



Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija
Inženieru fakultāte

Cilvēks. Vide. Tehnoloģijas

27. starptautiskā studentu zinātniski praktiskā konference

2023. gada 19. aprīlis

Human. Environment. Technology

***27th Students International Scientific and Practical
Conference***

19 April 2023

Rēzekne 2023



Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija
Inženieru fakultāte

CILVĒKS. VIDE. TEHNOĻIJAS

27. starptautiskā studentu zinātniski praktiskā konference
2023. gada 19. aprīlis

27th Students International Scientific and Practical Conference

Human. Environment. Technology

*Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia
19 April 2023*

Rēzekne
2023

Par rakstu saturu atbild autori.

Recenzenti/ Reviewers:

Dr.biol., doc. **Rasma Tretjakova**

Dr.habil.geol., prof. **Gotfrīds Noviks**

Dr.ing.sc., prof. **Josefs Timmerbergs**

Dr.ing.sc., prof. **Ļubomirs Lazovs**

Dr.paed., doc. **Ilmārs Kangro**

Dr.sc.ing., doc. **Segejs Kodors**

Dr.sc.ing., prof. **Andris Martinovs**

Dr.sc.ing., prof. **Edmunds Teirumnieks**

Dr.sc.ing., prof. **Pēteris Grabusts**

Mg.chem., lekt. **Ērika Teirumnieka**

Mg.paed., lekt. **Ināra Laizāne**

Mg.sc.comp., lekt. **Aleksejs Zorins**

Mg.sc.comp., lekt. **Mihails Kijaško**

Zinātnisko rakstu krājums sagatavots un izdots ar Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijas finansiālo atbalstu.



Šis krājums tiek izplatīts ar internacionālo licenci:

Creative Commons Attribution 4.0 International License

ISSN 2592-8597

© Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, 2023

© Autoru kolektīvs, 2023

SATURS

| | | |
|---|--|-----------|
| Daniēls Zeps Imants Zarembo Sergejs Kodors | Datubāzes izmantošana semantiskajās ontoloģijās <i>Database Usage in Semantic Ontologies</i> | 5 |
| Artis Fribergs Edmunds Lukaševičs Guntis Lielbārdis Sergejs Kodors | YOLOV5 neironu tīkla apmācība bumbieru atpazīšanai dārzā <i>Training of YOLOV5 Neural Network for Pear Detection in Orchard</i> | 9 |
| Marks Sondors Ilmārs Apeināns | Autonoma bezpilota dronu lidojuma plānošana, izmantojot modificētu īsākā ceļa algoritmu ar laika ierobežojumiem <i>Autonomous Unmanned Drones Flight Planning, Using a Modified Shortest Path Algorithm with a Limited Time Frame</i> | 14 |
| Edmunds Lukaševičs Ilmārs Kangro | Difūzijas robežproblēmas ar periodiskiem robežnosacījumiem skaitliskā un analītiskā atrisinājuma matemātiskā modelēšana MATLAB un C++ vidē <i>Mathematical Modeling of Diffusion Boundary Problems with Periodic Boundary Conditions Using Matlab and C++ for Numerical and Analytical Solutions</i> | 19 |
| Gļebs Vituškins Sergejs Kodors | Konvolūcijas neironu tīkla apmācība rokas žestu atpazīšanai pēc Kaggle ASL Alphabet datu kopu <i>Training of a Convolutional Neural Network for Hand Gesture Recognizing on the Kaggle ASL Alphabet Dataset</i> | 28 |
| Vilma Kolneja Inese Cimermane Marlinda Kaša | No sēto zālāju un dabisko pļavu zāles iegūtās skābbarības sastāvu salīdzināšana z/s “Bērzi” un z/s Laimītes” <i>Comparison of Silage Compositions Obtained from Sown Grasses and Natural Meadow Grass in Farm Bērzi And Farm Laimītes</i> | 32 |
| Rihards Misjuns Justs Batņa Ritvars Rēvalds | Adhēzijas pārbaude uz dažādām darba virsmām <i>Adhesion Test on Different Work Surfaces</i> | 38 |
| Arturs Cūkmačs Līga Šmate Staņislavs Pleikšnis | Ēku energoefektivitāte mūsdienās <i>Energy Efficiency of Buildings Today</i> | 44 |
| Jānis Edijs Ežmalis Lienīte Litavniece Sergejs Kodors | Pakalpojumu pēc pieprasījuma raksturojums <i>Characteriction of On-demand Services</i> | 49 |

DATABASE USAGE IN SEMANTIC ONTOLOGIES DATUBĀZES IZMANTOŠANA SEMANTISKAJĀS ONTOLOĢIJĀS

Author: **Daniēls ZEPS**, e-mail: dz22036@edu.rta.lv

Scientific supervisors: **Imants ZAREMBO**, Dr.sc.ing., e-mail: imants.zaremba@rta.lv

Sergejs KODORS, Dr.sc.ing., e-mail: sergejs.kodors@rta.lv

Rezekne Academy of Technologies

Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

Abstract. *Semantic ontology languages are a way for experts to write down their knowledge in a commonly accepted way, it allows information to be understood by humans and machines. However, ontology tools do not provide the ability to use this data in a database for geodata-based analysis easily. The project is focused on ontology web language (OWL) usage for web content generation for business-to-business communication using geodata analysis. This specific paper is focused on selecting a database that could support the ontology tools. In the research scope, different databases were checked (relationship, document, and graph databases). In conclusion, graph databases were the most similar to the structure of the ontology, so it was chosen to use Neo4j as the database.*

Keywords: *databases, graph databases, ontology, semantic, web content generation.*

Introduction

Semantic ontology languages (SOL) are a good way to represent data in a visual format, that is both understandable to humans and computers. It allows you to see the connections between different data points. It allows communication between human and computer languages with almost no restrictions (Understanding Semantic Web and Ontologies: Theory and Applications, 2010). While good for data depiction, SOL is not good for data storage and is not easily accessible, as a result, an additional database needs to be used to store data.

The project is focused on ontology web language (OWL) usage for web content generation for business-to-business communication using geodata analysis. The project will focus on three parts – server code writing, database selection, and OWL conversion to a database. To enable web content viewing and server hosting it was chosen to use Django, due to developers' team preference.

This paper is focused on determining which database will support SOL the best. The purpose of comparing databases is due to possible complications that could be found in the later stages of the project due to the lack of databases flexibility or limitations of data structure and its storage as a result it might be very hard to take data from Web Protégé and convert it.

Research goal: find the best-fitting database for storing information from OWL.

Tasks:

- 1) Study types of databases;
- 2) Select databases that are compatible with Django;
- 3) Test out selected databases on a sample ontology;
- 4) Evaluate the results.

Materials and methods

Primary criteria for a good database tool

Since the main project uses Web Protégé and has to use Django to host web-generated content the requirements will be different and that needs to be considered before picking a database for the project. For purposes of this paper, it was decided that testing out different types of databases would give a better insight into which database to use. It was decided to test out relational databases (*PostgreSQL – Django built-in database*), document-oriented databases (*MongoDB*), and graph databases (*GraphDB, Neo4j*).

To select the best-fitting database the following criteria were selected:

- 1) Supports Python Django.
- 2) Is open source or free to use;
- 3) Supports unstructured data;
- 4) Supports data relationships;
- 5) Has simple Python request syntax;
- 6) Can process geo data.

What are graph databases?

Graph databases (*see Fig.1*) are a way of storing information based on *Graph theory* in the field of mathematics. They are mostly used in social media, for example, Facebook and Instagram (Wikipedia, 2023). Data in a graph database is stored as relationships, which means that it can be accessed faster, due to data connections. Graph databases perform fewer data requests because data is directly connected, so there is no repeated indexing. Graph databases are better used if there are many joins between data points (Neo4j, 2023).

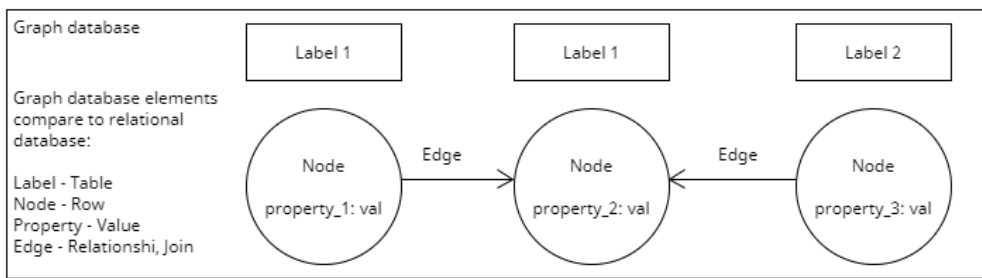


Fig.1. Visual depiction of a graph database

Results and discussion

After having researched and tested all of the databases the following data was gathered (*see Table 1*). The databases were tested using a sample OWL data that was converted into a database and by using the database tools.

Table.1. Comparison of databases based on previously mentioned criteria

| | PostgreSQL | MongoDB | GraphDB | Neo4j |
|------------------------------------|------------|---------|---------|-------|
| Supports Python Django | X | X | | X |
| It is open source or free to use | X | X | X | X |
| Supports unstructured data | | X | | X |
| Supports data relationships | X | | X | X |
| Has a simple Python request syntax | X | | | X |
| Can process geo data | | X | | |
| Total | 4 | 4 | 2 | 5 |

PostgreSQL (PostgreSQL, 2023) (*Fig.2*) was the Django built-in database which was good in testing with sample ontology. It is based on SQL, so it has a lot of extensions. This is a relational database so information is more secure, but this also means that it does not support unstructured data like others. All the fields would have to be defined for all entries which would make it take up a lot of unused space and make the scheme very complex.

```

44     tourismSpot = tourismSpot.values('company__companyName', #Foreign key
45                                     'address',
46                                     'region__region', #Foreign key
47                                     'category__type', #Foreign key

```

Fig.2. PostgreSQL code showing foreign key query requests

MongoDB (MongoDB, 2023) (Fig.3) has the advantages of having built-in GeoJSON and no schema, which means that direct data transfer is simpler, but it still was the least useful due to it not supporting relationships and requiring the use of additional code to enable this functionality, which would make code generation very difficult.

PostgreSQL (PostgreSQL, 2023) (Fig.2) was the Django built-in database which was good in testing with sample ontology. It is based on SQL, so it has a lot of extensions. This is a relational database so information is more secure, but this also means that it does not support unstructured data like others. All the fields would have to be defined for all entries which would make it take up a lot of unused space and make the scheme very complex.

```

44     tourismSpot = tourismSpot.values('company__companyName', #Foreign key
45                                     'address',
46                                     'region__region', #Foreign key
47                                     'category__type', #Foreign key

```

Fig.2. PostgreSQL code showing foreign key query requests

MongoDB (MongoDB, 2023) (Fig.3) has the advantages of having built-in GeoJSON and no schema, which means that direct data transfer is simpler, but it still was the least useful due to it not supporting relationships and requiring the use of additional code to enable this functionality, which would make code generation very difficult.

```

128 def createSpot(request):
129     temp = {"hasCompany": toNormalList(dbname["Company"].find({"pk": int(request.COOKIE.get('login'))}))[0]["pk"],
130           "hasRegion": toNormalList(dbname["Region"].find({"pk": int(request.POST['region'])}))[0]["pk"],
131           "hasCategory": toNormalList(dbname["Category"].find({"pk": int(request.POST['category'])}))[0]["pk"],

```

Fig.3. MongoDB code showing foreign key query requests

GraphDB (ontotext, 2023) stores data in RDF format which is one of the formats that OWL allows data to be stored in, which makes it similar to WebProtégé, but it was not usable in this project due to not having a Python library (*one could not be found during research*).

Neo4j (Neo4j, 2023) (Fig.4) was deemed the best option for this project because it supports unstructured data and has easier syntax for user interface and web generation, making Python files and Django backend programming simpler. While not storing data in a similar format it displays data in a similar format to OWL, because it is a graph database and represent data connections that are present in OWL in a similar way. The only meaningful downside to Neo4j is data being less secure, due to it not having a schema.

```

51     content = {
52         'tourismSpot': queryData("""MATCH (n:TourismSpot)-[r1:REGION]->(a"" + region + """)
53                               MATCH (n)-[r3:CATEGORY]->(b"" + category + """)
54                               MATCH (n)-[r2:COMPANY]->(c)

```

Fig.4. Neo4j code showing foreign key query requests

Conclusions

For purposes of the main project graph databases would be more useful because they focus on data relationships and data relationships which makes them much more similar to OWL, plus the added flexibility of unstructured data is going to make OWL conversion less strained by database requirement. Additionally, Neo4j built-in tools provide the ability to verify that the SOL data has been translated correctly and make testing faster.

Summary

SOL is a powerful tool for data representation. It allows users to represent data and see relationships between data points. The goal of this paper is to find a database that can support SOL. A database that could be used should support:

- 1) Supports Python Django;
- 2) Is open source or free to use;
- 3) Supports unstructured data;
- 4) Supports data relationships;
- 5) Has simple Python request syntax;
- 6) Can process geo data.

It was decided to test out relational databases (*PostgreSQL – Django built-in database*), document-oriented databases (*MongoDB*), and graph databases (*Neo4j, Graph DB*). Out of these graph databases, Neo4j is the best-fitted one due to its focus on relationships and built-in tools for data analysis.

Acknowledgement

This research is funded by the Latvian Council of Science, project “Digital Twin to Promote the Development of Tourism Competitiveness and Complementarity: the Use Case in Latgale region”, project No. lzp-2022/1-0350.

Bibliography

1. MongoDB. (2023, February 17). *MongoDB*. Retrieved from MongoDB: <https://www.mongodb.com/>
2. Neo4j. (2023, February 6). *Neo4j Developer*. Retrieved from Neo4j: <https://neo4j.com/developer/graph-database/ontotext>. (2023, February 17). *GraphDB*. Retrieved from GraphDB: <https://graphdb.ontotext.com/>
3. PostgreSQL. (2023, February 9). *PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database*. Retrieved from PostgreSQL: <https://www.postgresql.org/>
4. Understanding Semantic Web and Ontologies: Theory and Applications. (2010). *Journal of Computing*, Volume 2, Issue 6. Retrieved from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1006/1006.4567.pdf>
5. Wikipedia. (2023, February 6). *Graph database*. Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Graph_database.

YOLOV5 NEIRONU TĪKLA APMĀCĪBA BUMBIERU ATPAZĪŠANAI DĀRZĀ

TRAINING OF YOLOV5 NEURAL NETWORK FOR PEAR DETECTION IN ORCHARD

Autori: **Artis FRIBERGS**, e-pasts: af21042@edu.rta.lv,
Edmunds LUKAŠEVIČS, e-pasts: el21105@edu.rta.lv,
Guntis LIELBĀRDIS, e-pasts: gl21049@edu.rta.lv

Zinātniskā darba vadītājs: **Sergejs KODORS**, Dr.sc.ing, e-pasts: sergejs.kodors@rta.lv
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

Abstract. *A fruit-growing is an important branch of agriculture for various reasons. Fruits provide essential nutrients and vitamins to our diet, and they are also a significant source of income for fruit-growers. To improve the efficiency of fruit cultivation, we trained a pear detection neural network with YOLOv5 architecture using a dataset from the project lzp-2021/1-0134. The dataset contained 1273 photographs of pear trees with image sizes 640x640px. We had trained the neural network model YOLOv5m five times and achieved the best result equal to mAP@0.5 0.8 and mAP@0.5:0.95 0.43. The use of artificial intelligence in fruit cultivation can help to optimize the planning of fruit picking, contributing to the precision horticulture.*

Keywords: *artificial intelligence, fruits, object detection, precision horticulture, YOLOv5.*

Ievads

Augļkopība ir svarīga daudzu iemeslu dēļ. Augļi ir veselīgi un barojoši pārtikas produkti, kuri nodrošina mūsu organismam nepieciešamus vitamīnus un minerālvielas. Turklāt, augļi ir svarīgs ekonomikas un tirdzniecības nozares produkts, nodrošinot darbavietas miljoniem cilvēku visā pasaulē. Augļi ir arī iecienīts un populārs pārtikas produkts, ko patērē cilvēki visā pasaulē, tādējādi veicinot tirdzniecību un ekonomisko izaugsmi.

Bumbieru ražas prognozēšana lielos komerciālos dārzos varbūt sarežģīts un laikietilpīgs process, jo prasa precīzu un detalizētu datu vākšanu, analīzi un interpretāciju. Mākslīgā intelekta (MI) izmantošana var ievērojami vienkāršot šo procesu, jo pielietojot MI var automātiski apsekot dārzu un saskaitīt augļu daudzumu konkrētās dārza rindās un kvartālos. Tādējādi, dārzkopji var iegūt precīzus datus par bumbieru ražu, kas palīdzēs optimizēt augļkopības procesus un veicināt efektīvu resursu izmantošanu. Turklāt, MI izmantošana var būt arī izdevīga no ekonomiskā viedokļa, jo ietaupīts laiks un resursi var būt novirzīti citiem uzdevumiem, kas var paaugstināt augļkopības procesa efektivitāti un rentabilitāti.

Neironu tīkli ir viena no aktuālākajām un strauji attīstītajām tehnoloģijām mūsdienu datorzinātnē, kas spēj apstrādāt un interpretēt datus daudzās jomās, tostarp viedā lauksaimniecībā. Šajā rakstā tiek apskatīta neironu tīklu pielietošana bumbieru saskaitīšanai dārzos.

Pētījuma mērķis: apmācīt YOLOv5m neironu tīkla modeli, kas spēj meklēt bumbierus dārza fotogrāfijās.

Uzdevumi:

- 1) sagatavot datu kopu neironu tīkla apmācīšanai;
- 2) apmācīt neironu tīklu, pielietojot YOLOv5;
- 3) novērtēt apmācītu neironu tīklu bumbieru atpazīšanas kvalitāti.

Materiāli un metodes

Lai apmācītu *YOLOv5* neironu tīklu, tika izmantota datu kopa no projekta *lzp-2021/1-0134*. Datu kopa sastāv no 1273 attēliem ar izmēru 640x640 punkti, kuros redzami koki ar bumbieriem. Anotāciju veikšanai tika izmantotas robežkastes (*bounding boxes*). Attēli un *YOLOv5* anotācijas faili tika augšupielādēti vienā mapē, lai tos varētu nejauši sakārtot, izmantojot *Python* skriptu, trijās mapēs. Apmācībai ir vajadzīgas divas mapes: trenēšanas un validācijas kopas; un viena mape – neironu tīkla testēšanai. Piemērs ar diviem attēliem no datu kopas ir redzams zemāk (skat. 1. att.).



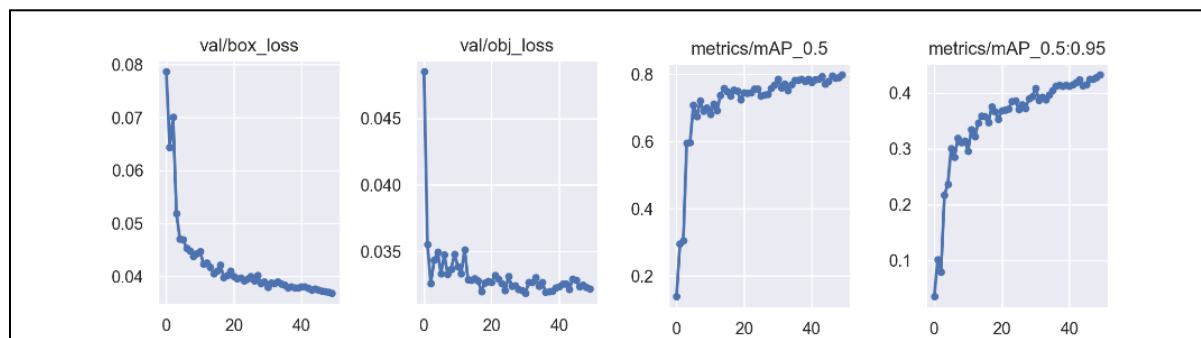
1. attēls. Attēlu piemēri no datu kopas

Neironu tīklu apmācīšanai tika izmantoti šādi rīki un tehnoloģijas – *MakeSense* [1], *YOLOv5* [2], *Python*, dators ar *NVIDIA* videokarti, kas atbalstā *CUDA* [3] tehnoloģiju. Iepriekš sagatavota datu kopa tika nejauši sadalīta trijās mapēs ar attiecību 70%, 20% un 10%. Sadalījums nepieciešams, lai apmācītu un pēc tam pārbaudītu modeļa atpazīšanas kvalitāti.

Nākamais solis bija apmācīt neironu tīklu ar *YOLOv5m* modeli, izmantojot personīgo datoru un pielietojot *GPU* (*Graphics Processing Unit*) skaitļošanu. Lai apmācītu *YOLOv5* neironu tīklu, tika veiktas šādas darbības: instalētas *YOLOv5* pakotnes (atkarības), importēta datu kopa, definēta modeļa konfigurācija un arhitektūra, apmācīts *YOLOv5m* modelis, novērtēta *YOLOv5m* veiktspēja, vizualizēti neironu tīkla treniņu dati, pārbaudīti treniņi ar testa attēliem un eksportēti rezultāti turpmākiem secinājumiem. Lai iegūtu precīzākus treniņa rezultātus, visas šīs darbības tika veiktas 5 reizes, katru reizi izmainot trenēšanas, validācijas un pārbaudes kopas.

Rezultāti un to izvērtējums

Lai nodrošinātu precizitāti, neironu tīklu apmācību veica piecas reizes, lai varētu vēlāk novērtēt tās efektivitāti un izvēlēties labāku rezultātu. Pēc katras apmācības mēs saņēmām grafikus ar atšķirīgiem rezultātiem. Lai turpmāk veiktu aprēķinus, mēs saglabājam testa grafikus, jo tie satur nepieciešamo informāciju, lai novērtētu cik labi tika pamācīts neironu tīkls. Zemāk ir parādīti labākie apmācību rezultāti (skat. 2. att.).



2. attēls. Apmācības rezultāti: labākais gadījums

Attēlā ir četri grafiki ar zaudējuma un precizitātes funkcijām.

Zaudējuma funkcijas:

- **val/ box_loss** – kļūda, ka lauka prognoze nosedz objektu neprecīzi;
- **val/ obj_loss** – kļūda no nepareizas *IoU* (*Intersection over Union*) prognozes priekš robežkastes. *IoU* mēra pārklāšanu starp divām robežām. Tas tiek izmantots, lai izmērītu, cik stipri atrasta objekta robežas pārklājas ar gaidītajām robežām.

Precizitātes funkcijas:

- ***mAP*** (*mean Average Precision*) salīdzina pamata patiesības robežkastes ar noteiktu lauku un aprēķina vidējo rezultātu. Jo augstāks rādītājs, jo precīzāks ir modeļa noteikšanas spēja.
- ***mAP@0.5*** - ja *IoU* ir iestatīts uz 0,5, tiek aprēķināta vidēja precizitāte visiem attēliem, un tad tiek aprēķināts visu kategoriju vidējais rādītājs (*mAP*). Vidējā precizitāte ir populāra metrika objektu detektoru precizitātes mērīšanai. Tas aprēķina vidējo precizitātes vērtību diapazonā no 0,0 līdz 1,0;
- ***mAP@0.5:0.95*** – izteic vidējo *mAP* pie dažādām *IoU* vērtībām (no 0,5 līdz 0,95 ar soli 0,05) [4].

Lai saprastu, cik labi modelis atpazīst objektus, un piefiksētu precizitāti, pētījumos izmantosim *mAP@ 0.5:0.95* maksimālās vērtības. Zemāk var redzēt tabulu ar *mAP@0.5:0.95* maksimālām vērtībām no visām 5 apmācībām (skat. 1. tab.).

