.

Darba mērķis ir noskaidrot, kā mākslīgā intelekta attīstība ietekmē mūsdienu e-komerciju, izpētīt visbiežāk pielietotos mākslīgā intelekta risinājumus e-komercijas vietņu un sistēmu izstrādē, noteikt to priekšrocības un trūkumus un īstenot tos praktiskā veidā. Pēc šo risinājumu realizācijas iegūtie rezultāti tiek apkopoti un salīdzināti ar tiem rezultātiem, kas iegūti bez mākslīgā intelekta risinājumu pielietošanas.

Atslēgvārdi: e-komercija, mākslīgais intelekts.

ABSTRACT

APPLICATIONS OF VARIOUS ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOLUTIONS IN E-COMMERCE

The bachelor's thesis examines and analyzes various artificial intelligence solutions that are used in the development of e-commerce sites and systems, as well as their practical implementation with the help of e-commerce frameworks.

The aim of the work is to find out how the development of artificial intelligence affects modern e-commerce, to study the most commonly used artificial intelligence solutions in the development of e-commerce sites and systems, to identify their advantages and disadvantages and to implement them in practice. The results obtained after the implementation of these solutions are summarized and compared with the results obtained without the application of artificial intelligence solutions.

Keywords: e-commerce, artificial intelligence.

SATURA RĀDĪTĀJS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS	5
IEVADS	6
1. E-KOMERCIJAS IETVARI, TO APRAKSTS	8
1.1. E-komercijas ietvaru apraksts un sadalījums pa veidiem	8
1.1.1. SaaS ietvars	8
1.1.2. Atvērtā pirmkoda ietvars	9
1.1.3. Nošķirtas arhitektūras ietvars	9
1.1.4. Dažādo ietvaru veidu priekšrocības un trūkumi	10
1.2. Konkrētu e-komercijas ietvaru piemēri	11
2. MĀKSLĪGAIS INTELEKTS	12
2.1. Mākslīgā intelekta apakšnozares	13
2.1.1. Mašīnmācīšanās	14
2.1.1.1. Mašīnmācīšanās sistēmas apmācīšana	15
2.1.1.2. Mašīnmācīšanās tehnoloģiju priekšrocības un trūkumi	17
2.1.1.3. Mašīnmācīšanās tehnoloģiju pielietojums	18
2.1.2. Neironu tīkls	20
2.1.2.1. Neironu tīkla uzbūve	22
2.1.2.2. Neironu tīklu veidi	23
2.1.3. Dziļā mācīšanās	24
2.1.4. Dabiskā valodas apstrāde	25
2.1.4.1. NLP tehnoloģiju paveidi	25
2.1.4.2. NLP tehnoloģiju pielietojums	26
2.1.5. Kognitīvā skaitļošana	27
2.1.6. Datorredze	28
3. MĀKSLĪGĀ INTELEKTA PIELIETOJUMS E-KOMERCIJĀ	30
3.1. Produkti un pakalpojumi, vietnes personalizācija	31
3.2. Vietnes vispārīga uzlabošana	32

3.3. Inventarizācijas pārvaldīšana	33
3.4. Klienta servisa uzlabošana	33
4. PRAKTISKAIS PĒTĪJUMS	34
4.1. Uzdevuma definīcija	34
4.1.1. Rīku izpēte	34
REZULTĀTI UN DISKUSIJA	36
SECINĀJUMI	37
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI	38

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

- **MI** - mākslīgais intelekts
- **NLP** - Natural Language Processing
- **NPM** - Node Package Manager
- **JS** - JavaScript
- **API** - Application Program Interface
- **CSS** - Cascading Style Sheets
- **SaaS** - Software as a Service
- **CDN** - Content Delivery Network
- **CMS** - Content Management System
- **ROI** - Return on Investment
- **ML** - Machine Learning
- **IT** - Informācijas Tehnoloģijas
- **TWh** - Teravatstunda ($1 \text{ TWh} = 1.0 \times 10^9$ Kilovatstundas (kWh))
- **Q&A** - Questions and Answers
- **ANN** - Artificial Neural Networks
- **CNN** - Convolutional Neural Networks
- **RNN** - Recurrent Neural Networks
- **CPU** - Central Processing Unit

IEVADS

Pēdējos gados un gadu desmitos ir novērojams straujš pieaugums to interneta lietotāju skaitā, kas iegādājas preces tiešsaistē. Piemēram, kā vēsta tiešsaistes portāls Statista [1], 2020. gadā vairāk nekā 2 miljardi interneta lietotāju veica pirkumus tiešsaistē pieejamās vietnēs, un tajā pašā gadā kopējie ienākumi no šāda veida pirkumiem pārsniedza vairāk nekā 4 triljonus ASV dolāru visā pasaulē. Šīs straujās izaugsmes dēļ ir pieaudzis pieprasījums pēc ātrām un viegli izmantojamām e-komercijas vietnēm un sistēmām, kurās ikviens lietotājs spēj ērti iegādāties sev nepieciešamās preces un pakalpojumus [1, 2]. Šim nolūkam daudzi e-komersanti sāk ieguldīt arvien vairāk resursus dažādās jaunās un modernās tehnoloģijās, jo it īpaši mākslīgā intelekta jeb MI tehnoloģijās, ar kuru palīdzību var uzlabot un attīstīt vairākus nozīmīgus procesus, kā klientu apkalpošanu tiešsaistē, preču un pakalpojumu piedāvājuma pielāgošanu individuāli katram lietotājam, e-komercijas vietnes vai sistēmas veiktspējas un ātrdarbības uzlabošanu utt.

Šī **darba mērķis** ir aprakstīt dažādus e-komercijas risinājumus, kas tiek izmantoti mūsdienu e-komercijas vietņu un sistēmu izstrādē, noskaidrot, kā pēdējo gadu laikā ir attīstījušās MI tehnoloģijas un kā šī attīstība ir ietekmējusi mūsdienu e-komerciju, aplūkot un aprakstīt dažādus visbiežāk izmantotos MI risinājumus e-komercijas vietnēs un sistēmās un noteikt to priekšrocības un trūkumus.

Lai varētu realizēt izvirzīto darba mērķi, tika noteikti vairāki **darba uzdevumi**, kuri ir sadalīti pa vairākām nodaļām:

- apskatīt un aprakstīt visbiežāk izmantotos e-komercijas risinājumus, kas tiek pielietoti tiešsaistē pieejamo e-komercijas vietņu un sistēmu izstrādē
- izpētīt un analizēt mākslīgā intelekta pamatprincipus un ar to saistītās tehnoloģijas
- izpētīt, kā un tieši kādas mākslīgā intelekta tehnoloģijas tiek izmantotas e-komercijas vietnēs un sistēmās
- aplūkot un aprakstīt dažādus rīkus, kas nodrošina dabiskās valodas apstrādes funkcionalitāti tiešsaistes tīmekļa vietnēs, kā arī izveidot minimālas funkcionalitātes sarunbotu, kas izmanto dabiskās valodas apstrādes pamatprincipus, un to pārbaudīt uz īsta industrijas projekta pirmsizlaides testēšanas vietnes

Pirmajā nodaļā tiek sniegts ieskats visplašāk pielietotajos e-komercijas risinājumos jeb ietvaros, kas tiek izmantoti e-komercijas vietņu un sistēmu izstrādē. Katram risinājumam tiek norādīta informācija par to, kādas tehnoloģijas tajā tiek izmantotas, kā arī tiek apkopotas to priekšrocības un trūkumi.

Otrajā nodaļā tiek aprakstīts mākslīgais intelekts un ar to saistītās tehnoloģijas, kā arī tiek aplūkoti dažādi veidi, kā šīs tehnoloģijas var izstrādāt un izmantot internetā pieejamās tiešsaistes vietnēs un sistēmās.

Trešajā nodaļā tiek aplūkots, kā tieši mākslīgais intelekts un ar to saistītās tehnoloģijas tiek izmantotas e-komercijas vietņu un sistēmu izstrādē, kā arī tiek analizēti un analizēti dažādi mākslīgā intelekta risinājumi, kas visbiežāk tiek izmantoti tieši e-komercijā.

Ceturtajā nodaļā tiek veikts neliels pētījums, kurā tiek analizēti dažādi rīki, kādi ir pieejami dabiskās valodas apstrādes jeb NLP funkcionalitātes nodrošināšanai tiešsaistes tīmekļa vietnēs.

1. E-KOMERCIJAS IETVARI, TO APRAKSTS

Pēdējo gadu laikā novērotais milzīgais tiešsaistes pirkumu pieaugums un e-komercijas straujā attīstība - 2021. gadā tiešsaistē veikto pirkumu kopējais apgrozījums sasniedza aptuveni 4.9 triljonus ASV dolāru [2, 3] - ir sekmējusi to, ka liela daļa no mazumtirdzniecības un lielumtirdzniecības uzņēmumiem ir gatava ieguldīt daudzus resursus savu e-komerciju vietņu un sistēmu izstrādē. Kamēr lielākajām un visapmeklētākajām preču pārdošanas tiešsaistes e-komercijas vietnēm un sistēmām, kā [2] Amazon, eBay, Rakuten, Samsung, Aliexpress, Apple utt., ir pieejami lielāki resursi neatkarīgu sistēmu izstrādei, tikmēr mazāka izmēra tirgotājiem ir lielāka nepieciešamība pēc gataviem risinājumiem, ar kuru palīdzību tie var pēc iespējas ātrāk sākt savu preču tirgošanu tiešsaistē. Šim nolūkam ir pieejami daudzi dažādi e-komercijas ietvari, kas piedāvā dažādas funkcionalitātes un iespējas e-komercijas vietņu izveidei un uzturēšanai.

Lai varētu pēc iespējas labāk izvēlēties atbilstošu ietvaru un sākt e-komercijas vietnes izveidi, vispirms vajag detalizētāk aplūkot, kas tieši ir e-komercijas ietvars, savukārt tālāk var sīkāk apskatīt un analizēt katra ietvara veidu. Visbeidzot ir lietderīgi apskatīt visu ietvaru veidu priekšrocības un trūkumus, lai varētu precīzi novērtēt katra ietvara atbilstību e-komercijas vietnes izstrādātāju vajadzībām.

1.1. E-komercijas ietvaru apraksts un sadalījums pa veidiem

E-komercijas ietvars ir darbgatava programmatūra, kas darbojas kā centrālā platforma un kas sevī ietver pamata funkcijas produktu tirgošanai un pārvaldīšanai vienotā sistēmā, un kas piedāvā dažādus rīkus, ar kuru palīdzību tirgotāji var aplūkot un pārvaldīt klientus, apgrozījumus, reklamēšanas e-pastu izsūtīšanu abonentiem un citas ar tirdzniecību saistītas darbības. Pamatā šie ietvari tiek iedalīti trijos veidos [4, 5]:

- “programmatūra kā pakalpojums” (saīsinājums no **Software as a Service** jeb **SaaS** (angļu valodā))
- atvērtā pirmkoda ietvars (angliski **open source framework**)
- nošķirtas arhitektūras ietvars

1.1.1. SaaS ietvars

SaaS veida ietvaru vislabāk var aprakstīt kā programmatūru, kas tiek piedāvāta kā pakalpojums - e-komercijas vietnes īpašnieks nevis iegādājas programmatūru no pakalpojuma

sniedzēja, bet gan parakstās izmantot šo programmatūru, kura tiek regulāri atjaunināta, uzturēta un mitināta uz pakalpojuma sniedzēja servera. Parasti šāda veida ietvari tiek piedāvāti jau ar plašu līdzekļu un rīku klāstu, tādā veidā sniedzot iespēju uzņēmumiem un e-komercijas vietņu un sistēmu īpašniekiem, kas iegādājas šo pakalpojumu, ietaupīt resursus uz infrastruktūras izveidi un mitināšanu un uz sistēmas uzturēšanu, kā arī ļauj tiem ātri un efektīvi palaist jau gatavu e-komercijas vietni, izmantojot šo ietvaru kā bāzi [4, 5, 6].

Daži piemēri šāda veida e-komercijas ietvariem: ShopifyPlus, Salesforce Commerce Cloud, Commercetools [6].

1.1.2. Atvērtā pirmkoda ietvars

Atvērtā pirmkoda ietvars ir programmatūra, kas ļauj tirgotājiem piekļūt pie tās pirmkoda un to paplašināt vai izmainīt. Šī veida ietvarus var uzstādīt un ierīkot bez maksas, kā arī tie nāk kopā ar iebūvētiem rīkiem pamata e-komercijas funkciju veikšanai, kā inventāra pārvaldība, produktu izvietojumu un attēlošanu, produkta pievienošanu grozam, produktu iegādi, saglabāšanu vēlmju sarakstos, maksājuma vārteju iekļaušanu u.c. [4, 5, 7].

