

Baltic International Academy
Doctoral study programme
“Regional Economy & Economic Policy”



Mg. ing. **Nikolajs Sulima**

**BEZPILOTA LIDAPARĀTU KOMERCPAKALPOJUMU
TERITORIĀLAIS IZVIETOJUMS REĢIONĀ (KĀ PIEMĒRU
APLŪKOJOT KOSTARIKU)**
**TERRITORIAL PLACEMENT OF COMMERCIAL DRONE
SERVICES IN THE REGION (EXEMPLIFIED BY COSTA RICA)**

Promocijas darba **KOPSAVILKUMS**
zinātniskā doktora grāda (Ph.D.) ekonomikas zinātnē iegūšanai
SUMMARY
of the Doctoral thesis
for the scientific PhD degree in Economic science

_____ (Paraksts)

Riga 2020

INFORMĀCIJA

Promocijas darbs „Bezpilota Lidaparātu Komercpakalpojumu Teritoriālais Izvietojums Reģionā (kā Piemēru Aplūkojot Kostariku)” izpildīts Baltijas Startautiskā Akadēmijā (BSA) Ekonomikas un uzņēmējdarbības nozare.

Doktora studiju programma – Reģionālā ekonomika un ekonomiska politika.

Promocijas darba zinātniskā vadītāja – profesore Dr. oec. **Inna Stecenko**

Promocijas darba zinātniskā aprobācija noslēguma posmā

- Apspriests un aprobēts doktora studiju programmas Reģionalas ekonomikas un ekonomiskas politikas sēde 2017. gada 07.jūlijā.
- Prezentēts un apspriests informātīvajā seminārā doktora studiju programmas 2018. gada 08.jūlijā.
- Apspriests un aprobets doktora studiju programmas Reģionalas ekonomikas un ekonomiskas politikas un akadēmiska personāla nozares Ekonomikas un uzņēmējdarbības sēde 2019.gada 02.jūlijā.
- Atzīts par pilnīgi sagatavotu un pieņemts Ekonomikas un uzņēmējdarbības nozare Promocijas padome 2019. gada 8.oktobrī.

Oficiālie recenzenti.

1. **Dr.oec. Tatjana Muravska** – Promocijas padomes eksperte, Stradiņa Universitāte profesore, profesore
2. **Dr.oec. Biruta Sloka** - Latvijas Universitāte, profesore
3. **Dr.oec. Elīna Gaile- Sarkane** - Rīgas Tehniskā universitāte, profesore

Promocijas darba aizstāvēšana notiks Baltijas Startautiskā Akadēmijā.Promocijas atklātajā sēdē 2020. gada 21.maijā (15:00, 317.aud) Lomonosova 4, Rīga.

Ar promocijas darbu var iepazīties BSA bibliotēkā (Lomonosova 1)

Sakarā ar valstī noteiktajiem ierobežojumiem reģistrēšanās promocijas padomes sēdes tiešsaistes videokonferencei "Zoom" platformā iespējama, nosūtot e-pastu:
ebsi-golubkova@inbox.lv

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei Lomonosova 4, Rīga, LV-1003, talr. 67100234, e-pasts: ebsi-golubkova@inbox.lv. Atsauksmes vēlam sūtīt skanēta veida ar parakstu.

Promocijas padomes sekretāre – BSA profesore, Dr.oec. Tatjana Golubkova

SYNOPSIS

The doctoral dissertation “Territorial placement of commercial drone services in the region (exemplified by Costa Rica)” has been elaborated at the Baltic International Academy.

Doctoral Study Programme – Regional Economy and Economic Policy.

Scentific supervisor of the doctoral dissertation – professor Dr. oec., prof. **Inna Stecenko**.

Scentific approbation of the doctoral dissertation at the concluding stage:

- Discussed and apporobated the doctoral program in the regional economy and economic policy and academic sectors of Economic meeting on 07 July 2017 year.
- Presented and discussed in an informative seminar doctoral program on 08 July 2018.
- Discussed and apporobated by Promotion Council for Economy and business sector, on 02 July 2019.
- Acknowledged as a fully prepared and accepted by Promotion Council for Economy and business sector, on 08 October 2019.

Official reviewers:

1. **Dr.oec. Tatjana Muravská** – Expert of the Promotion Council, Riga Stradiņš University, professor.
2. **Dr.oec. Biruta Sloka** - University of Latvia, professor.
4. **Dr.oec. Elīna Gaile- Sarkane** - Riga Technical University , professor.

Presentation and defence of the Ph.D. paper will be held at a public meeting of the Baltic International Academy of Promotional Council for Economy and business, on 2020 year 21 May in Riga, Lomonosova 4, (317, 15:00).

Due to the restrictions imposed in the country, registration for the online videoconference of the Promotional Council on the "Zoom" platform is possible by sending an e-mail: ebsi-golubkova@inbox.lv

The doctoral dissertation is available for reviewing at the Library of Baltic International Academy, Lomonosova 1, Riga.

You are welcome to send your comments to the Secretary of the Promotional Council, Lomonosova 4, *Riga, LV-1003, phone 67100234, e-mail.ebsi-golubkova@inbox.lv*. It is advised to send your comments in scanned form and undersigned Secretary of Promotional Council *Dr. oec. Tatjana Golubkova BSA* professor.

Publikāciju saraksts/ list of publications:

1. Sulima N. (2019) "Drones: de la ciencia ficción a la realidad", San Jose, Costa Rica, enlace de media fuente nacion.com/somos-celebres/drones-de-la-ciencia-ficcion-a-la-realidad enlinia, Grupo Nación, dpt. Medias (on-line).
2. Sulima N. (2018) Combinatory method of optimization of regional basing of mobile units of commercial. In book: "Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2018". Springer International Publishing: pp.168-177. ISBN 978-3-030-12449-6, ISSN 2367-3370 (*Springer*)
3. Sulima N. (2018). Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). *VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues»*. 7 December 2018, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 195-202. ISBN 978-9984-47-162-4
4. Sulima N., Stecenko I. (2017). The task of optimizing regional deployment of commercial drone bases. DANĚ – TEORIE A PRAXE. Sborník referátů a abstraktů ročníku mezinárodní odborné conference, Akademie Sting, Brno, p.p. 158-166., ISBN 978-80-87482-46-9, Sting spol., (*ERIH PLUS*)
5. Sulima N. (2017). Considering the peculiarities of local drone data service delivery and drawing up recommendations on their pricing (a case study of Costa Rica region). *VI International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues»*. 8 December 2017, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 263-273. ISBN 978-9984-47-155-6.
6. Smurov M., Sulima N. (2017). An Unmanned Vehicles Company: A Stochastic Model of Resources Overbooking. *Transport and Telecommunication*, Riga, Latvia, ISSN 1407-6160 & ISSN 1407-6179 (*Scopus*).
7. Sulima N. (2016). On the commercial aspects of exploiting drone information technologies and tools for their optimization. *V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues»*. 9 December 2016, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 288-297. ISBN 978-9984-47-143-3.
8. Rebezova M., Sulima N., Surinov R. (2013) A Modification of the Knapsack Problem Taking Into Account the Effect of the Interaction Between the Items. *Automatic Control and Computer Sciences*, Allerton Press, Inc. Vol. 47, № 2, pp. 107-112. ISSN 0146-4116. (*Springer*).

9. Rebezova M., Sulima N., Surinov R. (2013) «Stochastic Modification of the Knapsack problem». In: *Abstracts of the 7th International Workshop on Simulation*. 20-25 May 2013, Rimini, Italy, p.p. 304-305. ISSN 1973-9346.
10. Rebezova M., Sulima N., Surinov, R. (2012). Development Trends of Air Transport Services and Service Distribution Channels. Riga: *Transport and Telecommunication*, Riga, Latvia, 13 (2), pp. 159-166. ISSN 1407-6160 & ISSN 1407-6179 (on-line).
11. Sulima N. (2012) Probabilistic Model of Overbooking for an Airline. *Automatic Control and Computer Sciences*, © Allerton Press Inc. 46(1), pp. 49-56. ISSN 0146-4116. (*Springer*).
12. Rebezova M., Sulima N., Surinov R. (2012) «Modification of a Knapsack Problem Taking into Consideration the Effect of Objects Interaction». *Proceeding of the 12th International Conference «Reliability and Statistics in Transportation and Communication» (RelStat'12)*. 17-20 October, 2012, Riga, Latvia, pp. 76-77. ISBN 978-9984-818-50-4, (*Springer*)

Dalība ar referātiem starptautiskās zinātniskās konferencēs/participation with reports at international scientific conferences:

1. VIII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». “*Combinatory method of optimization of regional basing of mobile units of commercial.*” 13 December 2019, Riga, Latvia
2. Reliability And Statistics in Transportation And Communication (Relstat'18) “*Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica)*”. 17–20 October 2018, Riga Latvia
3. VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». “*Analisis of methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica)*”. 7 December 2018, Riga, Latvia
4. XX international science conference Sting Academy “Taxes, theory and practice”, “*The task of optimizing regional deployment of commercial drone bases*”. Brno, Czech Republic, September 19-20, 2017.
5. VII International, scientific and practical conference of young scientists and students “TIME OF CHALLENGES AND OPPORTUNITIES: PROBLEMS, SOLUTIONS AND PROSPECTS” “*The aims and the task of optimizing regional deployment of commercial drone bases*”. Riga, Latvia May 11-12, 2017.

6. VI International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». *“On the commercial aspects of exploiting drone information technologies and tools for their optimization”*. 9 December 2016, Riga, Latvia
7. V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». *“Bezpilota informatīvu tehnoloģiju un to optimizācijas instrument izmantošana komercdarbībā”* 9 December 2016
8. Abstracts of the 7th International Workshop on Simulation. *«Stochastic Modification of the Knapsack problem»*. 20-25 May 2013, Rimini, Italy
9. Proceeding of the 12th International Conference «Reliability and Statistics in Transportation and Communication» *“Probabilistic Model of Overbooking for an Airline”*. (RelStat’12). 17-20 October, 2012

CONTENT

INTRODUCTION.....	9
1 THEORETICAL ASPECTS OF FORMATION OF COMMERCIAL DRONE SERVICES.....	15
1.1 Concept and Nature of Commercial Drone Services and the Peculiarities of their Classification	15
1.2 Assessment of Classification Features of Drone Companies Providing Commercial Services.....	23
1.3 Organisation of the Territorial Distribution of Drone Units	31
2 ANALYSIS OF ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS OF THE COMMERCIAL DRONE SERVICES RENDERING IN COSTA RICA.....	34
2.1 Theoretical Fundamentals of Legal Regulation of Rendering Commercial Aerial Surveillance Services in the World Economy.....	34
2.1.1 Theoretical Basis of Legal Regulation of the Commercial Aerial Surveillance Services in Costa Rica	37
2.2 Economic and Geographical Analysis of Costa Rica for Drones Employment	40
2.3 Planning the Economic and Business Activities of Drone Companies in Costa Rica	49
3 OPTIMISATION OF THE TERRITORIAL LOCATION OF MOBILE DRONE COMPANIES (ON THE EXAMPLE OF COSTA RICA).....	61
3.1 Analysis of Peculiarities of the Territorial Location of Drones.....	61
3.2 Employment of the Combinatorial Method in the Territorial Placement of Drones in Costa Rica	63
3.3 Application of Linear Programming for the Territorial Placement of Mobile Drone's Units in Costa Rica.....	68
CONCLUSION.....	74

ABSTRACT

The development of scientific and technical progress and the formation of a new direction in implementation of the state economic policy – the development of innovative economy – have put forward the necessity to consider some new issues and challenges in the provision of commercial drone services for the global economy. The specificity of this type of services is based on the subject area of the regional economy, since the quality of commercial drone services depends on the parameters, the main of which is a specific region.

The goal of the promotional dissertation is to develop the method of territorial distribution of the commercial Mobile Drone's Units (on the example of Costa Rica) based on the combinatorial analysis and simplex method of linear programming.

The theoretical part in Chapter 1 is devoted to the study of the essence of the commercial drone services and the formulation of their classification features. The author has presented the assessment of the classification features of drone companies providing the commercial services.

In Chapter 2 of the dissertation, the author has presented the analysis of the legal regulation of the commercial aerial surveillance services in the world economy, including Latvia and Costa Rica. Based on the economic and geographical analysis of Costa Rica, the author has proposed the strategy of promotion of the commercial drone services companies on the example of Costa Rica. Among the important stages of this analysis there are following ones: the choice of pricing strategy for the services, assessment of seasonal indicators, price analysis of competitors, the choice of channels for the promotion of commercial services of the drone companies in Costa Rica. It has been concluded that the cost of the drone services is affected by the amount of flight time to fulfil orders, which is taken as the basis for the methodology of territorial placement of the drones in the country.

Chapter 3 of the promotional dissertation is based on the practical experience of the thesis author in the area of the implementation of the commercial drone services, which has allowed presenting the methodology of territorial placement of drones using the combinatorial method and the application of linear programming in the territorial placement of drones in the regions of Costa Rica.

Conclusion and suggestions are formulated in Conclusion.

Keywords: commercial services, drone, territorial placement, Costa Rica.

INTRODUCTION

Topicality

Currently, Unmanned Aircraft Vehicle – UAV¹, or drones, with various mounted video-, photo-, spectro - and other equipment are widely used in various activities: military; scientific, consumer (in the self-interest of the business structure), commercial (providing services to other business structures or individuals). Surveillance applications include monitoring, surveillance, wildfire mapping, inspection, search, security, road patrol, goods delivery and etc. Commercial use of drones is growing rapidly, due to the simplicity of their deployment, low cost of maintenance, high mobility and high target efficiency. It is expected² that the total number of drones sold in 2021 will reach about 30 million , and sales themselves will reach \$ 12 billion. For comparison, the global sales of drones (quadcopters) in 2015 amounted to \$130 million³. It is projected^{4, 5}, that the global market of the aerial surveillance services (ASS) with the use of drones, relevant technologies and labour to implement these services will reach about \$127.3 billion in 2023. A report issued by the Association for Unmanned Vehicle Systems International indicates that it expects more than 100,000 new jobs in unmanned aircrafts by 2025⁶.

The provision of the aerial surveillance services with the use of drones is carried out by a new type of commercial companies – drone's companies, which are not given the proper attention to in the modern scientific literature, due to the novelty of this emerging service sector. Therefore, the proposed promotional dissertation, which explores the theoretical aspects of the aerial surveillance services, the organisation of their territorial distribution by Mobile Drone's Units, is an actual research.

The author pays special attention to the theory and practice of the following important aspects of regional economy:

- there investigated and revealed the specificity of the local market for the production of spatially distributed drone aerial surveillance services;
- there investigated the problems of regional economic measurements of indicators in the sphere of the aerial surveillance services;
- there developed the theoretical, methodological and applied aspects of location, functioning and development of the territorial service complexes (drone companies) producing the aerial surveillance services by Mobile Drone's Units optimally distributed in the region;

Degree of Scientific Elaboration of the Problem

¹ Hereinafter, the terms "drone" and "Unmanned Aircraft Vehicle" will be used as synonyms.

² Joshi, D. Commercial unmanned aerial vehicle (UAV) market analysis industry trends, companies and what you should know, Business Insider, 2017[Electronic resource]:

<http://www.businessinsider.com/commercial-uav-market-analysis-2017-8> [Available on August 2018]

³ Snow C., Seven Trends That Will Shape The Commercial Drone Industry In 2019, USA, Forbes [Electronic source]: <https://www.forbes.com/sites/collinsnow/2019/01/07/seven-trends-that-will-shape-the-commercial-drone-industry-in-2019> [Available on November 2019]

⁴ Mazur, M. and Wisniewski, A. Drone Powered Solutions, Price Water House [Electronic resource]: <https://www.pwc.pl/en/drone-powered-solutions/Articles/Drone-Powered-Solutions-for-Power-Utilities-Sector-New-Report-by-PwC-DPS.html> [Available on January 2018]

⁵ Silver, B., Mazur, M., Wisniewski, A. and Babicz, A. The era of drone-powered solutions: a valuable source of new revenue streams for telecoms operators, Price Water House Communications Review July 2017 [Electronic resource]: <https://www.pwc.com/gx/en/communications/pdf/communications-review-july-2017.pdf> [Available on January 2018]

⁶ Kelly, T. The booming demand for commercial drone pilots, The Atlantic 2017 [Electronic resource]: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/01/drone-pilot-school/515022> [Available on February 2018]

The problems of production of the aerial surveillance services in various spheres of the national economy, evaluation of natural and cost indicators of the performance of drone companies (DCo), producing such services, are reflected in a large number of scientific publications. The economic literature presents many researches on the topic, particularly in the studies by Joshi D., Cohn P. & Langstaff M., Shakhatrehm H. & etc., Hayat, Yanmar E. & Muzaffar R., Muchiri N. & Kimath S., Agbeyangi A. & Olorunlomerue A. B. The websites of the global international drone companies Airstoc.com, Applus, Azur Drones group, Microdrones also devote their attention to the issue. The composition and equipment requirements of UAS, used for the commercial services rendering, are defined by ICAO's circular 328 AN/190; Eisenbeiß H. also describes them in sufficient details. The organisation of this business, as well as the evaluation of the payment to the UAV pilots are investigated in the publications by A. Amato, A. Lamb, D. Dallas.

The specificity of the ASS and the conditions of their provision are essentially determined by the peculiarities of the regional. As the object of the research the author has chosen Costa Rica, where the author implements his knowledge in the practical sphere – the drone company – and conducts testing of his theoretical propositions of the promotional dissertation. However, the experience gained in Costa Rica can be applied by other EU countries under NUTS 3 classification, including Latvia and the Baltic States. The specificity of the commercial ASS, conditions and indicators of their production is particularly pronounced in regions with a contrasting diversity of their constituent areas, which include:

- the structure of the economy of the region, which determines the spheres of sectors of the national economy, where the ASS are top-requested;
- transport infrastructure and availability of service delivery locations;
- natural landscape (mountains, plateaus and plains);
- climatic conditions (solar and rain activity, line of sight distance, winds, hurricanes);
- legislation and regulations governing the activities of the commercial drone companies.

An important component of the performance indicators of the aerial surveillance services by a drone company is the useful flight time of drone use.

One of the specific features of the ASS sphere is that *the services are “tied” to the geographical locations of their rendering*. In this sense, not the customer “goes to the service”, but the service is delivered to the place of its provision, in other words, to the customer. Considering the fact that the drones have a limited flight radius (several kilometres), a significant amount of work for the DCo is the delivery of drones to the location of service rendering. This specificity complicates the mobile production of the aerial surveillance services by a commercial drone company from a single centre. In this regard, there is an idea of using the Mobile Drones Unit (MDU) as a part of DCo and optimising their geographically distributed location in the region, combining the requirements of coverage with such services of the customers throughout the region and the economic efficiency of the manufacturer of such services. Such problems have not been solved in the relation to the sphere of services under consideration. Nevertheless, in other areas such problems are known as the *classical discrete tasks of the regional economy* on the territorial location of production of goods or services. The earliest publications on the applied problems of this tasks implementation cover the placement of industrial enterprises (Krarup J. and Pruzan P. M.); warehouses (Khumawala B. M.); branches of banks (Cornuejols G., Fisher M. L. and Nemhauser G. L.). Classical bases of formalisation and solution of such tasks are described by such scientists as Andronovs A., Asgar N., Brualdi R. A., Farahani R. Z., Francis R. L., Mirchandani P. B., Nocedal J. and Wright S. J., Seif M. S.

Practical and theoretical experience of the author in the field of providing commercial services by drone companies showed that the issues of territorial location of the Mobile Drone's Units have not been considered in the scientific literature and the regional economy in particular.

Summarising the above discussed, it could be noted that the author's formulation and solution of the above described tasks of the research of the regional aerial surveillance services theoretical aspects, the optimisation of the Mobile Drone's Units territorial location in the field of producing the commercial aerial surveillance services *confirms the relevance of the presented promotional dissertation*.

The author has put forward the following hypotheses:

1. The provision of the commercial aerial surveillance services by drone companies in the regions with contrasting specific features should be based on the use of the Mobile Drone's Units.
2. Optimal territorial location of the Mobile Drone's Units of companies in the region on the basis of linear programming leads to the efficient use of the drone's units of the company.

The goals of this thesis:

To develop the method of territorial distribution of the commercial Mobile Drone's Units (on the example of Costa Rica) based on the combinatorial analysis and simplex method of linear programming.

The stated goal of the research predetermines ***the following objectives:***

1. To analyse the classification features and characteristics of the commercial aerial surveillance services produced by drones, as well as the companies providing the commercial drone services in different regions of the country.
2. To analyse and disclose the main theoretical aspects of the provision of the aerial surveillance services by drone companies in the region.
3. To study the theoretical foundations of legal regulation of the commercial aerial surveillance services in the world economy, including Costa Rica.
4. To conduct the analysis of the regions of Costa Rica, employing the economic and geographical method, for assessing the impact of the peculiarities of the country on pricing of the commercial aerial surveillance services.
5. To propose a methodology for assessing the economic performance of the commercial aerial surveillance services produced by drone companies, taking into account the geographical, administrative, legal conditions and cultural traditions of the regions of the country (exemplified by Costa Rica).
6. To develop a method of territorial locating the interconnected Mobile Drone's Units in the regions of the country, providing the commercial aerial surveillance services.

The object of the thesis: the commercial surveillance services of Costa Rica.

The subject of the thesis: the peculiarities and the consistent patterns of impact of the commercial drone services on the economy of the regions.

Methods of the research

The methodology assumes the system approach to the problem solving, providing the unity of the qualitative and quantitative methods:

- extensive scientific literature review to analyse the theoretical aspects of the drone aerial surveillance services production;

- expert assessments and official statistics on the drone aerial surveillance services and the methods of their EXCEL processing;
- content and economic analysis of the regional specificity of the drone aerial surveillance services provision;
- combinatorial analysis and simplex method of linear programming for solving the task of optimisation of the Mobile Drone's Units regional basing.
- tools of the language of mathematical modelling MATHCAD for validation of the developed economic and mathematical models

The thesis widely employs the analytical material, provided by the various scientific publications. It also processes the information, obtained from the official website of government establishment of the USA, Latvia, Costa Rica, as well as the international organisation, including International Civil Aviation Organisation, International Associations of Drones and Drone Services.

Restrictions and Limitations of the Research

The author researches Costa Rica as a region, which provides the commercial aerial surveillance services; there optimises the number and topology of the locations of the Mobile Drone's Units of the drone company. To produce the comparative analysis of various indicators and conditions of the production processes of the aerial surveillance services, the author processes the time series data, published by the official organisation of Costa Rica (for years 2007-2018).

Research Results

The author investigated the problems of the efficient organisation and production of the aerial surveillance services through the territorial distribution of the Mobile Drone's Units of a commercial company in the region. The obtained results are as follows:

1. There revealed the classification features, characteristics of the sphere of the commercial aerial surveillance services, providing services by means of the Mobile Drone's Units; there also presented the model of rendering the commercial drone services
2. There carried out the analysis of legal aspects of the commercial drone services implementation by the world states, leading in this branch. On the basis of the economic and geographical analysis and the national peculiarities of Costa Rica, there formulated a methodology for estimating the cost of the commercial drone services and presented a model for the promotion of the commercial drone services in the country.
3. The problem of optimisation of the locations number of the Mobile Drone's Units for geographically distributed customer service in the region is solved by the methods of Boolean programming.
4. For the first time the conceptual principles of providing the commercial aerial surveillance services by the Mobile Drone's Units in the regions are proposed.

The Practical Value of the Promotional Dissertation is that the obtained results are aimed at improving the efficiency of the processes of the aerial surveillance services production by the drone commercial companies in various sectors of the economy. The obtained results are implemented in the Costa Rican commercial drone company La Castellana (see signed usage act) and in the academic course “Vadīšana makroekonomiskā vidē” of the Master programme of the Baltic International Academy.

Time and Regional Frameworks of the Research

The analysis of theoretical aspects, as well as the collection of empirical data covers the period from 2007 to 2017 and, partly year 2018.

Positions for Defence

1. The territorial location of the drone companies depends on the classification features of the commercial aerial surveillance services.
2. There needed to calculate the economic performance indicators of the commercial aerial surveillance services for the development of the drone companies' commercial services.
3. The development of the commercial drone services in the region depends on the optimisation of locations and the number of locations of the Mobile Drone's Units for territorial customer service.

The Presentation of the Results of the Research

The theoretical and practical statements of the research have found the reflection in the publications of scientific articles and abstracts at international and practical conferences: V (2016), VI (2017), VII (2018), VIII (2019) of International scientific and practical conferences "The Transformation process of law, the regional economy and economic policy: the relevant economic and political and legal issue", conference "Reliability and Statistics in Transportation and Communication" (RelStat 2018), the author's online interview for the Costa Rican national periodical issue www.nacion.com/somos-celebres/drones-de-la-ciencia-ficcion-a-la-realidad.

The structure of the thesis research is determined by the goal, objectives and the logic of the research. The thesis includes introduction, three chapters, conclusion and reference.

Introduction

Introduction demonstrates the relevance of the research topic. The hypotheses, goals and objectives of the research, its subject, object, scientific novelty and practical significance are identified, as well as literature review of examined sources and applied scientific methods are presented.

Chapter 1

There is the study of the essence of the commercial drone services and the formulation of their classification features. There studied the commercial services and their features and characteristics with the specificities of these services. There presented the assessment of the classification features of drone companies providing the commercial services, on the basis of which the author has proposed a model of drone services. There researched the theoretical aspects of the organisation of territorial placement of drone's units.

Chapter 2

In the chapter is presented the examination of the basics of the legal regulation of the commercial aerial surveillance services in the world economy, including Latvia and Costa Rica. Based on the economic and geographical analysis of Costa Rica, the author has proposed a method for estimating the costs of the commercial drone services based on the cost of an hour of flight time. There proposed the strategy of promotion of the commercial drone services companies on the example of Costa Rica.

Chapter 3

Chapter presents the development of a new method for solving the optimisation problem of the territorial location of the Mobile Drone's Units, producing the commercial services for the customers in the region in the field of the aerial surveillance services. The methods have been tested in relation to the determination of the Mobile Drone's Units bases' number and locations in the specific conditions of Costa Rica. There presented the comparison of the results of solving the task by these methods.

Conclusion

Conclusion and suggestions are formulated in this section.

There are three Appendices in the promotional dissertation, supplementing Chapters 1, 2 and 3.

Chapter 1. THEORETICAL ASPECTS OF FORMATION OF COMMERCIAL DRONE SERVICES

1.1. Concept and Nature of Commercial Drone Services and the Peculiarities of their Classification

To fulfil the goal, set in the promotional thesis, it is necessary to consider the object of the presented study – drones. For the first time, INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION On 12 April 2005, during the first meeting of its 169th Session, the Air Navigation Commission requested the Secretary General to consult selected States and international organizations with respect to: present and foreseen international civil unmanned aerial vehicle (UAV) activities in civil airspace; procedures to obviate danger to civil aircraft posed by UAVs operated as State aircraft; and procedures that might be in place for the issuance of special operating authorizations for international civil UAV operations. An aircraft which is intended to operate with no pilot on board.

The European Union Safety Agency also regulates and introduces the concept of a drone in the European Union. To ensure the free circulation of drones and a level playing field within the European Union EASA has developed common European rules. The approach taken is to apply the highest safety standards achieved in manned aviation to drones as well. The rules are based on an assessment of the risk of operation, and strike a balance between the obligations of drone manufacturers and operators in terms of safety, respect for privacy, the environment, protection against noise, and security⁷. The International Air Transport Association (IATA) determines drones as follows: Remotely-piloted aircraft systems (RPAS), commonly known as drones, are increasingly used for commercial operations and recreational purposes⁸.

Latvian scientists, like many scientists around the world, are engaged in the study of drones. However, it should be noted that these researches are primarily related to the technical Sciences. For example Ēriks Klaviņš, Valerijs Zagurskis in their article “Unmanned Aerial Vehicle Movement Trajectory Detection in Open Environment” consider the drone as background for a new method, which can be used for UAV on-board trajectory determination⁹.

Gunther Sollinger in the research article “The Development of Unmanned Aerial Vehicles in Germany (1914 – 1918)”¹⁰ focuses on the use of unmanned apparatuses in Germany at the beginning of the last century. Thus, in the field of economical sciences, the researches on the commercial use of drones has not been conducted.

Next, to describe the use of drones in commercial services, it is necessary to define the essence and concept of the services. The Oxford dictionary defines the service as follows: Services are the action of helping or doing work for someone¹¹.

⁷ European Union Safety Agency, Introduction of a regulatory framework for the operation of drones, A-NPA Vol.10, RMT: 31.7.2015 [Electronic source]: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas/drones-regulatory-framework-background> [Available on September 2017]

⁸ The International Air Transport Association, Program description: Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) [Electronic source]:<https://www.iata.org/whatwedo/safety/Pages/drones.aspx> [Available on October 2018]

⁹ Klaviņš, E., Zagurskis V., Unmanned Aerial Vehicle Movement Trajectory Detection in Open Environment Procedia Computer Science, 2016, Vol.104, 400.-407.p. ISSN 1877-0509.
doi:10.1016/j.procs.2017.01.152

¹⁰ Sollinger, G., The Development of Unmanned Aerial Vehicles in Germany (1914 – 1918)
Humanitārās un sociālās zinātnes. RTU Nr.16, 2010, 24.-31.lpp

¹¹ Angus Stevenson A., Lindberg C., New Oxford American Dictionary, third edition, Oxford University Press, 2096 p., 2010, ISBN: 978-0-19-539288-3

Zeithaml¹², Vargo and Lusch¹³ clarify the concept of service as a process and explain their differences from the goods in their studies. A definition close to the commercial concept is given by Campbell R. McConnell and Stanley L. Brue in their classical book "Economics"¹⁴. They describe Service as something that is intangible (invisible) and, in exchange for which the consumer, firm or government is willing to provide something valuable. Kay, David L. and Pratt, James E. and Warner, Mildred in their study "Role of Services in Regional Economy Growth" describe commercial service as any event or benefit offered to others for a fee"¹⁵. With regard to the topic of this dissertation research, the commercial services are considered only as paid services. The general qualitative feature of the commercial component of the concept of paid services is that their production is carried out on the basis of contractual relations between the manufacturer and the consumer (client)¹⁶.

It should be noted that the service has the main characteristics which are described by Kotler Ph.¹⁷, who has identified four characteristics of services – intangibility, inseparability from the source, instability of quality, perishability. He also identified four classifications of services: the source of services, the mandatory presence of the client at the time of provision of services, the motives for the acquisition of services by the client and the motives of services rendering by their manufacturer.

Galichin V. A. in his monograph "The International Market of Educational Services: the Main Characteristics and Trends of Development"¹⁸ also gives a general definition of the concept of properties of services. Markova V. in the monograph "Marketing of Services"¹⁹ points to the property of the service, which is important from the point of view of the author: ...services are local, non-transportable, may have a regional character...". With regard to the object of this study, the services are local or regional, i.e. the region is important for the provision of drone services, and therefore, depending on the properties of the service, its characteristics change. As it is known, in English the word "locality" (from lat. *localis*, local) is a word for a district, city, or other place. But its original meaning, which appeared in the XVII century, refers to the very concept of "place"²⁰. It means that everything has a place. In this study the locality is an important property in the description of commercial aerial surveillance services. The quality of the service and its cost, as well as execution time and employment of equipment may change depending on the location. Fadeeva N. V. in the article "Criteria to Measure and Assess the Quality of Services, Siberian State Technology University"

¹² Zeithaml, P. Relationships and Impacts of Service Quality, Perceived Value, Customer Satisfaction, and Image: An Empirical Study, *Service Industries Journal* 29(2) p.p. 111-125, 2009 DOI: 10.1080/02642060802292932

¹³ Vargo and Lusch. Evolving to a New Dominant Logic, *Journal of Marketing*. 68(1): p.p. 1-17, 2004, DOI: 10.1509/jmkg.68.1.1.24036

¹⁴ Campbell R. Mc Connell and Stanley L. Brue, *Economics: Principles, Problems find Polices*, 11th Edition, NY, 1990, V 2., ISBN: 0070449678

¹⁵ Futrel, Ch. M. *Sales Managements*, 6th edition, Harcourt College Publisher, 2001, 638 p.

¹⁶ World Trade Organization, *Measuringtrade In Services module produced by WTO/OMC 2010*, [Electronic source]: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/services_training_module_e.pdf [Available August 2017]

¹⁷ Kotler P., *Marketing Essential*. Prentice-Hall, Inc., University of Michigan, 1984, 646 p., ISBN: 0135572320

¹⁸ Галичин В., *Международный рынок образовательных услуг: основные характеристики и тенденции развития* (Galichin V., *The international market for educational services: basic characteristics and development trends*), РАНХ , 2016, 70 p.

¹⁹ Маркова В. *Маркетинг услуг: Финансы и статистика* 1996, (Markova V. *Marketing of services: Finance and statistics*), 1996, 127 p.

²⁰ Сыродеева А., *Мир малого. Опыт описания локальности, "ИФРАН"* (1998) (Syrodeeva A., *The World of Small. Experience of describing locality, IFRAN*), 1998, 342 p.

²¹ points to the structural components of the service system that determine its quality “characteristic” by the synonyms. As it is known, one object exhibits several different properties that have a certain structure. However, the number of properties of physical objects is not limited and they are divided into three categories: classifying (qualitative), topological (comparative) and metric (quantitative). There also distinguished among the properties such a group, which, being common to a number of objects in qualitative terms, can be characterised by quantitative differences.

Based on the analysis, conducted by the author, there expanded and detailed the classification characteristics and characteristics of commercial ASS produced with the drones use (see Fig. 1.3).

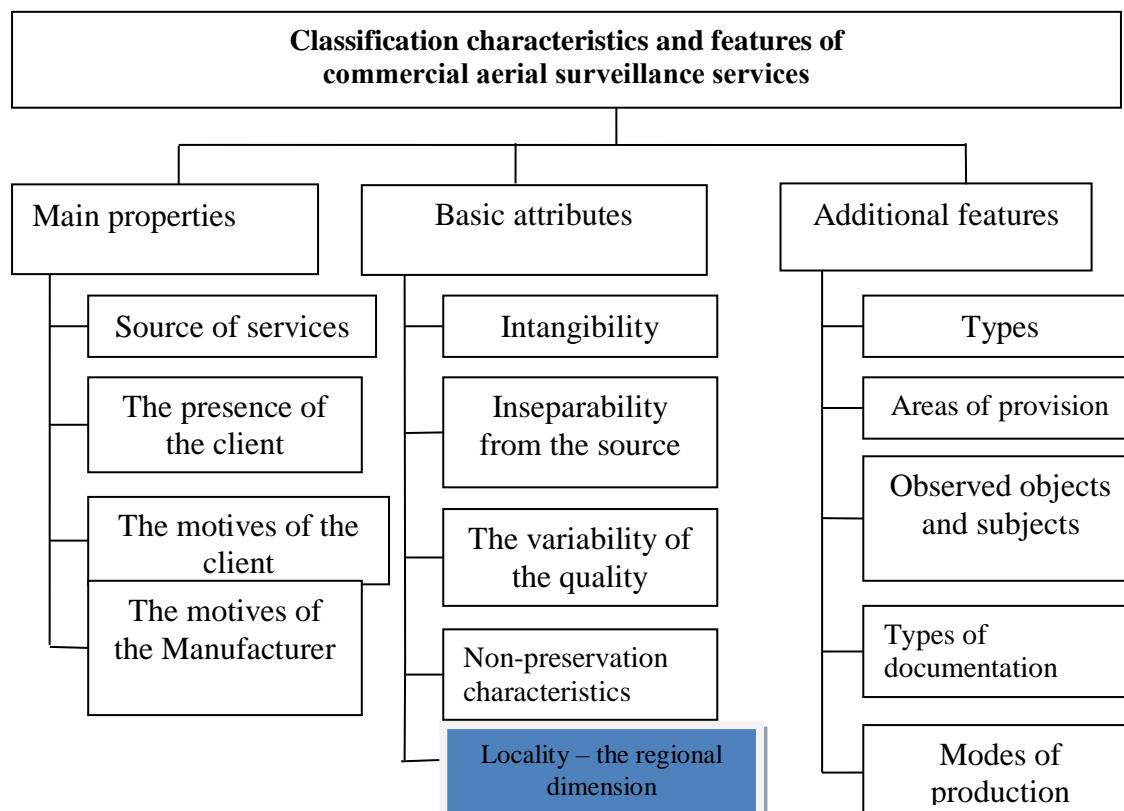


Figure 1.1. Classification criteria and characteristics of aerial surveillance services, (created by the author).

As applied to the commercial aerial surveillance services produced with using the drones, their *classic/main features* (see Fig. 1.3) obtain more specific values:

- source of services is a drone equipped with appropriate means of aerial surveillance, delivery ;
- the feature of mandatory presence of the client at the time of service supply: for this service, the presence may be mandatory or optional. For example, the process of monitoring the object state, if it is done without video or photographic recording of the results of such monitoring, it requires the presence of the client (observer). If it is monitoring with video or photographic recording of results, it does not require customer's presence, as the results of such documentation, the customer can study the obtained information at the time different from the moment of the service provision;

²¹ Fadeeva N., Criteria to Measure and Assess the Quality of Services, Siberian State Technology University; Vestnik TGTU. 2012. 18- 4. Transactions TSTU p. 1106-1114

- the motives for the acquisition of services by the client – for personal or business needs; the difference in the motives for the acquisition of services generally determine the difference in the level of payment for such services; it is possible that the identical services purchased for personal needs will be cheaper than services purchased for business needs
- the motives of the producer of services in the considered commercial aspect are only commercial, but not social motives, i.e. receiving profit from production of services²².

The further step is clarifying the main *basic attributes of the air surveillance services* (see Fig. 1.2), which should be taken into account both in the process of organisation of such services production and in their commercialisation process:

- intangibility – the services themselves are tangible only at the time of their purchasing and intangible until such time (“it is impossible to see, try, hear or smell them”);
- inseparability from the source – (inseparability from an appropriately equipped unmanned aerial vehicle) – different degrees of technical equipment of such a device determines the qualitative and quantitative indicators of the services produced;
- the variability of the quality – dependence of the services quality from their manufacturer, as well as the place and time of production; for example, video produced in adverse landscape or weather conditions, in low degree of illumination of the object or bad angle of observation, are qualitatively different from video recordings, produced in favourable conditions;
- the service non-preservation – the service cannot be stored - its cost value exists only at the time of its provision; significant fluctuations in demand for services can lead to either an excess or a shortage of the relevant aircraft; in the first case, there are economic losses from the reduction in the load of such vehicles, and in the second case, there are economic losses from the inability to provide the declared service or services at a certain time and in a certain place²³.

The intangibility prior to service acquisition and delivery and the variability of the quality require careful preparation of the aerial surveillance services production process in order to offset the negative impact of these characteristics. Inseparability from the source affects the choice of technology of ASS provision and the qualification requirements towards the personnel providing aerial surveillance services using UAV. Non-persistence, as an action, determines the nature of the results of the production of services presented to customers.

The commercial group consists of the following types of services produced by drones:

- observation of processes and objects;
- video and photo recording of the observation objects;
- measurement of geophysical, atmospheric and other parameters of objects and the environment;
- delivery of goods, mainly in hard-to-reach places;
- loudspeaker broadcasting in the emergency situations such as earthquakes, volcanic eruptions, tsunamis, fires, etc.

The predominant type of commercial drone services is the aerial surveillance services with or without recording of observation results. Therefore, in the future, unless

²² The motives of the ASS producers will be discussed in more detail in section 1.3 of this dissertation.

²³ Note that such losses can be substantially reduced by using the mechanism of orders overbooking for the air surveillance services, the economic and mathematical model of optimization of which will be presented later in this dissertation.

otherwise agreed, commercial drone services will be identified with aerial surveillance services. So, many authors^{24, 25, 26}, exploring the commercial use of drones, describes the main industries or areas where the operation of drones gain the most popularity. Among these activities there indicated the following:

- **Search and rescue** – the drones are very useful in such operations. For example, they are used in fires, floods, searches for people and animals, for determining the amount of gases in the air.
- **Security** – many authorities use drones to protect people in life-threatening situations. For example, it can help in coordination of the security operations; in delivery of medicines; in participation in operations with traffic police, etc.
- **Inspections** – the drones can inspect in inaccessible places such as pipelines, turbines and the like.
- **Surveillance** – the drone allows recording and monitoring the place from above, it is very convenient in public events such as protests to detect suspicious and dangerous activities in a timely manner.
- **Science and research** – the drones help scientists do their research from above, drones are used to document the archaeological excavations, nuclear incidents (pollution measurements), glacier monitoring, volcano eruption observations, etc.
- **Photography** – with the help of a drone it is possible to take pictures, for example, it is used for the development of the tourism industry.
- **Navigation** – using multispectral cameras and laser scanners, the drone can create high-performance 3D maps. Therefore, they have found their application in various fields, including surveying and mapping.
- **Logistics** – the drone is used to deliver small packages. In this way, the goods can be quickly delivered and it is environmentally safe in the airspace.

Lina Tang Guofan Shao in the article “Drone remote sensing for forestry research and practice”²⁷ explains, that the drones of various shapes, sizes, and functionalities have emerged over the past few decades, and their civilian applications are becoming increasingly appealing. The paper indicates the wide range of applications in agriculture, but does not formulate the functions of the drones. Jędrzej Drozdowicz, Maciej Wielgo, Piotr Samczynski, Krzysztof Kulpa, Jarosław Krzonkalla, Maj Mordzonek²⁸ describe in their paper an experimental system dedicated for the detection and tracking of small aerial targets such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in particular small drones (multirotors). They indicate the advantage of drones in modern world practice, describe the observation and search functions, but do not describe the functions of drones.

²⁴ Cloud, D., CIA Drones Have Broader List of Targets, Los Angeles Times 2010, [Electronics source]: <http://www.latimes.com/news/nationworld/world/la-fg-drone-targets-20100506,0,57614.story> [Available July 2018]

²⁵ Shakhatreh H., Sawalmeh A., Al-Fuqaha A., Dou Z., Almaita E., Khalil I., Shamsiah N., Khereishah A., Guizani M., Unmanned Aerial Vehicles: A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges, arXiv:1805.00881v1 [cs.RO], 2018 [Electronic source]: <https://arxiv.org/pdf/1805.00881.pdf>. [Available August 2018]

²⁶ Menouar, H., Guvenc, I., Akkaya, K., A. Uluagac, S., Kadri, A., Tuncer, A., UAV-enabled intelligent transportation systems for the smart city: Applications and challenges, IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 3, pp. 22–28, 2017, DOI: 10.1109/MCOM.2017.1600238CM

²⁷ Tang, L., Shao G., Drone remote sensing for forestry research and practice Journal of Forestry Research, 2015, Volume 26, pp 791–797, ISSN: 1007-662X

²⁸ Drozdowicz, J. Wielgo, M., Samczynski, P., Kulpa, K., Krzonkalla, J., Mordzonek, M., 17th International Radar Symposium (IRS) Krakow, Poland, 10-12, 2016, DOI: [10.1109/IRS.2016.7497351](https://doi.org/10.1109/IRS.2016.7497351)

As applied to the commercial aerial surveillance services produced with using the drones, their *classic/main features* (see Fig. 1.3) obtain more specific values:

- source of services is a drone equipped with appropriate means of aerial surveillance, delivery ;
- the feature of mandatory presence of the client at the time of service supply: for this service, the presence may be mandatory or optional. For example, the process of monitoring the object state, if it is done without video or photographic recording of the results of such monitoring, it requires the presence of the client (observer). If it is monitoring with video or photographic recording of results, it does not require customer's presence, as the results of such documentation, the customer can study the obtained information at the time different from the moment of the service provision;
- the motives for the acquisition of services by the client – for personal or business needs; the difference in the motives for the acquisition of services generally determine the difference in the level of payment for such services; it is possible that the identical services purchased for personal needs will be cheaper than services purchased for business needs
- the motives of the producer of services in the considered commercial aspect are only commercial, but not social motives, i.e. receiving profit from production of services²⁹.

The further step is clarifying the main *basic attributes of the air surveillance services* (see Fig. 1.2), which should be taken into account both in the process of organisation of such services production and in their commercialisation process:

- intangibility – the services themselves are tangible only at the time of their purchasing and intangible until such time (“it is impossible to see, try, hear or smell them”);
- inseparability from the source – (inseparability from an appropriately equipped unmanned aerial vehicle) – different degrees of technical equipment of such a device determines the qualitative and quantitative indicators of the services produced;
- the variability of the quality – dependence of the services quality from their manufacturer, as well as the place and time of production; for example, video produced in adverse landscape or weather conditions, in low degree of illumination of the object or bad angle of observation, are qualitatively different from video recordings, produced in favourable conditions;
- the service non-preservation – the service cannot be stored - its cost value exists only at the time of its provision; significant fluctuations in demand for services can lead to either an excess or a shortage of the relevant aircraft; in the first case, there are economic losses from the reduction in the load of such vehicles, and in the second case, there are economic losses from the inability to provide the declared service or services at a certain time and in a certain place³⁰.

The intangibility prior to service acquisition and delivery and the variability of the quality require careful preparation of the aerial surveillance services production process in order to offset the negative impact of these characteristics. Inseparability from the source affects the choice of technology of ASS provision and the qualification requirements towards the personnel providing aerial surveillance services using UAV.

²⁹ The motives of the ASS producers will be discussed in more detail in section 1.3 of this dissertation.

³⁰ Note that such losses can be substantially reduced by using the mechanism of orders overbooking for the air surveillance services, the economic and mathematical model of optimization of which will be presented later in this dissertation.

Non-persistence, as an action, determines the nature of the results of the production of services presented to customers.

The commercial group consists of the following types of services produced by drones:

- observation of processes and objects;
- video and photo recording of the observation objects;
- measurement of geophysical, atmospheric and other parameters of objects and the environment;
- delivery of goods, mainly in hard-to-reach places;
- loudspeaker broadcasting in the emergency situations such as earthquakes, volcanic eruptions, tsunamis, fires, etc.

The predominant type of commercial drone services is the aerial surveillance services with or without recording of observation results. Therefore, in the future, unless otherwise agreed, commercial drone services will be identified with aerial surveillance services. So, many authors^{31, 32, 33}, exploring the commercial use of drones, describes the main industries or areas where the operation of drones gain the most popularity. Among these activities there indicated the following:

- **Search and rescue** – the drones are very useful in such operations. For example, they are used in fires, floods, searches for people and animals, for determining the amount of gases in the air.
- **Security** – many authorities use drones to protect people in life-threatening situations. For example, it can help in coordination of the security operations; in delivery of medicines; in participation in operations with traffic police, etc.
- **Inspections** – the drones can inspect in inaccessible places such as pipelines, turbines and the like.
- **Surveillance** – the drone allows recording and monitoring the place from above, it is very convenient in public events such as protests to detect suspicious and dangerous activities in a timely manner.
- **Science and research** – the drones help scientists do their research from above, drones are used to document the archaeological excavations, nuclear incidents (pollution measurements), glacier monitoring, volcano eruption observations, etc.
- **Photography** – with the help of a drone it is possible to take pictures, for example, it is used for the development of the tourism industry.
- **Navigation** – using multispectral cameras and laser scanners, the drone can create high-performance 3D maps. Therefore, they have found their application in various fields, including surveying and mapping.
- **Logistics** – the drone is used to deliver small packages. In this way, the goods can be quickly delivered and it is environmentally safe in the airspace.

³¹ Cloud, D., CIA Drones Have Broader List of Targets, Los Angeles Times 2010, [Electronics source]: <http://www.latimes.com/news/nationworld/world/la-fg-drone-targets-20100506,0,57614.story> [Available July 2018]

³² Shakhatre H., Sawalmeh A., Al-Fuqaha A., Dou Z., Almaita E., Khalil I., Shamsiah N., Khreishah A., Guizani M., Unmanned Aerial Vehicles: A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges, arXiv:1805.00881v1 [cs.RO], 2018 [Electronic source]: <https://arxiv.org/pdf/1805.00881.pdf>. [Available August 2018]

³³ Menouar, H., Guvenc, I., Akkaya, K., A. Uluagac, S., Kadri, A., Tuncer, A., UAV-enabled intelligent transportation systems for the smart city: Applications and challenges, IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 3, pp. 22–28, 2017, DOI: 10.1109/MCOM.2017.1600238CM

Lina Tang Guofan Shao in the article “Drone remote sensing for forestry research and practice”³⁴ explains, that the drones of various shapes, sizes, and functionalities have emerged over the past few decades, and their civilian applications are becoming increasingly appealing. The paper indicates the wide range of applications in agriculture, but does not formulate the functions of the drones. Jędrzej Drozdowicz, Maciej Wielgo, Piotr Samczynski, Krzysztof Kulpa, Jarosław Krzonkalla, Maj Mordzonek³⁵ describe in their paper an experimental system dedicated for the detection and tracking of small aerial targets such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in particular small drones (multirotors). They indicate the advantage of drones in modern world practice, describe the observation and search functions, but do not describe the functions of drones.

Based on the concept of function – (from the Latin function – execution, implementation), it is the operations performed by an organ, an organism, an instrument; the role, meaning of something; the purpose of something; therefore, there described the functions of drones in commercial activity.

As a basis for the development of drone functions, there used the following of the mentioned above activities of drone commercial services: **search and rescue activities define the search function.** The drones are very effective in operations to search for fires, the amount of gas emissions in the air, and so on³⁶.

The function of inspection of gas pipelines, pipelines and other strategically important facilities, employing the drones, is an integral part of contemporary economy. It is also possible to use drones for various measurements carried out by scientists.

Navigation function – using the multispectral cameras and laser scanners, the drone can create high-performance 3D maps. Therefore, they have found their application in various fields, including surveying and mapping, participation in the construction industry, as well as shooting and photography.

Logistics function – the ability to use the drones for the delivery of small packages. In this way, the goods can be quickly delivered and it is environmentally safe in the airspace. Moreover, the recent studies on the possible operation of drones have shown their effective use not only in external surveillance, but also indoors. **The logistics function implemented** in the delivery service has recently been rapidly developing. However, they are more public sector than commercial importance (mainly the delivery of pharmacy, food and other small-sized necessities in remote areas).

Nevertheless, while listing these functions, it should be said that they all are based on observation. Observation is an active, systematic, purposeful, planned and intentional perception of an object through video / photo and other tools, in the course of which one gains knowledge about the external sides, properties and relations of the studied object and / or person³⁷.

The main methodological requirements for observation should be secured:

- search and recording of the perspective of the object vision, interesting for the observer;
- focusing – fixing the attention only on the phenomena of interest;
- planning and premeditation – following the predetermined plan or scenario;

³⁴ Tang, L., Shao G., Drone remote sensing for forestry research and practice Journal of Forestry Research, 2015, Volume 26, pp 791–797, ISSN: 1007-662X

³⁵ Drozdowicz, J. Wielgo, M., Samczynski, P., Kulpa, K., Krzonkalla, J., Mordzonek, M., 17th International Radar Symposium (IRS) Krakow, Poland, 10-12, 2016, DOI: [10.1109/IRS.2016.7497351](https://doi.org/10.1109/IRS.2016.7497351)

³⁶ Barela S., Legitimacy and Drones Investigating the Legality, Morality and Efficiency of UACVs, University of Geneva, 432p., Ashgate Publishing, Ltd., 2015 , ISBN: 1472446895

³⁷ The Oxford English Reference Dictionary / Second edition / Edited by Pearsal J., Trumble B. – New York Oxford. – 2016, ISBN: 9780198606529

- system nature (consistency) – conducting the observations according to the specific system for multiple (sufficient for the stated purposes) perception of the object in the specified modes.

Monitoring is carried out for two purposes – monitoring and control of the object state. Environmental monitoring is a system of regular observations in space and time, providing the information about the state of the environment in order to:

- assess the past and the present and forecast the future state;
- ensure the safety, timely development and implementation of measures to prevent emergencies or reduce the damage caused by their impact.

Environmental monitoring is a system of regular observations in space and time that provides information about the state of the environment in order to:

- manage the environmental quality or condition of objects;
- application of special means (means of broadcasting, means of air sanitary processing, etc.);
- influence on the course of events or on people's behaviour

Thus, monitoring is “pure” observation without any impact on the environment, and control is the observation and management of quality and/or the state of the environment. It is also worth noting that almost all groups of customers order monitoring services with ASS employment, while the monitoring services presenting the certain environmental impact are ordered very rarely.

Documentation of the provided aerial surveillance services (see Fig. 1.1) is carried out in various ways on different types of media: electronic media; video recordings; photo albums; booklets, etc.

Manufacturing of the *aerial surveillance services* is carried out *in online and offline modes*. Online mode is primarily used for monitoring purposes, where the operator provides the monitoring of the relevant objects, processes or events and, possibly, transmits the relevant video panorama to the client in real time. If it is necessary to record the results of the observation, the offline mode is used for post-processing and documenting the results using the appropriate video-, photo-, multiplier and other types of equipment.

1.2. Assessment of Classification Features of Drone Companies Providing Commercial Services

This dissertation research is related to the use of commercial drones; the quadrocopters – are the most affordable type of drones used for the production of aerial surveillance services. Drone companies (DCo) will be called commercial if they:

- provide their services for a fee;
- work on a regular basis;
- have the appropriate permits for the type of activity;
- contain a staff of certified pilots/operators;
- operate commercially produced drones that are not prohibited for use in commercial activities³⁸.

There defined the main classification characteristics for the general description of the considered regional DCo.

³⁸ Cohn, P., Langstaff, M., Roller, M. The future of unmanned aerial systems, McKinsey, 2017. [Electronic source]: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/commercial-drones-are-here-the-future-of-unmanned-aerial-systems> [Available November 2017]

The composition of the technical means of DCo in general case includes ^{39, 40,}
^{41, 42, 43, 44.}

- flying platforms (see Fig. A. 1.2 of Appendix 1) or the actual drones, which have the autopilot system on the board, which is able to withstand the exposure parameters (route, angles photos video, percentage of longitudinal and transverse overlap, the height, etc.) in a wide range of weather conditions, GPS-navigation, means of transmitting and receiving data, etc.;
- drone attachable equipment, including electric batteries, digital automatic cameras, video cameras, thermal imagers, etc.;
- means of remote manual control of the drone;
- software and hardware for the office photogrammetric and video post-processing, as well as storage and provision of received and processed photo and video and other data;
- means of delivery of drones to the places of use (usually conventional or specialised vehicles).

The list of services produced by drones generally depends not only on the built-in and attachable equipment, but also on the weight of the drone, the maximum height, flight radius, wing load, type and engine power ⁴⁵. However, for commercial quadcopters, the most important classification characteristics are weight, altitude, and flight radius ⁴⁶.

According to their weight, the drones are divided into the following classes:

- micro air vehicle (MAV) – the smallest UAV that can weight, less than 1kg;
- miniature UAV (also called SUAS) – approximately less than 25 kg;
- heavier UAVs.

In accordance with another classification (USA) ⁴⁷, taking into account a greater number of parameters, the drones are divided into the following groups: small; medium; large; extra-large. Further studies are related only to the use of small and medium-sized drones as the DCo part (see Table 1.2.), since they have found the most widespread employment for the provision of commercial air surveillance services.

³⁹ ICAO, Circular 328 AN/190: Unmanned Aircraft Systems, 2016 [Electronic source]:
http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf [Available February 2017].

⁴⁰ UAS organization's annual report 2009/2010, University of North Dakota [Electronic source]:
http://www.uasresearch.com/UserFiles/File/156-181_ReferenceSection_UAS_All-Categories&Classes.pdf [Available October 2017]

⁴¹ [Electronic source]: www.uvs-international.org [Available October 2017]

⁴² Eisenbeiß, H. UAV Photogrammetry. ETH Zurich. Diss. ETH NO. 18515, Institute of Geodesy and Photogrammetry, Zurich, 2009, ISBN: 3906467864

⁴³ Sulima N., On the commercial aspects of exploiting drone information technologies and tools for their optimization. V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 9 December 2016, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 288-297. ISBN 978-9984-47-143-3.

⁴⁴ Heriard-Dubreuil V., Microdrones unmanned aerial solution are the ideal platform for serious professional work. Learn more about the ways our products are being deployed to do real work around the world, USA, 2018 [Electronic source]: <https://www.microdrones.com/en/industry-experts> [Available September 2018]

⁴⁵ Maziar M., Classification of Unmanned Aerial Vehicles, Mech Eng, 2007, [Electronic source]:
https://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles [Available October 2018]

⁴⁶ Juniper A., The Complete Guide to Drones, Octopus Books, 144p. 2015, ISBN: 1781573573

⁴⁷ Agbeyangi, A., Olorunlomerue, A. B. Review on UAVs used for Aerial Surveillance, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), Vol.3., 2016, ISSN: 2458-9403. [Electronic source]:
https://www.researchgate.net/publication/309585222_Review_on_UAVs_used_for_Aerial_Surveillance [Available February 2019]

Table 1.2.