1. tabula

***mAP@0.5:0.95* maksimālās vērtības pēc katras apmācības**

| Nr | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <i>mAP@0.5:0.95</i> | 0,39382 | 0,41422 | 0,41546 | 0,41949 | 0,43243 |

Izmantojot vērtības no tabulām, mēs noteiksim minimālo vērtību, maksimālo vērtību, vidējo vērtību un mediānu, lai izteiktu izvēlēta risinājuma (*YOLOv5m*) kvalitāti.

Lai būtu vieglāk atrasts minimālo vērtību, maksimālo vērtību un mediānu, vērtības 1. tabulā bija sakārtotas augošā secībā.

Pēc vērtību sakārtošanas varam secināt, ka:

- Minimālā *mAP@ 0.5:0.95* vērtība – 0,39382;
- Maksimālā *mAP@ 0.5:0.95* vērtība – 0,43243.

Mediāna tiek aprēķināta pielietojot nepāra skaitļa formulu (1), iegūstot rezultātā vērtību – 0,41546.

$$Me = X \left[\frac{n+1}{2} \right], \quad (1)$$

kur *X* – sakārtots vērtību saraksts; *n* – vērtību skaits datu kopā.

Lai atrastu vidējo vērtību izmantojam nepieciešamo formulu (2) un iegūstam rezultātu – 0,415084.

$$V = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n}, \quad (2)$$

kur *x* – vērtība no kopas *X*, *n* – vērtību skaits kopā *X*.

Beigās, lai pārbaudītu cik labi strādā apmācītais neironu tīkls, tika pielietota vizuāla metode. Pielietojot apmācīto neironu tīklu, tika apstrādātas bildes. Pārskatot attēlus, mēs pamanījām, ka dažos attēlos neironu tīkls atzīmēja bumbierus kur droši nevar pateikt ka tur ir bumbieris, ka arī ne ļoti precīzi uzzīmētas robežas. Piemēru ar šādiem attēliem var apskatīt zemāk (skat. 3. att.):



3. attēls. Bumbieru atpazīšanas piemērs, pielietojot apmācīto neironu tīklu

Secinājumi

Izmantojot *MakeSense* rīku, personīgo datoru ar *NVIDIA* videokarti, kura atbalsta *CUDA* tehnoloģiju, tika apmācīts *YOLOv5m* neironu tīkls, kas spēj meklēt bumbierus dārza fotogrāfijās. Eksperimentā tika izmantota datu kopa no projekta *lzp-2021/1-0134* ar 1273 attēliem.

Katras apmācības beigās saņemam grafikus ar zaudējuma un precizitātes funkcijām, bet pētījumā, lai fiksētu modeļa precizitāti, izmantojam *mAP@0.5:0.95* maksimālo vērtību. Pētījuma rezultātā tika iegūtas 5 dažādas vērtības, kur minimālā vērtība bija 0,39382 un maksimālā vērtība bija 0,43243. Tāpat, izmantojot formulas, tika atrasta mediāna – 0,41546 un vidējā vērtība – 0,415084. Izmantojot *YOLOv5* iebūvētu skriptu neironu tīkla pārbaudei un testa attēlus, tika pārbaudīta labākā neironu tīkla noteikšanas precizitāte, kur neironu tīkls mēģināja atrast bumbierus uz bumbieru koka. Izpētot šos attēlus, mēs secinājām, ka dažos attēlos neironu tīkls atrada bumbierus, kur to nav, dažās – atrada, bet ne ļoti precīzi iezīmēja bumbieru robežas. Bet tomēr vairumam atrada un iezīmēja diezgan precīzi, kas protams ir subjektīvs viedoklis.

Vērts pieminēt, ka modeļa precizitāti var uzlabot dažādos veidos. Viens no tiem, atbildīgāki atteikties pret robežkastu zīmēšanu. Arī ir vērts palielināt datu kopas apjomu un fotogrāfijas kvalitāti. Protams tās viss palielinās gan cilvēkresursus gan skaitļošanas jaudu.

Summary

Growing fruits is crucial to the world's food supply and overall health. Fruits provide essential vitamins, minerals, and fiber that are necessary for a healthy diet. In addition, fruits are a significant source of income and employment for many communities around the world. Forecasting the yield of fruit crops, such as pears, is a challenging task due to the large scale of their cultivation and the complex interactions between various environmental factors.

Using neural networks to detect fruits on trees involves training the network with images of trees and their fruits. The network can then use computer vision techniques to recognize and count fruits based on their shape, size, color, and texture. The use of artificial

intelligence can be particularly useful for large-scale orchards, where manual counting of fruits on trees can be time-consuming and labor-intensive. In this article, we explored the possibility of using YOLOv5 neural network to detect pears in orchards.

A neural network, YOLOv5m, has been trained on a dataset from the project lzp-2021/1-0134. The dataset contained 1273 images. In these photographs, we marked each pear using the MakeSense image annotation tool. The training was conducted on PC with an NVIDIA graphics card that supports CUDA technology. This approach allowed us to train the neural network to identify pears in images with average accuracy, which can be useful for large orchards to complete yield forecasting. The use of machine learning technologies like YOLOv5 is a significant step forward in the automation of agricultural processes and can greatly benefit the industry by improving efficiency and productivity.

After each training, we obtained graphs with loss and accuracy functions, but in the research, we use the maximum values of mAP@0.5: 0.95, because this value helps to capture the accuracy of the model. As a result of the research, 5 different values were obtained, where the minimum value was 0.39382 and the maximum value was 0.43243. Also, using the formulas, a median of 0.41546 and mean of 0.415084 were found.

While analyzing the test results, it was discovered that in some images, the neural network detected pears where they were not presented, while in others, it detected them but did not mark their boundaries correctly. However, for the majority of the images, it detected and marked the pears with a relatively high level of accuracy.

Acknowledgment

This research is funded by the Latvian Council of Science, project “Development of autonomous unmanned aerial vehicles based decision-making system for smart fruit growing”, project No. lzp2021/1-0134.

Literatūras un avotu saraksts

1. MakeSense. <https://www.makesense.ai>, sk. 02.04.2023.
2. Ultralytics. How to train Custom Data with YoLoV5. <https://github.com/ultralytics/yolov5/wiki/Train-Custom-Data>, sk. 02.04.2023.
3. NVIDIA. CUDA. <https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit>, sk. 02.04.2023
4. Eléa Petton. Object detection: train YOLOv5 on a custom dataset. <https://blog.ovhcloud.com/object-detection-train-yolov5-on-a-custom-dataset/>, sk. 02.04.2023

AUTONOMA BEZPILOTA DRONU LIDOJUMA PLĀNOŠANA, IZMANTOJOT MODIFICĒTU ĪSĀKĀ CEĻA ALGORITMU AR LAIKA IEROBEŽOJUMIEM

AUTONOMOUS UNMANNED DRONES FLIGHT PLANNING, USING A MODIFIED SHORTEST PATH ALGORITHM WITH A LIMITED TIME FRAME

Authors: **Marks SONDORS**, e-mail: ms20094@edu.rta.lv

Scientific supervisors: **Mg.sc.comp. Ilmārs APEINĀNS**, e-mail: ilmars.apeinans@rta.lv

doc. Dr.sc.ing. Sergejs KODORS, e-mail: sergejs.kodors@rta.lv

Rēzeknes Tehnoloģiju Akadēmija

Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, Latvija

Abstract. *The aim of this work is to develop an algorithm to find the shortest path for drone flight planning with a limited time frame. Author used the local search shortest path algorithm to find the most efficient algorithm to use for further modification to apply to a drones flight calculation. The algorithm was modified to use the distance between points as a unit of time to limit the flight path length depending on the drone's maximum flight time. As a result of the work, an algorithm was created which, upon receiving an array of points, finds the shortest distance between the points, but when it reaches the limit of the flight duration, it returns to the drone station to charge, and resumes flight once it's done charging.*

Keywords: *Algorithm, Drones, Python, Traveling Salesman's Problem, Local search.*

Ievads

Ceļojošā pārdevēja problēma[1] ir algoritmiska problēma, kuras uzdevums ir atrast īsāko maršrutu starp punktiem un vietām, kas jāapmeklē. Ņemot vērā pilsētu kopu un attālumu starp katru pilsētu pāri, problēma ir atrast īsāko iespējamo maršrutu, kas apmeklē katru pilsētu tieši vienu reizi un atgriežas sākuma punktā. Šajā raksta tiks pielietots šīs algoritmiskās problēmas risinājums, lai izveidotu īsākā ceļa algoritmu, kuram tiks padoti noteikti punkti un tāpat arī drona sākuma atrašanās vieta(drona stacija), kas atradīs lidojuma maršrutu, kuru var izlidot drons pirms viņš izlādējas un ja maršrutu nevar izlidot vienā lidojumā drons atgriežas atpakaļ, lai varētu uzlādēties un tad turpināt savu lidojumu.

Šī pētījuma **mērķis** ir izstrādāt algoritmu īsākā ceļa noteikšanai, kas būs spējīgs noteikt optimālāko lidojuma maršrutu, lai izlidotu doto punktu masīva koordinātes ar laika ierobežojumiem.

Materiāli un metodes

Darbā tika pielietots Python uz Jupyter Notebook [2] vidē.

Tehnoloģijas

Lai varētu izveidotu algoritmu pielietot ir nepieciešamas tādas tehnoloģijas:

- *Python 3.9* – programmēšanas valoda;
- *Anaconda* [3] – *Python* programmēšanas valodas un saistīto rīku atklātā pirmkoda izplatīšana zinātniskajai skaitļošanai un datu zinātnei;
- *Numpy* - *Python* bibliotēka zinātniskai skaitļošanai un datu analīzei, kas nodrošina atbalstu lieliem, daudzdimensiju masīviem un matricām, kā arī lielu matemātisko funkciju kolekciju, lai darbotos ar šiem masīviem;
- *Pandas* - atvērtā koda *Python* bibliotēka, ko izmanto datu analīzei un manipulācijām. Tas nodrošina datu struktūras lielu un sarežģītu datu kopu efektīvai glabāšanai un apstrādei, kā arī rīkus datu tīrīšanai, transformācijai, apkopošanai un analīzei.

- *Matplotlib* [4] - *Python* bibliotēka, kuru pielieto lai izveidotu augstas kvalitātes datu vizualizācijas rīks priekš diagrammām, histogrammu u.t.t.
- *Haversine* [5] - *Python* bibliotēka, lai noteiktu distanci starp diviem punktiem izmantojot platuma un garuma grādus.
- *Python-tsp* [6] - *Python* bibliotēka ceļojošā pārdevēja problēmas (TSP) risināšanai;
- *Shapely* - *Python* bibliotēka, ko izmanto, lai apstrādātu un analizētu ģeometriskus objektus, piemēram, punktus, līnijas un daudzstūrus.

Eksperimenta process

Pēc izstrādes vides sagatavošanas, bija nepieciešams sagatavot masīvu ar punktiem un drona sākuma atrašanās vietu. Masīvs ar punktiem un drona sākuma atrašanās vieta tika sagatavot pielietojot projekta ietvaros izveidoto tīmekļa vietni *droni.rta.lv* [7]. dotās koordinātes tika nosūtītas caur *API*, kurš nosūta datus par punktiem un drona stacijas atrašanās vietu (skatīt 2.1. att.).



2.1. attēls. Punktu masīva vizuālā reprezentācija vietne *droni.rta.lv*.

Algoritms pielieto lokālās meklēšanas heuristisko metodi [8], lai noteiktu īsāko ceļu. Tāpat arī lai noteiktu distanci starp punktiem tiek pielietota *Haversine* formula [9] izmantojot *Haversine Python* bibliotēku, kas nosaka un vēlāk ievieto noteiktās distances masīva, kuras tiks pielietotas paša algoritma. Pēc dota masīva un drona sākumpunkta iegūšanas, tika palaists algoritms, kurš izveido lidojuma plānus, pielietojot īsākā ceļa algoritma principus (skatīt 2.2. att.).

```

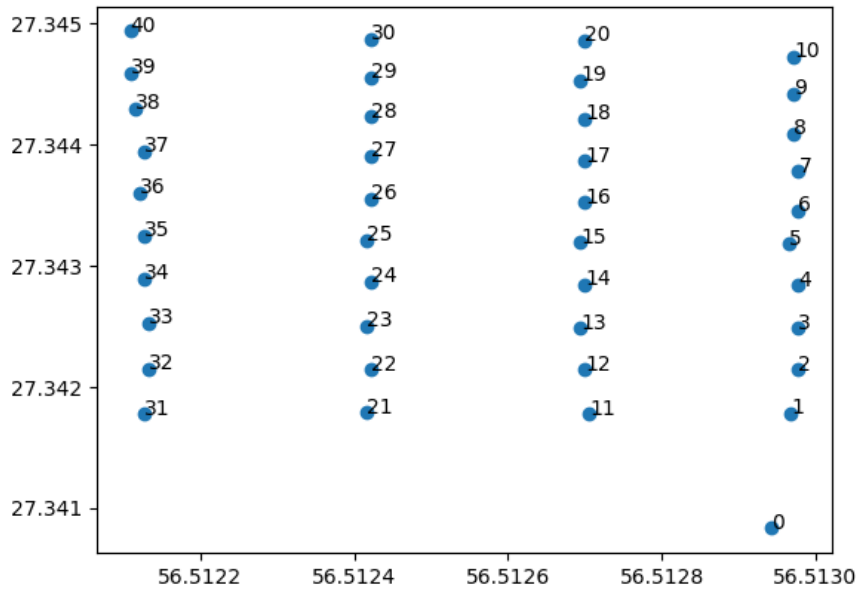
flight_path_points = []
new_distance = 0
for i in range(len(permutation)-1):
    # check if distance to and back from point is not over the flight limit
    if((new_graph[permutation[i]][permutation[i+1]]+new_graph[permutation[i+1]][permutation[0]]) <
(flight_distance_limit - critical_flight_limit)):
        new_distance += new_graph[permutation[i]][permutation[i+1]] *1000
    # check if curen segment path plus distance home is within flight distance of drone
    if(((new_distance) + (new_graph[permutation[i+1]][permutation[0]]*1000))
        flight_path_points.append(permutation[i])
    else:
        new_distance = 0
        flight_path_points.append(0)
        new_distance += new_graph[permutation[i]][permutation[i+1]] *1000
        flight_path_points.append(permutation[i])
flight_path_points.append(0)

```

2.2. attēls. Algoritma daļa, kur izveido lidojuma plānus ar laika ierobežojumu.

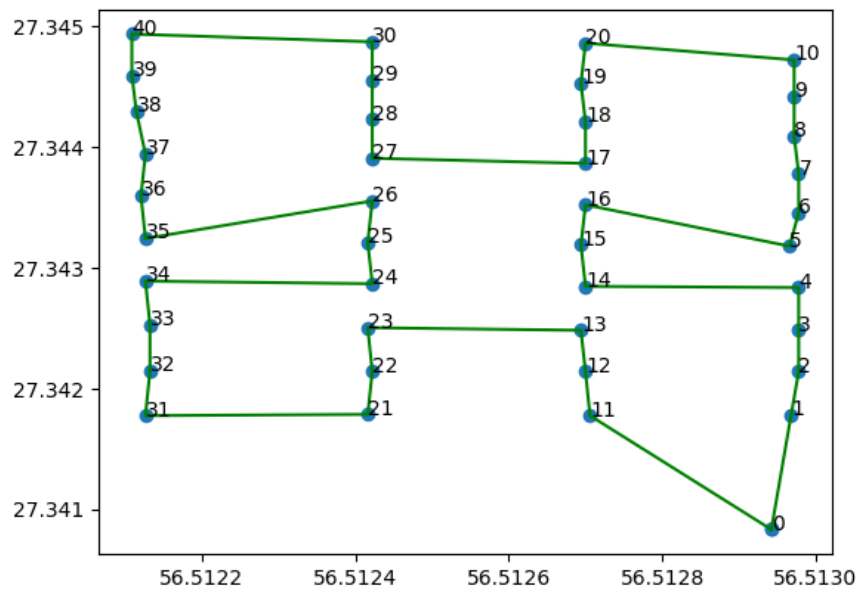
Rezultāti

Kad algoritms tika palaists, tika iegūtas vairākas vizualizācijas un plānu diagrammas. Masīva punktu vizualizāciju var apskatīt 3.1. attēlā. Vizualizācija parāda visu punktu atrašanās vietu.



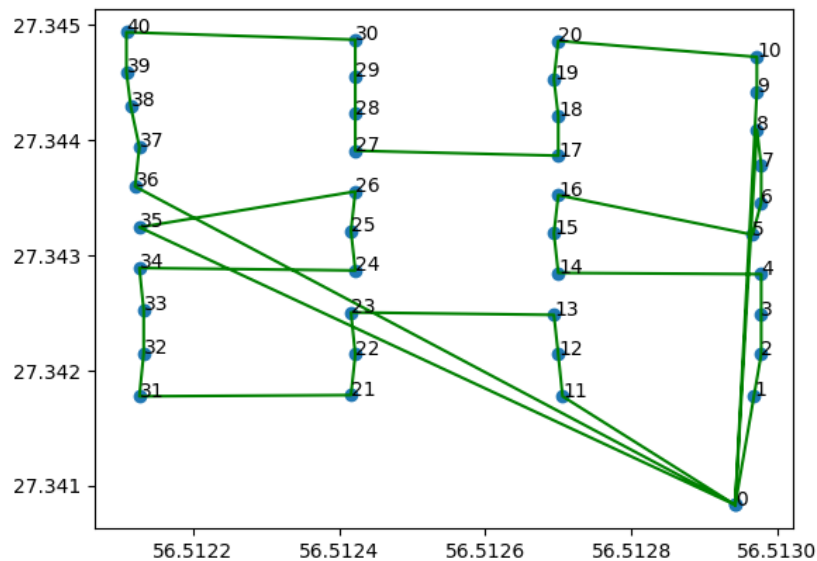
3.1. attēls masīva punkti

Plāna vispārējo diagrammu, jeb labāko variantu, kad drons var izlidot visus punktus un netiek pielietoti laika ierobežojumi (skatīt 3.2. attēls). Šo plānu būs arī jāpielieto, lai noteiktu plānu ar laika ierobežojumiem.



3.2. attēls. Plāna vispārēja diagramma

Plāna diagramma ņemot vērā drona lidojuma laiku, var redzēt 3.3. attēlā. Šis plāns ir izveidots, lai drons varētu atgriezties atpakaļ uzlādei un turpināt veikt lidojumu no pēdējā punkta, kuru izlidoja.



3.3. attēls. Plāna diagramma, ņemot vērā drona lidojuma laiku

Secinājumi

Šajā pētījumā, tika izveidots algoritms, kurš saņem masīvu ar punktiem un tad izveido optimālāko lidojuma plānu ņemot vērā laika ierobežojumus, līdz ar to seko ka, pētījuma mērķis tika sasniegts. Realizētais algoritms ir pielietojams, bet algoritmu var uzlabot pievienojot papildus nosacījumus, piemēram kā, aizliegtās robežas, kur drons nedrīkstētu lidot, tā pat arī būtu arī jāpievieno papildus topogrāfiskie dati, kā altitūda, lai lidojums notiktu noteiktos augstumos. Tomēr, izmantojot realizēto algoritmu, lai autonomi izlidotu noteiktus punktus var, bet kā iepriekš minēts noteiktus nosacījumus un uzlabojumus vajadzētu implementēt, lai lidojuma precizitāte un sekmība būtu augstāka.

Acknowledgement

Funding institution: Latvian Council of Science

Funding number: lzp-2021/1-0134

Acronym: FLPP-2021-1

Funding text: This research is funded by the Latvian Council of Science, project “Development of a decision-making system for smart horticulture using autonomous drones”, project No. lzp-2021/1-0134

Summary

In this study, an algorithm was created that receives an array of points and then creates the optimal flight plan taking into account time constraints, therefore, the research objective was achieved. The implemented algorithm is applicable, but it can be improved by adding additional conditions, such as restricted boundaries where the drone should not fly, and also additional topographic data such as altitude should be included to ensure flight at specific heights. However, using the implemented algorithm, it is possible to autonomously fly to specified points, but as previously mentioned, certain conditions and improvements should be implemented to increase flight precision and success.

Literatūra

[1] *Travelling Salesman Problem using Dynamic Programming* [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://www.geeksforgeeks.org/travelling-salesman-problem-using-dynamic-programming/>

[2] *The Jupyter Notebook* [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://jupyter-notebook.readthedocs.io/en/stable/notebook.html>

- [3] *What is Anaconda for Python & Why Should You Learn it?* [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://blog.hubspot.com/website/anaconda-python>
- [4] *Matplotlib: Visualization with Python* [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://matplotlib.org/>
- [5] *Haversine - Python* bibliotēka [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://pypi.org/project/haversine/>
- [6] *python-tsp - Python* bibliotēka [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://pypi.org/project/python-tsp/>
- [7] *droni.rta.lv* vietne [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://droni.rta.lv/>
- [8] *Local Search Algorithm* [tiešsaiste], [atsauce uz 06.03.2023]. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/local-search-algorithm>
- [9] *Distance on a sphere: The Haversine Formula* [tiešsaiste], [atsauce uz 05.03.2023]. Pieejams: <https://community.esri.com/t5/coordinate-reference-systems-blog/distance-on-a-sphere-the-haversine-formula/ba-p/902128>

**DIFŪZIJAS ROBEŽPROBLĒMAS AR PERIODISKIEM
ROBEŽNOSACĪJUMIEM SKAITLISKĀ UN ANALĪTISKĀ
ATRISINĀJUMA MATEMĀTISKĀ MODELĒŠANA MATLAB UN C++
VIDĒ**

*MATHEMATICAL MODELING OF DIFFUSION BOUNDARY PROBLEMS
WITH PERIODIC BOUNDARY CONDITIONS USING MATLAB AND C++
FOR NUMERICAL AND ANALYTICAL SOLUTIONS*

Autors: **Edmunds LUKAŠEVIČS**, e-pasts: el21105@edu.rta.lv
Zinātniska darba vadītājs: **Ilmārs KANGRO, Mg.math., Dr.paed.**, e- pasts:
ilmars.kangro@rta.lv
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija
Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

Abstract. *The article examines a second-order parabolic partial differential equation of a three-dimensional (3D) non-stationary boundary problem with constant diffusion coefficients and periodic boundary conditions in the x and y directions.*

The method for reducing the (3D) non-stationary boundary problem to the corresponding one-dimensional (1D) non-stationary boundary problem using periodic boundary conditions in the x and y directions is discussed. The stationary (analytical) solution of the obtained (1D) stationary boundary problem is also obtained.

The numerical solutions of the 1D boundary problem are obtained using the Matlab package "pdepe" and the C++ programming language.

As a practical application of the developed mathematical model, the article discusses calculating the concentration of heavy metal Ca in a peat layer based on the obtained experimental data (measurements).

Keywords: *3-D initial boundary value problem, periodic boundary conditions, (1D) non-stationary and stationary boundary problem, heavy metal Ca, peat layer, Matlab, C++.*

Ievads

2. kārtas paraboliskā veida parciālo diferenciālvienādojumu (PDV) risināšana ir cieši saistīta ar daudziem praktiskiem pētījumiem matemātiskajā fizikā, vides zinātnē, ķīmijā u.c. – elektrību vadoša nesaspiežama šķidrums plūsmas ātruma aprēķināšana magnētiskā lauka ietekmē, siltuma un mitruma koncentrācijas pārneses problēmu risināšanu daudzslāņu vidē, smago metālu koncentrācijas modelēšana kūdras slāņos.