Daži piemēri šāda veida e-komercijas ietvariem: WooCommerce, Magento, Salesforce Commerce Cloud, Commercetools, Drupal [7].

1.1.3. Nošķirtas arhitektūras ietvars

Nošķirta arhitektūra (angliski **headless architecture**) apzīmē tāda veida ietvaru, kur servera puses funkcionalitāte tiek atdalīta no klienta puses. Dati no servera tiek padoti, izmantojot piekļuves programmsaskarnes jeb API, savukārt klienta pusē var izmantot jebkāda veida citu tehnoloģiju, ar kuru saņemt iegūtos datus un attēlot saturu balstoties uz šiem datiem. Šādā veidā tiek nodrošināts, ka klienta puses tehnoloģijas ir neatkarīgas no servera puses, kas nozīmē, ka ir iespējams veikt izmaiņas vienai no šīm pusēm, neietekmējot otru [4, 5, 8, 9].

Visbiežāk šāda veida arhitektūru izmanto, lai izveidotu dažādas saskarnes dažādām ierīcēm, vienlaikus izmantojot API datu iegūšanai no vienota servera.. Šāda pieeja ir pamatā daudzām progresīvām tīmekļa jeb PWA lietotnēm, kā arī daudzām mobilām lietotnēm jau eksistējošām e-komercijas vietnēm - piemēram, e-komercijas uzņēmums var izvēlēties savā mobilajā lietotnē izmantot React Native klienta puses izveidei, savukārt tīmekļa vietnei izmantot CMS jeb satura pārvaldīšanas sistēmu [8, 9].

1.1.4. Dažādo ietvaru veidu priekšrocības un trūkumi

Tabulā 1.1. var apskatīt katra iepriekš aprakstītā ietvara galvenās priekšrocības un trūkumus [4, 5, 8, 9]:

1.1. tabula

Ietvaru veidu priekšrocības un trūkumi

Veida nosaukums	Priekšrocības	Trūkumi
SaaS	<ul style="list-style-type: none"> + iespēja ātri palaist un sākt izmantot jaunu e-komercijas vietni kopā ar gataviem rīkiem + pakalpojuma iegādes cena sevī iekļauj atjauninājumu, drošības un uzturēšanas izmaksas + saturs tiek pasniegts, izmantojot satura piegādes tīklus jeb CDN 	<ul style="list-style-type: none"> - Ļoti ierobežota pielāgojamība (iespējams izmantot tikai piedāvātos šablonus)
Atvērtā pirmkoda ietvars	<ul style="list-style-type: none"> + Teju vai neierobežota pielāgojamība + Aktīva programmētāju kopiena lielākai daļai šāda veida ietvariem 	<ul style="list-style-type: none"> - Izmitināšana uz servera un uzturēšana netiek piedāvāta kopā ar pakalpojumu - Pieprasa tehniskas prasmes, lai to varētu pielāgot, uzturēt un uzlabot - Kopā ar citām izmaksām var izmaksāt dārgi
Nošķirtas arhitektūras ietvars	<ul style="list-style-type: none"> + Teju vai neierobežota pielāgojamība + Iespēja izmantot vienu servera pusi, lai nodrošinātu funkcionalitāti dažādām klienta pusēm 	<ul style="list-style-type: none"> - Piemērotas tikai specifiskiem gadījumiem un liela mēroga tirgotājiem

	+ Iespēja darboties ar servera un klienta pusi atsevišķi (izmaiņas vienā pusē neietekmē otru)	- Sarežģīta izstrāde (nepieciešams liels izstrādātāju un programmētāju ieguldījums) - Ļoti augstas izmaksas
--	---	--

1.2. Konkrētu e-komercijas ietvaru piemēri

Šeit ir uzskaitīti daži e-komercijas ietvaru piemēri, no kuriem ir iespējams izvēlēties, ja ir nepieciešamība pēc gatava e-komercijas risinājuma, uz kura bāzes veidot savu vietni [2]:

- WooCommerce - atvērta pirmkoda ietvars, kas ir veidots, izmantojot Wordpress - 2021. gadā tas tika atzīts par visplašāk izmantotāko e-komercijas ietvaru tiešsaistes e-komercijā [2]
- Shopify - SaaS tipa e-komercijas ietvars, kas ir veidots ar Ruby programmēšanas valodas palīdzību [2]
- Magento 2 - atvērta pirmkoda ietvars, kam ir pieejamas divas dažādas versijas: Magento Community (par brīvu) un Magento Enterprise (pārsvarā šāds variants tiek piedāvāts tikai lielāka izmēra uzņēmumiem, jo par šo versiju ir jāmaksā salīdzinoši liela naudas summa, taču tas nāk ar daudziem ieguvumiem un funkcionalitātēm, kas nav pieejamas Community versijā) [2]

2. MĀKSLĪGAIS INTELEKTS

Vēsturiski mākslīgā intelekta (angliski *Artificial Intelligence*) jēdziens ir definēts daudzos dažādos veidos - vieni pētnieki to pielīdzina *cilvēka iekšējam saprātam un zināšanām*, taču citi to vairāk saista ar cita veida inteligenci, ko dēvē par *racionalitāti* - cilvēku spēju veikt loģiskas, apdomātas un saprātīgas darbības. Kamēr iekšējās inteligences definīcija vairāk saistās ar cilvēka psiholoģijas izpratni un analīzi - cilvēku iekšējo domu novērošanu un aprakstīšanu -, tikmēr racionalitātes definīcija sevī ietver inženierijas un matemātikas apvienojumu un ir ciešāk saistīta ar statistiku un ekonomiku [11]. Vienkāršākos vārdos, mākslīgais intelekts jeb MI tiek definēts kā nozare, kas pēta to, kā izveidot programmatūru, kas ir pielīdzināma cilvēka prātam un kas spēj veikt vairākas darbības - radošu lēmumu pieņemšanu, informācijas analīzi, runas atpazīšanu, problēmu risināšanu utt. - līdzīgi tam, kā to darītu īsti cilvēki [12] [13].

Ņemot vērā, cik ļoti MI nozare ir saistīta ar cilvēka saprāta un darbību izpēti un analīzi, ir viegli ieraudzīt, kāpēc šī nozare ir tik svarīga mūsdienās - jo vairāk mēs spējam izprast cilvēku inteligenci un tās atveidošanu, jo lielāks potenciāls izstrādāt sistēmas, kuru veiktās darbības nevar atšķirt no tām darbībām, kuras veic īsti cilvēki. Mākslīgajam intelektam ir liels potenciāls atbrīvot cilvēkus no ikdienā nevēlamu, garlaicīgu un atkārtoto darbību veikšanas, tādā veidā novirzot cilvēku uzmanību uz daudz sarežģītāku un svarīgāku problēmu risināšanu, tādā veidā veicinot straujāku cilvēces attīstību [11].

Jau šobrīd mākslīgais intelekts un ar to saistītās tehnoloģijas piedāvā daudzas **priekšrocības** [13, 14, 15]:

- **Automatizācija** - MI ir spējīgs nepārtraukti veikt dažādas atkārtoto darbības, kuras iepriekš cilvēkiem bija jā dara pašiem
- **Datu analīze** - MI spēj analizēt milzīgas datu kopas, izveidojot shēmas jeb šablonus, ar kuru palīdzību var pēc tam labāk atpazīt līdzīgus datus daudz ātrāk nekā jebkurš cits īsts cilvēks
- **Personalizēšana** - izmantojot MI tehnoloģijas, izstrādātāji un uzņēmēji var pielāgot savus produktus un pakalpojumus, veicinot to personalizēšanu individuāli katram klientiem atbilstoši tam, kā viņi tos izmanto
- **Precizitāte** - MI var apmācīt tā, lai tas izpilda noteiktus sarežģītus uzdevumus ātrāk un ar mazāk kļūdām nekā cilvēks; visvairāk šo var novērot medicīnas nozarē, kur daudzas darbības prasa ļoti augstu precizitāti un minimālu kļūdīšanās iespējamību

- **Peļņa no kapitāla ieguldījuma (ROI)** - ieguldījums MI tehnoloģiju izveidē sniedz iespēju nākotnē ienest lielus ienākumus un peļņu, jo it īpaši tiem uzņēmumiem, kas pamatā nodarbojas ar datu apstrādi
- **Bīstamu darbu veikšana ar minimālu risku** - MI tehnoloģijas iespējams izmantot, lai izveidotu robotus, kas spēj ievākt datus un paraugus vietās, līdz kurām cilvēkiem ir grūti vai teju neiespējami tikt, kā, piemēram, ārpus zemeslodes kosmosā

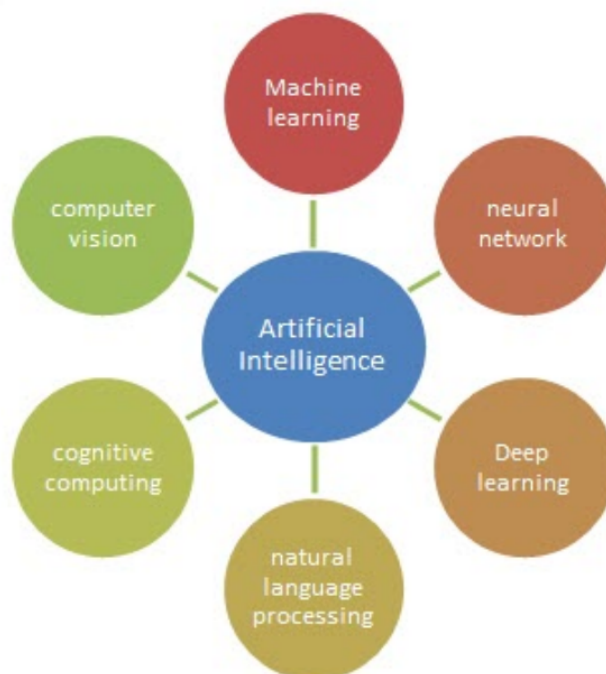
Neskatoties uz iespējamiem ieguvumiem un priekšrocībām, kādus piedāvā mākslīgais intelekts, ir jāņem vērā arī vairāki **riski** un **trūkumi**, kādi nāk kopā ar MI izmantošanu [11, 15]:

- **Ietekme uz nodarbinātību** - ņemot vērā MI tehnoloģiju iespējas, arvien straujāk ir pieaugusi interese un nepieciešamība pēc šādām tehnoloģijām dažādās nozarēs, kas nozīmē, ka daudzus cilvēkus, kas veic noteikta veida atkārtotošus darbus, varētu aizstāt mākslīgais intelekts, kas spēj to pašu darbu veikt ātrāk, efektīvāk un ar mazākām pauzēm
- **Atkarība no izstrādātājiem (neobjektivitāte)** - jebkāda veida MI algoritms, kas tiek izstrādāts, ir atkarīgs no tā, kā to ievieš īsti cilvēki, kas nozīmē, ka cilvēku uzskati un rakstura iezīmes var ietekmēt to, kā MI pieņem lēmumus un veic darbības, tādā veidā radot risku, ka MI lēmumu pieņemšana nebūs objektīva
- **Augstas izmaksas** - šādu tehnoloģiju ieviešana var dārgi izmaksāt, jo ir nepieciešamība pēc augsti kvalificētiem speciālistiem un programmētājiem, kas var izstrādāt MI tehnoloģiju risinājumus
- **Potenciāls drauds sabiedrībai** - MI tehnoloģijas var izmantot ne tikai sabiedrības labā, bet arī pret to kā bīstamu masu iznīcināšanas ieroci
- **Kiberdrošības apdraudēšana** - MI tehnoloģijas var arī izmantot, lai izveidotu bīstamas ļaunprogrammatūras, kas spēj izmantot mašīnmācīšanās metodes, lai sevi pilnveidotu un attīstītu, tā palielinot šo ļaunprogrammatūru izplatīšanos un izturību pret aizsardzības sistēmām

2.1. Mākslīgā intelekta apakšnozares

Kopš mākslīgā intelekta pirmsākumiem ir izveidojušās vairākas MI apakšnozares, kas pēta dažādas MI tehnoloģijas un to pielietojumus vairākās jomās - šo apakšnozaru uzskaitījumu var apskatīt zemāk attēlā 2.1. Kad runā par galvenajām apakšnozarēm mākslīgajam intelektam, tad lielākoties tiek apskatītas šādas nozares: mašīnmācīšanās (machine learning), neironu tīkls (neural network), dziļā mācīšanās (deep learning), dabiskā

valodas apstrāde (natural language processing), kognitīvā skaitļošana (cognitive computing) un datorredze (computer vision) [13, 16].