Characteristics of small and medium drones

Category	Size	Maximum Gross Take-off Weight (kg)	Normal Operating Altitude (m)	Air speed (km/hr)
Group 1	Small	<10	<400 AGL*	<185
Group 2	Medium	10 – 25	<1150	<460

* AGL – Above Ground Level.

Source: created by the author based on ⁴⁸

Here are other characteristics of such drones:

- altitude and radius of flights – up to 1500 m and 10 km, respectively;
- operating time on one battery charge – 20-25 min.;
- cost – up to \$10 thousand, and without photo-video, spectrometers, infrared cameras and other attachable equipment, without operating control systems, application software for processing the filmed contents, etc.

Organisation and structure – the classification features that determine the type of DCo (individual entrepreneur, LLC, JSC, etc.), their organisational structure, production, support and administrative and managerial personnel. The organisational structures of commercial companies are usually built on both mechanistic and organic principles⁴⁹.

The mechanistic principle (functional principle or the principle of departmentalisation) is the division of labour of different units, each of which, under the control of its head performs a specific set of similar or interrelated functions (activities) and is responsible for the result of their implementation

The organic principle is characterised by:

- monotonous nature of production functions, which does not require the division of labour of employees;
- low level of formalisation and centralisation with versatile training of production workers, each of whom performs almost the same work for the production of aerial surveillance services.

It is advisable to build the organisational structure of DCo on the organic principle.

The positive qualities of organic structures are flexibility, adaptability and minimal management costs. In principle, even the head of a company with such a structure can perform the production functions, in addition to the functions of management.

In general, it is advisable to distinguish the following as a part of the structure of DCo:

- management personnel;
- information processing center;
- MDU (Mobile Drone Unit),
- technical support and software drones.
- technical support and software for drones.

⁴⁸ Arjomandi M., Classification of unmanned Aerial Vehicles, 2007, The university of Adelaide Australia [Elektronisks avots]:

https://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles. [Pieejams Februāris 2018]

⁴⁹ Бурменко Т., Сфера услуг: менеджмент, КНОРУС, 2008 (Burmenko T., the Service sector: management, KNORUS, Moscow, 2008, ISBN 978-5-406-05715-5

In particular cases, many auxiliary functions (for example, post-processing of the observation results, accounting, legal services, etc.) can be performed by outsourcing companies or specialists. In a particular case, the whole structure can be reduced to one specialist-universal, engaged in individual entrepreneurial activity.

MDUs, as service production units, can be centrally located or geographically distributed. In a distributed deployment, each MDU serves its own region (district) and, if necessary, can also duplicate servicing in the adjacent regions. The MDU includes the production personnel and facilities for the production of services. MDU production staff consists of crews (pilots, operators, drivers). Technical means of MDU are drones with specialised equipment, as well as universal or specialised means for the remote delivery of drones to the places of production of services (mostly cars, though there can be used motorcycles, boats, etc.).

The types of DCo services can be divided into two groups by the nature of specialisation:

- basic services are specialised services for aerial surveillance services of the objects, processes, events, specific for the drone companies only;
- additional paid services that are not directly surveillance services but supplementing the DCo revenues.

Additional services include services provided to customers that are not directly related to aerial monitoring and surveillance:

- post-processing of the results of aero recording, in other words, the preparation of photographic shots, videos, clips, video recordings, etc.;
- theoretical and practical training of personnel of other companies and individuals to control the drones, and information technologies to provide surveillance services;
- repairing/fixing the drone for third-party companies;
- consulting on the choice of type and purchase of drones;
- consulting on the choice of attachable equipment for drones, etc.

The performance indicators of economic activity of DCo are distinguished in accordance with the regulatory document of ICAO (International Civil Aviation Organization)⁵⁰; for this purpose, there have been chosen:

- key areas of measuring the performance KPA (KEY Performance Area);
- key performance indicators KPI (Key Performance Indicator) and indicators of related metric parameters.

The following indicators belong to the areas of KPA:

- economic performance;
- efficiency;
- quality of service;
- flight safety.

Further there considered the main KPIs in different KPA.

As economic indicators of DCo there have been chosen:

- natural indicators:
 - a. number of ASS provided by type for the time period (month, quarter, year);
 - b. probability of ASS delivery by type for the time period;
 - c. the total number of services, provided for the time period, etc.;
- the indicators of the values:

⁵⁰ ICAO, International Civil Aviation Organization, Guide of airport's economic, Doc: 9562, Pub 3, 2013, ISBN 978-92-9249-253-3 [Electronic source]:

http://www.icao.int/publications/Documents/9562_ru.pdf [Available June 2018]

- a. the amount of expenses for one service rendered – ASS;
- b. the amount of expenses per client for the provision of one service;
- c. (c) the total expenditure for the time period;
- d. (d) revenue from sold services;
- e. (e) profits, etc.

The above stated values are interpreted in accordance with the definitions given by Bernard Baumohl⁵¹.

The performance indicators reflect the ratio between the results of the DCo operations and the resources used – the number of mobile drone units, in other words, the number of provided aerial surveillance services per one MDU for a certain period of time.

The quality of service indicator is measured taking into account the interests of both drone operators, i.e. DCo, and customers.

The indicators for the quality of customer service by drone enterprises include:

- average number of ASS produced per day per MDU;
- number of reasonable delays in ASS delivery;
- average duration of delays per ASS rendered;
- the regularity of flights in the provision of ASS, ensuring timely provision of ASS in accordance with the contractual terms with customers.:

The following service quality indicators are the most important for the customers:

- ASS production time;
- the total time of obtaining the results of ASS provision, taking into account the office post-processing of the results of air surveillance;
- overall satisfaction with the results of the work performed on air surveillance, including the timely provision of ASS.

KPI indicators for flights safety include:

- the number of drone accidents per thousand ASS production operations;
- the number of incidents per thousand hours of drone operation;
- the number of accidents per thousand ASS operations that resulted in drone damage.

The motivation for providing the commercial drone services is based on the motivation of customers and the motivation of the drone enterprise.

The customer motivation is usually related to the various requirements for the decision-making process about the purchase of the aerial surveillance services and the cost of their provision. These issues are the determining factors while the customers decide to purchase the ASS from a particular DCo and, in general case, they determine the upper limit of the cost of services of this DCo. An important point in motivating customers who constantly order ASS is the background of their relationships with the customers. All other things being equal, the customer will almost always focus on the already known supplier. For new customers who have not previously used the ASS, the decisive arguments in choosing a supplier are their “recognition” in this market and their reputation. For them, the price (within certain limits), in general, is no longer a determining factor, but its “transparency” and understanding by the customer that he will receive for the appointed price – are very significant factors.

⁵¹ Baumohl B., *The Secrets of Economic Indicators: Hidden Clues to Future Economic Trends and Investment Opportunities* (3rd Edition), New Jersey 2013, p. 447, ISBN: 0132932075

As it has been defined by Ghoshal S.⁵², in general, the consumer's decision-making process for ordering services is not a sequential process, but a multi-step process with feedbacks. Such a process, in relation to orders for the provision of aerial surveillance services, is presented in the form shown in Fig. 1.2.

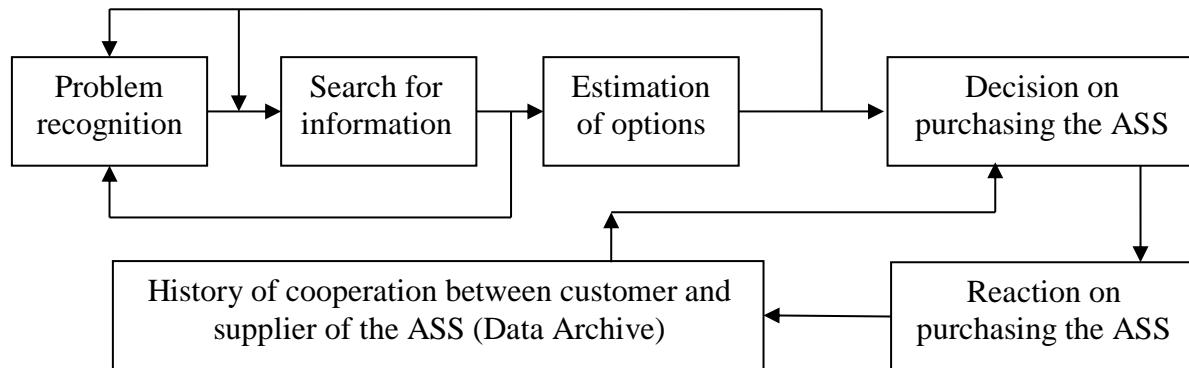


Figure 1.2. Diagram of the customer's decision-making process for ordering the aerial surveillance services
(Source: created by the author)

Searching for information and evaluating the options allows better understanding and comprehension of the problem; similarly, evaluating the options may require a wider range of information searches. For a small country, it is possible to simplify contacts significantly, basing on the ethnical characteristics of the population, such as sociability, the presence of a sufficiently wide range of relatives, friends and acquaintances. Under the approximately equal other conditions, a resident of such a country is more likely to order a service in the near circle than in another circle of people.

Important role plays diversification (also provided in relation to the company) which is aimed at expansion of the range of aerial surveillance services through the use of new media and IT (for example new means of events recording), which has not been previously used, and expansion of means of post-processing the results of recording and monitoring the events. Diversification requires a wider range of equipment and IT tools used, as well as a more diverse composition and, possibly, more professionalism of specialists engaged in the post-processing of the results of the ASS provision and their summarized presenting to the customers. Regional DCo of this types (small employees number) with the above described structure, providing a diversified set of services, typically have a diverse set of technical means for recording and monitoring, but do not involve a staff of specialised employees for professional evaluation of the results of services provision. It is assumed that this work will be carried out by the customer, based on the materials provided to him.

The stages of the ASS provision process for commercial (civil) applications fields and their duration are as follows:

- land (water) transportation of MDU to the place of service with the duration of transportation T_t ;
- aero recording (photography, video-recording) and video surveillance in the provision of services in online mode with flight (useful) time T_f ;

⁵² Ghoshal S., Bad Management Theories are Destroying Good Management Practices // IEEE Eng. Management Rev. – 2005. – Vol. 33, N 3. – P. 79 – 95., DOI: 10.1109/EMR.2005.26768, ISSN: 0360-858.

- office post-processing and analysis of the obtained results of the provided services in offline mode with the duration of the process T_p ;
- presentation of the results of services provision to the customers on the electronic media in a mixed mode on-/offline, taking time T_s .

Therefore, the total time of implementing the order for ASS is calculated according to the formula⁵³:

$$T = T_t + T_f + T_p + T_s \dots \quad (1.1)$$

Transportation time in its turn may include two components:

$$T_t = T_{t1} + T_{t2}, \quad (1.2)$$

where

T_{t1} is the time of MDU travel from location to the place of provision of services;
 T_{t2} is the time of MDU travel within the area or length of the observed object.

The level of integration of DCo facilities is characterised by:

- vertically integrated tools, supplied in the appropriate configuration (hardware, tools, software, data analysis tools, etc.) for use in a specific field;
- universal means, the integration of which is provided by the user, in other words, by the staff of the drone company, based on the principle of universality of provided services.

Territorial placement of facilities for aerial surveillance services production using the MDU, taking into account the specifics of the region, can be organised in two ways⁵⁴:

- centralised placement, in case if one MDU, basing in one place and consisting of one or more drones, serves all customers of the region (country) of action;
- geographically-distributed placement, in case if MDU is geographically dispersed across multiple geographical points (bases), which primarily support the customers of the only region, but can also duplicate the work of bases in other regions

In the latter case one of the MDU is attached to the central office of DCo; there situated the call centre for receiving the orders for the ASS, there the packaging and repair of operated drones takes place, as well as post-processing of the results of aerial surveillance services provision.

So, the study of the concept of a drone, their classification, the functions performed, have allowed the author to formulate a model for the implementation of drone commercial services, presented in Fig.1.3.

As it is known, the model (FR. modèle from lat. modulus “measure, analogue, sample”) is an abstract representation of the reality in any form (for example, in mathematical,

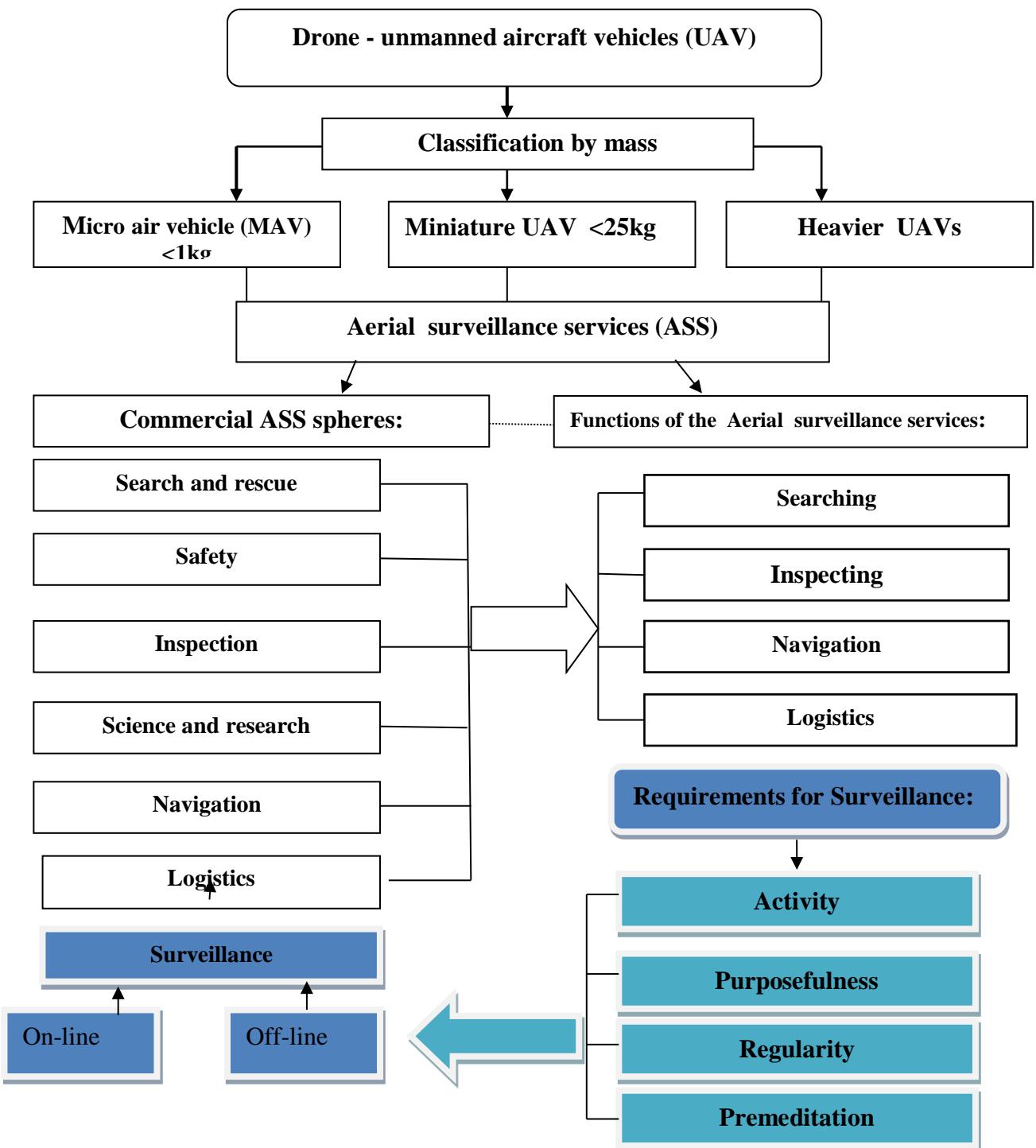
⁵³ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 195-202., ISBN 978-9984-47-162-4

⁵⁴ Sulima N., On the commercial aspects of exploring drone information technologies and tools for their optimization. V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2017, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 289-296., ISBN 978-9984-47-143-3.

physical, symbolic, graphic or descriptive), designed to represent the certain aspects of this reality and allows receiving the answers to the questions being studied⁵⁵.

On the basis of the studied theoretical material, the author has presented a model for the implementation of commercial Aerial surveillance services (see Fig.1.3). This model is based on the classification of drones (depending on weight), the spheres of activity of drones, appointed functions that the Aerial surveillance services perform. It is shown that surveillance is one of the basic areas of providing the Aerial surveillance services and can occur online, such as inspection and monitoring, or offline, as the control and use of recording objects, with their subsequent decoding. The author has also formulated the requirements for observation in the provision of Aerial surveillance services.

⁵⁵ Когаловский М. и др. the title of the book: Глоссарий по информационному обществу, 2009., 160 с. (Glossary on the Information Society / Ed. ed. Yu. E. Khokhlova. - M.: Institute for the Development of the Information Society, 2009. - 160 p.)



*Figure 1.3. Model of implementation of commercial Aerial surveillance services,
(developed by the author)*

1.3. Organisation of the Territorial Distribution of Drone Units

The problem of improving the territorial organisation of customer service by the company (or enterprise), regardless of the sphere and scope of its activities, includes a number of specific tasks. These include the definition of the criterion of economic efficiency of the territorial organisation of customer service by the company, the capacity and form of specialisation of the company's units in the regions, the

development of a method for justifying the localisation of specialised units, as well as the head office of the company. The study of the problems of territorial organisation of customer service involves modelling and optimisation of regional development of the service company.

The research within this thesis deals with the company, providing the distributed services in the region; it is *the drone company*, and its specialised units – *mobile drone units* (MDU) that can be located centrally in a single location along with a head unit or be distributed into various locations of the appropriate districts in the service area.

The *classical discrete problems of regional economy* consist of the general theoretical, methodological and applied aspects of the enterprises placement. It also comprises the specific tasks of efficient organisation and functioning of geographically distributed production of services in the region, development and rational placement of specialised divisions of the company, producing services in selected points of the region. The formulation and review of methods of solving these tasks are presented in the publication⁵⁶.

As it is known, the theory of regional economy^{57, 58} explores the issues of territorial distribution and solves the following problems:

- considers such questions, as “where, why and what” economic activity is in the appropriate place in the region;
- basing on the principle that companies choose the locations of production facilities in the region, which will maximise their profits, and individuals choose those places of production of services that maximise their own utility.

The formulation of such problems is based on mathematical models of the choice of locations and development of technical and economic facilities or industries in a certain area with the optimisation of the economic criterion, presented in the form:

$$F(S) = \sum_{i \in S} c_i + \sum_{j \in J} \min_{i \in S} g_{ij} \rightarrow \min_{S \subseteq I}, \quad (1.4)$$

where

$I = \{1, \dots, i, \dots, I\}$ is the list of possible items $i \in I$ of the placement of production of some homogeneous goods (services);

$c_i \geq 0$ is the corresponding costs of production of goods in the location i ;

$J = \{1, \dots, j, \dots, J\}$ is the list of customers of the manufactured goods;

$g_{ij} \geq 0$ is the value of the cost of delivering goods to customers for each pair ij .

The task is to find such a set of open production facilities $S \subseteq I$, $S \neq \emptyset$, which can meet the needs of all customers with minimal costs, in other words, minimises the functionality (1.4). The problems in this formulation were solved in relation to different industries. The earliest publications on this subject cover the locations of:

- industrial enterprises⁵⁹;

⁵⁶ Mirchandani P., Francis R., Discrete Location Theory, John Wiley & Sons, p.357., 1990, ISBN: 978-0-471-89233-5

⁵⁷ Wang Z., Principles of Regional Science (New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives) p.3, 2017, ISBN 9811053677

⁵⁸ Benassy-Quere A. and Coeure B., Economic Policy: Theory and Practice, p.7, Oxford University Press, 2018, ISBN: 0190912103.

⁵⁹ Krarup J., Pruzan P.M. The simple plant location problem: Survey and synthesis. European Journal of Operational Research. v12 (1983), pp 36-81., DOI: 10.1016/0377-2217(83)90181-9

- warehouses⁶⁰;
- banks branches⁶¹;
- production of consumer goods⁶²;
- enterprises of consumer services⁶³, etc

More complex problems of this discipline arise with the restrictions on the placement of objects and the use of more complex optimisation criteria, many of which have not yet been solved. An overview of the problems formulation of territorial location of production facilities is given in the publication by Mirchandani P. B., Francis R. L. Discrete Location Theory⁶⁴, and the classical methods for solving such problems are given in the works of A. Andronovs⁶⁵, R.A. Brualdi⁶⁶, J. Nocedal and S.J.Wright⁶⁷, J. Nocedal and S.J.Wright⁶⁸.

It is worth noting that *such problems have not been solved with respect to the geographically distributed location of production of mobile services*, including mobile drone units providing the respective services of photo - and video surveillance of the corresponding objects. For the first time such task has been set by the author in the publication⁶⁹ and subsequently developed in other publications by the author, which form the basis of Chapter 3 of this promotional research.

Conclusions:

1. In the course of the theoretical study of the provision of commercial services by drone companies, there has identified and summarised the classification features and characteristics of commercial aerial surveillance services. In addition to the existing features of services, the author has formulated the property of services-locality or regionality. The functions of aerial surveillance services are also formulated on the basis of the spheres of drone services use.
2. For the first time there have been identified and generalised the classification criteria of the drone companies, producing the commercial services of aerial surveillance in the region. A model of the organisational structure of a regional

⁶⁰ Khumawala B., An Efficient Branch-Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem. Management Science. v18 (1972), pp 718-731., DOI: 10.1287.

⁶¹ Cornuejols G., Fisher M.L., Nemhauser G.L. Location of bank accounts to optimize float. Management Science. v22 (1977), pp 789-810.

⁶² Рымарук, А., Совершенствование территориальной организации производства товаров народного потребления. (Rymaruk A., Improving the territorial organization of the production of consumer goods, 1984, Kiev) [Electronic source]:

<https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-territorialnoi-organizatsii-proizvodstva-tovarov-narodnogo-potrebleniya> [Available July 2018]

⁶³ Радомский, В., Совершенствование территориальной организации бытового обслуживания населения (Radomsky V., Improving the territorial organization of public services for the population, 1984, Kiev) [Electronic source]: <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-territorialnoi-organizatsii-bytovogo-obsluzhivaniya-naseleniya> [Available July 2018]

⁶⁴ Mirchandani P.B., Francis R.L. Discrete Location Theory. John Wiley & Sons, 1990, ISBN: 978-0-471-89233-5

⁶⁵ Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

⁶⁶ Brualdi R., Introductory combinatorics. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 2004, ISBN: 0131001191

⁶⁷ Nocedal J., Wright S.J. Numerical Optimization. Second Edition. Springer, 2006, Springer, New York, NY, ISBN: 978-0-387-40065-5

⁶⁹ Sulima N., On the commercial aspects of exploring drone information technologies and tools for their optimization. V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Policy: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 9 December 2016, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 288-297. ISBN 978-9984-47-143-3.

- company engaged in the production of aerial surveillance services based on the concept of using Mobile Drone's Units has been proposed.
3. It has been proposed, by analogy with the air transport, to use the main areas of performance measurement Key Performance Area (KPA) and performance indicators Key Performance Indicator (KPI) as the indicators of economic performance of regional drone companies. There have been implemented detailing and “binding” of the relevant indicators to the object under study – the production of aerial surveillance services by a drone company.
 4. The stages of the process of production of aerial surveillance services in the areas of commercial application have been identified and a formula for assessing the full time of the order performing for the provision of such services has been proposed
 5. It has been revealed that the classical models and methods of solving the discrete problems of regional economy on the organisation of geographically distributed production of goods/services and the choice of the locations for the placement of such productions can be used for drone companies. These tasks can be adapted to optimise the placement of Mobile Drone's Units of the drone company producing commercial aerial surveillance services for customers of the region
 6. The study of theoretical aspects of the implementation of commercial drone services and practical experience of the author have allowed formation of a model for the implementation of commercial Aerial surveillance services. The model is based on the scope of commercial drone services and developed functions Aerial surveillance services. The author has paid special attention to the sphere / stage of surveillance, defined the basic requirements for surveillance: activity, purposefulness, planning and premeditation.

Chapter 2. ANALYSIS OF ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS OF THE COMMERCIAL DRONE SERVICES RENDERING IN COSTA RICA

2.1. Theoretical Fundamentals of Legal Regulation of Rendering Commercial Aerial Surveillance Services in the World Economy

To analyse the situation on the provision and development of commercial aerial surveillance services in Costa Rica, it is necessary to consider the legal aspects of the implementation of this activity in the world. The majority of the countries currently face regulatory challenges regarding the use of drones, as well as any innovations that are relevant to public safety. The regulatory rules for the use of drones are being developed and implemented around the world for the provision of a variety of air surveillance services and for eliminating the potential hazards, which, unfortunately, quite common. There exist the regulatory documents on the International Cooperation in the field of air surveillance. One of them is the Helsinki Convention – HELCOM^{70 71} (article 14, rule 7 of Appendix VII). Within this framework, the contracting parties agreed to develop and to apply, individually or in cooperation, measures to ensure regular and effective aerial surveillance of the entire Baltic Sea area. They also agreed to develop and to improve the existing remote sensing systems and to coordinate the surveillance activities carried out outside territorial waters for the purpose of detecting and monitoring oil and other substances released into the sea.

⁷⁰ Baltic Marine Environment Protection Commission Helsinki Commission, Convention IWGAS Aerial surveillance, Helsinki, 2000 [Electronic source]: <http://www.helcom.fi/about-us/convention> [Available June 2018]

⁷¹ Cavoukian, A. Privacy and drones: Unmanned aerial vehicles (pp. 1-30). Ontario, Canada: Information and Privacy Commissioner of Ontario, Canada. 2012. [Electronic source]: <https://www.ipc.on.ca/wp-content/uploads/resources/pbd-drones.pdf> [Available July 2018]

Many countries have laws and / or regulations, governing the use of drones for commercial applications. The basis of these acts as a rule, are the following regulatory restrictions aimed at ensuring safety and privacy, which prohibit the use of drones without special permission:

- above 122 m;
 - closer than 5.5 km from airdromes and heliports;
 - closer than 30 m from people;
 - closer than 150 m to the areas where large groups of people are gathered;
 - in the dark time, in bad weather conditions and out of direct line of sight.
- Costa Rica has similar restrictions ⁷².

Examples of the main peculiarities of the regulation of the drones employment in some countries based on the analysis of the corresponding publications ^{73, 74, 75, 76, 77, 78}, are presented in Table 2.1.

Table 2.1.

**Examples of regulation of the drones employment in different countries,
compiled by the author**

Country	Principal regulatory rules
The USA	<ol style="list-style-type: none"> 1. All drones are subject to the mandatory registration. The registration is carried out on the FAA website. A fine of \$27 thousand is imposed for refusal of registration. 2. Drone flights ban: above 122 m; closer than 5 miles from the airport; in the Yosemite National Park. 3. Drone weight is not more than 25 kg. 4. Each state has its own rules for the use of drones ^{79, 80}.
Canada	<ol style="list-style-type: none"> 1. There required the permission for the drones flights for research and commercial purposes. 2. Drone weight is not more than 25 kg.

⁷² <https://www.nacion.com/somos-celebres/drones-de-la-ciencia-ficcion-a-la-realidad/XWYDT6HFONFJBKIOLTDICJKVWI/story> [Available July 2019]

⁷³ Federal Aviation Administration, Guidance and Laws Summary Of Small Unmanned Aircraft Rule (Part 107), USA [Electronic source]: https://www.faa.gov/uas/resources/policy_library [Available June 2018]

⁷⁴ Federal Institution Transport Canada, Regulations Amending the Canadian Aviation Regulations (Remotely Piloted Aircraft Systems): SOR/2019-11 [Electronic source]: <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2019/2019-01-09/html/sor-dors11-eng.html> [Available May 2018]

⁷⁵ EU Comission, Regulation Of The European Parliament And Of The Council, Brussel, 2015 [Electronic source]: http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/ia_carried_out/docs/ia_2015/swd_2015_0262_en.pdf [Available June 2018]

⁷⁶ IAA Ireland, Irish Aviation Authority Small Unmanned Aircraft(Drones) Order S.I. No. 563, Dublin, 2015 [Electronic source]: <https://www.iaa.ie/general-aviation/drones> [Available June 2018]

⁷⁷ Chandran N., FAA's new drone laws go into effect Monday, allowing US companies to innovate, CNBC Tech, 2016 [Electronic source]: <http://www.cnbc.com/2016/08/29/faas-new-drone-laws-go-into-effect-monday-allowing-us-companies-to-innovate.html> [Available October 2017]

⁷⁸ Pennsylvania Department of Transportation, Unmanned Aircraft Systems / Drones licensing and safety rules [Electronic source]: [https://www.penndot.gov/Doing-Business/Aviation/Licensing%20and%20Safety/Pages/Unmanned-Aircraft-Systems-\(Drone\)-Information.aspx](https://www.penndot.gov/Doing-Business/Aviation/Licensing%20and%20Safety/Pages/Unmanned-Aircraft-Systems-(Drone)-Information.aspx) [Available October 2018]

⁷⁹ Federal Aviation Administration and USA Congress, One Hundred Fifteenth Congress of the United States of America, Drones operations law H. R. 302, 2018 [Electronic source]: <https://www.congress.gov/115/bills/hr302/BILLS-115hr302enr.pdf> [Available September 2018]

⁸⁰ Federal Aviation Administration, Certificated Remote Pilots including Commercial Operators, 2016 [Electronic source]: https://www.faa.gov/uas/commercial_operators [Available September 2018]

	3. Compliance with all standard rules of flight safety ⁸¹ .
The EU	<p>1. By the state for year 2015, there are no adopted regulatory directives establishing clear flight rules.</p> <p>2. In the end of 2015, the European Parliament adopted a resolution focusing on: security and privacy of private life of population when using drones; the need to equip the drone with unique chips allowing determination of the identity and registration data of the pilot.</p> <p>3. Some countries have local regulations ⁸².</p>
Latvia	<p>The drones must be marked (name, surname of the owner or company name, address and telephone), and the pilots must wear a special dress. It is forbidden to fly over places of detention, military facilities, buildings of the Bank of Latvia, the State police, the Ministry of foreign Affairs, the Saeima, the Government.</p> <p>The maximum altitude of the drone is limited to 120 meters, and the distance from the operator is not less than 500 meters. You can launch The drone are allowed for launching only during daylight hours. The drones weighing more than 1.5 kg cannot be launched over residential buildings</p> <p>The facilities cannot be surveyed without the permission of the owners or managers of the relevant facility: roads and railways; city streets; power lines; gas storage facilities and other gas infrastructure; facilities under state protection; technical means of navigation and communication; production facilities with an increased risk of man-made technological accidents, etc.</p>

⁸¹ Government of Canada, Transport Canada and the Royal Canadian Mounted Police (RCMP), Rules for drones in Canada 2019 [Electronic source]: <https://www.tc.gc.ca/en/services/aviation/drone-safety/new-rules-drones.html> [Available March 2019]

⁸² EASA, European Union Aviation Safety Agency, Introduction of a regulatory framework for the operation of drones NPA 2017-05 [Electronic source]: <https://www.easa.europa.eu/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2017-05> [Available March 2018]

	Full terms and conditions of the use of drones given on the website likumi.lv ⁸³ and lgs.lv ⁸⁴ , and the clarification of these rules in publications ⁸⁵ and ^{86 87 88 89 90} .
--	---

Source: created by the author on the base of information from the above shown publications.

It is important that the legislation of the countries on the use of drones in recent years is changing, so the review presented in Table 2.1 provides an overview of the status of regulation up to 2018 and can only be used within the scope of the topic presented.

2.1.1. Theoretical Basis of Legal Regulation of the Commercial Aerial Surveillance Services in Costa Rica

Costa Rica is still in the process of establishing the legislation governing the use of drones. The Civil Aviation Act and its provisions do not contain restrictions on drones. Therefore, there is no legal prohibition on their use or compliance with legal rules^{91 92}. At the same time, the operations with the drones are subject to legal restrictions in accordance with the law on civil aviation and the civil code, regulating the civil and criminal liability for damage, prohibiting video recording in combination with the equipment for facial recognition or biometric data, taking into account the protection of personal data, etc. In this regard, DGAC (Dirección General de Aviación Civil de Costa Rica) announced that the liability of aviation insurance or general liability in the provision of air surveillance services can be applied to the drones, but so far there are no any regulatory decisions on this issue⁹³.

DCo or / and individuals intending to use drones for commercial purposes in Costa Rica must do the following⁹⁴:

⁸³ Valsts Aentúra Civilas aviacijas agentura, Bezpilota gaisa kugu normatívais regulejums, Latvia [Electronic source]: <https://uas.caa.lv/normativais-regulejums> [Available March 2019]

⁸⁴ Latvijas Gaisa Satiksme, Aizliegtās, Ierobežotu Lidojumu Un Bīstamās Zonas (Prohibited, Restricted Flight And Danger Zones), 2019 [Electronic source]: https://ais.lgs.lv/eAIPfiles/2019_007_07-NOV-2019/data/2019-11-07-AIRAC/html/eAIP/EV-ENR-5.1-lv-LV.html [Available November 2019]

⁸⁵ Bezpilota gaisa kuģu un cita veida lidaparātu lidojumu vai pārvietošanās piespiedu pārtraukšana [Electronic source]: <https://likumi.lv/ta/id/57659-par-aviaciju#p47> [Available February 2019]

⁸⁶ Ministru kabineta noteikumi Nr. 368, Kārtība, kādā veicami bezpilota gaisa kuģu un tādu cita veida lidaparātu lidojumi, kuri nav kvalificējami kā gaisa kuģi, 2019 [Electronic source]: <https://likumi.lv/ta/id/308732> [Available December 2018]

⁸⁷ Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, Eiropas Parlamenta un Padomes regula (ES) Nr.2018/1139 [Electronic source]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:32018R1139> [Available September 2018]

⁸⁸ VAS Elektroniskie Sakari, Radiofrekvenču un numerācijas pārvaldītājs Latvijā, RPAS (Droni), Frekvenču joslas, ko Latvijā var izmantot Tālvadības gaisa kuģu darbībā, bez individuālas atlaujas saņemšanas VAS ES [Electronic source]: <https://www.vases.lv/lv/content/rpas-droni> [Available September 2018]

⁸⁹ Ministru kabineta noteikumi Nr.496, Kritiskās infrastruktūras, tajā skaitā Eiropas kritiskās infrastruktūras, apzināšanas un drošības pasākumu plānošanas un īstenošanas kārtība, 2010 [Electronic source]: <https://likumi.lv/ta/id/212031> [Available September 2018]

⁹⁰ Datu Valsts Inspekcija, Publiskais gada parskats, 2016 [Electronic source]: https://www.dvi.gov.lv/lv/wp-content/uploads/Gada_parskats_publiskais_2016_FINAL.pdf [Available September 2018]

⁹¹ París, M., Consideraciones legales sobre el uso de drones, Bonafide Costa rica, 2014 (Paris M., Legal considerations on the use of drones) [Electronic source]: <http://bonafide.cr/consideraciones-legales-sobre-el-uso-de-drones> [Available July 2018]

⁹² Gonzalez I., Que vienen los drones (Drones are coming), ECIJA Costa Rica, 2016 [Electronic source]: <https://ecija.com/sala-de-prensa/vienen-los-drones> [Available April 2018]

⁹³ [Electronic source]: <https://www.dronejobs.org/drone-laws-in-costa-rica, https://uavsystemsinternational.com/drone-laws-by-country/costa-rica-drone-laws> [Available May 2018]

⁹⁴ DGAC Dirección General de Aviación Civil, Seguros para drones aún no están definidos (DGAC, Drone insurance not yet defined), Costa Rica 2016, [Electronic source]:

- to register this type of business for an annual license receiving;
- to pay an annual license fee in the amount of \$1,874 for the appropriate permit, allowing operating the unlimited number of drones;
- to purchase a license for each drone pilot (cost – \$94); pilots are certified every two years;
- to use drones weighing less than 25 kg and with a flight speed of less than 160 km / h.

The licensed course consists of 40 hours of theoretical training and 10 hours of practical training (flying) in schools, authorised by DGAC. The flights without permission for commercial use of drones can result in fines of up to \$16 thousands.

The main regulatory restrictions on drones and their exploitation for commercial purposes in Costa Rica were first adopted by the DGAC regulatory act (see Fig. A. 2. 9 of Appendix 2) and are summarised in the following points ⁹⁵:

1. It is forbidden to operate flights in the area of closed and restricted air space, except for a special permit issued by DGAC. The limited space is stipulated in special regulations and it includes: the Presidential Palace, national borders, airports, La Reforma Prison, Arenal volcano, La Palma Strait, strategic facilities, etc.
2. It is forbidden to operate / fly in the controlled airspace area, except for special permission issued by DGAC.
3. It is forbidden to operate flights within a radius of 8 km around the airports (Internacional Daniel Oduber, Internacion al Tobías Bolaños, Internacion al Juan Santamaría, Internacional de Limón), creating obstacles to take-off and landing aircraft, except for a special permit issued by DGAC.
4. Drones cannot be operated close to other aircraft to avoid creating the risks and collision hazards.
5. It is forbidden to carry out drone flights over 120 m above the ground in uncontrolled airspace. Flights over 120 m require a permit issued by the DGAC.
6. Operation of drones can be carried out only during the daylight hours and under proper visual meteorological conditions, observing constant visual contact with device. The daylight restrictions are defined as 30 minutes before the official sunrise and up to 30 minutes after the official sunset. Special permission issued by DGAC is required to fly in the dark time and in poor visibility conditions.
7. It is possible to carry out the drone flights only in the areas outside agglomerations, large cities, towns, and clusters of people, except for a special permit issued by DGAC.

It is also forbidden to fly closer than 10 m to the house or building, to shoot private property without the consent of its owner, etc.

The above limitations are revealed in the author's online interview ⁹⁶.

<http://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/40573/390/seguros-para-drones-aun-no-estan-definidos>
[Available March 2018]

⁹⁵ DGAC Dirección General de Aviación Civil, Restricciones y limitaciones de operación para vehículos aéreos no tripulados (DGAC, Restrictions and operating limitations for vehicles for unmanned aerial vehicles), Costa Rica, 2017. [Electronic source]:

http://www.dgac.go.cr/Aeronaves%20no%20Tripuladas/cc05_15%20opr%20drones%20AIC.pdf
[Available May 2019]

⁹⁶ Alvarado R., Conversamos con el especialista N. Sulima, Gerente de la empresa Justy Drone. (Interview with specialist N. Sulima), Costa Rica 2019 <https://www.nacion.com/somos-celebres/drones-de-la-ciencia> [Available July 2019]

In January 2016, the Costa Rican company GoPato, specialising in the delivery of various items (food, documents, etc.) conducted delivery tests using drones⁹⁷.

There highlighted a number of additional recommendations that should be taken into consideration by the commercial drone operators in Costa Rica, even if some of them are not formalised by the relevant regulatory acts.

Drones should be available to DGAC, other authorised state and municipal authorities for inspection or testing if they require it. The drone company should be able to provide records regarding its commercial use that should be kept.

The pilot must:

- always have the appropriate permits while operating the drone;
- make sure before the flight that the drone is completely safe, which requires an in-depth check of all systems of the drone and the communication line between the drone and the control station;
- report any serious injuries or damage caused by their drones in a timely manner after an incident;
- work with no more than one drone at a time; the operator / pilot bears full responsibility for it in case of this rule violation;
- not to commit any reckless or irresponsible acts.

The drones cannot be used in the following cases^{98, 99}:

- in prohibited areas, restricted areas, warning areas, areas of military or police operations, controlled firing areas;
- with attached firearms or similar weapons, or dangerous materials;
- from a moving vehicle, unless it is in a sparsely populated area;
- for fishing (hunting is prohibited throughout Costa Rica);
- over forest fires and other hazardous areas;
- by persons under 16 years of age;
- by persons under the influence of drugs or alcohol, as well as persons with inadequate physical or psychological state.

To obtain special permits, DGAC requires operators to submit written reports on the characteristics of the drones, the purpose of their use, location and hours of operation, complete data of the applicant¹⁰⁰.

As it has been noted in section 2.1 of this thesis, the legislation in all countries changes rapidly as problems or incidents in the use of drones are identified. In Central

⁹⁷ Madrigal C., Gobierno: Entrega de paquetes con drones (Madrigal C., Government: Delivery of packages with drones), Costa Rica 2017. [Electronic source]: <https://www.laprenslibre.cr/Noticias/detalle/100467/gobierno:-entrega-de-paquetes-con-drones> [Available March 2019]

⁹⁸ Murphy M., The US commercial drone industry is finally governed by real rules, Quartz, USA, 2016 [Electronic source]: <https://qz.com/712466/the-us-commercial-drone-industry-is-finally-governed-by-real-rules> [Available April 2018]

⁹⁹ Martinez K., Details of Legislation In Drone Regulation, Dronethusiast USA, 2016 [Electronic source]: <http://www.dronethusiast.com/drone-regulation-updates> [Available September 2018]

¹⁰⁰ DGAC Dirección General de Aviación Civil, Formal Application And Legal Declaration for operator RPAS Remote piloted Aircraft Systems, Costa Rica, 2018 [Electronic source]: <http://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2018/06/Ap--ndice-A1-DO-RPAS-Solicitud-Formal-Operaciones-Comerciales.docx> [Available September 2018]

and Latin America, this area of regulation is mainly follows the legal regulation in the United States^{101, 102, 103, 104, 105}.

In 2018, Costa Rica adopted the law “Directiva Operacional RPAS”¹⁰⁶, significantly supplementing the above mentioned DGAC Regulatory Act; this law licenses the commercial activities for the provision of aerial surveillance services.

2.2. Economic and Geographical Analysis of Costa Rica for Drones Employment

To fulfil the goal set in the promotional thesis, there implemented the analysis of the environment for the regional employment of drones in rendering the commercial aerial surveillance services (ASS), which in author’s opinion is determined by the following:

- geographic condition;
- administrative division and distribution of the population in the country territory;
- climatic conditions of the regions of the country;
- population, its mentality and the level of purchasing power¹⁰⁷;
- emergencies and natural phenomena in the country;
- regulatory acts restricting the use of commercial drones.

The above described peculiarities have significant effect on the economic performance of the drone company (DCo). Further there presented the various aspects of this influence.

Geographical conditions of the country are determined by its location. Costa Rica is located in Central America (see Fig. A2.1, Annex 2.). The country is located among the following points: Nicaragua – in the North and Panama – in the South; the Pacific Ocean – in the West and the Caribbean Sea – in the East. Costa Rica is a small country, only 460 km long and 260 km wide, which can be crossed by car in half a day.

The tropical nature of the country is very diverse. Up to 25% of the country territory is occupied by National Parks (26 in total) and Reserves (74 in total) with tropical forests and exotic wildlife, the main of which are represented in Fig. A2.2, Appendix 2.

The aerial surveillance services provided to the customers in urban, mountainous and forested areas require the appropriate qualification of DCo personnel, in order not to cause damage to the drones used or simply not to lose them.

¹⁰¹ Federal Aviation Administration, Drones in America Rules for drones registration [Electronic source]: https://www.faa.gov/uas/getting_started/register_drone [Available September 2018]

¹⁰² Federal Aviation Administration, Summary Of Small Unmanned Aircraft Rule, Washington, DC 20591, 2016 [Electronic source]: [https://www.faa.gov/uas/media/Part 107 Summary.pdf](https://www.faa.gov/uas/media/Part_107_Summary.pdf) [Available September 2018]

¹⁰³ Nyshka C., FAA’s new drone laws go into effect Monday, allowing US companies to innovate, CNBC Tech, 2016 [Electronic source]: <http://www.cnbc.com/2016/08/29/faas-new-drone-laws-go-into-effect-monday-allowing-us-companies-to-innovate.html> [Available April 2017]

¹⁰⁴ Murphy M., The US commercial drone industry is finally governed by real rules, Quartz, USA, 2016 [Electronic source]: <https://qz.com/712466/the-us-commercial-drone-industry-is-finally-governed-by-real-rules> [Available May 2018]

¹⁰⁵ Rupprecht J., Drones: Their Many Civilian Uses and the U.S. Laws Surrounding Them, 2nd edition, CreateSpace Independent Publishing Platform, 142 p., 2015, ISBN: 1502805529

¹⁰⁶ DGAC Dirección General de Aviación Civil, Directiva operacional D0-001-OPS-RPAS, (DGAC, Operational Directive D0-001-OPS-RPAS), Costa Rica, 2017 [Electronic source]: <http://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2018/06/DIRECTIVA-OPERACIONAL-RPAS-EDICION-1.pdf> [Available June 2018]

¹⁰⁷ Instituto Nacional de Estadísticas, Índice de Precios al Consumidor: Comportamiento de los precios en el 2018 (Consumer Price Index: Price Behavior in 2018), Costa Rica, 2018 [Electronic source]: <http://inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/aneconomipc2018.pdf> [Available May 2019]

*Costa Rica is in tropical climate zone*¹⁰⁸. The ocean softens the heat on the coast, and the climate has average annual temperature range 17.8-26.8 (C°), which is the most comfortable temperature for life (see Appendix 2, Table. A. 2.1). On rainy days, the average temperature ranges from 19C° (December – February) to 22C° (August). There is an average 28.2% of cloudless days in the year. The months from December to April in the West of the country and in the Central valley have almost no rainfalls and are ideal for the production of the aerial surveillance services, and September and October are the wettest periods with hurricanes and strong winds (see Appendix 2, Table. A. 2.2). On the Caribbean coast, the dry season lasts in February, March, September & October, and the rainy season is in November – January, and April – August. When there are storms and rains from the Caribbean Sea, the Pacific coast can be completely calm. Thus, despite the small size of the territory, the dry and rainy seasons differ significantly for the Western and Central part of the country from the Eastern part.

Costa Rica is divided into 7 provinces (see Fig. 2.1): Alajuela (1); Cartago (2); Guanacaste (3); Heredia (4); Limón (5); Puntarenas (6); San José (7) with the capital of the same name. Provinces (Spanish – provincia) are divided into cantons (in total – 81), which in turn consist of districts (Spanish – distrito).

The country population is 4.95 million and it is growing steadily (see Fig. 2.2).

Administrative centres, population, area of provinces and their share of the total area are calculated in Table. 2.1.



Figure 2.1. Administrative division of Costa Rica into provinces

Source: [Electronic source]¹⁰⁹

¹⁰⁸ Sarouhan T., Costa Rican Weather statistics averages, Costa Rica, 2018 [Electronic source]: <https://www.govisitcostarica.com/travelInfo/climate.asp> [Available May 2018]

¹⁰⁹ Lorena M., Costa Rican Province Map, Costa Rica, 2018 [Electronic source]: <https://www.costarica.org/facts/maps> [Available Maijs 2018]

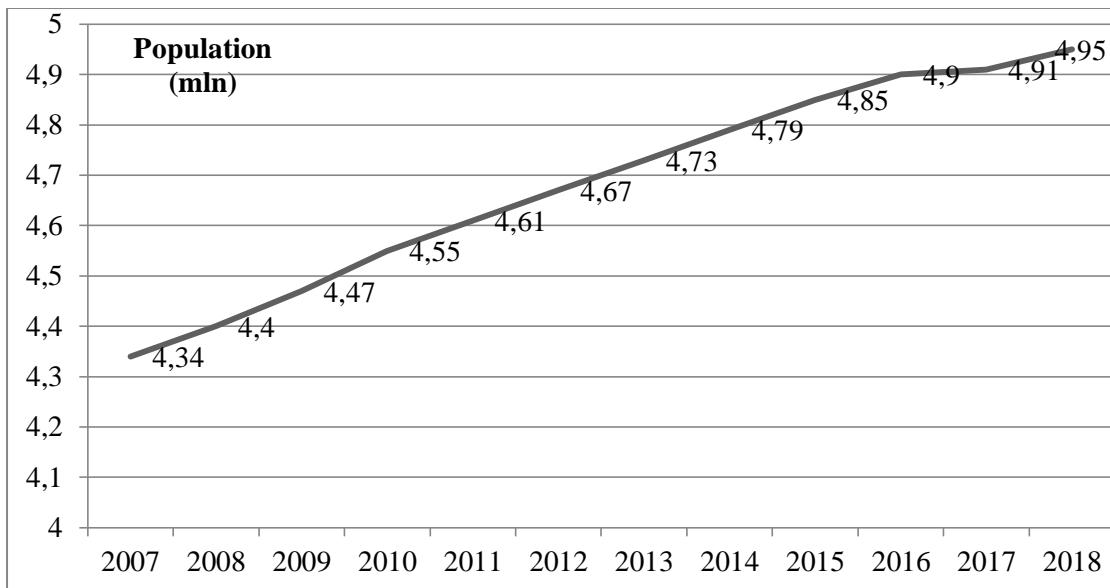


Figure 2.2. Costa Rica population growth diagram

Source: [Electronic source]:^{110, 111, 112, 113}.

As it can be seen from the diagram presented by the author, the population of Costa Rica is increasing annually; so in 2010 the population in the country was 4.35 million people, and in 2017 it was already almost 5 million people.

Further there analysed the regions of Costa Rica. (see Table 2.2)

Table 2.2

General characteristics of the provinces of Costa Rica

Code	Province	Administrative center	Population (people)	% of total population	Area, km2.	% of total area
1	Alajuela	Alajuela	975000	19.94	9758	19.1
2	Cartago	Cartago	525700	10.75	3125	6.12
3	Guanacaste	Liberia	371400	7.59	10141	19.84
4	Heredia	Heredia	497800	10.18	2657	5.20
5	Limón	Puerto-Limón	439000	8.98	9189	17.98
6	Puntarenas	Puntarenas	474300	9.7	11265	22.04
7	San José	San José	1607200	32.86	4965	9.72
Total:		Costa Rica	4890400	100	51100	100

Source: designed by the author on the base [Electronic source]:¹¹⁴.

It is worth noting that the majority of the country population (more than 50%) lives on the Central plateau (the most fertile region of the country) in the provinces of San Jose and Alajuelo. These provinces “generate” the bulk of orders for the aerial

¹¹⁰ Trading Economics, Costa Rican population statistics, 2018 [Electronic source]: <http://www.tradingeconomics.com/costa-rica/population> [Available January 2018]

¹¹¹ Instituto Nacional de Estadística y Censos, Costa Rica en Cifras (Costa Rica in Figures) Costa Rica, 2019, ISSN: 2215-5422 [Electronic source]: <http://inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/recostaricaencifras2018.pdf> [Available January 2018]

¹¹² Central Intelligence Agency, CIA, Factbook Costa Rica, USA, 2018 [Electronic source]: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> [Available April 2018]

¹¹³ Miller T. Ecopnomy Freedom, Costa Rica rating, USA, 2018 [Electronic source]: <http://www.heritage.org/index/country/costarica> [Available September 2018]

¹¹⁴ Brinkhoff T. Population of Costa Rica rating, Germany, 2018 [Electronic source]: <https://www.citypopulation.de/CostaRica-UA.html> [Available October 2018]

surveillance services from the part of the individuals to service the events, as well as to service a variety of orders from the industrial and agricultural enterprises.

The ethnic groups of the country are distributed as follows: whites (including mestizos) – 94 %, Afro-Americans – 3 %, Amerinds (indigenous population) – 1 %, Chinese – 1 %, others – 1 %.

Some of the most revered holidays in Costa Rica are shown in Table 2.3.

Table 2.3.

List of the most revered holidays of the country

Date	English name	Local name	Notes
January 1	New Year	Año Nuevo	
Last week of March – first week of April	Holy (Great) Thursday	Jueves Santo	Date changes
	Holy (Good) Friday	Viernes Santo	Date changes
	Easter	Domingo de Resurrección	Date changes
May 1	International workers' solidarity day	Día del Trabajador	
August 2	Day Angelic Virgin	Día de la Virgen de los Ángeles	It is celebrated in honour of the patroness of Costa Rica
August 15	Mother's day	Día de la Madre	
August 24	National Parks Day	Día de los Parques Nacionales	It is celebrated since 1986.
September 15	Independence day	Día de la Independencia	It is celebrated since 1821.
October 12	Columbus day (Day of the Cultures)	Día del encuentro de las Culturas	

Source: designed by the author on the base [Electronic source]:¹¹⁵.

In these days there is an increased demand for the air surveillance services for the various events.

The presence of emergency situations in the country, for example, volcanic eruptions, the consequences of the devastating effects of hurricanes, landslides in populated areas, and others, require online information to assess the extent of destruction and to take some measures in response. In this regard, the air surveillance services with drones employment is becoming increasingly common in the country. These services are usually provided by specialised units of the relevant state and municipal authorities. However, in certain cases (for example, when there is a shortage of the video surveillance resources in the above-mentioned units), the services of commercial drone companies can be used for the same purposes on a temporary basis or on the terms of permanent contracts.

Estimation of the Sectors of Costa Rica National Economy Using the Commercial Drone Services

To analyse the use of commercial services in Costa Rica, it is necessary to assess the structure of the sectors of the economy, converted into their weight in the Gross

¹¹⁵ US Embassy in Costa Rica, 2018 [Electronic source]: <https://cr.usembassy.gov/es/holiday-calendars/> [Available October 2018]

Domestic Product (GDP) of the country presented in Fig. 2.3. Total GDP for 2017 amounted to \$57.69 billion¹¹⁶,¹¹⁷.

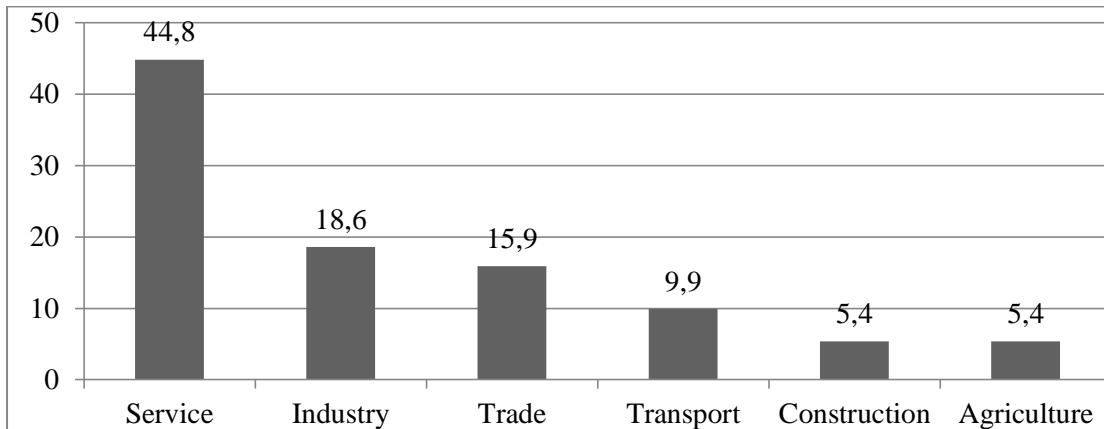


Figure 2.3. Percentage share of Costa Rica economic sectors in GDP, for year 2017

Source:¹¹⁸

In this diagram, the trade and transport services are separated from the general service sector. The country ranks fourth position among South and Central American countries in competitiveness with a rating of very good competitive level with the achievement and development of infrastructure, technology and macroeconomic stability¹¹⁹. Foreign investors are attracted by the political stability in the country and the high level of education of its population (up to 98%)¹²⁰.

Services account for the largest share of the country GDP, and this share is growing from year to year.