Šo uzdevumu risināšanai tiek plaši izmantotas gan dažādu programmatūru iespējas, gan arī speciāli matemātiski algoritmi robežproblēmu precīzo atrisinājumu iegūšanai, jo īpaši divdimensiju un trīs dimensiju telpas apgabalos ar periodiskiem robežnosacījumiem. (PBC).

Rakstā tiek apskatīta 2. kārtas paraboliskā veida parciālā diferenciālvienādojuma trīs dimensiju (3-D) nestacionāras robežproblēmas reducēšanu uz tai atbilstošo viendimensiju (1-D) nestacionāro robežproblēmu, izmantojot periodiskos robežnosacījumiem x un y virzienos.

Iegūtā nestacionārā 1-D robežproblēma ļauj aprēķināt meklējamās funkcijas $C(z, t)$ vērtības, piemēram, aprēķināt smago metālu koncentrācijas izmaiņu z -virzienā un arī atkarībā no laika t.

Nosauktās 1-D robežproblēmas skaitlisko atrisinājumu var iegūt, piemēram, ar Matlab paketi "pdepe", sastādot vajadzīgo programmu Matlab programmēšanas valodā (kodos) vai ar C++ palīdzību.

Pieņemot, ka nestacionārās 1-D robežproblēmas skaitliskais atrisinājums $C(z, t)$ nav atkarīga no laika ($t = \text{const}$), tika iegūta tai atbilstošā stacionārā robežproblēma un atrasts tās stacionārais (analītiskais) atrisinājums $C(z)$.

Ar funkcionālās sakarības palīdzību var aprēķināt $C(z)$ skaitliskās vērtības dotajā mainīgā z intervālā. Kā praktiskais pielietojums izveidotajam matemātiskajam modelim, rakstā tiek

aplūkota smagā metāla Ca koncentrācijas aprēķināšana kūdras slānī balstoties uz iegūtajiem eksperimentālajiem datiem (mērījumiem) [1].

Atšķirībā no iepriekš veiktajiem pētījumiem, izmantojot periodiskos robežnosacījumus tikai vienā (x) virzienā, dotajā pētījumā izstrādātais modelis balstās uz periodiskiem robežnosacījumiem divos (x, y) virzienos, kas vairāk atbilst reālai situācijai praksē.

Materiāli un metodes

3-D nestacionāra difūzijas sākuma vērtību un robežvērtību problēma

Difūzijas process tiek definēts 3-D paralēlskaldnī

$$\Omega = \{(x, y, z): 0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y, 0 \leq z \leq L_z\}.$$

Robežproblēmas atrisinājums – meklējamā funkcija ir $c = c(x, y, z, t)$, kuru atrod, atrisinot 3-D nestacionāru difūzijas sākuma vērtību un robežvērtību (SvRv) problēmu (1) 2. kārtas paraboliskā veida parciālajam diferenciālvienādojumam (1-1) [4]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial c}{\partial z} \right), \quad (1-1)$$

$$t \in (0, t_f), x \in (0, L_x), y \in (0, L_y), z \in (0, L_z),$$

$$c(0, y, z, t) = c(L_x, y, z, t), \frac{\partial c(0, y, z, t)}{\partial x} = \frac{\partial c(L_x, y, z, t)}{\partial x}, \quad (1-2) \quad (1)$$

$$c(x, 0, z, t) = c(x, L_y, z, t), \frac{\partial c(x, 0, z, t)}{\partial y} = \frac{\partial c(x, L_y, z, t)}{\partial y}, \quad (1-3)$$

$$c(x, y, L_z, t) - c_{az}(x, y) = 0, D_z \frac{\partial c(x, y, 0, t)}{\partial z} - \alpha(c(x, y, 0, t) - c_{0z}(x, y)) = 0, \quad (1-4)$$

$$c(x, y, z, 0) = c_0(x, y), t \in (0, t_b). \quad (1-5)$$

kur D_x, D_y, D_z konstantie difūzijas koeficienti, bet α ir konstants masas pārnese koeficients pie vērtības $z = 0$, $c_{az}(x, y)$, $c_{0z}(x, y)$, $c_0(x, y)$ ir dotās koncentrācijas uz robežas $z=0$, $z = L_z$ un laikā $t = 0$, t_b ir beigu laiks, un x un y virzienā mums ir periodiskas robežvērtības.

Mēs risinām SvRv problēmu sekojošā formā:

$$c(x, y, z, t) = C(z, t)f_1(x)f_2(y), c_{az} = C_{az}f_1(x)f_2(y), c_{0z} = C_{0z}f_1(x)f_2(y),$$

$$c_0 = C_0f_1(x)f_2(y), L_x = L_y = 1,$$

$$\text{kur } f_1(x) = a_1(\sin(2\pi x) + \cos(2\pi x)), f_2(y) = a_2(\sin(2\pi y) + \cos(2\pi y))$$

1-D Nestacionārā robežvērtību problēma

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{D_z} \frac{\partial C(z, t)}{\partial t} = -a_0^2 C(z, t) + \frac{\partial^2 C(z, t)}{\partial z^2}, z \in (0, L_z), \quad (2-1) \quad (2) \\ C(L_z, t) - C_{az} = 0, D_z \frac{\partial C(0, t)}{\partial z} - \alpha(C(0, t) - C_{0z}) = 0, t \in (0, t_b), C(z, 0) = C_0, (2.2) \end{array} \right.$$

$$\text{kur } a_0^2 = \frac{4\pi^2(D_x + D_y)}{D_z}.$$

1-D Nestacionāro robežvērtību (Rv) problēmu (2) dabūjam SvRv problēmas (1).

Funkcijas $c(x, y, z, t)$ otrās kārtas parciālie atvasinājumi ir formā:

$$\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = -4\pi^2 \cdot a_1 \cdot a_2 (\sin(2\pi x) + \cos(2\pi x)) \cdot (\sin(2\pi y) + \cos(2\pi y))$$

$$\frac{\partial^2 c}{\partial y^2} = -4\pi^2 \cdot a_1 \cdot a_2 (\sin(2\pi x) + \cos(2\pi x)) \cdot (\sin(2\pi y) + \cos(2\pi y))$$

$$\frac{\partial^2 c}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 C(z, t)}{\partial z^2} \cdot (-4\pi^2 \cdot a_1 \cdot a_2 (\sin(2\pi x) + \cos(2\pi x)) \cdot (\sin(2\pi y) + \cos(2\pi y))) \cdot (-4\pi^2 \cdot a_1 \cdot a_2 (\sin(2\pi x) + \cos(2\pi x)) \cdot (\sin(2\pi y) + \cos(2\pi y)))$$

Ievieto $\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 c}{\partial y^2}$, $\frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$ sistēmas (1) galvenajā vienādojumā (1-1),

pielieto saskaņotības nosacījumus (1-2), (1-3), dabū sistēmas (2) vienādojumu (2-1). robežnosacījumos z - virzienā ievietojot funkciju $c(x, y, z, t) = C(z, t)f_1(x)f_2(y)$, dabū Rv problēmas (2) robežnosacījumus (2.2)

1-D robežvērtību problēma parastajam 2. kārtas diferenciālvienādojumam.

Ja skaitliskais atrisinājums $C(z, t)$ sistēmā (2) nav atkarīga no laika ($t = \text{const}$), tad $\frac{\partial C(z,t)}{\partial t} = 0$ un no sistēmas (2) seko sistēma (3).

$$\left\{ \begin{array}{l} -a_0^2 C(z) + \frac{d^2 C(z)}{dz^2} = 0, z \in (0, L_z), \quad (3-1) \\ C(L_z) = C_{az}, D_z \frac{dC(0)}{dz} - \alpha(C(0) - C_{oz}) = 0. \quad (3-2) \end{array} \right. \quad (3)$$

Atrod sistēmas (3) stacionāro atrisinājumu, apskata tās galvenā vienādojuma (3-1)

$$\frac{d^2 C(z)}{dz^2} - a_0^2 \cdot C(z) = 0$$

raksturīgo vienādojumu

$$k^2 - a_0^2 = 0.$$

Tiek meklētas tā saknes – apzīmē $C(z) = e^{k \cdot z}$, funkcijas otrais atvasinājums ir formā

$$\frac{d^2 C(z)}{dz^2} = k^2 \cdot e^{k \cdot z}.$$

Tad galvenais vienādojums (3-1) ir formā

$$k^2 \cdot e^{k \cdot z} - a_0^2 \cdot e^{k \cdot z} = 0.$$

Izdalot vienādojuma abas puses ar $e^{k \cdot z}$, dabū $k^2 - a_0^2 = 0$, kura saknes ir

$k_{1,2} = \pm a_0$, un atrisinājums ir formā

$$C(z) = C_1 \cdot e^{a_0 \cdot z} + C_2 \cdot e^{-a_0 \cdot z}.$$

Pakāpes $e^{a_0 \cdot z}$ un $e^{-a_0 \cdot z}$ izsaka ar $\sinh x$ un $\cosh x$.

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}, \quad \cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}, \quad \sinh x + \cosh x = \frac{e^x - e^{-x} + e^x + e^{-x}}{2} = e^x$$

$$\sinh x - \cosh x = \frac{e^x - e^{-x} - e^x - e^{-x}}{2} = -e^{-x}$$

$$C(z) = C_1 \cdot (\sinh x + \cosh x) + C_2 \cdot (\cosh x - \sinh x) =$$

$$C_1 \cdot \sinh x + C_1 \cdot \cosh x + C_2 \cdot \cosh x - C_2 \cdot \sinh x,$$

$$x = a_0 \cdot z.$$

Tad atrisinājums ir formā

$$C(z) = A_1 \cdot \sinh a_0 \cdot z + A_2 \cdot \cosh a_0 \cdot z,$$

$$\text{kur } A_1 = C_1 - C_2, A_2 = C_1 + C_2$$

Izmantojot robežnosacījumus (3-2) atrod koeficientus A_1 un A_2 .

$$\text{No robežnosacījuma (3-2) } D_z \cdot \frac{dC(0)}{dz} - \alpha(C(0) - C_{oz}) = 0 \text{ seko}$$

$$\alpha \cdot C(0) = D_z \cdot \frac{dC(0)}{dz} + \alpha C_{oz}$$

Izsaka $\frac{dC(0)}{dz}$ un $C(0)$:

$$\frac{dC(0)}{dz} = (A_1 \cdot \cosh a_0 \cdot z + A_2 \cdot \sin a_0 \cdot z) a_0$$

Pie $z = 0$ iegūstam

$$C(0) = \frac{1}{\alpha} (D_z \cdot (A_1 \cdot \cosh a_0 \cdot 0 + A_2 \cdot \sinh a_0 \cdot 0) a_0 + C_{oz}),$$

$$\cosh a_0 \cdot 0 = 1, \sinh a_0 \cdot 0 = 0,$$

$$C(0) = \frac{1}{\alpha} (D_z \cdot A_1 \cdot a_0 + C_{oz}).$$

Tad viss robežnosacījums ir formā

$$\frac{1}{\alpha} (D_z \cdot A_1 \cdot a_0 + C_{oz}) = A_1 \cdot \sin a_0 \cdot 0 + A_2 \cdot \cos a_0 \cdot 0 \quad \text{vai}$$

$$\frac{1}{\alpha}(D_z \cdot A_1 \cdot a_0 + C_{0z}) = A_1 \cdot 0 + A_2 \cdot 1.$$

Izmanto robežnosacījumu $C(L_z) = C_{az}, z = L_z$

$$C(L_z) = A_1 \cdot \sin a_0 \cdot L_z + A_2 \cdot \cos a_0 \cdot L_z$$

$$C_{az} = A_1 \cdot \sin a_0 \cdot L_z + A_2 \cdot \cos a_0 \cdot L_z$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\alpha}(D_z \cdot A_1 \cdot a_0 + C_{0z}) = A_1 \cdot 0 + A_2 \cdot 1 \\ C_{az} = A_1 \cdot \sin a_0 \cdot L_z + A_2 \cdot \cos a_0 \cdot L_z \end{array} \right. \quad (4) \quad (4-1) \quad (4-2)$$

No nosacījuma $D_z \frac{dC(0)}{dz} - \alpha(C(0) - C_{0z}) = 0$ vai $C(0) = \frac{D_z}{\alpha} \cdot \frac{dC(0)}{dz} + C_{0z}$ dabū:

$C(0) = A_1 \cdot 0 + A_2 \cdot 1$, no kurienes izsaka A_2 :

$$A_2 = \frac{D_z}{\alpha} \cdot A_1 \cdot a_0 + C_{0z}.$$

Ievietot A_2 vienādojumā (4-2), tiek dabūts A_1 :

$$A_1 = \frac{C_{az} - C_{0z} \cosh(a_0 L_z)}{\sinh(a_0 L_z) + \frac{a_0 D_z \cosh(a_0 L_z)}{\alpha}}$$

Rezultāti un to novērtējums

Kopējā kūdras saturošo purvu platība Latvijā ir 698918 ha jeb 10,7% no kopējās teritorijas.

Mikroelementu piesaistei kūdrā ir gan dabiskās izcelsmes avoti – atmosfēras nosēdumi, augsnes putekļi un aerosoli, virszemes noteces ūdeņi, gan arī galvenie antropogēno piesārņojumu avoti – atmosfēras daļiņas, notekūdeņi, kā arī apkārtējās vides apstākļu izmaiņu rezultāti saistībā ar pH līmeņa svārstībām [2].

Lai arī dažiem mikroelementu sastāvā ietilpstošajiem smagajiem metāliem ir būtiska nozīme augu un dzīvnieku pasaulē, tomēr to augstas koncentrācijas kļūst bīstamas jebkurai dzīvības formai [3].

1-D Nestacionārās un Stacionārās robežvērtību problēmas skaitliskā modelēšana

Izmantojot viendabīgu režģi ar režģa punktu skaitu $N_x = N_y = 10, N_z = 20$, mēs varam definēt galīgu diferencu matricu A kā N_z kārtas matricu un atrisināt diskrēto ODE sistēmu un atrisināt 1-D Nestacionāro robežvērtību problēmu (2) izmantojot Matlab paketi "pdepe" (1. attēls).

Skaitliskie rezultāti (2. un 3. attēli) ir iegūti no [1]:

$$t_b = 6[s], C_{az} = 4.63[mg/m^3], C_{0z} = 1.13[mg/m^3], \alpha = 200[m/s],$$

$$D_z = 10^{-3}[m^2/s], L_x = L_y = 1[m], L_z = 3[m], D_x = D_y = 3 \cdot 10^{-4}[m^2/s],$$

$$a_1 = a_2 = 0.1,$$

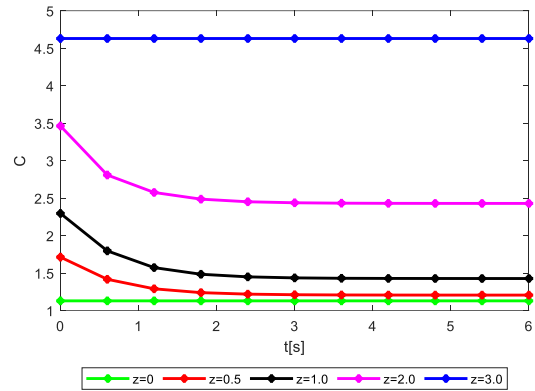
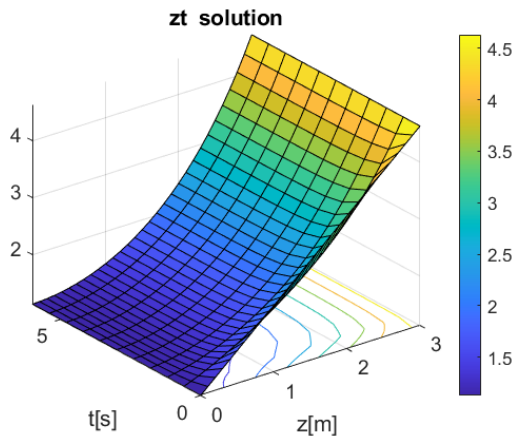
$$C_0 = ((C_{az} - C_{0z}) \cdot z/L_z) + C_{0z}.$$

```

1 function NestacKudra
2 m = 0; L=3.0; Ca0=1.13; Caz=4.63; Dz=10^(-2); Dx=3*10^(-4);
3 Dy=3*10^(-4); alfa=200; a1=0.1; a2=0.1; b1=0.9; b2=0.9;
4 a02=(8.*pi^2*(a1*Dx+a2*Dy))/Dz
5 N=30; tb=6; Nt=10; t=linspace(0,tb,Nt+1); % tb=beigu laiks sek
6 NP=N+1; z=linspace(0,L,NP); %h=L/N % L=xend
7 Lx=1; Ly=1; Nx=10; x=linspace(0,Lx,Nx+1); y=linspace(0,Ly,Nx+1);
8 options=odeset('RelTol', 1e-7);
9 sol = pdepe(m,@pdex1pde,@pdex1ic,@pdex1bc,z,t,options);
10 u = sol(:,:,1);
11 figure;
12 surf(z,t,u),colorbar;
13 set(gca,'FontSize',14); title('zt solution'); xlabel('z[m]'); ylabel('t[s]');
14 mi1=min(min(u)); ma1=max(max(u)); mli1=linspace(mi1,ma1,8); w1=[mli1,0.5];
15 figure, [C1,h]=contour(z,t,u,w1,'-r','LineWidth',4);
16 clabel(C1,h,'FontSize',13, 'FontWeight','bold');
17 set(gca,'FontSize',13)
18 title('Concentration levels C(z,t)')
19 xlabel('z[m]'),ylabel('t[s]')
20 figure;
21 plot(z,u(1,:), 'm*',z',u(3,:), 'b*',z',u(6,:), 'k*',z',u(11,:), 'r*', 'MarkerSize',8);
22 set(gca,'FontSize',14)
23 legend('0s','1.2s','3s','6s');
24 xlabel('z[m]');
25 ylabel('Concentration, C');
26 Tend = u(end,1), maT=max(u(end,:))
27 figure,
28 plot(z,u(end,:), '-r*', 'MarkerSize',10, 'LineWidth',2)
29 set(gca,'FontSize',10)
30 title('Stationary solution')
31 xlabel('z[m]'),ylabel('C')
32 cx=u(end,:)*(a1*(sin(2*pi*x)+cos(2*pi*x))+b1); cy=u(end,:)*(a2*(sin(2*pi*y)+cos(2*pi*y))+b2);
33 zx=(a1*(sin(2*pi*x)+cos(2*pi*x))+b1)*u(end,:); zy=(a2*(sin(2*pi*y)+cos(2*pi*y))+b2)*u(end,:);
34 |
35 figure; surf(x,z',cx),colorbar; set(gca,'FontSize',14); title('xz solution'); xlabel('x'); ylabel('z');
36 figure; surf(y,z',cy),colorbar; set(gca,'FontSize',14); title('yz solution'); xlabel('y'); ylabel('z');
37 figure; surf(z',x,zx),colorbar; set(gca,'FontSize',14); title('zx solution'); xlabel('z'); ylabel('x');
38 figure; surf(z',y,zy),colorbar; set(gca,'FontSize',14); title('zy solution'); xlabel('z'); ylabel('y');
39 %=====
40 figure,
41 plot(z,u(2,:), '-r*', 'MarkerSize',10, 'LineWidth',2)
42 hold on
43 plot(z,u(6,:), '-k*', 'MarkerSize',10, 'LineWidth',2)
44 hold on
45 plot(z,u(9,:), '-m*', 'MarkerSize',10, 'LineWidth',2)
46 hold on
47 plot(z,u(11,:), '-b*', 'MarkerSize',10, 'LineWidth',2)
48 set(gca,'FontSize',10)
49 %title(sprintf('T of x, Tend=%6.4f',Tend))
50 legend('t=0.6s', 't=3s', 't=4.8s', 't=6s', 'Orientation','horizontal', 'Location','SouthOutside') %legenda
51 xlabel('z[m]'),ylabel('C')
52 maT=max(u(end,:))
53 figure, plot(t,u(:,1), '-g*', 'MarkerSize',5, 'LineWidth',2);
54 hold on
55 plot(t,u(:,6), '-r*', 'MarkerSize',5, 'LineWidth',2)
56 hold on
57 plot(t,u(:,11), '-k*', 'MarkerSize',5, 'LineWidth',2)
58 hold on
59 plot(t,u(:,21), '-m*', 'MarkerSize',5, 'LineWidth',2)
60 hold on
61 plot(t,u(:,end), '-b*', 'MarkerSize',5, 'LineWidth',2)
62 set(gca,'FontSize',10)
63 %title(sprintf('T of t, Tmax=%6.4f',maT))
64 legend('z=0', 'z=0.5', 'z=1.0', 'z=2.0', 'z=3.0', 'Orientation','horizontal', 'Location','SouthOutside') %legenda
65 xlabel('t[s]'),ylabel('C')
66 Tab=[u(end,1),u(end,6),u(end,11),u(end,21),u(end,end)]
67 %-----
68 function [c,f,s] = pdex1pde(z,t,u,DuDx)
69 c=1; f= DuDx; s=-a02*u;
70 end
71 %-----
72 function u0 = pdex1ic(z)
73 u0 = (Caz-Ca0)*z/L +Ca0;
74 end
75 %-----
76 function [pl,ql,pr,qr] = pdex1bc(zl,ul,zr,ur,t)
77 pl = -alfa*(ul -Ca0);
78 ql = Dz; % 3.veida BC du/dx=0, ja alfa=0
79 pr =ur-Caz; % uzdots atkaroba
80 qr=0;
81 end
82 end

```

I. attēls. 1-D Nestacionāro robežvērtību problēmu (2) atrisināšana, izmantojot Matlab



2. attēls. Nestacionārais atrisinājums $C(t,z)$

3. attēls. Koncentrācijas atkarība no laika pie dažādām z -vērtībām (dažāda dziļuma kūdras slānī)

Stacionārās robežvērtību problēmas skaitliskai modelēšanai tiek izmantota sistēma (3) un iepriekš nosauktie eksperimentālie dati(4., 5., 6., 7. attēls).[5]

```

1 function Prove
2 Lx=1;Ly=1;Lz=3;ax=0.1;ay=0.1;N=10;N=10;Nz=20; x=linspace(0,Lx,N+1);y=linspace(0,Ly,N+1);
3 z=linspace(0,Lz,Nz+1)';
4 Dz=10^(-2);%Ja Lz=2, tad Dz=10^(-2.5);Ja Lz=1, tad Dz=10^(-3);
5 Dx=3*10^(-4);Dy=3*10^(-4);alfa=200;CL=4.63;c0=1.13;
6 a02=((Dx*ax+Dy*ay)*8*pi^2)/Dz;a0=sqrt(a02);
7 A1=(CL-c0*cosh(a0*Lz))/(sinh(a0*Lz)+a0*cosh(a0*Lz)*Dz/alfa); A2=c0+A1*a0*Dz/alfa;
8 C=A1*sinh(a0*z)+A2*cosh(a0*z);
9 figure, plot(z,C,'ro','MarkerSize',10);C(1)
10 xlabel('z'),ylabel('C(z)')
11 cx=C*(0.1*(sin(2*pi*x)+cos(2*pi*x))+0.9);cy=C*(0.1*(sin(2*pi*y)+cos(2*pi*y))+0.9);
12 zx=(0.1*(sin(2*pi*x)+cos(2*pi*x))+0.9)*C';zy=(0.1*(sin(2*pi*y)+cos(2*pi*y))+0.9)*C';
13 figure; surfc(x,z,cx),colorbar; set(gca,'FontSize',14); xlabel('x'); ylabel('z');
14 figure; surfc(y,z,cy),colorbar; set(gca,'FontSize',14); title('yz solution'); xlabel('y'); ylabel('z');
15 figure; surfc(z,x,zx),colorbar; set(gca,'FontSize',14); title('zx solution'); xlabel('z'); ylabel('x');
16 figure; surfc(z,y,zy),colorbar; set(gca,'FontSize',14); title('zy solution'); xlabel('z'); ylabel('y');
17