2.1. att. - Mākslīgā intelekta apakšnozares [16]

2.1.1. Mašīnmācīšanās

Mašīnmācīšanās jeb ML ir mākslīgā intelekta apakšnozare, kas pēta to, kā sistēmas spēj izmantot iepriekš sagatavotas datu kopas, lai uzlabotu veiktspēju vai veiktu precīzas prognozes. Mašīnmācīšanās tehnoloģiju pamatā ir ideja, ka, nododot lielas datu kopas un shēmas šāda veida sistēmām, tās spēj sevi apmācīt un attīstīt tā, lai tās nākotnē spētu analizēt un klasificēt līdzīga tipa datus, kas analīzes brīdī nav zināmi. Ieejas dati var tikt pasniegti dažādos veidos: kā cilvēku iepriekš sagatavotas un anotētas datu kopas vai kā dati, kurus mašīnmācīšanās sistēma ir iepriekš ieguvusi, mijiedarboties ar vidi, no kuras tiek ievākti dati. Citiem vārdiem sakot, mašīnmācīšanās sistēmas spēj mācīties ne tikai no cilvēku sagatavotiem datiem, bet arī no tiem datiem, ko tā ir ieguvusi no iepriekšējās pieredzes darbā ar iepriekš iegūtiem datiem - šī sistēma spēj mācīties pati no sevis [16, 17]. Tomēr, lai uztrenētu mašīnmācīšanās sistēmu, tai vispirms ir nepieciešams pasniegt datus, kurus iepriekš sagatavojuši cilvēki, kas nozīmē, ka, lai nodrošinātu apgūšanas procesa precizitāti, ir ļoti svarīgi, ka pirmās datu kopas ir kvalitatīvi veidotas un pietiekami lielas. Gadījumā, ja ieejas

datu kopas ir pārāk mazas vai arī neobjektīvi un pavirši veidotas, tad var gadīties, ka ML sistēma nepareizi iemācīsies apstrādāt šāda veida datus, kas vēlāk var novest pie lielākām problēmām [17, 18].

Kā piemēru [17] mašīnmācīšanās problēmai var minēt dokumentu virsrakstu prognozēšanas problēmu. ML sistēmai tiek padota datu kopa, kas satur ierobežotu skaitu ar nejauši izvēlētiem dokumentiem, kur katrs no tiem ir anotēts ar birku, kas atbilst šī dokumenta virsrakstam - šai sistēmai pēc tam tiek padoti vēl citi nezināmi un neredzēti dokumenti, kuriem ir jānosaka virsraksts, balstoties uz iepriekš iegūto pieredzi. Šādā gadījumā ir skaidrs, ka ML sistēmas precizitāte ir atkarīga no tā, vai ieejas datu kopa bija pietiekami liela un vai ieejas dati bija precīzi un pareizi sagatavoti - tas ir, vai katram dokumentam no oriģinālās ieejas datu kopas bija pielikta(-s) klāt atbilstoša(-s) birka(-s).

Mašīnmācīšanās galvenā funkcionalitāte balstās uz efektīvu un precīzu *izvedumu algoritmu* izstrādi. Šo algoritmu svarīgākās metrikas, kam tiek pievērsta lielākā uzmanība, ir to laika un telpas sarežģītība. Kā papildus metriku arī ņem vērā tā dēvēto *izlases sarežģītību*, kas norāda, cik liels sākuma ieejas datu apjoms ir nepieciešams, lai mašīnmācīšanās sistēma spētu veiksmīgi iemācīties analizēt līdzīga veida datus un atgriezt pēc iespējas pareizāku rezultātu [17].

Lai varētu izveidot efektīvu un precīzu mašīnmācīšanās sistēmu, ir nepieciešams izpētīt dažādus veidus, kā šādai sistēmai var iemācīt apstrādāt datu kopas.

2.1.1.1. Mašīnmācīšanās sistēmas apmācīšana

Mašīnmācīšanās nozarē parasti tiek apskatīti četri galvenie apmācīšanas **scenāriji**, kas viens no otra atšķiras pēc tā, kāda veida dati ir pieejami ML sistēmai, kāda ir secība un metodes, kādas tiek izmantotas šo datu iegūšanai, un kādi ir testēšanas dati, kas tiek izmantoti ML sistēmas darbības pārbaudei un izvērtēšanai [17, 19, 20].

Pirmais no šādiem scenārijiem ir **uzraudzītā mācīšanās** (angliski: *supervised learning*). ML sistēma kā apmācības datus saņem tādas kopas, kas satur ar birkām anotētus ievaddatu un sagaidāmo izvaddatu pārus - šos padotos datus tālāk var izmantot kā atskaites punktus, pēc kuriem veikt tālākas prognozes par nezināmiem datiem. Pēc lielu iterāciju skaita pie lielām sākotnējām datu kopām atšķirība starp prognozēto un sagaidāmo rezultātu tuvojas nulles robežai - jo labāk saskaņoti dati un testēšanas scenāriji, un precīzāki izmantotie algoritmi datu analīzei, jo precīzāks ir iegūtais rezultāts [17, 19]. Šāda veida apmācīšanas scenāriju plaši pielieto **klasificēšanas** (elementu asociēšana ar kategorijām, piemēram, attēlu klasificēšana un sadalīšana pa kategorijām pēc to satura), **regresijas** (elementu patieso vērtību prognozēšana, piemēram, valūtas fondu vērtību prognozēšana pēc iepriekš zināmiem ekonomiskajiem

faktoriem) un *ranžēšanas* (elementu sakārtošana pēc noteiktiem kritērijiem, piemēram, tīmekļa lapu meklēšana) uzdevumu risināšanai [17]. Daži piemēri algoritmiem, kas tiek izmantoti uzraudzītās mācīšanās scenārijos: tuvākā kaimiņa noteikšana, Naivā Baijesa metode, lēmumu koki, lineārā regresija un citi [20].

Otrais scenārijs ir **neuzraudzītā mācīšanās** (angliski: *unsupervised learning*). Pretēji iepriekš aplūkotajam uzraudzītās mācīšanās scenārijam, šajā scenārijā ML sistēma saņem tikai neiezīmētus datus (tādi, kas nav anotēti ar birkām). Šāda scenārija pamatā ir doma, ka ML sistēma bez jebkādas palīdzības un informācijas no cilvēku puses spēj analizēt un noteikt struktūru datiem, kas tai tiek padoti (pretēji uzraudzītai mācīšanai, kur ML sistēmai jau bija zināma informācija par ievaddatiem). Ņemot vērā ievaddatu formātu, ir sarežģīti noteikt sistēmas iegūto zināšanu precizitāti, jo nav kvantitatīvi rezultāti, pēc kuriem noteikt, vai faktiski iegūtais izvaddatu rezultāts sakrīt ar sagaidāmo rezultātu [17, 19, 20]. Šāda veida scenāriju visbiežāk pielieto uzdevumos, kur ir svarīgi uzzināt, kādos veidos var sagrupēt elementus vienā kopā, balstoties uz to savstarpējo līdzību (šādu uzdevumu parasti dēvē par *klasterēšanu*) [17, 19]. Vēl šādu pieeju var pielietot situācijās, kad nav zināms, kā pareizi analizēt dotās datu kopas - šādos brīžos ML sistēma var palīdzēt noteikt, kā pareizi sagrupēt šādas datu kopas, meklējot sakarības un veidojot shēmas to grupēšanai. Daži piemēri algoritmiem, kas tiek pielietoti šajā pieejā: k-vidējo grupēšanas algoritmi, asociēšanas likumu apguves algoritmi u.c. [20].

Trešais scenārijs ir apvienojums no uzraudzītās un neuzraudzītās mācīšanās, ko dēvē par **pusuzraudzīto mācīšanos** (angliski: *semi-supervised learning*). Kā nosaukums vēsta, šis scenārijs ir apvienojums no uzraudzītās un neuzraudzītās mācīšanās - ML sistēma saņem datu kopas, kas satur gan ar birkām iezīmētus, gan neiezīmētus datus, un, izmantojot šos apvienotos datus, veic tālākas prognozes [17, 19]. Visbiežāk šādu pieeju izmanto situācijās, kad ir nepieciešams klasificēt liela apjoma datus, izmantojot ļoti ierobežotu kategoriju klāstu, vai arī tādos uzdevumos, kuros ir nepieciešamība sagrupēt elementus klasterēšanas problēmas risināšanas procesā pēc dažādiem noteiktiem likumiem un kategorijām (piemēram, uzdevums, kurā jāizvēlas, kurus elementus piekārtot klāt noteiktai grupai un kurus izlaist) [17, 19, 20].

Pēdējais no aplūkotajiem scenārijiem ir **stimulētā mācīšanās** (angliski: *reinforcement learning*). Šīs pieejas pamatā ir ideja, ka, lai iegūtu jaunu informāciju un zināšanas, ML sistēma aktīvi mijiedarbojas ar vidi, kurā tā tiek pārbaudīta, un saņem tūlītēju **apbalvojumu** jeb **atalgojumu** par katru paveikto darbību. Pašas ML sistēmas galvenais mērķis ir izmantot iepriekš iegūtos rezultātus, kas iegūti, iteratīvā veidā mijiedarbojoties ar vidi, lai varētu lemt, kādas darbības veikt tālāk, lai iegūtu maksimāli labu **atalgojumu** [17, 19, 21, 22]. Viens no lielākajiem izaicinājumiem efektīvu stimulētās mācīšanās algoritmu izstrādē ir tā dēvētā

“*izpētes pret izmantošanas*” (angliski: *exploration versus exploitation*) dilemma - kā pareizi atrast un noturēt kompromisu starp nezināmu darbību izpēti un iepriekš iegūtās informācijas izmantošanu [17, 22]. Šīs dilemmas pamatdomu var sīkāk raksturot šādi: lai maksimāli palielinātu to apbalvojumu, kuru ML sistēma iegūst, tai ir jāizmanto savas iepriekš iegūtās zināšanas un jāizpilda tādas darbības, par kurām sistēmai jau ir skaidrība, ka tās sniedz augstu atalgojumu. Turpretī, lai atklātu šādas labi ienesīgas un vērtīgas darbības, ML sistēmai ir vispirms jāuzņem risks un jāmēģina izpildīt jaunas un nezināmas darbības ar cerību, ka tās var potenciāli ienest vēl lielāku atalgojumu nekā līdzšinēji apskatītās un pārbaudītās darbības katram sistēmas stāvoklim (angliski: *state*). Citiem vārdiem sakot, ML sistēmai ir nepieciešamība izmantot to, ko tā jau līdz šim ir iemācījusies, lai iegūtu atalgojumu, taču tai ir arī jāizpēta nezināmas darbības, lai tā varētu nākotnē pieņemt vēl precīzākus lēmumus [22, pp. 3]. Daži piemēri algoritmiem, kas tiek pielietoti stimulētās mācīšanās scenārijā: Q-mācīšanās, *Temporal Difference* (TD) jeb laika atšķirības mācīšanās, dziļā pretrunīgā / abpusējā tīkla (angliski: *Deep Adversarial Network*) algoritms [20].

2.1.1.2. Mašīnmācīšanās tehnoloģiju priekšrocības un trūkumi

Gluži kā mākslīgajam intelektam, arī mašīnmācīšanās nozarei ir liels pielietojums mūsdienu IT industrijā. Taču vispirms ir noderīgi aplūkot, kādas ir galvenās mašīnmācīšanās **priekšrocības** un **trūkumi**, lai varētu saprast, kurās nozarēs, jomās un sistēmās šāda veida tehnoloģijas vislabāk iederas.