Tourism, as a component of the service sector, *makes a significant contribution* to foreign currency earnings in the country. The country is famous for some of the most beautiful beaches in the world, the total length of which is about 1200 km. The beaches are located mainly in the West of the country (Guanacaste and Puntarenas provinces). There is a well-developed leisure industry, including accommodation, meals, surfing and scuba diving. Hotels, places of offering the national cuisine and individual tourists of this zone provide a significant “generation” of orders for ASS. The climate, beaches with clean water, national parks, reserves, the possibility of fishing, snorkelling, exploring the huge colonies of birds, palm groves, tropical forests and almost full absence of heavy industry, as well as existing modern infrastructure of recreation, ecological and excursion tourism attract a large number of tourists (over 4.6 million per

¹¹⁶ Trading Economics, Costa Rican GDP staistics, 2018 [Electronic source]: <http://www.tradingeconomics.com/costa-rica/gdp> [Available October 2018]

¹¹⁷ OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Estudios Económicos de la OCDE: Costa Rica, (OECD Economic Studies: Costa Rica), 2018 [Electronic source]: <http://www.oecd.org/economy/surveys/Costa-Rica-2018-Estudios-Economicos-de-la-OCDE.pdf> [Available October 2018]

¹¹⁸ Central Intelligence Agency CIA, Factbook Costa Rica, USA, 2018 [Electronic source]: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> [Available March 2018]

¹¹⁹ La Cámara de Tecnologías de Información y Comunicación, Costa Rica Occupies The Fourth Place In Ranking Of Competitiveness Latin American (The Chamber of Information and Communication Technologies, Costa Rica Occupies The Fourth Place In Ranking Of Competitiveness Latin American), 2018 [Electronic source]: <http://www.camtic.org/actualidad-tic/costa-rica-ocupa-el-cuarto-lugar-en-ranking-de-competitividad-latinoamericano> [Available September 2018]

¹²⁰ Instituto Nacional de Estadistica y Censos, Cosa Rica en Cifras (Costa Rica in Figures) Costa Rica, 2019, ISSN: 2215-5422 [Electronic source]: http://countrymeters.info/en/Costa_Rica [Available January 2018]

year)¹²¹. The main stream consists of wealthy tourists from the United States, Canada and Western Europe, who are also customers of ASS for video shooting the groups on the tourist routes. In the Tourism & Tourism Classification Index (TTCI), Costa Rica is one of the first countries in Latin America. The share of services (together with tourism, trade and transport) is growing from year to year.

The country *has begun to conduct the research* funded by the government on the use of drones in this area. Thus the School of Agricultural Engineering and the School of Electronic Engineering have joined forces to develop a project to assess the soil erosion in order to preserve the area of agricultural land using an automated monitoring system with the use of drones¹²².

Transport alone is of little interest to DCo. Nevertheless, transport logistics, as well as the transport and road network are the sources of orders for the implementation of the aerial surveillance services, in particular, for video panoramas of construction and repair of finished goods warehouses, for video filming of traffic jams and emergencies on the roads, etc.

The transport infrastructure of the country determines the time of delivery of MDU to the place of service rendering. Geographically, it can be any part of the country located at a distance not exceeding 120 km from the coast. Through the province of San José, Puntarenas and Alajuela Pan-American Highway passes; the capital of the Republic is approximately in the middle of this highway. Travel time from the capital to the end points of the highway in the North and South does not exceed 4-5 hours. The road network from the Central regions of the country to both coasts is well developed¹²³. Therefore, **time $T_t = 4.5$ hour** hours can be taken as the most likely maximum time of delivery of MDU to the place of delivery of the ASS anywhere in the country, even if the DCo has only one MDU.

In the rainy season, the roads are often washed away, therefore the provision of the aerial surveillance services in some areas, especially in mountainous areas and in areas beyond highway access, becomes difficult. In case of emergency, the MDU crew together with the drone can be quickly transported by air to almost any place in the country, including National Parks and Reserves. The country operates 161 runways, 47 of which are paved and 114 are unpaved¹²⁴.

The sphere of construction at the stages of selection and planning of the construction site for construction projects, monitoring the progress of construction, especially in remote areas, is quite promising field for the ASS provision, which is currently underdeveloped. This sphere is adjacent to the sphere of advertising of residential and leisure facilities under construction for the preparation of relevant videos and brochures

The field of public safety has great potential for the use of drones. In particular, the Ministry of public security of the country requests the investments in the use of

¹²¹ Financiero, El. "Costa Rica tiene 4,6 millones de habitantes, según corrección del Censo. 2011" (in Spanish).

¹²² Instituto Tecnológico Costa Rica, Estudio de Factibilidad de un Sistema de Monitoreo Aéreo para el control de la erosión en agricultura (TEC, Feasibility Study of an Aerial Monitoring System for erosion control in agriculture), Costa Rica, 2016 [Electronic source]:

<https://www.tec.ac.cr/en/proyectos/estudio-factibilidad-sistema-monitoreo-aereo-control-erosion-agricultura> [Available September 2018]

¹²³ MOPT Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Información Geográfica Vías Nacionales (Ministry of Public Works and Transportation, Geographic Information National roads), Costa Rica, 2019, [Electronic source]:

<https://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home/informacionrelevante/planificacion/mapasRVN> [Available March 2019]

¹²⁴ Central Intelligence Agency CIA, Factbook Costa Rica, USA, 2018 [Electronic source]:

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> [Available March 2018]

drones to monitor the coast and the sea area of the country to detect ships carrying drugs¹²⁵.

It should be noted that the specificity of the sectors of the national economy of Costa Rica affects significantly the potential scope of the aerial surveillance services. Their use ranges from the areas with the highest demand for ASS, such as advertising, services, construction and agriculture, to industry where the ASS are still in little demand.

The main groups of customers of the commercial aerial surveillance services in Costa Rica have the following order of expert ranking by volume from large to small:

- commercial enterprise;
- natural person;
- municipal government bodies and their organisations;
- public administration bodies and their organizations.

The distribution of the shares of orders for the listed *groups of customers*, based on the six-year experience of the dissertation author, as well as on the analysis of advertisements in the mass media of the country, is shown in Fig. 2.4. It was not possible to obtain a reliable expert opinion on this assessment, since the most qualified experts are employees of the competing companies, and they do not disclose the confidential information.

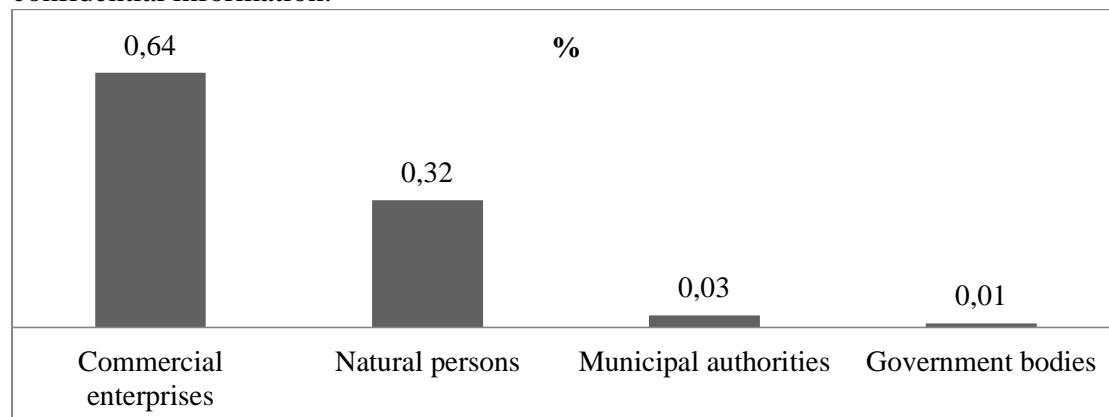


Figure 2.4. Diagram of orders shares (in %) for the aerial surveillance services by customer legal affiliation groups, designed by the author.

The author evaluates expertly the orders for basic and additional aerial surveillance services estimated by quantity in the approximate proportion of 3:2.

Shooting and surveillance in the region, as types of main orders, are *expertly evaluated by the author* in the following proportions:

- by the number of orders – 20: 1;
- by time of order fulfilment – 1: 3.

Based on the above analysis in Chapter 1 and summary in Table A. 1.2 of Appendix 1, *there have been identified the most likely areas and examples of the commercial aerial surveillance services in the region* and they have been summarised in Table 2.4 in order from the most to the least likely (from top to bottom).

Table 2.4.
The main areas of rendering the commercial aerial surveillance services in Costa Rica

¹²⁵ Mata G., Costa Rica podría usar drones para detectar lanchas narco (Costa Rica could use drones to detect narco boats.), Costa Rica 2018 [Electronic source]: <https://www.laprenslibre.cr/Noticias/detalle/103664/costa-rica-podria-usar-drones-para-detectar-lanchas-narco> [Available March 2018]

Spjere of ASS rendering	Examples of ASS rendering
Advertisement	Aero-recording for leaflets and videos on the purpose to: sale of real estate; tourists and travellers accommodation in the places of living and recreation
Events	Aero-recording of business and special events, sports competitions, national, city and district holidays, weddings and outdoor recreation.
Tourism and recreation	Accompanying the tourist groups on the routes in order to provide video recording for booklets and video films.
Agriculture	Aero-recording and surveillance of agricultural land. Multi-spectral shooting of the seeds and crops. Identification of places of mass reproduction of insect pests. Determination of areas requiring fertilizing with nitrogen fertilizers. Identification of weeds. Repelling birds using mounted devices of ultrasonic and sound radiation. Search for animals that stray from the herd. Detection of diseased animals in the herd on the pasture by temperature difference using multispectral surveillance.
Aerial work	Control of agricultural pests by pollination of relevant land areas
Environment	Aero-recording and monitoring of lands, forest areas, coastal lines and waterways for the purposes of cartography, fire safety inventory, emergency assessment, fixing violations of environmental legislation, etc. in the interests of surveyors, landowners, forest owners, public, municipal and private bodies (e.g. Greenpeace).
Buildings, construction	Aero-recording and monitoring: technical condition of buildings, structures, bridges, etc.; compliance with safety rules during the work, for example, construction works or works on the roof of buildings. Identification: roofs, which are in need of repair; leaks of heat and cold.
Insurance	Aero-recording of the state of insured objects (buildings, structures, forests, crops and fields, etc.) in order to establish their objective condition.
Municipal and transport infrastructure	Monitoring of traffic and road infrastructure (roads, road signs, road lighting) in cases of emergency (after volcanic eruptions, torrential rains and hurricanes, earthquakes) and severe road accidents.
Consulting the non-professionals	Selection and purchase of drones, accessories; registration of flight documentation; obtaining the permits; training.

Source: designed by author.

The distribution of shares of orders for ASS by the main areas, obtained on the basis of the expert assessment and personal experience, is represented by the histogram in Fig. 2.5¹²⁶. The experts were anonymously made by a few employees of various drone companies.

¹²⁶ The sphere “environment” also includes emergency situations

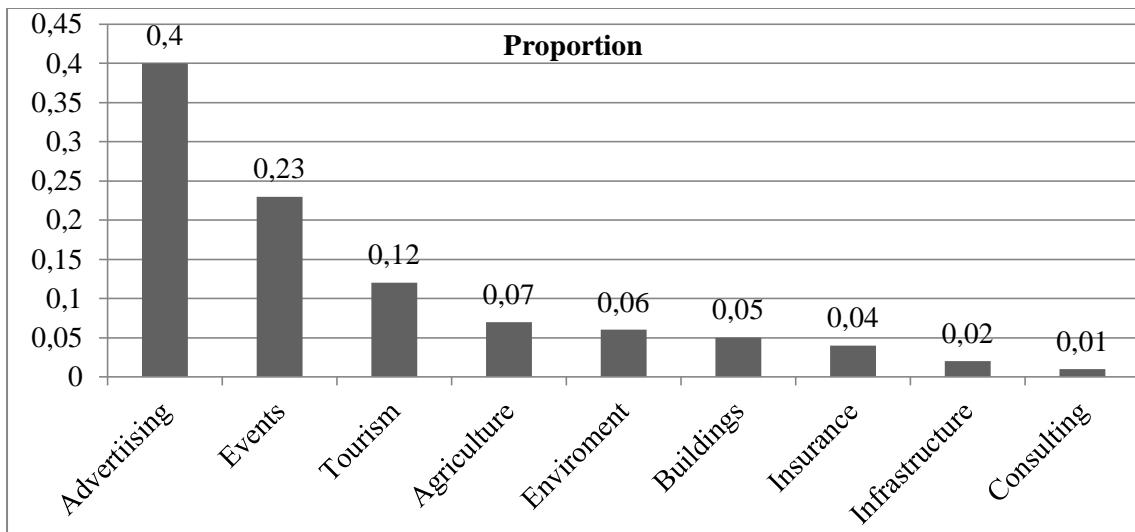


Figure 2.5. Distribution of shares of orders for ASS by the main areas

Source: designed by the author¹²⁷.

The main practical conclusion from the presented distribution of probabilities of the events on the order of services in various spheres in the region is the *concentration of the marketing work of DCo in the spheres of advertising, tourism and events*, giving an average of about two-thirds of orders

There is also the expert assessment of the share of groups of different aerial surveillance services (aero-recording (A), monitoring (M), control (C)) for the different customer groups and different areas (see Table 2.5).

A dash (–) in the lines in Table 2.5 means that this type of the aerial surveillance services is not relevant, and zero (0) means low-probability. In the process of consulting the customer is taught how to monitor events, processes, objects, and their aero-recording.

Table 2.5.

Distribution of shares of orders for ASS by field of activity and customer groups

Fields of rendering DS	Legal entities			Natural persons			Government bodies			Municipal bodies		
	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C
Advertisement	1	0	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-
Events	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Tourism and recreation	1	0	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-
Agriculture	0.2	0.6	0.2	0.1	0.6	0.3	0	1	0	0	1	0
Environment	0.2	0.6	0.2	0.1	0.6	0.3	0	1	0	0	1	0
Buildings, construction	0.8	0.2	0	-	-	-	0	1	0	0	1	0
Insurance	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
Municipal and transport infrastructure	-	-	-	-	-	-	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6	0.2

¹²⁷ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2016, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 263-271., ISBN 978-9984-47-155-4.

Consulting the non-professionals	-	-	-	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-
----------------------------------	---	---	---	-----	-----	---	---	---	---	---	---	---

Source: designed by the author.

2.3. Planning the Economic and Business Activities of Drone Companies in Costa Rica

Choice of Pricing Strategy for Drone Companies Services

Considering author's practical experience in the drones services sector, in author's opinion, the following issues should be assessed for the development of drone companies in Costa Rica, as well as in other regions and countries: market of drone services; evaluation of seasonal performance in providing services of drone companies; evaluating the flight time of orders fulfilment for principal drone services. Definitely, the estimation of costs and pricing for drone company considering the analysis of competitors' prices is an important step in the development of drone commercial services. It is also necessary to support advertising for the stable development of the drone services market. The described types of market analyses are performed and exemplified by market in Costa Rica.

There considered in details the characteristics of the market in relation to the provision of aerial surveillance services. The classical features that determine the type of market, are as follows in relation to the considered service sector:

- DCo number;
- typicality (standardisation in the classical sense) of ASS types;
- price, pricing and price control;
- non-price competition;
- conditions of entry into the industry.

The number of DCo in Costa Rica is quite large, about a few dozen. The following companies among them occupy the leading position:

- international company Applus¹²⁸,¹²⁹, also operating in Costa Rica, and the regional company Aerial Media Costa Rica¹³⁰, providing an extensive range of air surveillance services in various sectors of the economy, office post-processing of surveillance results, pilot training, and other services;
- a regional company INDIGO Drones¹³¹,¹³²,¹³³, which develops and applies software for the production of aerial surveillance services in the agricultural sector; it also operates in other Central American countries.

¹²⁸ Applus, Testing leader in inspection and certification sector, Madrid, Spain 2018 [Electronic source]: <https://www.applus.com/en/aboutUs/aroundTheWorld> [Available June 2018]

¹²⁹ Zaheer Z., Usmani A., Khan E., Qadeer M , Aerial Surveillance with UAVs DOI: 10.1109/WOCN.2016.7759885 [Electronic source]: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7759885> [Available June 2018]

¹³⁰ Chastain C., Aerial Media Costa Rica, Ground Level Photography, Aerial Photography, Ground Level Videography, Aerial Videography, Post Production, Costa Rica, 2017 [Electronic source]: <https://www.aerialmediacostarica.com/airography-aerial-services> [Available June 2018]

¹³¹ Ballester S., Indigo Drones is Delivering Big Data to Small Farmers, Helping Precision Agriculture Take Flight, Founder Institute, 2018 [Electronic source]: <https://fi.co/insight/indigo-drones-is-delivering-big-data-to-small-farmers-helping-precision-agriculture-take-flight> [Available May 2018]

¹³² Balletser S., Monitor, process and analyze tropical agriculture data, Indigo Drones 2018 [Electronic source]: <https://www.f6s.com/indigodrones> [Available May 2018]

¹³³ Corredor, M., Emplea drones y aprendizaje automático para mejorar la producción agrícola de Costa Rica. (Corredor, M. Employs drones and machine learning to improve agricultural production in Costa Rica), Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas, 2017 [Electronic source]: http://www.conicit.go.cr/prensa/boletines_cyt/historico_boletincyt/Empleo_drones.asp [Available June 2018]

The main number of DCo are small firms, as well as individual entrepreneurs mainly with one drone and one pilot, combining also the functions of the operator. There is also an unofficial market for aerial surveillance services, operated by unregistered entrepreneurs.

Differentiation of aerial surveillance services is based on the following indicators and forms:

- the quality determined by the classification characteristics of drones, such as the composition and the level of integration of service tools, the business model of the provision of services, the method of placement of MDU;
- proximity of MDU placement points to the ASS production site, which ensures the high efficiency of the process.

A significant level of differentiation of aerial surveillance services is a distinctive feature of the monopolistic competition market.

Therefore, according to the considered characteristic feature, the market of aerial surveillance services can be defined as a market of pure competition with elements of the market of monopolistic competition.

Price, pricing and price control for aerial surveillance services prices. The classical definition of price¹³⁴ is as follows: *price* is the amount of money or other goods and services, paid and received per unit of goods or services. Price is the most flexible factor of competition. It is easy to operate, quickly and without additional costs to increase or decrease. Correct price calculation is the most important task of each DCo. Control over the prices of aerial surveillance services in the country is possible, but only within the narrow limits. No single DCo can have much impact on the level of current prices; they are all regulated by the market price. The price of aerial surveillance services should generally exceed the marginal cost. As it has been noted earlier, prices for ASS should not cause rejection from the customers, and they also should be “transparent” in terms of understanding by customers for what set of services they pay.

Unlike price, *pricing* is the process of forming the price for the aerial surveillance services according to a chosen marketing strategy¹³⁵.

The implementation of the above described strategy is proposed to be carried out by solving *the following problems of pricing*:

- calculation of the base price for aerial surveillance services, which is the average price for one ASS, the produced quantity of which for a certain period of time on average covers the costs of DCo for the same period;
- application of allowances and discounts to the base price for different types of ASS, which should provide a profit or a discount to promote them on the market in a competitive environment;
- forming the prices for covering the costs of transporting the MDU to the place of production of the ASS in relation to the place of its location.
- setting prices for additional services not related to the operating activities of DCo and determined in the form of surcharges to the prices of the relevant types of ASS.

The conditions for entry into the industry of providing the aerial surveillance services, as one of the characteristic features of the market, are not burdensome. DCo, as a rule, are small firms for which the creation, organisation of activities and purchase of the necessary equipment does not require large capital investments.

¹³⁴ Cambridge Advanced Learner's Dictionary, Edited by Walter E., Cambridge University Press, 1799 p., 2008, ISBN-10: 3125179882

¹³⁵ Kotler P., Marketing Management, Prentice Hall. 11th edition, 2002, 768p. ISBN-13: 978-0130336293

Assessment of Seasonal Performance of Drone Companies in Costa Rica

The flight time of the commercial drone applications, both during the day (T_f), and the year as a whole, is affected by the following factors:

- the length of the day, because it is prohibited to provide the ASS at night by the regulation of the aviation Directorate of the country, and it is not safe in terms of the possibility of losing the drone;
- weather without hurricanes and storms, possibly with light precipitation;
- periods of heavy rains, strong winds, hurricanes and storms during which the drones cannot be used.

The estimation of the above described factors.

The geographical peculiarity of the country is the *almost slightly variable length of daylight*, which is approximately *12 to 13.5 hours* with an average value of approximately $T_{ld} = 12.75 \text{ hours per day}$ ^{136, 137}. This duration is the maximum useful time of commercial application (flight time) of drones per day ($T_{f,max}$).

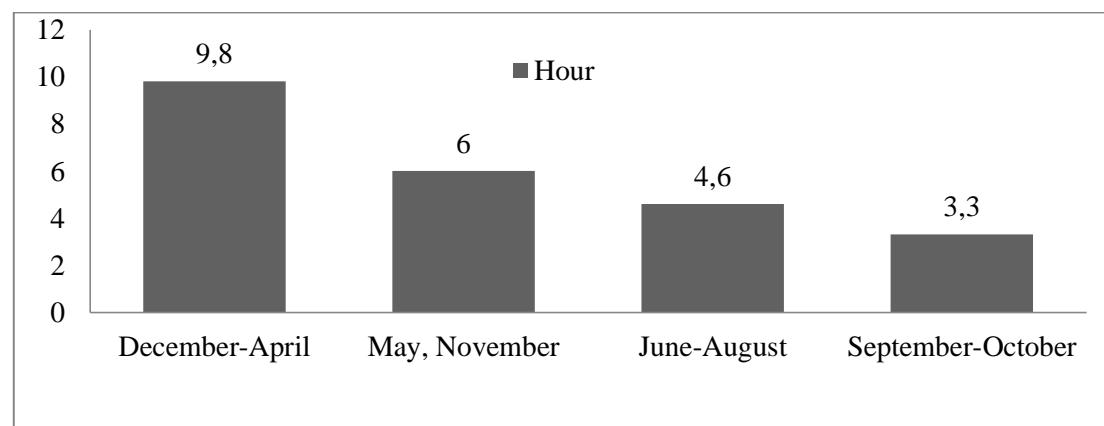
Thus, the air surveillance services can be potentially provided up to 13.5 hours per day. The aerial surveillance services are practically not produced in adverse weather conditions (heavy rains, hurricanes, etc.). It is important to note that the North-Eastern coast of the country, facing the Caribbean sea has extremely unfavourable conditions for the use of drones, since it is rainy almost year-round, even perhaps in the period from December to April. On the other hand, on the North-West coast, adjacent to the Pacific ocean, rainless days can be even in the period from September to October.

The estimated average duration of weather during which the aerial surveillance services can be produced within daylight hours across the country and in different seasons of the year (or, equivalently, the average flight time, $T_{f,mid}$) is shown in Fig. 2.6.

After averaging the data presented in Fig. 2.7 it is obtained:

$$T_{f,mid} \approx 6.8 \text{ hour.} \quad (2.1)$$

This average estimation is supported by the distribution of favourable and unfavourable durations of the dry and rainy seasons, visibility by the different months of the year (see Appendix 2. Fig. A2.3-A2.6) and by region, as well as the distribution of wind power (see Appendix 2. Fig. A2. 7).



¹³⁶ U.S. Agency for International Development (USAID), Costa Rica (Climate Change), CreateSpace Independent Publishing Platform, 2011, ISBN, 1502582872.

¹³⁷ Weather Spark, Average Weather in San José, 2018 [Electronic source]: <https://weatherspark.com/averages/32645/San-Jose-Alajuela-Costa-Rica> [Available June 2018]

Figure 2.6. Average duration of T_f within the daylight hours and by periods of the year, hours, designed by the author¹³⁸ on the base of statistics of Costa-Rica.

Summarising the above shown data, it is possible to estimate that the maximum flight time T_{fmax} per day lies in a favourable period for the provision of services in the rainy and dry seasons, and is described by the inequality:

$$3.3 \text{ hour} \leq T_{fmax} \leq 13.5 \text{ hours}, \quad (2.2)$$

where 3.3. hours is the minimal time of services rendering in the most unfavourable season (September – October);

13.5 hours is the maximum length of daylight time.

There presented the following known circumstances, which in practice significantly increase the duration of $T_{f,mid}$:

- more than half of the rain falls at night;
- unfavourable wind conditions and poor visibility conditions almost occur during the periods of maximum rainy weather (September – October), as well as from mid-January to mid-February, when there is no rain, but a strong warm wind blows;
- production of the aerial surveillance services is not possible during the light rain, but it is possible with a little fog, not limiting the visibility of the drone at a distance of its use.

Averaging the data presented in Fig. 2.7 it is possible to obtain that *the estimation $T_{f,mid} \approx 6.8$ hours is the worst assessment* of the average time to provide the aerial surveillance services within a day. In reality, it can be more about an hour and a half. This assessment has a significant impact on such economic indicators as the number of the ASS provided for the relevant period and, accordingly, the revenues, which can be obtained only in a favourable period of time.

For example, further there is an estimation of the average duration of the potential flight time of production of one aerial surveillance service for the different periods of the year for the most contrasting weather regions of the country: the West and the East coasts.

On the West coast it is chosen:

- the coast of Guanacaste province and the North of Puntarenas province (G&P);
- part of the coast of Puntarenas province near the city of Jako (MP);
- the southern part of the province of Puntarenas in the area of Golfito and Puerto Jimenez (ZP), including the National Park Corcovado.

On the East coast there chosen the area of Puerto-Limón of Limón province (PL).

The results of the evaluation conducted using the qualitative and quantitative data, demonstrated in Fig. A. 2. 3 – Fig. A. 2. 7 of Appendix 2, are shown in Fig. 2.7.

Average annual values $T_{f,mid}$ for the chosen locations in Fig. 2.7 are as follows:

- G&P: $T_{f,mid} = 10.1$ hours;
- MP: $T_{f,mid} = 8.35$ hours;
- ZP: $T_{f,mid} = 4.61$ hours;
- PL: $T_{f,mid} = 7.37$ hours.

¹³⁸ Sulima N., Considering the peculiarities of local drone data service delivery and drawing up recommendations on their pricing (a case study of Costa Rica region). VI International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2017, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 263-273. ISBN 978-9984-47-155-6.

It is important to note, that it is advisable to plan the orders for the aerial surveillance services in the centre of the province of Limón, if possible under the terms of customers, for the period June-October, when in other regions the worst period for weather conditions.

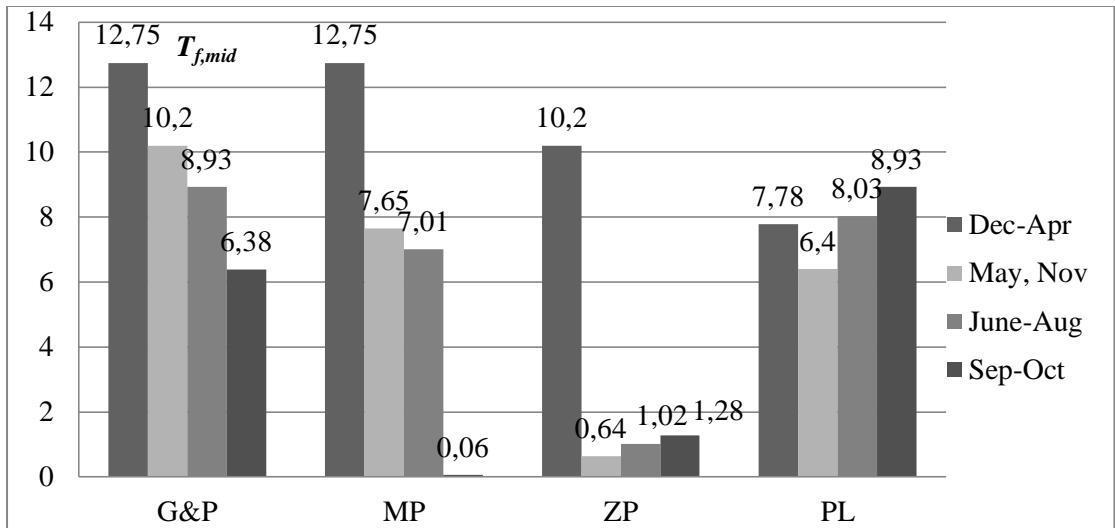


Figure 2.7. Average duration $T_{f,mid}$ (in hours) for selected areas and periods of the year

Source: designed by the author on the basis of statistics of Costa Rica.

Evaluation of Flight Time of Completing the Orders for the Main Types of Drone Air Surveillance Services in Costa Rica

The price of production of aerial surveillance services by drone company for a certain period of time is formed of two components:

- number of rendered services;
- time of service rendering.

The total time of one service rendering T is determined by the previously introduced formula 1.1 (see Chapter 1). The most important and still undefined component of this formula is the flight time of the service rendering T_f , since the other components of the time T do not depend on the type of service.

Further there estimated the average time of aerial surveillance services production ($T_{f,mid}$) for one order during the daylight hours in various spheres, taking into account the data, presented in Fig. 2.6, Fig. 2.7 and empirical data on the dissertation author's DCo for years 2016-2017. The diagram of these time periods is presented in Fig. 2.8.

Note that other components of this time estimation are also as follows:

- replacing the batteries of a drone;
- breaks for waiting for the right angles or events (for example, during the event, when the activities are taken in time and there is a need to record the most important of them in stages).

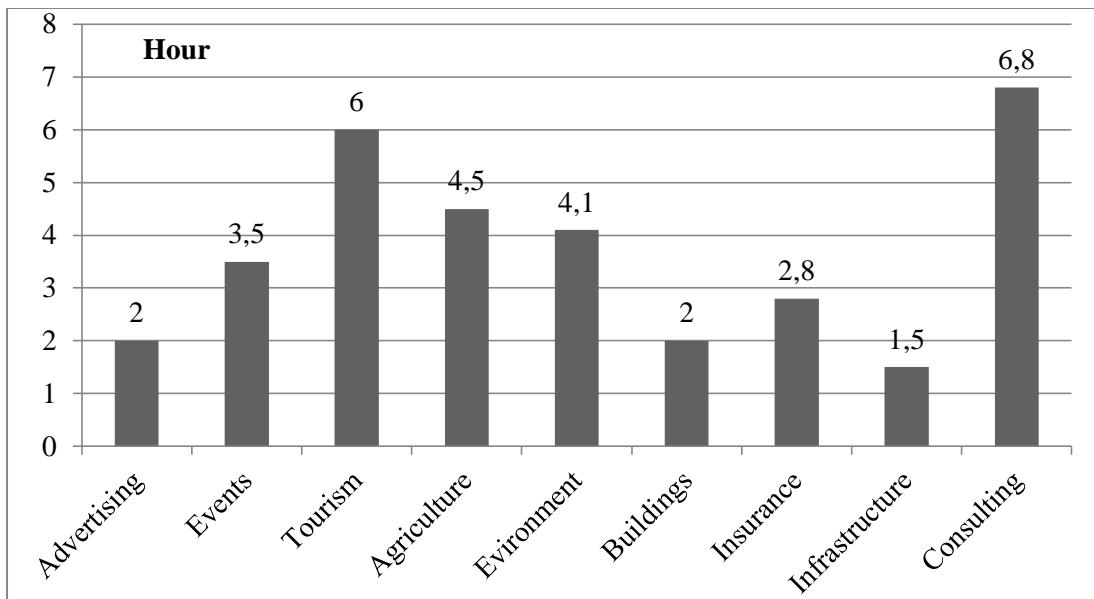


Figure 2.8. Diagram of the average duration of orders completion for the types of the ASS by the field of activity during the daylight hours (consulting time includes only flight practice of trainees in summer), days.

Designed by the author on the basis of statistics of Costa Rica and empirical data¹³⁹.

It is also worth noting that not all ASS for one order are executed within one day. For example, the orders to accompany tourist groups on the route or for the period of stay in the country can be carried out for several days. The share of orders executed within 1, 2 and 3 days are correlated in the average proportion 0.9/0.08/0.02. In addition, the duration of the order completion may also be affected by force majeure (rain, wind, etc.).

Analysis of Competitors' Prices for the Drone Air Surveillance Services in Costa Rica

The business of Costa Rica is in the sphere of special interests of the United States, which is the guarantor of the security of the country, which does not have its own army. The business of the aerial surveillance services is no exception. Therefore, the price structure and the ASS prices in Costa Rica are significantly correlated with the similar indicators in the United States.

There further considered ***the regional price offers*** on the example of one of the leading Costa Rican companies Aerial Media Costa Rica¹⁴⁰, providing the ASS on event documentation, marketing imagery, movie production, commercial production, canopy observation, erosion monitoring, site planning, real estate promotion, construction progress, etc.:

These price offers for various types of the ASS rendered are as follows:

- complete real estate marketing package (30 second), including ground-level and aerial shots, and perfect for drawing attention through social media and websites – \$900;

¹³⁹ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 195-202. ISBN 978-9984-47-162-4

¹⁴⁰ AMCR, Ground Level Photography, Aerial Photography, Ground Level Videography, Aerial Videography, Post Production [Electronic source]: <https://www.aerialmediacostarica.com/aiography-aerial-services>. [Available: July 2018]

- edited aerial video packages (video-shooting during 2 and 3 flights) - \$600 (2 flights using 2 batteries) and \$750 (3 flights using 3 batteries); additional edits are \$50 each;
- Additional fee:
 - a. editing – \$75 for 10 photos;
 - b. special colouring – \$50 for 10 photos;
 - c. soundtracks for video charge – additional \$200;
 - d. travel charges – \$25 an hour for travel time from Uvita;
 - e. overnight charges – \$120 per night.

The cost of the aerial surveillance services by agreement between the customer and the contractor may also be based not on hourly payment, but on the surveyed areas of the ground surface, for example, agricultural land. The cost of the ASS, based on an hourly estimate of the work of pilots, is almost not applied in Costa Rica.

Assessment of the Main Economic Indicators in the Drone Costa Rican Company

To calculate the main indicators of the regional firm producing the drone air surveillance services, it is assumed that the number of MDUs falls into the range from 5 to 15. Shooting and video surveillance services are provided 365 days a year and, as it has been calculated in section 2.7, – from 3.3 hours to 13.5 hours per day, which is determined by the length of the daylight and weather conditions.

The duration of the direct filming and surveillance during one session of the ASS rendering for one order is within 2-6 hours. The average duration of one session (T_s) is calculated by the formula justified by the author in the publication¹⁴¹:

$$T_s = p_1 T_1 + \dots + p_i T_i + \dots + p_n T_n, \quad (2.3)$$

Where p_i – is the probability of a service order by length T_i .

The values of p_i and T_i are defined for each service sector by indicators shown in the diagram in Fig. 2.6 and Fig. 2.8 respectively. Substituting the corresponding values in the expression (2.3), the average time of execution of one order for the aerial surveillance services is obtained:

$$T_s = 3.458 \text{ hours} \approx 3.5 \text{ hours}. \quad (2.4)$$

On average, up to 1 hour is necessary for the delivery of MDA to the place of the service rendering, and up to 1 hour for the choice of location and preparation for shooting/ video surveillance. During the daylight hours, *one MDU serves 1, 2, and 3 orders with a probability of 0.6, 0.35, and 0.05, respectively, which is rounded up to an average of 1.5 orders per day*.

In general, the prices are regulated by both individual purchases and sales of the ASS and the economic processes in general, including their production, distribution, and consumption of the ASS. In this aspect, prices, taken together, act as a common, unified, holistic pricing mechanism.

There are two interacting parts *in the price mechanism*:

- types, structure, size and dynamics of price changes;
- pricing as a method, the rules of establishment, formation (calculation) of new and changes in existing prices.

¹⁴¹ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Policy: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 195-202. ISBN 978-9984-47-162-4

Types of prices for the aerial surveillance services are divided into the following groups:

- the base price of the ASS;
- prices for the main (primary) ASS;
- prices for additional (secondary) ASS.

The base price for the aerial surveillance services is the average price for one ASS, the specified number of which, over a period of time, on average provides coverage for the DCo costs over the same period.

Prices for the primary (main) aerial surveillance services are prices that provide the promotion of the ASS in the market in a competitive environment with a profit or discount. Profit or discount is determined depending on the specific pricing method in each case.

Prices for the additional services of drone company due to their versatility, both in the field under consideration, and in other areas of services will be defined as surcharges to the prices of the main ASS. The versatility of price surcharges is explained as follows. For example, editing a video has on average the same price, both in the field of ASS, and in the usual video business. Thus, when determining prices for the additional services, if DCo has professionals in the staff, it is advisable to focus on existing tariffs in the relevant areas of photo and video activities. If the DCo uses intermediaries to provide these additional services, their prices are summed up with the prices of the corresponding main ASS.

The set of prices used in various areas of providing the aerial surveillance services, taking into account their specific indicators, determines the structure of prices.

It is further proposed to set the preliminary prices for the ASS (*n*) types depending on the conditions and performance of the relevant services according to the following formula^{142, 143}:

$$C_n = \hat{C}T_{fn} (1 \pm K_{jmn} \pm Q_{jmn}) + \{X_m\} + \{I_n\} + X_{Tn} + Y_n + \{R_n\}, \quad (2.5)$$

where

\hat{C} – is the cost of 1 hour of provision of these air surveillance services;

T_{fn} – is the flight (useful) time (see formula 2.1) when rendering the ASS of the form *n*;

K_{jmn} – is a coefficient that takes into account the difference between spheres (*j*) and customer groups (*m*) when rendering UAVS of type *n*;

Q_{jmn} – is a coefficient, that takes into account the degree of professionalism or **required level of knowledge** of the pilot / operator in providing the appropriate ASS of type *n* in the field *j* and customer group *m*;

X_{Tn} – is the cost of transporting the UAV to the place of rendering the ASS of type *n*, duration T_n (see formula 1.2);

I_n – is insurance coverage, not included in the base rate, when working in places with increased insurance liability in the provision of ASS type *n*;

Y_n – is the price list for post-processing of the ASS results of the type *n*;

¹⁴² Sulima N., Considering the peculiarities of local drone data service delivery and drawing up recommendations on their pricing (a case study of Costa Rica region). VI International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2017, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 195-202. ISBN 978-9984-47-155-6.

¹⁴³ Sulima N., Metodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 263-272. ISBN 978-9984-47-162-4.

R_n – is the indicator that takes into account the time of registering the orders for the ASS (regardless of their type) when using the appropriate reservation technology;

It is explained separately how R_n in formula 2.5 can be taken into account when using the appropriate marketing strategy. The “ideology” of one of these strategies when booking places is illustrated by the example presented in Fig. 2.10.

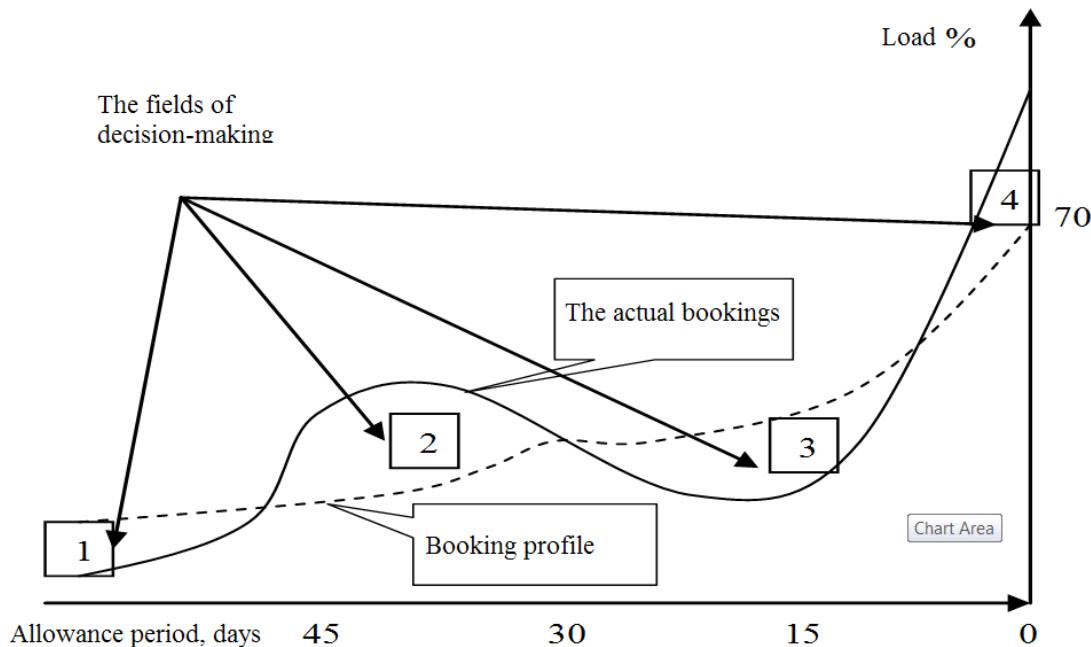


Figure. 2.10. Example of an average and the actual profile of orders reservation. Electronic source¹⁴⁴.

Y_n prices for the office post-processing of results depend neither on the scope (j), nor on the group of customers (m) and are determined by the price list, similar to the price lists of the companies that provide photo or video editing of shooting materials with the necessary level of professionalism.

Summing up or subtraction (\pm) of the coefficients in (2.5) depends on the formulation of the tasks, the chosen method of pricing, the chosen method of remuneration of buyers for the volume of purchased services, etc.

Setting pricing objectives is determined by the goals that DCo seeks to achieve in the market, such as:

- ensuring the survival with a focus on low prices on a purpose of a favourable reaction of buyers of services;
- maximisation of current profit taking into account a balanced assessment of demand and supply in the market and own costs.

With explicit dumping by the DCo, the price per the rendered ASS may be even lower than the base rate.

Considering that the aerial surveillance services market is a new market in the region, there is no point in targeting low prices or dumping. Therefore, as the most appropriate pricing methods for DCo in this market, it is *proposed to implement the following*:

- calculation of indicative prices according to formula 2.5, in which the plus and minus should be determined by the break-even point of the company;
- calculation of final prices according to the following classical formula

$$\hat{C}_n = C_n + \Delta, \quad (2.6)$$

¹⁴⁴ Tendention, Yield Management/Revenue Management. Plekhanov University of Economics, 2019 [Electronic source]: <http://www.rea.ru/hotel/it/metod/Text/ym.htm> [Available April 2019]

where C_n is calculated according to 2.5, and Δ_n – is the established rate of return on the relevant type of ASS.

Selection of Channels for Promotion of the Commercial Services of Drone Companies in Costa Rica

For more active promotion of drone services, there should be used various advertising channels. Thus, the commercial activities of DCo companies is provided by a variety of channels for the distribution of information about the main aerial surveillance services and additional drone services. There also considered the relevant info-communication technologies (ICT) of sales, the generalised structure of which is presented in Fig. 2.11, by analogy with the structures of similar channels and IT, developed by the author in the field of passenger air transport¹⁴⁵.

This structure has a wide variety and covers both own (direct) distribution channels and their ICT, and multilevel channels of intermediaries with their ICT, which allows increasing the efficiency and reducing the costs for the organisation and maintenance of sales systems and, at the same time, reaching the clientele on a regional scale.

The direct channel (level 0 channel) is distinguished in the structure of channels – a channel without intermediaries and multi-level channels, in which there can be one or more intermediaries.

Modes of operation of these channels are divided into the following types:

- online customer interaction with DCo in real time;
- offline customer interaction with DCo via phone or personal service.

¹⁴⁵ Rebezova M., Sulima N., Surinov R. Development trends of air passenger transport services and service distribution channels / Transport and Telecommunication. – Riga, Transport and Telecommunication Institute. – 2012. – Volume 13, No 2. – p.p. 159-166., ISSN 1407-6160 & ISSN 1407-6179.

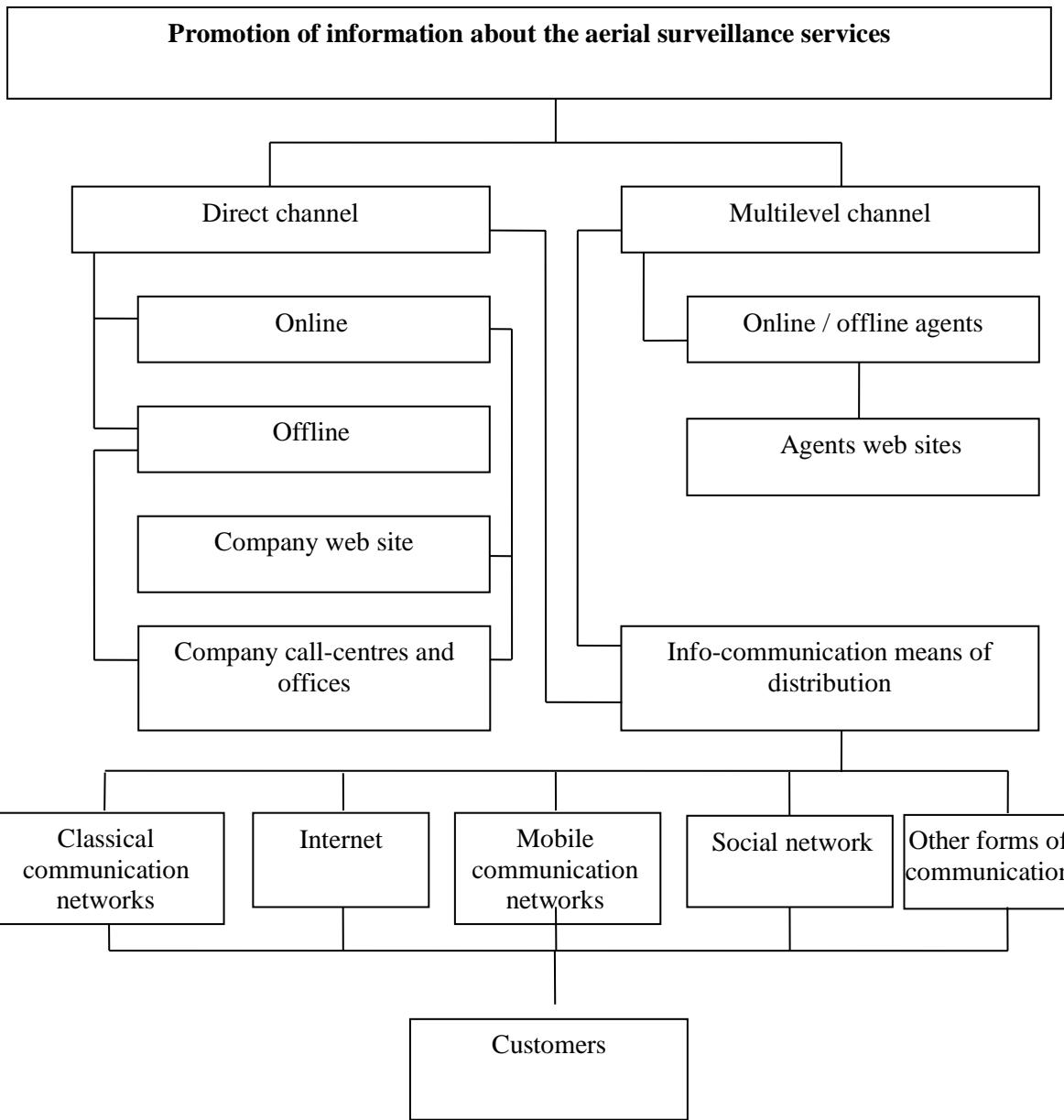


Fig. 2.11. Generalised structure of distribution channels and IT sales of the DCo services, designed by the author.

In the direct channel (at level “0”), DCo sells its services through its own offices, representative offices or web tools in online or offline modes. Online distribution is carried out through the website, where the company resources are placed (types and terms of services, tariffs, types of post-processing of the results of aero-recording and surveillance, etc.). In offline mode, the sale is carried out through the offices (points of basing) of the MDU company or through its call centre.

The number of multi-level channels include the traditional logistics chain of sales network “DCo – on-/offline agents – customers”. Online agents are multi-field agents selling not only the DCo services but also the services in other industries. Note that the agents can also have multi-level distribution channels for their services.

The interaction of different structures and product distribution of the main and additional companies is implemented by using the information and communication means, including the Internet, classic telephone, mobile communication etc. Along with these forms of communication there increasingly develop the channels of distribution of services through social networks.

Conclusions on Chapter 2

Author's practical experience in the field of drone services in Costa Rica allowed to draw the following conclusions:

1. It has been conducted the analysis of bases of legal regulation on rendering the commercial aerial surveillance services on examples of a number of the countries (including Latvia and Costa Rica). It has been shown that the corresponding regulating documents essentially limit the conditions of production for such drone company and have to be considered at the organisation and ensuring the company functioning.
2. It has been conducted the analysis of the local market of production of the geographical aerial surveillance services on the example of Costa Rica, and it has been shown that the geographical, administrative-territorial and landscape specificity of the region has the following impact:
 - a. it affects significantly the composition of the aerial surveillance service and the choice of the locations of the Mobile Drone's Units producing such services, and the time of delivery of the MDU to the place of the services provision;
 - b. requires highly qualified DCo pilots in order not to damage or lose the drones used.
3. On the basis of the market analysis, there have been substantiated and introduced into scientific circulation the new digital data characterising the production process of the aerial surveillance services in Costa Rica, the main indicators and there has been established the following:
 - (a) the largest share of Costa Rica's GDP is in services, which are growing year by year and has already exceed 75%, with shooting and surveillance in the region as the types of the major orders expertly correlated in the proportions of the number of orders 10:1 and the time of order 1:3;
 - b) the vast majority of orders for the aerial surveillance services (96 %) by legal affiliation groups are for commercial firms and individuals, and about 75 per cent of orders for the national economy are for advertising, events and tourism;
 - (c) the average daily flight (useful) time of drones employment for the commercial services is 6.8 hours, varying from 4.4 hours to 12.75 hours for different regions of the country;
 - d) the most probable maximum delivery time of the MDU to the aerial surveillance services production site anywhere in the country, even if drone company has only one MDU, is 4.5 hours;
 - e) the average duration of a single order for aerial surveillance services completion is 3.5 hours;
 - (f) the probabilities of 1, 2 and 3 orders for the aerial surveillance services being executed during the daylight hours are 0.6, 0.35 and 0.05, respectively;
 - g) the number of completed orders for the aerial surveillance services per day averages 1.5 orders;
 - h) the average cost of the unit of one aerial surveillance service rendering during 1 hour, regardless of the scope of their provision, is \$135 and it is taken as the base rate for the Costa Rican Dco for year 2017;
 - i) the Dco cost per one MDU, with the number of operating MDUs in the range of 1 to 20, averages \$200 per day;
 - j) the price for the aerial surveillance services in the country in the amount of \$200/ (per hour or for the minimum amount of service) is considered to be a reasonable price for both DCo and customers.
3. A previously unknown formula for determining the preliminary and final prices for various types of the aerial surveillance services is derived. Its novelty, as it will be shown later, is in the following aspects:

- a) application to the company operating in the new sphere of economy – the sphere of rendering the aerial surveillance services;
 - b) the introduction of the concept of flight (useful) time for the provision of the aerial surveillance services and the development of a method for its calculation;
4. It is shown that the regulatory documents of Costa Rica do not impose significant restrictions, except reasonable, on functioning the business on providing the aerial surveillance services.
5. A generalised structure of the information distribution channels for the DCo aerial surveillance services has been developed.

Chapter 3. OPTIMISATION OF THE TERRITORIAL LOCATION OF MOBILE DRONE COMPANIES (ON THE EXAMPLE OF COSTA RICA)

2.1. Analysis of Peculiarities of the Territorial Location of Drones

To achieve the goal of the promotional dissertation, according to the author, it is necessary to solve the problem of optimising the territorial placement Mobile Drone's Units (MDU), which are the part of commercial drone companies (DCo). The task of a regional distribution of production of the similar type of goods or services is a classic task of the regional economy. The formulation and overview of methods for solving such problems are presented in the publication¹⁴⁶.

The main problem in the implementation of drone commercial services is the calculation of the optimal number of bases of Mobile Drone's Units for drone companies and their geographically distributed location in the region, taking into account the efficiency of its operation and customer service orders. As the author has indicated in section 1.3 of this research, this problem belongs to the classical problem of regional economy, associated with the choice of production locations. A comprehensive review of deployment criteria for the aforesaid facilities is given in article¹⁴⁷. An option of setting the task (but not solving it) with respect to a DCo is presented by author's in article¹⁴⁸.

The distinctive features of the territorial location and its initial conditions, in contrast to the classical problems of choosing the locations for production of goods (services), are the **following factors**:

- the scope of application, which has not been previously considered in the scientific literature;
- provision of the ASS is carried out in the place of their origin (not products are delivered to the enterprise, but vice versa the enterprise is “transported” to the place of the ASS provision);
- provision of the ASS in certain areas depends significantly on the terrain, meteorological conditions and natural disasters, which affect the topology of the bases and the time of service delivery;
- provision of the ASS is limited by the period of daylight and during it – by the period of favourable weather conditions

¹⁴⁶ Mirchandani P., Francis R., Discrete Location Theory, University of Michigan, John Wiley & Sons, p.357. ISBN: 0471892335

¹⁴⁷ Zanjirani R., Steadie M., Asgari N., Multiple criteria facility location problems: A survey Applied Mathematical Modelling. Volume 34, Issue 7, July 2010, pages 1689-1709, DOI: /10.1016

¹⁴⁸ Sulima N., On the commercial aspects of exploiting drone information technologies and tools for their optimization. V International scientific and practical proceedings. The transformation process of law, the regional economic police: the relevant economic and political and legal issues. Riga, 2017, pages 288-297, ISBN 978-9984-47-143-3.

The main criterion for the effectiveness of the Mobile Drone's Units is the maximum profit combined with the quality customer service. If to take the average cost of one service provision as one of the conditions, then the criterion of efficiency is reduced to the minimisation of the cost of maintenance, depending mainly on the number and location (home) of Mobile Drone's Units. The bigger the Mobile Drone's Units are, the greater the cost of ensuring their operation, but the less time it takes to service customers' orders within the relevant territory and the greater the number of customers can be served. The smaller the Mobile Drone's Units, the lower the costs are, but the loss of time to deliver the drones to the customer service point increases and, accordingly, the number of customers served during the working hours of the Mobile Drone's Units crews decreases ¹⁴⁹.

Here it is necessary to point out the problems that have been considered by a number of scientists: Andronovs A., Nocedal J., Wright S.J.. Thus, there is formulation of the task of optimising the Mobile Drone's Units basing (deployment) as a Boolean programming problem to minimise the function ¹⁵⁰, ¹⁵¹, ¹⁵²:

$$\min F(x, z) = \sum_{i=0}^{n-1} f_i x_i + \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} c_{i,j} z_{i,j} \quad (3.1)$$

by Boolean variables $x_i \in X$, $z_{i,j} \in Z$ given the following restrictions:

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_i \leq k, \quad (3.2)$$

$$x_i \leq 1, \quad i = 0, \dots, n-1, \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=0}^{n-1} z_{i,j} = 1, \quad j = 0, \dots, m-1, \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=0}^{m-1} z_{i,j} \leq s x_i, \quad i = 0, \dots, n-1. \quad (3.5)$$

The initial data of the set task:

I – the multitude of possible points of deployment, the total number being $n = |I|$;

J – the multitude of points of rendering drone services (assuming, for the sake of simplicity, that it is equivalent to the multitude of the clients served), $m = |J|$;

f_i – the costs of organization and maintenance of a base at Point $i \in I$;

$c_{i,j}$ – costs as at the assignment of Client j to Base i , $j \in J$, which are determined, mostly, by the cost of transportation to the point of service provision;

k – the maximum possible number of deployment points (bases).

The sought variables are as follows:

¹⁴⁹ Sulima N., Smurov M., An Unmanned Vehicles Company: A Stochastic Model of Resources Overbooking. Transport and Telecommunication, Riga, Latvia, pp. 316-323., ISSN 1407-6160 & ISSN 1407-6179.

¹⁵⁰ Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

¹⁵¹ Nocedal J., Wright S.J. Numerical Optimization. Second Edition. Springer, 2006, Springer, New York, NY, ISBN: 978-0-387-40065-5

¹⁵² Murtaf B., Modern Linear Programming [Russian translation], Mir, Moscow , 224p., 1984.

k^* – the optimal number of bases;
 $x_i = 1$ if a base is opened at Point i , and 0 – if otherwise; $x = (x_0, \dots, x_{n-1})$;
 $z_{i,j} = 1$ if a base at Point i renders services to Client j , and 0 – if otherwise; $z = (z_{i,j})_{n \times m}$;
 x_i, z_{ij} – Boolean variables.

The assigned task of minimizing of the criterion (3.1) under the constraints (3.2-3.5) determines that the costs of a DCo depend mainly on the number and specific places of the MDU, and on the territorial location of the clients' facilities being serviced, but the income is constant. On the whole, the solution of the task in the formulation (3.1-3.5) should ensure the minimum costs of the DCo when servicing customers with a given number of ASS in certain areas of the region. The above described problem has $2n + m + 1$ restrictions and $n(m + 1)$ variables. For small countries, the dimension of the problem is small ($n < 10, l < 20$), which allows using the combinatorial methods of its solution ^{153, 154, 155, 156}, and for large problems, there suggested the employment of the linear programming method ^{157, 158, 159, 160}.