```

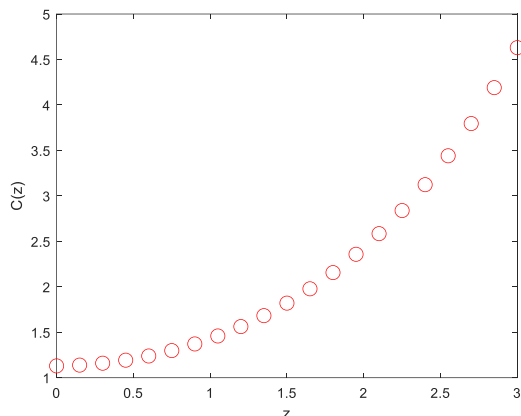
4. attēls. Stacionāras robežvērtību problēmas atrisināšana MATLAB vidē


```

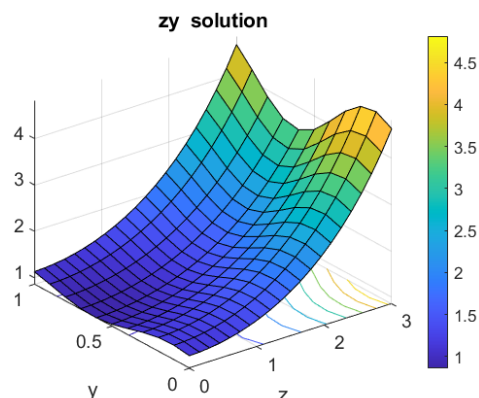
1 | #define _USE_MATH_DEFINES
2 |
3 | #include <iostream>
4 | #include <vector>
5 | #include <cmath>
6 | using namespace std;
7 | double Prove()
8 | {
9 |     int Lx = 1, Ly = 1, Lz = 3, N = 10, Nz = 20, alfa = 200;
10 |     double ax = 0.1, ay = 0.1;
11 |     vector<double> x;
12 |     for (double i = 0; i < Lx; i += Lx * 1.0 / N)
13 |         x.push_back(i);
14 |     cout << "x vektors: ";
15 |     for (int i = 0; i < x.size(); i++)
16 |         cout << x[i] << " ";
17 |
18 |     vector<double> y;
19 |     for (double i = 0; i < Ly; i += Ly * 1.0 / N)
20 |         y.push_back(i);
21 |     cout << "ny vektors: ";
22 |     for (int i = 0; i < y.size(); i++)
23 |         cout << y[i] << " ";
24 |
25 |     vector<double> z;
26 |     for (double i = 0; i < Lz; i = i + Lz * 1.0 / Nz)
27 |         z.push_back(i);
28 |     cout << "nz vektors: ";
29 |     for (int i = 0; i < z.size(); i++)
30 |         cout << z[i] << " ";
31 |
32 |     double Dz, Dx, Dy, a0, a02, A1, A2, C1 = 4.63, c0 = 1.13;
33 |
34 |     Dz = pow(10, -2); Dx = 3 * pow(10, -4); Dy = 3 * pow(10, -4);
35 |     a02 = ((Dx * ax + Dy * ay) * 8 * pow(M_PI, 2)) / Dz;
36 |     a0 = sqrt(a02);
37 |
38 |     A1 = (C1 - c0 * cosh(a0 * Lz)) / (sinh(a0 * Lz) + a0 * cosh(a0 * Lz) * Dz / alfa);
39 |     A2 = c0 + A1 * a0 * Dz / alfa;
40 |
41 |     vector<double> C1;
42 |     for (int i = 0; i < z.size(); i++)
43 |         C1.push_back(A1 * sinh(a0 * z[i]) + A2 * cosh(a0 * z[i]));
44 |
45 |     //cx skaitlošana
46 |     vector<vector<double>> cx;
47 |     for (int i = 0; i < C1.size(); i++)
48 |         cx.push_back(vector<double>());
49 |     for (int i = 0; i < C1.size(); i++)
50 |         for (int j = 0; j < x.size(); j++)
51 |             cx[i].push_back(C1[i] * (0.1 * (sin(2 * M_PI * x[j]) + cos(2 * M_PI * x[j])) + 0.9));
52 |
53 |     //cx izvads
54 |     cout << endl << "cx: ";
55 |     for (int i = 0; i < cx.size(); i++) { ... }
56 |
57 |     //cy skaitlošana
58 |     vector<vector<double>> cy;
59 |     for (int i = 0; i < C1.size(); i++)
60 |         cy.push_back(vector<double>());
61 |     for (int i = 0; i < C1.size(); i++)
62 |         for (int j = 0; j < y.size(); j++)
63 |             cy[i].push_back(C1[i] * (0.1 * (sin(2 * M_PI * y[j]) + cos(2 * M_PI * y[j])) + 0.9));
64 |
65 |     //cy izvads
66 |     cout << endl << "cy: ";
67 |     for (int i = 0; i < cy.size(); i++) { ... }
68 |
69 |     //zx skaitlošana
70 |     vector<vector<double>> zx;
71 |     for (int i = 0; i < x.size(); i++)
72 |         zx.push_back(vector<double>());
73 |     for (int i = 0; i < x.size(); i++)
74 |         for (int j = 0; j < C1.size(); j++)
75 |             zx[i].push_back(cx[j][i]);
76 |
77 |     //zx izvads
78 |     cout << endl << "zx: " << endl;
79 |     for (int i = 0; i < zx.size(); i++) { ... }
80 |
81 |     //zy skaitlošana
82 |     vector<vector<double>> zy;
83 |     for (int i = 0; i < y.size(); i++)
84 |         zy.push_back(vector<double>());
85 |     for (int i = 0; i < y.size(); i++)
86 |         for (int j = 0; j < C1.size(); j++)
87 |             zy[i].push_back(cy[j][i]);
88 |
89 |     //zy izvads
90 |     cout << endl << "zy: " << endl;
91 |     for (int i = 0; i < zy.size(); i++) { ... }
92 |     return 1;
93 | }
94 |
95 | int main() {
96 |     Prove();
97 |     return 0;
98 | }

```

5. attēls. Stacionāras robežvērtību problēmas atrisināšana, izmantojot C++ programmēšanas valodu



6. attēls. Stacionārais atrisinājums $C(z)$



7. attēls. Stacionārais atrisinājums $C(z,y)$

2., 3., 6., 7. attēlā ir redzams, ka koncentrāciju izmaiņas ir līdzīgas rakstura ziņā - kalcija koncentrācija ļoti strauji samazinās ar dziļumu no $4.63 \left[\frac{mg}{m^3} \right]$ līdz $1.13 \left[\frac{mg}{m^3} \right]$. Lielākās smago metālu koncentrācijas tiek novērotas kūdras augšējos slāņos.

Izmantojot MATLAB un C++ programmēšanas valodu, var dabūt vienādus skaitliskos rezultātus, bet ja izmanto MATLAB grafikus rezultātiem veidot daudz vieglāk, tāpēc labāk izmantot MATLAB.

Secinājumi

Pētījums parādīja, ka skaitlisko risinājuma atrašanai ļoti piemērota ir MATLAB. Tika izmantota arī C++, bet tas prasīja ilgāku laiku un atsevišķos gadījumos bija pat sarežģītāk. Viena no MATLAB priekšrocībām ir relatīvi viegla diagrammu veidošana, kas ir jāizmanto turpmākajos pētījumos. Skaitlisko risinājumu realizācijas kodi ar MATLAB izrādījās ne pārāk sarežģīti (salīdzinājumā ar C++), tāpēc tie ir izmantojami arī sarežģītāku uzdevumu / problēmu risināšanai.

Izveidotais matemātiskais modelis, izmantojot eksperimentālos mērījumus kūdrā (uz virsmas slāņa un atsevišķos punktos kūdras iekšējos slāņos), ļāva aprēķināt metāla koncentrāciju vairākos nepieciešamos punktos, kur mērījumi netika veikti.

Summary

The present article discusses reducing the second-order parabolic partial differential equation of a three-dimensional (3D) non-stationary boundary problem to the corresponding one-dimensional (1D) non-stationary boundary problem, using periodic boundary conditions in the x and y directions.

The obtained non-stationary 1D boundary problem allows calculating the values of the search function $C(z,t)$, for example, calculating the changes in the concentration of heavy metals in the z-direction and also as a function of time t. The numerical solution of the 1D boundary problem can be obtained, for example, using the Matlab package "pdepe," by writing the necessary program in the Matlab programming language, or with the help of the C++ programming language.

Assuming that the numerical solution of the non-stationary 1D boundary problem $C(z,t)$ is not dependent on time ($t=const$), the corresponding stationary boundary problem was obtained and its stationary (analytical) solution $C(z)$ was found. Using the functional relationship, the numerical values of $C(z)$ in the given z range can be calculated. As a practical application of the mathematical model developed, the article discusses calculating the

concentration of heavy metal Ca in a peat layer based on the obtained experimental data (measurements).

Bibliography

- [1] Kangro I., Kalis H., Gedroics A., Teirumnieka E., Teirumnieks E. On mathematical modelling of Metals Distribution in peat layers. MMA, vol. 19, Nr. 4, 2014, pp. 568-588.
- [2] Orru, H., Orru, M. 2006. Sources and distribution of trace elements in Estonian peat. *Global and Planetary Change*, **53**, pp. 249-258.
- [3] De la Rosa, G., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L. 2003. Utilization of ICP/OES for the determination of trace metal binding to different humid fractions. *Journal of Hazardous Materials*, B97, pp. 207-218.
- [4] Kalis H., Kangro I. Effective finite difference and Conservative Averaging methods for solving problems of mathematical physics. Monography. Rezekne Academy of Technologies, 2021, 423p. <http://books.rta.lv/index.php/RTA/catalog/book/24>
- [5] C++, vector class. <https://learn.microsoft.com/en-gb/cpp/standard-library/vector-class?view=msvc-170>

KONVOLŪCIJAS NEIRONU TĪKLA APMACĪBA ROKAS ŽESTU ATPAZĪŠANAI PĒC KAGGLE ASL ALPHABET DATU KOPAS *TRAINING OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR HAND GESTURE RECOGNIZING ON THE KAGGLE ASL ALPHABET DATASET*

Autors: **Gļebs VITUŠKINS**, e-pasts: glebva2202@gmail.com

Zinātniskā darba vadītājs: **Sergejs KODORS, Dr.sc.ing.**, e-pasts: sergejs.kodors@rta.lv
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

Abstract. Nowadays, hand gesture recognizing is important topic. It is used in virtual assistant work, for sign language translation, in virtual and augmented reality applications, and in entertainment services. The paper deals with the convolutional neural network training using different technologies. The neural network is trained to classify American manual alphabet and 3 extended gestures using photographs. The open access dataset Kaggle ASL Alphabet was used for training. Kaggle ASL Alphabet provides 87000 images of 29 classes for image classification and hand gesture recognizing.

Keywords: neural network, Kaggle, recognizing, sign language, TensorFlow.

Ievads

Mašīnmācīšanās un datorredzes izmantošana ir mainījusi daudzus mūsdienu tehnoloģiju aspektus, un roku žestu atpazīšana nav izņēmums. Roku žestu atpazīšana plaši izmantota virtuālā asistenta darbā, piemēram atbildēt un beigt tālruņa zvanus, sākt un beigt sarunu ar asistentu utt. [1], ka arī izmantota surdotulkumā, virtuālās un paplašinātas realitātes lietojumprogrammas.

Lai apmācīt datoru atpazīt rokas žestus, tiek pielietota konvolūcijas neironu tīklu arhitektūra (*convolution neural network*, tālāk *CNN*). *CNN* plaši izmantota datorredzes. Tos izmanto attēlu klasifikācijai, objektus un rakstus atpazīšanai. Konvolūcijas neironu tīklu pamatideja ir attēlam piemērot filtrus. Filtri pārvietojas pa attēlu un veic konvolūcijas operācijas. Šīs darbības rezultātā tiek iegūts jauns attēls, kur ir informācija par dažādām attēla īpašībām, piemēram, par kontūram, malām un faktūrām.

Šajā rakstā es pētīju iespēju izmantot neironu tīklus, lai atpazīt rokas žestus izmantojot *CNN* arhitektūru. Spēja atpazīt žestus varētu būt integrētā dažādos lietojumprogrammas, piemēram, integrēt automobiļa multimedijā, lai uzlabotu ceļu satiksmes drošību izmantojot “*hands-free*” risinājumus.

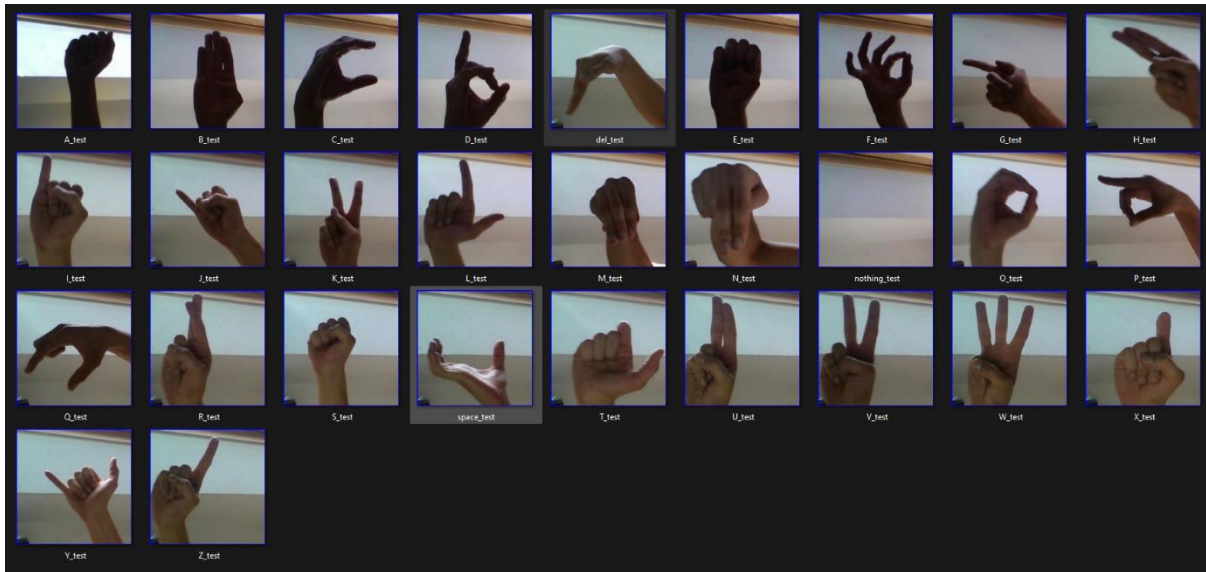
Pētījuma mērķis: izstrādāt konvolūcijas neironu tīklu, kas spēj atpazīt rokas žestus.

Uzdevumi:

- 1) Sagatavot datu kopu neironu tīkla apmācīšanai.
- 2) Izveidot un apmācīt konvolūcijas neironu tīklu.
- 3) Novērtēt neironu tīklu precizitāti.

Materiāli un metodes

Lai apmācīt neironu tīklu, tiek izmantota Kaggle ASL Alphabet datu kopa (skat. 1.att.). Datu kopa satur 87000 attēlus ar izmēriem 200x200 pikseļus. Attēli ir sadalīti uz 29 klasēm, kur 26 klases ir angļu alfabēts(A-Z) un 3 klases priekš space, dzēst un nekas(*SPACE, DELETE, NOTHING*). Katrā klasē ir 3000 attēlus. Datu kopa ir sadalīta 3 apakškopas: treniņš – 72%, derīgs – 18%, testēšana – 10%. (train – 72%, validation – 18%, test – 10%). Sadalījums nepieciešams, lai pārbaudīt neironu tīklu precizitāti. Visi attēli tiek samazināti līdz 32 uz 32 pikseļa, lai paātrināt modeļu apmācību bez būtiskiem informācijas zudumiem.



1. attēls. Piemēri no Kaggle ASL Alphabet datu kopas

Lai apmācīt neironu tīklu, tiek izmantota Google Colab vidi. Google Colab ir bezmaksas serviss, kur Google nodrošina izveidot un palaist projektus. Google Colab piedāvā mākoņskaitļošanu ar videokartēm (Graphics Processor Unit, tālāk GPU), kas ievērojami samazina neironu tīkla apmācības laiku.

Lai apmācīt konvolūcijas neironu tīklu - jāizveido neironu tīkla modelis. Pēc dažādiem mēģinājumiem tiek izstrādātā konvolūcijas neironu tīkla modelis (sakt. 2. att.). Vispirms, tika pievienots pirmais konvolūcijas slānis ar 128 filtriem, izmēriem 3 uz 3 un aktivācijas funkciju *ReLU*. Otrais slānis ir *MaxPooling*, viņš nepieciešams lai samazināt attēlu izmēru, bet saglabāt svarīgākas pazīmes, manā gadījumā attēls tiek samazināts divreiz. Pēc tam tika pievienots vēl viens konvolūcijas slānis, bet ar 64 filtriem, izmēriem 3 uz 3 un aktivācijas funkciju *ReLU* un vēl viens *MaxPooling* slānis. Piektais slānis ir *Flatten*, kurš pārveido iepriekšējos slāņus izvadi viendimensijas masīvā. Sestais slānis ir *Dense* ar 512 neironiem un aktivācijas funkciju *ReLU*. Un pēdējais slānis ir izejas slānis ar 29 klasēm.

```

model = keras.models.Sequential( [
    keras.layers.Conv2D( 128, (3, 3), activation='relu', name="conv2d_1" ),
    keras.layers.MaxPooling2D( 2, 2 ),
    keras.layers.Conv2D( 64, (3, 3), activation='relu', name="conv2d_2" ),
    keras.layers.MaxPooling2D( 2, 2 ),
    keras.layers.Flatten(),
    keras.layers.Dense(512, activation='relu', name="fcl_1" ),
    keras.layers.Dense(29, activation='softmax', name="out_layer" )
] )

model.compile(optimizer= 'adam',
              loss='categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

history = model.fit(
    x_train,
    y_train,
    batch_size = 128,
    epochs = 5,
    validation_split=0.2,
    shuffle = True,
    verbose=1)

model.summary()
print(history)
test_loss, test_acc = model.evaluate(x_test, y_test)

```

2. attēls. Konvolūcijas neironu tīkla modelis

Neironu tīkla apmācības parametri(skat 3. att.): apmācības ilgums(*epochs*) = 5, bildes apstrādāšana uzreiz(*batch_size*) = 128, validācijas daudzums(*validation_data*) = 20% no trenēšanas apakškopa un nejauša secība katrā iterācijā(*shuffle*).

```

history = model.fit(
    x_train,
    y_train,
    batch_size = 128,
    epochs = 5,
    validation_split=0.2,
    shuffle = True,
    verbose=1)

```

3. attēls. Neironu tīkla apmācības parametri.

Rezultāti un to izvērtējums

Apmācītā ar *Kaggle ASL Alphabet* datu kopu konvolūcijas neironu tīkls ir parāda šādus rezultātus(skt. 4, 5, 6, att.).

```

Epoch 1/5
490/490 [=====] - 15s 12ms/step - loss: 1.2211 - accuracy: 0.6390 - val_loss: 0.4053 - val_accuracy: 0.8694
Epoch 2/5
490/490 [=====] - 5s 11ms/step - loss: 0.2134 - accuracy: 0.9341 - val_loss: 0.1247 - val_accuracy: 0.9592
Epoch 3/5
490/490 [=====] - 5s 10ms/step - loss: 0.0923 - accuracy: 0.9729 - val_loss: 0.0940 - val_accuracy: 0.9690
Epoch 4/5
490/490 [=====] - 5s 10ms/step - loss: 0.0567 - accuracy: 0.9835 - val_loss: 0.0785 - val_accuracy: 0.9776
Epoch 5/5
490/490 [=====] - 5s 11ms/step - loss: 0.0425 - accuracy: 0.9876 - val_loss: 0.0585 - val_accuracy: 0.9826
Model: "sequential"

```

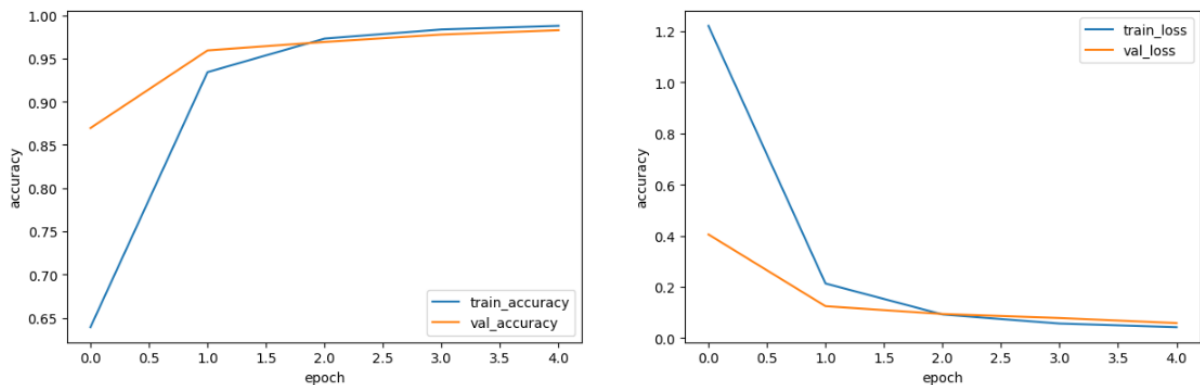
4. attēls. Neironu tīkla rezultāti(apmācības apakškopā)

```

<keras.callbacks.History object at 0x7f43821228b0>
272/272 [=====] - 1s 3ms/step - loss: 0.0550 - accuracy: 0.9821

```

5. attēls. Neironu tīkla rezultāti(testēšanas apakškopā)



6. attēls. Neironu tīkla precizitātes diagrammas.

Vislielākā neironu tīkla precizitātē pēc apmācības ir 98,76%. Precizitāte uz testēšanas apakškopās ir 98.21%. Tas nozīmē, ka modelis pareizi klasificēja vairāk nekā 98% attēlus. Diagrammās var redzēt, ka precizitāte katra iterācijā pieaug un zaudējumi samazinās. Tās nozīme, kā modelis ir veiksmīgi apmācīts.

Lai uzlabotu neironu tīklu precizitātē, var izmantot sarežģītāku konvolūcijas modeli, izmantot argumentāciju(jaunus bildes izveidošana, pārveidojot esošos attēlus) vai palielināt datu kopas apjomu. Ka arī, neironu tīklu varētu būt pārbaudīta uz saviem datiem, lai novērtēt

tīklu precizitātē dažādas situācijas, piemēram, pagriezt, pārvietot, pievienot troksni, palielināt vai samazināt spilgtumu.