Starp mašīnmācīšanās **priekšrocībām** ietilpst [18]:

- **neatkarība no cilvēkiem** - tā kā mašīnmācīšanās sistēmu pamatā ir spēja sevi apmācīt un uzlabot, tas nozīmē, ka uztrenēta ML sistēma spēj pati darboties autonomi bez cilvēku iesaistīšanās
- **nepārtraukta pilnveidošanās** - tā kā ML sistēmas visu laiku iegūst jaunas zināšanas, tas nozīmē, ka tās spēj laika gaitā uzlabot un attīstīt savu precizitāti un produktivitāti
- **viegli atpazīst tendences un struktūras** - ML sistēmas spēj analizēt lielus datu apjomus un atklāt noteiktas struktūras, kas saista šos datus un kuras cilvēki nespētu atklāt tikpat īsā laikā
- **plaša pielietojamība** - ML tehnoloģijas un ar tām saistītos algoritmus var izmantot daudz dažādās jomās (par to sīkāk tiks pastāstīts 2.1.1.3. nodaļā)

Protams, arī mašīnmācīšanās nav bez **trūkumiem**, kas var ierobežot šo tehnoloģiju pielietošanu:

- **laiks un ieguldītie resursi** - ņemot vērā, ar kādām problēmām ML sistēmām ir jātiek galā, nav noslēpums, ka šo sistēmu darbībai ir nepieciešams ne tikai milzīgs datu apjoms, kas nodrošina, ka šīm sistēmām ir pietiekami daudz paraugu, no kuriem smelties informāciju, tādējādi uzlabojot to precizitāti un produktivitāti, bet arī pietiekami ilgs laiks, lai tās būtu spējīgas līdz galam izanalizēt šos lielos datu apjomus [18]. Papildus tam ir arī nepieciešamas daudz jaudīgākas un ietilpīgākas sistēmas, kuras var efektīvi pielietot un pārbaudīt ML tehnoloģiju un to algoritmu veikspēju un darbību - no tā arī izriet, ka daudzas ML sistēmas prasa ne tikai milzīgu enerģiju un jaudu, bet arī lielas zemes platības, kurās var izvietot serverus, to darbības nodrošināšanai. Tiek aplēsts [23], ka datu centri - ēkas, kurās tiek uzturēti vairāki simti vai pat tūkstoši serveri -, jau mūsdienās katru gadu izmanto aptuveni 200 TWh lielu elektrības daudzumu, kas ir 1% no globālā elektrības pieprasījuma (20000 TWh)
- **datu ieguve** - lai ML sistēmas spētu pareizi funkcionēt, tām ir nepieciešams milzīgs datu apjoms. Šādu datu ieguve var prasīt ilgu laiku; tiem jābūt arī precīziem un objektīviem [18]
- **iegūto rezultātu pareiza apstrāde** - viens no lielākajiem mašīnmācīšanās izaicinājumiem ir pareiza datu apstrāde - ir svarīgi nodrošināt, ka padotie dati tiek pareizi apstrādāti un ka izvadītie rezultāti atbilst sagaidāmajiem rezultātiem [18]
- **iespējama augsta neprecizitāte** - gadījumā, ja padotie dati nav pietiekami apjomīgi, pastāv risks, ka ML sistēma tiks nepareizi apmācīta, kā rezultātā tā veiks neobjektīvus lēmumus, izmantojot neobjektīvus un tendenciozus datus. Tas var novest pie situācijas, kad ML sistēmas neprecīzās darbības dēļ izceļas daudzas citas kļūdas programmās un sistēmās, kas paļaujas uz šiem datiem - šādus gadījumus ir grūti pamanīt un vēl sarežģītāk salabot, jo bieži vien šādas kļūdas netiek pamanītas ļoti ilgu laiku, kas apgrūtina kļūdas izcelsmes avota noteikšanu [18].

2.1.1.3. Mašīnmācīšanās tehnoloģiju pielietojums

Balstoties uz apskatītajiem mašīnmācīšanās sistēmu apmācīšanas scenārijiem, kas ir aprakstīti nodaļā 2.1.1.1., tiek apkopoti biežākie lietošanas gadījumi katram no aplūkotajiem scenārijiem - šo apkopojumu var apskatīt zemāk, tabulā 2.1. [11, 17, 19, 20, 21, 22].

Mašīnmācīšanās pielietojums dažādās jomās

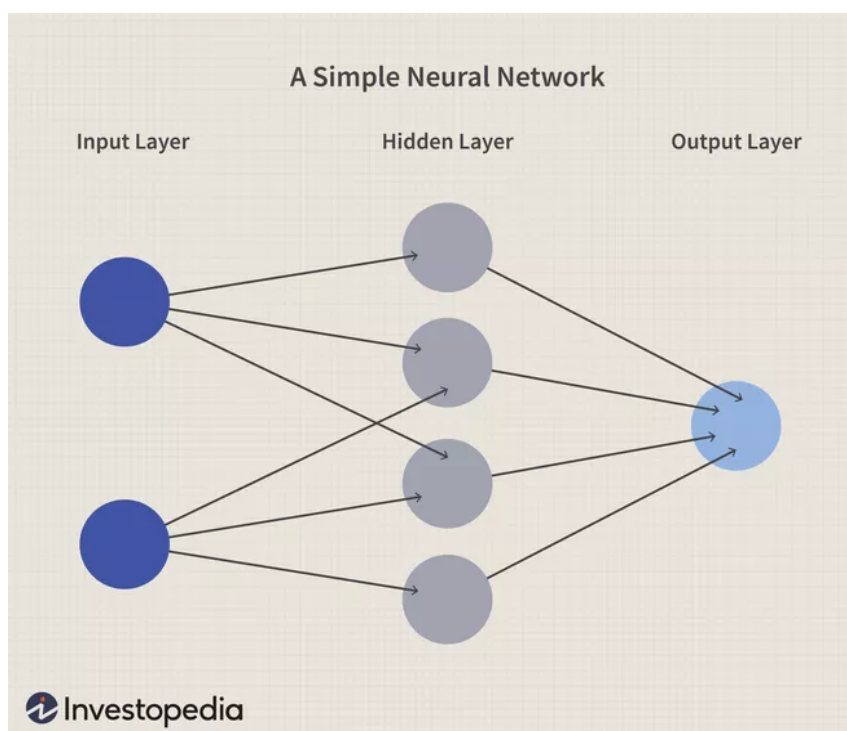
Apmācīšanas scenārijs	Lietojumi
Uzraudzītā mācīšanās	<ul style="list-style-type: none"> + Surogātpasta atklāšana + Prognostiskā analīze, izmantojot regresiju un klasificēšanu + Attēlu klasificēšana + Dokumentu ranžēšana atbilstoši kategorijām (teksta dokumentu klasificēšana) + Runas analizēšana + Dabiskā valodas apstrāde (NLP) + Struktūru atklāšana
Neuzraudzītā mācīšanās	<ul style="list-style-type: none"> + Objektu segmentācija (piemēram, attēlu segmentācija, lai atrastu svarīgo informāciju (rentgena attēlu sadalīšana segmentos, cilvēku atrašana attēlos utml.) + Datu klasterēšana (piemēram, YouTube kanāla abonētu grupēšana pēc vecuma grupām vai atrašanās vietas) + Datu savstarpēja asociēšana
Pusuzraudzītā mācīšanās	<ul style="list-style-type: none"> + Teksta dokumentu klasificēšana + Dokumentu ranžēšana
Stimulētā mācīšanās	<ul style="list-style-type: none"> + Pašbraucošo automašīnu algoritmu izstrāde (piemēram, kustības un trajektorijas plānošana, automātiskā automobiļa novietošana autostāvvietā) + Spēļu testēšana (piemēram, apmācīt ML sistēmu, kas spēj pati iemācīties, kā pareizi spēlēt kādu videospēli vai cita veida spēli, kā šahu, pokeru, dambretes utml.) + Videospēļu izstrāde (piemēram, sarežģītu spēles varoņu izveide, kas spēj sevi apmācīt spēles gaitā, ietekmējoties no spēlētāja darbībām) + Dabiskā valodas apstrāde (piemēram, QnA (jautājumu atbildēšanas), automātiskās tulkošanas sistēmu izveide) + Rekomendācijas sistēmu izveide + Robotu apmācīšana (piemēram, produktu ražošanas roboti)

2.1.2. Neironu tīkls

Neironu tīkls, arī dēvēts par **mākslīgo neironu tīklu (ANN)**, ir mākslīgā intelekta un mašīnmācīšanās apakšnozare, kas ņem iedvesmu no bioloģijas apakšnozares, ko sauc par neirozinātni - nozare, kas pēta nervus, to uzbūvi, struktūru un funkcijas, un arī pēta nervu sistēmu. Neironu tīkli atdarina cilvēku smadzeņu darbību - to, kā bioloģiski neironi sūta signālus viens otram -, ļaujot datorprogrammām un sistēmām atklāt struktūras un risināt tipiskas ar mākslīgo intelektu, mašīnmācīšanos un dziļo mācīšanos saistītas problēmas [16, 24, 25, 26]. Neironu tīkli kalpo par pamatu dziļās mācīšanās algoritmu darbībai [24].

Mākslīgie neironu tīkli sastāv no vairākiem **mezglu slāņiem**, kuri iedalās šādos veidos [24, 25, 26]:

- **ieejas slānis** (angliski: *input layer*)
- viens vai vairāki **apslēptie slāņi** (angliski: *hidden layers*)
- **izejas slānis** (angliski: *output layer*)



2.2. att. - Vienkārša neironu tīkla struktūra [25]

Attēlā 2.2. var ieraudzīt vienkārša neironu tīkla struktūru, kas sastāv no viena **ievades**, **apslēptā** un **izvades** slāņa. Ievades slānī ir divi mezgli, kas katrs padod savus datus nākošajiem mezgliem apslēptajā slānī. Pēc šo datu apstrādes apslēptajā slānī tie tiek tālāk padoti uz izvades slāni, kas ir pēdējais neironu tīkla slānis, kas atgriež beigu vērtību [27].

Katrs individuālais **mezgls** (angliski: *node*) jeb **mākslīgais neirons**, dēvēts arī kā **perceptrons** (angliski: *perceptron*), ir būtībā sava veida **lineārās regresijas modelis** - matemātiska funkcija (dēvēta arī par **ieslēgšanas (aktivizēšanas) funkciju**), kas sastāv no šādām daļām [24, 25, 27]:

- **ievade** (angliski: *input*)
- **sliexsnis** (angliski: *threshold* (dažkārt tiek aizstāts ar terminu *bias* (**tendence** latviešu valodā)))
- **svars** (angliski: *weight*)
- **izvade** (angliski: *output*)

Individuāla mezgla ieslēgšanas funkcijas galvenā loma ir pārveidot svērtās ievades summu no paša mezgla uz izvades vērtību, kuru pēc tam var tālāk padot nākamajam apslēptajam slānim vai beigu (izvades) slānim.

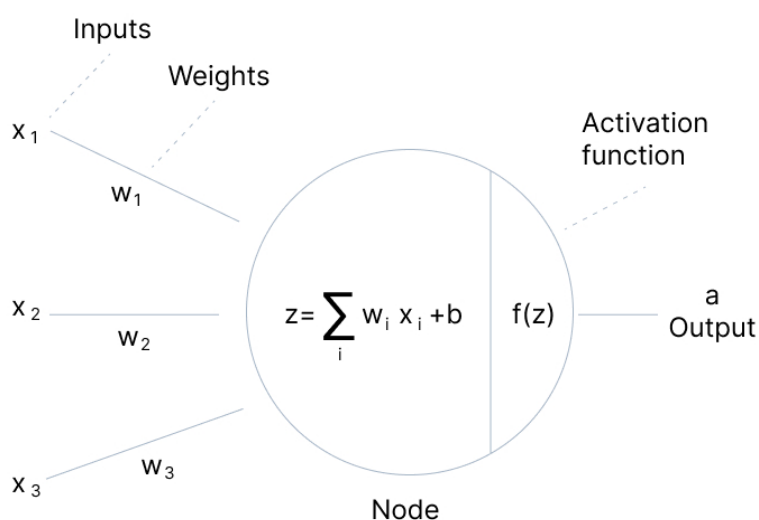
Šīs funkcijas darbību var aplūkot zemāk attēlā 2.3. Dotā mezgla z ieslēgšanas funkcijas

vērtību aprēķina pēc formulas: $z = \sum_{i=1}^m w_i x_i + b$, kur m atbilst kopējam ienākošo mezglu

saišu skaitam, x_i atbilst ienākošā mezgla i izvades vērtība, w_i atbilst ienākošā mezgla i svars,

savukārt mainīgajam b atbilst dotā mezgla z sliexsnis (jeb tendence). Summa $\sum_{i=1}^m w_i x_i$ tiek

aprēķināta pēc formulas $\sum_{i=1}^m w_i x_i = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \dots + w_m x_m$ [24, 27].



V7 Labs

2.3. att. - Mezglā ieslēgšanas funkcijas uzbūve [27]

Dotā mezgla z izvades vērtības $f(z)$ aprēķināšana ir atkarīga no tā, kā šī funkcija ir definēta. Vienkāršākajos gadījumos šī funkcija var būt [27]:

- **lineāra** (arī dēvēta par **identitātes funkciju**): $f(z) = z$
- **bināra** - padotais ievads tiek salīdzināts ar noteiktu sliekšni. Ja ievads pārsniedz šo sliekšni, tad neirons tiek aktivizēts; pretējā gadījumā tas tiek izslēgts, kas nozīmē, ka tā izvide netiek padota tālāk uz nākošo slāni:
 - $f(z) = 0$, ja $z < 0$;
 - $f(z) = 1$, ja $z \geq 0$
- **nelineāra**: nodrošina iespēju izveidot vairākus neironu slāņus, jo izvades formāts ir nelineāra kombinācija no ievades datiem, kas izgājuši cauri vairākiem vidus (apslēptiem) slāņiem
 - piemēri: sigmoidālā jeb loģistiskā ($f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$), ReLU ($f(x) = \max(0, x)$) u.c.