2.2. Employment of the Combinatorial Method in the Territorial Placement of Drones in Costa Rica

The combinatorial method is used when the number n of possible geographically distributed locations and the number k of planned locations is small, so that it is possible to view all combinations of the mobile Drone's Units for all possible locations in the region, without missing any of the possible combinations. In this regard, **the combinatorial method is the most accurate one**. Each placement of the Mobile Drone's Units in possible locations is described by an n -dimensional Boolean vector. The components of the vector correspond to the possible locations. If the component is equal to 1, then the Mobile Drone's Units is placed in this location, and if it is equal to zero – then it is not placed there. Each such n -dimensional vector contains k units – by the number of the Mobile Drone's Units placed. The number of such different vectors, in other words, the number of different MDU placements, is $n!/(k!(n-k)!)$.

The process of employment of the combinatorial method is assumed to be implemented in 2 stages, as it has been proposed by the author ¹⁶¹:

- the first stage is to reduce the number of potential MDU placements (k);
- the second stage is the solution of the problem in statement 3.1 with the initial conditions 3.2-3.5 by the method of iterating over the variants of placements chosen at the first stage.

¹⁵³ Mirchandani P., Francis R., Discrete Location Theory, University of Michigan, John Wiley & Sons, p.357. ISBN: 0471892335

¹⁵⁴ Brualdi R., Introductory combinatorics. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 2004, ISBN: 0131001191

¹⁵⁵ Nocedal J., Wright S.J. Numerical Optimization. Second Edition. Springer, 2006, Springer, New York, NY, ISBN: 978-0-387-40065-5

¹⁵⁶ Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

¹⁵⁷ Murtaf B., Modern Linear Programming [Russian translation], Mir, Moscow , 224p., 1984.

¹⁵⁸ Романовский И., Алгоритмы решения экстремальных задач. (Romanovsky I., Algorithms for solving extreme problems), Universidad de California, 325 p. 1977, digitalized 2008

¹⁵⁹ Sulima N., Rebezova M., Surinov R. A Modification of the Knapsack Problem Taking Into Account the Effect of the Interaction Between the Items. Automatic Control and Computer Sciences, Allerton Press, Inc. Vol. 47, № 2, pp. 107-112., 2013, ISSN 0146-4116

¹⁶⁰ Sulima N., Rebezova M., Surinov R., Stochastic Modification of the Knapsack problem, In: Abstracts of the 7th International Workshop on Simulation. 20-25 May 2013, Rimini, Italy, p.p. 304-305. ISSN 1973-9346.

¹⁶¹ Sulima N., Combinatory method of optimization of regional basing of mobile units of commercial. In book: "Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2018". Springer International Publishing: pp. 168-177, ISBN 978-3-030-12449-6.

At the first stage, it is proposed to reduce the number of k by applying the expert heuristics method, taking into account the climatic characteristics of the regions of the country, the distribution of the places of the ASS rendering, the proximity of trunk roads and other factors that significantly affect the flight time, transportation time, duration of services provision.

The generation of all combinations of distribution I of k objects (MDU) on n possible locations at the second stage is carried out procedure by procedure in the way, based on publications^{162, 163}.

Each placement of the Mobile Drone's Units by possible points is described by an n -dimensional Boolean vector. The components of the vector correspond to the possible locations. If the component is equal to 1, then the Mobile Drone's Units is placed in this location, and if it is equal to zero – then it is not placed there. Each such n -dimensional vector contains k units – the number of the placed MDUs. As a result, for example, for $n = 15$ and $k = 7$, the total number of variants searched by the combinatorial method will be 6435, and the search time of such a number of variants on a processor with a clock frequency of 2 GHz will be a fraction of a second.

The first step of forming the list of all possible combinations starting with the n -dimensional Boolean vector, whose units occupy k of lower bits of the vector. Then unit is added to the current Boolean vector. If the number of units in the new vector is k , then this vector determines the new combination and is saved. The described procedure is completed when all the required combinations represented by the set I are obtained.

After formation of all possible variants of the MDU placement, the transition to the second step is carried out; it is the choice of the variant of location providing the optimum value of function of the purpose (3.1). To do this, all locations are analysed sequentially from I . For a fixed location, there is searching of all customers. For each client $j \in J$ there is a point i , for which the costs $c_{i,j}$ are minimal. The sum of the costs $\{f_i\}$ is added to the sum of these costs for all customers to ensure the functioning of the Mobile Drone's Units, if they are placed in point $i \in I$. As a result, there obtained the value of the target function (3.1) for the considered variant of base location. The minimum value among all variants of placement determines the optimal solution of the problem. It defines both the placement of the Mobile Drone's Units and the assignment of customers to the Mobile Drone's Units placed in such locations.

The mathematical programming language Mathcad was used to solve the problem.

There presented the approbation of the above described method of solving the problem ***in relation to the Costa Rican commercial drone company***, for which there have been adopted the following expert assumptions and indicators.

A. Orders for MDS services are concentrated in 7 provinces, major cities, national parks (NP), and reserves.

The following areas account for the largest order volume in the country:

- 1) Alajuela Province – the cities of Alajuela and Quesada, the Arenal Volcano, and *Irazú Volcano and Poás Volcano National Parks (NP)*;
- 2) Cartago Province – the cities of Cartago, *Paraíso, the Irazú Volcano NP*;
- 3) Guanacaste Province – the city of Liberia, the little town of Samara, *the Santa Rosa, Juan Castro, Palo Verde, Rincon de La Vieja Volcano NP*;
- 4) Heredia Province – Heredia, “the city of flowers”;

¹⁶² Brualdi R., Introductory combinatorics. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 2004, ISBN: 0131001191

¹⁶³ Turkington D., Matrix Calculus & Zero-One matrices. Statistical and Econometric Applications. Cambridge University Press, Cambridge, 206 p., 2005, ISBN: 0521022452

- 5) Limón Province – the city of Limon, the Tortugero NP;
- 6) Puntarenas Province – the city of Puntarenas, the Manuel Antonio, Corcovado, Carrara NP;
- 7) San José Province – the city of San José.

In the provinces of *Limón*, *Cartago*, *Heredia* and *San José* the majority of orders also tend to be oriented on urban targets in big same-named cities or about an hour's drive from them. In *Guanacaste*, orders are also usually placed by guided and eco tour operators. And in the *Puntarenas* province, covering the major part of the west coast, accounts for orders are of various types.

B. The probability of orders booking ¹⁶⁴ at the corresponding objects of provinces is presented in Table 3.1 (expert assessment by the author).

Table 3.1.

Probability of reservation of orders in the provinces of Costa Rica

1	2	3	4	5	6	7
Alajuela	Cartago	Guanacaste	Heredia	Limon	Puntarenas	San Jose
0.18	0.19	0.14	0.01	0.10	0.18	0.20

Source: calculated by the author

C. The number of customers $m = 15$ and roughly corresponds to the number of reserved orders per company per day. Limitations on the number of customers assigned to any MDU base are not imposed.

The solution of the problem on the above described preliminary conditions, as it is defined in paragraph 3.1, will be ***carried out in two stages***.

Stage I. Reducing the number of potential placements $n = |I|$ by expert means and determining the corresponding costs in (3.1).

Table 3.1 shows a highly uneven distribution of the orders for the ASS from different provinces. To smooth out this unevenness, there has been made a preliminary zoning of the potential location of the MDU, based not on the provinces, but from geographically adjacent areas of these provinces, characterised by approximately the same average annual flight time $T_{f,mid}$ of the aerial surveillance services during the daylight hours. With this approach, based on Table 3.1 and Fig. 3.9, the following points as potential locations of Mobile Drone's Units will be chosen:

- the coast of Guanacaste province and the North of Puntarenas province (*G&P*);
- part of the coast of Puntarenas province near the city of Jako (*MP*);
- the southern part of the province of Puntarenas in the area of Golfito and Puerto Jimenez (*ZP*), including the Corcovado national Park.

On the East coast, there has been chosen the city of Puerto Limón of the province of *Limón* (*PL*).

The average annual values of $T_{f,mid}$ for the selected locations (see Fig. 2.9) are as follows:

- region *G&P* – $T_{f,mid} = 10.1$ hours;
- region *ZP* – $T_{f,mid} = 4.61$ hours;
- region *MP* – $T_{f,mid} = 8.35$ hours;
- region *PL* – $T_{f,mid} = 7.37$ hours.

Certainly, the most favourable regions for geographically distributed placement of the Mobile Drone's Units are *G&P* and *MP* regions, and the least favourable is *ZP* region. Note that the execution of the orders for the ASS in the centre of the province

¹⁶⁴ Sulima N., Probabilistic Model of Overbooking for an Airline. Automatic Control and Computer Sciences, Allerton Press Inc. 46(1), pp. 49-56., 2012, ISSN 0146-4116.

of Limón is advisable to plan for the period June-October, when in other regions there is the worst period of weather conditions, if possible under the terms of customers.

Based on the above shown zoning, there expertly determined the most suitable locations for the Mobile Drone's Units in these areas. Their proposed locations are as follows: the neighbourhoods of San Jose, Cartago, Alajuela, Puerto Limon, Jaco, Unita, Galfilo, Cabana and Tilaran. Thus, the maximum possible number of deployment points the number $k = 9$ of potential sites.

The expenses f_i are represented by the vector:

$$f_i = (5 \ 4 \ 5 \ 4 \ 5 \ 4 \ 3 \ 5 \ 4) \quad 3.6$$

Note that the order in this vector is not related to the order of enumeration of the assumed base locations from the item 3.6.

The numerical values (given) of expenses c_{ij} are presented in Table 3.2.

Table 3.2.

<i>j/i</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8.6	8.0	2.0	1.0	4.2	4.2	2.2	1.7	0.9
1	2.4	6.3	3.6	0.3	6.0	7.8	4.8	0.7	0.8
2	0.5	5.9	2.9	2.6	4.1	1.5	4.1	9.6	3.8
3	1.7	1.9	1.0	2.3	6.2	0.9	8.4	4.5	5.2
4	2.2	2.3	7.1	8.6	0.0	4.7	4.3	1.8	1.4
5	7.9	2.4	6.7	0.5	3.9	3.3	7.3	4.7	0.7
6	0.8	4.1	0.1	0.6	3.2	6.1	0.8	2.5	9.1
7	1.4	2.7	6.0	0.9	8.5	2.8	8.5	2.8	7.6
8	5.6	3.8	2.9	9.6	2.0	4.4	3.6	8.2	1.0
9	6.3	2.1	7.5	8.8	4.7	2.2	0.9	6.3	6.8
10	4.5	6.0	9.1	4.0	4.3	5.2	1.9	0.1	8.2
11	3.3	3.6	6.1	6.6	4.2	0.1	9.1	2.9	2.7
12	2.8	9.8	7.8	9.5	5.8	7.7	3.1	8.6	8.7
13	8.7	9.0	5.4	0.0	3.4	9.7	3.4	7.1	9.7
14	8.7	9.5	3.9	0.5	9.5	9.0	2.7	9.2	2.2

Source: calculated by the author.

Expenses c_{ij} in Table 3.2 include also losses due to impossibility of ASS delivery because of weather conditions or other force majeure circumstances at selected locations of the Mobile Drone's Units.

Stage II. Problem solution

For each k there have been calculated the optimal location points i_η , $\eta = 1, \dots, k$, and the value of the criterion F calculated by the formula (3.1) are calculated (see Table 3.3).

Table 3.3

Optimal placement of k points and the value of F criterion

<i>k</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>i</i>₀	3	3	3	3	3	0	0	0
<i>i</i>₁	6	6	5	5	4	3	1	1
<i>i</i>₂		8	6	6	5	4	3	2
<i>i</i>₃			8	7	6	5	4	3
<i>i</i>₄				8	7	6	5	4
<i>i</i>₅					8	7	6	5

<i>i₇</i>							8	7	6
<i>i₈</i>								8	7
<i>i₉</i>									8
F	36.1	30.6	29.5	32.7	36.2	40	44	48.5	

Source: calculated by the author.

It can be seen in Table 3.3 that the value of the criterion $F(x, z)$ will be minimal and equal to 29.5 at $k^* = 4$, if there potentially possible 9 locations. The diagram showing the dependence of $F(x, z)$ on k according to Table 3.3 is shown in Fig. 3.1. This criterion also has the value close to the optimal one for the number of $k^* = 3$ and $k^* = 5$ of the MDU bases.

The optimal assignment of clients to the MDU locations at $k^* = 4$ is presented in Table 3.4. Here is the optimal fixation at $k^* = 5$.

Table 3.4.

Optimal assignment of clients j to the MDU locations i at $k = 4$ and $k = 5$

<i>j</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<i>F</i>
<i>i, k =</i>	3	3	5	5	8	3	3	3	8	6	6	5	6	3	3	29.5
4																
<i>i, k =</i>	8	3	5	5	8	3	3	3	8	6	7	5	6	3	3	32.7
5																

Source: designed by the author.

In accordance with the Table 3.3 and Fig. 3.1, the optimal number of MDU is $k^*=4$. These points, in accordance with the all conditions, are located in the areas of the settlements Alajuela, Tilaran, Puerto Limon and Jaco, are marked with pyramids on the map Fig. 3.2 ¹⁶⁵.

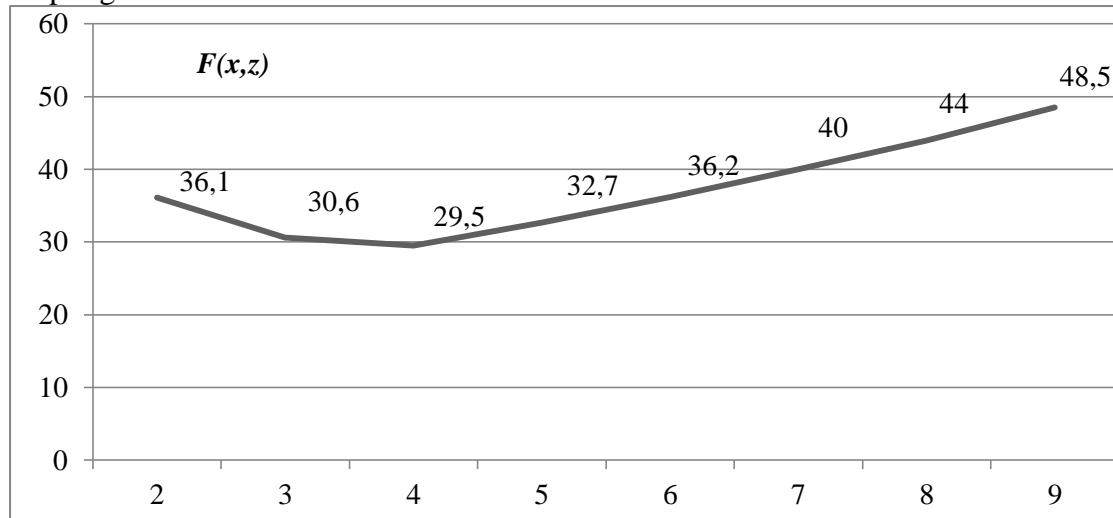


Figure 3.1 The graph of dependency of $F(x, z)$ on k

Source: designed by the author.

With a larger dimension of the problem, the time of its solution increases non-linearly, and with a sufficiently large dimension it cannot be controlled by the task manager, in the sense that there is uncertainty that the computer is not “frozen”. Thus, with a large dimension of the initial problem, the role of the first stage of its solution is important; it is the expert heuristic reduction of the number of potential MDU locations

¹⁶⁵ Sulima N., Combinatory method of optimization of regional basing of mobile units of commercial. In book: "Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2018". Springer International Publishing: pp. 168-177., ISBN 978-3-030-12449-6

and, thus, a significant reduction in the dimension of the problem solved at the second stage by the combinatorial method.



*Figure 3.2. The map of optimal locations of MDU-base
(Source: location of the MDU bases, designed by the author.)*

2.3. Application of Linear Programming for the Territorial Placement of Mobile Drone's Units in Costa Rica

In the formulated problem of territorial placement, the essential requirement is that the unknown variables can take only two values: 0 and 1.

If to exclude the integer condition, then there **is a problem** with the function of purpose (3.1), constraints (3.3, 3.5) and non-negative variables $\{x_i, z_{i,j} : i = 0, \dots, n-1; j = 0, \dots, m-1\}$, **which can be solved by linear programming methods**^{166, 167, 168, 169}, as it is proposed in the publication¹⁷⁰.

The use of this method also makes it possible to **generalise the problem under consideration** by assuming as an additional condition, that the **maximum number of clients s assigned to each Mobile Drone's Units placement point is not the same for all bases, but it is equal to si for the i-th point**. Now s will be an n -dimensional vector-column $s = (s_1, \dots, s_n)^T$. Next, $diag(s)$ is denoted as a diagonal matrix with vector s as the main diagonal¹⁷¹.

Let's introduce $2n + 1$ additional variables and t so that the constraints (3.2), (3.3) и (3.5) will result to equalities: There introduced $2n + 1$ of additional variables v_i , u_i and t , so that to move to the equality in the constraints (3.2), (3.3) and (3.5):

¹⁶⁶ Andronovs A. Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007.

¹⁶⁷ Brualdi R.A. Introductory combinatorics. Third edition. Prentice Hall, New Jersey, 1999.

¹⁶⁸ Муртаф Б. Современное линейное программирование. Москва, Мир, 1984.

¹⁶⁹ Романовский И.В. Алгоритмы решения экстремальных задач. Москва, Наука, 1977.

¹⁷⁰ Sulima Nikolajs, Inna Stecenko. The task of optimizing regional deployment of commercial drone bases. DANĒ – TEORIE A PRAXE. Sborník referátů a abstraktů XX. ročníku mezinárodní odborné conference, Akademie Sting, Brno, 2017 p.p. 158-166.

¹⁷¹ Turkington D.A. Matrix Calculus & Zero-One matrices. Statistical and Econometric Applications. Cambridge University Press, Cambridge, 2012.

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_i + t = k, \quad (3.7)$$

$$x_i + v_i = 1, \quad i = 0, \dots, n-1, \quad (3.8)$$

$$\sum_{j=0}^{m-1} z_{i,j} - s_i x_i + u_i = 0, \quad i = 0, \dots, n-1 \quad (3.9)$$

The following vectors are introduced:

$x = (x_0, \dots, x_{n-1})^T$ – n -dimensional vector-column;

$s = (s_0, \dots, s_{n-1})^T$ – is n -dimensional vector-column;

$v = (v_0, \dots, v_{n-1})^T$ – is n -dimensional vector-column;

$u = (u_0, \dots, u_{n-1})^T$ – n -dimensional vector-column;

$z_j = (z_{0,j}, \dots, z_{n-1,j})^T$ – n -dimensional vector-column;

$z = (z_0^T, \dots, z_{m-1}^T)^T = (z_{0,0}, \dots, z_{n-1,0}, z_{0,1}, \dots, z_{n-1,1}, \dots, z_{0,m-1}, \dots, z_{n-1,m-1})^T$ – nm -dimensional vector-column;

$w = (x^T, z^T, u^T, v^T, t)^T$ is $(3n + nm + 1)$ -dimensional vector-column;

$\text{row}(n) = (1, \dots, 1)$ is n -dimensional vector-line with units,

$\text{zero}(m) = (0, \dots, 0)$ – m -dimensional vector-line with zeros,

$f = (f_0, \dots, f_{n-1})^T$ – n -dimensional vector-column of cost coefficients at $\{x_i\}$;

$c = (c_{0,0}, \dots, c_{n-1,0}, c_{0,1}, \dots, c_{n-1,1}, \dots, c_{0,m-1}, \dots, c_{n-1,m-1})^T$ – nm -dimensional vector-column of cost coefficients at $\{z_{i,j}\}$;

$d = (k, \text{row}(n), \text{row}(m), \text{zero}(n))^T$ is $(2n + m + 1)$ -dimensional vector-column of intercept terms

There introduced the following notations for matrices.

Let $O_{m \times n}$ mean a matrix of order $m \times n$ of zeros. Let the matrix A be of order $m \times n$ and the matrix B be of order $k \times p$. Their Kronecker product $A \otimes B$ is a matrix of order $mk \times np$ resulting from replacing in matrix A each element $A_{i,j}$ by matrix B multiplied by $A_{i,j}$.

Next, there constructed a matrix of constraints A for linear programming task. It will be a block matrix of order $(2n + m + 1) \times (3n + nm + 1)$:

$$A = \begin{pmatrix} A_{0,1} & A_{0,2} & A_{0,3} & A_{0,4} \\ A_{1,1} & A_{1,2} & A_{1,3} & A_{1,4} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & A_{2,3} & A_{2,4} \\ A_{3,1} & A_{3,2} & A_{3,3} & A_{3,4} \end{pmatrix}$$

where:

$$\begin{aligned}
A_{0,1} &= \text{row}(n) = (1 \dots 1)_{1 \times n}, \\
A_{0,2} &= \text{zero}(nm) = (0 \dots 0)_{1 \times nm}, \\
A_{0,3} &= \text{zero}(n) = (0 \dots 0)_{1 \times n}, \\
A_{0,4} &= \text{zero}(n) = (0 \dots 0 \ 1)_{1 \times (n+1)}, \\
A_{1,1} &= I(n), \\
A_{1,2} &= O_{n \times mn}, \\
A_{1,3} &= O_{n \times (n+1)}, \\
A_{1,4} &= (I(n) | \text{zero}(n)^T), \\
A_{2,1} &= O_{m \times n}, \\
A_{2,2} &= I(m) \otimes \text{row}(n)_{m \times nm}, \\
A_{2,3} &= O_{m \times n}, \\
A_{2,4} &= O_{m \times (n+1)}, \\
A_{3,1} &= -\text{diag}(s), \\
A_{3,2} &= \text{row}(m) \otimes I(n)_{n \times nm}, \\
A_{3,3} &= I(n), \\
A_{3,4} &= O_{n \times (n+1)},
\end{aligned}$$

Now the linear programming task is formulated as follows:

To minimize the function

$$F(w) = F(x, z, u, v, t) = f^T x + c^T z \quad (3.10)$$

by non-negative variables x_i, z_{ij}, v_i, u_i, t under constraints:

$$Aw = d. \quad (3.11)$$

Let $\tilde{v} = (v^T \ t)^T = (v_1 \dots v_n \ t)^T$. Then in the expanded form of restriction (3.9) it is possible to present as follows:

$$A = \begin{pmatrix} A_{0,1} & A_{0,2} & A_{0,3} & A_{0,4} \\ A_{1,1} & A_{1,2} & A_{1,3} & A_{1,4} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & A_{2,3} & A_{2,4} \\ A_{3,1} & A_{3,2} & A_{3,3} & A_{3,4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ z \\ u \\ \tilde{v} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k \\ \text{row}(n) \\ \text{row}(m) \\ \text{zero}(n) \end{pmatrix},$$

or

$$\begin{aligned}
A_{0,1}x + A_{0,2}z + A_{0,3}u + A_{0,4}\tilde{v} &= k, \\
A_{1,1}x + A_{1,2}z + A_{1,3}u + A_{1,4}\tilde{v} &= \text{row}(n), \\
A_{2,1}x + A_{2,2}z + A_{2,3}u + A_{2,4}\tilde{v} &= \text{row}(m), \\
A_{3,1}x + A_{3,2}z + A_{3,3}u + A_{3,4}\tilde{v} &= \text{zero}(n),
\end{aligned}$$

Moreover,

$$\begin{aligned}
& \text{row}(n)x + I(n)x + I(m) \otimes \text{row}(n)z - \text{diag}(s)x + \text{row}(m) \otimes I(n)z + I(n)u & t & = k, \\
& & \left(I(n) \mid \text{zero}(n)^T \right) \tilde{v} & = \text{row}(n), \\
& & & = \text{row}(m), \\
& & 0 & = \text{zero}(n),
\end{aligned}$$

Now the problem has $2n + m + 1$ constraints and $n(m + 3) + 1$ variables and the dimension of the problem $h = 2n + m + 1 + n(m + 3) + 1$.

To solve the set problem (3.10)-(3.11), taking into account the additional conditions (3.7) - (3.9), the *simplex method is used*.

The **computational procedure** of this task in general form, based on the publication¹⁷², as well as its solution on specific initial data presented in (3.6) and in Tables 3.2 and 3.3 at $m = 15$ and $n = 9$, which are **described in Appendix 3 to this Chapter**. Further there illustrated the steps of this linear programming procedure. At first we do not take into account the restrictions on the maximum number of clients assigned to one database, i.e. as before, it is assumed that all $s_i = 15$. The dimension of the problem for $n = 9$, $m = 15$, and $k = 7$ is $h = (2n + m + 1) + (3n + nm + 1)$. If it is solved by the combinatorial method (for $k = 7$), the search time for such a number of options $C_h^k > 1 \times 10^{14}$ at a laptop clock frequency of about 2 GHz will be dozens of hours, which is unacceptable.

The corresponding *protocol of the computational procedure* described in Appendix 3 and reflecting the results of individual iterations completion is presented in Table 3.5.

Table 3.5.

Procedure-by-procedure changes of the value of the criterion $F(w)$ in the process of solving the optimisation task of linear programming by simplex method

η/St	0	1	2	3	4	5	6	7
0	16	16	16	16	16	16	17	17
1	21	21	21	21	21	21	21	21
2	35	35	35	35	35	32	32	32
3	44	44	44	44	41	41	41	41
4	52	52	52	52	52	52	52	53
5	57	57	57	57	57	57	57	57
6	66	66	66	66	66	66	66	66
7	75	75	75	75	75	75	75	75
8	88	89	89	89	89	89	89	86
9	98	98	98	96	96	96	96	96
10	106	106	106	106	106	106	106	106
11	114	114	114	114	114	114	114	114
12	122	122	122	122	122	122	122	122
13	130	130	130	130	130	130	130	130
14	138	138	138	138	138	138	138	138
F	60.1	52.9	46.4	40.5	36.2	33.9	33.1	32.7

Source: designed by the author.

In this table, the rows (η) correspond to the numbers of the variables $\{z_{i,j}\}$, which are basic. The remaining base variables are not represented because the variables $\{x_i\}$ do not change and the remaining variables are uniquely determined by the values represented. The columns correspond to the numbers (St) of the optimisation iterations. The zero column

¹⁷² Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

describes the initial basis described above. Each subsequent column gives a new basis obtained after the next iteration. The last line contains the value $F(w)$ of the criterion (3.10) for this basic solution. The table shows that the value of the criterion decreased from 60.1 to 32.7. A total of eight iterations were performed. The results of the last (8th) iteration are not presented because they coincide with the results of the previous iteration. The optimal solution is contained in the last column of the table. This solution, described in terms of location numbers i and customers' numbers j , is shown in Table 3.6.

Table 3.6.

Calculated assignment of j clients to the MDU placements i according to Table 3.5

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
i	8	3	5	5	8	3	3	3	8	6	7	5	6	3	3

Source: designed by the author.

- 1) execution of the computational procedure took 7 steps, which significantly reduces the time of obtaining the final result compared to the combinatorial method. Obviously, with a larger dimension of the problem, this difference will increase more than proportionally).
- 2) It can be seen (Table 3.5, the last row and column) that the value of the criterion $F(w)$ has changed from a value of 60.1 to a value of 32.7, which exactly corresponds to the calculated value obtained by the combinatorial method at $k^* = 5$ (see Table. 3.4). Therefore, the optimal number of MDU placement points obtained in calculations using the linear programming method is $k^* = 5$. Note that the application of the combinatorial method on the same initial data gives the value of this criterion equal to 29.5, and $k^* = 4$. Thus, the solution of the problem by linear programming method is suboptimal, but not optimal. Further improvement of the criterion $F(w)$ can be made by changing the structure of the basic x -variables (starting from the initial basis) and repeating the computational procedure described in Appendix 3. In this case, the total time to obtain the final result, which will satisfy the task manager, increases in proportion to the number of repetitions of the solution of this task. It is also not obvious that the finally accepted result will be the same as when using the combinatorial method. Therefore, the obtained solution of the problem as a linear programming problem is optimal only on the selected structure of the basis x -variables.
- 3) From Table 3.6 it follows that the placement points of Mobile Drone's Units exactly coincide with the points calculated by the combinatorial method (see Table 3.6) at $k^* = 5$. They are the points with numbers 8, 3, 5, 6, 7. The time to solve the problem by the simplex method was less than 10 minutes. Application of the combinatorial method for $n = 8, 9$ gives $k^* = 4$.

Further there generalised the problem under consideration by assuming, as an additional condition, that **the maximum number of clients s assigned to each point is not the same for all items, but it equals to s_i for the i -th item**. As it has been noted earlier, in the formulation of the problem as a linear programming task, in contrast to the combinatorial method, using which it is almost impossible to do. From the results demonstrated in Table 3.6 it can be seen that the largest number of clients is assigned to point 3 and it is equal to 6. Now it is supposed that there introduced an additional restriction on this number, namely, it should not exceed 4 for all bases.

In this case, the combinatorial method described earlier is not applicable and it is necessary to use the linear programming method. To do this, it is necessary to adjust the vector $s = (s_0, \dots, s_{n-1})^T$, which determines the maximum number of clients assigned to different databases. Now it will be like that:

$$s = (4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4)^T.$$

As it happened before, it is assumed that the basis includes 5 variables from the variables $\{x_i\}$; they are x_3, x_5, x_6, x_7, x_8 with numbers 3, 5, 6, 7, 8, and 4 variables v_0, v_1, v_2, v_4 from variables $v_i, i = 0, \dots, n-1$, are the basic ones. The initial values of the basis variables $z_{i,j}$ and their numbers in the general list of basis variables are presented in Appendix 3.

The corresponding Protocol of the computational procedure is given in Table 3.7.

Table 3.7.

Protocol of computational procedure of linear programming with additional restriction

η/St	0	1	2		3
0	17	17	17		17
1	21	21	21		21
2	32	32	32		32
3	41	41	41		41
4	53	53	53		53
5	60	60	62		62
6	70	70	70		69
7	75	75	75		75
8	89	89	89		89
9	96	96	96		96
10	106	106	106		106
11	113	113	113		113
12	123	123	123		123
13	133	129	133		133
14	138	138	138		138
F	44.2	37.1	33.1		33.1

Source: designed by the author.

From Table. 3.7 it follows that 3 iterations were enough. The obtained solution is presented in Table 3.8. The value of the purpose function (3.10) $F(w) = 33.1$ corresponds to it; this fact, as well as the assignment of customers to the MDU locations, differs from the previously obtained solution for the case of no limit on the number of assigned customers to the points.

Table 3.8.

Calculated assignment of clients j for the points i according to Table 3.7

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
i	8	3	5	5	8	7	6	3	8	6	7	5	6	7	3

Source: designed by the author.

Conclusions on Chapter 3

According to the results of the study on the territorial location of drones on the example of Costa Rica, the author has made the following conclusions:

1. For the first time there has been formulated and formalised the task in a new area – the provision of services to customers to optimise the territorial location in the region of Mobile Drone's Units, providing air surveillance services. The

- task belongs to the class of typical tasks of the regional economy related to the choice of locations of production of goods/services.
2. The author has developed a combinatorial method for solving the task for cases of its low dimension. It was proven, that the method is applicable only in cases where there is no limit on the number of clients served by each base. The method offered by the author was tested on the example of a Costa Rican company, for which the optimal number (base count 4) and specific locations of Mobile Drone's Units were selected (Alajuela, Tilarán, Puerto Limon and Jaco). Deploying MDU in any other places significantly increases the cost of providing services. For example, by deploying an MDU in only two points expenses increase by 22%, and in 8 points - by almost 65%.
 3. The execution time of the computational procedure for solving the task by the combinatorial method increases nonlinearly with increasing the dimension of the task, and, in general case, when the number of points of potential MDU deployment increases, this time reaches dozens of hours of calculations, which under such conditions makes it impossible to use the combinatorial method for practical use.
 4. For cases with high dimensionality and restrictions to the number of ASSs served by MDUs at each point in the region, the problem of optimizing the territorial distribution of MDUs is adapted as a linear programming problem solved by the simplex method. Such adaptation expands the possibilities of economic and mathematical methods and allows the adapted method to be applied in other areas of the territorial distribution of production of the similar goods / products.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The study conducted by the author in the presented promotional dissertation, allowed formulating the following conclusions:

1. There has been conducted the analysis of the essence of these services in commercial theory and practice. The classification features of drone services are revealed and generalised. The author has proposed and described the feature of locality beyond the natural characteristics of all services, such as: intangibility of the services, inseparability from the source, impermanence of quality, non-preservation nature, since the conduct of the aerial surveillance in the region depends on the terrain of a particular region. The main features of the drone services have been formulated: the source of services (the drone), the presence of a service buyer (client), the motives for purchasing the consumer services and the commercial interest of the seller of the drone services. The author has proposed a model for the implementation of the drone commercial services, indicating the areas of application of drones and formulated functions of the drone commercial services. Special attention is paid to the "surveillance" where the requirements for this function are formulated: activity, purposefulness, planning and premeditation
2. The author has formulated the main classification features of the drone companies for the development of the commercial drone services; a model of the organisational structure of the company in the region, carrying out aerial surveillance services, has been proposed. The Key Performance Area (KPA) indicator and Key Performance Indicator (KPI) have been proposed as the indicators of the efficiency of economic activity of regional drone

- companies. The details and “binding” of the relevant indicators to the object under study – the production of the aerial surveillance services by the drone company. The stages of the process of production of these services (the aerial surveillance services) in the areas of commercial application have been identified and a formula for estimating the total time of execution of the order for the provision of such services has been proposed.
3. It has been revealed that the classical models and the methods for solving discrete tasks of regional economy on the organisation of territorial distribution of goods/services and the choice of locations for such companies can be adapted for the certain task. It is the task of optimization of the placement of the Mobile Drone’s Units of the drone company producing the commercial aerial surveillance services for customers of the respective region.
 4. The author has analysed the legal regulation in the field of drone operation in the USA, Canada, Great Britain, Italy, Latvia, etc. including Costa Rica. The basic problems for the legal solution of operation of drones in the states have been formulated. The economic analysis of the regions of Costa Rica allowed the author to formulate a methodology for assessing the region for the provision of commercial drone services (the aerial surveillance services). There have been considered the following indicators of the assessment of the region: the population in the region, GDP per capita, cultural traditions in the state, geographical and meteorological indicators (duration of the daylight, number of clear days, wind speed in clear days, average air temperature). The author has shown that all of the above factors affect the cost of flight hours of drones.
 5. The author has formulated the stages of planning the economic and business activities of drone companies in Costa Rica to increase the implementation of the commercial drone services. So, it is necessary to develop a strategy for the implementation of drone services, based on the analysis of the market competitors. It is necessary to assess the seasonality factor in the region, which is based on the number of hours spent during the day to shoot the object. On the example of Costa Rica, the author has calculated the hours for shooting depending on the region of the country. The estimation (calculation) of flight time is carried out differentially depending on the type of order. The duration of direct shooting and surveillance for one session has been proposed to calculate by the formula based on the probability of servicing the order with a given duration.
 6. For the formation of prices for the commercial services of drones, *the author has proposed* to distinguish two interacting parts *in the price mechanism*: types, structure, size and dynamics of price changes and pricing as a method, rules for establishing, forming (calculation) of new and changes in the existing prices. It has been proposed to distinguish the types of prices for the aerial surveillance services into the following groups: base price for the ASS; prices for the main (primary) ASS; prices for the additional (secondary) ASS. At the same time, it should be borne in mind that the base price for the aerial surveillance services is the average price for one ASS, the number of which, provided for a certain period of time, on average provides the coverage of the DCo costs for the same period. The prices for the main aerial surveillance services are prices that provide promotion of ASS in the market in a competitive environment with a profit or discount. Profit or discount is determined depending on the specific pricing method in

- each case. On the example of a particular company providing *the aerial surveillance services*, the calculation of prices for services is proposed.
7. *For the development of companies representing the commercial drone services, the author has proposed a model of promotion of drone services via the direct channel* (with level “0”), when DCo sells its services via its own offices, representative offices or web tools in online or offline modes. Online distribution is carried out via the website, where the company resources are placed (types and terms of services, tariffs, types of post-processing of the results of aero-recording and surveillance, etc.). In offline mode, the sale is carried out through the offices (points of basing) of the MDU company or through its call center.
The author has proposed to use the traditional logistics chain of the sales network “DCo – online / offline agents – customers” among the multilevel channel. Online agents are multidisciplinary agents selling not only DCo services but also services in other industries.
 8. The author, for the first time in the theory of regional economy, has formulated and formalised a new problem of optimisation of the territorial location in the region of the Mobile Drone’s Units of a commercial company for the production and provision of drone services to customers (the aerial surveillance services). The task belongs to the class of typical tasks of the regional economy related to the choice of locations of production of goods/services. The Boolean problem is solved by simplex method of directed search and combinatorial method of simple search. The practical problem of selecting the specific locations of Mobile Drone’s Units producing the aerial surveillance services in Costa Rica has been solved. The similar method can be used not only for deploying drone units, but any other companies: as ambulance or emergency stations, as well as bank branches in certain a country or region, etc. The use of this method will contribute to the modern development of the theory of regional economics.

Thus, the hypotheses have been proven, the goals and objectives have been achieved.

Major problems and possible solutions:

First problem

The lack of description of the drone services in the classifier of international commercial services inhibits the widespread use of these services

First solution

To include the commercial drone services in the service description.

Second solution

The effective implementation of the commercial drone services requires the fundamentals based on features and characteristics of services. In the characteristics of drone services, it is necessary to distinguish “locality” and to classify drones by their weight and by the performed functions.

Second problem

In order to promote the development of commercial unmanned aerial vehicle services in the country, it is necessary to carry out market research in the regions of the country, but the necessary data are not available.

First solution

The statistical office of countries should prepare the annual statistical reports on the activities of the drone companies, providing the commercial drone services.

Second solution

The use of the methodology of analysis of the commercial drone services market, proposed by the author, will increase the efficiency of drone companies and boost their number.

Third problem

The lack of methods of drones territorial placement for the provision of the commercial services by drone companies hinders the development of this service sector.

Solution

The territorial location of the Mobile Drone's Units is calculated using the combinatorial method and linear programming.

SATURS

IEVADS	80
1. BEZPILOTA LIDAPARĀTU KOMERCPAKALPOJUMU VEIDOŠANĀS TEORĒTISKIE ASPEKTI	88
1.1. Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu jēdziens, būtība un klasificējošās pazīmes	88
1.2. Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumus sniedzošo uzņēmumu klasificējošo pazīmju novērtējums.....	94
- darbības	96
1.3. Dronu vienību teritoriālā izvietojuma organizācija.....	102
2. BEZPILOTA LIDAPARĀTU KOMERCPAKALPOJUMU EKONOMISKIE UN TIESISKIE ASPEKTI KOSTARIKĀ.....	105
2.1. Aeronovērošanas komercpakalpojumu tiesiskā regulējuma teorētiskie pamati pasaules ekonomikā	105
2.1.1. Aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanas tiesiskā regulējuma teorētiskie pamati Kostarikā	109
2.2. Kostarikas ekonomiski ģeogrāfiskā analīze bezpilota lidaparātu izmantošanas kontekstā.....	112
2.3. Bezpilota lidaparātu uzņēmumu ekonomiski saimnieciskās darbības plānošana Kostarikā	121
3. MOBILO DRONU VIENĪBU TERITORIĀLĀ IZVIETOJUMA OPTIMIZĀCIJA (BALSTOTIES UZ KOSTARIKAS PIEMĒRA)	134
3.1. Dronu teritoriālā izvietojuma īpatnību analīze	134
3.2. Kombinatoriskās metodes izmantošana dronu teritoriālā izvietojuma optimizācijai Kostarikā	136
3.3. Lineārās programmēšanas izmantošana MDV teritoriālā izvietojuma noteikšanai Kostarikā.....	141
NOBEIGUMS UN REKOMENDĀCIJAS	147

ANOTĀCIJA

Straujais zinātniski tehniskais progress un jauna valstu ekonomiskās politikas īstenošanas virziena – inovāciju ekonomikas – attīstība rada pasaules ekonomikai jaunus izaicinājumus un nepieciešamību risināt virkni jaunu jautājumu un uzdevumu, tajā skaitā tādās jaunās jomās kā bezpilota lidaparātu jeb dronu komercpakalpojumi. Šī pakalpojumu veida specifikas pamatā ir reģionālās ekonomikas priekšmetiskā joma, jo galvenie faktori, kas ietekmē bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu kvalitāti, ir saistīti ar konkrēto reģionu, kurā tie tiek sniegti.

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt komercpakalpojumu sniegšanai izmantojamo bezpilota lidaparātu mobilo vienību teritoriālās izvietošanas metodi (kā piemēru aplūkojot situāciju Kostarikā), balstoties uz kombinatoriskās analīzes un lineārās programmēšanas simpleksa metodes.

Pētījuma teorētiskā daļa ir veltīta bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu būtības izpētei un klasificējošo īpašību identificēšanai. Autors ir noformulējis arī bezpilota lidaparātu pakalpojumus sniedzošo uzņēmumu klasificējošās pazīmes, kuras var tikt izmantotas, lai atvieglotu komercpakalpojumu attīstīšanu šajā jomā.

Promocijas darba otrajā nodalā autors ir analizējis bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu tiesisko regulējumu virknē pasaules valstu, tostarp Kostarikā un Latvijā. Balstoties uz Kostarikas reģionu ekonomiski ģeogrāfiskās analīzes, autors ir izstrādājis metodiku bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu realizācijai un virzīšanai tirgū Kostarikas reģionos. Šīs analīzes svarīgākie posmi ir šādi: pakalpojumu cenu veidošanas stratēģijas noteikšana, sezonālo faktoru novērtējums, konkurentu cenu analīze un uzņēmumu piedāvāto bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu virzīšanas kanālu izvēle. Ir noskaidrots, ka šo pakalpojumu cenas ietekmē pasūtījumu izpildei izmantojamā lidojumu laika ilgums, un tas ir izmantots kā pamats arī bezpilota lidaparātu teritoriālā izvietojuma metodikas izstrādē.

Promocijas darba trešā nodaļa balstās uz autora praktiskā darba pieredzes bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu jomā, kas ļāva piedāvāt to teritoriālās izvietošanas metodiku, ar kombinatoriskās metodes un lineārās programmēšanas palīdzību izstrādājot optimālu bezpilota lidaparātu vienību teritoriālo izvietojumu Kostarikas reģionos.

Nobeigumā ir noformulēti secinājumi un ieteikumi.

Atslēgvārdi: komercpakalpojumi, bezpilota lidaparāti, teritoriālais izvietojums, Kostarika.

IEVADS

Pētījuma tēmas aktualitāte

Mūsdienās bezpilota lidaparāti (BPLA) jeb bezpilota gaisa kuģi (angļu val. *Unmanned Aircraft Vehicle – UAV*), saukti arī par droniem¹⁷³, kas aprīkoti ar videoieraksta, fotoattēlu uzņemšanas, spektrometrijas un citām ierīcēm, tiek plaši izmantoti dažādiem mērķiem: militāriem, zinātniskiem, patēriņa (saimnieciskās darbības subjektu interesēs) un komerciāliem (pakalpojumu sniegšanai citiem uzņēmumiem vai privātpersonām). Tos lieto novērošanai, uzraudzībai, sekošanai, meža ugunsgrēku kartēšanai, inspicēšanai, meklēšanas un glābšanas darbiem, apsardzei, ceļu satiksmes kontrolei, preču piegādei utt. Dronu izmantošana komerciālām vajadzībām piedzīvo strauju izaugsmi, kas ir izskaidrojama ar tās vienkāršo izvēršanu, nelielajām uzturēšanas izmaksām un jo īpaši – ar augsto mobilitātes un efektivitātes līmeni. Ir sagaidāms, ka 2021. gadā pārdoto dronu kopējais skaits sasniedgs aptuveni 30 milj. vienību, bet pārdošanas apjoms – 12 mljrd. ASV dolāru¹⁷⁴. Salīdzināšanai var norādīt, ka 2015. gadā dronu (kvadrakopteru) globālais pārdošanas apjoms bija 130 milj. ASV dolāru¹⁷⁵. Tieki prognozēts, ka pasaules tirgus segments, kas aptver aeronovērošanas pakalpojumus (angļu val. *Aerial Surveillance Services – ASS*) ar bezpilota lidaparātu palīdzību, kā arī to nodrošināšanai nepieciešamās tehnoloģijas un darbaspēku, 2023. gadā sasniedgs aptuveni 127,3 mljrd. ASV dolāru¹⁷⁶,¹⁷⁷. Starptautiskās Bezpilota gaisa kuģu sistēmu asociācijas atskaitē ir norādīts, ka ir sagaidāms, ka līdz 2025. gadam šajā jomā radīsies vairāk nekā 100.000 jaunu darba vietu¹⁷⁸.

Aeronovērošanas pakalpojumus (ANP) ar bezpilota lidaparātu palīdzību sniedz jauna veica komercuzņēmumi – „BPLA uzņēmumi”, kuriem līdzšinējā zinātniskajā

¹⁷³ Šeit un turpmāk termini „drons”, „bezpilota lidaparāts” un „bezpilota gaisa kuģis” tiks lietoti kā sinonīmi.

¹⁷⁴ Joshi, D. Commercial unmanned aerial vehicle (UAV) market analysis industry trends, companies and what you should know, Business Insider, 2017 [Electronic resource]:

<http://www.businessinsider.com/commercial-uav-market-analysis-2017-8> [Pieejams augusts 2018]

¹⁷⁵ Snow C., Seven Trends That Will Shape The Commercial Drone Industry In 2019, USA, Forbes [Elektronisks avots]: <https://www.forbes.com/sites/collinsnow/2019/01/07/seven-trends-that-will-shape-the-commercial-drone-industry-in-2019> [Pieejams novembris 2019]

¹⁷⁶ Mazur, M. and Wisniewski, A. Drone Powered Solutions, Price Water House [Electronic resource]: <https://www.pwc.pl/en/drone-powered-solutions/Articles/Drone-Powered-Solutions-for-Power-Utilities-Sector-New-Report-by-PwC-DPS.html> [Pieejams janvāris 2018]

¹⁷⁷ Silver, B., Mazur, M., Wisniewski, A. and Babicz, A. The era of drone-powered solutions: a valuable source of new revenue streams for telecoms operators, Price Water House Communications Review Jūlijs 2017 [Electronic resource]:

<https://www.pwc.com/gx/en/communications/pdf/communications-review-jūlijs-2017.pdf> [Pieejams janvāris 2018]

¹⁷⁸ Kelly, T. The booming demand for commercial drone pilots, The Atlantic 2017 [Electronic resource]: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/01/drone-pilot-school/515022> [Pieejams februāris 2018]

literatūrā pagaidām nav veltīta pienācīga uzmanība, jo šī ir pavisam jauna pakalpojumu joma. Tādēļ šis promocijas darbs, kurā ir pētīti bezpilota lidaparātu pakalpojumu teorētiskie pamati un to teritoriālā izvietojuma organizācijas aspekti, izmantojot mobilas dronu vienības, mūsdienu situācijā ir aktuāls.

Šajā promocijas darbā autors īpašu uzmanību gan no teorētiskā, gan praktiskā viedokļa ir pievērsis šādiem svarīgiem reģionālās ekonomikas aspektiem:

- pētījis un identificējis teritoriāli sadalītu, ar bezpilota lidaparātu palīdzību sniegtu aeronovērošanas pakalpojumu vietējā tirgus specifiku;
- apzinājis un pētījis reģionālās ekonomikas rādītāju mērišanas problēmas bezpilota lidaparātu pakalpojumu jomā;
- izstrādājis teritoriālo apkalošanas kompleksu (BPLA uzņēmumu), kas sniedz aeronovērošanas pakalpojumus, izvietošanas, darbības, un attīstības teorētiskos, metodoloģiskos un lietišķos aspektus, balstoties uz reģionā optimāli izvietotām mobilām dronu vienībām.

Pētījuma tēmas zinātniskās izstrādātības pakāpe

Problēmas, kas saistītas ar aeronovērošanas izmantošanu dažādās tautsaimniecības jomās, kā arī šādus pakalpojumus sniedzošo uzņēmumu (BPLA uzņēmumu) darbības naturālo un vērtībā izteikto rādītāju novērtējumu, ir atspoguļotas daudzās zinātniskās publikācijās gan ekonomikas literatūrā, tostarp D. Džoši, P. Konas un M. Langstafas, H. Šehatreha u.c., S. Heijatas, E. Janmaza un R. Muzafera, N. Muhiri un S. Kimata, A. Agbejangi un A.B. Olorunlomeru darbos, gan daudzu globālu, starptautisku bezpilota lidaparātu uzņēmumu tīmekļvietnēs – *Airstoc.com*, *Applus*, *Azur Drones group*, *Microdrones*. BPLA komercpakalpojumiem izmantojamā aprīkojuma sastāvu un tam izvirzītās prasības nosaka Starptautiskās Civilās aviācijas organizācijas (ICAO) Apkārtraksts 328 AN/190, turklāt to visai detalizēti ir aprakstījis H. Eizenbeiss. Kā autorus, kas savās publikācijās ir pētījuši ar dronu izmantošanu saistītās komercdarbības organizācijas un tostarp BPLA operatoru atalgojuma jautājumus, var minēt A. Amato, A. Lembu un D. Dallasu.

ANP specifiku un sniegšanas nosacījumus būtiski ietekmē reģionālās īpatnības. Kā pētījuma reģions ir izraudzīta Kostarika, kur šī promocijas darba autors izmanto savas zināšanas praktiskajā darbībā, strādājot BPLA uzņēmumā, un veic sava darba teorētisko nostādņu aprobāciju. Taču Kostarikā iegūto pieredzi var izmantot arī ES valstīs, atbilstīgi pielāgojot klasifikāciju NUTS 3, tajā skaitā Latvijā un citās Baltijas valstīs. Komerciālo ANP, to sniegšanas nosacījumu un rādītāju specifika īpaši izteikti

izpaužas reģionos ar kontrastējošu tajos ietilpstoto rajonu daudzveidību, kas ietver tādus aspektus kā:

- reģiona ekonomikas struktūra, kas nosaka tautsaimniecības nozares un jomas, kurās ir lielākais pieprasījums pēc aeronovērošanas pakalpojumiem;
- transporta infrastruktūra un pakalpojumu sniegšanas vietu pieejamība;
- dabas un reljefa īpatnības (kalni, plakankalnes un līdzenumi);
- klimata apstākļi (saules un lietus aktivitāte, tiešas redzamības attālums, vēji, orkāni);
- tiesību un normatīvie akti, kas reglamentē BPLA komercuzņēmumu darbību.

Būtiska ietekme uz BPLA uzņēmumu pakalpojumu sniegšanas rādītājiem ir dronu lietderīgā lidojumu laika ilgumam.

Viena no specifiskajām iezīmēm, kas piemīt aeronovērošanas pakalpojumu jomai, ir tāda, ka šie *pakalpojumi ir „piesaistīti” ģeogrāfiskām vietām, kurās tie tiek sniegti*. Šādā izpratnē klients nevis „dodas pie pakalpojuma”, bet pakalpojums tiek „nogādāts” tā sniegšanas vietā, proti, vietā, kurā klientam tas ir nepieciešams. Tā kā dronu lidojumu rādiuss ir ierobežots (daži kilometri), būtisku darba apjomu BPLA uzņēmumiem rada to nogādāšana līdz pakalpojumu sniegšanas vietai. Minētā specifika apgrūtina BPLA uzņēmumam mobilu ANP nodrošināšanu no viena centra, un līdz ar to rodas ideja par mobilo dronu vienību (MDV) izveidi uzņēmuma sastāvā un to izvietojuma teritoriālā sadalījuma optimizāciju reģionā, apvienojot prasības pēc tā, lai šādi pakalpojumi aptvertu klientus visā reģiona teritorijā, un tā, lai vienlaikus būtu nodrošināta šādu pakalpojumu sniedzēja darbības ekonomiskā efektivitāte. Šādi uzdevumi attiecībā uz aplūkojamo pakalpojumu jomu vēl nav risināti. Taču citās jomās līdzīga veida uzdevumi ir pazīstami kā *klasiski diskrētie reģionālās ekonomikas uzdevumi* saistībā ar preču ražotņu vai pakalpojumu sniegšanas vietu teritoriālo izvietojumu. Agrākajās publikācijās, kas veltītas šādai lietišķajai problemātikai, autori risina uzdevumus, kā optimāli izvietot rūpniecības uzņēmumus (J. Krarups un P.M. Pruzans); noliktavas (B.M. Humavala); banku filiāles (Ž. Kornižols, M.L. Fišers un Dž.L. Nemhauzers). Šādu uzdevumu formalizācijas un risināšanas klasiskos pamatus ir aprakstījuši tādi zinātnieki kā A. Andronovs, N. Asgars, R.A. Brualdi, R.Z. Farahani, R.L. Frensiess, P.B. Mirčandani, Dž. Nosedals un S.Dž. Raits, M.S. Seifs.

Promocijas darba autora praktiskā un teorētiskā darba pieredze bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu jomā ir apliecinājusi, ka mobilo dronu vienību

teritoriālā izvietojuma jautājumi zinātniskajā literatūrā un tostarp reģionālās ekonomikas jomā nav aplūkoti.

Rezumējot iepriekš izklāstīto, jānorāda, ka augšminētajā kontekstā reģionālo aeronovērošanas pakalpojumu teorētisko aspektu izpētes, kā arī komercpakalpojumu sniegšanai izmantojamo mobilo dronu vienību teritoriālā izvietojuma optimizācijas uzdevumu nostādne un risināšana, kam pievēršas autors, apliecinā Šī promocijas darba aktualitāti.

Autora izvirzītās hipotēzes

1. Aeronovērošanas komercpakalpojumi, ko sniedz BPLA uzņēmumi reģionos ar kontrastējošām specifiskajām īpatnībām, ir jābalsta uz mobilo dronu vienību izmantošanas.

2. Mobilo dronu vienību optimāls izvietojums reģionā, kas izstrādāts ar lineārās programmēšanas palīdzību, nodrošina uzņēmumu rīcībā esošo MDV efektīvu izmantošanu.

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt komercpakalpojumu sniegšanai izmantojamo mobilo dronu vienību teritoriālo izvietojumu (kā piemēru aplūkojot situāciju Kostarikā), balstoties uz kombinatoriskās analīzes un lineārās programmēšanas simpleksa metodes.

Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, bija nepieciešams izpildīt šādus **uzdevumus**:

1. analizēt ar bezpilota lidaparātu palīdzību sniegto aeronovērošanas komercpakalpojumu, kā arī šādus pakalpojumus sniedzošo uzņēmumu klasificējošās pazīmes un šo uzņēmumu darbības rādītājus dažādos valsts reģionos;

2. atklāt un analizēt regiona BPLA uzņēmumu sniegto aeronovērošanas pakalpojumu galvenos teorētiskos aspektus;

3. izpētīt aeronovērošanas komercpakalpojumu tiesiskā regulējuma teorētiskos pamatus pasaules ekonomikas, tostarp Kostarikas, kontekstā;

4. veikt Kostarikas reģionu ekonomiski ģeogrāfisko analīzi, lai novērtētu valsts īpatnību ietekmi uz aeronovērošanas komercpakalpojumu cenu veidošanos;

5. piedāvāt metodiku bezpilota lidaparātu komercuzņēmumu ekonomisko rādītāju novērtēšanai, nesmot vērā valsts reģionu ģeogrāfiskos, administratīvos un tiesiskos aspektus un kultūras tradīcijas (kā piemēru aplūkojot Kostariku);

6. izstrādāt metodi savstarpēji saistītu, aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanai izmantojamu mobilo dronu vienību optimālai izvietošanai valsts reģionos.

Pētījuma objekts ir aeronovērošanas komercpakalpojumi Kostarikā, kas tiek sniegti, izmantojot bezpilota lidaparātus.

Pētījuma subjekts ir bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu ietekmes uz reģionu ekonomiku īpatnības un likumsakarības.

Pētījuma metodes

Pētījumā izmatotā metodika ietver sistēmisku pieeju aplūkojamo problēmu risināšanai, nodrošinot kvalitatīvo un kvantitatīvo metožu vienotību. Darba izstrādē tika izmantotas šādas metodes:

- plaša zinātniskās literatūras klāsta apskats, lai analizētu ar bezpilota lidaparātu palīdzību sniedzamo aeronovērošanas pakalpojumu teorētiskos aspektus;
- ekspertvērtējums, oficiālie statistikas dati par bezpilota lidaparātu izmantošanu aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanā un to apstrādes metodes, ko nodrošina datorprogramma *Excel*;
- ar bezpilota lidaparātu palīdzību sniegtu aeronovērošanas pakalpojumu reģionālās specifiskas kontentanalīze un ekonomiskā analīze;
- kombinatoriskā analīze un lineārās programmēšanas simpleksa metode, lai atrisinātu mobilo dronu vienību reģionālā izvietojuma optimizācijas uzdevumu;
- matemātiskās modelēšanas valodas *Mathcad* instrumentu kopums, lai veiktu izstrādāto ekonomiski matemātisko modeļu validāciju.