Secinājumi

Izmantojot konvolūcijas neironu tīklu arhitektūru un *Google Colab* vidi, tika apmācīts neironu tīkls, kas atpazīst 29 rokas žestus ar precizitāte aptuveni 98%(uz apmācības un testēšanas apakškopas). Apmācībām tika izmantota datu kopa *Kaggle ASL Alphabet*, kas sastāv no 87000 attēliem. Objektīvāku rezultātu iegūšanai var izmantot sarežģītāku konvolūcijas modeli, izmantot argumentāciju vai palielināt datu kopas apjomu.

Summary

Nowadays, hand gesture recognition is used in various spheres such as virtual assistant work, sign language translation, virtual and augmented reality, and entertainment services. Convolutional neural networks (CNN) are commonly used in computer vision for image classification, object detection, and pattern recognition. In this study, the feasibility of using neural networks with CNN architecture for hand gesture recognition was investigated.

The neural network was trained using the Kaggle ASL Alphabet dataset, which consists of 87,000 images with dimensions of 200x200 pixels. The images are categorized into 29 classes, including 26 English alphabet classes (A-Z) and 3 additional classes for space, delete, and nothing. The dataset was split into three subsets: training – 72%, validation – 18%, and testing – 10%. All images have been resized to 32 by 32 pixels to accelerate model training without significant loss of information.

The neural network achieved an accuracy of approximately 98% on both the training and testing subsets for recognizing 29 hand gestures using the CNN architecture and the Google Colab environment. To obtain more objective results, a more complex convolutional model could be used, augmentation could be applied, or the dataset size could be increased.

Literatūra

1. Google, Use gestures to control your Google Assistant on headphones <https://support.google.com/assistant/answer/7513985?hl=en&co=GENIE.Platform%3DAndroid>
2. Sumit Saha, A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way. <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>
3. Benjamin Zeman, What is Google Colab? <https://www.androidpolice.com/google-colab-explainer/>
4. TensorFlow. <https://www.tensorflow.org/tutorials>
5. Kiprono Elijah Koech, The Basics of Neural Networks (Neural Network Series). <https://towardsdatascience.com/the-basics-of-neural-networks-neural-network-series-part-1-4419e343b2b>

NO SĒTO ZĀLĀJU UN DABISKO PĻAVU ZĀLES IEGŪTĀS SKĀBBARĪBAS SASTĀVU SALĪDZINĀŠANA ZS BĒRZI UN ZS LAIMĪTES

COMPARISON OF SILAGE COMPOSITIONS OBTAINED FROM SOWN GRASSES AND NATURAL MEADOW GRASS IN FARM BĒRZI AND FARM LAIMĪTES

Authors: **Vilma KOLNEJA**, e-mail:kolnejavilma@gmail.com,
Inese CIMERMANE, e-mail:inese.cimermane@malnavaskoledza.lv
Scientific supervisor: **Marlinda KAŠA, mg.med.vet.**, e-mail:
marlinda.kasa@malnavaskoledza.lv

Abstract. *The paper deals with the methods of improving animal husbandry feed rations in two different farms. Forage quality in herd has enormous impact on methane production all over the world, so it is important to find ways to decrease these numbers and also increase the productivity of the whole herd. As a result of research, the chemical composition of the different kind silage of sown grasses and natural meadows will be clarified and proposals are developed for improvement the quality of feed for herd productivity increase.*

Keywords: *silage quality, feed, greenhouse gas emissions in animal husbandry.*

Ievads

Vides kvalitātes uzlabošanas nolūkos lopkopībā īpaša uzmanība ir jāpievērš dzīvnieku ēdināšanas sistēmai saimniecībās. Ēdināšanas sistēmas organizēšana aptver barības paraugu analīzes, šo analīžu rezultātu izvērtējumu un praktisku pielietojumu, sastādot sabalansētas barības devas liellopiem, kā arī barības izēdināšanas tehnisko nodrošinājumu.

Govis gremošanas procesā izdala metāna gāzi – vienu no kaitīgākajām siltumnīcas efektu veicinošām gāzēm. Sabalansēta govju ēdināšana samazina metāna izdalīšanos zarnu fermentācijas procesos par vairāk nekā 14% diennaktī un par vairāk nekā 18% uz kg piena (Krejšmane,Dz, 2015).

Lopbarības kvalitāte, barības sagremojamība un barības devas ir savstarpēji saistīti aspekti un tieši ietekmē CH₄ ražošanu govīs spureklī. Rupjās barības kvalitātei ir būtiska ietekme uz metāna producēšanu, ja rupjās lopbarības sagremojamība ir zema, metāna gāzes daudzums pieaug. Savukārt precīzi saplānotas barības devas paaugstina ganāmpulka produktivitāti.

Pētījuma objekti un metodes

Barības devu sabalansētība un pilnvērtība ir izšķirošs faktors dzīvnieku produktivitātes uzlabošanai, barības izmantojamībai un SEG emisijām. Pētījuma rezultātā tiks noskaidrots, sēto zālāju un dabisko pļavu zāles skābbarības ķīmiskais sastāvs un izstrādāti priekšlikumi ēdināšanas kvalitātes uzlabošanai ganāmpulka produktivitātes paaugstināšanai.

Pētījuma objekts ir sēto zālāju un dabisko pļavu zāles iegūtās skābbarības sastāvs.

Pētījumā izmantotās metodes:

1. Dokumentu analīze;
2. Paraugu ievākšanas metode- Komisijas Regula (EK) Nr. 152/2009 (2009. gada 27. janvāris), ar ko nosaka paraugu ņemšanas un analīzes metodes barības oficiālajai kontrolei;
3. Skābbarības kvalitātes rādītāju ķīmiskajām analīzēm tiek izmantotas šādas metodes: sausas saturu (LVS EN ISO 6498:2012, 7.5), kokšķiedras saturu, ADF ,NDF koppelnu saturu (LVS ES ISO 12099:2010) pēc gravimetrijas metodes, gaistošās organiskās skābes (etiķskābi, pienskābi, sviestskābi) nosaka pēc titrimetrijas metodes

(*ГОСТ 23637-90, ГОСТ 23638-90), kopproteīnu pēc Kjeldāla metodes (LVS EN ISO 12099:2010), fosforu P – pēc spektometrijas (LVS EN ISO 12099:2010), kalciju – pēc absorpsiometrijas metodes (LVS EN ISO 12099:2010). Paraugu sagatavošana veikta saskaņā ar LVS EN ISO 6498:2012 standartiem

4. Statistiskās apstrādes metode.

Pētījuma rezultāti

Projekta "No sēto zālāju un dabisko pļavu zāles iegūtās skābbarības sastāvu salīdzināšana ZS Bērzi un ZS Laimītes" ietvaros, sadarbībā ar LLKC lopkopības nodaļas vadītāju Silviju Dreijeri, zemnieku saimniecībās tika noņemti 4 dažādi skābbarības paraugi. Paraugu noņemšanai 5 dažādās vietās katrai skābbarības partijai tika izmantota paraugu ņemšanas zonde. Tālāk paraugi testēšanai tika nogādāti uz LLU Biotehnoloģiju Zinātniskās Laboratorijas Agronomisko Analīžu nodaļu.

Iepriekš šajās saimniecībās nekad nebija veikta barības līdzekļu laboratoriskā pārbaude.

Lai spētu izveidot sabalansētas barības devas ir nepieciešams zināt barības līdzekļu ķīmiskās analīzes, to var noteikt ar attiecīgu katalogu palīdzību, bet veicot individuālas barības līdzekļu analīzes, barības devas sastādīšana ir daudz objektīvāka.

1. tabula

ZS Bērzi un ZS Laimītes skābbarības paraugu laboratorijas izmeklējumu rezultāti, 2022. gadā. (autoru veidots)

| Rādītāji | ZS Bērzi | | ZS Laimītes | |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| | 1.Dabīgie zālāji (zaļie ruļļi) | 2.Dabīgie zālāji (baltie ruļļi) | 3.Galega, stiebrzāles 1.pļāvums | 4. Sarkanais āboliņš, stiebrzāles 1. pļāvums |
| Sausna, % | 28,72 | 38,83 | 21,74 | 26,12 |
| NEL,MJ/kg | 5,37 | 6,07 | 5,90 | 5,99 |
| Kopproteīns % (sausnā) | 10,84 | 12,12 | 13,99 | 16,92 |
| Ca,% (sausnā) | 0,68 | 0,92 | 0,80 | 1,32 |
| P,% (sausnā) | 0,28 | 0,27 | 0,33 | 0,36 |
| NDF, % (sausnā) | 59,04 | 49,58 | 50,65 | 44,41 |
| ADF, % (sausnā) | 40,59 | 31,76 | 33,98 | 32,82 |
| Koppelni, % (sausnā) | 8,02 | 8,14 | 10,00 | 10,93 |
| Sviestskābe, % | 0,02 | 0,00 | 0,42 | 0,80 |

Avots: LLU Biotehnoloģiju Zinātniskās Laboratorijas Agronomisko Analīžu nodaļa. TESTĒŠANAS PĀRSKATS Nr. D-918-2022 (Dzīvnieku barība) 24.10.2022.

Saimniecībā barības ķīmiskās analīzes veica zāles skābbarībai, jo šie barības līdzekļi ir govju pamatbarība. Tabulā redzami rādītāji ir tie, pēc kuriem tika rēķināta skābbarības spēja nodrošināt govīs, ar tām nepieciešamajām barības vielām.

| Kvalitātes rādītāji | Zema | Vidēja | Augsta |
|---------------------|-------|---------|---------|
| Sausna, % | 13-17 | 18-39 | 40-55 |
| Kopproteīns, % | 7-9 | 10-14 | 15+ |
| Koptauki, % | 1-2 | 2-4 | 5-8 |
| NDF, % | 55-65 | 48-54 | 42-47 |
| ADF, % | 29-32 | 33-34 | 35-40 |
| Koppelni, % | 12-15 | 7-11 | 5-6 |
| Ca, % | - | 0.54 | - |
| P, % | - | 0.25 | - |
| NEL, MJ/kg | 5-6 | 6.6-7 | 7.5-9.0 |
| Etīkskābe, % | 4-6 | 2-3 | 1.0 |
| Pienskābe, % | 0.5-5 | 6-8 | 9-12 |
| Sviestskābe, % | 0.1 | 0.2-0.9 | 1-4 |

1.attēls. Zāles skābbarības kvalitātes optimālie rādītāji

Sausnas daudzums skābbarības paraugos svārstījās 21,74–38,83% robežās (skat.1. tabulu) Par zemu rādītāju var uzskatīt 13–17%, par normālu – 18–39%, par augstu – 40–55% (skat. 1. attēlu.), tātad gandrīz augsta sausnas daudzuma robeža bija skābbarībai no 2. parauga. 3. paraugā sausnas saturs jau tuvojās zemākajai robežai, kas liecina par to, ka zaļā masa pirms ietīšanas nav bijusi pietiekami izžāvēta, par ko pārliecinājāmies arī parauga noņemšanas brīdī, organoleptiski to izvērtējot.

Skābbarībai ar sausnu virs 55% ir iespēja sakarst, bet sausnas daudzums zem 30% var būt saistīts ar sliktu fermentāciju un attiecīgi zemāku apēdamību.

Pēc testēšanas rezultātiem secināts, ka ZS Bērzi sausnas daudzums skābbarības paraugos ir lielāks nekā ZS Laimītes. Dabīgo zālāju baltajos ruļļos tā sasniedz 38,83 %, zaļajos ruļļos - 28,72%. Turpeti otrajā zemnieku saimniecībā galegas, stiebrzāļu 1. plāvumā sasniedz 21,74 %, sarkanā āboliņa, stiebrzāļu 1. plāvumā - 26,12%.

Kopproteīns zāles skābbarības paraugos svārstījās 10,84–16,92% robežās. Par vēlamu var uzskatīt zāles lopbarības paraugu ar 10–14% kopproteīna sausnā (skat. 1. attēls). Jāņem vērā, ka pārāk relatīvi ilga lopbarības vītinašana uz lauka (pat labos klimatiskos apstākļos) intensīvi samazina kopproteīna daudzumu, jo augos darbojas pašu augu proteīnu noārdoši fermenti.

Kopproteīns labāks bija 4. un 3. paraugam, attiecīgi, 16,92 % un 13,99%, kas ir labs rādītājs. Šī skābbarība bija likta no 1. plāvuma zaļmasas. Tas gan saistīts arī ar to, ka gan Austrumu galega, gan sarkanais āboliņš ir bagātāki ar proteīnu kā dabiskie zālāji. Abi paraugi tika ņemti no ZS Laimītes. Otrajā saimniecībā kopproteīna daudzums sausnā bija relatīvi zemāks, proti 10,84% un 12,12% (skat. 1.tabulu).

Atkarībā no zaļās masas brieduma pakāpes novākšanas laikā neitrāli skalotās kokšķiedras (NDF) daudzums skābbarības paraugos svārstījās robežās no 44,41% līdz 59,04%, (skat. 1. tabulu), ieteicamās normas robežas ir no 48 līdz 54% (skat.1. attēlu). Kopumā tas liecina, ka zaļā masa skābbarības sagatavošanai, ir nopļauta laikus, izņemot ZS Bērzi ņemto paraugu Nr 1, kurā NDF saturs ir visaugstākais. Kā apliecināja īpašnieks, šis ir bijis visvēlākais plāvums.

Skābi skalotās kokšķiedras (ADF) ZS Bērzi 1. parauga rādītājs bija augstāks par normas robežu, proti, 40,59 %. Turpretim 2. paraugam, kas tika ņemts tajā pat saimniecībā rādītājs bija salīdzinoši zemāks - 31,76%, kas ir nedaudz zem normas robežas. Otrajā saimniecībā (ZS Laimītes), rādītāji bija normas robežās, abiem paraugiem rezultāti bija relatīvi tuvi – 33,98 % un 32,82% (skat. 1.tabulu). Arī šis rādītājs liecina, ka 2,3 un 4 paraugu skābbarība ir nopļauta visatbilstošākajā laikā.

Barības enerģētiskā vērtība, izteikta pēc NEL daudzuma, abās saimniecībās rezultāti bija relatīvi līdzīgi un atradās 5,37–6,09 MJ NEL/kg sausnas robežās (skat. 1.attēlu), kas atbilda labas kvalitātes barībai. Viszemākā tā ir paraugā nr. 1, kas liecina par barības līdzekļa zemāku enerģētisko vērtību.

Dabiski ieskābētajos skābbarības paraugos pienskābes daudzums svārstījās 3,09–4,30% robežās atbilstot zemas normas rādītājiem, bet etiķskābes 0,35–0,80% robežās; pH – 4,44–5,26. Šie paraugi atbilst labas un teicamas kvalitātes barībai. Dažos skābbarības paraugos tika konstatēta sviestskābes klātbūtne no 0,00 līdz 0,80% (skat. 1.attēlu), šie paraugi atbilst vidējas kvalitātes barībai. Sviestskābe uzkrājas skābbarībā, kas ir ar mazu sausnas daudzumu, ja skābbarību gatavo praktiski no slapjas (20–25% sausnas), salijušas masas. Tāpēc arī paraugos nr 3 un 4, kas bija ar zemāku sausnas saturu, ir lielāks sviestskābes saturs.

Koppelnu daudzums skābbarības paraugos bija robežās no 8,02 līdz 10,93% sausrnā. Nepārsniedzot normas robežas (7-11 %) abās saimniecībās (skat. 1.tabulu), tomēr var secināt, ka ZS Bērzi ņemtajos paraugos koppelnu daudzums ir mazāks nekā ZS Laimītes. Pie kam lauks, no kura ir iegūta skābbarība 4. paraugā, ir blakus zemes seguma ceļam un putekli no garāmbraucošām automašīnām regulāri nonāk uz lauka.(skat. 1.tabulu).

Kalcija daudzums skābbarības paraugos arī svārstījās ne izteikti plašās robežās – no 0,68 līdz 1,32%. ZS Bērzi 1. paraugā, kas ņemts no dabīgo zālāju zaļajiem ruļļiem bija 0,68%, 2. paraugā no baltajiem ruļļiem - 0,92%. Vērojot analīžu datus ZS Laimītes, var secināt, ka 4. paraugā kalcija procentuālais līmenis ir visaugstākais, proti - 1,32%. Tas ir saistīts ar to, ka šis ir sarkanā āboliņa skābbarības paraugs. 3.paraugā Ca saturs ir 0,8%, lai gan iegūts no galegas (skat.1. tabulu).

Fosfora trūkums ir cēlonis tam, ka pasliktinās barības izmantošana, pazeminās dzīvmasas pieaugums un piena produktivitāte. Šādi gadījumi bieži novērojami saimniecībās, kur dzīvniekiem izēdina daudz sakņaugu lapu un cukurbiešu grauzījumu (Beča, 2004).

ZS Bērzi skābbarības paraugos ir samērā zems fosfora saturs. Attiecīgi 0,28 un 0,27%. Tas liecina par nepietiekošu lauku mēslošanu. Arī pats saimnieks atzina, ka dabiskās pļavas nemēslo. Relatīvi lielāks fosfora saturs ir paraugos nr.3 un 4, attiecīgi 0,33 un 0,36 %, kas arī ir nepietiekoši (skat. 1.tabulu)

Pamatojoties uz saimniecības darbības un resursu apsekojumiem un iegūtajiem skābbarības laboratorijas analīžu rezultātiem, darba autori izvērza sekojošas kļūdas un nepilnības skābbarības sagatavošanas tehnoloģiskajā procesā:

1. ZS Laimītes skābbarības sagatavošanas procesā zaļā masa nebija pietiekami izkliedēta un izžāvēta, kā rezultātā ir zems sausnas saturs, barības līdzeklis ir pārāk mitrs, paraugos ir sviestskābe
2. Liels pelnu saturs skābbarībā liecina par zemes klātbūtni, kas tur nonāca no kurmju rakumiem un blakus esošā grants ceļa seguma. Tā kā zeme saturs klostrīdijas, tās paaugstināta mitruma masā, sekmē sviestskābes veidošanos
3. Abās saimniecībās, bet, jo īpaši ZS Bērzi, ir nepietiekama lauku mēslošana

Secinājumi

1. Noņemti skābbarības paraugi ZS Bērzi no diviem dabisko pļavu pļāvumiem un ZS Laimītes no Austrumu galegas un sarkanā āboliņa pirmā gada pļāvumiem. ZS Bērzi sausnas daudzums skābbarības paraugos ir lielāks nekā ZS Laimītes. ZS Bērzi dabīgo zālāju skābbarībā sausnas daudzums ir 28,72% - 38,83 %, ZS Laimītes galegas, stiebrzāļu skābbarībā ir 21,74 % sausnas, sarkanā āboliņa un stiebrzāļu skābbarībā -26,12% sausnas. Koppoteīns zāles skābbarības paraugos svārstījās 10,84–16,92% robežās, kas kopumā atbilst vēlamajai normai. Koppoteīns labāks ir ZS Laimītes sagatavotajā skābbarībā (attiecīgi, 16,92 % un 13,99%). ZS Bērzi koppoteīna daudzums sausrnā bija relatīvi zemāks (attiecīgi 10,84% un 12,12%). Neitrāli skalotās kokšķiedras (NDF) daudzums skābbarības paraugos svārstās robežās no 44,41% - 59,04%, pie ieteicamās 48 -54%. Skābi skalotās kokšķiedras (ADF) ZS Bērzi 1. parauga rādītājs ir augstāks par normas robežu (40,59 %), turpretim 2. paraugā ADF nedaudz zem normas robežas - 31,76%, šīs novirzes ir

- nenozīmīgas. ZS Laimītes ADF rādītāji ir normas robežās– 33,98 % un 32,82%. Barības enerģētiskā vērtība, izteikta pēc NEL daudzuma, abās saimniecībās rezultāti bija relatīvi līdzīgi un atradās 5,37–6,09 MJ NEL/kg sausnas robežās.
2. ZS Laimītes skābbarības paraugos ir zems sausnas saturs, kas liecina par to, ka zaļā masa pirms ietīšanas nav bijusi pietiekami izžāvēta. Kopproteīna saturs ZS Bērzi skābbarības paraugos ir zemāks, jo dabiskie zālāji ir nabadzīgāki ar proteīnu kā Austrumu galega, un sarkanais āboliņš. Kopumā ADF un NDF saturs paraugos atbilst normai, kas liecina par to, ka barība ir nopļauta atbilstošā veģetācijas fāzē. Paaugstināts koppelnu saturs ZS Laimītes skābbarībā liecina par zemes klātbūtni barībā, kas tur nonāk no kurnju rakumiem un grants ceļa seguma. Sviestskābes klātbūtne paraugos liecina par klostrīdiju darbību pārāk mitrā masā kur ir zemes klātbūtne. Kalcija saturs visos paraugos ir normas robežās, bet ZS Laimītes paraugos tas ir augstāks, jo skābbarība ir gatavota no tauriņziežiem, kam parasti ir augstāks kalcija saturs. Pazeminātais fosfora trūkums ZS Bērzi skābbarībā liecina par nepietiekami mēsloju zelmeni. Kopumā kļūdu zelmeņa kopšanā un skābbarības ieguves tehnoloģijā dēļ, skābbarībai visos paraugos ir relatīvi zema NEL.
 3. Atbilstoši skābbarības sastāvam abās saimniecībās, govju produktivitātei, ēdināšanas veidam un saimniecībām pieejamajiem barības līdzekļiem ir izstrādātas 4 barības devas. ZS Laimītes nepieciešams lielāks skābbarības daudzums, jo sausnas saturs barībā ir zemāks kā ZS Bērzi skābbarībā. Nepietiekamā kopproteīna daudzuma kompensēšanai ZS Bērzi barības devā jāiekļauj rapšu rauši, Savukārt ZS Laimītes proteīna un tauku attiecības uzlabošanai izmanto augu taukus. ZS Bērzi govju barības devā nav iekļauta dzeramā soda, jo ēdināšanas organizēšanai izmanto barības izdalītāju. Atšķirīgās barības devas apstiprina barības laboratorisko izmeklējumu nepieciešamību un svarīgumu.

Pateicības

Credits. This study was funded by Latvia University of Life Sciences and Technologies Malnava College. The authors would like to acknowledge Latvian rural consultation and education center for help with sample collection. We would like to acknowledge LBTU Department of Agronomic Analysis of the Scientific Laboratory of Biotechnology for sample analysis and results. Also, we would like to acknowledge farm "Laimītes" and "Bērzi" owners for cooperation and opportunity to take samples for research.