Ja pieņem, ka šajā gadījumā funkcija $f(z)$ ir bināra, tad, apvienojot šīs formulas kopā, iegūstam šādu izvades aprēķina formulu [24, 27]:

$$\text{izvade (output)} = f(z) = \begin{cases} 1, & \text{ja } \sum_i w_i x_i + b \geq 0; \\ 0, & \text{ja } \sum_i w_i x_i + b < 0 \end{cases}$$

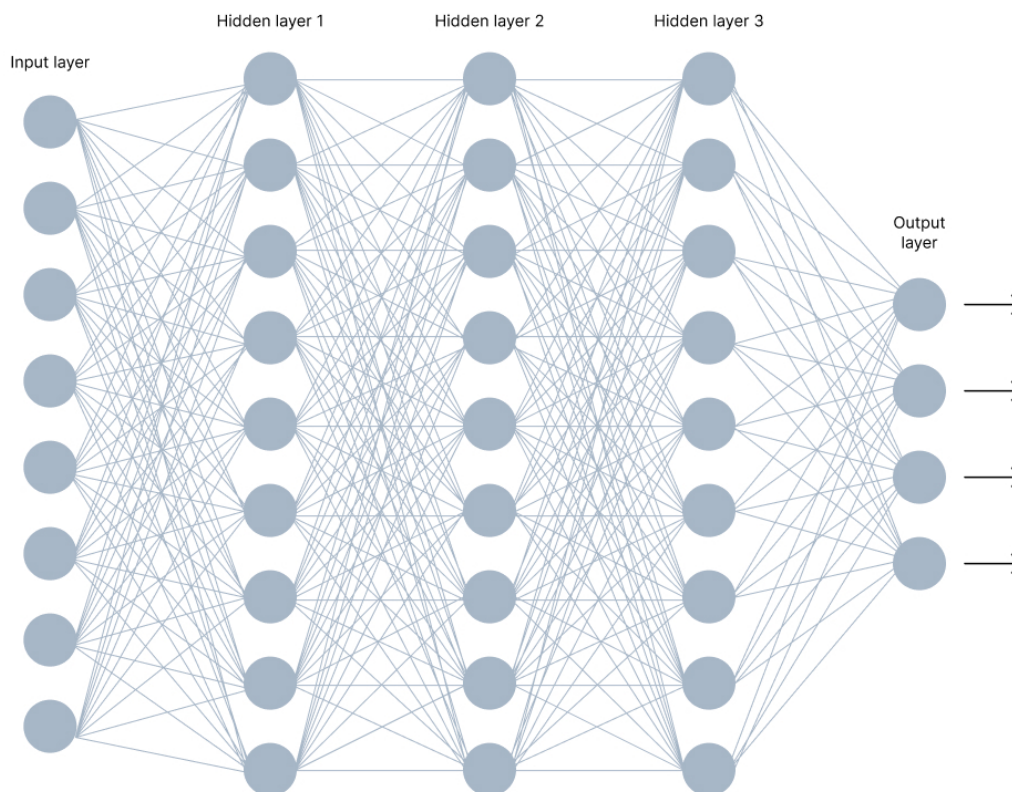
ANN izveidē izvairās no **lineāras funkcijas** izmantošanas - pamatojums tam ir tāds, ka šī funkcija neņem vērā katra ienākošā mezgla vērtības svaru, jo tā tikai atgriež ienākošo vērtību. Tas nozīmē, ka, katrs slānis atgriež ienākošo vērtību, kas nozīmē, ka visi neironu tīkla slāņi saplūst kopā vienotā slānī, jo neatkarīgi no šo slāņu skaita, pēdējais (izvades) slānis vienmēr būs lineārs ar sākotnējo (ievades) slāni [27].

Arī **binārās funkcijas** izmantošanai ir daži **trūkumi** - šāda funkcija nevar atgriezt vairāku vērtību izvadus, kas nozīmē, ka to nevar izmantot, piemēram, vairāku klašu klasificēšanas problēmu risināšanā [27].

2.1.2.1. Neironu tīkla uzbūve

Zemāk, attēlā 2.4. var ieraudzīt sarežģīta neironu tīkla uzbūvi, kurā katrs mezgls ir savienots ar vairākiem citiem mezgliem. Gluži kā 2.2. attēlā redzamais vienkārša neirona tīkla struktūras piemērs, arī šis slānis sastāv no vairākiem **slāņiem** [27]:

- Pirmais ir **ievades slānis**, kas saņem ievades datus no neironu tīkla domēna. Šajā slānī netiek veiktas nekādas skaitliskas darbības - tajā esošie mezgli padod savu informāciju tālāk uz pirmo **apslēpto slāni**
- Pirmais **apslēptais slānis** saņem vērtības no ievades slāņa, tās apstrādā, un padod uz nākošo **apslēpto slāni**. Visi **apslēptie slāņi** netiek atklāti - tie būtībā funkcionē kā abstraktas melnās kastes, kas saņem **ievades slāņa** vērtības, tās apstrādā, izmantojot savas ieslēgšanas funkcijas, un iegūto vērtību padod tālāk, līdz kamēr tā sasniedz **izvades slāni**
 - jāpiebilst, ka parasti visi apslēptie slāņi izmanto vienu un to pašu ieslēgšanas funkciju, kas atšķiras no **izvades slāņa** ieslēgšanas funkcijas
- **Izvades slānis** ir pēdējais slānis neironu tīklā - tas saņem apgūto informāciju no apslēptā slāņa un atgriež pēdējo vērtību kā rezultātu



V7 Labs

2.4. att. - Sarežģītāka neironu tīkla struktūra [27]

2.1.2.2. Neironu tīklu veidi

Kad runā par informācijas plūsmu neironu tīklos, parasti tiek pieminēti un plašāk izpētīti dažāda veida neironu tīkli [24, 25, 27]:

- **vienvirziena izplatīšanās** (angliski: *feedforward propagation*) neironu tīkli - informācijas plūsma iet uz priekšu. Ievadu izmanto, lai aprēķinātu noteiktu funkcijas vērtību apslēptajā slānī, ko pēc tam izmanto, lai aprēķinātu izvades vērtību. Šāda veida tīklos mezgli ir nevis perceptroni, kā tas ir parastajos ANN, bet gan sigmoidālie neironi, kas nozīmē, ka tie izmanto sigmoidālās ieslēgšanas funkcijas. Šāda veida neironu tīklus izmanto tādās nozarēs kā datorredzē un dabiskajā valodas apstrādē
- **atpakaļizplatīšanas** (angliski: *backpropagation*) neironu tīkli - mezglu sliekšņi un savstarpējo saišu svāri tiek vairākkārt pielaboti, lai samazinātu atšķirību starp faktiskās un vēlamās izvades rezultātiem
- **konvolutīvais neironu tīkls** (angliski: *convolutional neural network*) jeb CNN - tāds neironu tīkls, kas ir pielāgots vizuālo datu noteikšanai un analīzei, izmantojot lineāro algebru un matricu reizināšanu,. Pēc darbības principa līdzinās vienvirziena izplatīšanās neironu tīkliem, taču to īpašība ir tāda, ka tos izmanto tieši attēlu atpazīšanas, struktūru noteikšanas un datorredzes problēmu risināšanai.
- **rekurentais neironu tīkls** (angliski: *recurrent neural network*) jeb RNN - tāds tīkls, kas sevi apmāca, analizējot laika rindas datus (tādus datus, kas raksturo mainīgo vērtību izmaiņas dažādos laika periodos). Šāda veida tīklus pārsvarā izmanto, lai veiktu prognozes par nākotnes iznākumiem, piemēram, biržās (akciju tirgos).

Vēl mākslīgos neironu tīklus plaši izmanto krāpšanas atklāšanā, risku analizēšanā, akcijas cenu noteikšanā biržās, finanšu prognozēs un daudzās citās nozarēs [16].

2.1.3. Dziļā mācīšanās

Dziļā mācīšanās ir mašīnmācīšanās apakšnozare, kurā tiek pētīts, kā sistēma apstrādā un analizē ļoti milzīgas datu kopas, izmantojot dažādas metodes, kā arī tiek pētīts, kā pareizi strukturēt algoritmus slāņos, lai izveidotu mākslīgu neironu tīklu [16, 28]. Principā dziļā mācīšanās ir tas pats, kas mašīnmācīšanās, tikai daudz padziļinātāka un precīzāka. Kamēr dažām mašīnmācīšanās sistēmām ir nepieciešama cilvēku palīdzība un iesaistīšanās, tikmēr dziļās mācīšanās sistēmas spēj darboties pilnībā bez īstu cilvēku iesaistes. Dziļās mācīšanās metodes un algoritmus izmanto, lai veidotu padziļinātus un efektīvus neironu tīklus [28].

Labs piemērs dziļās mācīšanās sistēmai ir Google izveidotā AlphaGo sistēma. Tā ir sistēma, kas ir veidota no neironu tīkla un kas ir iemācījies spēlēt galda spēli Go labāk nekā jebkurš cits Go profesionālis, analizējot spēles, kuras tā izspēlēja ar šiem spēlētājiem, un apgūstot jaunas stratēģijas bez cilvēku iesaistīšanās. [28]. Vēl pāris piemēri, kur izmanto dziļo mācīšanos: pašbraucošo mašīnu algoritmi (lai analizētu milzīgos datu apjomus, kas tiek

ievākti, analizējot apkārtņi, gājējus, citas mašīnas), runas analizēšana un atpazīšana, bilžu klasifikācija un segmentācija (piemēram, noteikt suņa sugu tikai pēc tā attēla) [28].

Līdzīgi kā ar mašīnmācīšanos, arī šai nozarei ir viens liels trūkums, kas izceļas starp citiem trūkumiem - šādu sistēmu darbināšanai ir nepieciešama daudz lielāka jauda nekā jebkurai citai parastai ierīcei, programmai vai mākslīgā intelekta sistēmai. Kamēr parasta datora centrālais procesors jeb CPU spēj izdarīt 10^9 vai 10^{10} darbības sekundē, tikmēr dziļās mācīšanās algoritms tiek palaists uz īpaši veidotas aparatūras, kura spēj izpildīt starp 10^{14} un 10^{17} darbībās sekundē [11, pp. 26].

2.1.4. Dabiskā valodas apstrāde

Dabiskā valodas apstrāde jeb **NLP** ir datorzinātnes un mākslīgā intelekta apakšnozare, kas pēta, kā iemācīt datoriem komunicēt ar cilvēkiem izmantojot dabīgu un saprotamu valodu. To var raksturot kā metodi, ar kuras palīdzību MI sistēma var iemācīties, kā iegūt un apstrādāt svarīgu informāciju no teksta vai runas datiem. Citiem vārdiem sakot, ar NLP tehnoloģiju palīdzību datori spēj ne tikai sameklēt un atgriezt atslēgvārdus teksta dokumentā, bet arī veikt daudzas citas vēl sarežģītākas darbības, kā jaunu dokumentu automātisku veidošanu atbilstoši iepriekš izpētītiem un izanalizētiem dokumentiem, lietotāja nodoma uzzināšanu no viņa sniegtā meklējuma vaicājuma, dokumenta konteksta noteikšanu, atbilžu veidošanu uz lietotāju uzdotiem jautājumiem saistībā ar analizēto tekstu, vārdu un teikumu automātisku tulkošanu u.c. līdzīgas darbības [16]. Var teikt, ka NLP galvenais mērķis ir izveidot sistēmas, kas spēj saprast cilvēku rakstītu tekstu un runas valodu un atbildēt tā, kā cilvēks to darītu [29].

NLP darbības pamatā ir spēja apvienot datorlingvistiku - kārtulbalstītu cilvēku valodas modelēšanu - kopā ar statistiskiem, mašīnmācīšanās un dziļās mācīšanās modeļiem [29].

2.1.4.1. NLP tehnoloģiju paveidi

Pirmās NLP tehnoloģijas, kuras tika izmantotas teksta dokumentu analīzei, bija saistītas ar bezkonteksta gramatiku un regulāro izteiksmju izveidi 1950-to gadu vidū, ar kuru palīdzību varēja meklēt noteiktus atslēgvārdus teksta dokumentā - tās dēvēja par **simboliskajām pieejām** (angliski: *symbolic*), jo tās bija balstītas uz teksta atbilstību ļoti noteiktiem likumiem un struktūrām [30]. Ņemot vērā pieaugošo valodu izmēru ne tikai vārdu krājuma, bet arī to gramatisko likumu ziņā, kā arī valodas un to izmantošanas kontekstu vispārīgo nenoteiktību un neierobežotību, ar iepriekš definētiem likumiem un principiem valodas analīzei ar regulāro izteiksmju palīdzību vien nepietika. Šī iemesla dēļ attīstījās tā dēvētā **statistiskā pieeja** teksta dokumentu apstrādei - šī metode apvienoja algoritmus kopā ar mašīnmācīšanās un dziļās

mācīšanās sistēmām, lai varētu automātiski izvilkēt, klasificēt un anotēt dokumentu teksta fragmentus [29, 30]. Tālāk šīs pašas statistiskās un iteratīvās mašīnmācīšanās un dziļās mācīšanās metodes tika pielietotas, lai analizētu runas datus - vispirms tika ievākti šie runas dati, un pēc tam tie tika sagrupēti pēc to statistiskās atbilstības katrai iespējamai nozīmei un definīcijai [29].