Darbā ir plaši izmantots analītiskais materiāls, kas publicēts specializētos zinātniskajos izdevumos. Tā ietvaros ir apstrādāta arī informācija, kas pieejama ASV, Latvijas, Kostarikas, kā arī starptautisko organizāciju, tajā skaitā Starptautiskās Civilās aviācijas organizācijas un starptautisko bezpilota lidaparātu asociāciju un ar tiem saistīto pakalpojumu sniedzēju oficiālajās tīmekļvietnēs.

Pētījuma ierobežojumi

Autors pēta Kostariku kā reģionu, kurā tiek sniegti aeronovērošanas komercpakalpojumi, kā arī veikta BPLA uzņēmuma mobilo dronu vienību izvietojuma punktu skaita un topoloģijas optimizācija. Lai veiktu aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas procesa dažādu rādītāju un nosacījumu salīdzinošu analīzi, autors izmanto laikrindu datus, ko publicējusi Kostarikas oficiālā organizācija (par 2007.–2018. gadu).

Pētījuma zinātniskie rezultāti

Autors ir izpētījis problēmas, kas saistītas ar aeronovērošanas pakalpojumu efektīvu organizāciju un sniegšanu, izmantojot komercuzņēmuma mobilo dronu vienību teritoriālu sadalījumu reģionā. Iegūtie rezultāti ir šādi:

1. ir identificētas ar mobilo dronu vienību palīdzību sniedzamo aeronovērošanas komercpakalpojumu jomas klasificējošās pazīmes un īpašības, kā arī piedāvāts bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu sniegšanas modelis;
2. ir analizēti bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu realizācijas tiesiskie aspekti valstīs, kuras šajā nozarē ieņem līderpozīcijas pasaulei. Balstoties uz Kostarikas ekonomiski ģeogrāfisko un nacionālo īpatnību analīzes, ir noformulēta bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu novērtēšanas metodika un piedāvāts modelis to virzīšanai valsts tirgū;
3. ar Būla programmēšanas metožu palīdzību ir atrisināts uzdevums, kas saistīts ar mobilo dronu vienību izvietojuma punktu skaita optimizāciju, lai nodrošinātu atbilstīgu teritoriālo sadalījumu klientu apkalpošanai reģionā;
4. pirmoreiz ir noformulēti konceptuālie principi aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanai reģionos ar mobilo dronu vienību palīdzību.

Promocijas darba praktiskā vērtība

Iegūtie rezultāti ir vērsti uz BPLA uzņēmumu aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanas procesu efektivitātes palielināšanu dažādās tautsaimniecības nozarēs. Rezultāti ir izmantoti Kostarikas BPLA uzņēmuma darbībā (skatīt parakstīto lietošanas aktu), kā arī Baltijas Starptautiskās akadēmijas maģistrantūras studiju programmas akadēmiskajā kursā „Vadīšana makroekonomiskā vidē”.

Pētījuma laika un reģionālās robežas

Teorētisko aspektu analīze, kā arī empīrisko datu vākšana aptver laikposmu no 2007. līdz 2017. gadam un daļēji arī 2018. gadu.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. Bezpilota lidaparātu pakalpojumus sniedzošo uzņēmumu teritoriālais izvietojums ir atkarīgs no aeronovērošanas komercpakalpojumu klasificējošajām pazīmēm.
2. Lai nodrošinātu bezpilota lidaparātu pakalpojumus sniedzošo uzņēmumu darbības attīstību, ir nepieciešams aprēķināt aeronovērošanas komercpakalpojumu ekonomiskos rādītājus.

3. Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu attīstība reģionā ir atkarīga no mobilo dronu vienību izvietošanas punktu skaita un novietojuma optimizācijas klientu teritoriālās apkalpošanas nodrošināšanas nolūkā.

Pētījuma rezultātu prezentēšana

Pētījuma teorētiskie un praktiskie rezultāti ir atspoguļoti zinātnisko rakstu un kopsavilkumu publikācijās starptautiskās konferencēs: V (2016), VI (2017), VII (2018), VIII (2019) Starptautiskajās zinātniski praktiskajā konferencēs „*The Transformation process of law, the regional economy and economic policy: the relevant economic and political and legal issue*”, konferencē „*Reliability and Statistics in Transportation and Communication*” (*RelStat 2018*), kā arī autora sniegtajā intervijā reģionālajam tīmekļa izdevumam (www.nacion.com/somos-celebres/drones-de-la-ciencia-ficcion-a-la-realidad).

Darba struktūru nosaka pētījuma mērķis, uzdevumi un logika. Promocijas darbs sastāv no ievada, trim nodaļām un nobeiguma, kā arī atsaucēm.

Ievadā ir pamatota pētījuma aktualitāte, izvirzīta pētījuma hipotēze, mērķi un uzdevumi, noformulēts pētījuma subjekts un objekts, aprakstīta tā zinātniskā novitāte un praktiskā vērtība, kā arī atspoguļots pārskats par izmantotajiem literatūras avotiem un zinātniskajām metodēm.

1. nodaļā autors ir pētījis bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu būtību un noformulējis to klasificējošās pazīmes. Ir pētīti komercpakalpojumi un to īpatnības, ņemot vērā bezpilota lidaparātu pakalpojumu jomas specifiku. Autors ir veicis bezpilota lidaparātu komercpakalpojumus sniedzošo uzņēmumu klasificējošo pazīmju novērtējumu un uz tā pamata piedāvājis šādu pakalpojumu sniegšanas modeli. Šajā nodaļā ir pētīti arī dronu vienību teritoriālā izvietojuma organizācijas teorētiskie aspekti.

2. nodaļā ir aplūkoti aeronovērošanas komercpakalpojumu tiesiskā regulējuma pamati pasaules valstīs, tostarp Latvijā un Kostarikā. Balstoties uz veiktās Kostarikas ekonomiski ģeogrāfiskās analīzes, autors ir ierosinājis metodiku bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu cenas novērtēšanai, balstoties uz vienas lidojuma stundas izmaksām. Balstoties uz Kostarikas piemēra, tiek piedāvāta stratēģija uzņēmumu komercpakalpojumu virzīšanai tirgū.

3. nodaļā ir atspoguļota jaunu metožu izstrāde aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanai pasūtītājiem reģionā paredzēto mobilo dronu vienību

teritoriālā izvietojuma optimizācijas uzdevuma risināšanai. Metodes ir aprobētas, pielietojot tās noteiktam mobilo dronu vienību izvietojuma punktu skaitam un atrašanās vietai specifiskajos Kostarikas apstākļos. Ar šo metožu palīdzību iegūtie uzdevumu risināšanas rezultāti ir atspoguļoti salīdzinošā veidā.

Nobeigumā ir noformulēti secinājumi un ieteikumi.

Promocijas darbam ir tris pielikumi, kas papildina tā pirmo, otro un trešo nodaļu.

1. BEZPILOTA LIDAPARĀTU KOMERCPAKALPOJUMU VEIDOŠANĀS TEORĒTISKIE ASPEKTI

1.1. Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu jēdziens, būtība un klasificējošas pazīmes

Lai sasniegtu izvirzīto promocijas darba mērķi, vispirms ir nepieciešams aplūkot bezpilota lidaparātus jeb dronus, kas veido pētījuma objekta pamatu. 2005. gada 12. aprīlī Starptautiskās Civilās aviācijas organizācijas 169. sesijas pirmajā sanāksmē Aeronavigācijas komisija pirmoreiz pieprasīja ģenerālsekretnāram konsultēties ar izvēlētām valstīm un starptautiskām organizācijām par pašreizējām un paredzētajām starptautisku civilo bezpilota lidaparātu darbībām civilās aviācijas gaisa telpā, procedūrām, kuru mērķis ir novērst civilās aviācijas gaisa kuģu apdraudējumu, ko izraisa bezpilota lidaparāti, kas tiek ekspluatēti kā valsts gaisa kuģi, kā arī procedūrām, kas būtu ieviešamas, lai izsniegtu īpašas atļaujas starptautiskām operācijām ar civilajiem bezpilota lidaparātiem jeb tādiem lidaparātiem, kuros neatrodas pilots.

Arī Eiropas Savienībā Eiropas Aviācijas drošības aģentūra (EASA) ir ieviesusi dronu jēdzienu un regulē to izmantošanu. Lai nodrošinātu dronu brīvu apriti un līdzvērtīgus konkurences apstākļus Eiropas Savienībā, EASA ir izstrādājusi kopīgus Eiropas noteikumus. Izvēlētā pieeja paredz, ka augstākā līmeņa drošības standarti, kas sasniegti pilotētu gaisa kuģu aviācijā, tiek piemēroti arī droniem. Noteikumu pamatā ir darbības riska novērtējums, un tajos tiek panākts līdzvars starp dronu ražotāju un operatoru pienākumiem saistībā ar drošību, privātuma ievērošanu, vides aspektiem un aizsardzību pret troksni un drošumu¹⁷⁹. Saskaņā ar Starptautiskās Gaisa transporta asociācijas (IATA) definīciju par bezpilota lidaparātiem tiek uzskatītas tālvadības gaisa kuģu sistēmas (RPAS), ko parasti dēvē par droniem un arvien plašāk izmanto komerciālos un izklaides nolūkos¹⁸⁰.

Dronu izpētei ir pievērsušies daudzu valstu zinātnieki, tostarp arī Latvijas. Taču jānorāda, ka šie pētījumi ir saistīti galvenokārt ar tehniskajām zinātnēm. Piemēram, Ē. Kļaviņa un V. Zagurska rakstā „Bezpilota lidaparāta kustības trajektorijas noteikšana atklātā vidē” ir atspoguļoti pamati jaunai metodei, kuru var izmantot bezpilota lidaparātu trajektorijas noteikšanai¹⁸¹.

G. Zollingers pētnieciskajā rakstā „Bezpilota lidaparātu attīstība Vācijā (1914–1918)¹⁸²” ir pievērsies bezpilota gaisa kuģu izmantošanai Vācijā pagājušā gadsimta sākumā.

Tādējādi, aplūkojot pieejamos avotus, ir secināms, ka ekonomikas zinātņu jomā nav veikti pētījumi, kas veltīti bezpilota lidaparātu komerciālai izmantošanai.

Lai radītu priekšstatu par bezpilota lidaparātu izmantošanu komercpakalpojumu sniegšanai, vispirms ir jādefinē pakalpojuma jēdziena būtība un saturs. Oksfordas

¹⁷⁹ European Union Safety Agency, Introduction of a regulatory framework for the operation of drones, A-NPA Vol.10, RMT: 31.7.2015 [Elektronisks avots]: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas/drones-regulatory-framework-background> [Pieejams septembris 2017]

¹⁸⁰ The International Air Transport Association, Program description: Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) [Elektronisks avots]:<https://www.iata.org/whatwedo/safety/Pages/drones.aspx> [Pieejams oktobris 2018]

¹⁸¹ Kļaviņš, E., Zagurskis V., Unmanned Aerial Vehicle Movement Trajectory Detection in Open Environment Procedia Computer Science, 2016, Vol.104, 400.-407.p. ISSN 1877-0509.

doi:10.1016/j.procs.2017.01.152

¹⁸² Sollinger, G., The Development of Unmanned Aerial Vehicles in Germany (1914 – 1918) Humanitārās un sociālās zinātnes. RTU Nr.16, 2010, 24.-31.lpp

vārdnīcā ir teikts, ka pakalpojums ir palīdzība vai darba veikšana kāda cita labā¹⁸³. P. Zeitamla¹⁸⁴, S. Vargo un R. Laša¹⁸⁵ pētījumā pakalpojuma jēdziens ir precīzēts, raksturojot to kā procesu un salīdzinot to ar precēm. Komerciālai izpratnei tuva definīcija ir piedāvāta K. Makkonela un S. Brū klasiskajā darbā „Ekonomika”: „Pakalpojums ir kaut kas netaustāms (neredzams) un tāds, apmaiņā pret kuru patērētajs, uzņēmums vai valdība ir gatavi dot kaut ko vērtīgu”¹⁸⁶. D.L. Kejs, Dž.E. Prets un M. Vornere rakstā „Pakalpojumu loma reģionālās ekonomikas izaugsmē” raksturo komercpakalpojumu šādi: „pakalpojums ir jebkāds pasākums vai labums, kas tiek piedāvāts citiem par maksu”¹⁸⁷. Šī promocijas darba tēmas kontekstā pakalpojumi tiks aplūkoti tikai kā komerciāli maksas pakalpojumi. Maksas pakalpojumu komerciālās sastāvdaļas kopīga kvalitatīvā iezīme ir tāda, ka „to ražošana notiek, balstoties uz līgumattiecībām starp pakalpojumu ražotāju un patērētāju (klientu)”¹⁸⁸.

Jānorāda, ka pakalpojumam piemīt tādas galvenās raksturīgās iezīmes, kādas ir aprakstījis F. Kotlers¹⁸⁹, definējot četras pakalpojumiem piemītošas īpašības – netaustāmību, neatdalāmību no avota, kvalitātes nepastāvīgumu un nesaglabājamību, kā arī pakalpojumu četras klasificējošās pazīmes – pakalpojumu avotu, obligātu klienta klātbūtni pakalpojuma sniegšanas brīdī, klienta motivāciju iegādāties pakalpojumu un pakalpojumu sniedzēja motivāciju to sniegt.

Pakalpojumiem piemītošo īpašību vispārīgu definīciju piedāvā arī V.A. Galīčins monogrāfijā „Starptautiskais izglītības pakalpojumu tirgus: galvenās raksturīgās iezīmes un attīstības tendences”¹⁹⁰. V. Markova monogrāfijā „Pakalpojumu mārketingš”¹⁹¹ norāda uz vēl kādu, pēc autora domām, svarīgu īpašību, kura piemīt pakalpojumiem, proti: „[...] pakalpojumi ir lokāli, netransportējami, tiem var piemist reģionāls raksturs [...]”. Attiecinot to uz šī pētījuma objektu, pakalpojumi ir lokāli vai reģionāli, respektīvi, svarīga nozīme ir tieši reģionam, kurā dronu pakalpojumi tiek sniegti, un no tā izriet, ka atkarībā no pakalpojuma īpašībām mainās arī tā raksturielumi. Kā zināms, vārds „lokāls” (no latīnu val. *localis* – saistīts ar noteiktu teritoriju, vietu, tai raksturīgs) var tikt attiecināts uz rajonu, pilsētu u.tml. Taču tā sākotnējā nozīme, kādā to sāka lietot 17. gad simtā, ir saistīta tieši ar pašu jēdzienu „vieta”¹⁹². Tas nozīmē, ka visam ir sava vieta. Aplūkojot aeronovērošanas komercpakalpojumus, svarīga īpašība ir to lokālums. Atkarībā no pakalpojumu sniegšanas apvidus var mainīties arī gan to kvalitāte un cena, gan izpildes laiks un

¹⁸³ Angus Stevenson A., Lindberg C., New Oxford American Dictionary, third edition, Oxford University Press, 2096 p., 2010, ISBN: 978-0-19-539288-3

¹⁸⁴ Zeithaml, P. Relationships and Impacts of Service Quality, Perceived Value, Customer Satisfaction, and Image: An Empirical Study, Service Industries Journal 29(2) p.p. 111-125, 2009 DOI: 10.1080/02642060802292932

¹⁸⁵ Vargo and Lusch. Evolving to a New Dominant Logic, Journal of Marketing. 68(1): p.p. 1-17, 2004, DOI: 10.1509/jmkg.68.1.1.24036

¹⁸⁶ Campbell R. Mc Connell and Stanley L. Brue, Economics: Principles, Problems find Polices, 11th Edition, NY, 1990, V 2., ISBN: 0070449678

¹⁸⁷ Futrel, Ch. M. Sales Managements, 6th edition, Harcourt College Publisher, 2001, 638 p.

¹⁸⁸ World Trade Organization, Measuringtrade In Services module produced by WTO/OMC 2010, [Elektronisks avots]: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/services_training_module_e.pdf [Pieejams augusts 2017]

¹⁸⁹ Kotler P., Marketing Essential. Prentice-Hall, Inc., University of Michigan, 1984, 646 p., ISBN: 0135572320

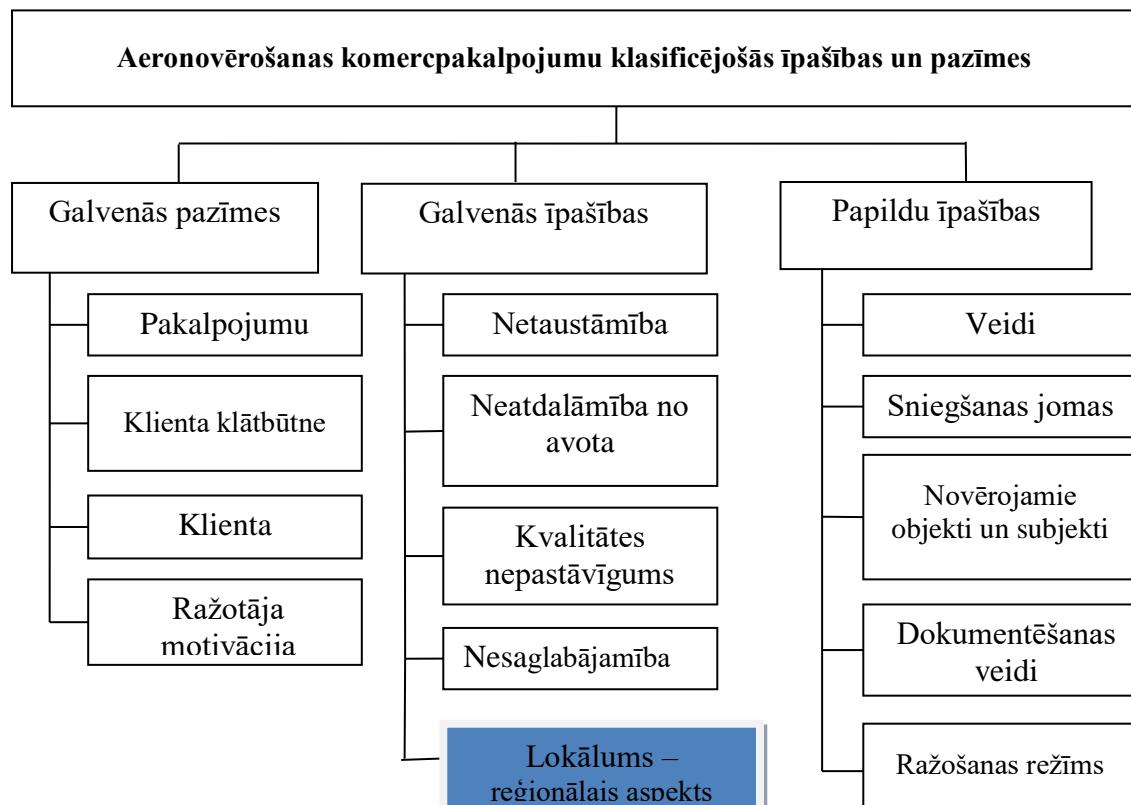
¹⁹⁰ Галичин В., Международный рынок образовательных услуг: основные характеристики и тенденции развития (Galichin V., The international market for educational services: basic characteristics and development trends), РАНХ , 2016, 70 p.

¹⁹¹ Маркова В. Маркетинг услуг: Финансы и статистика 1996, (Markova V. Marketing of services: Finance and statistics), 1996, 127 p.

¹⁹² Сырдеева А., Мир малого. Опыт описания локальности, "ИФРАН" (1998) (Syrdeeva A., The World of Small. Experience of describing locality, IFRAN), 1998, 342 p.

nepieciešamais aprīkojums. N.V. Fadejeva rakstā „Pakalpojumu īpašības un to piemērotība pakalpojumu sistēmas kvalitātes mērišanai”¹⁹³ norāda uz pakalpojumu sistēmas strukturālajiem komponentiem, kuri definē tās kvalitāti „raksturojums” ar sinonīmiem. Kā zināms, vienam objektam būt vairāku dažādu īpašību izpausmes, kurām piemīt noteikta struktūra. Taču fizisku objektu īpašību skaits nav ierobežots, un tās ir pieņemts iedalīt trīs kategorijās: klasificējošās (kvalitatīvās), topoloģiskās (salīdzinošās) un metriskās (kvantitatīvās), turklāt tiek izšķirta grupa tādu īpašību, kas, būdamas kopīgas virknei objektu kvalitatīvā ziņā, var būt raksturojamas ar kvantitatīvām atšķirībām.

Balstoties uz autora veiktās analīzes, var paplašināt un detalizēt ar bezpilota lidaparātu palīdzību sniedzamo aeronovērošanas komercpakalpojumu klasificējošās īpašības un pazīmes (1.1. att.).



1.1. attēls. Ar bezpilota lidaparātu palīdzību sniedzamo aeronovērošanas komercpakalpojumu klasificējošās pazīmes un īpašības
(avots: izstrādājis autors)

Aplūkojot aeronovērošanas komercpakalpojumus, kas tiek sniegti ar bezpilota lidaparātu palīdzību, to *klasiskās pazīmes* (1.1. att.) iegūst noteiktāku veidolu:

- pakalpojuma avots ir drons, uz kura uzstādīts attiecīgais aeronovērošanas vai piegādes aprīkojums;
- klienta klātbūtne pakalpojuma sniegšanas brīdī var būt gan obligāta, gan neobligāta. Piemēram, ja tiek veikts novērojamā objekta stāvokļa monitorings bez rezultātu fiksēšanas videoierakstā vai fotoattēlos, ir nepieciešama klienta (kā novērošanas veicēja) klātbūtne, savukārt tad, ja notiek rezultātu fiksēšana videoierakstā vai fotoattēlos, klienta klātbūtne nav nepieciešama, jo ar rezultātiem klients var iepazīties arī ārpus pakalpojuma sniegšanas laika;

¹⁹³ Fadeeva N., Criteria to Measure and Assess the Quality of Services, Siberian State Technology University; Vestnik TGTU. 2012. 18- 4. Transactions TSTU p. 1106-1114

- klienta motivācija iegādāties pakalpojumu ir saistīta ar personīgiem vai lietišķiem mērķiem. No pakalpojuma iegādes motivācijas vispārīgā gadījumā ir atkarīgs šāda pakalpojuma cenas līmenis. Pastāv iespēja, ka privātām vajadzībām iegādāti pakalpojumi izmaksās lētāk nekā identiski pakalpojumi, kas tiek iegādāti ar komercdarbību saistītās interesēs;

- pakalpojuma sniedzēja motivācija aplūkojamajā komerciālajā aspektā – tikai komerciāli, nevis sabiedriski motīvi, proti, peļņas gūšana no pakalpojuma sniegšanas¹⁹⁴.

Precizējot *aeronovērošanas komercpakalpojumu* galvenās *klasificejošās īpašības* (1.1. att.), kuras ir jāņem vērā gan šādu pakalpojumu sniegšanas organizēšanā, gan komercializācijā, tās ir definējamas šādi:

- netaustāmība – paši pakalpojumi ir „taustāmi” tikai iegādes brīdī un tādi nav līdz minētajam brīdim (tie nav ne redzami, ne dzirdami, tiem nav ne garšas, ne smaržas);

- neatdalāmība no avota – atbilstīgi aprīkota bezpilota lidaparāta. Šāda lidaparāta dažāds tehniskā aprīkojuma līmenis nosaka sniedzamo pakalpojumu kvalitatīvi kvantitatīvos rādītājus;

- kvalitātes nepastāvīgums – pakalpojumu kvalitātes atkarība no to sniedzēja, kā arī sniegšanas vietas un laika. Piemēram, video uzņemšana nelabvēlīgos reljefa apstākļos vai laikapstākļos, sliktā apgaismojumā vai no neizdevīga rakursa, kvalitatīvā ziņā atšķiras no video uzņemšanas labvēlīgos apstākļos;

- nesaglabājamība – pakalpojumu nav iespējams saglabāt, tā nozīme vērtības izteiksmē eksistē tikai tā sniegšanas brīdī. Būtiskas svārstības pieprasījumā pēc šādiem pakalpojumiem var izraisīt attiecīgo lidaparātu pārpalikumu vai deficitu. Pirmajā gadījumā tas radīs ekonomiskus zaudējumus lidaparātu nepietiekamas noslodzes dēļ, savukārt otrajā – ekonomiskus zaudējumus sakarā ar neiespējamību sniegt pieprasītos pakalpojumus vispār vai sniegt tos noteiktajā laikā un vietā¹⁹⁵.

Pakalpojumu netaustāmība līdz to iegādes un sniegšanas brīdim, kā arī kvalitātes nepastāvīgums prasa rūpīgi sagatavot aeronovērošanas pakalpojumus, lai nivelētu šo īpašību negatīvo ietekmi. Neatdalāmība no avota ietekmē ANP sniegšanas tehnoloģijas izvēli un to sniegšanā ar dronu palīdzību iesaistītā personāla kvalifikācijai izvirzītās prasības. Nesaglabājamība nosaka klientam sniegt pakalpojumu rezultātu raksturu.

Komerciālo grupu veido šādi ar dronu palīdzību sniedzamo *pakalpojumu veidi*:

- procesu un objektu novērošana;
- novērojamo objektu fiksācija videoierakstos un fotoattēlos;
- objektu un apkārtējās vides ģeofizisko, atmosfēras un citu parametru mēriņumi;
- preču piegāde, jo īpaši uz grūti pieejamām vietām;
- apziņošana ar skaļrunu palīdzību ārkārtas situācijās, piemēram, zemestrīču, vulkānu izvirdumu, cunami, ugunsgrēku u.tml. gadījumos.

Visbiežāk izmantotais bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu veids ir aeronovērošana ar vai bez novērošanas rezultātu fiksācijas. Tādēļ darba turpmākajā daļā, ja nebūs norādīts citādi, ar bezpilota lidaparātu komercpakalpojumiem jāsaprot tieši aeronovērošanas pakalpojumi.

¹⁹⁴ ANP sniedzēju motivācija tiks sīkāk aplūkota šī darba 1.3. sadaļā.

¹⁹⁵ Jānorāda, ka šādus zaudējumus ir iespējams būtiski samazināt, izmantojot aeronovērošanas pakalpojumu virsrezervēšanas mehānismu, kura optimizācijas ekonomiski matemātiskais modelis būs atspoguļots šī darba turpmākajā daļā.

Daudzi autori^{196, 197, 198}, kuri ir aplūkojuši bezpilota lidaparātu izmantošanu komerciālos nolūkos, apraksta galvenās nozares un jomas, kurās dronu ekspluatācija ir izplatīta visplašāk. Starp tām kā svarīgākās tiek minētas turpmāk uzskaitītās jomas.

- **Meklēšanas un glābšanas darbi.** Šādās operācijās droni ir īpaši noderīgi. Tie tiek izmantoti, piemēram, cilvēku un dzīvnieku meklēšanai ugunsgrēku vai plūdu laikā, kā arī gāzu koncentrācijas gaisā noteikšanai.

- **Drošības pasākumi.** Daudzas varasiestādes izmanto bezpilota lidaparātus, lai pasargātu cilvēkus dzīvībai bīstamās situācijās. Piemēram, ar to palīdzību iespējams koordinēt drošības operācijas, piegādāt medikamentus, atbalstīt ceļu policijas darbības u.c.

- **Inspicēšana.** Dronus var izmantot tehniskās inspicēšanas darbu veikšanai nepieejamās vietās, piemēram, lai inspicētu cauruļvadus, turbīnas u.tml.

- **Novērošana.** Drons ļauj veikt apkaimes fiksēšanu un kontroli no gaisa, un tas ir ļoti ērti sabiedrisku pasākumu, piemēram, protesta akciju, laikā, lai savlaicīgi atklātu aizdomīgas un bīstamas darbības.

- **Zinātne un pētniecība.** Droni palīdz zinātniekiem aplūkot pētāmos objektus no gaisa, tie tiek izmantoti arheoloģisko izrakumu dokumentēšanai, kodolnegadījumu seku apzināšanai (piesārņojuma mērījumiem), ledāju monitoringam, vulkānu izvirdumu novērošanai utt.

- **Fotografēšana.** Ar dronu palīdzību var uzņemt unikālus fotoattēlus, un tas cita starpā tiek izmantots arī tūrisma nozares attīstības jomā.

- **Navigācija.** Ar multispektrālajām kamerām un lāzerskeneriem aprīkotus dronus var izmantot augstražīgai 3D karšu izveidei. Tādēļ tos šādiem nolūkiem izmanto dažādās jomās, tostarp aerofotografēšanā un kartogrāfijā.

- **Loģistika.** Droni tiek izmantoti nelielu sūtījumu piegādei. Tas ļauj ātri un ekoloģiski piegādāt preces, izmantojot gaisa telpu.

L. Tanga un G. Šao rakstā „Tālvadības droni mežsaimniecības pētījumiem un praksei”¹⁹⁹ norāda, ka pēdējās desmitgadēs ir parādījušies dažādu formu, izmēru un funkcionalitātes droni, un to civilie lietojumi klūst aizvien pievilcīgāki. Tieks uzsvērtas plašās dronu izmantošanas iespējas mežsaimniecībā un lauksaimniecībā, taču nav noformulētas to funkcijas. J. Drozdoviča, M. Vjelgo, P. Samčinska, K. Kulpas, J. Krzonkalla un M. Mordzoneka²⁰⁰ rakstā ir aprakstīta eksperimentāla sistēma, kas paredzēta mazu gaisa objektu, piemēram, bezpilota lidaparātu, identificēšanai un izsekošanai ar īpaši maziem droniem (multirotoriem). Arī šie autori norāda uz dronu priekšrocībām mūsdienu pasaules praksē, piemin novērošanas un meklēšanas darbības, taču neapraksta pašu dronu funkcijas.

Saskaņā ar funkcijas jēdziena nozīmi (no latīņu val. *functio* – izpilde, darbība) ar to jāsaprot darbs, ko veic kāds orgāns, organisms, ierīce utt., loma vai mērķis, kam

¹⁹⁶ Cloud, D. ,CIA Drones Have Broader List of Targets, Los Angeles Times 2010, [Electronics source]: <http://www.latimes.com/news/nationworld/world/la-fg-drone-targets-20100506,0,57614.story> [Pieejams Jūlijā 2018]

¹⁹⁷ Shakhatre H., Sawalmeh A., Al-Fuqaha A., Dou Z., Almaita E., Khalil I., Shamsiah N., Khreishah A., Guizani M., Unmanned Aerial Vehicles: A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges, arXiv:1805.00881v1 [cs.RO] , 2018 [Elektronisks avots]: <https://arxiv.org/pdf/1805.00881.pdf>. [Pieejams augustā 2018]

¹⁹⁸ Menouar, H., Guvenc, I., Akkaya, K., A. Uluagac, S., Kadri, A., Tuncer, A., UAV-enabled intelligent transportation systems for the smart city: Applications and challenges, IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 3, pp. 22–28, 2017, DOI: 10.1109/MCOM.2017.1600238CM

¹⁹⁹ Tang, L., Shao G., Drone remote sensing for forestry research and practice Journal of Forestry Research, 2015, Volume 26, pp 791–797, ISSN: 1007-662X

²⁰⁰ Drozdowicz, J. Wielgo, M., Samczynski, P., Kulpa, K., Krzonkalla, J., Mordzonek, M., 17th International Radar Symposium (IRS) Krakow, Poland, 10-12, 2016, DOI: [10.1109/IRS.2016.7497351](https://doi.org/10.1109/IRS.2016.7497351)

kaut kas ir paredzēts. Balstoties uz tā, var aprakstīt dronu funkcijas komercdarbības īstenošanā.

Lai aprakstītu dronu funkcijas komercpakalpojumu ietvaros, par pamatu tiks izmantotas iepriekš uzskaitītās dronu izmantošanas jomas.

No tādas izmantošanas jomas kā meklēšanas un glābšanas darbi izriet **meklēšanas funkcija**. Droni ir ļoti efektīvi ugunsgrēka vietu meklēšanā, gāzu emisijas noteikšanā utt²⁰¹.

Inspicēšanas funkcija ļauj izmantot dronus, lai inspicētu gāzesvadus un cauruļvadu sistēmas, kā arī citus stratēģiski nozīmīgus objektus, un mūsdienās ir svarīga saimnieciskās darbības sastāvdaļa. Tā ietver arī iespēju izmantot dronus dažādu mērījumu un uzmērījumu veikšanai zinātniskiem mērķiem.

Navigācijas funkcija nodrošina iespēju izmantot ar multispektrālajām kamerām un lāzerskeneriem aprīkotus dronus augstražīgai 3D karšu izveidei. Pateicoties šai funkcijai, droni tiek plaši pielietoti dažādās jomās, tostarp aerofotografēšanā un kartogrāfijā, būvniecībā, kā arī videomateriālu un fotoattēlu uzņemšanā.

Logistikas funkcija ir saistīta ar dronu izmantošanu nelielu sūtījumu piegādei. Tas ļauj ātri un ekoloģiski piegādāt preces, izmantojot gaisa telpu. Turklat jaunākie pētījumi par dronu ekspluatācijas iespējām liecina, ko tie var tikt izmantoti ne tikai ārā, bet arī telpās. Logistikas funkcija, kas tiek īstenota piegādes pakalpojumu ietvaros, pēdējā laikā strauji attīstās. Tomēr patlaban tam ir lielāka sabiedriskā nekā komerciālā nozīme (dronus izmanto galvenokārt medikamentu, pārtikas produktu un citu neliela izmēra priekšmetu nogādāšanai līdz galamērķiem grūti pieejamos apvidos).

Taču, aplūkojot minēto funkciju uzskaitījumu, ir jānorāda, ka to pamatu veido novērošana. Novērošana ir kāda objekta aktīva, sistēmiska, mērķtiecīga, plānota un tīsa apsekošana, izmantojot videoieraksta, fotoattēlu uzņemšanas vai citu instrumentu kopumu, kuras gaitā tiek iegūtas zināšanas par pētāmā objekta un/vai subjekta ārējo pusi, īpašībām un attiecībām²⁰².

Lai veiktu novērošanu, ir jāņem vērā tai izvirzītās galvenās metodoloģiskās prasības:

- aktivitāte – objekta redzamības rakursa meklēšana un fiksācija, ko veic vērotājs;
- mērķtiecīgums – uzmanības koncentrēšana tikai uz interesējošajām parādībām;
- plānveidīgums un tīsums – rīkošanās saskaņā ar iepriekš noteiktu plānu vai scenāriju;
- sistēmikums – novērošanas veikšana pēc noteiktas sistēmas objekta daudzkāršai (pietiekamai, lai sasniegta noformulēto mērķi) uztverei uzdotajos režīmos.

Novērošanai var būt divi mērķi – objekta monitorings un stāvokļa kontrole. Apkārtējās vides monitorings ir laikā un telpā regulāru novērojumu sistēma, kas ļauj iegūt informāciju par apkārtējās vides stāvokli, lai:

- novērtētu agrāko un esošo un prognozētu turpmāko stāvokli;
- garantētu drošību, savlaicīgi izstrādājot un īstenojot pasākumus ārkārtas situāciju novēršanai vai nelabvēlīgo seku mazināšanai.

Apkārtējās vides kontrole ir laikā un telpā regulāra novērojumu sistēma, kas ļauj iegūt informāciju par apkārtējās vides stāvokli, lai:

- veiktu apkārtējās vides kvalitātes vai objektu stāvokļa pārvaldību;

²⁰¹ Barela S., Legitimacy and Drones Investigating the Legality, Morality and Efficiency of UACVs, University of Geneva, 432p., Ashgate Publishing, Ltd., 2015 , ISBN: 1472446895

²⁰² The Oxford English Reference Dictionary / Second edition / Edited by Pearsal J., Trumble B. – New York Oxford. – 2016, ISBN: 9780198606529

- nepieciešamības gadījumā izmantotu īpašus līdzekļus (apziņošanu, sanitāro apstrādi no gaisa u.c.);
 - ietekmētu notikumu gaitu vai cilvēku rīcību.

Tādējādi ir secināms, ka monitorings ir „tīra” novērošana bez ietekmes uz apkārtējo vidi, savukārt kontrole – apkārtējās vides kvalitātes un/vai stāvokļa novērošana un pārvaldība. Jānorāda arī, ka ar aeronovērošanas palīdzību sniegtus monitoringa pakalpojumus pasūta praktiski visas klientu grupas, turpretī pakalpojumi, kas ietver arī apkārtējās vides kontroli un ietekmēšanu, tiek pasūtīti ļoti reti.

Sniedzamo aeronovērošanas pakalpojumu dokumentēšana (1.1. att.) tiek veikta dažādos veidos un dažādos informācijas nesējos: elektroniskajos datu nesējos, videoierakstos, fotoalbumos, bukletos u.c.

Aeronovērošanas pakalpojumi (1.3. att.) tiek sniegti *tiešsaistes* vai *bezsaites režīmā*. Tiešsaistes režīms tiek izmantots galvenokārt monitoringa nolūkos, kad operators veic attiecīgo objektu, procesu vai notikumu aplūkošanu un, iespējams, pārsūta klientam videoattēlu reāllaika režīmā. Ja ir nepieciešams fiksēt novērošanas rezultātus, tiek izmantots bezsaites režīms, lai vēlāk birojā apstrādātu un dokumentētu iegūtos rezultātus, izmantojot atbilstīgu video, foto, pavairošanas vai citu tehniku.

1.2. Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumus sniedzošo uzņēmumu klasificējošo pazīmju novērtējums

Šajā promocijas darbā atspoguļotais pētījums ir saistīts ar dronu komerciālu izmantošanu, kā ietvaros vispieejamākie aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai ir helikoptera tipa droni – kvadrakopteri. BPLA uzņēmumi tiek uzskatīti par komerciāliem, ja tie:

- sniedz pakalpojumus par maksu;
- darbojas pastāvīgi;
- ir saņēmuši nepieciešamās atļaujas attiecīgā veida darbības īstenošanai;
- pastāvīgā darbā nodarbina sertificētus pilotus / operatorus;
- ekspluatē sērijeidā ražotus dronus, kurus nav aizliegts lietot komercdarbībā²⁰³.

Lai izveidotu reģionālo BPLA uzņēmumu raksturojumu, vispirms ir jāidentificē to klasificējošās īpašības.

²⁰³ Cohn, P., Langstaff, M., Roller, M. The future of unmanned aerial systems, McKinsey, 2017. [Elektronisks avots]: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/commercial-drones-are-here-the-future-of-unmanned-aerial-systems> [Pieejams Novembris 2017]

BPLA uzņēmuma tehnisko līdzekļu sastāvā vispārīgā gadījumā ir²⁰⁴, ²⁰⁵, ²⁰⁶, ²⁰⁷, ²⁰⁸, ²⁰⁹:

- lidojošas platformas vai paši droni, kas ir aprīkoti ar autopilotu, kurš spēj nodrošināt stabilus uzņemšanas parametrus (maršrutu, foto vai video aparatūras slīpuma leņķi, garenvirziena vai šķērsvirziena pārklajuma īpatsvaru, augstumu utt.) plašā meteoroloģisko apstākļu diapazonā, GPS navigāciju, datu uztveršanas un pārraides ierīcēm u.c.;
- dronu uzkares aprīkojums, kas ietver elektriskās baterijas, digitālās automātiskās fotokameras, videokameras, termovizorus u.c.;
- dronu manuālās tālvadības ierīces;
- programmnodrošinājums un tehniskie līdzekļi fotoattēlu un videoierakstu pēcapstrādei birojā, kā arī apstrādāto fotoattēlu, videomateriālu un citu datu uzglabāšanai un prezentēšanai;
- transportlīdzekļi dronu nogādāšanai izmantošanas vietās (vairumā gadījumu – parastas vai specializētas automašīnas).

Sniedzamo pakalpojumu uzskaitījums parasti ir atkarīgs ne tikai no iebūvētā un uzkares aprīkojuma, bet arī no paša drona svara, maksimālā lidojuma augstuma un rādiusa, slodzes uz vienu spārnu, kā arī dzinēja tipa un jaudas²¹⁰. Tomēr komerciāliem mērķiem izmantojamo kvadrakopteru gadījumā vissvarīgākās klasificējošās īpašības ir masa, lidojuma augstums un rādiuss²¹¹.

Pēc masas droni tiek iedalīti šādās klasēs:

- mikrolidaparāti – vismazākie bezpilota lidaparāti, kas var svērt mazāk nekā 1 kg;
- vieglsvara bezpilota lidaparāti, kuru masa ir mazāka nekā apm. 25 kg;
- smagie bezpilota lidaparāti.

Saskaņā ar citu klasifikāciju (ASV)²¹², kuras ietvaros ir ņemts vērā lielāks parametru skaits, droni tiek iedalīti šādās grupās: mazie; vidējie; lielie; virsgabarīta. Turpmākais pētījums attiecas tikai uz mazo un vidējo dronu izmantošanu BPLA

²⁰⁴ ICAO, Circular 328 AN/190: Unmanned Aircraft Systems, 2016 [Elektronisks avots]:

http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf [Pieejams Februāris 2017].

²⁰⁵ UAS organization's annual report 2009/2010, University of North Dakota [Elektronisks avots]:

http://www.uasresearch.com/UserFiles/File/156-181_ReferenceSection_UAS_All-Categories&Classes.pdf [Pieejams Oktobris 2017]

²⁰⁶ [Elektronisks avots]: www.uvs-international.org [Pieejams Oktobris 2017]

²⁰⁷ Eisenbeiß, H. UAV Photogrammetry. ETH Zurich. Diss. ETH NO. 18515, Institute of Geodesy and Photogrammetry, Zurich, 2009, ISBN: 3906467864

²⁰⁸ Sulima N., On the commercial aspects of exploiting drone information technologies and tools for their optimization. V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 9 Decembris 2016, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 288-297. ISBN 978-9984-47-143-3.

²⁰⁹ Heriard-Dubreuil V., Microdrones unmanned aerial solution are the ideal platform for serious professional work. Learn more about the ways our products are being deployed to do real work around the world, USA, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.microdrones.com/en/industry-experts> [Pieejams Septembris 2018]

²¹⁰ Maziar M., Classification of Unmanned Aerial Vehicles, Mech Eng, 2007, [Elektronisks avots]: https://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles [Pieejams Oktobris 2018]

²¹¹ Juniper A., The Complete Guide to Drones, Octopus Books, 144p. 2015, ISBN: 1781573573

²¹² Agbeyangi, A., Olorunlomerue, A. B. Review on UAVs used for Aerial Surveillance, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), Vol.3., 2016, ISSN: 2458-9403. [Elektronisks avots]:

https://www.researchgate.net/publication/309585222_Review_on_UAVs_used_for_Aerial_Surveillanc e [Pieejams Februāris 2019]

uzņēmuma tehniskā parka sastāvā (1.1. tab.), jo tieši šī veida lidaparāti tiek vismasveidīgāk izmantoti aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanai.

1.1. tabula

Mazo un vidējo dronu raksturojums

Kategorija	Izmērs	Maksimālā pacelšanās masa (kg)	Normālais ekspluatācijas augstums (m)	Kustības ātrums gaisā (km/h)
1.	Mazie droni	<10	<400 VZL*	<185
2.	Vidējie droni	10–25	<1150	<460

* VZL – virs zemes līmeņa

Avots: izstrādājis autors, balstoties uz ²¹³

Vērā ir jāņem arī citi šādu dronu parametri:

- lidojuma augstums un rādiuss – attiecīgi līdz 1500 m un 10 km;
- darbības ilgums ar vienu baterijas uzlādi – 20-25 min;
- cena – līdz 10 tūkst. USD, kas neietver fotokameras un videokameras, spektrometru, infrasarkanās attēlveidošanas kameras un citu uzkares aprīkojumu, vadības operētājsistēmas, lietišķo programmnodrošinājumu ierakstītā saturu apstrādei u.c.

Organizācija un struktūra ir klasificējošās pazīmes, kas nosaka BPLA uzņēmuma juridisko formu (individuālais komersants, sabiedrība ar ierobežotu atbildību, akciju sabiedrība u.c.), organizatorisko struktūru, kā arī ražošanas, atbalsta un administratīvā personāla sastāvu. Komercuzņēmumu organizatoriskā struktūra parasti tiek veidota gan pēc mehāniskā, gan organiskā principa²¹⁴.

Mehāniskais princips (funkcionālais jeb departamentizācijas princips) ietver darba dalīšanu starp dažādām nodaļām, no kurām katras sava vadītāja uzraudzībā pilda noteiktu līdzīgu vai savstarpēji saistītu funkciju kopumu (darbības veidu) un atbild par to izpildes rezultātu.

Organiskajam principam piemīt šādas iezīmes:

- vienveidīgs ražošanas funkciju raksturs, kas neprasā darba dalīšanu darbinieku starpā;
- zems formalizācijas un centralizācijas līmenis ar daudzpusīgi sagatavotiem ražošanas darbiniekiem, no kuriem katrs aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas ietvaros pilda praktiski vienu un to pašu darbību.

BPLA uzņēmuma organizatorisko struktūru ir lietderīgi veidot pēc organiskā principa.

Pēc organiskā principa veidotu struktūru priekšrocības ir to elastīgums, pielāgojamība un minimāli izdevumi pārvaldes aparāta uzturēšanai. Principā šādas struktūras uzņēmumā pat tā vadītājs var papildus vadības funkcijām pildīt arī ražošanas funkcijas.

BPLA uzņēmuma struktūrā vispārīgā gadījumā ir jāizdala:

- pārvaldības personāls;
- informācijas apstrādes centrs;
- MDV (mobilās dronu vienības);
- dronu tehniskā un programmnodrošinājuma atbalsta dienests.

²¹³ Arjomandi M., Classification of unmanned Aerial Vehicles, 2007, The university of Adelaide Australia [Elektronisks avots]:

https://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles. [Pieejams Februāris 2018]

²¹⁴ Бурменко Т., Сфера услуг: менеджмент, КНОРУС, 2008 (Burmenko T., the Service sector: management, KNORUS, Moscow, 2008, ISBN 978-5-406-05715-5

Atsevišķos gadījumos daudzas palīgfunkcijas (piemēram, novērošanas rezultātu pēcapstrādi, grāmatvedības uzskaiti, juridisko apkalpošanu u.c.) var veikt ārpakalpojumus sniedzoši uzņēmumi vai speciālisti. Īpašā gadījumā visa struktūra var tikt reducēta līdz vienam universālam speciālistam, kurš veic darbību kā individuālais komersants.

MDV kā pakalpojumu sniegšanas struktūrvienības var būt izvietotas centralizēti vai teritoriāli sadalītas. Sadalīta izvietojuma gadījumā katras MDV apkalpo savu reģionu (rajonu), kā arī, ja nepieciešamas, var dublēt apkalpošanu blakus esošajos reģionos. MDV sastāvā ietilpst ražošanas personāls un pakalpojuma sniegšanas līdzekļi. MDV ražošanas personālu veido apkalpes komandas (piloti, operatori, vadītāji). MDV tehniskie līdzekļi ietver dronus ar specializētu aprīkojumu, kā arī universālus vai specializētus līdzekļus dronu nogādāšanai pakalpojumu sniegšanas vietās (galvenokārt automašīnas, kaut arī var tikt izmantoti arī motocikli, kuteri u.c.).

BPLA uzņēmumu pakalpojumu veidi pēc to rakstura ir iedalāmi divās grupās:

- pamatpakalpojumi – specializēti objektu, procesu vai notikumu aeronovērošanas pakalpojumi, kas ir raksturīgi tikai BPLA uzņēmumiem;
- maksas papildpakalpojumi, kas nav novērošana, taču papildina BPLA uzņēmuma ienākumus.

Papildpakalpojumi ietver pasūtītājiem sniegtus pakalpojumus, kas nav tiešā veidā saistīti ar aeronovērošanu un aerofiksāciju:

- aerofiksācijas rezultātu pēcapstrāde, piemēram, fotomateriālu, videoierakstu, videoklipu, videofilmu u.c. sagatavošana;
- citu uzņēmumu personāla un privātpersonu teorētiskā un praktiskā apmācība par dronu vadību un novērošanas darbībai izmantojamajām informācijas tehnoloģijām;
- citiem uzņēmumiem piederošu dronu remonts;
- konsultāciju sniegšana par dronu veida izvēli un iegādi;
- konsultāciju sniegšana par dronu uzkares aprīkojumu u.c.

BPLA ekonomiskās darbības efektivitātes rādītāji ir iedalīti, vadoties pēc Starptautiskās Civilās aviācijas organizācijas (ICAO) reglamentējošajiem dokumentiem²¹⁵, šajā nolūkā izvēloties:

- galvenās darbības jomas (GDJ);
 - galvenos darbības rādītājus (GDR) un tos pavadošos metriskos parametrus.
- GDJ tiek iekļautas šādas jomas:
- ekonomiskie rādītāji;
 - ražīgums;
 - apkalpošanas kvalitāte;
 - lidojumu drošība.

Tālāk tiks aplūkoti galvenie darbības rādītāji dažādās galvenajās darbības jomās.

Kā BPLA uzņēmuma ekonomiskie rādītāji ir izvēlēti:

- naturālie rādītāji:
 - a) sniegtu ANP skaits sadalījumā pa veidiem noteiktā laikposmā (mēnesī, ceturksnī, gadā);
 - b) ANP sniegšanas varbūtība sadalījumā pa veidiem noteiktā laikposmā;
 - c) noteiktā laikposmā sniegtu pakalpojumu kopējais skaits u.c.;
- rādītāji vērtības izteiksmē:
 - a) izdevumu summa uz vienu sniegtu ANP;

²¹⁵ ICAO, International Civil Aviation Organization, Guide of airport's economic, Doc: 9562, Pub 3, 2013, ISBN 978-92-9249-253-3 [Elektronisks avots]:

http://www.icao.int/publications/Documents/9562_ru.pdf [Pieejams Jūnijs 2018]

- b) ar viena pakalpojuma sniegšanu saistīto izdevumu summa uz vienu klientu;
- c) kopējo izdevumu summa noteiktā laikposmā;
- d) ienākumi no pakalpojumu sniegšanas;
- e) peļņa u.c.

Iepriekš uzskaitītie rādītāji, kas izteikti vērtības izteiksmē, tiek traktēti saskaņā ar B. Baumola piedāvātajām definīcijām²¹⁶.

Ražīguma rādītāji atspoguļo attiecību starp BPLA uzņēmuma darbības rezultātiem un izlietotajiem resursiem – mobilo dronu vienību skaitu, respektīvi, noteiktā laikposmā sniegtu aeronovērošanas pakalpojumu skaitu uz vienu MDV.

Apkalpošanas kvalitātes rādītājs tiek novērtēts, ņemot vērā gan dronu ekspluatētāja, proti, paša uzņēmuma, gan tā klientu intereses.

BPLA uzņēmumiem svarīgie klientu apkalpošanas kvalitātes rādītāji ir šādi:

- vienas MDV sniegtu aeronovērošanas pakalpojumu vidējais skaits diennaktī;
- ANP sniegšanas pamatotas aizkavēšanās gadījumu skaits;
- vidējais aizkavēšanās ilgums uz vienu sniegtu ANP;
- lidojumu regularitāte, sniedzot ANP, kas nodrošina to savlaicīgu sniegšanu saskaņā ar nosacījumiem, ko paredz ar klientiem noslēgtie līgumi.

No klientu viedokļa svarīgākie ir šādi apkalpošanas kvalitātes rādītāji:

- ANP sniegšanas laiks;
- kopējais laiks, kādā tiek saņemti aeronovērošanas rezultāti, ņemot vērā to pēcapstrādi birojā;
- kopējā apmierinātība ar veiktā aeronovērošanas darba rezultātiem, kas ietver arī ANP sniegšanas savlaicīgumu.

GDR lidojumu drošības jomā ir šādi:

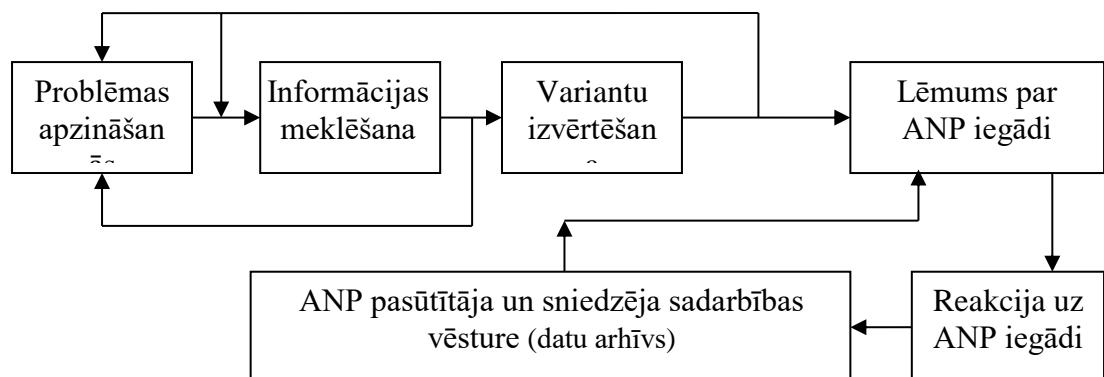
- ar droniem saistīto negadījumu skaits uz vienu tūkstoti ANP sniegšanas operāciju;
- negadījumu skaits uz vienu tūkstoti dronu ekspluatācijas stundu;
- dronu bojājumus izraisījušo negadījumu skaits uz vienu tūkstoti ANP sniegšanas operāciju.

Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu sniegšanas motivācija balstās uz pasūtītāju motivācijas un BPLA uzņēmuma motivācijas.

Pasūtītāju motivācija parasti ir saistīta ar dažādām prasībām, kuras tiek izvirzītas aeronovērošanas pakalpojumu iegādes procesam un to cenai, kas ir noteicošie faktori, pieņemot lēmumu par ANP iegādi no konkrēta bezpilota lidaparātu uzņēmuma, vispārīgā gadījumā nosakot šī uzņēmuma pakalpojumu cenas augšējo robežu. Tādu pasūtītāju motivācijā, kuri pasūta aeronovērošanas pakalpojumus pastāvīgi, svarīga nozīme ir uzņēmuma un pasūtītāja savstarpējo attiecību priekšvēsturei. Pastāvot vienādiem pārējiem nosacījumiem, pasūtītājs gandrīz vienmēr priekšroku dos jau pazīstamam pakalpojumu sniedzējam. Jauniem pasūtītājiem, kuri iepriekš ANP nav izmantojuši, izšķiroši argumenti pakalpojumu sniedzēja izvēlē ir uzņēmuma „atpazīstamība” tirgū un reputācija. Vispārīgā gadījumā šādiem pasūtītājiem noteicosais faktors vairs nav cena (noteiktās robežās), bet visai būtiska nozīme ir tās „caurspīdīgumam” un pasūtītāja izpratnei par to, kas par šo cenu ir iegūstams.

²¹⁶ Baumohl B., The Secrets of Economic Indicators: Hidden Clues to Future Economic Trends and Investment Opportunities (3rd Edition), New Jersey 2013, p. 447, ISBN: 0132932075

Kā ir norādījis S. Gošals²¹⁷, process, kurā patērētājs pieņem lēmumu par pakalpojuma iegādi, nav secīgs, bet gan daudzposmu process ar atgriezeniskajām saitēm. Šī procesa shematisķā uzbūve aeronovērošanas pakalpojumiem iegādes gadījumā ir redzama 1.2. attēlā.



1.2. attēls. Pasūtītāja lēmuma par aeronovērošanas pakalpojumu iegādi pieņemšanas process
(avots: izstrādājis autors)

Informācijas meklēšana un variantu izvērtēšana ļauj labāk izprast un apzināties problēmu, turklāt, izvērtējot variantus, var rasties nepieciešamība paplašināt informācijas meklēšanas loku. Nelielā valstī iespējams būtiski vienkāršot saziņu, balstoties uz iedzīvotāju nacionālajām īpatnībām, piemēram, sabiedriskuma, pietiekami plaša radinieku, draugu un paziņu loka. Ja pārējie nosacījumi būs aptuveni vienādi, visticamāk, ka šādas valsts iedzīvotāji pasūtīs pakalpojumu pie „savējiem”, nevis citās aprindās.