Literatūra

1. Beča M. (2004) Proteīna un aminoskābju satura izmaiņas dažādu zelmeņu zāles skābbarībā tās sagatavošanas procesā: promocijas darbs Dr. Agr. zinātniskā grāda ieguvei. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Jelgava. 98 lpp.
2. Bimšteine Z., Labāka barības sagremojamība, lielāka ražība, mazāk izdalīta metāna. Latvijas Lopkopis. NR9 (71)2020 16.-18.lpp)
3. Cushnahan A., Mayne C. S., Unsworth E.F. (1995). Effects of ensilage of grass on performance and nutrient utilisation by dairy cattle. 2. nutrient metabolism and rumen fermentation. *Animal Science*, Vol.60, p.347-359.
4. Degola L., Apločiņa E., Trūpa A. (2016) Forage quality and digestibility for calculation of enteric methane emission from cattle. No: Līdzsvarota lauksaimniecība, Zinātniski praktiskās konferences raksti (2016. g. 25. – 26. febr.). Jelgava: LLU, 456-461 lpp
5. Degola L., Apločiņa E., Trūpa A., Cielava L. (2016) Barības devas dažāda lieluma piena lopkopības saimniecībā. No: Līdzsvarota lauksaimniecība, Zinātniski praktiskās konferences raksti (2016. g. 25. – 26. febr.). Jelgava: LLU, 161 – 167 lpp
6. Grīslis Z., Garkāvijs E., Sprūžs J, 1991 Lopkopība. Mācību līdzeklis. Rīga. 355 lpp.
7. Klimatam draudzīga lauksaimniecības prakse Latvijā. Lopbarības kvalitātes uzlabošana. Poplugas D., Kreišmanes Dz.red. LLU, 2020. 12lpp.
8. Kreišmane Dz. SEG emisijas, to ierobežošana. Siltumnīcas efekta gāzu emisijas radīto klimata izmaiņu ietekme uz lauksaimniecību un tās pielāgošanas iespējas. Zinātniski praktiskā konference "Līdzsvarota lauksaimniecība 2015", 19. – 20.02.2015., LLU, Jelgava.
9. Latvietis J. (2011) Kā ēdināsim, cik slauksim?, *Agro tops*, Nr. 3., 50.-51.,lpp

10. Marley C.L., Powell H.G., Theobald V.J., Davies J.W., Scollan N.D., Sanderson R. Fychan R. (2016) Effects of feeding red clover compared to ryegrass silage to growing cattle out-wintered on kale. *Grassland Science in Europe*. Vol. 21, p. 406-408.
11. McDonald P., Henderson A. R., Heron S. J. E. (1991) *The Biochemistry of Silage* (Second Edition). Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications.
12. Meissner H.H., Paulsmeier D.V. (1995) Plant compositional constituents affecting between-plant and animal species prediction of forage intake. *Journal of Animal Science*, Vol 73, p. 2447-2457.
13. Mertens D.R. (2009) Maximizing forage use by dairy cows. *WCDS Advances in Dairy Technology*, Vol 21, p. 303-319.
14. Nadeau E. (2007) Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *Journal of Dairy Science*. Vol. 87, p. 789–801
15. Nazir A Khan, Peiqiang Yu, Mubarak Ali, John W. Cone and Wouter, H. Hendriks (2014) Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of Dairy Science*. Vol. 95, p. 238–25
16. Osītis U. (2005). *Dzīvnieku ēdināšana kompleksā skatījumā: Mācību grāmata*. Jelgava, 320 lpp
17. Ošmane B., Ramane I. (2004). Enerģētiskā un proteīna bilance atšķirīgās veģetācijas fāzēs novāktās stiebrzālēs un no tām dažādi gatavotās skābbarībās. *LLU Raksti*. 30-35 lpp.
18. Pastuhovs, M., *Rokasgrāmata piemājas lopkopībā*, 1984, 18.lpp
19. Wangsness P. J., Muller L. D. (1981) Maximum forage for, dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 64, p. 1-13
20. Wright, Gordon, Steen, Patterson (2000). Factors influencing the response in intake of silage and animal performance after wilting of grass before ensiling. *Journal of Dairy Science*. Vol 57, p. 32-45
21. *Zālāju rokasgrāmata* (2016) Anševica A., Kažotnieks J., Magdalenoka I. Ozolnieki: LLKC, 78lpp.
22. AGRO TOPS, 2019, novembra izdevums . Pieejams: <https://izdevumi.latvijamediji.lv/izdevumi/at/2019/11/01/5>
23. Dreijere S., 2019. Barības devas un slāpekļa emisijas. Pieejams: https://zemniekusaeima.lv/wp-content/uploads/2019/01/Bar%C4%ABbas-devas-un-sl%C4%81pek%C4%BCa-emisijas_LLKC_FIN.pdf

ADHĒZIJAS PĀRBAUDE UZ DAŽĀDĀM DARBA VIRSMĀM ADHESION TEST ON DIFFERENT WORK SURFACES

Autori: **Justs BATŅA**, e-mail: jb18048@edu.rta.lv

Rihards MISJUNS, e-mail: rm18036@edu.rta.lv

Zinātniskais darba vadītājs: **Ritvars RĒVALDS, Mg.sc.ing.**, e-mail: ritvars.revalds@rta.lv

Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija

Atbrīvošanas aleja 115, LV-4601 Rēzekne, Latvia

Kopsavilkums. Šī publikācija parāda adhēzijas rezultātus, veicot to uz vairākām darba virsmām. Tika izmantotas 6 darba virsmas un veikti 18 adhēzijas testi, uz katras darba virsmas - 3 testi. Testu veikšanai uz darba virsmām tika printēti 20x20x10mm četrstūri no PETG plastmasas, izmantojot 3D printeri Ender 3 Pro. Adhēzijas testi veikti ar Zwick/Roell Z150 elektromehāniskās stiepes un kompresijas pārbaudes iekārtu.

Atslēgvārdi: Adhēzija, PETG plastmasa, tērauds, stikls

Ievads

3D printēšana (drukāšana ar 3D printeri) ir mūsdienīgs aditīvās ražošanas veids un parasti attiecas uz ātrās prototipēšanas tehnoloģijām. 3D printēšanu var veikt ar dažādiem paņēmieniem un dažādiem materiāliem, bet jebkurā no tiem ir izmantots cietā objekta uzslāņošanas (“pieaudzēšanas”) princips. To var izmantot ātrai ražošanas uzsākšanai pat mājas vai biroja apstākļos – gatavu detaļu izgatavošanai no materiāliem, ko atbalsta 3D printeri. Tas ir lielisks risinājums nelielai sērijveida ražošanai.[1]

Pielietojums 3D printēšanai šobrīd ir ļoti plašs – hobijiem un vaļaspriekiem (piemēram – spēļu figūriņas, elektronikas komponentu apvalki, RC detaļas, rotaslietas), dažādas praktiskas sadzīviskas lietas (knaģi, turētāji, kastītes, organizatori un milzumdaudz citu lietu), interjera un dizaina risinājumi, kā arī profesionālās jomās – arhitektūrā, medicīnā, produktu izstrādē, ražošanā. Grūti pat visu uzskaitīt. Droši vien uzskatāmāks ir piemērs, ka populārākajās 3D objektu vietnēs ir vairāk nekā divarpus miljoni bezmaksas 3D modeļi, kurus var lejuplādēt un izdrukāt. [2]

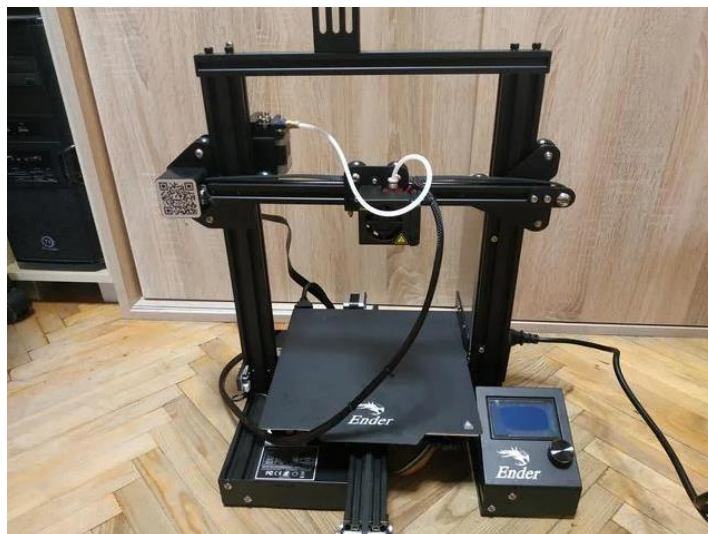
Publikācijas mērķis: izpētīt, iegūt rezultātus, veicot adhēzijas testus no dažādām darba virsmām, uz kurām ir dažādi pārklājumi virsmas saķerei ar printējamo materiālu.

Publikācijas problēma: Pēc PETG plastmasas uzprintēšanas uz darba virsmas, transportēšanas laikā uz adhēzijas iekārtu, darba virsma, uz kuras tika printēts četrstūris, daļēji atdziest. Stikla darba virsma savu temperatūru zaudē daudz lēnāk nekā tērauds, kas arī ietekmē adhēzijas rezultātus.

Pētījuma gaitā tika apskatīta dažāda literatūra un citi publikāciju avoti, gūstot priekšstatu par publikācijas tēmas aktualitāti un problēmu risināšanas metodēm, kā arī ar mērķi noskaidrot citu autoru iegūtos rezultātus šādu vai līdzīgu adhēzijas testu veikšanas laikā.

APRĪKOJUMS

Adhēzijas testiem tika izmantoti 20x20x10mm lieli četrstūri, kas uz dažādām virsmām tika uzprintēti ar 3D printeri *Ender 3 Pro*. (sk. 1. att.)



1. att. 3D printeris *Ender 3 Pro* [3]

3D printera *Ender 3 Pro* tehniskie parametri: [4]

1. tabula

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Darba laukums XYZ [mm] | 220x220x250 |
| Sistēmas spriegums | 24V |
| Ekrāns | Vienkrāsains LCD |
| Maksimālā sprauslas temp. | 240°C |
| Maksimālā darba virsmas temp. | 110°C |
| Savienojamība | MicroSD + mini USB |
| Soļu motori | A4988 standarta |
| Printēšanas skaļums | 58/70 dBA |

Adhēzijas pārbaudei tika izmantota elektromehāniskās stiepes un kompresijas pārbaudes iekārta *Zwick/Roell Z150* (sk. 2. att.)



2. att. elektromehāniskās stiepes un kompresijas pārbaudes iekārta *Zwick/Roell Z150* [5]

Zwick/Roell Z150 iekārtas tehniskie parametri: [5]

2. tabula

| | |
|--|-----------------|
| Pārbaudes spēks F_{max} [kN] | 150 |
| Traversa ātrums v_{min} ... v_{max} [mm/min] | 0,00005 ... 900 |
| Traversa atgriešanās ātrums, maks. [mm/min] | 1500 |
| Piedziņas jauda | 4000 |
| Enerģijas patēriņš (pilna slodze), apm. [kVA] | 6 |

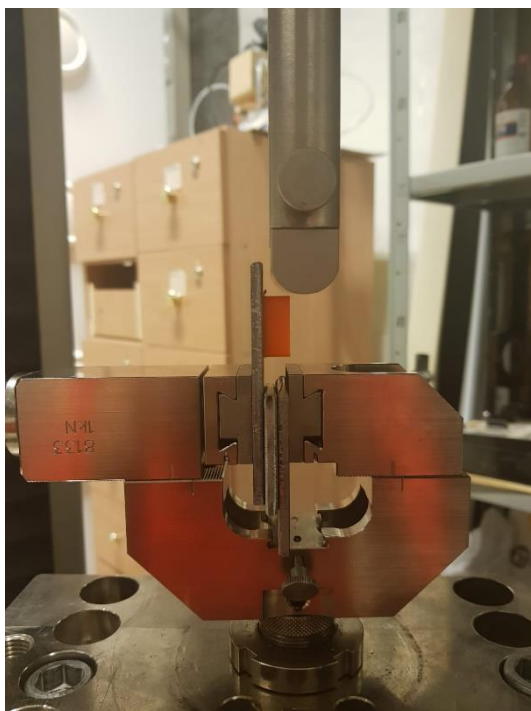
Pētījuma gaita

Pirms eksperimenta sākuma tika uzstādīts 3d printeris un ieslēgts stiepes/ spiedes aparāts. Printerim tiek iestatīti parametri: darba galda temperatūra, sprauslas temperatūra, printēšanas ātrums, sprauslas printēšanas augstums (skat. 3. tab.).

3.tabula

| Nosaukums | Parametrs |
|--------------------------------------|-----------|
| Darba galda temperatūra, t/grad | 75 |
| Sprauslas temperatūra, t/grad | 245 |
| Pirmā slāņa printēšanas ātrums, mm/s | 25 |
| Printēšanas ātrums, mm/s | 50 |
| Printēšanas slāņu augstums, mm | 0,2 |

Sekojoši, tiek printēts četrstūris, kura garums un platums ir 2cm un augstums 1cm. Četrstūri printē uz dažādām printēšanas virsmām (stikls un tērauds) un dažādām printēšanas virsmas pārklājumiem (matu laka, PVA līme un bez pārklājuma). Izprintētā detaļa ar darba virsmu tika iespiesta spiedes krustspīlēs un notestēta (skat. 3. att.).



3. att. adhēzijas testēšana ar spiedes iekārtu Zwick/Roell ZI50 (autoru veidots)

Tika iegūti sekojošie rezultāti, kuri attēloti tabulā (skat. 4. tab.).

4. tabula

| Darba virsma | Testa Nr.p.k. | Darba virsmas pārklājums | | |
|--------------|---------------|--------------------------|-----------|----------------|
| | | PVA līme | Matu laka | Bez pārklājuma |
| Stikls | 1 | 101N | 92N | 14N |
| | 2 | 83N | 101N | 52N |
| | 3 | 153N | 96N | 9N |
| Tērauds | 1 | 121N | 133N | - |
| | 2 | 116N | 126N | - |
| | 3 | 45N | 98N | - |

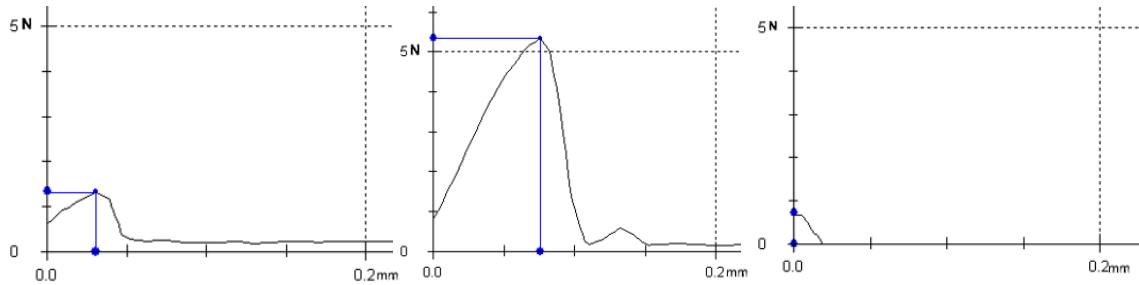
Iegūto rezultātu grafiki ir redzami 4. – 8. attēlos.

Secinājumi

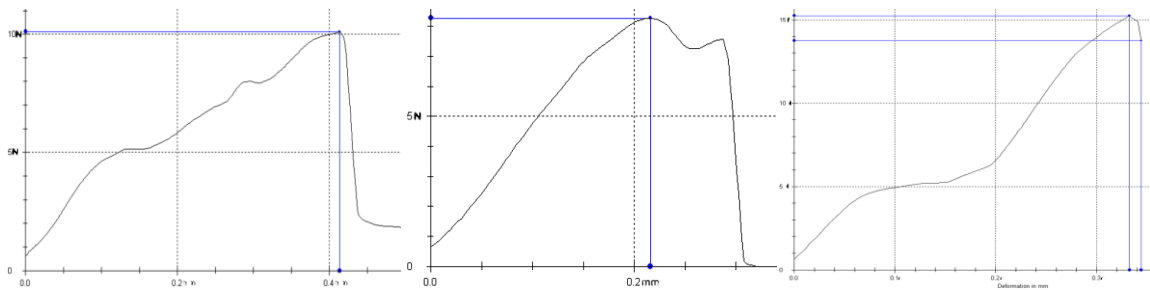
1. Pēc iegūtajiem rezultātiem secināts, ka uz tērauda virsmas bez pārklājuma PETG plastmasa nelīp klāt un rezultāti netika iegūti.
2. PVA līme kā virsmas pārklājums, parādīja nestabilākus rezultātus, jo 70% gadījumu tiek printēta brāķēta detaļa un to adhēzijas amplitūda ir lielāka, piem. Stiklam ar PVA (83-153N), tēraudam (45-121N).
3. Stabilākus rezultātus izdevās iegūt izmantojot matu laku gan uz stikla, gan tērauda virsmas. Stiklam (92-101N), tēraudam (98-133N).
4. Detaļu printēšana bez virsmas pārklājuma uz dažādām virsmām testu laikā bieži vien printēšana bija neizdevusies sliktas printējamā materiāla ar darba virsmu saķeres dēļ. Bez virsmas pārklājuma rezultātus varēja iegūt tikai no stikla virsmas (9-52N), tēraudam saķere netika konstatēta.

5. Secināts, ka uz stikla virsmas printēšana notiek praktiski bez brāķu gadījumiem un ar kvalitatīvu printētās detaļas virsmu. Matu laka kā virsmas pārklājums rada stiprāku un stabilāku detaļas saķeri ar darba virsmu.

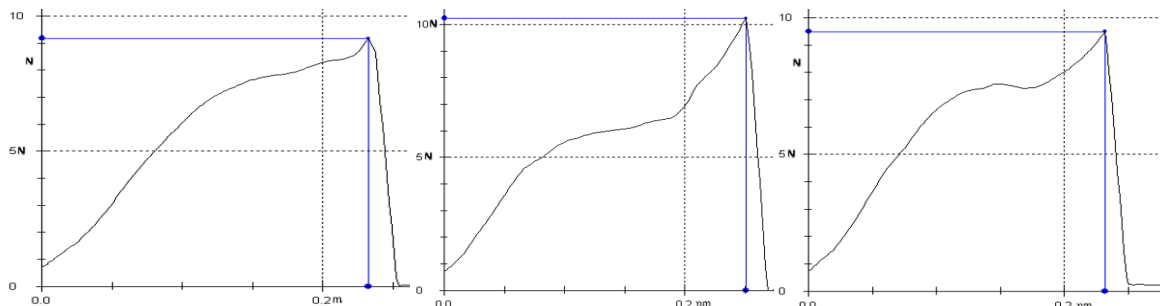
Iegūto rezultātu grafiki



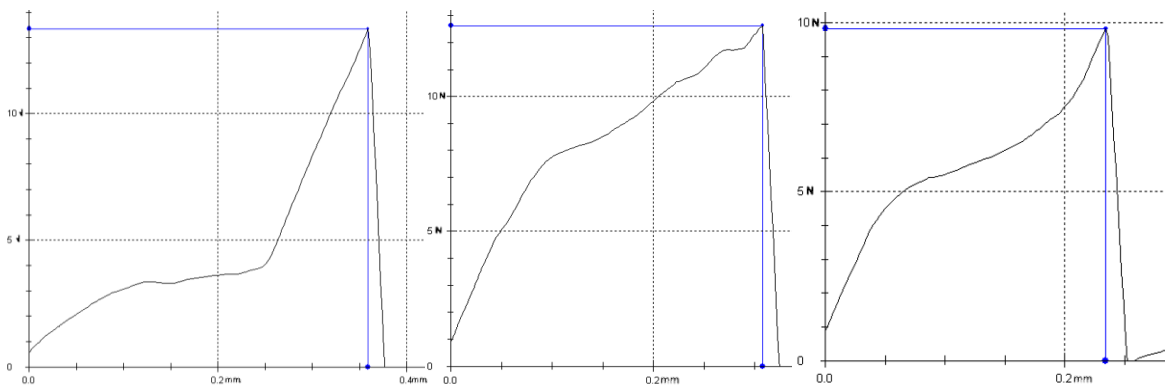
4. att. Rezultātu grafiki uz stikla virsmas bez pārklājuma (autoru veidots)



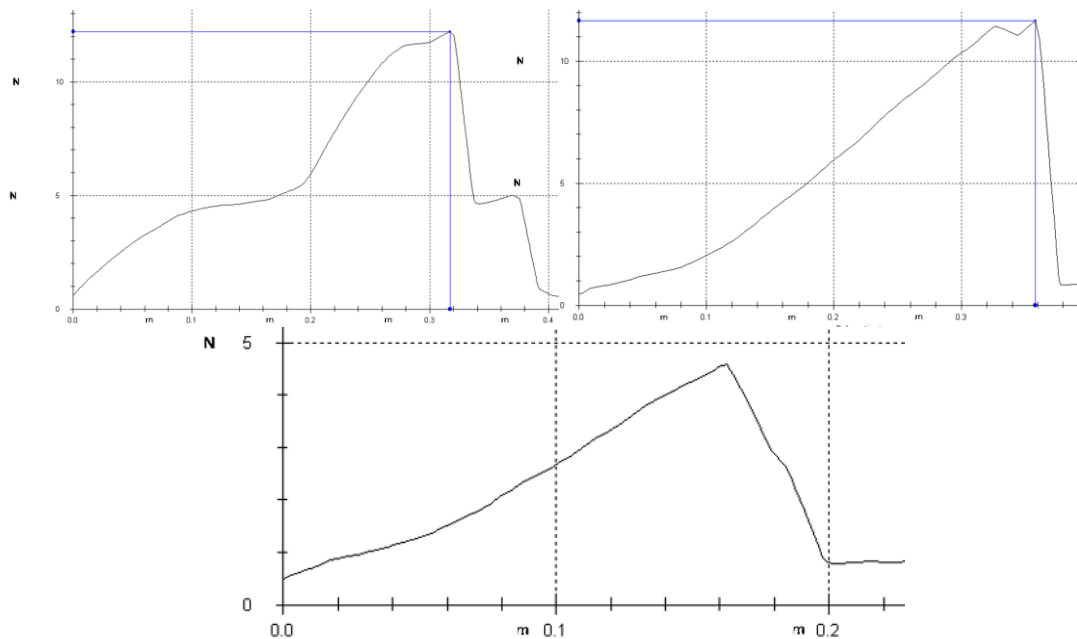
5. att. Rezultātu grafiki uz stikla virsmas ar PVA līmes pārklājumu (autoru veidots)



6. att. Rezultātu grafiki uz stikla virsmas ar matu lakas pārklājumu (autoru veidots)



7. att. Rezultātu grafiki uz tērauda virsmas ar matu lakas pārklājumu (autoru veidots)



8. att. Rezultātu grafiki uz tērauda virsmas ar PVA līmes pārklājumu (autoru veidots)

Atsauces

1. Informācija par detaļu printēšanu ar 3D printeri. <https://konspektigp.lv/programmas/3d-printesanas-tehnologijas-un-to-praktiskais-pielietojums/>, skat. 18.01.2023.
2. 3D printēšanas pielietojums. <https://3d.bbt.lv/kas-ir-3d-printesana/>, skat. 18.01.2023.
3. Ender 3 Pro specifikācija. <https://vashtelefon.by/n49386-obzor-printera-creality.html>, skat. 18.01.2023.
4. Ender 3 Pro parametri. <https://www.cnckitchen.com/blog/creality-ender-3-pro-vs-alfawise-u30-pro-which-is-the-better-budget-3d-printer>, skat. 18.01.2023.
5. Zwick/ Roell Z150 stiepes/spiedes iekārtas specifikācija. <https://www.zwickroell.com/ru/produkcija/sticheskie-ispitatelnye-mashiny/universalnye-mashiny-dlja-sticheskikh-ispytanii/allroundline/>, skat. 18.01.2023.