Mūsdienās NLP tehnoloģijas visvairāk izmanto tieši dziļās mašīnmācīšanās metodes, kuru darbība balstās uz CNN un RNN darbību. Šīs sistēmas spēj analizēt lielas nezināmas datu kopas un izprast, kā pareizi tās klasificēt un anotēt, balstoties uz saturu, kāds tajās ir sastopams.

2.1.4.2. NLP tehnoloģiju pielietojums

Ņemot vērā to, cik plaši un bieži tiek izmantota cilvēku valoda mūsdienu tiešsaistes un dzīvajā vidē, ir skaidrs, ka dabiskās valodas apstrādes tehnoloģijām ir liels un plašs pielietojums dažādu uzdevumu un problēmu risināšanā [11, 16, 29]:

- **Runas atpazīšana** - cilvēka izrunāto vārdu pārveidošana tekstā, kuru pēc tam var apstrādāt ar citām NLP metodēm un algoritmiem (piemēram, informācijas meklēšana, izmantojot runas atpazīšanas lietotni Siri iPhone mobilajās ierīcēs) [11]
- **Teksta pārvēršana runā** - pretējais runas atpazīšanas procesam. ML sistēmai ir iespēja analizēt daudzas dažādas cilvēku balsis, lai varētu izveidot vēlamu balsi (jāņem arī vērā dialekti, akcenti, dzimums utml. faktori apmācīšanas procesā). Lielākais apgrūtinājums ir izrunāt katru vārdu skaidrā un pareizā valodā tā, lai lietotājiem, kas klausās šo izrunu, katrs vārds ir skaidri un gaiši saprotams; vēl arī jānodrošina, ka teksta izrunāšanas brīdī kopējā teikuma plūsma tiek saglabāta oriģinālajā formā - ar pareizām pauzēm un uzsvāru uz noteiktām zilbēm [11]
- **Automātiskā tulkošana** - teksta pārveidošana no vienas valodas uz citu. Parasti šādas sistēmas tiek apmācītas, izmantojot bilingvālu testa datu kopu - kopu, kas satur dokumentu pārus, kur viens pāra elements ir vienā valodā un otrs elements - citā valodā. Agrāk ap 2000-o gadu sākumu sistēmas izmantoja tā dēvēto **n-gramatikas modeli** - kopumu, kas satur n dažādus elementus (simbolus vai vārdus) noteiktā secībā [11, 30]. Lielākā problēma ar šādu pieeju bija tāda, ka šāda veida sistēmas nespēja uztvert sintaktisko un gramatisko struktūru valodā, uz kuru tulkoja, kas nozīmē, ka iztulkotais teikums saturēja daudzas sintaktiskas kļūdas. Mūsdienās tulkošanas problēmu risināšanai izmanto RNN tīklus [11].

- **Ziņu filtrēšana** - NLP tehnoloģijas var izmantot, lai analizētu lietotāju ziņas sociālo tīklu lietotnēs, kā arī, lai sagrupētu surogātpastu ziņojumus un tos noņemtu no galveno e-pastu saraksta [16]
- **Sarunbotu un virtuālo asistentu izveide** - sarunbotu funkcionalitātes pamata ir dziļās mācīšanās sistēmu spēja izanalizēt lietotāju vaicājumus un atklāt struktūras starp dažādām ziņām, pēc kurām var spriest, kā pareizi atbildēt; daudz sarežģītākas un pilnīgākas sistēmas spēj iemācīties, kā pareizi atpazīt kontekstu, kas slēpjas aiz lietotāju ziņām un vaicājumiem, un izmantot šos kontekstus, lai uzģenerētu atbilstošu atbildi. Turpretī virtuālie asistenti vairāk pieturas pie “jautājumu un atbilžu” formāta - tas ir, šāda veida dziļās mācīšanās sistēmas spēj analizēt un atklāt struktūras lietotāju uzdotajos jautājumos, pēc kurām tālāk var lemt, kādu saturu iekļaut atbildē, kas tiks pasniegta lietotājam [29]. Šo sistēmu pamatā ir ideja, ka no jautājuma var izvilkt arī svarīgākos vārdus un izmantot dažādas vārdu secību kombinācijas, lai atrastu atbilstošas atbildes (piemēram, uz jautājumu “Kurš izgudroja automobili?” ML sistēma varētu meklēt atbildi, izmantojot vaicājumus formā “ * izgudroja automobili”, “Automobili izgudroja * “ utml.) [11].

2.1.5. Kognitīvā skaitļošana

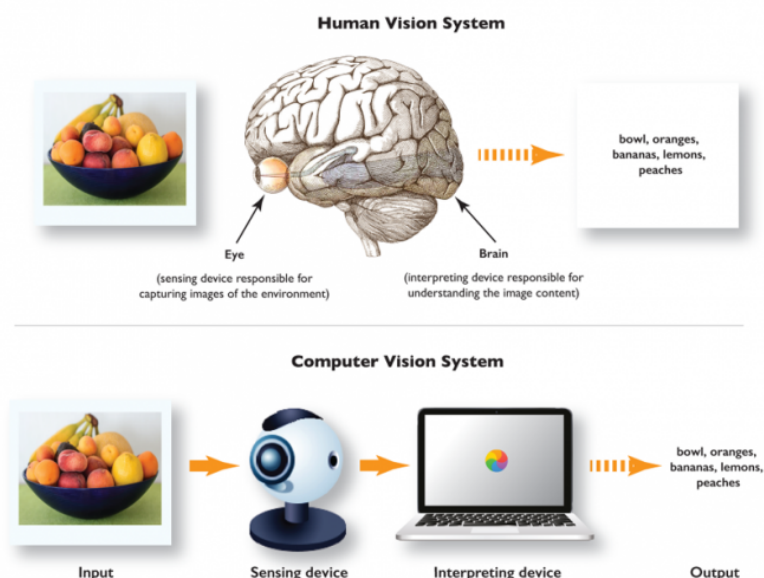
Kognitīvā skaitļošana ir “nozare, kas pēta, kā var pielietot metodes no psiholoģijas, bioloģijas, signālu apstrādes, fizikas, informācijas teorijas, matemātikas un statistikas nozarēm, lai varētu izveidot sistēmas, kurām piemīt spriešanas un argumentācijas spējas, kas līdzinās tām spējām, kādas piemīt cilvēka smadzenēm” [31]. Vienkāršākos vārdos, **kognitīvās skaitļošanas** mērķis ir sekmēt, ka iekārtas (sistēmas) spēj sadarboties kopā ar cilvēkiem un piedāvāt risinājumus dažādam sarežģītām problēmām un uzdevumiem gluži kā īsts cilvēks (spēj iesaistīties diskusijās ar cilvēku par dažādām tēmām). Šādu sistēmu pamatā ir princips, ka iekārtas (sistēmas), strādājot kopā ar cilvēkiem, spēj izprast un apgūt cilvēku reakciju un sajūtas dažādās situācijās, pēc tam mēģinot atdarināt šo procesu datora modelī [16]. Mūsdienu kognitīvās skaitļošanas sistēmas vēl joprojām nespēj realizēt cilvēku inteliģenci, jo tās saskaras ar dažādiem apgrūtinājumiem [31]:

- lielākā daļa no industrijā pieejamajām MI sistēmām vēl joprojām funkcionē primāri kā **matemātiskas sistēmas**, kuras ir balstītas uz mākslīgo neironu tīklu un dziļās mācīšanās pamatiem - citiem vārdiem sakot, šīs sistēmas vēl nespēj pilnībā aptvert cilvēku emocijas un mentalitāti, kā rezultātā tā atpauk no cilvēku inteliģences dažādu problēmu risināšanā

- jo vairāk attīstās MI tehnoloģijas, jo augstākas ir vēlmes, kuras cilvēki vēlas ar tām sasniegt, kas nozīmē, ka šīm sistēmām nepieciešams arvien lielāks apgūstamo datu apjoms. Tas nozīmē, ka tālāka mākslīgā intelekta un arī kognitīvo sistēmu attīstība ir ļoti atkarīga no tā, vai nākotnē vēl būs pieejami jauni dati, no kuriem mācīties, un vai šie dati būs pietiekami lielā apjomā, lai tos varētu uzskatīt par vērtīgiem

2.1.6. Datorredze

Datorredze ir mākslīgā intelekta apakšnozare, kas pēta datoru un sistēmu spēju iegūt svarīgu informāciju no digitāliem attēliem, video failiem un cita veida vizuāliem informācijas avotiem, un izpildīt darbības vai norādīt ieteikumus, balstoties uz iegūto informāciju. Datorredzi var iztēloties kā datora *acis* - ja mākslīgais intelekts sniedz iespēju datoriem domāt un attīstīt savu inteligenci, tad datorredze tiem ļauj apskatīt un izprast apkārtējo pasauli vizuālā veidā [32]. Šīs tehnoloģijas funkcionalitāti var pielīdzināt cilvēka acīm, kuras spēj apstrādāt milzīgu vizuālās informācijas apjomu ar ļoti augstu precizitāti ļoti īsā laikā, balstoties uz pieredzi, kas iegūta vairāku simtu tūkstošu gadu garā evolūcijas ietekmē. Tajā pašā laikā datorredze mēģina apmācīt datorus un sistēmas tā, lai tās spētu apstrādāt šo informāciju līdzīgā veidā, taču tai jāspēj to izdarīt daudz īsākā laikā, izmantojot kameras, datus un algoritmus īstu bioloģisku orgānu - acu tīklenes, optisko nervu un vizuālā korteksa - vietā [32, 33]. Zemāk, attēlā 2.5. ir apskatāmas līdzības starp cilvēka redzes un datorredzes sistēmām un kā tās apstrādā vizuālus datus [33].



2.5. att. - Cilvēka redzes un datorredzes datu plūsma [33]

Datorredzi visbiežāk izmanto sistēmās, kurās ir svarīgi apstrādāt informāciju, kas ir iegūstama tikai no attēliem - šeit ir uzskaitīti daži piemēri scenārijiem, kuros tiek pielietota datorredze [32, 33, 34]:

- **Teksta atpazīšana** - Google Translate lietotnei ir pieejama funkcija, kas ļauj lietotājiem atvērt viedierīces kameru, to norādīt uz kādu tekstu citā valodā un uzreiz iegūt noskenētā teksta tulkojumu [32]
- **Objektu noteikšana** - semantisku objektu atpazīšana un atzīmēšana pēc to piederības noteiktai klasei (piemēram, pašbraucošas automašīnas kamera ar video palīdzību spēj vienlaicīgi noteikt, kuri pamanītie objekti atbilst cilvēkam, kuri atbilst automašīnai un kuri - citiem objektiem) [34]
- **Seju atpazīšana** - sistēma atpazīst seju pēc tās pazīmēm; piemēram, Google FaceNet kā daļa no Google Apps lietotnes, kas ļauj sagrupēt bildes atbilstoši tiem cilvēkiem, kas tajās parādās, vai Apple Face ID programma, kas analizē sejas pazīmes, lai noteiktu, vai lietotāju var vai nevar autentificēt - abas šīs sistēmas izmanto datorredzes sejas atpazīšanas tehnoloģijas [34]
- **Attēlu meklēšana** - datorredzes sistēmas spēj atlasīt, sameklēt un atgriezt sarakstu ar bildēm no lielām attēlu kopām, balstoties uz šo attēlu saturu [32, 33, 34]

3. MĀKSLĪGĀ INTELEKTA PIELIETOJUMS E-KOMERCIJĀ

Pētot mākslīgā intelekta tehnoloģijas un to pielietojamību tiešsaistes e-komercijas vietnēs, rodas jautājums - kāds ir patiesais iemesls, kādēļ uzņēmumiem un e-komercijas vietņu un sistēmu īpašniekiem vajadzētu ieguldīt resursus, lai ieviestu mākslīgā intelekta tehnoloģijas savās e-komercijas vietnēs un sistēmās? Ņemot vērā prognozēto straujo mākslīgā intelekta programmatūras tirgus pieaugumu tuvāko dažu gadu laikā - piemēram, kā vēsta interneta portāls Statista [35], 2020. gadā tiek sagaidīts, ka globālais MI programmatūras tirgus augs par aptuveni 54% katru gadu, tajā pašā gadā MI tehnoloģiju apgrozījumam sasniedzot 22.6 miljardus ASV dolāru -, ir vērts padomāt, vai MI tehnoloģiju ieviešanas ieguvumi pārsniedz to ieviešanas riskus.