Svarīga nozīme ir *pakalpojumu diversifikācijai*, kas ir būtiska arī BPLA uzņēmumam un ietver aeronovērošanas pakalpojumu sortimenta paplašināšanu, lietojot jaunus, iepriekš neizmantotus līdzekļus un IT (piemēram, jaunus notikumu aerofiksācijas līdzekļus), un notikumu aeronovērošanas un aerofiksācijas rezultātu pēcapstrādes līdzekļu klāsta papildināšanu. Diversifikācija prasa paplašināt izmantojamā aprīkojuma un IT rīku sastāvu, kā arī piesaistīt daudzveidīgākus un, iespējams, profesionālākus speciālistus, kuri veic aeronovērošanas rezultātu pēcapstrādi un rezumējošo prezentēšanu pasūtītājiem. Aplūkojamā veida reģionālajiem BPLA uzņēmumiem (kuri ir nelieli nodarbināto skaita ziņā) ar iepriekšminēto organizatorisko struktūru, kas piedāvā diversificētu pakalpojumu klāstu, parasti ir daudzveidīgu tehnisko novērošanas un fiksācijas līdzekļu kopums, taču tie pastāvīgi nenodarbina specializētus darbiniekus, kas spēj profesionāli izvērtēt ar novērošanas pakalpojuma palīdzību iegūtos rezultātus. Tieks pieņemts, ka šo darbu pasūtītājs veiks pats, izmantojot izsniegtos materiālus.

Komerciālā (civilā) lietojuma jomās *ANP sniegšanas procesa posmus un ilgumu* veido:

- MDV transportēšana pa sauszemi (ūdeni), lai nogādātu pakalpojuma sniegšanas vietā, ar transportēšanas ilgumu T_i ;
- aerofiksācija (fotoattēlu uzņemšana, videoieraksts) un videonovērošana, sniedzot pakalpojumus tiešsaistes režīmā ar lidojuma (lietderīgo) laiku T_f ;

²¹⁷ Ghoshal S., Bad Management Theories are Destroying Good Management Practices // IEEE Eng. Management Rev. – 2005. – Vol. 33, N 3. – P. 79 – 95., DOI: 10.1109/EMR.2005.26768, ISSN: 0360-858.

- birojā veiktā rezultātu pēcapstrāde un analīze bezsaistes režīmā ar procesa ilgumu T_p ;
 - elektroniskos datu nesējos saglabātu rezultātu nodošana pasūtītājiem jauktā tiešsaistes un bezsaistes režīmā, kam nepieciešams laiks T_s .
- Tādējādi kopējais laiks, kas nepieciešams ANP sniegšanai, ir šāds²¹⁸:

$$T = T_t + T_f + T_p + T_s \dots (1.1)$$

Savukārt transportēšanas laiks var veidoties no divām komponentēm:

$$T_t = T_{t1} + T_{t2}, (1.2)$$

kur

T_{t1} – laiks, kas nepieciešams MDV nogādāšanai no bāzes vietas līdz pakalpojuma sniegšanas vietai;

T_{t2} – laiks, kas nepieciešams MDV pārvietošanai novērojamā objekta laukuma vai posma garuma ietvaros.

BPLA uzņēmuma līdzekļu integrācijas līmeni raksturo:

- vertikāli integrēti, atbilstīgā komplektācijā piegādājami līdzekļi (tehniskie līdzekļi, instrumenti, programmnodrošinājums, datu analīzes līdzekļi u.c.), kas paredzēti izmantošanai specifiskajā jomā;
- universāli līdzekļi, kuru integrāciju nodrošina pats to lietotājs, proti, BPLA uzņēmuma personāls, balstoties uz sniedzamo pakalpojumu universāluma principa.

Aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai izmantojamo MDV teritoriālais izvietojums, ņemot vērā attiecīgā reģiona specifiku, var tikt organizēts divos veidos²¹⁹:

- centralizēta izvietojuma veidā – gadījumā, ja viena MDV, kas bāzējas vienā un tajā pašā vietā un kuras sastāvā ir viens vai vairāki droni, apkalpo visus darbības reģiona (valsts) pasūtītājus;

- teritoriāla sadalījuma veidā – gadījumā, ja MDV teritorijas robežas ir izkliedētas un izvietotas vairākos ģeogrāfiskos punktos (bāzēs), kas apkalpo galvenokārt „sava” reģiona pasūtītājus, taču var dublēt arī MDV no citu reģionu bāzēm.

Otrajā minētajā variantā viena MDV tiek piesaistīta uzņēmuma centrālajam birojam, kurā atrodas aeronovērošanas pakalpojumu pasūtījumu pieņemšanas zvanu centrs, tiek veikta izmantojamo dronu komplektēšana un remontēšana, kā arī aeronovērošanas rezultātu pēcapstrāde.

Drona jēdziena, dronu klasifikācijas un funkciju izpēte ļāva promocijas darba autoram izveidot bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu modeli, kas ir atspoguļots 1.3. attēlā.

Kā zināms, modelis (franču val. *modèle*, latīnu val. *modulus* – mērs, paraugs, etalons) ir abstrakts realitātes atveidojums jebkādā formā (piemēram, matemātiskā,

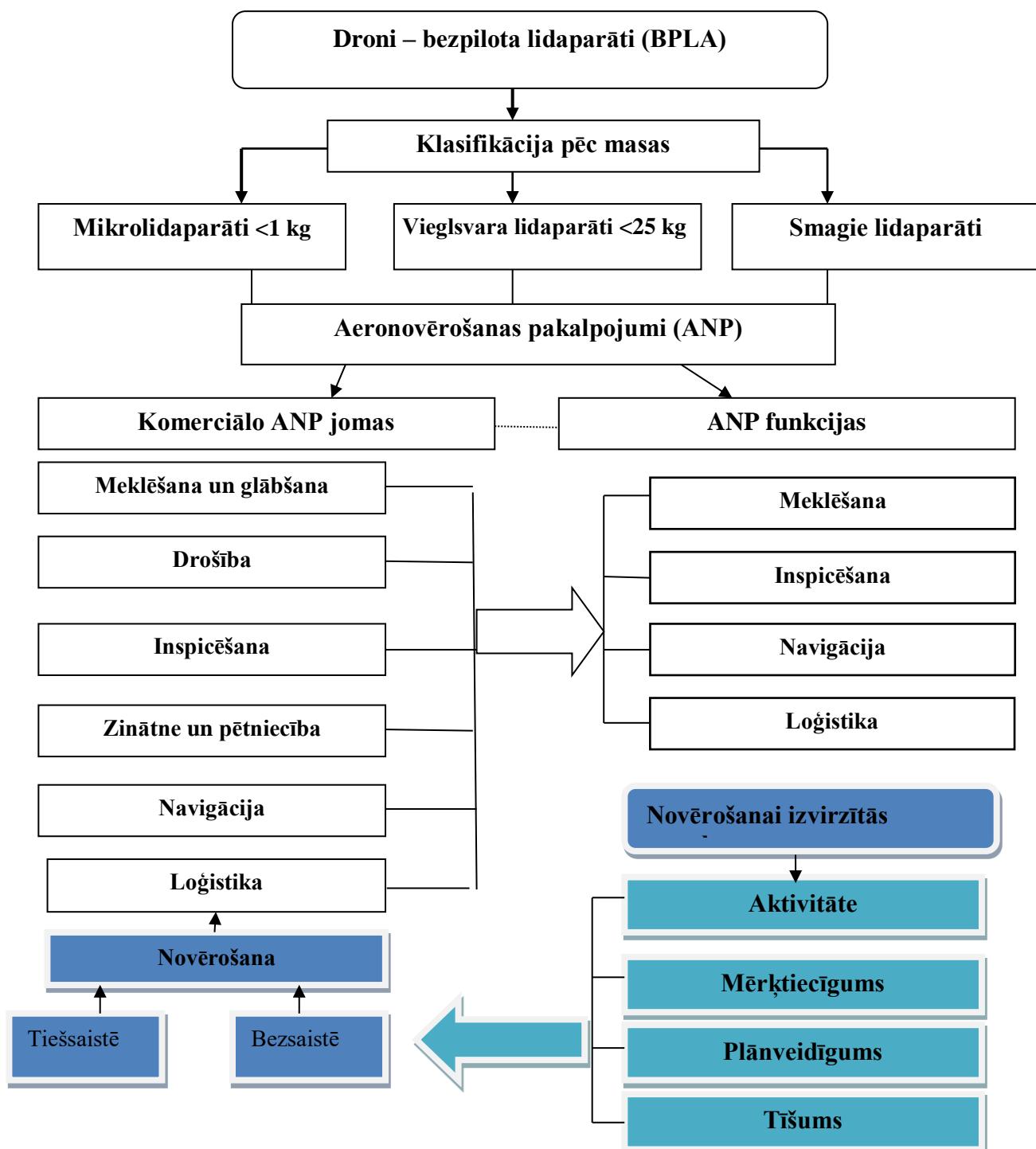
²¹⁸ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 195-202., ISBN 978-9984-47-162-4

²¹⁹ Sulima N., On the commercial aspects of exploring drone information technologies and tools for their optimization. V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2017, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 289-296., ISBN 978-9984-47-143-3.

fiziskā, simboliskā, grafiskā vai deskriptīvā), kas paredzēts, lai priekšstatītu noteiktus šīs realitātes aspektus, un palīdz iegūt atbildes uz pētāmajiem jautājumiem²²⁰.

Balstoties uz izpētītajiem teorētiskajiem materiāliem, autors piedāvā aeronovērošanas komercpakalpojumu realizācijas modeli (1.3. att.). Šī modeļa izveides pamatā ir dronu klasifikācija (atkarībā no masas), un tajā ir atspoguļotas dronu izmantošanas jomas un funkcijas, kas ietekmē aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanu. Modelis uzskatāmi parāda, ka novērošana ir viena no aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas pamatjomām un var tikt veikta gan tiešsaistes režīmā kā inspicēšana un monitorings, gan bezsaistes režīmā kā kontrole un objekta ierakstu izmantošana, veicot to vēlāku atšifrēšanu. Autors ir noformulējis arī prasības, kas tiek izvirzītas novērošanai, sniedzot aeronovērošanas pakalpojumus.

²²⁰ Когаловский М. и др. the title of the book: Глоссарий по информационному обществу, 2009., 160 с. (Glossary on the Information Society / Ed. ed. Yu. E. Khokhlova. - M.: Institute for the Development of the Information Society, 2009. - 160 p.)



1.3. attēls. Aeronovērošanas komercpakalpojumu realizācijas modelis
(avots: izstrādājis autors)

1.3. Dronu vienību teritoriālā izvietojuma organizācija

Problēma, kas saistīta ar uzņēmumu (komersantu) teritoriālās klientu apkalpošanas pilnveidi, neatkarīgi no darbības jomas ietver veselu virkni atsevišķu uzdevumu. Starp tiem ir klientu apkalpošanas teritoriālās organizācijas ekonomiskās efektivitātes kritēriju un rajonos izvietoto uzņēmuma struktūrvienību kapacitāšu un specializācijas virzienu noteikšana, kā arī specializēto struktūrvienību un galvenās struktūrvienības izvietojuma pamatošanas metodes izstrāde. Klientu apkalpošanas

teritoriālās organizācijas problēmu izpēte ietver uzņēmuma reģionālās darbības attīstības modelēšanu un optimizāciju.

Promocijas darbā aplūkotais uzņēmums, kurš sniedz teritoriāli sadalītus pakalpojumus reģionā, ir *bezpilota lidaparātu uzņēmums*, bet tā specializētās struktūrvienības – *mobilās dronu vienības* (MDV), kas var būt izvietotas centralizēti – vienā punktā, kopā ar galveno struktūrvienību – vai sadalītas pa dažādām atrašanās vietām attiecīgajos apkalpojamās teritorijas rajonos.

Uzņēmumu izvietojuma vispārīgie teorētiskie, metodiskie un lietišķie aspekti, kā arī konkrēti uzdevumi, kas saistīti ar pakalpojumu sniegšanas teritoriālā sadalījuma reģionā efektīvu organizāciju un funkcionēšanu un izvēlētajos reģiona punktos pakalpojumus sniedzošo uzņēmuma struktūrvienību attīstību un racionālu izvietojumu, ir *klasiski reģionālās ekonomikas diskrētie uzdevumi*, kuru nostādnes un risināšanas metožu pārskats ir atspoguļoti teorētiskajos avotos²²¹.

Reģionālās ekonomikas teorijā^{222,223} tiek pētīti jautājumi, kas saistīti ar uzņēmumu teritoriālo izvietojumu, un risināti šādi uzdevumi:

- aplūkoti jautājumi, kur, kādēļ un kāda saimnieciskā darbība ir izvietota attiecīgajos reģiona teritorijas punktos;
- noteikts optimāls izvietojums, balstoties uz principa, ka uzņēmums izvēlas reģiona teritorijā tādas ražotņu atrašanās vietas, kas ļauj maksimizēt tā peļņu, bet privātpersonas izvēlas tādas pakalpojumu saņemšanas vietas, kas ļauj maksimizēt no tiem gūstamo labumu.

Šāda veida uzdevumu nostādnes balstās uz tehniski ekonomisko objektu vai ražotņu izvietojuma un attīstības punktu izvēles matemātiskajiem modeļiem ar ekonomiskā kritērija optimizāciju, kas izskatās šādi:

$$F(S) = \sum_{i \in S} c_i + \sum_{j \in J} \min_{i \in S} g_{ij} \rightarrow \min_{S \subseteq I}, \quad (1.4)$$

kur

$I = \{1, \dots, i, \dots, I\}$ – noteikta veida preču ražotņu (pakalpojumu sniegšanas vietu) iespējamo izvietojuma punktu uzskaitījums $i \in I$;

$c_i \geq 0$ – attiecīgās preču ražošanas izmaksas punktā i ;

$J = \{1, \dots, j, \dots, J\}$ – ražojamo preču pasūtītāju uzskaitījums;

$g_{ij} \geq 0$ – preču piegādes izmaksas pasūtītājiem katrā pārī ij .

Uzdevuma būtība ir tāda, ka ir jāatrod tāda ražotņu kopa $S \subseteq I$, $S \neq \emptyset$, kas ļaus ar minimāliem izdevumiem apmierināt visu pasūtītāju pieprasījumu, t.i., līdz minumam samazinās funkcionāli (1.4). Šādā nostādnē uzdevuma risināšana ir veikta attiecībā uz dažādām ražotnēm un citiem objektiem. Objekti, kuru izvietojums aplūkots agrākajās šai problemātikai veltītajās publikācijās, ir:

- rūpniecības uzņēmumi²²⁴;
- noliktavas²²⁵;

²²¹ Mirchandani P., Francis R., Discrete Location Theory, John Wiley & Sons, p.357., 1990, ISBN: 978-0-471-89233-5

²²² Wang Z., Principles of Regional Science (New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives) p.3, 2017, ISBN 9811053677

²²³ Benassy-Quere A. and Coeure B., Economic Policy: Theory and Practice, p.7, Oxford University Press, 2018, ISBN: 0190912103.

²²⁴ Krarup J., Pruzan P.M. The simple plant location problem: Survey and synthesis. European Journal of Operational Research. v12 (1983), pp 36-81., DOI: 10.1016/0377-2217(83)90181-9

²²⁵ Khumawala B., An Efficient Branch-Bound Algorithm for the Warehouse Location Problem. Management Science. v18 (1972), pp 718-731., DOI: 10.1287

- banku filiāles²²⁶;
- plaša patēriņa preču ražotnes²²⁷;
- sadzīves pakalpojumu uzņēmumi²²⁸ u.c.

Šīs disciplīnas uzdevumi klūst sarežģītāki tad, ja objektu izvietošana ir pakļauta ierobežojumiem un tiek piemēroti kompleksāki optimizācijas kritēriji, un daudzi no šādiem uzdevumiem joprojām vēl nav atrisināti. Ražotņu teritoriālā izvietojuma uzdevumu nostādņu pārskats ir atspoguļots P.B. Mirčandani un R.L. Frenisa publikācijā „Diskrētā izvietojuma teorija”²²⁹, bet klasiskās šādu uzdevumu risināšanas metodes – A. Andronova²³⁰, R.A. Brualdi²³¹, Dž. Nosedala un S.Dž. Raita darbos²³².

Jānorāda, ka šāda veida uzdevumi līdz šim nav risināti mobilo pakalpojumu sniegšanas teritoriālā sadalījuma un izvietojuma jomā, tajā skaitā saistībā ar aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai izmantojamo mobilo dronu vienību izvietojumu. Šāds uzdevums pirmoreiz ir izvirzīts autora publikācija²³³ un pēc tam attīstīts tālāk citās autora publikācijās, kas ir pamatā šī promocijas darba 3. nodaļai.

1. nodaļas secinājumi

1. Veicot teorētisko pētījumu par bezpilota lidaparātu uzņēmumu komercpakalpojumu sniegšanu, autors ir identificējis un apkopojis komerciālo aeronovērošanas pakalpojumu klasificējošās pazīmes un īpašības. Viena no šādu pakalpojumu būtiskākajām pazīmēm ir lokālums jeb reģionālums. Turklāt, balstoties uz bezpilota lidaparātu pakalpojumu izmantošanas jomām, autors ir noformulējis arī aeronovērošanas pakalpojumu funkcijas.
2. Pirmoreiz ir identificētas un apkopotas klasificējošās pazīmes, kas piemīt uzņēmumiem, kuri reģionā sniedz aeronovērošanas komercpakalpojumus ar bezpilota lidaparātu palīdzību, un piedāvāts šāda uzņēmuma organizatoriskās struktūras modelis, kura pamatā ir mobilo dronu vienību izmantošanas koncepcija.
3. Ir ierosināts, vadoties pēc analogijas ar aviotransportu, reģionālo bezpilota lidaparātu uzņēmumu ekonomiskās darbības efektivitātes rādītāju noteikšanu balstīt uz galvenajiem darbības rādītājiem (GDR) uzņēmuma galvenajās darbības jomās (GDJ).

²²⁶ Cornuejols G., Fisher M.L., Nemhauser G.L. Location of bank accounts to optimize float. Management Science. v22 (1977), pp 789-810.

²²⁷ Рымарук, А., Совершенствование территориальной организации производства товаров народного потребления. (Rymaruk A., Improving the territorial organization of the production of consumer goods, 1984, Kiev) [Elektronisks avots]:

<https://www.dissercat.com/content/sovershnenstvovanie-territorialnoi-organizatsii-proizvodstva-tovarov-narodnogo-potrebleniya> [Pieejams Jūlijā 2018]

²²⁸ Радомский, В., Совершенствование территориальной организации бытового обслуживания населения (Radomsky V., Improving the territorial organization of public services for the population, 1984, Kiev) [Elektronisks avots]: <https://www.dissercat.com/content/sovershnenstvovanie-territorialnoi-organizatsii-bytovogo-obsluzhivaniya-naseleniya> [Pieejams Jūlijā 2018]

²²⁹ Mirchandani P.B., Francis R.L. Discrete Location Theory. John Wiley & Sons, 1990, ISBN: 978-0-471-89233-5

²³⁰ Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

²³¹ Brualdi R., Introductory combinatorics. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 2004, ISBN: 0131001191

²³² Nocedal J., Wright S.J. Numerical Optimization. Second Edition. Springer, 2006, Springer, New York, NY, ISBN: 978-0-387-40065-5

²³³ Sulima N., On the commercial aspects of exploring drone information technologies and tools for their optimization. V International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 9 Decembris 2016, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 288-297. ISBN 978-9984-47-143-3.

Ir veikta attiecīgo rādītāju detalizācija un „piesaiste” pētāmajam objektam – bezpilota lidaparātu uzņēmuma aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai.

4. Ir identificēti aeronovērošanas pakalpojumu sagatavošanas un sniegšanas posmi atbilstīgi to komerciālajam lietojumam, un tiek piedāvāta formula šādu pakalpojumu sniegšanai nepieciešamā kopējā laika novērtēšanai.

5. Ir konstatēts, ka klasisko reģionālās ekonomikas diskrēto preču ražošanas vai pakalpojumu sniegšanas teritoriālā sadalījuma organizācijas un ražotņu atrašanās vietu izvēles uzdevumu modeļus un risināšanas metodes var adaptēt, lai optimizētu mobilo dronu vienību izvietojumu aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanai klientiem reģionā.

Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu sniegšanas teorētisko aspektu izpēte un uzkrātā praktiskā darba pieredze šajā jomā ļāva autoram izstrādāt aeronovērošanas komercpakalpojumu realizācijas modeli. Šī modeļa pamatā ir bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu izmantošanas jomas, no kurām izriet identificētās aeronovērošanas funkcijas. Autors ir veltījis īpašu uzmanību novērošanas jomai un/vai posmam un noformulējis galvenās novērošanai izvirzāmās prasības: tai jābūt aktīvai, mērķtiecīgai un plānveidīgai.

2. BEZPILOTA LIDAPARĀTU KOMERCPAKALPOJUMU EKONOMISKIE UN TIESISKIE ASPEKTI KOSTARIKĀ

2.1. Aeronovērošanas komercpakalpojumu tiesiskā regulējuma teorētiskie pamati pasaules ekonomikā

Lai analizētu aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanas un attīstības situāciju Kostarikā, vispirms ir nepieciešams aplūkot tiesiskos aspektus, kas ir saistīti ar šādu pakalpojumu sniegšanu pasaulē. Vairums valstu patlaban saskaras ar bezpilota lidaparātu izmantošanas regulējuma problēmām, jo šī joma līdzīgi kā daudzi citi jaunievedumi ietekmē sabiedrisko drošību. Visā pasaulē tiek izstrādāti un ieviesti noteikumi, lai reglamentētu dronu izmantošanu dažādu aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai un novērstu potenciālo bīstamību, ar ko diemžēl nākas saskarties visai bieži. Ir pieņemti dokumenti, kas regulē starptautisko sadarbību aeronovērošanas jomā. Piemēram, Helsinku konvencijā par Baltijas jūras reģiona jūras vides aizsardzību²³⁴,²³⁵ (14. pants, VII pielikuma 7. noteikums) līgumslēdzējas puses vienojas izstrādāt un pielietot individuālus vai kopīgus pasākumus, lai nodrošinātu regulāru un efektīvu visa Baltijas jūras reģiona novērošanu no gaisa, kā arī attīstīt un pilnveidot esošās attālinātās novērošanas sistēmas un koordinēt novērošanas darbību, kas tiek veikta ārpus valstu teritoriālo ūdeņu robežām, lai atklātu un uzraudzītu naftas un citu kaitīgu vielu noplūdes jūrā.

Daudzās valstīs ir pieņemti likumi un/vai citi normatīvie akti, kas regulē bezpilota lidaparātu izmantošanu komerciālos nolūkos. Šādu aktu pamatu parasti veido regulējoši noteikumi, kas vērsti uz lidojumu drošumu un privātuma aizsardzību un aizliedz bez īpašas atļaujas izmantot dronus:

- vairāk nekā 122 m augstumā;

²³⁴ Baltic Marine Environment Protection Commission Helsinki Commission, Convention IWGAS Aerial surveillance, Helsinki, 2000 [Elektronisks avots]: <http://www.helcom.fi/about-us/convention> [Pieejams Jūnijss 2018]

²³⁵ Cavoukian, A. Privacy and drones: Unmanned aerial vehicles (pp. 1-30). Ontario, Canada: Information and Privacy Commissioner of Ontario, Canada. 2012. [Elektronisks avots]: <https://www.ipc.on.ca/wp-content/uploads/resources/pbd-drones.pdf> [Pieejams Jūlijss 2018]

- mazāk nekā 5,5 km attālumā no aerodromiem un helikopteru nosēšanās laukumiem;
- mazāk nekā 30 m attālumā no cilvēkiem;
- mazāk nekā 150 m attālumā no cilvēku masveida pulcēšanās vietām;
- diennakts tumšajā laikā, sliktos laikapstākļos un ārpus tiešas redzamības zonas.

Līdzīgi ierobežojumi ir noteikti arī Kostarikā²³⁶.

Balstoties uz attiecīgo publikāciju izpētes^{237, 238, 239, 240, 241, 242} autors 2.1. tabulā ir apkopojis piemērus, kas atspoguļo dronu izmantošanas regulējuma galvenās īpatnības dažādās valstīs.

2.1. tabula
Dronu izmantošanas regulējuma piemēri dažādās valstīs

Valsts	Galvenie reglamentējotie noteikumi
ASV	<ol style="list-style-type: none"> Visi droni ir pakļauti obligātai reģistrācijai. Reģistrācija tiek veikta Federālās Aviācijas pārvaldes (FAA) tīmekļvietnē. Par nereģistrēšanu tiek piemērots sods 27 tūkst. ASV dolāru apmērā. Dronu lidojumu aizliegums: vairāk nekā 122 m augstumā; mazāk nekā 5 jūdžu attālumā no lidostām; Josemitu nacionālajā parkā. Drona svars nedrīkst pārsniegt 25 kg. Katrā štatā ir spēkā savi dronu izmantošanas noteikumi^{243, 244}.
Kanāda	<ol style="list-style-type: none"> Dronu izmantošanai pētnieciskos un komerciālos nolūkos ir nepieciešama atļauja. Drona svars nedrīkst pārsniegt 25 kg. Jāievēro lidojumu drošības standarta noteikumi²⁴⁵.

²³⁶ Sulima N., Drones: de la ciencia ficción a la realidad (Drones: from science fiction to reality), Nacion, Costa Rica, 2019 [Elektronisks avots]: <https://www.nacion.com/somos-celebres/drones-de-la-ciencia-ficcion-a-la-realidad/XWYDT6HFONFJBKIOLTDICJKVWI/story> [Pieejams Jūlijjs 2019]

²³⁷ Federal Aviation Administration, Guidance and Laws Summary Of Small Unmanned Aircraft Rule (Part 107), USA [Elektronisks avots]: https://www.faa.gov/uas/resources/policy_library [Pieejams Jūnijs 2018]

²³⁸ Federal Institution Transport Canada, Regulations Amending the Canadian Aviation Regulations (Remotely Piloted Aircraft Systems): SOR/2019-11 [Elektronisks avots]: <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2019/2019-01-09/html/sor-dors11-eng.html> [Pieejams Maijs 2018]

²³⁹ EU Comission, Regulation Of The European Parliament And Of The Council, Brussel, 2015 [Elektronisks avots]: http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/ia_carried_out/docs/ia_2015/swd_2015_0262_en.pdf [Pieejams Jūnijs 2018]

²⁴⁰ IAA Ireland, Irish Aviation Authority Small Unmanned Aircraft(Drones) Order S.I. No. 563, Dublin, 2015 [Elektronisks avots]: <https://www.iaa.ie/general-aviation/drones> [Pieejams Jūnijs 2018]

²⁴¹ Chandran N., FAA's new drone laws go into effect Monday, allowing US companies to innovate, CNBC Tech, 2016 [Elektronisks avots]: <http://www.cnbc.com/2016/08/29/faas-new-drone-laws-go-into-effect-monday-allowing-us-companies-to-innovate.html> [Pieejams Oktobris 2017]

²⁴² Pennsylvania Department of Transportation, Unmanned Aircraft Systems / Drones licensing and safety rules [Elektronisks avots]: [https://www.penndot.gov/Doing-Business/Aviation/Licensing%20and%20Safety/Pages/Unmanned-Aircraft-Systems-\(Drone\)-Information.aspx](https://www.penndot.gov/Doing-Business/Aviation/Licensing%20and%20Safety/Pages/Unmanned-Aircraft-Systems-(Drone)-Information.aspx) [Pieejams Oktobris 2018]

²⁴³ Federal Aviation Administration and USA Congress, One Hundred Fifteenth Congress of the United States of America, Drones operations law H. R. 302, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.congress.gov/115/bills/hr302/BILLS-115hr302enr.pdf> [Pieejams Septembris 2018]

²⁴⁴ Federal Aviation Administration, Certificated Remote Pilots including Commercial Operators, 2016 [Elektronisks avots]: https://www.faa.gov/uas/commercial_operators [Pieejams Septembris 2018]

²⁴⁵ Government of Canada, Transport Canada and the Royal Canadian Mounted Police (RCMP), Rules for drones in Canada 2019 [Elektronisks avots]: <https://www.tc.gc.ca/en/services/aviation/drone-safety/new-rules-drones.html> [Pieejams Marts 2019]

ES	<p>1. Līdz 2015. gadam nebija pieņemtas nekādas direktīvas, kas nosaka precīzu lidojumu kārtību.</p> <p>2. 2015. gada beigās Eiropas Parlaments pieņēma rezolūciju, kurā galvenā uzmanība ir veltīta drošībai un privātuma aizsardzībai saistībā ar dronu izmantošanu un noteikta nepieciešamība aprīkot dronus ar unikāliem čipiem, kas ietver pilota identifikācijas un reģistrācijas datus.</p> <p>3. Dažās valstīs ir spēkā lokāli normatīvie akti ²⁴⁶.</p>
Austrija	<p>1. Zonas, kurās ir atļauti lidojumi, tiek iedalītas 4 kategorijās.</p> <p>2. Bez licences drīkst veikt lidojumus tikai atklātā telpā (dabā) un lauksaimniecības platību (fermu) tuvumā.</p>
Īrija	Visiem droniem, kuru masa ir lielāka nekā 1 kg, jābūt reģistrētiem Īrijas Aviācijas pārvaldē (IAA) ²⁴⁷ .
Itālija	<p>1. Aizliegts izmantot dronus (nekomerciālai filmēšanai, ar masu līdz 25 kg) cilvēku masveida pulcēšanās vietās, pilsētās, dzelzceļa staciju, lidostu, militāru objektu, elektrostaciju un valsts varasiestāžu tuvumā.</p> <p>2. Ir atļauti dronu lidojumi atklātā, labi pārredzamā telpā vismaz 150 m attālumā no pilsētas infrastruktūras, pastāvīgi uzturot vizuālu kontaktu ar lidaparātu.</p> <p>3. Droniem aizliegts pielidot tuvāk par 50 m cilvēkiem un privātīpašumam.</p> <p>4. Filmēšana ir aizliegta 8 km rādiussā ap lidostām.</p> <p>5. Komerciālai filmēšanai ir jāsaņem licence.</p>
Čehija	<p>1. Dronu lidojumi ir aizliegti pilsētās un cilvēku pulcēšanās vietās.</p> <p>2. Dronu, kuru masa nepārsniedz 7 kg, lidojumi ir atļauti drošā attālumā no cilvēkiem un būvēm.</p> <p>3. Dronu, kuru masa ir no 7 līdz 20 kg, lidojumi ir atļauti vismaz 150 m attālumā no cilvēkiem un būvēm.</p>
Latvija	<p>Droniem jābūt markētiem (markējumā jāiekļauj īpašnieka vārds, uzvārds vai uzņēmuma nosaukums, adrese un tālruņa numurs), bet pilotiem jāvilkā speciāls apģērbs.</p> <p>Nav atļauts veikt lidojumus virs ieslodzījuma vietām, militāriem objektiem, Latvijas Bankas, Valsts policijas, Ārlietu ministrijas, Saeimas un valdības ēkām.</p> <p>Lidojuma maksimālais augstums ir ierobežots līdz 120 m, bet attālums līdz operatoram – līdz 500 m. Dronu lidojumi ir atļauti tikai diennakts gaišajā laikā. Droni, kuru masa pārsniedz 1,5 kg, nedrīkst lidot virs dzīvojamajām ēkām.</p> <p>Bez attiecīgo objektu īpašnieku vai pārvaldītāju atļaujas nav atļauts fotografēt un filmēt: autoceļus un dzelzceļus; pilsētu ielas; elektropārvades līnijas; gāzes krātuves un citus gāzapgādes infrastruktūras objektus; valsts aizsardzībā esošus objektus; tehniskos navigācijas un sakaru līdzekļus; ražošanas objektus, kuros pastāv palielināts tehnoloģisko avāriju risks, u.c.</p>

²⁴⁶ EASA, European Union Aviation Safety Agency, Introduction of a regulatory framework for the operation of drones NPA 2017-05 [Elektronisks avots]: <https://www.easa.europa.eu/library/notices-of-proposed-amendment-npa-2017-05> [Pieejams Marts 2018]

²⁴⁷ Irish Aviation Authority, Small Unmanned Aircraft (Drones) And Rockets Order S.I. No. 563 of 2015 [Elektronisks avots]: [https://www.iaa.ie/docs/default-source/publications/legislation/statutory-instruments-\(orders\)/small-unmanned-aircraft-\(drones\)-and-rockets-order-s-i-563-of-2015.pdf?sfvrsn=26f50bf3_8](https://www.iaa.ie/docs/default-source/publications/legislation/statutory-instruments-(orders)/small-unmanned-aircraft-(drones)-and-rockets-order-s-i-563-of-2015.pdf?sfvrsn=26f50bf3_8) [Pieejams Marts 2018]

	Ar pilnu noteikumu sarakstu var iepazīties tīmekļvietnē likumi.lv ²⁴⁸ un lgs.lv ²⁴⁹ , savukārt noteikumu skaidrojums ir atrodams regulās ²⁵⁰ un ²⁵¹ , ²⁵² ²⁵³ , ²⁵⁴ ²⁵⁵ .
Apvienotā Karaliste	<p>Lai izmantotu dronus komerciālos nolūkos, to operatoriem ir jāsaņem lidojumu atļauja no Civilās aviācijas pārvaldes (CAA).</p> <p>Ir paredzēti nosacījumi, pie kādiem droniem ar masu līdz 20 kg nav nepieciešama atsevišķa reģistrācija un licences saņemšana:</p> <ul style="list-style-type: none"> – drons ir jālieto tikai tiešās redzamības rādiusā. <p>Tiešās redzamības rādiuss gaisa telpā tiek noteikts šādi: 500 m (1640 pēdu) horizontāli vai 122 m (400 pēdu) vertikāli.</p> <p>Droniem, kas ir aprīkoti ar fotokamerām vai videokamerām, jāatrodas vismaz 50 m (164 pēdu) attālumā no cilvēkiem, automašīnām, ēkām vai jebkādām citām būvēm.</p> <p>Privātos nolūkos dronus nedrīkst izmantot tuvāk kā 150 m attālumā no cilvēku pulcēšanās, piemēram, sporta pasākumu vai koncertu norises, vietām²⁵⁶.</p>
Austrālija	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visi dronu lidojumi, kas tiek veikti komerciālos nolūkos, ir jāreģistrē. 2. Ja drona masa nepārsniedz 2 kg un lidojumi tiek veikti privātos (vaļasprieka vai izklaides) nolūkos, papildu reģistrācija nav nepieciešama, taču ir spēkā virkne obligātu noteikumu, kas cita starpā paredz, ka lidojumus nedrīkst veikt: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. mazāk nekā 30 m attālumā no transportlīdzekļiem, peldlīdzekļiem un privātpašumā esošām ēkām bez to īpašnieka piekrišanas; 1.2. virs apdzīvotām vietām un cilvēku pulcēšanās teritorijām, piemēram, publiskajām pludmalēm, citu personu pagalmiņi vai zemesgabaliem, parkiem un sabiedriskajām atpūtas zonām, sporta pasākumiem un rotaļu laukumiem;

²⁴⁸ Valsts Aentūra Civilas aviacijas agentura, Bezpilota gaisa kugu normatīvais regulejums, Latvia [Elektronisks avots]: <https://uas.caa.lv/normativais-regulejums> [Pieejams Marts 2019]

²⁴⁹ Latvijas Gaisa Satiksme, Aizliegtās, Ierobežotu Lidojumu Un Bīstamās Zonas (Prohibited, Restricted Flight And Danger Zones), 2019 [Elektronisks avots]:

https://ais.lgs.lv/eAIPfiles/2019_007_07-NOV-2019/data/2019-11-07-AIRAC/html/eAIP/EV-ENR-5.1-lv-LV.html [Pieejams Novembris 2019]

²⁵⁰ Bezpilota gaisa kuģu un cita veida lidaparātu lidojumu vai pārvietošanās piespiedu pārtraukšana [Elektronisks avots]: <https://likumi.lv/ta/id/57659-par-aviaciju#p47> [Pieejams Februāris 2019]

²⁵¹ Ministru kabineta noteikumi Nr. 368, Kārtība, kādā veicami bezpilota gaisa kuģu un tādu cita veida lidaparātu lidojumi, kuri nav kvalificējami kā gaisa kuģi, 2019 [Elektronisks avots]:
<https://likumi.lv/ta/id/308732> [Pieejams Decembris 2018]

²⁵² Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, Eiropas Parlamenta un Padomes regula (ES) Nr.2018/1139 [Elektronisks avots]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:32018R1139> [Pieejams Septembris 2018]

²⁵³ VAS Elektroniskie Sakari, Radiofrekvenču un numerācijas pārvaldītājs Latvijā, RPAS (Droni), Frekvenču joslas, ko Latvijā var izmantot Tālvadības gaisa kuģu darbībā, bez individuālas atļaujas saņemšanas VAS ES [Elektronisks avots]: <https://www.vases.lv/lv/content/rpas-droni> [Pieejams Septembris 2018]

²⁵⁴ Ministru kabineta noteikumi Nr.496, Kritiskās infrastruktūras, tajā skaitā Eiropas kritiskās infrastruktūras, apzināšanas un drošības pasākumu plānošanas un īstenošanas kārtība, 2010 [Elektronisks avots]: <https://likumi.lv/ta/id/212031> [Pieejams Septembris 2018]

²⁵⁵ Datu Valsts Inspekcija, Publiskais gada parskats, 2016 [Elektronisks avots]:
https://www.dvi.gov.lv/lv/wp-content/uploads/Gada_parskats_publiskais_2016_FINAL.pdf [Pieejams Septembris 2018]

²⁵⁶ United Kingdom Civil Aviation Authority, Guidance on the safety rules that apply when flying unmanned and model aircraft, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.caa.co.uk/Consumers/Model-aircraft-and-drones/Flying-drones/?flip=true> [Pieejams Novembris 2018]

	<p>1.3. tuvāk nekā 5,5 km rādiusā pie jebkādiem aerodromiem, lidostām, helikopteru pacelšanās un nosēšanās zonām, kas var atrasties slimnīcās, pie policijas iecirkņiem un citās vietās un nav uzreiz vizuāli konstatējamas. Nosacījumu ievērošana pilotam jānodrošina uz savu atbildību lidojuma plānošanas ietvaros;</p> <p>1.4. diennakts tumšajā laikā, sliktos laikapstākļos un ārpus tiesās redzamības zonas;</p> <p>1.5. augstumā, kas pārsniedz 123 m (400 pēdas)²⁵⁷.</p>
Taizeme	Ar kamerām aprīkotu dronu lidojumi ir aizliegti bez registracijas ²⁵⁸ .

Avots: sastādījis autors, balstoties uz iepriekš minētajām publikācijām

Jāpiebilst, ka, tā kā valstu tiesību akti bezpilota lidaparātu izmantošanas jomā pēdējā laikā ievērojami mainās, 1.3. tabulā redzamais pārskats sniedz priekšstatu par regulējumu laikposmā līdz 2017. gadam un var tikt izmantots tikai pētāmās tēmas atspoguļojuma ietvaros.

2.1.1. Aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanas tiesiskā regulējuma teorētiskie pamati Kostarikā

Kostarikā dronu izmantošanas tiesiskais regulējums patlaban atrodas veidošanās procesā. Civilās aviācijas likums un tā noteikumi neparedz ierobežojumus attiecībā uz droniem. Tādēļ valstī nepastāv juridisks aizliegums saistībā ar to izmantošanu vai prasība ievērot attiecīgus likumu noteikumus²⁵⁹,²⁶⁰. Taču vienlaikus dronu ekspluatācijai tiek piemēroti Civilās aviācijas likuma un Civilkodeksa nosacījumi, kas regulē civiltiesisko atbildību un kriminālatbildību par kaitējuma nodarišanu, aizliedz izmantot videoieraksta aprīkojumu apvienojumā ar sejas vai biometrisko datu atpazīšanas tehnoloģijām, nēmot vērā personas datu aizsardzības u.c. prasības. Šajā sakarā Kostarikas Civilās aviācijas ģenerāldirekcija (DGAC) ir paziņojusi, ka uz droniem var attiekties aviācijas atbildības apdrošināšana vai vispārīga atbildība aeronovērošanas pakalpojumu jomā, taču pagaidām nekādi reglamentējoši risinājumi šim jautājumam nav rasti²⁶¹.

Uzņēmumiem un fiziskajām personām, kas Kostarikā vēlas izmantot dronus komerciālos nolūkos²⁶²:

- jāreģistrē attiecīgais uzņēmēdarbības veids ikgadējās licences saņemšanai;
- jāsamaksā gada licences nodeva 1874 USD apmērā, lai saņemtu atļauju ekspluatēt dronus, kuru skaits netiek ierobežots;

²⁵⁷ Australian Government, Civil Aviation Safety Authority, Drones safety rules, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.casa.gov.au/drones/rules/drone-safety-rules> [Pieejams Septembris 2018]

²⁵⁸ Civil Aviation Authority of Thailand, Remotely Piloted Aircraft (RPA) Regulation, 2017 [Elektronisks avots]: <https://www.caat.or.th/en/archives/27220> [Pieejams Septembris 2018]

²⁵⁹ París, M., Consideraciones legales sobre el uso de drones, Bonafide Costa Rica, 2014 (Paris M., Legal considerations on the use of drones) [Elektronisks avots]: <http://bonafide.cr/consideraciones-legales-sobre-el-uso-de-drones> [Pieejams Jūlijā 2018]

²⁶⁰ Gonzalez I., Que vienen los drones (Drones are coming), ECIJA Costa Rica, 2016 [Elektronisks avots]: <https://ecija.com/sala-de-prensa/vienen-los-drones> [Pieejams Aprīlis 2018]

²⁶¹ [Elektronisks avots]: <https://www.dronejobs.org/drone-laws-in-costa-rica>, <https://uavsystemsinternational.com/drone-laws-by-country/costa-rica-drone-laws> [Pieejams Maijs 2018]

²⁶² DGAC Dirección General de Aviación Civil, Seguros para drones aún no están definidos (DGAC, Drone insurance not yet defined), Costa Rica 2016, [Elektronisks avots]:

<http://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/40573/390/seguros-para-drones-aun-no-estan-definidos> [Pieejams Marts 2018]

- jāiegādājas licence katram drona pilotam (94 USD). Pilotiem reizi divos gados jāveic atestācija;
- jāizmanto tikai tādi droni, kuru masa nepārsniedz 25 kg un kuru ātrums nav lielāks par 160 km/h.

Lai saņemtu licenci, ir jāapgūst kurss, kas sastāv no 40 stundu teorētiskās apmācības un 10 stundu praktiskajām nodarbībām (lidojumiem) un ko var apgūt DGAC akreditētās skolās. Par lidojumiem, kas tiek veikti bez dronu komerciālās izmantošanas atļaujas, var tikt piemērots sods līdz pat 16 tūkst. ASV dolāru apmērā.

Galvenie normatīvi tiesiskie ierobežojumi, kas attiecas uz droniem un to ekspluatāciju komerciālos nolūkos, Kostarikā pirmoreiz tika noteikti DGAC normatīvajā aktā, un to saturs pamatā ir šāds²⁶³:

1. aizliegts vadīt / veikt lidojumus slēgtās vai ierobežojumiem pakļautās gaisa telpas zonās, ja vien nav saņemta īpaša atļauja, ko izsniedz DGAC. Ierobežojumiem pakļautās zonas ir definētas īpašos noteikumus, un starp tām ir Prezidenta pils, valsts robežas, lidostas, cietums *La Reforma*, vulkāns Arenals, Lapalmas šaurums, stratēģiskie objekti u.c.;

2. aizliegts vadīt / veikt lidojumus nekontrolējamā gaisa telpā, ja vien nav saņemta īpaša atļauja no DGAC;

3. aizliegts vadīt / veikt lidojumus 8 km rādiusā ap lidostām (Daniela Odubera starptautiskās lidostas, Tobiasa Bolanjo starptautiskās lidostas, Huana Santamarijas starptautiskās lidostas, Limonas starptautiskās lidostas), jo tie var radīt traucējumus gaisa kuģu pacelšanās un nolaišanās laikā, ja vien nav saņemta īpaša atļauja no DGAC;

4. aizliegts izmantot dronus tik tuvu citiem gaisa kuģiem, ka rodas riski un sadursmju bīstamība;

5. aizliegts veikt dronu lidojumus vairāk nekā 120 m augstumā virs zemes nekontrolējamā gaisa telpā. Lidojumiem, kuru augstums pārsniedz 120 m ir nepieciešama DGAC atļauja;

6. dronus drīkst izmantot tikai diennakts gaišajā laikā un tādos laikapstākļos, kas nodrošina pienācīgu redzamību, uzturot pastāvīgu vizuālo kontaktu ar lidaparātu. Ir noteikts, ka diennakts gaišais laiks sākas 30 minūtes pirms oficiāli noteiktā saullēkta laika un beidzas 30 minūtes pēc oficiāli noteiktā saulrieta laika. Lidojumiem diennakts tumšajā laikā un sliktas redzamības apstākļos ir jāsaņem īpaša atļauja no DGAC;

7. dronu lidojumi ir atļauti tikai apvidos ārpus aglomerāciju, lielu pilsētu, ciematu teritorijām un cilvēku pulcēšanās vietu robežām, ja vien nav saņemta īpaša atļauja no DGAC.

Ir aizliegts arī veikt lidojumus mazāk nekā 10 m attālumā no mājām un citām būvēm, veikt privātpašuma fotografēšanu un filmēšanu bez īpašnieka atļaujas u.c.

Iepriekš uzskaitītie ierobežojumi ir atspoguļoti autora intervijā tīmeklā izdevumam²⁶⁴.

2016. gada janvārī Kostarikas uzņēmums *GoPato*, kurš specializējas dažādu sūtījumu (pārtikas produktu, dokumentu u.c.) piegādes jomā, testēja piegādi ar dronu palīdzību²⁶⁵.

²⁶³ DGAC Dirección General de Aviación Civil, Restricciones y limitaciones de operación para vehículos aéreos no tripulados (DGAC, Restrictions and operating limitations for vehicles for unmanned aerial vehicles), Costa Rica, 2017. [Elektronisks avots]:

http://www.dgac.go.cr/Aeronaves%20no%20Tripuladas/cc05_15%20opr%20drones%20AIC.pdf
[Peejams Maijs 2019]

²⁶⁴ Alvarado R., Conversamos con el especialista N. Sulima, Gerente de la empresa Justy Drone. (Interview with specialist N. Sulima), Costa Rica 2019 <https://www.nacion.com/somos-celebres/drones-de-la-ciencia> [Peejams Jūlijs 2019]

²⁶⁵ Madrigal C., Gobierno: Entrega de paquetes con drones (Madrigal C., Government: Delivery of packages with drones), Costa Rica 2017. [Elektronisks avots]:

Jānorāda, ka pastāv arī virkne papildu rekomendāciju, pēc kurām jāvadās, komerciālos nolūkos ekspluatējot dronus Kostarikā, kaut arī dažas no tām nav izdotas normatīvo aktu veidā.

Droniem ir jābūt pieejamiem DGAC un citām pilnvarotajām valsts un pašvaldības institūcijām pēc to pieprasījuma, lai veiktu pārbaudi un testēšanu. Uzņēmumam ir jāvar uzrādīt ar dronu komerciālo izmantošanu saistītos ierakstus, kas obligāti jāglabā.

Pilotam ir pienākums:

- vienmēr nēsāt līdzī attiecīgos atļauju dokumentus;
- pirms lidojuma pārliecināties, ka drons ir absolūti drošs, un šajā nolūkā padziļināti pārbaudīt visas tā sistēmas un komunikācijas savienojumus starp dronu un vadības staciju;
- ja noticis negadījums, nekavējoties ziņot par jebkādām nopietnām traumām vai bojājumiem, ko izraisījis drons;
- vienlaikus strādāt ar ne vairāk kā vienu dronu, uzņemoties pilnu atbildību šī nosacījuma pārkāpuma gadījumā;
- neveikt nekādas neuzmanīgas vai pārgalvīgas darbības.

Dronus nav atļauts izmantot²⁶⁶, ²⁶⁷:

- aizliegtajās zonās, ierobežotas piekļuves zonās, brīdinājuma zonās, militāru vai policijas operāciju īstenošanas zonās, kontrolējamās apšaudes zonās;
- ar piestiprinātiem šaujamieročiem, citiem ieročiem vai bīstamiem materiāliem;
- no kustībā esošiem transportlīdzekļiem, izņemot gadījumus, kad tie atrodas mazapdzīvotos apvidos;
- zvejas vajadzībām (medības visā Kostarikas teritorijā ir aizliegtas);
- virs mežu ugunsgrēku un citām bīstamam zonām;
- personām, kuras nav sasniegušas 16 gadu vecumu;
- personām, kuras atrodas narkotisko vielu vai alkohola reibumā, kā arī personām ar ierobežotām fiziskajām vai garīgajām spējām.

Lai varētu saņemt īpašās atļaujas, DGAC pieprasī operatoriem iesniegt rakstveida atskaites par dronu parametriem, izmantošanas mērķiem, atrašanās vietu un darba veikšanas laiku, kā arī pilnīgus atļaujas pieprasītāja datus²⁶⁸.

Kā norādīts 2.1. sadaļā, visu valstu tiesiskais regulējums strauji mainās, jo likumdošanas procesā tiek ņemtas vērā arvien jaunas problēmas un starpgadījumi

<https://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/100467/gobierno:-entrega-de-paquetes-con-drones>
[Pieejams Marts 2019]

²⁶⁶ Murphy M., The US commercial drone industry is finally governed by real rules, Quartz, USA, 2016 [Elektronisks avots]: <https://qz.com/712466/the-us-commercial-drone-industry-is-finally-governed-by-real-rules> [Pieejams Aprīlis 2018]

²⁶⁷ Martinez K., Details of Legislation In Drone Regulation, Dronethusiast USA, 2016 [Elektronisks avots]: <http://www.dronethusiast.com/drone-regulation-updates> [Pieejams Septembris 2018]

²⁶⁸ DGAC Dirección General de Aviación Civil, Formal Application And Legal Declaration for operator RPAS Remote piloted Aircraft Systems, Costa Rica, 2018 [Elektronisks avots]: <http://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2018/06/Ap--ndice-A1-DO-RPAS-Solicitud-Formal-Operaciones-Comerciales.docx> [Pieejams Septembris 2018]

saistībā ar dronu lietošanu. Centrālamerikas un Latīnamerikas valstis šajā jomā orientējas galvenokārt pēc normatīvi tiesiskā regulējuma ASV²⁶⁹,²⁷⁰,²⁷¹,²⁷²,²⁷³.

2018. gadā Kostarikā tika pieņemts likums „RPAS darbības direktīvas”²⁷⁴, kas nozīmīgi papildina iepriekš minēto DGAC normatīvo aktu un regulē licencēšanu aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas jomā.

2.2. Kostarikas ekonomiski ģeogrāfiskā analīze bezpilota lidaparātu izmantošanas kontekstā

Lai sasniegtu izvirzīto promocijas darba mērķi, ir nepieciešams analizēt vidi, kurā notiek dronu izmantošana aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanai reģionālā līmenī un kuru, pēc autora domām, nosaka:

- ģeogrāfiskie apstākļi;
- valsts teritorijas administratīvais iedalījums un iedzīvotāju sadalījums tajā;
- klimata apstākļi valsts reģionos;
- iedzīvotāji, to mentalitāte un pirkstspējas līmenis²⁷⁵;
- ārkārtas notikumi un dabas parādības valstī;
- normatīvie akti, kas ierobežo dronu komerciālo izmantošanu.

Uzskaitītajiem vides faktoriem ir būtiska ietekme uz BPLA uzņēmuma darbības ekonomiskajiem rādītājiem. Tādēļ ir svarīgi aplūkot tuvāk dažādus šīs ietekmes aspektus.

Valsts ģeogrāfiskos apstākļus nosaka tās atrašanās vieta. Kostarika atrodas Centrālamerikā. Ziemeļos tā robežojas ar Nikaragvu, dienvidos – ar Panamu, rietumos – ar Kluso okeānu un austrumos – ar Karību jūru. Kostarika ir neliela valsts ar teritorijas garumu tikai 460 km un platumu – 260 km, un tās šķērsošana ar automašīnu prasa tikai pusi dienas.

Valstī valda liela tropu dabas daudzveidība. Gandrīz 25 % valsts teritorijas aizņem nacionālie parki (kopumā 26) un rezervāti (kopumā 74) ar tropu mežiem un eksotisku dzīvnieku pasauli.

Lai neradītu bojājumus izmantojamajiem droniem vai tos vienkārši nenozaudētu, aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai pilsētvidē un kalnainos vai mežainos apvidos, ir nepieciešama atbilstīga BPLA uzņēmumu personāla kvalifikācija.

²⁶⁹ Federal Aviation Administration, Drones in America Rules for drones registration [Elektronisks avots]: https://www.faa.gov/uas/getting_started/register_drone [Pieejams Septembris 2018]

²⁷⁰ Federal Aviation Administration, Summary Of Small Unmanned Aircraft Rule, Washington, DC 20591, 2016 [Elektronisks avots]: https://www.faa.gov/uas/media/Part_107_Summary.pdf [Pieejams Septembris 2018]

²⁷¹ Nyshka C., FAA’s new drone laws go into effect Monday, allowing US companies to innovate, CNBC Tech, 2016 [Elektronisks avots]: <http://www.cnbc.com/2016/08/29/faas-new-drone-laws-go-into-effect-monday-allowing-us-companies-to-innovate.html> [Pieejams Aprīlis 2017]

²⁷² Murphy M., The US commercial drone industry is finally governed by real rules, Quartz, USA, 2016 [Elektronisks avots]: <https://qz.com/712466/the-us-commercial-drone-industry-is-finally-governed-by-real-rules> [Pieejams Maijs 2018]

²⁷³ Rupprecht J., Drones: Their Many Civilian Uses and the U.S. Laws Surrounding Them, 2nd edition, CreateSpace Independent Publishing Platform, 142 p., 2015, ISBN: 1502805529

²⁷⁴ DGAC Dirección General de Aviación Civil, Directiva operacional D0-001-OPS-RPAS, (DGAC, Operational Directive D0-001-OPS-RPAS), Costa Rica, 2017 [Elektronisks avots]: <http://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2018/06/DIRECTIVA-OPERACIONAL-RPAS-EDICION-1.pdf> [Pieejams Jūnijss 2018]

²⁷⁵ Instituto Nacional de Estadísticas, Índice de Precios al Consumidor: Comportamiento de los precios en el 2018 (Consumer Price Index: Price Behavior in 2018), Costa Rica, 2018 [Electronic source]: <http://inec.cr/sites/default/files/documetos-biblioteca-virtual/aneconomipc2018.pdf> [Available May 2019]

*Kostarika atrodas tropu klimata joslā*²⁷⁶. Piekraistes reģionā karstuma iedarbību mazina okeāna tuvums, un tā klimats nodrošina dzīvošanai komfortablākos apstākļus ar gada vidējās temperatūras diapazonu no 17,8 līdz 26,8 °C. Lietainās dienās vidējā gaisa temperatūra ir no 19 °C (no decembra līdz februārim) līdz 22 °C (augustā). Skaidrs laiks bez mākoņiem gadā ir vidēji 28,2 % dienu. No decembra līdz aprīlim valsts rietumdaļā un Centrālajā ieļejā nokrišņu praktiski nav, un līdz ar to šīs teritorijas ir ideāli piemērotas aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai, savukārt septembris un oktobris ir vislietainākie mēneši ar stipru vēju un pat orkāniem. Karību jūras piekrastē sausā sezona ir februārī, martā, septembrī un oktobrī, bet lietainā – no novembra līdz janvārim un no aprīļa līdz augustam. Kad no Karību jūras puses nāk vētras un lietus, Klusā okeāna piekrastē var būt pilnīgs bezvējš. Tādējādi, neskatoties uz teritorijas nelielajiem izmēriem, sausā un lietainā sezona valsts rietumu un centrālajā daļā ir pavisam citā laikā nekā tās austrumdaļā.

Kostariku veido 7 provinces (2.1. att.): Alahuela (1), Kartago (2), Gvanakaste (3), Eredija (4), Limona (5), Puntarenasa (6) un Sanhosē (7), kas vienlaikus ir arī valsts galvaspilsēta. Provinces (spāņu val. *provincia*) tiek iedalītas kantonos (kuru kopējais skaits ir 81), kas savukārt sastāv no apvidiem jeb rajoniem (spāņu val. *distrito*).

Valsts iedzīvotāju skaits ir 4,95 milj. cilvēku un pastāvīgi palielinās (2.2. att.).