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTE MŪSDIENĀS ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS TODAY

Authors: **Līga ŠMATE**, e-mail: ls16041@edu.rta.lv, phone: 25241664

Arturs CŪKMAČS, e-mail: ac20052@edu.rta.lv, phone: 27082898

Scientific supervisor: **Staņislavs PLEIKŠNIS**, Mg.sc.env, e-mail:

stanislavs.pleiksnis@inbox.lv

Rezekne Academy of Technologies

Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, Latvija

Abstract. *Nowadays, we hear the words energy efficiency and zero energy building more and more often. The concept of zero-energy building and energy-efficient building is becoming the goal of building design. Sustainable construction, which includes proper methods, materials, technologies, can ensure environmentally friendly use of natural resources and mitigation of global warming. Construction is an industry that does not stand still and almost all the time we see the construction of new buildings, the renovation of existing buildings, etc., but do these buildings meet modern standards? The authors will perform the necessary calculations to find out to what extent a real construction object meets modern requirements and how the energy efficiency of this object could be further improved.*

Keywords: *energy efficiency, zero-energy building, energy, construction.*

Ievads

Mūsdienās ēku un būvju energoefektivitātes uzlabošana ir viena no aktuālākajām problēmām, gan arī mērķiem. Energoresursu zudumu samazināšana, kas tiek novirzīta dzīvojamo telpu dzīvības uzturēšanai, dod būtisku enerģijas taupīšanas efektu, ietaupa milzīgus naudas līdzekļus, padara mājokli labāku un praktiskāku. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/844/ES (2018. gada 30. maijs) par ēku energoefektivitāti nosaka, ka “gandrīz nulles enerģijas ēka” ir ēka ar ļoti augstu energoefektivitāti, kā noteikts saskaņā ar I pielikumu, kurā norādīts, ka ēkas energoefektivitāti nosaka, pamatojoties uz aprēķināto vai faktisko enerģiju, ko gadā patērē, lai izpildītu dažādas vajadzības, kas saistītas ar tās tipisku lietošanu, un tā atspoguļo apkures siltumenerģijas pieprasījumu un dzesēšanas siltumenerģijas pieprasījumu (enerģija, kas vajadzīga, lai novērstu pārkaršanu), lai uzturētu ēkai paredzētos temperatūras apstākļus un māsaimniecības vajadzības pēc karstā ūdens. Ēkas energoefektivitāti izsaka pārredzamā veidā, un tajā ietver energoefektivitātes rādītāju un skaitlisku norādi par primārās enerģijas izmantošanu, pamatojoties uz katra enerģijas nesēja primārās enerģijas faktoriem, kā pamatā var būt valsts vai reģionālās vidēji aprēķinātās gada vērtības vai konkrēta vērtība ražošanai uz vietas. Turklāt gandrīz nulles vai ļoti maza daudzuma vajadzīgo enerģiju būtu ļoti lielā mērā jāsedz no atjaunojamajiem enerģijas avotiem, tostarp uz vietas vai netālu ražotu enerģiju no atjaunojamajiem avotiem [1].

Dalībvalstis nodrošina, ka:

- a) līdz 2020. gada 31. decembrim visas jaunās ēkas ir gandrīz nulles enerģijas ēkas; un
- b) pēc 2018. gada 31. decembra jaunās ēkās, kurās atrodas valsts iestādes un kuru īpašnieces ir valsts iestādes, ir gandrīz nulles enerģijas ēkas [2].

Savukārt Latvijas normatīvajos aktos Ēka klasificējama kā gandrīz nulles enerģijas ēka, ja tā atbilst visām šādām prasībām:

- ēkas enerģijas patēriņš apkurei nepārsniedz šo noteikumu 3. pielikumā norādīto līmeni A klases ēkai;
- ēkas primārās neatjaunojamās enerģijas patēriņš apkurei, karstā ūdens apgādei, mehāniskajai ventilācijai, dzesēšanai un apgaismojumam (piemēro nedzīvojamām ēkām) nepārsniedz šo noteikumu 3. pielikuma 2. un 3. tabulā norādītās vērtības A klases ēkām;
- ēkā ir uzstādīto inženiersistēmu enerģiju patērējošas iekārtas, kuras atbilst ekodizaina prasībām un kuru energomarķējums – vismaz A klasei, ja atbilstošas energomarķējuma prasības ir noteiktas normatīvajos aktos;
- ēkā ir nodrošināta atbilstība šo noteikumu 9., 10., 11., 12., 13., 14., 15. un 16. punktā minētajām prasībām un telpu mikroklimata atbilstība būvniecības normatīvajiem aktiem un prasībām higiēnas un darba aizsardzības jomā [3].

Tātad, lai saprastu, cik lielā mērā ēka atbilst gandrīz nulles enerģijas ēkai, nepieciešams arī zināt ēkas energoefektivitāti-relatīvs enerģijas daudzums, kas raksturo konkrētās ēkas apkurei, ventilācijai, dzesēšanai, apgaismojumam un karstā ūdens apgādei nepieciešamās enerģijas patēriņu ēkas tipam raksturīgos ekspluatācijas apstākļos. Lai šo daudzumu noskaidrotu, ir jāveic ēkas energosertifikācija-process, kurā nosaka ekspluatējamās ēkas vai tās daļas energoefektivitāti un izsniedz ēkas energosertifikātu vai nosaka projektējamās, pārbūvējamās vai atjaunojamās ēkas vai tās daļas plānoto energoefektivitāti un izsniedz ēkas pagaidu energosertifikātu [4].

Materiāli un metodes

Ēku un būvju energoefektivitātes uzlabošanas programma paredz veselu pasākumu īstenošanu gan objektu būvniecības, rekonstrukcijas un remonta stadijā, gan to ekspluatācijas stadijā. Galvenie energoefektivitātes pasākumi ir vērsti uz ēkas siltuma zudumu samazināšanu.

Kā liecina prakse, aptuveni 40% siltumenerģijas ziemā faktiski tiek tērēti gaisa sildīšanai ārpusē. No šīs summas aptuveni 40% zaudējumu ir sienām, 20% logu un durvju ailēm, 20% jumtam, 20% pagrabā un ventilācijas sistēmā. Lai samazinātu šos enerģijas zudumus, energoefektivitātes uzlabošanai tiek veikti šādi pasākumi:

- norobežojošo konstrukciju siltināšana ar nesaraucamas siltumizolācijas kontūras izveidi;
- izturīgas siltumizolācijas izvēle, kas saglabā savas īpašības daudzu gadu kalpošanas laikā;
- logu uzstādīšana ar energotaupīgajiem stikla pakešu logiem;
- siltināto ieejas durvju uzstādīšana dzīvokļos un ieejās;
- durvju aizvērēju uzstādīšana, kas novērš piekļuves durvju atstāšanu vaļā;
- apkures radiatoru uzstādīšana ar individuāliem jaudas regulatoriem dzīvokļos;
- atteikums no seriālās pieslēguma shēmas apkures radiatoriem.

Ēku energoefektivitātes paaugstināšana paredz arī virkni pasākumu, kas paredzēti galveno energoresursu - elektroenerģijas, karstā un aukstā ūdens, kā arī siltumenerģijas visekonomiskākā patēriņa nodrošināšanai. Energoresursu zudumi var būt saistīti ar inženiersistēmu nepilnībām, kā arī ar patērētāju neracionāliem tēriņiem. Karstā ūdens tīklos (kā arī siltumtīklos) nepieciešams nodrošināt efektīvu siltumizolāciju, izmantojot kvalitatīvus mūsdienīgus materiālus. Turklāt ir jāveic darbs, lai novērstu ūdens noplūdi. Lai to izdarītu, karstā un aukstā ūdens padeves vadiem jābūt izgatavotiem no augstas kvalitātes plastmasas caurulēm, kas paredzētas ilgstošai darbībai.

Runājot par elektroenerģiju, var teikt, ka ievērojama daļa tās zudumu krīt uz sabiedrisko vietu apgaismojumu. Ar pastāvīgu apgaismojumu ierīces apgaismo tukšās telpas līdz pat 90%

no kopējā laika. Preventīvie pasākumi būtu apgaismojuma automatizācija, uzstādot kustības sensorus [5].

Uzdevums: Noteikt projektētās nedzīvojamās ēkas (noliktavas) Rēzeknē energoefektivitāti, t.i., īpatnējo siltuma zuduma koeficientu ϵ un novērtēt iegūto rezultātu.

Vispirms tabulā apkopo ēkas tehniskos rādītājus saskaņā ar projekta uzdevumu, izstrādes gaitā veiktajiem siltumtehnikai aprēķiniem un LBN norādēm.

1. tabula

Ēkas tehniskie raksturojumi

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| Būvniecības vieta | Rēzekne | Projekta uzd. |
| Ēkas tips | Nedzīvojamā ēka (Noliktava) | Projekta uzd. |
| Stāvu skaits | 1 | Projekta uzd. |
| Iekštelpu temperatūra | $\Theta_i = 18^\circ\text{C}$ | MK not. Nr.359 |
| Vid. temper. apkures sezonā | $\Theta_e = -0,5^\circ\text{C}$ | LBN 003-19 7.tab |
| Apkures perioda ilgums | $\Sigma D = 202$ dienas | LBN 003-19 7.tab. |
| Kopīgā apkurināmās grīdas platība | $L = 3024 \text{ m}^2$ | Projekts |
| Grīda uz grunts 1. stāvā | $A = 3024 \text{ m}^2$ (laukums) Silt. caurl. koef. $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | Projekts Silt.tehn. apr. |
| 1. stāva pārsegums (bēniņi) | $A = 3024 \text{ m}^2$ Silt. caurl. koef. $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | Projekts Silt.tehn. apr. |
| Sienas | $A = 1572 \text{ m}^2$ Silt. caurl. koef. $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | Projekts Silt.tehn. apr. |
| Logi * | $A = 291 \text{ m}^2$, $U_w = 1,95 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | Projekts |
| Ārdurvis | $A = 17,5 \text{ m}^2$, $U_d = 2,94 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | Projekts |
| Termisko tiltu kopējais garums | $P_{tt} = 883 \text{ m}$ | Projekts |
| Ēkas perimetrs | $P = 240 \text{ m}$ | Projekts |
| Pirmā stāva grīdas platība | $A = 3024 \text{ m}^2$ | Projekts |

Ja projekta izstrādāšanas gaitā logu (durvju) siltuma caurlaidības koeficients nav noteikts no firmu katalogiem (kā šajā piemērā), tad to izdara sekojošā secībā:

- 1) a-izvēlamies PVC profila rāmi ar trim tukšām kamerām un 20% rāmja īpatsvaru;
- 2) b-stiklojums ar emisijas spēju $\varepsilon < 0,2$, 4-15-4 un gaisa pildījumu;
- 3) rāmja siltuma caurlaidības koeficientu $U_f = 2,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;
- 4) stiklojuma siltuma caurlaidības koeficients $U_g = 1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;
- 5) logu siltuma caurlaidības koeficientu $U_w = 1,95 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Aprēķina secība

- 1) Nosaka lineāra tilta siltuma caurlaidības koeficienta vērtības. Tā, ka sienu un pārsegumu un grīdu siltumizolācija nav tieši savienota, bet to pārse dz vairāk nekā par 200 mm, pieņem termiskā tilta ēkas perimetra garumā pirmā stāva grīdas un bēniņu pārseguma līmenī lineāra tilta siltuma caurlaidības koeficientu $\Psi = 0,1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.
- 2) Pakešu logiem papildus ņem vērā termiskos tiltus pa perimetru logu un sienu sadurvietās, $\Psi = 0,1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 3) Nosaka aprēķina siltuma zuduma koeficientu un H_T (4. formula), aprēķinu rezultātus apkopo 2. tabulā:

2. tabula

Normatīvais un aprēķina siltuma zudumu koeficienti

| Būvelements | Laukums m^2 | Garums, m | U_i $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | Ψ_j $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U_i A_i$ $\Psi_j l$ W/K |
|--|-------------------------|--------------|---|--|---|
| Siena | 1572 | | 0,16 | | 251,52 |
| 2. stāva pārsegums | 3024 | | 0,19 | | 574,56 |
| 1. stāva grīda | 3024 | | 0,15 | | 453,60 |
| Logi: normatīvā ēka reālā ēka | 291 | | 1,95 | | 567,45 |
| Ārdurvis | 17,5 | | 2,94 | | 51,45 |
| Termiskie tilti–g/s, p/s, logi, ārdurvis | | 883 | | 0,1 | 88,3 |
| Σ | | | | | 1986,88 |

Ēkas kopējos siltumenerģijas zudumus kilovatstundās ($\text{kW}\cdot\text{h}$) gada laikā nosaka, izmantojot 1.formulu:

$$Q_{\Sigma G} = H_T \times (\Theta_i - \Theta_e) \times t_{\text{apk}} \times 10^{-3},$$

kur: H_T – ēkas aprēķina siltuma zudumu koeficients vatos uz grādu (W/K);

Θ_i – iekštelpu aprēķina temperatūra ($^{\circ}\text{C}$), kas izvēlēta atbilstoši ēkas izmantošanai;

Θ_e – āra gaisa vidējā temperatūra $^{\circ}\text{C}$ apkures periodā saskaņā ar LBN 003-19;

t_{apk} – apkures sezonas ilgums stundās, ko nosaka ar 2. formulu

$$t_{\text{apk}} = D \times 24 = 202 \times 24 = 4848 \text{ h},$$

kur: D – apkures perioda ilgums, ko nosaka saskaņā ar LBN 003-19 “Būvklimatoloģija” 7. tabulu (1. tabula šajā metodikā).

Kopējie siltumenerģijas zudumi gada laikā:

$$Q_{\Sigma G} = 1986,88 \times ((18 - (-0,5)) \times 4848 \times 10^{-3}) = 178199,29 \text{ kWh}$$

Ēkas energoefektivitātes raksturojumu (īpatnējo siltuma zudumu koeficientu) eG kilovatstundās uz kvadrātmetru ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$) nosaka, izmantojot 3.formulu:

$$eG = Q_{\Sigma G} / L = 178199,29 / 3024 = 58,93 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ gadā},$$

kur: L – ēkas kopējā apkurināmā platība, m^2 [6].

Piezīme. Pēc iegūtā siltuma zudumu koeficienta tikai aptuveni var spriest par ēkas energoefektivitāti. Lai veiktu pilnu energoefektivitātes aprēķinu, papildus jānosaka siltuma zudumi ar ventilāciju, nepieciešamais enerģijas daudzums siltajam ūdenim un apgaismojumam un siltuma ieguvumi no saules enerģijas un cilvēku un iekārtu darbības.

Rezultāti un to izvērtējums

Izvērtējot iegūtos rezultātus, varam secināt, ka noliktavas ēkas energoefektivitātes rādītājs ir 58,93 kWh/m² gadā, kas nozīmē, ka ēka atbilst gandrīz nulles enerģijas ēkai, jo “Ēku energoefektivitātes aprēķina metodes un ēku energosertifikācijas noteikumus” tiek noteikts, ka nedzīvojamo ēku energoefektivitātes minimālais pieļaujama neatjaunojamās primārās enerģijas patēriņa līmenis (A klase) projektējamām ēkām (jaunbūvēm) ir ≤ 120 kWh/m² gadā.

Summary

Today, an integral part of construction is the compliance of the object under construction with the requirements of both the European Union and Latvian regulatory acts, including compliance with energy efficiency and efficient use and reduction of energy. Constructions must refer to the concept of zero-energy buildings. On the other hand, in order for the building to correspond to an almost zero-energy building, it is important to assess the building's energy efficiency and heat loss. In order to assess whether we are keeping up with modern energy efficiency requirements, the new construction of the warehouse building was studied, and its technical parameters were evaluated to evaluate the results. Mainly, choosing the right materials and thermal insulation ensures the reduction of heat losses and the general energy efficiency of the building. In this case, a warehouse building was evaluated, the roof and exterior walls of which are made of "sandwich" type panels while the floor is designed of reinforced concrete. First of all, the building's technical indicators, which are necessary for determining both the building's heat loss and energy efficiency, were collected. When calculating the heat loss coefficients, it was found that the heat transmission coefficients for windows and doors do not meet the requirements of regulatory acts (for windows, the U value was calculated as 1.95 W/(m²K), but the minimum value can be 1.3 W/(m²K), while for doors The U value was calculated to be 2.94 W/(m²·K), while the permissible minimum is 2.2 W/(m²·K). When evaluating the existing heat losses, the total heat energy losses during the year were also calculated. Based on the heat energy loss calculators, the total the energy efficiency of the building, which despite the deviations of the coefficients, meets the requirements of regulatory acts. However, it is important to remember that it is not possible to make completely accurate calculations, because there are other factors, including heat loss through ventilation, which were not included in the calculations.

Literatūra

1. *Par energoefektivitāti.* (2018., 30.maijs). EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES DIREKTĪVA (ES) 2018/844. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2018/ (2018. gada 30. maijs), ar ko groza Direktīvu 2010/31/ES par ēku energoefektivitāti un Direktīvu 2012/27/ES par energoefektivitāti (europa.eu), sk.18.03.2023
2. Ekonomikas ministrija. (2020., 25.febr.). *Gandrīz nulles enerģijas ēkas un ēku energoefektivitātes minimālās prasības.* Gandrīz nulles enerģijas ēkas | Ekonomikas ministrija (em.gov.lv), sk.18.03.2023
3. *Ēku energoefektivitātes aprēķina metodes un ēku energosertifikācijas noteikumi.* (2021., 8.apr). Ministru kabineta noteikumi Nr. 222. Ēku energoefektivitātes aprēķina metodes un ēku energosertifikācijas noteikumi (likumi.lv), sk.18.03.2023
4. *Ēku energoefektivitātes likums.* (2013.,1.sept). Latvijas Republikas likums. Ēku energoefektivitātes likums (likumi.lv), sk.22.03.2023
5. *Ēku energoefektivitātes paaugstināšana* Повышение энергоэффективности зданий (ackye.ru), sk. 14.04.2023
6. *Par ēku energoefektivitāti* https://www.rck.lv/wp-content/uploads/2020/05/ParEkuEnergoefektivitati2020.pdf, sk. 15.04.2023

PAKALPOJUMU PĒC PIEPRASĪJUMA RAKSTUROJUMS CHARACTERICTION OF ON-DEMAND SERVICES

Autors: **Jānis Edijs EŽMALIS**, e-pasts: ezmalis263@outlook.com

Zinātniskā darba vadītāja: **Lienīte LITAVNIECE**, Dr.oec., e-pasts: lienite.litavniece@rta.lv

Zinātniskā darba vadītājs: **Sergejs KODORS**, Dr.sc.ing., e-pasts: sergejs.kodors@rta.lv

Abstract: *The purpose of on-demand services is to allow customers to instantly request and receive service as needed, anywhere, anytime. It is fundamentally different from regular services. Nowadays people are busier than ever and therefore prefer on-demand services for their daily activities and tasks. In addition, they expect an extremely fast response to their service requests and delivery of products/services. For this reason, on-demand service apps have gained increasing appeal among people since the last decade. The aim of the study is to describe the most characteristic features of on-demand services. Research tasks: (1) provide a general description of on-demand services; (2) describe the on-demand service business model; (3) provide on-demand service application characteristics.*

Keywords: *on demand service; business model, application*

Ievads

Mūsdienās cilvēki ir aizņēmti nekā jebkad agrāk, un tāpēc ikdienas darbību un uzdevumu veikšanai dod priekšroku pakalpojumiem pēc pieprasījuma. Turklāt viņi sagaida īpaši ātru atbildi uz viņu pakalpojumu pieprasījumiem un produktu/pakalpojumu piegādi. Šī iemesla dēļ pakalpojumu lietotnes pēc pieprasījuma kopš pēdējās desmitgades ir guvušas arvien lielāku pievilcību cilvēku vidū. Lietotnes pēc pieprasījuma piedāvā plašu pakalpojumu klāstu un populārākās kategorijas ir ēdiens un dzērieni, pārtikas preces, ceļojumi/transports, iepazīšanās, mājas darbi/mājas pakalpojumi, ziedi/dāvanas, veselības aprūpe, mājdzīvnieku aprūpe.

Pētījuma mērķis ir raksturot pakalpojumu pēc pieprasījuma raksturīgākās iezīmes. Pētījuma uzdevumi: (1) sniegt pakalpojumu pēc pieprasījuma vispārīgu raksturojumu; (2) aprakstīt pakalpojumu pēc pieprasījuma biznesa modeli; (3) sniegt pakalpojumu pēc pieprasījuma lietotņu raksturojumu.

Pētījumā izmantotās metodes: monogrāfiskā jeb aprakstošā, loģiski konstruktīvā metode.

Pakalpojumu pēc pieprasījuma vispārīgs raksturojums

Ievērojami pieaudzis pēc pieprasījuma piedāvāto pakalpojumu skaits. Pakalpojumu pēc pieprasījuma mērķis ir ļaut klientiem nekavējoties pieprasīt un saņemt pakalpojumu pēc vajadzības jebkurā vietā un laikā. Tas krasi atšķiras savā būtībā no regulārajiem pakalpojumiem.

Interese par pakalpojuma pēc pieprasījuma sākotnēji parādījās informācijas tehnoloģiju (IT) pakalpojumu jomā, īpaši mākoņdatošanas un *Software-as-a-Service (SaaS)* lietojumprogrammās, taču šodien pakalpojumi pēc pieprasījuma sniedzas ārpus IT jomas, kā piemēram, darbaspēka nodrošināšanai, sūtījumu savākšanā un piegādē, mobilitātēs pakalpojumos u.c.

Pakalpojumi pēc pieprasījuma IT kontekstā ir mākoņdatošanas pakalpojumu iezīme, kas ļauj lietotājiem nodrošināt neapstrādātus mākoņdatošanas resursus izpildes laikā, kad un kur tas ir nepieciešams. Mākoņdatošana ļauj nodrošināt, piekļūt, integrēt un izvietot kritiskās lietojumprogrammas, nodrošinot gandrīz visus uzņēmuma IT arhitektūras galvenos komponentus. Tas ir biznesa datošanas (*business computing*) modelis, kurā resursi tiek padarīti pieejami lietotājam “pēc vajadzības”, savukārt lietotājam ir jāmaksā par tikai nepieciešamo resursu apjomu. Līdzīgi kā citiem pakalpojumiem, arī mākonim ir savs mākoņpakalpojumu sniedzējs, Līdz ar to lai izmantotu mākonim, lietotājam ir jāmaksā par nepieciešamo krātuves apjomu un resursiem mākoņpakalpojumu nodrošinātājam.

Reģistrēties pakalpojumam pēc pieprasījuma ir gandrīz tikpat vienkārši kā e-pasta klientam. Pateicoties vieglai piekļuvei resursiem, mākoņdatošana nodrošina arī elastību, palielinot un samazinot šos resursus atbilstoši biznesa procesu dinamikai, ka padara pakalpojumu pēc pieprasījuma tik vērtīgu. Uzņēmumi var ātri un viegli piekļūt papildu resursiem, kad tie ir nepieciešami, un pēc tam atgriezties sākotnējā līmenī, kad šie resursi vairs nav nepieciešami. Pakalpojumus pēc pieprasījuma raksturo trīs savstarpēji saistīti raksturlielumi: tie ir ļoti pieejami, atsaucīgi (*responsive*) un mērogojami. [5]

Pakalpojumu pēc pieprasījuma straujo attīstību veicina tehnoloģiju attīstība, kā arī klientu prasības. Arvien vairāk pakalpojumu jomā tiek pieprasīta tūlītēja klienta vajadzību apmierināšana, tāpēc uzņēmumi arvien vairāk ievieš savā piedāvājumā šo biznesa modeli. *Spotify* un *Netflix* piedāvātie pakalpojumi ir labs piemērs. Agrāk, lai baudītu mūziku vai filmas, patērētājiem bija jāapmeklē veikals, lai iegādātos CD vai DVD vai gaidītu plānoto pārraidi. Pašlaik *Netflix* un *Spotify* kā pakalpojumu piedāvā piekļuvi lielam klāstam pēc pieprasījuma, t.i., filmas un mūzika jebkurā vietā un laikā. [6]

Pakalpojumu pēc pieprasījuma lietotnes ir pakalpojumu platformas, kas savieno gaidīšanas laika jutīgus klientus ar neatkarīgiem pakalpojumu sniedzējiem vai aģentiem. Šāda lietotne kalpo kā starpnieks starp uzņēmumu un klientu, ļaujot tiem vispirms atrast vienu otru un iesaistīties klienta un pakalpojumu sniedzēja attiecībās ar abpusēji izdevīgiem nosacījumiem. Šāda veida darījumi atšķiras no tradicionālajām darba devēja un darbinieka attiecībām, kā arī neatbilst nevienam tradicionālam sadarbības modelim.