Ir vērts vispirms apskatīties uz datiem un aplēsēm par potenciālajiem ieguvumiem, kādus var ienest mākslīgā intelekta tehnoloģiju ieviešana. Piemēram, vadoties pēc uzņēmuma Accenture apkopotajiem datiem par MI tehnoloģiju nozīmīgumu [36], var secināt, ka, pateicoties MI tehnoloģiju piedāvātajām iespējām, uzņēmumiem ir iespēja uzlabot savu biznesu procesus, izmantojot tieši šīs tehnoloģijas. Piemēram, kā vēsta Accenture, automatizācija spēj samazināt tēriņus un palielināt biznesa procesu ātrumu un mērogojamību, pateicoties to spējai ātri un efektīvi apstrādāt lielus datu apjomus, kurus uzņēmumi nevar paši apstrādāt pietiekami īsā laikā. Pie tam šīs pašas MI sistēmas un tehnoloģijas spēj izmantot gan mašīnmācīšanos, gan dziļo mācīšanos, lai tuvu vai reālā laikā varētu iegūt precīzus, objektīvus un plaši izmantojamus datus - piemēram, MI tehnoloģijas spēj analizēt liela apjoma datus par lietotājiem un to pirktajiem vai apskatītajiem produktiem, lai noteiktu, kādus produktus tālāk ieteikt šiem pašiem klientiem nākošajā reizē, kad viņi apmeklē e-komercijas vietni [36].

Vēl ir noderīgi apskatīt, kādus ieguvumus spēj atnest mākslīgais intelekts tieši e-komercijas kontekstā [36]:

- **produktivitāte** - MI tehnoloģijas spēj automatizēt sarežģītu procesu izpildi, tādā veidā samazinot izmaksas (jo nav jāmaksā par papildus darbu kādam darbiniekam, kas šos procesus varētu izpildīt daudz lēnāk), kā arī MI var izmantot, lai prognozētu, vai drīzumā varētu tikt sasniegts brīdis, kad e-komercijas vietne varētu ieiet dīkstāvē (angliski: *downtime*), tādā veidā samazinot pēkšņu vietnes apstāšanos svarīgos brīžos,

datumos un laika periodos (piemēram, Ziemassvētku laikā, kad ir novērojams ļoti liels apmeklētāju skaits, kas var radīt riskus vietnei un tās darbībai)

- **uzlabota precizitāte un lēmumu pieņemšana** - MI tehnoloģijas spēj visu laiku mācīties un pilnveidoties, tādā veidā nodrošinot, ka tā veiktās darbības nesīs minimālu risku (pie nosacījuma, ka šīs sistēmas ir pareizi apmācītas no paša sākuma)
- **apdomāti un inteligēti izvēlēti produktu piedāvājumi (rekomendācijas)** - ņemot vērā MI tehnoloģiju iespēju noteikt shēmas un saistības starp datiem ātrāk un efektīvāk nekā to spētu izdarīt cilvēks, parādās iespējas izmantot šīs tehnoloģijas jaunu rekomendāciju sistēmu izveidei
- **uzlabots klientu serviss** - izmantojot NLP un ML tehnoloģijas, ir iespējams izveidot inteligēntus un spējīgus sarunbotus un palīgus, kas spēj palīdzēt klientiem tikt galā ar dažādiem jautājumiem un problēmām e-komercijas vietnē 24 / 7 bez apstājas

Ņemot vērā potenciālos ieguvumus, kādus mākslīgā intelekta tehnoloģijas spēj pienest klāt e-komercijas vietņu īpašniekiem (uzņēmumiem), ir vērts aplūkot vairākus konkrētus piemērus dažāda veida tehnoloģijām, kuras var izmantot e-komercijas klientu pieredzes un vietnes vispārējai uzlabošanai un attīstīšanai.

3.1. Produkti un pakalpojumi, vietnes personalizācija

Pastāv vairāki veidi, kā mākslīgo intelektu var izmantot, lai uzlabotu to, kā produkti un pakalpojumi tiek pasniegti gan pastāvīgiem, gan jauniem klientiem.

Viens no šādiem veidiem ir izveidot produktu rekomendācijas sistēmu, kas izmanto mašīnmācīšanās algoritmus, lai noteiktu, kāda veida produktus parādīt klientiem balstoties pēc to atrašanās vietas un datuma, kurā klients apmeklēja pašu vietni vai doto produktu. Vēl šo pašu rekomendācijas sistēmu var izveidot, balstoties uz to, kādus produktus klients jau iepriekš ir apskatījis, sagrupējot šos produktus vai nu pēc cenas, vai nu pēc noteiktām kategorijām [13, 26, 39]. Šādām sistēmām lielākās priekšrocības ir [39]:

- lielāks to klientu skaits, kas atgriežas atpakaļ uz e-komercijas vietni
- apgrozījuma pieaugums (lielāka iespēja, ka klienti ierauga sev vēlamu produktu un to iegādājas)
- personalizēta pieredze katram klientam (klientiem ir sajūta, ka e-komercijas vietne vienmēr zina, ko viņi vēlas iegādāties - to nodrošina ML sistēmas, kas analizē klientu darbības un tendences saistībā ar produktu aplūkošanu un iegādi)

Vēl ļoti noderīga tehnoloģija, ko var izmantot produktu un pakalpojumu pasniegšanas un personalizēšanas uzlabošanā, ir tieši NLP un dziļās mācīšanās izmantošana produktu īpašību un pazīmju uzlabošanā. Piemēram, [13], iespējams, ka ir situācija, kurā e-komercijas vietnē ir 100'000 dažādi produkti, kuriem vajag pamainīt produktu aprakstus. Manuāli iet cauri katram no šiem produktiem nav iespējams, ņemot vērā milzīgo produktu daudzumu. Arī visu produktu aprakstu uzlabošana reizē nav pareiza, jo tādā gadījumā nav iespēja pamainīt produktu aprakstus atbilstoši katra produkta veidam un tā pazīmēm. Šādā situācijā var noderēt ne tikai NLP, bet arī pat CNN tīkli - piemēram, ar CNN tīkla palīdzību var izanalizēt visu 100'000 produktu attēlus, tos klasificēt atbilstoši noteiktām kategorijām un pazīmēm (piemēram, melna kleita, balts krekls, zilas bikses utml.), savukārt ar NLP un uzraudzītās mašīnmācīšanās tehnoloģiju palīdzību ir iespējams izveidot jaunu saturu katram produktam, balstoties uz iegūtajiem datiem par katra produkta attēliem un tā kategorijām, izmēriem u.c. pazīmēm [26, 37].

Līdzīgs piemērs tiek izmantots Pinterest sociālā tīkla portālā, kur lietotāji spēj atlasīt kategoriju, kas ir asociēta ar kādu bildi, un, izmantojot Pinterest vietnes attēlu atpazīšanas ML programmatūru, atlasīt līdzīgas bildes [37].

Daži piemēri produktu un pakalpojumu personalizācijas sistēmām, kas tiek izmantotas dažādās e-komercijas vietnēs, kas veidotas uz Magento 2 ietvara bāzes: Klevu Smart Recommendations [40], Adobe Product Recommendations [41].

Vēl kā piemēru var minēt tā saukto “personalizēto jeb gudro (*smart*) meklēšanu” - izmantojot mašīnmācīšanos, ir iespējams analizēt lietotāju darbības gluži kā tas tiek darīts produktu rekomendēšanas sistēmās, taču šoreiz iegūtie rezultāti tiek pielietoti, lai pielāgotu pirmos rezultātus, kas parādās meklētājā, balstoties uz lietotāja veiktajām darbībām e-komercijas vietnē. Piemērs šādiem meklētājiem, kas ir izmantojami Magento 2 ietvarā: Klevu Search, Algolia, Segmentify Search.

3.2. Vietnes vispārīga uzlabošana

Lai uzlabotu e-komercijas vietnes vispārējo funkcionalitāti, var izmantot dažādus mākslīgā intelekta risinājumus [13, 37]:

- **klientu atsauksmju analizēšanu, izmantojot ANN tīklus** - izmantojot ANN un NLP, var noteikt, vai dotā klienta atstātā atsauksme ir ar pozitīvu vai negatīvu nodomu (ne vienmēr reitinga punkti atbilst patiesībai - mēdz gadīties, ka cilvēks ieliek 1 vai 2 zvaigznes no 5, bet savā atsauksmē ieraksta, ka būtu ielicis 5 no 5, ja “x” būtu labāks vai “y” būtu mazāk akcentēts) [26]. Līdzīgi var arī analizēt un noteikt, vai kādā

lietotāju diskusiju grupā ir aktīvs tāds lietotājs, kas sabojā diskusijas un vispārējo vietnes izmantošanas pieredzi citiem lietotājiem, lai varētu tālāk lemt, kā ar šādu lietotāju rīkoties [37]

- **kiberdrošības uzlabošana, izmantojot mašīnmācīšanos** - servera resursu automātiska regulēšana atbilstoši pieprasījumu skaitam [37]

3.3. Inventarizācijas pārvaldīšana

Efektīvu un labi pārdomātu inventarizācijas pārvaldīšanu var veicināt, izmantojot mašīnmācīšanās tehnoloģijas [39]. Tieši ar mašīnmācīšanās palīdzību ir iespējams daudz labāk un precīzāk pārvaldīt un pielāgot inventarizāciju atbilstoši dažādiem scenārijiem [39]:

- apgrozījuma tendiem iepriekšējo gadu laikā
- paredzētām un sagaidāmām izmaiņām produktu pieprasījumā (ņemot vērā mašīnmācīšanās spēju analizēt un atrast struktūras un shēmas datu kopās, šeit vislabāk iederas uzraudzītā mašīnmācīšanās, jo ir jāveic prognozes, balstoties uz jau labi zināmiem datiem)
- iespējamiem apgrūtinājumiem produktu piegādes procesā, kas varētu ietekmēt kopējo pieejamo produktu klāstu (šeit noderētu tieši neuzraudzītā mašīnmācīšanās, jo nav zināms, kā tieši būs jāpielāgo inventarizācija, ņemot vērā, ka piegādes procesa apgrūtinājumu skala un apjoms līdz pārbaudes brīdim nav zināms)

3.4. Klienta servisa uzlabošana

Izmantojot NLP un mašīnmācīšanās tehnoloģijas, ir iespējams izveidot gan virtuālos asistentus, gan arī sarunbotus, kas spēj palīdzēt klientiem atrisināt dažādas problēmas [13, 37, 38, 39]:

- **produktu meklēšana atbilstoši lietotāja vaicājumam** - ar NLP palīdzību ir iespējams pareizi izanalizēt un izprast lietotāja vaicājuma kontekstu, lai uzzinātu, kādu tieši produktu vislabāk viņam ieteikt apskati
- **atbildēšana uz bieži uzdotiem jautājumiem** - situācijās, kad vairāki lietotāji jautā vienu un to pašu, ir iespējams izmantot jau iepriekš zināmas atbildes uz tiem pašiem jautājumiem ar NLP palīdzību, tādā veidā uzlabojot lietotāju pieredzi un vietnes vispārējo darbību

4. PRAKTISKAIS PĒTĪJUMS

4.1. Uzdevuma definīcija

Praktiskā daļa sevī ietver nelielu pētījumu, kura ietvaros tiek apskatītas ar tīmekļa lietotnēm visbiežāk izmantotās mākslīgā intelekta, mašīnmācīšanās un NLP tehnoloģijas, kā arī tiek iedots neliels ieskats šo tehnoloģiju pielietojumā.

4.1.1. Rīku izpēte

Praktiskā pētījuma ietvaros tika pētīti tikai tie rīki, kurus var tiešā veidā pielietot, izmantojot NodeJS, JavaScript vai React programmēšanas valodas.