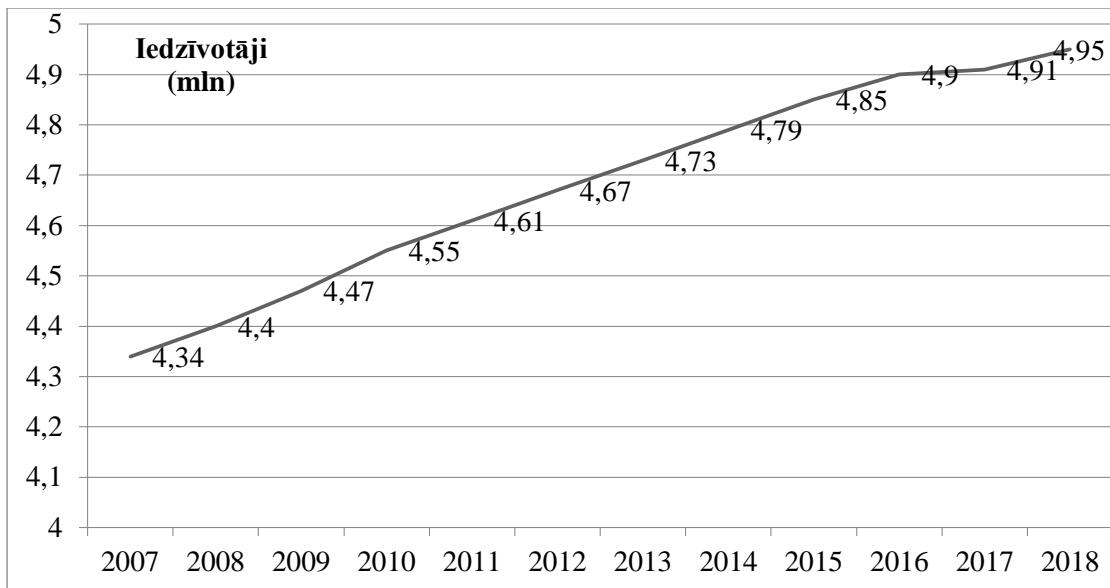
Informācija par provinču administratīvajiem centriem, iedzīvotāju skaitu, platību, kā arī attiecīgo īpatsvaru kopējā iedzīvotāju skaitā un platībā ir apkopota 2.1. tabulā.



2.1. attēls. Kostarikas administratīvais iedalījums provincēs
(avots: tiešsaistes avots²⁷⁷)

²⁷⁶ Sarouhan T., Costa Rican Weather statistics averages, Costa Rica, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.govisitcostarica.com/travelInfo/climate.asp> [Pieejams Maijs 2018]

²⁷⁷ Lorena M., Costa Rican Province Map, Costa Rica, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.costarica.org/facts/maps> [Pieejams Maijs 2018]



2.2. attēls. Kostarikas iedzīvotāju skaita pieauguma diagramma
(avots: tiešsaistes avots²⁷⁸, ²⁷⁹, ²⁸⁰, ²⁸¹)

Kā redzams diagrammā, iedzīvotāju skaits Kostarikā gadu no gada palielinās – 2010. gadā tas bija 4,35 milj., bet 2017. gadā jau sasniedza 5 milj.

Turpmākajā daļā tiks tuvāk aplūkoti Kostarikas reģioni jeb provinces (2.2. tab.).

2.2. tabula
Kostarikas provinču vispārīgs raksturojums

Nr.	Province	Administratīvais centrs	Iedzīvotāju skaits (cīlv.)	Iedzīvotāju skaita īpatsvars (%)	Platība (km ²)	Platības īpatsvars (%)
1.	Alahuela	Alahuela	975.000	19,94	9758	19,1
2.	Kartago	Kartago	525.700	10,75	3125	6,12
3.	Gvanakaste	Liberija	371.400	7,59	10.141	19,84
4.	Eredija	Eredija	497.800	10,18	2657	5,20
5.	Limona	Limona	439.000	8,98	9189	17,98
6.	Puntarenasa	Puntarenasa	474.300	9,7	11.265	22,04
7.	Sanhosē	Sanhosē	1.607.200	32,86	4965	9,72
Kopā:		Kostarika	4.890.400	100	51.100	100

Avots: izstrādājis autors, balstoties uz [Elektronisks avots]:²⁸²

²⁷⁸ Trading Economics, Costa Rican population statistics, 2018 [Elektronisks avots]: <http://www.tradingeconomics.com/costa-rica/population> [Pieejams Janvāris 2018]

²⁷⁹ Instituto Nacional de Estadística y Censos, Cosa Rica en Cifras (Costa Rica in Figures) Costa Rica, 2019, ISSN: 2215-5422 [Elektronisks avots]: <http://inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/recostaricaencifras2018.pdf> [Pieejams Janvāris 2018]

²⁸⁰ Central Intelligence Agency, CIA, Factbook Costa Rica, USA, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> [Pieejams Aprīlis 2018]

²⁸¹ Miller T. Ecopnomy Freedom, Costa Rica rating, USA, 2018 [Elektronisks avots]: <http://www.heritage.org/index/country/costarica> [Pieejams Septembris 2018]

²⁸² Brinkhoff T. Population of Costa Rica rating, Germany, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.citypopulation.de/CostaRica-UA.html> [Pieejams Oktobris 2018]

Jānorāda, ka vairums valsts iedzīvotāju (vairāk nekā 50 %) mitinās Centrālajā plato (valsts auglīgākajā apvidū) – Sanhosē un Alahuelas provincēs, kas „generē” lielāko daļu aeronovērošanas pasūtijumu, ko veido gan privātie pasūtijumi saistībā ar dažādu pasākumu apkalpošanu, gan dažādi rūpniecības un lauksaimniecības uzņēmumu pasūtījumi.

Valsts iedzīvotāju etniskais sastāvs ir šāds: eiropeidi (ieskaitot metisus) – 94 %, afroamerikāni – 3 %, indiāni (pamatiedzīvotāji) – 1 %, kīnieši – 1 %, citi – 1 %.

Daži no Kostarikas iedzīvotajiem svarīgākajiem svētkiem ir apkopoti 2.3. tabulā.

2.3. *tabula*
Svarīgāko valsts svētku uzskaitījums

Datums	Nosaukums latviešu valodā	Vietējais nosaukums	Piezīmes
1. janvāris	Jaungada diena	<i>Año Nuevo</i>	
Marta pēdējā nedēļa – aprīlis	Zaļā ceturtdiena	<i>Jueves Santo</i>	Datums mainās
	Lielā piektdiena	<i>Viernes Santo</i>	Datums mainās
	Lieldienas	<i>Domingo de Resurrección</i>	Datums mainās
1. maijs	Darba svētki	<i>Día del Trabajador</i>	
2. augusts	Enģeļu Jaunavas diena	<i>Día de la Virgen de los Ángeles</i>	Tiek atzīmēta par godu Kostarikas aizbildnei
15. augusts	Mātes diena	<i>Día de la Madre</i>	
24. augusts	Nacionālo parku diena	<i>Día de los Parques Nacionales</i>	Tiek atzīmēta kopš 1986. gada
15. septembris	Neatkarības diena	<i>Día de la Independencia</i>	Tiek atzīmēta kopš 1821. gada
12. oktobris	Kolumba diena (Kultūru diena)	<i>Día del encuentro de las Culturas</i>	

Avots: sastādījis autors, balstoties uz ²⁸³

Minētajās svētku dienās palielinās pieprasījums pēc aeronovērošanas pakalpojumiem dažādu pasākumu laikā.

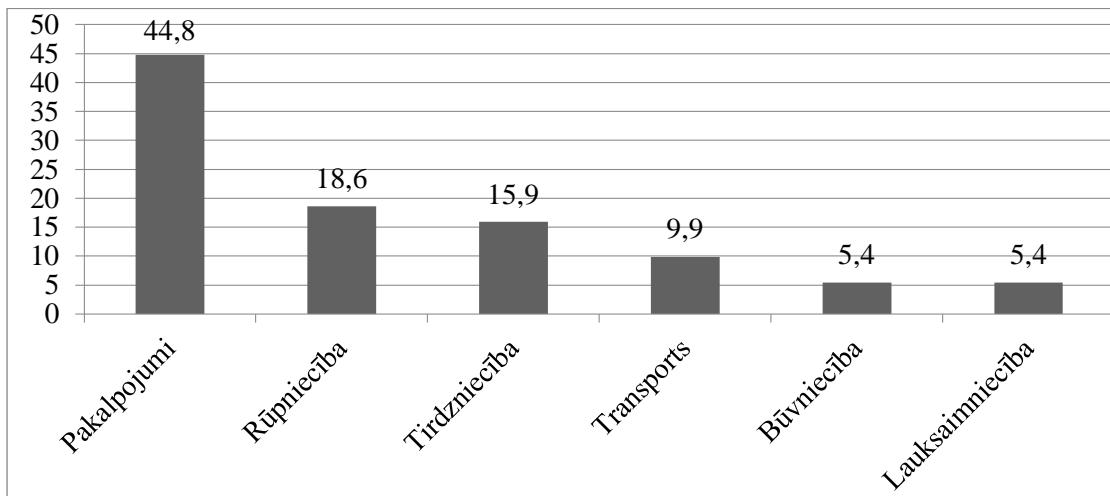
Ārkārtas situācijas, piemēram, vulkānu izvirdumi, orkānu nodarīti postījumi, lietavu izraisīti zemes noslīdējumi u.c., apdzīvotos apvidos rada nepieciešamību pēc informācijas sniegšanas tiešsaistē, lai varētu novērtēt postījumu apmērus un īstenot reagēšanas pasākumus. Šo iemeslu dēļ valstī arvien izplatītāka kļūst aeronovērošana ar dronu palīdzību. Parasti to veic specializētas attiecīgo valsts un pašvaldību institūciju struktūrvienības. Taču noteiktos gadījumus (piemēram, ja attiecīgajām struktūrvienībām nepietiek novērošanas resursu) var tikt piesaistīti arī BPLA komercuzņēmumi, balstoties uz pagaidu pasūtījumiem vai ilgtermiņa līgumattiecībām.

Dronu komercpakalpojumus izmantojošo Kostarikas tautsaimniecības nozaru novērtējums

Lai analizētu komercpakalpojumu izmantošanu Kostarikā, ir jānovērtē tās tautsaimniecības nozaru struktūra, kas sadalījumā pēc to īpatsvara iekšzemes

²⁸³ US Embassy in Costa Rica, 2018 [Elektronisks avots]: <https://cr.usembassy.gov/es/holiday-calendar-es/> [Pieejams Oktobris 2018]

kopproduktā (IKP) ir atspoguļota 2.3. attēlā redzamajā diagrammā. Kopējais IKP apmērs 2017. gadā bija 57,69 mljrd. USD²⁸⁴,²⁸⁵.



2.3. attēls. Kostarikas tautsaimniecības nozaru īpatsvars IKP (%), 2017. gads
(avots: izstrādājis autors, balstoties uz [Elektronisks avots]):²⁸⁶

Diagrammā tirdzniecības un transporta pakalpojumi tiek aplūkoti atsevišķi no kopējās pakalpojumu nozares. Konkurētspējas ziņā Kostarika ieņem ceturto vietu starp Dienvidamerikas un Centrālamerikas valstīm, iegūstot reitingu „augsts konkurētspējas līmenis ar labiem infrastruktūras, tehnoloģiju un makroekonomiskās stabilitātes un attīstības rādītājiem”²⁸⁷. Ārvalstu investorus piesaista politiskā stabilitāte valstī un tās iedzīvotāju augstais izglītības līmenis (līdz 98 %)²⁸⁸.

Lielākais īpatsvars valsts IKP ir pakalpojumu nozarei, turklāt šis īpatsvars ar katru gadu pieauga.

Tūrisma kā pakalpojumu nozares sastāvdaļai ir nozīmīgs ieguldījums valsts valūta ieņēmumu palielināšanā. Valsts ir izslavēta ar vienu no pasaule skaitākajām pludmalēm, kuras kopējais garums ir aptuveni 1200 km. Pludmales lielākā daļa atrodas valsts rietumdaļā (Gvanakastes un Puntarenas provincēs). Mūsdienīgā rekreācijas, ekoloģiskā un ekskursiju tūrisma infrastruktūra piesaista lielu skaitu tūristu (vairāk nekā 4,6 milj. gadā)²⁸⁹. Galveno plūsmu veido tūristi no ASV, Kanādas un

²⁸⁴ Trading Economics, Costa Rican GDP staistics, 2018 [Elektronisks avots]: <http://www.tradingeconomics.com/costa-rica/gdp> [Pieejams Oktobris 2018]

²⁸⁵ OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Estudios Económicos de la OCDE: Costa Rica, (OECD Economic Studies: Costa Rica), 2018 [Elektronisks avots]: <http://www.oecd.org/economy/surveys/Costa-Rica-2018-Estudios-Economicos-de-la-OCDE.pdf> [Pieejams Oktobris 2018]

²⁸⁶ Central Intelligence Agency CIA, Factbook Costa Rica, USA, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> [Pieejams Marts 2018]

²⁸⁷ La Cámara de Tecnologías de Información y Comunicación, Costa Rica Occupies The Fourth Place In Ranking Of Competitiveness Latin American (The Chamber of Information and Communication Technologies, Costa Rica Occupies The Fourth Place In Ranking Of Competitiveness Latin American), 2018 [Elektronisks avots]: <http://www.camtic.org/actualidad-tic/costa-rica-ocupa-el-cuarto-lugar-en-ranking-de-competitividad-latinoamericano> [Pieejams Septembris 2018]

²⁸⁸ Instituto Nacional de Estadística y Censos, Costa Rica en Cifras (Costa Rica in Figures) Costa Rica, 2019, ISSN: 2215-5422 [Elektronisks avots]: http://countryometers.info/en/Costa_Rica [Pieejams Janvāris 2018]

²⁸⁹ Cascante, S., Con drones llevarán medicamentos a poblados indígenas (Cascante, Sh. With drones they will take medicines to indigenous villages), Dcanso de la prensa nacional, 2016 [Elektronisks avots]: <http://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/84301/con-drones-llevaran-medicamentos-a-poblados-indigenas> [Pieejams Marts 2018]

Rietumeiropas valstīm, kuri arī ir aeronovērošanas pakalpojumu klienti, kas pasūtu grupu videoierakstus tūrisma maršrutos. Celojumu un tūrisma konkurētspējas indeksa (TTCI) ziņā Kostarika ieņem vienu no pirmajām vietām starp Latīnamerikas valstīm. Pakalpojumu īpatsvars IKP (vienlaikus ar tūrisma, tirdzniecības un transporta īpatsvaru) pastāvīgi palielinās.

Valstī ir sākta valdības finansēta pētījumu izstrāde par dronu izmantošanu tautsaimniecībā. Tā ietvaros Lauksaimniecības mašīnbūves skola un Elektrotehnikas skola ir apvienojušas centienus, lai izstrādātu projektu par augsnes erozijas novērtēšanu lauksaimniecības zemju platību saglabāšanas nolūkā, izmantojot automatizētas monitoringa sistēmas ar dronu palīdzību²⁹⁰.

Transports ir joma, kas jau pati par sevi īpaši interesē bezpilota lidaparātu uzņēmumus Turklat papildu interesi rada tas, ka transporta loģistika, kā arī transporta un ceļu tīkls ir aeronovērošanas pakalpojumu potenciāli patēriņi, kam cita starpā var būt nepieciešama noliktavu, būvniecības un remonta objektu videofilmēšana, transporta sastrēgumu un uz ceļiem izveidojušos ārkārtas situāciju novērošana no gaisa utt.

No *transporta infrastruktūras valstī* ir atkarīgs laiks, kādā MDV var tikt nogādātas pakalpojumu sniegšanas vietā. Neviens ģeogrāfiskais punkts valstī neatrodas tālāk nekā 120 km attālumā no piekrastes. Sanhosē, Alahuelas un Puntarenas provinces šķērso Panamerikas šoseja, un aptuveni tās vidusdaļā atrodas valsts galvaspilsēta. Laiks, kas nepieciešams, lai, braucot pa šo šoseju, no galvaspilsētas sasniegta galējos punktus valsts ziemeļos un dienvidos, nepārsniedz 4-5 stundas. Pietiekami labi attīstīts ir arī autoceļu tīkls, kas savieno valsts centrālos rajonus ar abām piekrastēm²⁹¹. Tādēļ var pieņemt, ka *laiks $T_t = 4,5 \text{ h}$* ir visticamākais maksimālais laiks, kādā MDV iespējams nogādāt aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas vietā jebkurā valsts punktā pat tad, ja BPLA uzņēmuma rīcībā ir tikai viena MDV.

Lietus sezonā ceļi nereti tiek izskaloti, tādēļ aeronovērošanas pakalpojumu sniegšana virknē rajonu, jo īpaši kalnainos apvidos un apvidos, kuriem nav iespējams pieklūt pa maģistrālajiem ceļiem, kļūst apgrūtināta. Tomēr ārkārtējas nepieciešamības gadījumā MDV apkalpe kopā ar dronu var tikt ātri nogādāta praktiski jebkurā valsts punktā, tajā skaitā nacionālajos parkos un rezervātos, izmantojot aviotransportu. Valstī ekspluatācijā ir 161 lidjosla, tajā skaitā 47 lidjoslas ar cieto segumu un 114 – ar grunts segumu²⁹².

Arī *būvniecības nozare* ir visai perspektīva, taču pagaidām nepietiekami attīstīta aeronovērošanas pakalpojumu izmantošanas joma, kurā tos var lietot gan objektu būvniecības vietas izvēles un plānošanas stadijā, gan būvdarbu gaitas monitoringa nolūkā. Cieši saistīta ar šo jomu ir jaunbūvējamo dzīvojamā sektora un atpūtas objektu reklāma, kurā aerofiksāciju var izmantot attiecīgu videomateriālu un bukletu sagatavošanas procesā.

Sabiedriskās drošības jomā dronu izmantošanas potenciāls ir milzīgs. Piemēram, valsts Sabiedriskās drošības ministrija pieprasī ar dronu izmantošanu

²⁹⁰ Instituto Tecnológico Costa Rica, Estudio de Factibilidad de un Sistema de Monitoreo Aéreo para el control de la erosión en agricultura (TEC, Feasibility Study of an Aerial Monitoring System for erosion control in agriculture), Costa Rica, 2016 [Elektronisks avots]: <https://www.tec.ac.cr/en/proyectos/estudio-factibilidad-sistema-monitoreo-aereo-control-erosion-agricultura> [Pieejams Septembris 2018]

²⁹¹ MOPT Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Información Geográfica Vías Nacionales (Ministry of Public Works and Transportation, Geographic Information National roads), Costa Rica, 2019, [Elektronisks avots]: <https://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home/informacionrelevante/planificacion/mapasRVN> [Pieejams Marts 2019]

²⁹² Central Intelligence Agency CIA, Factbook Costa Rica, USA, 2018 [Elektronisks avots]: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html> [Pieejams Marts 2018]

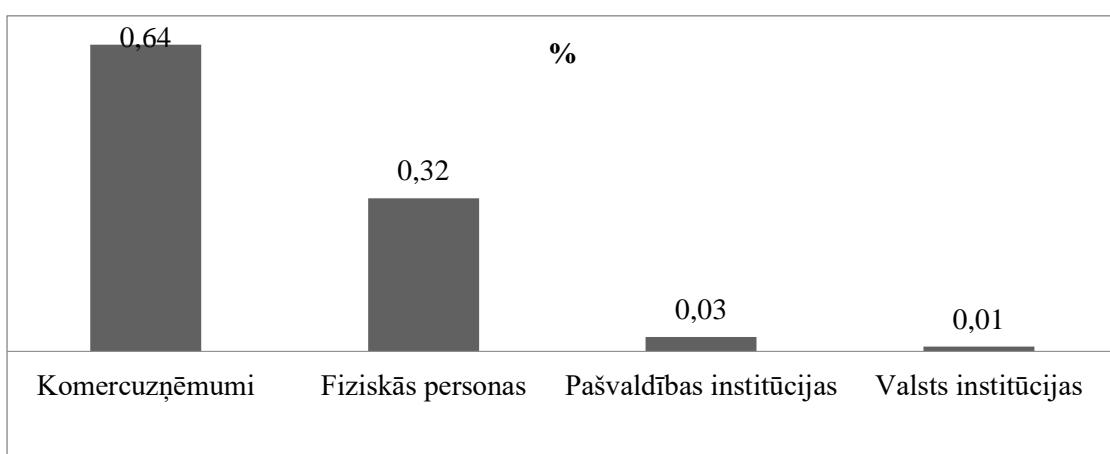
saistītas investīcijas, lai veiktu piekrastes un valsts teritoriālo ūdeņu novērošanu un fiksētu kuģus, kas pārvadā narkotikas²⁹³.

Kostarikas tautsaimniecības nozaru īpatnībām ir būtiska ietekme uz aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas jomām. To diapazons ir plašs un ietver gan reklāmu, apkalpošanu, būvniecību un lauksaimniecību, kas ir jomas, kurā aeronovērošanas pakalpojumi ir vispieprasītākie, gan rūpniecību, kurā pieprasījums pēc tiem pagaidām ir neliels.

Saskaņā ar ekspertvērtējumu ***aeronovērošanas komercpakalpojumu pasūtītāju galvenās grupas Kostarikā***, kas uzskaitītas secībā no lielākā apjoma uz mazāko, ir šādas:

- komercuzņēmumi;
- fiziskās personas;
- pašvaldības iestādes un to struktūrvienības;
- valsts pārvaldes iestādes un to struktūrvienības.

Pasūtījumu īpatsvara sadalījums starp minētajām *pasūtītāju grupām*, balstoties uz promocijas darba autora piecus gadus ilgās pieredzes, kā arī valsts plašsaziņas līdzekļos publicēto sludinājumu analīzes, ir atspoguļots 2.4. attēlā redzamajā diagrammā. Papildināt šo novērtējumu ar ticamu ekspertvērtējumu nebija iespējams, jo kvalificētākie šīs jomas eksperti ir konkurējošo uzņēmumu darbinieki un šāda vērtējuma sniegšana būtu saistīts ar konfidenciālas informācijas izpaušanu.



2.4. attēls. Aeronovērošanas pakalpojumu pasūtījumu īpatsvars sadalījumā pa pasūtītāju juridiskās piederības grupām
(avots: izstrādājis autors)

Aeronovērošanas pamatpakalpojumu un papildpakalpojumu pasūtījumu sadalījuma proporcija pēc to skaita saskaņā ar autora ekspertvērtējumu ir aptuveni 3:2.

Aerofiksācijas un aeronovērošanas kā galveno pasūtījumu veidu reģionā sadalījuma proporcija saskaņā ar autora ekspertvērtējumu ir šāda:

- pēc pasūtījumu skaita – 20:1;
- pēc pasūtījumu izpildes laika – 1:3.

Balstoties uz iepriekš veiktās analīzes, kas atspoguļota šī darba 1. nodaļā, un apkopojošās tabulas, *ir identificētas jomas, kurās ar vislielāko varbūtību reģionā tiks izmantoti aeronovērošanas pakalpojumi, un to piemēri*, kas pēc izmantošanas varbūtības (lejupejošā secībā) ir apkopoti 2.3. tabulā.

²⁹³ Mata G., Costa Rica podría usar drones para detectar lanchas narco (Costa Rica could use drones to detect narco boats.), Costa Rica 2018 [Elektronisks avots]:

<https://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/103664/costa-rica-podria-usar-drones-para-detectar-lanchas-narco> [Pieejams Marts 2018]

2.4. tabula

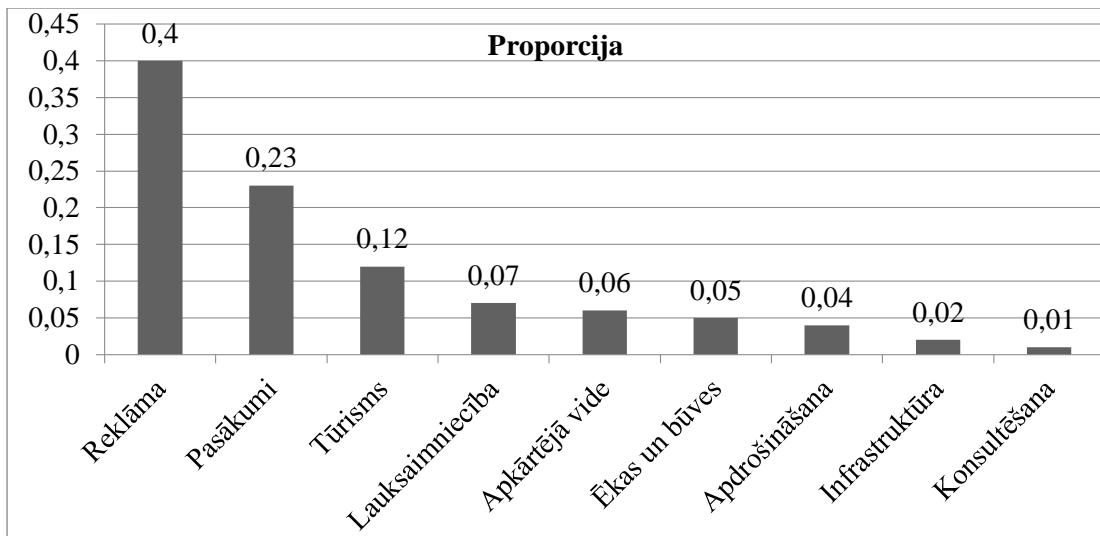
Aeronovērošanas pakalpojumu izmantošanas galvenās jomas Kostarikā

ANP izmantošanas jomas	ANP piemēri
Reklāma	Aerofiksācija bukletu un videomateriālu veidošanai šādiem mērķiem: nekustamā īpašuma objektu pārdošanai; tūristu un ceļotāju piesaistīšanai dažādām izmitināšanas un atpūtas vietām
Pasākumi	Lietišķu un svinīgu pasākumu; sporta sacensību; valsts, pilsētu un reģionālo svētku; kāzu un atpūtas dabā aerofiksācija
Tūrisms un atpūta	Tūristu grupu pavadīšana tūrisma maršrutos, lai veiktu aerofiksāciju bukletu un videomateriālu veidošanas vajadzībām
Lauksaimniecība	Lauksaimniecības zemju aerofiksācija no novērošana; sējumu un ražas multispektrālā attēlojuma uzņemšana; kaitēkļu masveida vairošanās vietu identificēšana; platību, kam nepieciešama mēslošana ar slāpeklī, noteikšana; nezāļu monitorings; putnu atbaidīšana, izmantojot ultraskaņu un skaņu radošas dronu uzkares ierīces; no ganāmpulka noklīdušu dzīvnieku meklēšana; slimu dzīvnieku identificēšana ganāmpulkā ganībās, fiksējot temperatūras starpību ar multispektrālās novērošanas palīdzību
Aviācijas darbi	Lauksaimniecības kaitēkļu apkarošana, veicot attiecīgo platību apsmidzināšanu
Apkārtējā vide	Zemju, mežu, piekrastes zonas un ūdensceļu aerofiksācija un novērošana kartogrāfijas uzdevumu izpildes, ugunsdrošības inspīcēšanas, ārkārtas situāciju novērtēšanas, ekoloģijas u.c. noteikumu pārkāpumu fiksēšanas; ģeodēzijas speciālistu, zemes īpašnieku, mežsaimnieku, valsts, pašvaldības un nevalstisku institūciju (piemēram, <i>Greenpeace</i>) uzdevumā
Ēkas, būves un celtniecība	Ēku, būvju, tiltu u.c. tehniskā stāvokļa aerofiksācija un novērošana; drošības noteikumu pārkāpumu fiksēšana darbu veikšanas laikā, piemēram, veicot būvdarbus vai darbus uz ēku jumtiem; remontējamu jumtu, siltuma un aukstuma noplūžu apzināšana
Apdrošināšana	Apdrošināmo objektu (ēku, būvju, mežu, sējumu, lauku u.c.) aerofiksācija to objektīvā stāvokļa noteikšanas nolūkā
Komunālā un transporta infrastruktūra	Celu satiksmes un ceļu infrastruktūras (ielu, ceļu, ceļazīmju, apgaismojuma) novērošana, tostarp ārkārtas situācijās (pēc vulkānu izvirdumiem, lietusgāzēm, orkāniem vai zemestrīcēm) un pēc smagiem ceļu satiksmes negadījumiem
Amatieru konsultēšana	Dronu un to papildaprīkojuma izvēle un iegāde; lidojumu dokumentācijas noformēšana; atlauju saņemšana; treniņi

Avots: izstrādājis autors

ANP īpatsvara sadalījums galvenajās jomās, kas noteikts, balstoties uz ekspertvērtējuma un autora personīgās pieredzes, histogrammas veidā ir atspoguļots 2.5. attēlā²⁹⁴. Kā eksperti tika anonīmi piesaistīti dažādu BPLA uzņēmumu darbinieki.

²⁹⁴ К сфере «Окружающая среда» также отнесены чрезвычайные ситуации.



2.5. attēls. Aeronovērošanas pakalpojumu pasūtījumu varbūtības sadalījums pa to izmantošanas jomām
(avots: izstrādājis autors²⁹⁵)

Galvenais secinājums, kas ir nozīmīgs no praktiskā viedokļa un izriet no iepriekš atspoguļotā aeronovērošanas pakalpojumu varbūtējo pasūtījumu sadalījuma pa dažādām jomām, ir tāds, ka *BPLA uzņēmumu mārketinga darbam ir jākoncentrējas uz tādām jomām kā reklāma, tūrisms un pasākumi*, kas veido vidēji divas trešdaļas no visiem pakalpojumu pasūtījumiem.

Ekspertvērtējums par dažādu aeronovērošanas pakalpojumu grupu (aerofiksācijas (A), monitoringa (M) un kontroles (C)) sadalījumu dažādās pasūtītāju grupās un jomās ir atspoguļots 2.5. tabulā.

Ja atsevišķas 2.4. tabulas ailēs ir svītra (-), tas nozīmē, ka šajās jomās attiecīgais aeronovērošanas pakalpojuma veids nav aktuāls, savukārt nulle (0) – ka tā izmantošana ir maz ticama. Konsultēšanas ietvaros pasūtītāji tiek apmācīti gan par notikumu, procesu un objektu novērošanu, gan aerofiksāciju.

2.5. tabula
ANP pasūtījumu sadalījums pa darbības jomām un pasūtītāju grupām

ANP izmantošanas jomas	Juridiskās personas			Fiziskās personas			Valsts institūcijas			Pašvaldības institūcijas		
	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C
Reklāma	1	0	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-
Pasākumi	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Tūrisms un atpūta	1	0	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-
Lauksaimniecība	0.2	0.6	0.2	0.1	0.6	0.3	0	1	0	0	1	0
Apkārtējā vide	0.2	0.6	0.2	0.1	0.6	0.3	0	1	0	0	1	0
Ēkas, būves un celtniecība	0.8	0.2	0	-	-	-	0	1	0	0	1	0
Apdrošināšana	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0

²⁹⁵ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2016, Riga, Latvia, Baltias International Academy, pp. 263-271., ISBN 978-9984-47-155-4.

Komunālā un transporta infrastruktūra	-	-	-	-	-	-	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6	0. 2
Konsultēšana	-	-	-	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-

Avots: izstrādājis autors

2.3. Bezpilota lidaparātu uzņēmumu ekonomiski saimnieciskās darbības plānošana Kostarikā

Pakalpojumu cenu veidošanas stratēģijas izvēle

Autora ieskatā, lai attīstītu bezpilota lidaparātu uzņēmuma darbību Kostarikā (tāpat kā jebkurā citā pasaules valstī vai reģionā), ir nepieciešams novērtēt bezpilota lidaparātu pakalpojumu tirgu, bezpilota lidaparātu uzņēmumu pakalpojumu sezonālos rādītajus un dažādu pasūtījumu izpildei nepieciešamo lidojumu laiku, turklāt neapšaubāmi svarīgs solis, lai veiktu darbību bezpilota lidaparātu pakalpojumu jomā, ir uzņēmuma izmaksu aprēķināšana un pakalpojumu cenu noteikšana, ņemot vērā konkurentu piedāvātās cenas. Bezpilota lidaparātu pakalpojumu tirgus stabīlas attīstības nodrošināšanai ir nepieciešams arī uzturēt attiecīgu reklāmu. Darba turpmākajā daļā tiks analizēti minētie tirgus elementi, kā piemēru aplūkojot Kostariku.

Vispirms ir jāaplūko tuvāk tirgus raksturīgās īpatnības aeronovērošanas pakalpojumu jomas kontekstā. Klasiskās īpatnības, kas raksturo tirgus veidu, pētāmajā pakalpojumu jomā ietver šādas galvenās iezīmes:

- BPLA skaits;
- ANP veidu tipiskums (standartizācija klasiskā izpratnē);
- cenas, to veidošana un kontrole;
- cenu konkurence;
- nosacījumi darbības sākšanai nozarē.

BPLA uzņēmumu skaits Kostarikā ir visai liels – vairāki desmiti. Starp tiem vadošās pozīcijas ieņem:

- starptautiskais uzņēmums *Applus*^{296, 297}, kas darbojas arī Kostarikā, un reģionālais uzņēmums *Aerial Media Costa Rica*²⁹⁸, kas plašā klāstā sniedz aeronovērošanas pakalpojumus dažādām tautsaimniecības nozarēm, kā arī piedāvā novērošanas rezultātu pēcapstrādi birojā, pilotu apmācību un citus pakalpojumus;
- reģionālais uzņēmums *INDIGO Drones*^{299, 300, 301}, kas nodarbojas ar programmnodrošinājuma izstrādi un pielietojumu aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai lauksaimniecības nozarei un veic darbību arī citās Centrālamerikas valstīs.

²⁹⁶ Applus, Testing leader in inspection and certification sector, Madrid, Spain 2018 [Electronic source]: <https://www.applus.com/en/aboutUs/aroundTheWorld> [Pieejams Jūnijs 2018]

²⁹⁷ Zaheer Z., Usmani A., Khan E., Qadeer M , Aerial Surveillance with UAVs DOI: 10.1109/WOCN.2016.7759885 [Electronic source]: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7759885> [Pieejams Jūnijs 2018]

²⁹⁸ Chastain C., Aerial Media Costa Rica, Ground Level Photography, Aerial Photography, Ground Level Videography, Aerial Videography, Post Production, Costa Rica, 2017 [Elektronisks avots]: <https://www.aerialmediacostarica.com/airography-aerial-services> [Pieejams Jūnijs 2018]

²⁹⁹ Ballester S., Indigo Drones is Delivering Big Data to Small Farmers, Helping Precision Agriculture Take Flight, Founder Institute, 2018 [Elektronisks avots]: <https://fi.co/insight/indigo-drones-is-delivering-big-data-to-small-farmers-helping-precision-agriculture-take-flight> [Pieejams Maijs 2018]

³⁰⁰ Balletser S., Monitor, process and analyze tropical agriculture data, Indigo Drones 2018 [Electronic source]: <https://www.f6s.com/indigodrones> [Pieejams Maijs 2018]

³⁰¹ Corredor, M., Emplea drones y aprendizaje automático para mejorar la producción agrícola de Costa Rica. (Corredor, M. Employs drones and machine learning to improve agricultural production in Costa Rica), Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas, 2017 [Electronic source]: http://www.conicit.go.cr/prensa/boletines_cyt/historico_boletincyt/Empleo_drones.asp [Pieejams Jūnijs 2018]

BPLA uzņēmumu kopējā skaitā vislielāko īpatsvaru veido nelieli uzņēmumi, kā arī individuālie komersanti, kuru darbībā lielākoties tiek izmantots tikai viens drons un viens pilots, kurš vienlaikus pilda arī operatora funkcijas. Pastāv arī neoficiāls aeronovērošanas pakalpojumu tirgus, kurā darbojas nereģistrēti uzņēmēji.

Aeronovērošanas pakalpojumu diferenciācijas pamatā ir šādi rādītāji un formas:

- kvalitāte, ko nosaka dronu klasificējošās pazīmes, piemēram, pakalpojuma sniegšanai izmantojamo līdzekļu sastāvs un integrācijas līmenis, pakalpojumu sniedzēja uzņēmējdarbības modelis, MDV izvietošanas veids;

- MDV atrašanās vietu attālums līdz aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas vietai, no kā ir atkarīga procesa operativitāte.

Aeronovērošanas pakalpojumu būtiskais diferenciācijas līmenis ir monopoliskas konkurences tirgum raksturīga iezīme. Tādēļ, vērtējot pēc šīs iezīmes, aeronovērošanas pakalpojumu tirgu var raksturot kā „tīru” konkurences tirgu ar monopoliskas konkurences elementiem.

Aeronovērošanas pakalpojumu cenas, to veidošana un kontrole. Saskaņā ar klasisko definīciju³⁰² cena ir naudas vai citu preču un pakalpojumu daudzums, kas ir maksājams vai dodams apmaiņā pret vienu preces vai pakalpojuma vienību. Cenas ir viselastīgākais konkurences cīņas faktors. Ar to ir viegli operēt, to var palielināt vai samazināt ātri un bez papildu izdevumiem. Pareiza cenas aprēķināšana ir ikviema BPLA uzņēmuma svarīgākais uzdevums. Aeronovērošanas pakalpojumu cenu kontrole valstī ir iespējama, taču tikai šaurās robežās. Neviens BPLA uzņēmums nevar būtiski ietekmēt aktuālo cenu līmeni, jo visi uzņēmumi vadās pēc tirgus cenas. Kopumā ņemot, aeronovērošanas pakalpojumu cenai ir jābūt lielākai par to izmaksām. Kā minēts jau iepriekš, ANP cenas nedrīkst atbaidīt pasūtītājus, turklāt tām ir jābūt „caurspīdīgām”, lai pasūtītājs varētu saprast, par kādu pakalpojumu kopumu jāmaksā.

Atšķirībā no pašas cenas *cenu veidošana* ir process, kura ietvaros aeronovērošanas pakalpojumu cenas tiek noteiktas saskaņā ar uzņēmuma izraudzīto mārketinga stratēģiju³⁰³.

Stratēģijas īstenošanu tiek piedāvāts veikt ar šādu *cenu veidošanas uzdevumu* risināšanas palīdzību:

- aprēķinot aeronovērošanas pakalpojumu bāzes cenu – izlīdzinātu vidējo cenu par vienu ANP, kuru sniegšanas skaits noteiktā laikposmā caurmērā nosedz BPLA uzņēmuma izmaksas tādā pašā laikposmā;
- piemērojot dažādu ANP veidu bāzes cenai uzcenojumus un atlaides, lai ar peļņu vai diskontu nodrošinātu to virzīšanu tirgū konkurences apstākļos;
- nosakot cenas par MDV nogādāšanu aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas vietā no to bāzes vietas;
- nosakot cenas par papildpakalpojumiem, kas nav saistīti ar BPLA uzņēmuma operatīvo pamatdarbību, un pieskaitot tās attiecīgā veida ANP cenām.

Nosacījumi darbības sākšanai aeronovērošanas pakalpojumu nozarē kā viena no tirgu raksturojošajām iezīmēm, nav apgrūtinoši. BPLA pakalpojumu jomā parasti darbojas nelieli uzņēmumi, kuru izveide, darbības organizācija un nepieciešamā aprīkojuma iegāde neprasā lietus kapitālieguldījumus.

Bezpilota lidaparātu uzņēmumu pakalpojumu sniegšanas sezonālie rādītāji Kostarikā

Komerciāliem mērķiem izmantojamo dronu lidojumu laiku gan diennakts ietvaros (T_f), gan gadā kopumā ietekmē:

³⁰² Cambridge Advanced Learner's Dictionary, Edited by Walter E., Cambridge University Press, 1799 p., 2008, ISBN-10: 3125179882

³⁰³ Kotler P., Marketing Management, Prentice Hall. 11th edition, 2002, 768p. ISBN-13: 978-0130336293

- diennakts gaišā laika ilgums, jo aeronovērošanas pakalpojumu sniegšana diennakts tumšajā laikā ir ne tikai aizliegta saskaņā ar Civilās aviācijas ģenerāldirekcijas normatīvo aktu, bet arī bīstama, jo ir saistīta ar drona pazaudēšanas risku;
- laikapstākļi bez orkāniem un vētrām, ir pieļaujami nelieli nokrišņi;
- lietusgāžu, spēcīga vēja, orkānu un vētru periodi, kuru laikā dronu izmantošana nav iespējama.

*Novērtejot uzskaitītos faktorus, jānorāda, ka, viena no valsts ģeogrāfiskajām īpatnībām ir *gandrīz nemainīgais diennakts gaišā laika ilgums*, kas ir no apmēram 12 līdz 13,5 stundām ar vidējo vērtību $T_{ld} = 12,75$ stundas diennaktī³⁰⁴,³⁰⁵. Šis laiks atbilst maksimālajam komerciāli izmantojamajam laikam (dronu lidojumu laikam) diennaktī ($T_{f,max}$).*

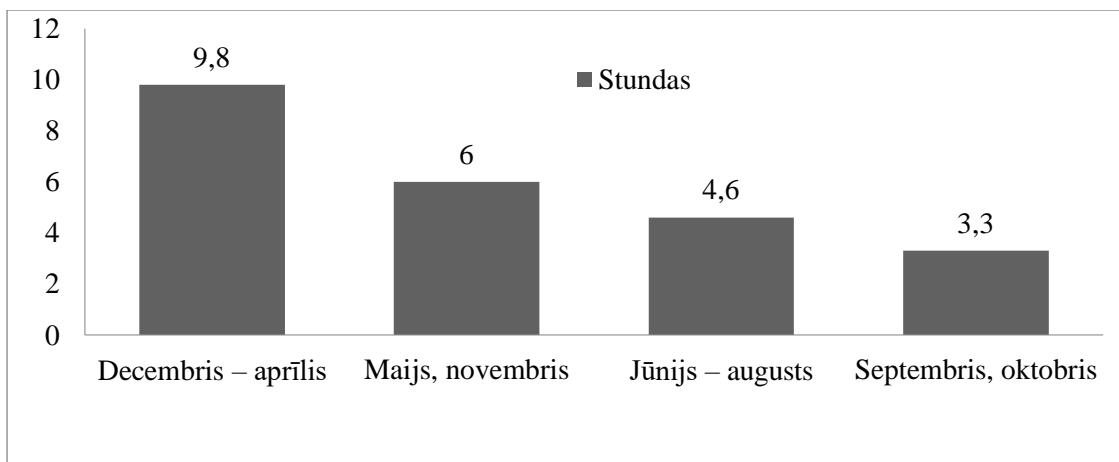
Tas nozīmē, ka aeronovērošanas pakalpojumus potenciāli var sniegt līdz maksimāli 13,5 stundām diennaktī. Aeronovērošanas pakalpojumi praktiski netiek sniegti nelabvēlīgos laikapstākļos (lietusgāžu, orkānu laikā u.tml.). Jāpiebilst, ka īpaši nelabvēlīgi apstākļi dronu lidojumiem ir valsts ziemeļaustrumu piekrastē pie Karību jūras, kur līst gandrīz visu gadu un lietus ir iespējams pat periodā no decembra līdz aprīlim. Savukārt otrā pusē – ziemeļrietumu piekrastē pie Klusā okeāna – dienas bez lietus var būt arī septembrī un oktobrī.

Aprēķinātais vidējais laiks valstī dažādās sezonās, kurā meteoroloģiskie apstākļi ļauj sniegt aeronovērošanas pakalpojumus diennakts gaišā laika ietvaros (kas atbilst vidējam lidojumu laikam $T_{f,mid}$), ir redzams 2.6. attēlā.

Uz 2.7. attēlā atspoguļoto datu pamata aprēķinātā vidējā vērtība ir šāda:

$$T_{f,mid} \approx 6,8 \text{ h} \quad (2.1)$$

Šāds vidējais novērtējums izriet no sausās un lietainās sezonas labvēlīgās un nelabvēlīgās ietekmes sadalījuma un redzamības apstākļiem dažādos gada mēnešos un reģionos, kā arī vēja stipruma sadalījuma.



2.6. attēls. Vidējais iespējamais lidojumu ilgums T_f diennakts gaišā laika ietvaros (stundas)
(avots: izstrādājis autors³⁰⁶, balstoties uz Kostarikas statistikas datiem)

³⁰⁴ U.S. Agency for International Development (USAID), Costa Rica (Climate Change), CreateSpace Independent Publishing Platform, 201), ISBN, 1502582872.

³⁰⁵ Weather Spark, Average Weather in San José, 2018 [Elektronisks avots]:

<https://weatherspark.com/averages/32645/San-Jose-Alajuela-Costa-Rica> [Pieejams Jūnijs 2018]

³⁰⁶ Sulima N., Considering the peculiarities of local drone data service delivery and drawing up recommendations on their pricing (a case study of Costa Rica region). VI International Scientific and

Apkopojojot iepriekš minētos datus, ir noskaidrots, ka maksimālo lidojumu laiku $T_{f,max}$ diennaktī aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai labvēlīgos laikapstākļos lietainajā un sausajā sezonā raksturo šāda nevienādība:

$$3,3 \text{ } h \leq T_{f,max} \leq 13,5 \text{ } h \quad (2.2)$$

kur 3,3 stundas – minimālais pakalpojumu sniegšanas ilgums gada visnelabvēlīgākajā periodā – septembrī un oktobrī;

13,5 stundas – diennakts gaišā laika maksimālais ilgums.

Turklāt ir zināmi šādi apstākļi, kas praksē būtiski paildzina laiku $T_{f,mid}$:

- vairāk nekā puse no diennakts lietus apjoma nolīst nakts laikā;
- nelabvēlīgi vēja un redzamības apstākļi parasti sakrīt ar maksimālā lietus periodu (septembri un oktobri), kā arī ir laikā no janvāra vidus līdz februāra vidum, kad nelīst, taču pūš spēcīgs, silts vējš;
- aeronovērošanas pakalpojumu sniegšana nav iespējama arī nestipra lietus laikā, taču tos var sniegt nelielā miglā, kas neierobežo drona redzamību tā izmantošanas attālumā.

Aprēķinot vidējo vērtību no 2.7. attēlā atspoguļotajiem datiem, var konstatēt, ka novērtējums $T_{f,mid} \approx 6,8 \text{ h}$ ir vidējā aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai piemērotā laika diennaktī *sliktākais novērtējums*. Realitātē tas var būt par apmēram vienu vai pusotru stundu ilgāks. Šis novērtējums būtiski ietekmē tādu ekonomisko rādītāju kā sniedzamo ANP skaits attiecīgajā laikposmā un līdz ar to – ienākumus, ko iespējams gūt tikai lidojumiem labvēlīgā laikā.

Tālāk piemēru veidā tiks aplūkots vidējais potenciālais lidojumu laiks viena aeronovērošanas pakalpojuma sniegšanai dažādos gada periodos laikapstākļu ziņā kontrastējot valsts reģionos – rietumu un austrumu piekrastē.

Aplūkojamie rietumu piekrastes apvidi ir:

- Gvanakastes provinces piekraste un Puntarenas provinces ziemeļdaļa (G&P);
- daļa piekrastes teritorijas Puntarenas provincē, Hako pilsētas rajonā (MP);
- pilsētu Golfito un Puertoimenesas rajons Puntarenas provinces dienviddaļā (ZP), ieskaitot Korkovado nacionālo parku.

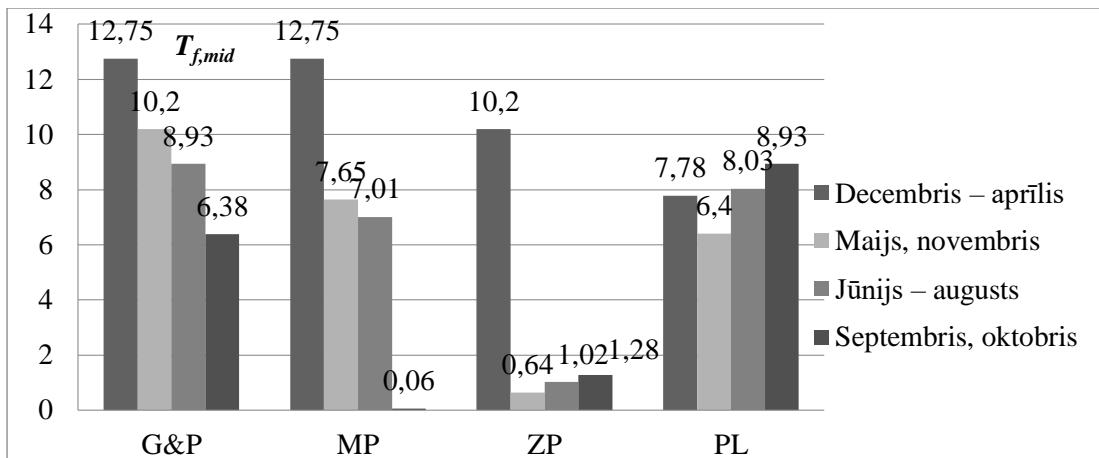
Aplūkojamais austrumu piekrastes apvidus ir Limonas provinces pilsētas Limonas (PL) rajons.

Novērtējuma rezultāti, kas iegūti, izmantojot kvalitatīvos un kvantitatīvos datus, ir atspoguļoti 2.7. attēlā.

$T_{f,mid}$ vidējās vērtības gadā aplūkojamajiem apvidiem saskaņā ar 2.7. attēlu ir šādas:

- G&P: $T_{f,mid} = 10,1 \text{ h}$;
- MP: $T_{f,mid} = 8,35 \text{ h}$;
- ZP: $T_{f,mid} = 4,61 \text{ h}$;
- PL: $T_{f,mid} = 7,37 \text{ h}$.

Jāpiebilst, ka, ja vien to pieļauj pasūtītāju nosacījumi, aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanu Limonas provinces centrālajā daļā ir lietderīgi ieplānot periodā no jūnija līdz oktobrim, kad pārējos reģionos ir visnelabvēlīgākie laikapstākļi.



2.7. attēls. Vidējais aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas laiks $T_{f,mid}$ izvēlētajos reģionos sadalījumā pa periodiem (stundas)
(avots: izstrādājis autors. balstoties uz Kostarikas statistikas datiem)

Bezpilota lidaparātu pakalpojumu galveno veidu sniegšanai Kostarikā nepieciešamā lidojumu laika novērtējums

BPLA uzņēmuma aeronovērošanas pakalpojumu cena noteiktā laikposmā veidojas no divām sastāvdaļām:

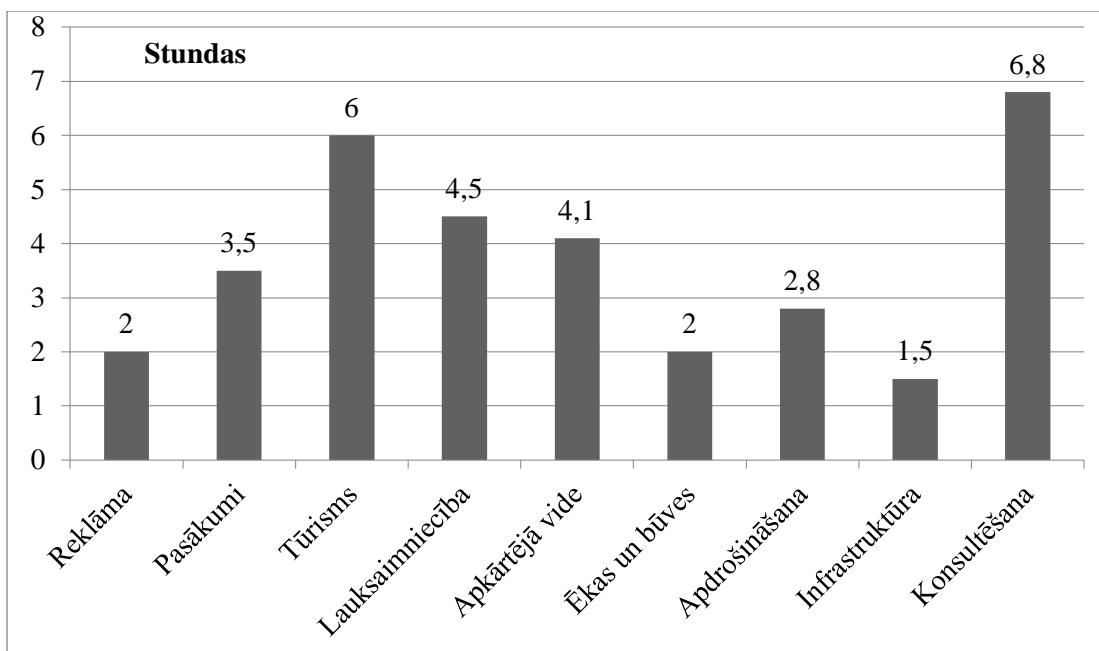
- sniegto pakalpojumu skaita;
- pakalpojumu sniegšanas ilguma.

Pilns pakalpojuma sniegšanas ilgums jeb laiks T tiek aprēķināts, izmantojot iepriekš (1.1. sadaļā) aplūkoto formulu (1.1). Šīs formulas svarīgākā un pagaidām nenoteiktā sastāvdaļa ir pakalpojumu sniegšanai nepieciešamais lidojuma laiks T_f , jo pārējās laika T sastāvdaļas nav atkarīgas no pakalpojuma veida.

Vidējais aeronovērošanas pakalpojuma sniegšanas ilgums (T_{fmid}), kas nepieciešams viena pasūtījuma izpildei diennakts gaišajā laikā dažādās pakalpojumu sniegšanas jomās, tika novērtēts, nemot vērā 2.6. un 2.7. attēlā atspoguļotos datus, kā arī autora apkopotos BPLA uzņēmumu empīriskos datus par 2016.–2017. gadu. Šī laika diagramma ir redzama 2.8. attēlā.

Jāņem vērā, ka šo laiku veido arī šādas sastāvdaļas:

- drona bateriju nomaiņas laiks;
- pārtraukumi un nepieciešamo resursu vai novērojamo notikumu gaidīšanas laiks (piemēram, apkalpojot pasākumus, kuros notikumi ir izkliedēti laikā un ir pa posmiem jāfiksē svarīgākie no tiem).



2.8. attēls. Dažādu veidu aeronovērošanas pakalpojumu pasūtījumu izpildes ilgums stundās diennakts gaišā laika ietvaros sadalījumā pa jomām (nosakot, ka iekļautais konsultēšanas pakalpojumu laiks ietver tikai praktiskos lidojumu treniņus) (avots: izstrādājis autors, balstoties uz Kostarikas statistikas datiem un empīriskiem datiem³⁰⁷)

Jānorāda arī, ka ne visi vienā pasūtījumā iekļautie aeronovērošanas pakalpojumi tiek sniegti vienas dienas laikā. Piemēram, ja pasūtījumi ietver tūristu grupu pavadīšanu tūrisma maršrutos vai visa valsts apmeklējuma laikā, to izpilde var ilgt vairākas dienas. 1, 2 un 3 dienu laikā izpildāmu pasūtījumu vidējais proporcionālais sadalījums ir 0,9/0,08/0,02. Turklat pasūtījuma izpildes ilgumu var ietekmēt arī ārkārtas apstākļi (lietus, vējš u.c.).

Konkurentu piedāvāto dronu pakalpojumu cenas Kostarikā

Uzņēmējdarbība Kostarikā ir viena no ASV īpašo interešu jomām, jo ASV kalpo kā drošības garants valstij, kurai nav pašai savas armijas. Un izņēmums nav arī aeronovērošanas komercpakalpojumu joma. Tādēļ aeronovērošanas pakalpojumu cenu struktūra un pašas cenas Kostarikā atrodas būtiskā korelācijā ar attiecīgajiem rādītājiem ASV.

Lai novērtētu **reģionālos cenu piedāvājumus**, kā piemērs tiks aplūkots viens no Kostarikas vadošajiem ANP uzņēmumiem – *Aerial Media Costa Rica*³⁰⁸, kas sniedz aeronovērošanas pakalpojumus tādās jomās kā pasākumu dokumentēšana, mārketinga fotoattēlu un filmu uzņemšana, komercmateriālu sagatavošana, novērošana, erozijas monitorings, teritorijas plānošana, nekustamā īpašuma pārdošanas veicināšana, būvniecības gaitas uzraudzība u.c. Cenu piedāvājums sadalījumā pa dažādiem ANP veidiem ir šāds:

³⁰⁷ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltias International Academy, pp. 195-202. ISBN 978-9984-47-162-4

³⁰⁸ AMCR, Ground Level Photography, Aerial Photography, Ground Level Videography, Aerial Videography, Post Production [Elektronisks avots]: <https://www.aerialmediacostarica.com/airogaphy-aerial-services>. [Pieejams: Jūlijs 2018]

- nekustamā īpašuma pakete (30 sekundes), kas ietver fotografēšanu un filmēšanu zemes līmenī un no gaisa un ir ideāli piemērota uzmanības piesaistīšanai ar sociālo tīklu un tīmekļvietņu starpniecību, – 900 ASV dolāru;
- redīģētu no gaisa uzņemtu videomateriālu pakete (videomateriālu uzņemšana ar turpinājumiem 2 vai 3 lidojumu laikā) – 600 ASV dolāru (2 lidojumi ar 2 bateriju izmantošanu) un 750 USD (3 lidojumi ar 3 bateriju izmantošanu); papildu redīģēšana – USD 50 par 1 gab.;
- papildu piemaksa:
 - a) redīģēšana – 75 USD par 10 fotoattēliem;
 - b) īpašs krāsojums – 50 USD par 10 fotoattēliem;
 - c) skaņas celiņi videoierakstiem – USD 200;
 - d) ceļa izdevumi – 25 USD par vienu stundu ceļā pavadītā laika no Uvitās;
 - e) nakšņošanas izdevumi – 120 USD par vienu nakti.