Pakalpojumu pēc pieprasījuma lietojumprogrammas ir ieguvušas savu popularitāti, pateicoties spējai apmierināt katra konkrētā indivīda pieprasījumu. Turklāt, tā kā mobilo sakaru lietotāju skaits turpina pieaugt, pieaug arī lietotāju cerības, ka pieskaroties mobīlā telefona ekrānam ar vienu klikšķi varēs iegūt nepieciešamo precī vai pakalpojumu.

Saskaņā ar *National Technology Readiness Survey* (NTRS) no 2018. līdz 2019. gadam ASV pakalpojumu pēc pieprasījuma apjoms pieauga par 18%. [2]

Biznesa modeļa pakalpojumiem pēc pieprasījuma apraksts

Klienti, izmantojot pakalpojumu pēc pieprasījuma, var brīvi izlemt, kurus pakalpojumus abonēt vai izmantot, kā arī cik daudz ieguldīt finanšu līdzekļus to izmantošanā. Pakalpojums ir pieejams, maksājot ar kredītkarti vai izmantojot tiešsaistes maksājumu sistēmu.

Savukārt **uzņēmumi**, savieno cilvēkus, kuri vēlas preces (piemēram, taksometru, maltīti no restorāna) vai pakalpojumus (piemēram, video straumēšanu), ar pakalpojuma sniedzējiem jeb aģentiem, kuri var nodrošināt precī/ pakalpojumu, ko viņi meklē, par noteiktu cenu.

Pakalpojumu pēc pieprasījuma biznesa modelim ir raksturīgs kavēšanās jūtīgums un augsta aģenta neatkarība- lietotāji sagaida, ka preces un pakalpojumi tiks piegādāti nekavējoties, savukārt aģenti (pakalpojumu sniedzēji) kalpo kā neatkarīgi darbuzņēmēji tādā nozīmē, ka viņi izlemj, vai un kad strādāt, un saņem maksājumus no platformas par katra pakalpojuma pabeigšanu. Modelis “pakalpojums pēc pieprasījuma” nodrošina piekļuvi lielākam pakalpojumu sniedzēju un klientu lokam, un tas ir paredzēts labākas klientu pieredzes nodrošināšanai. Tāpēc pakalpojumu platformas pēc pieprasījuma parasti tiek izstrādātas gan mobilās lietotnes, gan tīmekļa lietotnes veidā, lai lietotāji ātrāk un vienkāršāk sasniegtu vēlamo. Šīs lietotnes, savukārt, tiek pārvaldītas, izmantojot administratora informācijas paneli, kas ļauj pārraudzīt katru notiekošo un pabeigto darbību. [2]

Nodrošinot pakalpojumu pēc pieprasījuma ir iespējami trīs dažādi biznesa modeļi:

1. B2C modeļi (piemēram, *Netflix*, *Starbruck*);
2. B2B modeļi (piemēram, *Amazon*, *Walmart*);
3. C2C modeļi (piemēram, *Airbnb*, *Uber*, *eBay*).

Arī pakalpojumu un produktu kategorijas, kas tiek piegādātas modeļa ietvaros, ievērojami atšķiras. Neatkarīgi no tā, vai tas ir B2B, B2C vai C2C — saņēmēja puse to novērtēs, ja

platforma spēs ne tikai savienot viņu ar pakalpojumu sniedzēju, bet arī ietaupīt laiku un padarīt viņu dzīvi mazliet labāku. [2]

Pakalpojumu pēc pieprasījuma lietotņu raksturojums

Pakalpojumi pēc pieprasījuma tiek izmantoti vairāk nekā 15 nozares. Tomēr katrai no šīm nozarēm lietotnei ir vairāk vai mazāk tādas pašas funkcijas ar nelieliem izņēmumiem. Tādējādi var iegūt visaptverošu lietotni ar visām nepieciešamajām funkcijām un pielāgot to atbilstoši biznesa vajadzībām. Pakalpojumi pēc pieprasījuma ir vispārīgs termins, kas aptver veselu virkni apakškategoriju, t.sk.:

- patēriņa preces: *Etsy, eBay un Poshmark*;
- pūļa finansēšana: *Kickstarter, Patreon un Gofundme*;
- izglītība: *Udemy*;
- darbā pieņemšana: *Glassdoor*;
- piegāde: *Instacart, Postmates*;
- ēdiens: *Doordash, OpenTable, Wolt*;
- transports: *Uber, Bolt, BlaBlaCar un Lyft* u.c. [2]

Biznesa modelis pēc pieprasījuma nodrošina piekļuvi lielākam pakalpojumu sniedzēju un klientu lokam, un tas ir paredzēts labākas klientu pieredzes nodrošināšanai. Tāpēc pakalpojumu pēc pieprasījuma platformas parasti tiek izstrādātas gan mobilās lietotnes, gan tīmekļa lietotnes veidā, lai lietotāji ātrāk un vienkāršāk sasniegtu vēlamo. Šīs lietotnes, savukārt, tiek pārvaldītas, izmantojot administratora informācijas paneli, kas ļauj pārraudzīt katru notiekošo un pabeigto darbību. [2]

Pakalpojumu pēc pieprasījuma lietotne ir platforma, kas:

- savieno lietotājus ar pakalpojumu sniedzējiem;
- atvieglo pakalpojumu rezervēšanu;
- rada paredzamu pieredzi. [3]

Lai izveidotu veiksmīgu pakalpojumu pēc pieprasījuma biznesu:

1. Jāizvēlas niša. Jāpārlicinās, vai galaprodukts ir uzticams, lietotājam draudzīgs un vienmēr pieejams.
2. Sākotnēji pakalpojums jāpiedāvā lokāli, jo darbojoties lokāli, varēs kontrolēt procesus uzņēmumā — jaunu darbuzņēmēju pārbaude/ pieņemšana darbā, loģistikas vadība, profesionālā apmācība, mārketinga vai lietotņu atjauninājumi. Tikai veicot biznesa modeļa testēšanu, var palielināt ģeogrāfiju.
3. Jādefinē mērķauditorija. Produkts jāizstrādā, paturot prātā galalietotāju, jo izmēģinājumu skaits, lai potenciālajam lietotājam demonstrētu savas pēc pieprasījuma pakalpojuma lietotnes efektivitāti, ir ļoti ierobežots. Jāveic rūpīga tirgus izpēte, jāveic lietotnes testēšana un jādomā par marketingu.
4. Jādefinē cenu noteikšanas stratēģiju. Pareizās cenu noteikšanas stratēģijas atrašana ir jebkura peļņas biznesa galvenā prioritāte. Dažās pakalpojumu lietotnēs pēc pieprasījuma cenas nosaka pakalpojumu sniedzējs, savukārt pārsvarā pakalpojumos pēc pieprasījuma pārdevēji nosaka savas cenas, un varat iekasēt tikai pakalpojumu maksu. Visbīstamākā stratēģija ir noteikt pārāk augstu cenu, jo tas var padarīt biznesu nespējīgu izturēt konkurenci.

Tālāk seko pakalpojuma pēc pieprasījuma lietotnes izveide un ir jānosaka funkcionālitate lietotnei. Slikti izstrādāts lietotnes interfeiss var viegli novirzīt mērķauditoriju citā virzienā. Viegla piekļuve ir iespējama ar loģisku navigācijas plūsmu un lietotājam draudzīgu dizainu. No lejupielādes brīža lietotnei vajadzētu atvieglot veikt šādas funkcijas:

- meklēt pakalpojumus;
- izvēlieties pakalpojumu sniedzēju;

- veikt pasūtījumu;
- veikt maksājumu. [3]

Atkarībā no nozares, kurā tiek veidota pakalpojumu pēc pieprasījuma lietotne, atšķirsies tās funkcionalitāte. Turklāt iespējams, būs jāizveido lietotne klientiem, lietotne pakalpojumu sniedzējiem un administratora panelis, kuriem visiem ir nepieciešamas dažādas funkcijas. Tomēr visām lietotnēm ir vairākas pamatfunkcijas.

Lietotāju reģistrācija un autorizācija. Katram aģentam un klientam ir jābūt unikāliem kontiem. Ar kontu palīdzību klients var redzēt savu vēsturi, tostarp iepriekšējos saņemto pakalpojumu un vērtējumus, kā arī ļauj klientiem iegūt informāciju par aģentiem, kas sniedz pakalpojumu un otrādi. Lietotņu lietotājiem jāspēj viegli izveidot un iestatīt savus profilus. Tas sniedz pakalpojuma sniedzējam būtisku informāciju par klientu uzvedību un ļauj klientiem skatīties reģistrēto aģentu detalizētos profilus. [2, 3, 5]

Rezervācija un uzdevumu plānošana. Produktu vai pakalpojumu meklēšana, filtri un saraksti. Filtri, saraksti un katalogi palīdz lietotājiem orientēties lietotnē un pavadīt mazāk laika meklējot. Lietojumprogrammai ir jāļauj lietotājiem iekļaut pakalpojumu pēc izvēles. Piemēram, taksometru lietotnes ļauj klientiem izvēlēties transportlīdzekļa veidu. Lai nodrošinātu lietotājiem lielāku elastību, palielinot viņu rīcībā esošo izvēli, jāļauj veikt rezervācijas uz vēlāku laiku, Rezervējot pakalpojumu, programmatūrai ir jānodrošina cenas un ierašanās laika aprēķins. Kad klients ir rezervējis pakalpojumu, vienam no tuvākajiem dīkstāvē esošajiem aģentiem vajadzētu spēt pieņemt pasūtījumu. Administratoram ir jābūt tiesībām nosūtīt piemērotako aģentu pēc pasūtījuma pieņemšanas, jo dažkārt pakalpojumu vēlas sniegt vairāk nekā viens aģents. Turklāt lietotnei ir jāpiedāvā reklāmas kodi, jo īpaši biežiem klientiem. Ieteikuma kodi ir arī svarīgi, lai palielinātu lietotāju bāzi. [2, 3, 5]

Statusa ziņojumi un paziņojumi. Plānošana un ierašanās notiek dažu minūšu laikā. Tāpēc ir ieteicams, lai lietotne sūtītu paziņojumus, lai klients un administrators būtu informēti. Papildus informācijai par pakalpojumu, lietotnei ir arī jāinformē klienti par atlaidēm, izmantojot ziņojumus lietotnē un pa e-pastu. Ļoti nedaudzās lietotnēs pēc pieprasījuma, ir informācija par savienojuma stiprumu, kas būtu nepieciešama, lai klienti varētu redzēt aģenta signāla stiprumu un tādejādi zinātu iemeslu, ja aģents nereaģē. [2, 3, 5]

Sakaru un pakalpojuma informācijas modifikācijas. Lietotnei ir jānodrošina tieša saziņa starp pakalpojumu aģentiem un klientiem. Saziņai ir jābūt vairākiem kanāliem, tostarp ziņojumapmaiņai un tālruņa zvaniem. Ir svarīgi uzlabot savas lietotāju bāzes apmierinātību, sniedzot viņiem vienkāršu veidu, kā pieprasīt atbalstu un paziņot par sūdzībām, izmantojot tālrūni, tiešsaistes tērzēšanu vai e-pastu. Tā kā lielākā daļa lietotņu pēc pieprasījuma sadarbojas ar trešo pušu pakalpojumu sniedzējiem, laba atsauksmju sistēma palīdz arī kontrolēt kvalitāti un radīt konsekventu pieredzi. [2, 3, 5]

Ziņapmaiņa. Praktiski katrai mobilajai lietotnei ir ziņojumapmaiņas iespējas, un tas ir tāpēc, ka lietošanas laikā ir daudz savienojuma iespēju. Tērzēšana var veicināt iesaistīšanos un darboties kā iespēja klientiem uzdot jautājumus un nosūtīt atsauksmes. Lietotnei pakalpojumiem pēc pieprasījuma būtu nepieciešami divi galvenie lietotāju un pakalpojumu sniedzēju tērzēšanas funkciju veidi: (1) uz laiku balstīta tērzēšana: lai apspriestu konkrētus darījumus, pirkumus un piegādes ar atsevišķiem pakalpojumu sniedzējiem, līdz tie ir pabeigti; (2) tērzēšana, kas nav atkarīga no laika: lai apspriestu un apmainītos ar būtisku informāciju, kas nav saistīta ar konkrētiem darījumiem, pirkumiem un piegādēm. Lielāko daļu laika tērzēšana, kas nav balstīta uz laiku, tiek izmantota saziņai starp lietotāju un administratoru, savukārt uz laiku balstīta tērzēšana tiek dota priekšroka lietotāja un pakalpojumu sniedzēja saziņai. Var integrēt robotprogrammatūras abos tērzēšanas veidos, lai samazinātu atkarību no tiešajiem aģentiem. [2, 3, 5]

Iepirkumu grozs un pasūtījuma kopsavilkums. Klientiem ir jābūt iespējai pārskatīt savu pasūtījumu, to mainīt, atcelt, ja nepieciešams, un apstiprināt informāciju. Klienti var

mainīt savu rezervācijas informāciju jebkurā laikā. Tomēr lietotnei ir arī jāiekasē papildu maksa, ja izmaiņas tiek veiktas pēc iepriekš noteikta laika ierobežojuma. Šai modifikācijas funkcijai vajadzētu piedāvāt arī atcelšanas iespēju. Lietotnei ir jāatbalsta klienti, neiekasējot no tiem maksu, ja problēma rodas pakalpojuma sniedzēja gala.

Push paziņojumi. Push paziņojumi sniedz klientiem jaunāko informāciju par attiecīgo informāciju, lai:

- sniegtu tērzesšanas atjauninājumus;
- sniegtu izsekošanas informāciju;
- piedāvātu reklāmas piedāvājumus.

Lietojumprogrammām pēc pieprasījuma šī funkcija ir nepieciešama, lai sniegtu lietotājiem pārliecību, kamēr viņi rezervē pakalpojumu un gaida izpildi. [2, 3, 5]

Kartes integrācija un tiešsaistes piegādes izsekošana. Ar ģeolokācijas pakalpojumu palīdzību klienti un neatkarīgie pakalpojumu sniedzēji/ aģenti var pārbaudīt viens otra atrašanās vietu un tādējādi uzzināt paredzamo ierašanās laiku. Gan navigācija, gan aģentu izsekošana ir viena no izcilākajām pēc pieprasījuma pakalpojumu iespējām. Tiešraides izsekošana ir arī noderīga, lai nodrošinātu skaidru atcelšanas vai izmaiņu termiņu. Apvienojot skaidru atcelšanas vai izmaiņu politiku ar GPS izsekošanu, tiek samazināta līdzekļu izšķērdēšana un palielinās veiksmīgas pakalpojuma pabeigšanas iespējas. [2, 3, 5]

Maksājumu metožu integrācija. Jebkurai pakalpojumu lietotnei pēc pieprasījuma ir jābūt vairākām stabilām maksājumu vārtējām. Jānodrošina, lai lietotnes lietotāju norēķini par pakalpojumiem ir nevainojami un droši, kā arī aģentiem nav nekādu grūtību saņemt samaksu par sniegto pakalpojumu. Integrējot maksājumu funkcijas, ir jāuzsver divas lietas: drošība un daudzveidība. Drošība: lietotņu lietotāji sagaida, ka viņu maksājumu informācija tiks apstrādāta rūpīgi. Lielākā daļa mobilo lietotņu izvēlas integrēt maksājumu funkcijas, izmantojot API no *PayPal*, *Stripe*, *Visa* un tamlīdzīgiem pakalpojumiem. Tādējādi atbildība par lietotāja datu aizsardzību tiek uzlikta uz maksājumu vārtejas pleciem. Daudzveidība: cilvēki iegādājas tiešsaistes pakalpojumus, izmantojot skaidru naudu, kredītkartes/kredītkartes un visu veidu digitālos makus. Vairāku maksājumu iespēju nodrošināšana uzlabo pieredzi un mudina lietotājus pabeigt maksājumu pēc iespējas ātrāk. [2, 3, 5]

Vērtējumi un atsauksmes. Šī funkcija ir obligāta jebkurai lietotnei, kas paredzēta pakalpojumu sniegšanai. Pārbaudot atsauksmes un vērtējumus, klienti var izdarīt apzinātu izvēli un galu galā iegūt apmierinošāku pieredzi. [2, 3, 5]

Parasti pakalpojumu lietotnes pēc pieprasījuma koncentrējas uz vienu domēna apgabalu, piemēram, *Airbnb*, kas palīdz cilvēkiem atrast mājokli, *Lyft*, kas nodrošina transportu, un *GrubHub*, kas ļauj pasūtīt maltītes. Dažreiz šādas specializācijas rezultātā viens uzņēmums uzsāk un vada vairākus uzņēmumus dažādos domēnos, kā tas notika, kad *Uber* un *Uber Eats* kļuva par divām atsevišķām lietojumprogrammām. Tādā veidā patērētājiem joprojām ir salīdzinoši viegli orientēties segmentētā pakalpojumu tirgū. Viņi vienmēr zina, kuru lietotni atvērt, meklējot kādu konkrētu lietu, vai tas būtu ēdiens, taksometrs, mājoklis vai izklaide.

Pakalpojumu pēc pieprasījuma platformas darbojas apstākļos, kad var būt lielas pieprasījuma un piedāvājuma svārstības. Lai līdzsvarotu piedāvājumu un pieprasījumu pīķa periodos, daudzas pakalpojumu platformas pēc pieprasījuma izmanto uz reizinātājiem balstītu cenu noteikšanu, kurā cena ārpus maksimālās slodzes tiek reizināta ar pārsprieguma reizinātāju, kas piešķirts platformai maksimuma periodos. Tomēr dažas platformas pakalpojumiem pēc pieprasījuma turpina izmantot vienotu cenu noteikšanu neatkarīgi no maksimuma periodiem. Vienotu cenu noteikšanas modeli (*Uniform Pricing Model*) izmanto *Airbnb*, *Xiaozhu Rent un Mayi Rent*. Uz reizinātājiem balstītu cenu noteikšanas modelis (*Multiplier-Based Pricing Model*) izmanto *Ube*. [1] Vienotajā cenu noteikšanas modelī platforma pieņem vienotu cenu noteikšanas shēmu gan ārpus maksimālās slodzes, gan maksimālās slodzes periodiem. Cenu noteikšanā, kas balstīta uz reizinātāju modeli, tas nosaka zemāku cenu nepīķa periodos un

augstāku cenu pīķa periodos, kas tiek aprēķināta reizinot pārsprieguma reizinātāju ar ne-pīķa cenu. Izvēloties cenu modeli pakalpojumam pēc pieprasījuma jāanalizē dažādi parametri un to savstarpējās attiecības. Uz reizinātājiem balstīta cenu noteikšana parasti dod labumu patērētājiem, tāpēc daudzos gadījumos gan pati platforma, gan patērētāji ir labāk iesaistīti uz reizinātājiem balstītas cenu noteikšanas modelis, kas rada abpusēji izdevīgu rezultātu. [1] Pakalpojumu platformas pēc pieprasījuma ir tikai viens no vairākiem platformu veidiem “koplietošanas ekonomikā”. [4]

Secinājumi

Pakalpojumu pēc pieprasījuma straujo attīstību veicina tehnoloģiju attīstība, kā arī klientu prasības. Arvien vairāk pakalpojumu jomā tiek pieprasīta tūlītēja klienta vajadzību apmierināšana, tāpēc uzņēmumi arvien vairāk ievieš savā piedāvājumā šo biznesa modeli.

Biznesa modelis pēc pieprasījuma nodrošina piekļuvi lielākam pakalpojumu sniedzēju un klientu lokam, un tas ir paredzēts labākas klientu pieredzes nodrošināšanai. Tāpēc pakalpojumu pēc pieprasījuma platformas parasti tiek izstrādātas gan mobilās lietotnes, gan tīmekļa lietotnes veidā, lai lietotāji ātrāk un vienkāršāk sasniegtu vēlamo.

Pakalpojumu pēc pieprasījuma lietotņu raksturīgākās pamatfunkcijas ir šādas:

- lietotāju reģistrācija un autorizācija;
- rezervācija un uzdevumu plānošana;
- statusa ziņojumi un paziņojumi;
- sakaru un pakalpojuma informācijas modifikācijas;
- ziņapmaiņa;
- iepirkumu grozs un pasūtījuma kopsavilkums;
- push paziņojumi;
- kartes integrācija un tiešsaistes piegādes izsekošana;
- maksājumu metožu integrācija;
- vērtējumi un atsauksmes.

Pakalpojumiem pēc pieprasījuma var izvēlēties vienotu cenu noteikšanas modeli (*Uniform Pricing Model*) vai uz reizinātājiem balstītu cenu noteikšanas modelis (*Multiplier-Based Pricing Model*). Izvēloties cenu modeli pakalpojumam pēc pieprasījuma jāanalizē dažādi parametri un to savstarpējās attiecības.

Summary

The rapid development of on-demand services is driven by the development of technology as well as customer demands. More and more in the field of services, immediate satisfaction of the customer's needs is demanded, so companies are increasingly introducing this business model into their offer.

The on-demand business model provides access to a wider range of service providers and customers and is designed to deliver a better customer experience. Therefore, on-demand service platforms are usually developed in the form of both a mobile app and a web app so that users can achieve what they want faster and easier.

The main features of on-demand apps are as follows:

- *user registration and authorization;*
- *reservation and task planning;*
- *status reports and notifications;*
- *modifications of communication and service information;*
- *messaging;*
- *shopping cart and order summary;*
- *push notifications;*

- *card integration and online delivery tracking;*
- *integration of payment methods;*
- *ratings and reviews.*

For on-demand services, you can choose a uniform pricing model (Uniform Pricing Model) or a multiplier-based pricing model (Multiplier-Based Pricing Model). When choosing a pricing model for an on-demand service, you should analyze various parameters and their interrelationships.

Literatūra

1. Chena, M., Zhaob, D., Gongc, J., Rekičc, J. (2022). An on-demand service platform with self-scheduling capacity: Uniform versus multiplier-based pricing. In: International Journal of Production Economics Volume 243, January 2022. Skat. Internetā: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527321003054>
2. Skryl, H. (2021) Everything you should know about on-demand service apps. Skat. Internetā.: <https://vilmate.com/blog/on-demand-service-apps/>
3. Troiano, G. (2022). On-demand service apps: 7 features you need to succeed. Skat. Internetā <https://www.amity.co/blog/on-demand-service-apps-7-features-you-need>
4. Taylor, A., T. (2018). On-Demand Service Platforms. MANUFACTURING & SERVICE OPERATIONS MANAGEMENT Vol. 20, No. 4, Fall 2018, pp. 704–720. Skat. Internetā <http://faculty.haas.berkeley.edu/taylor/papers/On-Demand%20Service%20Platforms.pdf>
5. Ruban (2022). 10 Crucial Features for an On-Demand Services App. Skat. <https://www.dotcominfoway.com/blog/10-crucial-features-for-an-on-demand-services-app/#gref>
6. Van der Burg, R., J., Ahaus, K, Wortmann, H, Huitema G.B. (2019). Investigating the on-demand service characteristics: an empirical study. Journal of Service Management, Volume 30, Issue 6. Skat. Internetā <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JOSM-01-2019-0025/full/pdf?title=investigating-the-on-demand-service-characteristics-an-empirical-study>