1) JavaScript bibliotēkas mašīnmācīšanās algoritmu izmantošanai [43]:

a) **Tensorflow.js** [43, 45]- visplašākā JavaScript bibliotēka, kāda ir pieejama par brīvo - tā ir pamatā domāta, lai pētītu dziļo mācīšanos, kā arī, lai apmācītu neironu tīklu modeļus iekš node.js vai pa tiešo tīmeklī, kur šie modeļi izmanto iekārtu paātrināšanu. TensorFlow piedāvā tādus iepriekš uztrenētus modeļus kā

- i) Attēlu klasificēšana
- ii) Objektu noteikšana
- iii) Ķermeņa segmentēšana
- iv) Lietotāja ziņas nodoma noteikšana (pozitīva vai negatīva ziņa)
- v) Dabiskās valodas jautājumu atbildēšana (Q&A modelis), u.c.

b) **Brain.js** [43] - atvērtā pirmkoda JS bibliotēka, kas pamatā domāta neironu tīklu apmācīšanai. Lielākais šīs bibliotēkas mīnuss ir tāds, ka tā nepiedāvā iespēju eksperimentēt ar pašizdomātu neironu tīklu arhitektūru, kas ir ārpus tām, ko piedāvā brain.js, taču šī bibliotēka piedāvā daudzus dažādus API, kurus var izmantot, lai apmācītu šāda veida neironu tīklus, kādus šī bibliotēka atbalsta:

- i) **vienvirziena izplatīšanās**
- ii) **RNN**
- iii) **garais īstermiņa atmiņas neironu tīkls**

2) JavaScript bibliotēkas dabiskās valodas apstrādei [43, 44]:

- a) **NLP.js** [43, 44]- pilnīga un ar funkcijām bagāta dabiskās valodas apstrādes bibliotēka JavaScript valodā ar node.js atbalstu. Šajā bibliotēkā ir iespējams atrast gan parastas, gan ļoti sarežģītas NLP funkcijas, kā objektu iegūšana, dabiskā valodas sapratne (natural language understanding), lietotāja noskaņojuma analīze u.c
- b) **Compromise** [43, 44] - NLP bibliotēka JavaScript valodā, kas piedāvā iespēju sadalīt tekstu pa daļām atbilstoši tā struktūrai.
Piemēram, tekstu var sadalīt tā, ka tas atgriež tikai lietvārdus (#Noun), īpašības vārdus (#Adjective), darbības vārdus (#Verb) un daudzas citas līdzīgas kombinācijas.
Šī bibliotēka piedāvā daudzas dažādas API metodes, ar kuru palīdzību ir iespējams veikt neierobežoti daudzas darbības. Bibliotēkas pamatā ir pats vienkāršākais NLP tehnoloģiju veids - regulārās izteiksmes -, taču šīs bibliotēkas daudzveidība un vienkāršība padara to par ļoti labu variantu, kuru izvēlēties, lai apgūtu dabiskās valodas apstrādes pamatus
- c) **Natural** - dabiskās valodas apstrādes bibliotēka, kas piedāvā iespēju izmantot tādas funkcijas kā teksta sadalīšanu (*tokenizing*), klasificēšanu, TF-IDF aprēķināšanu u.c.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Darba gaitā tika izpētīts, kādi ir dažādie e-komercijas ietvaru veidi, kādi ir pieejami mūsdienu e-komercijas vidē. Tālāk tika padziļināti apskatīts mākslīgais intelekts un sešas tā pamata apakšnozares, kā arī tika doti vairāki piemēri šo apakšnozaru pielietošanai dažādās jomās un nozarēs. Pēc tam tika izpētīts, kā iepriekš aplūkotās mākslīgā intelekta nozares un ar tām saistītās tehnoloģijas var tikt izmantotas e-komercijas uzlabošanā. Visbeidzot tika apskatītas un izpētītas dažādas pakotnes, kuras nodrošina iespēju izmantot dažāda veida mākslīgā intelekta, dabiskās valodas apstrādes un mākslīgā intelekta funkcijas plaši zināmās un izmantotās programmēšanas valodās un ietvaros, kā JavaScript, NodeJS un React.

SECINĀJUMI

Pēc bakalaura darba “Dažādu mākslīgā intelekta risinājumu pielietojums e-komercijā” izpildes darba autors secināja, ka e-komercijā tiek plaši izmantotas ne tikai tieši mākslīgā intelekta tehnoloģijas, bet gan arī tā apakšnozares un ar tām saistītās tehnoloģijas. Papildus tam tika secināts, ka šīs tehnoloģijas var viegli un ērti izmantot, pielietojot un integrējot dažāda veida pakotnes un bibliotēkas projektos, kur tiek izmantots ne tikai JavaScript, bet arī NodeJS un ReactJS. Tas liecina, ka mākslīgā intelekta tehnoloģiju izmantošana mūsdienu e-komerciju vidē ir ļoti atbalstīta un pat vēlama, jo, kā darba autors darba gaitā izpētīja, mākslīgā intelekta tehnoloģiju pielietojums gan e-komercijā, gan citās nozarēs tikai pieaugs tuvāko gadu laikā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

1. D. Coppola, "E-commerce worldwide - statistics & facts." Statista, 2022, 23. febr. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 15.05.2022].
Pieejams: <https://www.statista.com/topics/871/online-shopping/>
2. R. Pelle, "Dažādu e-komercijas sistēmu optimizācija no administratoru un izstrādātāju puses," Kursa darbs, Latvijas Universitāte, Datorikas fakultāte, Rīga, 2022, pp. 6-14.
3. S. Shahid, "Top Ecommerce Platforms Ranking by Market Share (2022)." Cloudways, 2022, 20. apr. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.cloudways.com/blog/top-ecommerce-platforms/>
4. "What Is An Ecommerce Platform? Types And Features." The Ecomm Manager, 2022, 17. janv. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://theecommmanager.com/what-is-ecommerce-platform/>
5. "Choosing Among Today's Ecommerce Frameworks: How to Determine Which One is Right for You." BigCommerce. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
<https://www.bigcommerce.com/articles/ecommerce-website-development/ecommerce-frameworks/>
6. "Top 5 SaaS Ecommerce Platforms." ScienceSoft. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.scnsoft.com/ecommerce/saas>
7. A. Das, "Best Open Source eCommerce Platforms to Build Online Shopping Websites." It's FOSS, 2021, 8. janv. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://itsfoss.com/open-source-ecommerce/>
8. "Headless Commerce." BigCommerce. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.bigcommerce.com/articles/headless-commerce/>
9. "What is Headless Commerce? Get Answers to Your FAQs." Elastic Path. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.elasticpath.com/headless-commerce-FAQ>
10. J. Warnimont, "20+ Best Open Source and Free Ecommerce Platforms for 2022." Ecommerce Platforms, 2022, 18. maijs. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
<https://ecommerce-platforms.com/articles/open-source-ecommerce-platforms>
11. S. Russel un P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th Edition*. Hoboken, NJ, USA: Prentice Hall, 2020.

12. IBM Cloud Education, "Artificial Intelligence (AI)," IBM, 2020, 3. jun. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>
13. D. Panigrahi un M. Karuna, "A Review on Leveraging Artificial Intelligence to Enhance Business Engagement in Ecommerce," *International Journal of Research Publication and Reviews*, vol. 2, no. 6, pp. 239-250, 2021, ISSN 2582-7421. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.ijrpr.com/uploads/V2ISSUE6/IJRPR531.pdf>
14. "Why is AI Important?" CSU Global, 2021, 5. jul. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://csuglobal.edu/blog/why-ai-important>
15. C. A. Khanzode, R. D. Sarode, "ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING: A LITERATURE REVIEW," *International Journal of Library & Information Science (IJLIS)*, vol. 9, no. 1, pp. 30-36, 2020, ISSN: 2277-3584. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
https://www.academia.edu/44895767/ADVANTAGES_AND_DISADVANTAGES_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_AND_MACHINE_LEARNING_A_LITERATURE_REVIEW
16. Rancho Labs, "6 Major Sub-Fields of Artificial Intelligence." Medium, 2021, 14. jul. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
<https://rancholabs.medium.com/6-major-sub-fields-of-artificial-intelligence-77f6a5b28109>
17. M. Mohri, A. Rostamizadeh un A. Talwalkar, *Foundations of Machine Learning, Second Edition*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2018, pp. 1-8.
18. "Advantages and Disadvantages of Machine Learning Language." Data Flair [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
<https://data-flair.training/blogs/advantages-and-disadvantages-of-machine-learning/>
19. G. Bonaccorso, *Machine Learning Algorithms*. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd., 2017, pp. 6-19.
20. D. Fumo, "Types of Machine Learning Algorithms You Should Know." Medium, 2017, 15. jun. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:

- <https://towardsdatascience.com/types-of-machine-learning-algorithms-you-should-know-953a08248861>
21. D. Mwit, "10 Real-Life Applications of Reinforcement Learning." neptune.ai, 2021, 8. nov. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://neptune.ai/blog/reinforcement-learning-applications>
 22. B. R. Kiran , I. Sobh, V. Talpaert, P. Mannion, A. A. Al Sallab, S. Yogamani un P. Pérez, "Deep Reinforcement Learning for Autonomous Driving: A Survey," arXiv, 2021, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.00444>. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://arxiv.org/abs/2002.00444>
 23. N. Jones, "How to stop data centres from gobbling up the world's electricity." nature.com, 2018, 12. sep. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-06610-y>
 24. IBM Cloud Education, "Neural Networks." IBM, 2020, 17. aug. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.ibm.com/cloud/learn/neural-networks>
 25. J. Chen, "Neural Network." Investopedia, 2021, 8. dec. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.investopedia.com/terms/n/neuralnetwork.asp>
 26. F. Z. Skovhøj, "Neural Network Applications in E-Commerce: Advantages & Disadvantages." clerk.io, 2022, 19. jan. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://blog.clerk.io/neural-network>
 27. P. Baheti, "12 Types of Neural Network Activation Functions: How to Choose?" V7, 2022, 26. maijs. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.v7labs.com/blog/neural-networks-activation-functions>
 28. P. Grieve, "Deep learning vs. machine learning: What's the difference?" Zendesk Blog, 2022, 8. marts. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.zendesk.com/blog/machine-learning-and-deep-learning/>
 29. IBM Cloud Education, "Natural Language Processing (NLP)." IBM, 2020, 2. jul. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.ibm.com/cloud/learn/natural-language-processing>
 30. P. M. Nadkarni, L. Ohno-Machado un W. W. Chapman, "Natural language processing: an introduction," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 18, no. 5, pp. 544-551, septembris 2011, doi: <https://doi.org/10.1136/amiainl-2011-000464>. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts

- 27.05.2022].
Pieejams: <https://academic.oup.com/jamia/article/18/5/544/829676>
31. M. Chen, F. Herrera un K. Hwang, "Cognitive Computing: Architecture, Technologies and Intelligent Applications," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 19774-19783, 2018, doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2791469>. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8259243>
32. "What is computer vision?" IBM [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.ibm.com/topics/computer-vision>
33. N. Babich, "What Is Computer Vision & How Does it Work? An Introduction." Adobe, 2020, 28. jun. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
<https://xd.adobe.com/ideas/principles/emerging-technology/what-is-computer-vision-how-does-it-work/>
34. A. Voulodimos, N. Doulamis, A. Doulamis un E. Protopapadakis, "Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review," *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2018, Febr., 2018, doi: <https://doi.org/10.1155/2018/7068349>. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.hindawi.com/journals/cin/2018/7068349/>
35. Statista Research Department, "Artificial intelligence software market growth forecast worldwide 2019-2025." Statista, 2022, 31. marts. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
<https://www.statista.com/statistics/607960/worldwide-artificial-intelligence-market-growth/#:~:text=In%202020%2C%20the%20global%20AI,to%20learn%20and%20solve%20problems.>
36. "Artificial Intelligence." Accenture [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams:
<https://www.accenture.com/us-en/insights/artificial-intelligence-summary-index>
37. C. Dilmegani, "Top 20 AI Applications & Use Cases in E-Commerce [2022]." AI Multiple, 2022, 9. maijs. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://research.aimultiple.com/ai-ecommerce/>
38. V. D. Soni, "Emerging Roles of Artificial Intelligence in Ecommerce," *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, vol. 4, no. 5, 2020, pp. 223-225. ISSN: 2456-6470. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].

- Pieejams: <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd31768.pdf>
39. Countants, “How Artificial Intelligence is transforming the E-commerce Industry.” Medium, 2019, 10. maijs. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://medium.com/@Countants/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-e-commerce-industry-countants-scalable-custom-73ae06836d35>
40. “Delight shoppers with hyper-relevant product recommendations.” Klevu [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.klevu.com/smart-recommendations/>
41. Adobe Commerce, “Product Recommendations.” Adobe Marketplace. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://marketplace.magento.com/magento-product-recommendations.html>
42. Avinash, “4 Best NLP Libraries for Node.js and JavaScript.” kommunicate.io, 2022, 17. maijs. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://www.kommunicate.io/blog/nlp-libraries-node-javascript/>
43. MLK, “23 Javascript Libraries for Machine Learning, Deep Learning, NLP and Computer Vision – You Did Not Know Exist.” MLK, 2021, 13. marts. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://machinelearningknowledge.ai/javascript-libraries-for-machine-learning-deep-learning-nlp-and-computer-vision-you-did-not-know-exist/#Brainjs>
44. S. Mountain, “Compromise - modest natural language processing.” Github.com [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://github.com/spencermountain/compromise/>
45. “Tensorflow.js.” Github. [tiešsaiste] - [pēdējo reizi skatīts 27.05.2022].
Pieejams: <https://github.com/tensorflow/tfjs>
- 46.