Pasūtītājs un izpildītājs var arī vienoties, ka aeronovērošanas pakalpojumu cena netiek noteikta pēc stundas likmes, bet gan pēc apsekojamajās platības, piemēram, lauksaimniecības zemju novērošanas gadījumā. Aeronovērošanas pakalpojumu cenu noteikšana, balstoties uz pilota darba stundas likmes, Kostarikā tikpat kā netiek izmantota.

Kostarikas bezpilota lidaparātu uzņēmuma galveno ekonomisko rādītāju analīze

Lai aprēķinātu aeronovērošanas pakalpojumus sniedzošā reģionālā uzņēmuma galvenos ekonomiskos rādītājus, tiek pieņemts, ka uzņēmuma MDV skaits atrodas diapazonā no 5 līdz 15. Attēlu uzņemšanas un videonovērošanas pakalpojumi tiek sniegti 365 dienas gadā un, balstoties uz 2.7. attēlā atspoguļotā aprēķina, to sniegšanas laiks ir no 3,3 līdz 13,5 stundām diennaktī, kas izriet no diennakts gaišā laika ilguma un laikapstākļiem.

Tiešās aerofiksācijas un aeronovērošanas darbības ilgums vienas ANP pakalpojumu sesijas (seansa) un viena pasūtījuma izpildes ietvaros ir robežās no 2 līdz 6 stundām. Vidējais vienas sesijas ilgums (T_s) tiek aprēķināts pēc formulas, kas aprobēta autora publikācijā³⁰⁹:

$$T_s = p_1 T_1 + \dots + p_i T_i + \dots + p_n T_n, \quad (2.3)$$

kur p_i – pasūtījuma ar ilgumu T_i izpildes varbūtība.

Vērtības p_i un T_i katrai pakalpojumu sniegšanas jomai nosaka attiecīgie 2.6. un 2.8. attēlā redzamajās diagrammās atspoguļotie rādītāji. Ievietojot šīs vērtības izteiksmē (2.3), tiek iegūts vidējais viena aeronovērošanas pakalpojuma izpildes laiks:

$$T_s = 3,458 \text{ h} \approx 3,5 \text{ h} \quad (2.4)$$

Lai nogādātu MDV pakalpojumu sniegšanas vietā, caurmērā ir nepieciešams laiks līdz 1 stundai, un tikpat ilgu laiku prasa arī vietas izvēle un sagatavošanās aerofiksācijas vai aeronovērošanas veikšanai. Varbūtība, ka vienas diennakts gaišajā laikā viena MDV apkalpos 1, 2 vai 3 pasūtījumus, ir attiecīgi 0,6; 0,35 un 0,05, kas pēc noapaļošanas atbilst vidēji 1,5 pasūtījumiem dienā.

³⁰⁹ Sulima N., Methodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltias International Academy, pp. 195-202. ISBN 978-9984-47-162-4

Vispārīgā gadījumā cenas ietekmē gan atsevišķo aeronovērošanas pakalpojumu iegāde un pārdošana, gan kopējie ekonomiskie procesi, ieskaitot šo pakalpojumu sniegšanu, sadalījumu un patēriņu. Šādā aspektā cenu veidošanās kopumā darbojas kā vispārējs, vienots un vesels cenu mehānisms.

Cenu mehānismā tiek izšķirtas divas savstarpēji mijiedarbīgas daļas:

- cenu izmaiņu veidi, struktūra, apmērs un dinamika;
- cenu veidošana kā jaunu cenu noteikšanas, izveides (aprēķina) un aktuālo cenu izmaiņu veids, noteikumi.

Aeronovērošanas pakalpojumu cenu veidus var iedalīt šādās grupās:

- aeronovērošanas pakalpojumu bāzes cena;
- aeronovērošanas pamatpakalpojumu cenas;
- aeronovērošanas papildpakalpojumu cenas.

Aeronovērošanas pakalpojumu bāzes cena ir izlīdzināta vidējā cena par vienu ANP, kuru sniegšanas skaits noteiktā laikposmā caurmērā nosedz BPLA uzņēmuma izmaksas tādā pašā laikposmā.

Aeronovērošanas pamatpakalpojumu cenas ir cenas, kas nodrošina ANP virzīšanu tirgū konkurences apstākļos ar peļņu vai diskontu. Peļņu vai diskontu nosaka konkrētā cenu veidošanas metode katrā atsevišķā gadījumā.

BPLA uzņēmuma papildpakalpojumu cenas sakarā ar šo pakalpojumu universālumu gan aplūkojamajā jomā, gan citās pakalpojumu jomās, tiek uzskatītas par piemaksu pie aeronovērošanas pamatpakalpojumu cenas.

Autors piedāvā noteikt provizoriskas cenas ANP veidiem (n) atkarībā no attiecīgo pakalpojumu sniegšanas nosacījumiem un rādītājiem, izmantojot šādu formulu^{310, 311}:

$$C_n = \hat{C} T_{fn} (1 \pm K_{jmn} \pm Q_{jmn}) + \{X_{tn}\} + \{I_n\} + X_{Tn} + Y_n + \{R_n\}, \quad (2.5)$$

kur

\hat{C} – vienas aeronovērošanas pakalpojumu stundas reducētās izmaksas;

T_{fn} – (lietderīgais) lidojumu laiks (skat. formulu (2.1)), sniedzot n veida ANP;

K_{jmn} – koeficients, kas ļauj ķemt vērā atšķirības starp jomām (j) un pasūtītāju grupām (m), sniedzot n veida ANP;

Q_{jmn} – koeficients, kas ļauj ķemt vērā pilota / operatora profesionālismu vai nepieciešamo zināšanu līmeni, sniedzot n veida ANP jomā j pasūtītāju grupai m ;

X_{Tn} – izmaksas, kas saistītas ar bezpilota lidaparātu nogādāšanu n veida ANP sniegšanas vietā ar ilgumu T_n (skat. formulu 1.2);

I_n – apdrošināšanas segums, kas nav ķemts vērā bāzes cenas noteikšanā un ir nepieciešams, strādājot vietās ar palielinātu atbildības risku, sniedzot n veida ANP;

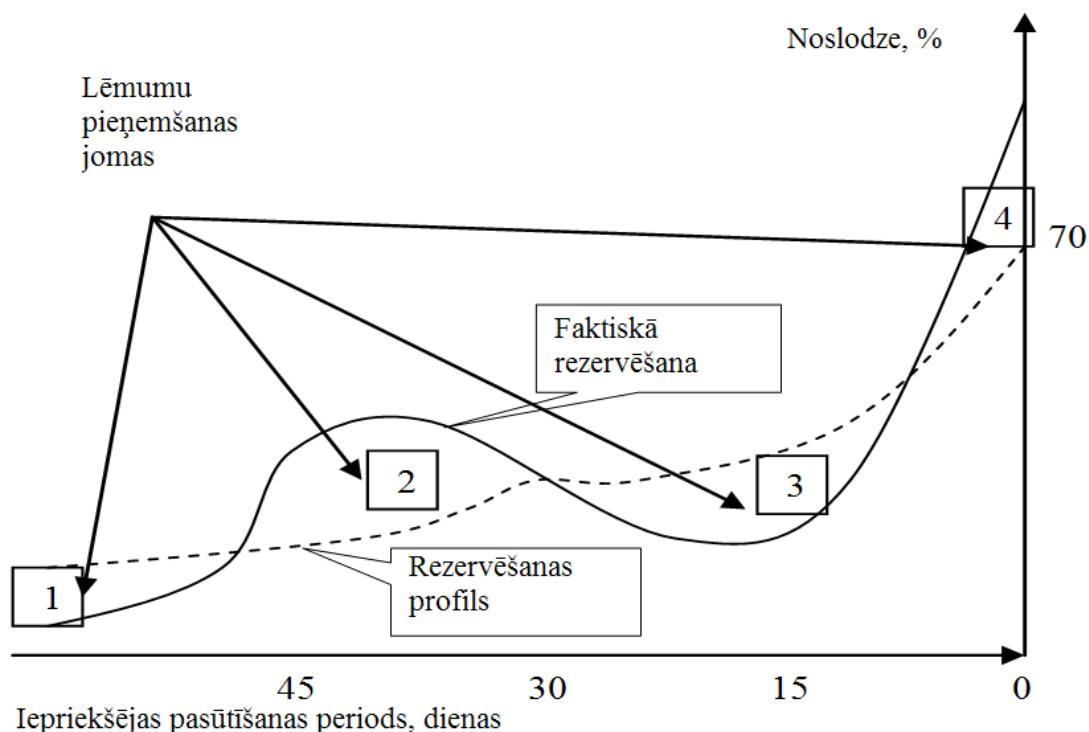
Y_n – cenrādī noteiktās cenas par n veida ANP rezultātu pēcapstrādi;

R_n – rādītājs, kas ļauj ķemt vērā ANP rezervēšanas laiku (neatkarīgi no to veida), izmantojot attiecīgas rezervēšanas tehnoloģijas.

³¹⁰ Sulima N., Considering the peculiarities of local drone data service delivery and drawing up recommendations on their pricing (a case study of Costa Rica region). VI International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2017, Riga, Latvia, Baltias International Academy, pp. 195-202. ISBN 978-9984-47-155-6.

³¹¹ Sulima N., Metodical approach to formation of prices for a commercial drone company's services regarding the local context (a case study of Costa Rica). VII International Scientific and Practical Proceedings. «The Transformation Process of Law, The Regional Economy and Economic Police: The Relevant Economic and Political and Legal Issues». 2018, Riga, Latvia, Baltic International Academy, pp. 263-272. ISBN 978-9984-47-162-4.

Tas, kā rādītājs R_n var tikt ņemts vērā formulā (2.5), ir izskaidrojams ar attiecīgo mārketinga stratēģiju. Vienas šādas stratēģijas „ideoloģija” saistībā ar pakalpojumu rezervēšanu piemēra veidā ir uzskatāmi parādīta 2.10. attēlā.



2.10. attēls. Pakalpojumu rezervēšanas vidējā statistiskā un faktiskā profila piemērs
(avots: tiešsaistes avots³¹²)

Cenas Y_n par rezultātu pēcapstrādi birojā nav atkarīgas ne no jomas (j), ne no pasūtītāju grupas (m) un tiek noteiktas cenrādī, vadoties pēc analogisku pakalpojumu cenām, ko noteikuši uzņēmumi, kas nodarbojas ar fotoattēlu un videomateriālu montāžu atbilstīgā profesionālajā līmenī.

Koeficientu plusa vai mīnusa zīme (\pm) formulā (2.5) ir atkarīga no uzdevuma nostādnes, izraudzītās cenu veidošanas metodes, veida, kādā pircēji maksā atlīdzību par iegādājamo pakalpojumu apjomu, u.c.

Cenu veidošanas uzdevumu nostādnes nosaka mērķi, kādus BPLA uzņēmums vēlas sasniegt tirgū, piemēram:

- nodrošināt uzņēmuma izdzīvošanu, orientējoties uz zemām cenām un cerot uz labvēlīgu reakciju no pakalpojumu pircēju putas;
- maksimizēt aktuālo peļņu, ņemot vērā pieprasījuma, tirgū esošo piedāvājumu un savu izmaksu svērto novērtējumu.

Ja BPLA uzņēmums īsteno izteiktu dempingu, viena ANP cena var būt pat zemāka par bāzes cenu.

Tā kā aeronovērošanas pakalpojumu tirgus reģionā ir jauns tirgus, nav jēgas orientēties uz zemām cenām vai īstenot dempingu. Tādēļ kā vispieņemtākās cenu veidošanas metodes BPLA uzņēmumiem šajā tirgū tiek piedāvāts izmantot:

³¹² Tendention, Yield Management/Revenue Management. Plekhanov University of Economics, 2019 [Elektronisks avots]: <http://www.rea.ru/hotel/it/metod/Text/ym.htm> [Pieejams Aprīlis 2019]

- orientējošo cenu aprēķinu pēc formulas (2.5), kurā plusa vai mīnusa izmantošana izriet no uzņēmuma bezzaudējumu darbības nodrošināšanas;
- galīgo cenu aprēķināšanu, izmantojot šādu klasisko formulu:

$$\hat{C}_n = C_n + \Delta, \quad (2.6)$$

kur C_n tiek aprēķināts pēc formulas (2.5), bet Δ_n ir attiecīgajam ANP veidam noteiktā peļņas norma.

Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu virzīšanas kanālu izvēle Kostarikā

Bezpilota lidaparātu pakalpojumu aktīvākai virzīšanai tirgū ir jāizmanto dažādi reklāmas kanāli. BPLA uzņēmumu darbības nodrošināšanai ir nepieciešami gan daudzveidīgi kanāli, lai izplatītu informāciju par aeronovērošanas un dronu pamatpakalpojumiem un papildpakalpojumiem, gan attiecīgas informācijas un komunikācijas tehnoloģijas (IKT), kas tiek izmantotas pārdošanai un kuru struktūra vispārinātā veidā ir parādīta 2.11. attēlā, balstoties uz analogijas ar līdzīgu kanālu un IKT struktūru, ko autors ir izstrādājis pasažieru aviopārvadājumu jomā³¹³.

Šī struktūra izceļas ar lielu kanālu daudzveidību un aptver gan paša uzņēmuma (tiešos) izplatīšanas kanālus un to darbību nodrošinošās IKT, gan starpnieku vairāklīmeņu kanālus ar to uzturētajām IKT, un tas ļauj palielināt efektivitāti un samazināt izdevumus, kas saistīti ar pārdošanas sistēmu organizēšanu un funkcionēšanas nodrošināšanu, vienlaikus aptverot plašu klientu loku reģionālā mērogā.

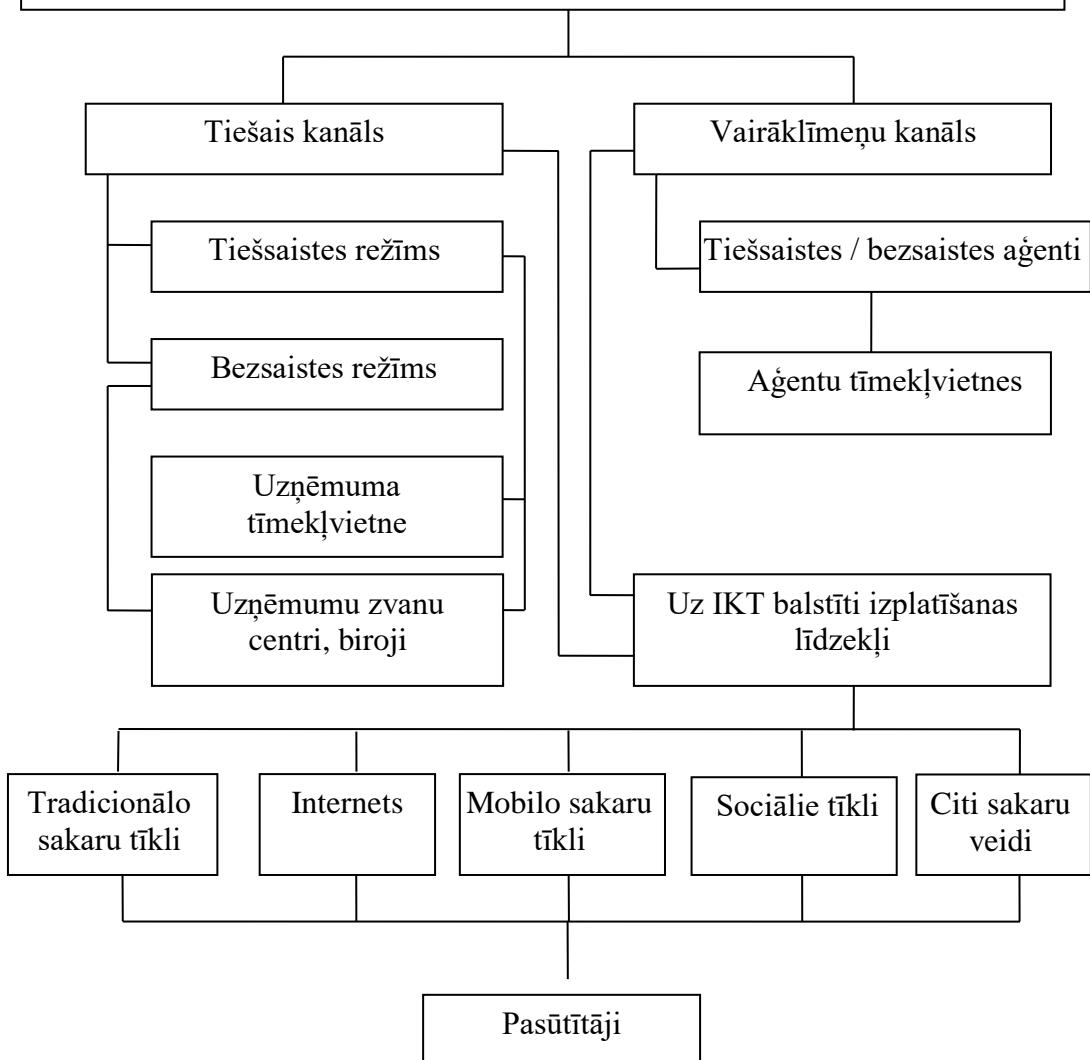
Kanālu struktūrā ir izdalīts tiešais kanāls (0 līmeņa kanāls) – kanāls bez starpniekiem – un vairāklīmeņu kanāli, kuros var būt viens vai vairāki starpnieki.

Darbības režīma ziņā kanāli ir iedalāmi:

- tiešsaistes kanālos, kuros klienta mijiedarbība ar BPLA uzņēmumu notiek reāllaika režīmā;
- bezsaistes kanālos, kuros klienta mijiedarbība ar BPLA uzņēmumu notiek ar tālruņa starpniecību vai personīgas apkalpošanas laikā.

³¹³ Rebezova M., Sulima N., Surinov R. Development trends of air passenger transport services and service distribution channels / Transport and Telecommunication. – Riga, Transport and Telecommunication Institute. – 2012. – Volume 13, No 2. – p.p. 159-166., ISSN 1407-6160 & ISSN 1407-6179.

Informācijas par aeronovērošanas pakalpojumiem izplatīšana



2.11. attēls. BPLA uzņēmuma pakalpojumu izplatīšanas kanālu un pārdošanas IKT vispārināta struktūra
(avots: izstrādājis autors)

Tiešajā kanālā (0 līmenī) BPLA uzņēmums pats pārdod savus pakalpojumus bezsaistes vai tiešsaistes režīmā ar savu biroju, pārstāvniecību vai tīmekļvietnes instrumentu palīdzību. Tiešsaistes režīmā izplatīšanai tiek izmantota uzņēmuma tīmekļvietne, kurā izvietots attiecīgais satus (informācija par pakalpojumu veidiem un izpildes termiņiem, tarifiem, aeronovērošanas un aerofiksācijas rezultātu pēcapstrādes veidiem u.c.). Savukārt bezsaistes režīmā pārdošana notiek ar uzņēmuma biroju (MDV bāzes punktu) vai zvanu centra starpniecību.

Vairāklīmeņu kanāli ietver pārdošanas tīkla tradicionālo logistisko kēdi „uzņēmums – tiešsaistes / bezsaistes aģenti – klienti”. Tiešsaistes aģenti ir daudzprofilu aģenti, kuri pārdod ne tikai BPLA uzņēmumu, bet arī citu nozaru pakalpojumus. Jāpiebilst, ka arī aģenti savu pakalpojumu izplatīšanai var izmantot vairāklīmeņu kanālus.

Dažādu struktūru *mijiedarbība* uzņēmumu pamatpakalpojumu un papildpakalpojumu izplatīšanas ietvaros tiek īstenota ar informācijas apmaiņas un komunikācijas līdzekļu palīdzību, un galvenie no tiem ir internets, klasiskie

telefonsakari un mobilie telefonsakari. Līdztekus šiem sakaru līdzekļiem visā pasaulē arvien vairāk attīstās kanāli pakalpojumu izplatīšanai ar sociālo tīklu starpniecību.

2. nodalas secinājumi

1. Šajā nodaļā atspoguļotā aeronovērošanas komercpakalpojumu jomas tiesiskā regulējuma pamatu analīze, kurā aplūkotas dažādas pasaules valstis (tajā skaitā Latvija un Kostarika), ļāva konstatēt, ka attiecīgie reglamentējošie dokumenti būtiski ierobežo šādu pakalpojumu sniegšanu un uzliek tos sniedzošajiem uzņēmumiem par pienākumu to darbības organizēšanas un īstenošanas ietvaros ievērot noteiktus nosacījumus.

2. Aeronovērošanas pakalpojumu vietējā tirgus analīze, kā piemēru aplūkojot Kostariku, apliecināja, ka reģiona ģeogrāfiskās, administratīvi teritoriālās un ainavas īpatnības:

a) būtiski ietekmē aeronovērošanas pakalpojumu saturu un šo pakalpojumu sniegšanai izmantojamo mobilo dronu vienību izvietojuma izvēli un laiku, kas nepieciešams MDV nogādāšanai pakalpojumu sniegšanas vietā;

b) prasa BPLA uzņēmumos strādājošo pilotu augstu kvalifikācijas līmeni, lai neradītu kaitējumu un nenozaudētu dronus.

3. Balstoties uz tirgus analīzes, autors ir pamatojis un ieklāvis zinātniskajā apritē jaunus skaitliskos datus, kuri raksturo aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas procesu Kostarikā, un no analīzes ietvaros apzinātajiem galvenajiem rādītājiem izriet, ka:

a) vislielāko īpatsvaru Kostarikas IKP veido pakalpojumu joma un šis īpatsvars katru gadu arvien vairāk pieaug un sasniedz jau 75 %, turklāt aeronovērošana un aerofiksācija kā galvenie aplūkojamo uzņēmumu sniegto pakalpojumu veidi saskaņā ar ekspertvērtējumu reģionā veido proporciju 10:1 pasūtījumu skaita ziņā un 1:3 – pasūtījumu izpildes ilguma ziņā;

b) sadalījumā pēc pasūtītāju grupu juridiskās piederības absolūti lielāko daļu (96 %) aeronovērošanas pakalpojumu pasūta komercuzņēmumi un privātpersonas, savukārt sadalījumā pa tautsaimniecības jomām aptuveni 75 % pakalpojumu tiek pasūtīti reklāmas, pasākumu apkalpošanas un tūrisma vajadzībām;

c) pakalpojumu sniegšanai ar dronu palīdzību piemērotā lidojumu (lietderīgā) laika ilgums vidējais ilgums ir 6,8 stundas diennaktī un dažādos valsts reģionos mainās diapazonā no 4,4 līdz 12,75 stundām;

d) visticamākais maksimālais laiks, kas nepieciešams MDV nogādāšanai aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanas vietā jebkurā valsts punktā, pat tad, ja uzņēmumam ir tikai viena MDV, ir 4,5 stundas;

e) viena aeronovērošanas pakalpojuma sniegšanas vidējais ilgums ir 3,5 stundas;

f) varbūtība, ka vienas diennakts gaišā laika ietvaros tiks sniegti 1, 2 vai 3 aeronovērošanas pakalpojumi, ir attiecīgi 0,6; 0,35 un 0,05;

g) ar vienas MDV palīdzību sniegto aeronovērošanas pakalpojumu vidējais skaits diennaktī ir 1,5;

h) 1 stundu ilga aeronovērošanas pakalpojuma vienas vienības cena neatkarīgi no tā sniegšanas jomas ir 135 USD, un tā ir pieņemta par Kostarikas BPLA uzņēmumu pakalpojumu bāzes cenu 2017. gadā;

i) aeronovērošanas pakalpojumu uzņēmuma izmaksas uz vienu MDV, ja ekspluatējamo MDV skaits atrodas robežās no 1 līdz 20, ir 200 USD diennaktī;

j) aeronovērošanas pakalpojumu cena 200 USD apmērā (par vienu stundu jeb minimālo pakalpojuma apmēru) valstī ir uzskatāma par pieņemamu gan no BPLA uzņēmuma, gan pasūtītāju viedokļa.

3. Autors ir izveidojis iepriekš nezināmu formulu dažādu veidu aeronovērošanas pakalpojumu provizorisko un galīgo cenu aprēķināšanai. Tās novitāte, kas sīkāk tiks aplūkota turpmākajā daļā, balstās šādos aspektos:

a) to var izmantot uzņēmumi, kuri darbojas jaunā tautsaimniecības jomā – aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanā;

b) ir ieviests jēdziens „lidojumu (lietderīgais) laiks” aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai un izstrādāta tā aprēķināšanas metode.

4. Ir secināts, ka Kostarikas reglamentējošie dokumenti nenosaka aeronovērošanas pakalpojumu komercdarbībai būtiskus ierobežojumus, bet izvirza tikai saprātīgas prasības.

5. Autors ir izstrādājis vispārinātu informācijas par aeronovērošanas pakalpojumiem izplatīšanas kanālu struktūru.

3. MOBILU DRONU VIENĪBU TERITORIĀLĀ IZVIETOJUMA OPTIMIZĀCIJA (BALSTOTIES UZ KOSTARIKAS PIEMĒRA)

3.1. Dronu teritoriālā izvietojuma īpatnību analīze

Lai sasniegtu promocijas darba mērķi, autora ieskatā ir nepieciešams atrisināt uzdevumu, kas saistīts ar BPLA uzņēmumu aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai izmantojamo mobilo dronu vienību teritoriālo izvietojumu. Uzdevums izvietot tāda paša veida preču / pakalpojumu ražošanu ir klasisks reģionālās ekonomikas uzdevums. Publikācijā ir sniegs pārskats un metožu pārskats par šādu problēmu risināšanu ³¹⁴.

Veicot komercdarbību aeronovērošanas pakalpojumu jomā, galvenā problēma, kas jāatrisina uzņēmumiem, ir MDV bāzes vietu un to teritoriālā sadalījuma reģionā optimāla izvēle, lai nodrošinātu uzņēmuma darbības un klientu apkalošanas efektivitāti. Kā autors norādīja darba 1.3. sadaļā, šis uzdevums ir klasisks reģionālās ekonomikas uzdevums, kas saistīts ar ražotņu izvietošanu. Visaptverošs pārskats par minētajiem izvietošanas kritērijiem ir sniegs rakstā³¹⁵. Iespējamā uzdevuma nostādne (taču bez risinājuma) BPLA uzņēmumu gadījumā ir aprakstīta autora rakstā³¹⁶.

Teritoriālā izvietojuma un tā izejas nosacījumu raksturīgās iezīmes atšķirībā no klasiskajiem preču ražošanas (pakalpojumu sniegšanas) vietu izvēles uzdevumiem aeronovērošanas pakalpojumu gadījumā nosaka **šādi faktori**:

- lietojuma joma, kura līdz šim zinātniskajā literatūrā nav aplūkota;
- ANP tiek sniegti to radīšanas vietā (produkcija netiek nogādāta pie uzņēmuma, bet uzņēmums tiek „nogādāts” pakalpojumu sniegšanas vietā);
- ANP sniegšana noteiktās teritorijās ir būtiskā mērā atkarīga no attiecīgā apvidus ainavas, meteoroloģiskajiem apstākļiem un iespējamajām dabas kataklizmām, kas ietekmē bāzes vietu topoloģiju un pakalpojumu sniegšanas laiku;
- ANP sniegšanas laiks ir ierobežots – tie var tikt sniegti tikai diennakts gaišajā laikā un tā ietvaros – tikai labvēlīgos laikapstākļos.

Galvenais MDV darbības efektivitātes kritērijs ir spēja nest maksimālu peļņu, vienlaikus nodrošinot klientu apkalošanas kvalitāti. Ja par vienu no nosacījumiem pieņem viena ANP sniegšanas vidējās izmaksas, efektivitātes kritērijs tiek reducēts līdz minimālajām apkalošanas izmaksām, kas ir atkarīgas galvenokārt no MDV skaita un atrašanās vietas (bāzes vietas). Jo lielāks būs MDV skaits, jo lielākas izmaksas prasīs to funkcionālā uzturēšana, taču atbilstoši samazināsies laiks, kas ir nepieciešams klientu pasūtījumu izpildei attiecīgajā teritorijā, un līdz ar to palielināsies iespēja apkalpot vairāk klientu. Jo mazāks būs MDV skaits, jo mazākas būs uzturēšanas izmaksas, taču palielināsies laiks, kas tiek zaudēts, nogādājot dronus pakalpojumu sniegšanas vietā, un attiecīgi samazināsies klientu skaits, ko iespējams apkalpot MDV darba laikā.

Šeit jānorāda uz virknes zinātnieku, tostarp A. Andronova, Dž. Nosedala un S.Dž. Raita, aplūkotajiem uzdevumiem. Tādējādi MDV bāzes vietu (izvietojuma)

³¹⁴ Mirchandani P., Francis R., Discrete Location Theory, University of Michigan, John Wiley & Sons, p.357. ISBN: 0471892335

³¹⁵ Zanjirani R., Steadie M., Asgari N., Multiple criteria facility location problems: A survey Applied Mathematical Modelling. Volume 34, Issue 7, Jūlijss 2010, pages 1689-1709, DOI: /10.1016

³¹⁶ Sulima N., On the commercial aspects of exploiting drone information technologies and tools for their optimization. V International scientific and practical proceedings. The transformation process of law, the regional economic police: the relevant economic and political and legal issues. Riga, 2017, pages 288-297, ISBN 978-9984-47-143-3.

optimizācijas uzdevums tiks noformulēts kā Būla programmēšanas problēma, lai samazinātu funkciju^{317, 318, 319}:

$$\min F(x, z) = \sum_{i=0}^{n-1} f_i x_i + \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=01}^{m-1} c_{i,j} z_{i,j} \quad (3.1)$$

ar Būla mainīgajiem $x_i \in X$, $z_{i,j} \in Z$ ir noteikti šādi ierobežojumi:

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_i \leq k, \quad (3.2)$$

$$x_i \leq 1, \quad i = 0, \dots, n-1, \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=0}^{n-1} z_{i,j} = 1, \quad j = 0, \dots, m-1, \quad (3.4)$$

$$\sum_{j=0}^{m-1} z_{i,j} \leq s x_i, \quad i = 0, \dots, n-1. \quad (3.5)$$

Izejas dati izvirzītajam uzdevumam ir šādi:

I – potenciālo izvietošanas punktu kopa, kopējais skaits ir $n = |I|$;

J – dronu pakalpojumu sniegšanas punktu kopa (vienkāršības labad pieņemot, ka tas ir līdzvērtīgs apkalpoto klientu skaitam), $m = |J|$;

f_i – bāzes organizēšanas un uzturēšanas izmaksas punktā $i \in I$;

$c_{i,j}$ – izmaksas saistībā ar klienta j piesaisti bāzei i , $j \in J$, ko nosaka galvenokārt izmaksas, kas nepieciešamas dronu nogādāšanai pakalpojuma sniegšanas vietā;

k – maksimālais iespējamais izvietošanas punktu (bāzu) skaits.

Meklētie mainīgie ir šādi:

k^* – optimālais bāzu skaits;

$x_i = 1$, ja bāze ir izveidota punktā i , un 0 – pretējā gadījumā; $x = (x_0, \dots, x_{n-1})$;

$z_{i,j} = 1$, ja bāze punktā i sniedz pakalpojumus klientam j , un 0 – pretējā gadījumā;

$z = (z_{i,j})_{n \times m}$;

$x_i, z_{i,j}$ – Būla mainīgie.

Izvirzītais uzdevums līdz minimumam samazināt kritēriju (3.1), ievērojot ierobežojumus (3.2-3.5), nosaka, ka BPLA uzņēmuma izmaksas ir atkarīgas galvenokārt no MDV skaita un konkrētajām atrašanās vietām, kā arī no apkalpojamo klientu teritoriālā izvietojuma, savukārt ienākumi ir nemainīgi. Kopumā uzdevuma risinājumam formulējumā (3.1-3.5) būtu jānodrošina, lai uzņēmums ar minimālām izmaksām varētu sniegt klientiem noteiktu ANP skaitu noteiktos reģiona apvidos. Iepriekš aprakstītajai problēmai ir $2n + m + 1$ ierobežojumi un $n(m + 1)$ mainīgie. Aplūkojot nelielas valstis, uzdevuma dimensionalitāte nav liela ($n < 10$, $l < 20$) un ļauj

³¹⁷ Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

³¹⁸ Nocedal J., Wright S.J. Numerical Optimization. Second Edition. Springer, 2006, Springer, New York, NY, ISBN: 978-0-387-40065-5

³¹⁹ Murtaf B., Modern Linear Programming [Russian translation], Mir, Moscow, 224p., 1984.

izmantot tā risināšanā kombinatoriskās metodes³²⁰, ³²¹, ³²², ³²³, savukārt lielas dimensionalitātes gadījumā ieteicams lietot lineārās programmēšanas metodi³²⁴, ³²⁵, ³²⁶, ³²⁷.

3.2. Kombinatoriskās metodes izmantošana dronu teritoriālā izvietojuma optimizācijai Kostarikā

Kombinatoriskā metode tiek izmantota, ja potenciālo teritoriālā izvietojuma punktu skaits n un plānoto izvietošanas punktu skaits k nav liels un līdz ar to var izskatīt visas MDV izvietojuma kombinācijas, ietverot visas iespējamās vietas reģionā, neizlaižot nevienu no iespējamajām kombinācijām. Tādējādi **kombinatoriskā metode ir precīza metode**. Katru MDV izvietošanu potenciālajās vietās attēlo n -dimensionāls Būla vektors. Vektora komponentes atbilst iespējamajiem izvietojuma punktiem. Ja komponente ir vienāda ar 1, MDV attiecīgajā punktā ir izvietojama, bet, ja tā ir vienāda ar nulli, tad nē. Katrs šāds n -dimensionāls vektors satur k vienības – atbilstoši izvietojamo MDV skaitam. Dažādu šādu vektoru skaits, proti, dažādu MDV izvietojuma variantu skaits, ir vienāds ar $n!/(k!(n-k)!)$.

Tiek piedāvāta kombinatoriskās metodes izmantošana 2 posmos, kā to ierosina autors³²⁸:

- pirmais posms – MDV potenciālo izvietojuma punktu skaita (k) samazināšana;
- otrs posms – uzdevuma (3.1) ar izejas nosacījumiem (3.2-3.5) atrisināšana, pārskatot visus pirmajā posmā atlasītos izvietojuma punktu variantus.

Izvietojuma punktu skaita k samazināšanu pirmajā posmā ierosināts veikt, izmantojot heiristisko ekspertvērtējumu, nēmot vērā valsts reģionu klimata īpatnības, ANP sniegšanas vietu sadalījumu tajos, maģistrālo autoceļu tuvumu un citus faktorus, kas būtiski ietekmē lidojumu laiku, transportēšanai nepieciešamo laiku un pakalpojumu sniegšanas ilgumu.

³²⁰ Mirchandani P., Francis R., Discrete Location Theory, University of Michigan, John Wiley & Sons, p.357. ISBN: 0471892335

³²¹ Brualdi R., Introductory combinatorics. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 2004, ISBN: 0131001191

³²² Nocedal J., Wright S.J. Numerical Optimization. Second Edition. Springer, 2006, Springer, New York, NY, ISBN: 978-0-387-40065-5

³²³ Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

³²⁴ Murtaf B., Modern Linear Programming [Russian translation], Mir, Moscow , 224p., 1984.

³²⁵ Романовский И., Алгоритмы решения экстремальных задач. (Romanovsky I., Algorithms for solving extreme problems), Universidad de California, 325 p. 1977, digitalized 2008

³²⁶ Sulima N., Rebezova M., Surinov R. A Modification of the Knapsack Problem Taking Into Account the Effect of the Interaction Between the Items. Automatic Control and Computer Sciences, Allerton Press, Inc. Vol. 47, № 2, pp. 107-112., 2013, ISSN 0146-4116

³²⁷ Sulima N., Rebezova M., Surinov R., Stochastic Modification of the Knapsack problem, In: Abstracts of the 7th International Workshop on Simulation. 20-25 Maijs 2013, Rimini, Italy, p.p. 304-305. ISSN 1973-9346.

³²⁸ Sulima N., Combinatory method of optimization of regional basing of mobile units of commercial. In book: "Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2018". Springer International Publishing: pp. 168-177, ISBN 978-3-030-12449-6.

Visu objektu (MDV) n iespējamajās vietās sadalītu izvietojuma punktu k kombināciju I ģenerēšana otrajā posmā tiek veikta pa soļiem, izmantojot turpmāk aprakstīto metodi un balstoties uz publikācijām³²⁹, ³³⁰.

Katru MDV izvietojumu iespējamajos punktos attēlo n -dimensionāls Būla vektors. Vektora komponentes atbilst iespējamajām izvietojuma vietām. Ja komponente ir vienāda ar 1, MDV šajā vietā tiek izvietota, ja vienāda ar nulli – netiek. Katrs šāds n -dimensionāls vektors satur k vienības – atbilstoši izvietojamo MDV skaitam. Tā rezultātā, piemēram, ar $n = 15$ un $k = 7$, kopējais kombinatoriskajā metodē meklēto variantu skaits būs 6435, un šāda skaita variantu meklēšanas laiks procesoram ar frekvenci 2 GHz būs dažas sekundes.

Pirmajā solī tiek sastādīts visu iespējamo kombināciju saraksts, kas sākas ar n -dimensionālu Būla vektoru, kura vienības aizņem k vektora zemākās pozīcijas. Tālāk aktuālajam Būla vektoram tiek pievienota viena vienība. Ja jaunajā vektorā vienību skaits ir vienāds ar k , tad šis vektors definē jaunu kombināciju un tiek iegaumēts. Aprakstītā procedūra tiek pabeigta, kad ir iegūtas visas nepieciešamās kombinācijas, ko ietver kopa I .

Pēc visu iespējamo MDV izvietojuma variantu izveides var pāriet uz otro soli – izvēlēties izvietojuma variantu, kas nodrošina optimālu mērķa funkcijas (3.1) vērtību. Šajā nolūkā tiek secīgi analizēti visi izvietojuma varianti no kopas I . Fiksētām izvietojumam tiek pārmeklēti visi klientu varianti. Katram klientam $j \in J$ tiek piemeklēts punkts i , kurā izmaksas c_{ij} ir vismazākās. Šo izmaksu summai, ko veido visi klienti, tiek pieskaitīta izmaksu summa $\{f_i\}$, kas būs nepieciešama MDV funkcionēšanas nodrošināšanai, ja tās būs izvietotas punktā $I \in I$. Rezultātā tiek iegūta mērķa funkcijas (3.1) vērtība aplūkojamajam bāzes vietu izvietojuma variantam. Vismazākā vērtība no visiem variantiem tad arī nosaka optimālo izvirzītā uzdevuma risinājumu. Tā nosaka gan MDV izvietojumu, gan klientu piesaisti attiecīgajos punktos izvietotajām MDV.

Uzdevuma risināšanai tika izmantota matemātiskā programmēšanas valoda *Mathcad*.

Tālāk tiks veikta iepriekš aprakstītās uzdevuma risināšanas metodes *aprobācija*, pielietojot to attiecībā uz *bezpilota lidaparātu komercpakalpojumus Kostarikā sniedzošo uzņēmumu* darbību, kura atbilst turpmāk uzskaņitājiem ekspertu pieņēmumiem un rādītājiem.

A) ANP pasūtījumi ir koncentrēti 7 provincēs, lielajās pilsētās. nacionālajos parkos (NP) un rezervātos.

Lielāko pasūtījumu apjomu valstī veido šādi apgabali:

- 8) Alahuelas province – Alahuelas un Kesadas pilsētas, Arenala vulkāns un Irasu vulkāna un Poosas vulkāna NP;
- 9) Kartago province – Kartago un Paraíso pilsētas, Rasu vulkāna NP;
- 10) Gvanakastes province – Liberijas pilsēta, mazpilsēta Samara, Santarosa, Huankastro, Paloverdes un Vjehas Rinkona vulkāna NP;
- 11) Eredijas province – Eredija – „Ziedu pilsēta”;
- 12) Limonas province Limonas pilsēta, Torturelo NP;
- 13) Puntarenasas province – Puntarenasas pilsēta, Manuelantonio, Korkovado, un Kararas NP;
- 14) Sanhosē province – Sanhosē pilsēta.

³²⁹ Brualdi R., Introductory combinatorics. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey, 2004, ISBN: 0131001191

³³⁰ Turkington D., Matrix Calculus & Zero-One matrices. Statistical and Econometric Applications. Cambridge University Press, Cambridge, 206 p., 2005, ISBN: 0521022452

Limonas, Kartago, Eredijas un Sanhosē provincēs vairums pasūtījumu mēdz būt orientēti uz urbāniem mērķiem lielajās tāda paša nosaukuma pilsētās vai apmēram stundas brauciena attālumā no tām. Gvanakastē pasūtītāji parasti ir arī tūrisma operatori, kas organizē ceļojumus gidi pavadībā un ekoloģiskā tūrisma aktivitātes. Savukārt Puntarenas provincē, kas aptver lielāko daļu rietumu piekrastes, mēdz būt dažādu veidu pasūtījumi.

B) Pakalpojumu pasūtīšanas varbūtība ³³¹ attiecīgo provinču objektos ir atspoguļota 3.1. tabulā (autora ekspertvērtējums).

3.1. tabula

Pakalpojumu pasūtīšanas varbūtība Kostarikas provincēs

1	2	3	4	5	6	7
Alahuela	Kartago	Gvanakaste	Eredija	Limona	Puntarenasa	Sanhosē
0.18	0.19	0.14	0.01	0.10	0.18	0.20

Avots: autora veikts aprēķins

C) Klientu skaits $m = 15$ arī aptuveni atbilst viena uzņēmuma saņemto pasūtījumu skaitam dienā. Jebkurai MDV bāzei piesaistīto klientu skaitam ierobežojumi netiek noteikti.

Uzdevums ar augšminētajiem priekšnosacījumiem, kā norādīts 3.1. sadaļā, tiek risināts divos posmos.

Pirmais posms. Potenciālo izvietojuma punktu skaita n = |I| samazināšana, balstoties uz ekspertvērtējuma, attiecīgo izmaksu noteikšana atbilstoši (3.1).

3.1. tabula liecina, ka ANP pasūtījumu sadalījums dažādās provincēs ir ārkārtīgi nevienmērīgs. Lai izlīdzinātu šo nevienmērību, potenciālās MDV atrašanās vietas iepriekš tiks rajonētas, vadoties nevis pēc iedalījuma provincēs, bet šo provinču ģeogrāfiski saistītiem apvidiem, kam raksturīgs aptuveni vienāds vidējais lidojumiem piemērotais laiks gadā $T_{f,mid}$, kurā var tikt sniegti aeronovērošanas pakalpojumi diennakts gaišajā laikā. Izmantojot šādu pieeju un balstoties uz 3.1. tabulas un 3.9. attēla, tika izraudzītas šādas potenciālās MDV atrašanās vietas:

- Gvanakastes provinces piekraste un Puntarenas provinces ziemeļdaļa (*G&P*);
- daļa Puntarenas provinces piekrastes Hako pilsētas rajonā (*MP*);
- Puntarenas provinces dienviduļa Golfito un Puerto Jimenesas pilsētu rajonā (*ZP*), ieskaitot Korkovado nacionālo parku.

Austrumu piekrastē tiek izraudzīta Limonas pilsēta Limonas provincē (*PL*).

Izraudzītajās vietās $T_{f,mid}$ vidējie lielumi (skat. 2.9. att.) ir šādi:

- reģionā *G&P*: $T_{f,mid} = 10,1$ h;
- reģionā *ZP*: $T_{f,mid} = 4,61$ h;
- reģionā *MP*: $T_{f,mid} = 8,35$ h;
- reģionā *PL*: $T_{f,mid} = 7,37$ h.

Nav šaubu, ka šajā zinā vislabvēlīgākie reģioni teritoriāli sadalītai MDV izvietošanai ir *G&P* un *MP*, savukārt visnelabvēlīgākais – reģions *ZP*. Jāpiebilst, ka, ja vien to pieļauj pasūtītāju nosacījumi, ANP sniegšanu Limonas provinces centrālajā daļā ir lietderīgi ieplānot periodā no jūnija līdz oktobrim, kad pārējos reģionos ir visnelabvēlīgākie laikapstākļi.

Balstoties uz iepriekš veiktās rajonēšanas un ņemot vērā ekspertvērtējumu, var noteikt piemērotākās MDV atrašanās vietas attiecīgo reģionu teritorijā. Saskaņā ar to atrašanās vietas ir šādas: Sanhosē, Kartago, Alahuelas, Limonas, Hako, Uvitās, Golfito,

³³¹ Sulima N., Probabilistic Model of Overbooking for an Airline. Automatic Control and Computer Sciences, Allerton Press Inc. 46(1), pp. 49-56., 2012, ISSN 0146-4116.

Kobano un Tilaranas apkārtne. Līdz ar to maksimālais iespējamais potenciālo izvietošanas punktu skaits $k = 9$.

Izdevumus f_i attēlo šāds vektors:

$$f_i = (5 \ 4 \ 5 \ 4 \ 5 \ 4 \ 3 \ 5 \ 4) \quad (3.6)$$

Jānorāda, ka secība šajā vektorā nav saistīta ar izraudzīto atrašanās vietu uzskaitīšanas secību no (3.6).

Izdevumu $c_{i,j}$ skaitliskās (dotās) vērtības ir apkopotas 3.2. tabulā.

3.2. tabula

Aprēķinātie izdevumi $\{c_{i,j}\}$

j/i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8.6	8.0	2.0	1.0	4.2	4.2	2.2	1.7	0.9
1	2.4	6.3	3.6	0.3	6.0	7.8	4.8	0.7	0.8
2	0.5	5.9	2.9	2.6	4.1	1.5	4.1	9.6	3.8
3	1.7	1.9	1.0	2.3	6.2	0.9	8.4	4.5	5.2
4	2.2	2.3	7.1	8.6	0.0	4.7	4.3	1.8	1.4
5	7.9	2.4	6.7	0.5	3.9	3.3	7.3	4.7	0.7
6	0.8	4.1	0.1	0.6	3.2	6.1	0.8	2.5	9.1
7	1.4	2.7	6.0	0.9	8.5	2.8	8.5	2.8	7.6
8	5.6	3.8	2.9	9.6	2.0	4.4	3.6	8.2	1.0
9	6.3	2.1	7.5	8.8	4.7	2.2	0.9	6.3	6.8
10	4.5	6.0	9.1	4.0	4.3	5.2	1.9	0.1	8.2
11	3.3	3.6	6.1	6.6	4.2	0.1	9.1	2.9	2.7
12	2.8	9.8	7.8	9.5	5.8	7.7	3.1	8.6	8.7
13	8.7	9.0	5.4	0.0	3.4	9.7	3.4	7.1	9.7
14	8.7	9.5	3.9	0.5	9.5	9.0	2.7	9.2	2.2

Avots: autora veikts aprēķins

3.2. tabulā atspoguļotajos izdevumos $c_{i,j}$ ir ņemti vērā arī zaudējumi, kas rodas gadījumā, ja ANP sniegšana attiecīgajās MDV atrašanās vietās nav iespējama nelabvēlīgu laikapstākļu vai citu ārkārtēju apstākļu dēļ.

Otrs posms. Uzdevuma risinājums. 3.3. tabulā katram k ir aprēķinātas optimālās atrašanās vietas i_η , $\eta = 1, \dots, k$, un kritērija F vērtības, kas aprēķinātas pēc formulas (3.1).

3.3. tabula

Punktu k optimālais izvietojums un kritērija F vērtība

k	2	3	4	5	6	7	8	9
i_0	3	3	3	3	3	0	0	0
i_1	6	6	5	5	4	3	1	1
i_2		8	6	6	5	4	3	2
i_3			8	7	6	5	4	3
i_4				8	7	6	5	4
i_5					8	7	6	5
i_7						8	7	6
i_8							8	7
i_9								8
F	36.1	30.6	29.5	32.7	36.2	40	44	48.5

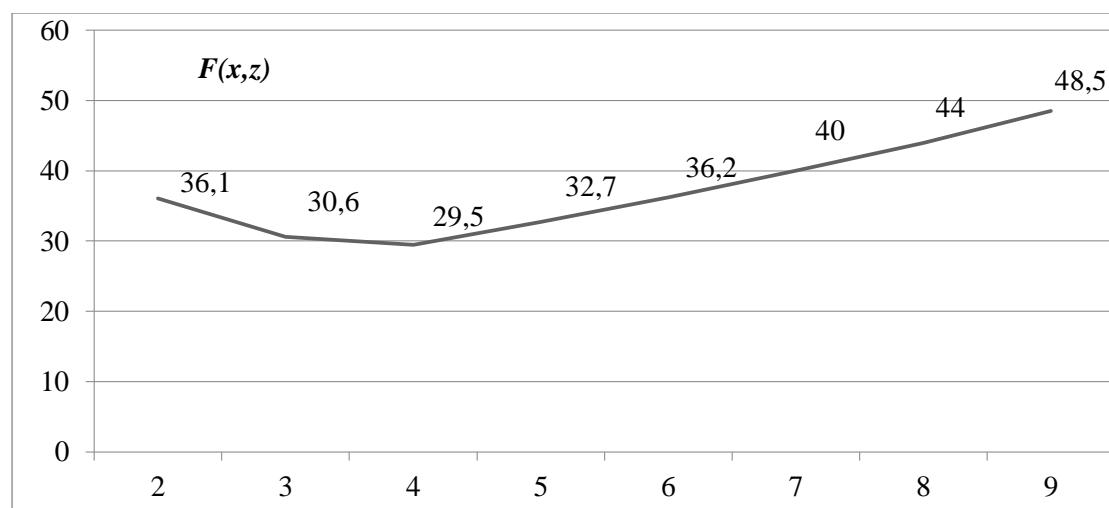
Avots: autora veikts aprēķins

Kā redzams 3.3. tabulā, kritērija $F(x,z)$ vērtība ir vislielākā un vienāda ar 29,5 pie $k^* = 4$, ja potenciāli ir iespējamas 9 bāzes vietas. Sakarības starp $F(x,z)$ un k , grafiskais attēlojums, balstoties uz 3.3. tabulas datiem, ir redzams 3.1. attēlā. Tuvu optimālajām vērtībām šis kritērijs ir arī tad, ja MDV bāzes skaits $k^* = 3$ un $k^* = 5$.

Optimāla klientu piesaiste MDV izvietojuma punktiem, ja $k^* = 4$, ir atspoguļota 3.4. tabulā. Turpat ir redzama arī optimāla piesaiste, ja $k^* = 5$.

Saskaņā ar 3.3. tabulu un 3.1. attēlu optimālais MDV izvietojuma punktu skaits $k^* = 4$. Nemot vērā visus apstāklis, šie punkti atrodas tādu apdzīvoto vietu apkaimēs kā Alahuela, Tilarana, Limona un Hako, kas 3.2. attēlā redzamajā kartē ir atzīmētas ar trīsstūriem³³².

Palielinoties uzdevuma dimensionalitātei, tā risināšanas laiks pieaug nelineāri un pietiekami lielas dimensionalitātes gadījumā var kļūt nekontrolējams uzdevuma izvirzītajam, respektīvi var rasties aizdomas, ka ir „uzkāries” dators. Līdz ar to gadījumā, ja sākotnējā uzdevuma dimensionalitāte ir liela, svarīga nozīme ir tā risināšanas pirmajam posmam – potenciālo MDV izvietojuma punktu skaita samazināšanai, balstoties uz heristiska ekspertvērtējuma, tādējādi būtiski samazinot dimensionalitāti, kas piemīt otrajā posmā ar kombinatorisko metodi risināmajam uzdevumam.



3.1. attēls. Sakarības starp $F(x,z)$ un k grafiskais attēlojums
(avots: izstrādājis autors)

3.4. tabula

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	F
$i,$ $k = 4$	3	3	5	5	8	3	3	3	8	6	6	5	6	3	3	29.5
$i,$ $k = 5$	8	3	5	5	8	3	3	3	8	6	7	5	6	3	3	32.7

Avots: izstrādājis autors

³³² Sulima N., Combinatory method of optimization of regional basing of mobile units of commercial. In book: "Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2018". Springer International Publishing: pp. 168-177., ISBN 978-3-030-12449-6



3.2. attēls. MDV bāzes punktu optimālā izvietojuma karte
(avots: autora izstrādāts MDV bāzes punktu izvietojums)

3.3. Lineārās programmēšanas izmantošana MDV teritoriālā izvietojuma noteikšanai Kostarikā

Autora noformulētajā teritoriālā izvietojuma uzdevumā būtiska prasība ir tāda, ka nezināmajiem var būt tikai divas vērtības: 0 un 1.

Ja tiek izslēgts veselskaitļu nosacījums, tiek iegūts uzdevums ar mērķa funkciju (3.1), ierobežojumiem (3.3, 3.5) un nenegatīviem mainīgajiem $\{x_i, z_{ij} : i = 0, \dots, n-1; j = 0, \dots, m-1\}$, ko ir iespējams atrisināt ar lineārās programmēšanas metodi^{333, 334, 335, 336, 337},

Šīs metodes izmantošana ļauj arī *vispārināt aplūkojamo uzdevumu*, kā papildu nosacījumu iekļaujot pieņēmumu, ka *maksimālais klientu skaits s, kas ir piesaistāms katram MDV izvietojuma punktam, nav visām bāzēm vienāds, bet punktam i ir nosakāms kā si*. Tagad s ir n -dimensionāls kolonvektors $s = (s_1, \dots, s_n)^T$. Tālāk $diag(s)$ kā diagonālā matrica ar vektoru s tiek noteikta par galveno diagonāli³³⁸.

Tiek ieviesti $2n + 1$ papildu mainīgie v_i, u_i u t , lai pie ierobežojumiem (3.2), (3.3) un (3.5) pārietu uz šādām vienādībām:

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_i + t = k, \quad (3.7)$$

$$x_i + v_i = 1, \quad i = 0, \dots, n-1, \quad (3.8)$$

³³³ Andronovs A. Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007.

³³⁴ Brualdi R.A. Introductory combinatorics. Third edition. Prentice Hall, New Jersey, 1999.

³³⁵ Муртаф Б. Современное линейное программирование. Москва, Мир, 1984.

³³⁶ Романовский И.В. Алгоритмы решения экстремальных задач. Москва, Наука, 1977.

³³⁷ Sulima Nikolajs, Inna Stecenko. The task of optimizing regional deployment of commercial drone bases. DANĒ – TEORIE A PRAXE. Sborník referátů a abstraktů XX. ročníku mezinárodní odborné konference, Akademie Sting, Brno, 2017 p.p. 158-166.

³³⁸ Turkington D.A. Matrix Calculus & Zero-One matrices. Statistical and Econometric Applications. Cambridge University Press, Cambridge, 2012.

$$\sum_{j=0}^{m-1} z_{i,j} - s_i x_i + u_i = 0, \quad i = 0, \dots, n-1 \quad (3.9)$$

Tiek ieviesti šādi vektori:

$x = (x_0, \dots, x_{n-1})^T$ – n -dimensionāls kolonvektors;

$s = (s_0, \dots, s_{n-1})^T$ – n -dimensionāls kolonvektors;

$v = (v_0, \dots, v_{n-1})^T$ – n -dimensionāls kolonvektors;

$u = (u_0, \dots, u_{n-1})^T$ – n -dimensionāls kolonvektors;

$z_j = (z_{0,j}, \dots, z_{n-1,j})^T$ – n -dimensionāls kolonvektors;

$z = (z_0^T, \dots, z_{m-1}^T)^T = (z_{0,0}, \dots, z_{n-1,0}, z_{0,1}, \dots, z_{n-1,1}, \dots, z_{0,m-1}, \dots, z_{n-1,m-1})^T$ – nm -dimensionāls kolonvektors;

$w = (x^T, z^T, u^T, v^T, t)^T$ ir $(3n + nm + 1)$ -dimensionāls kolonvektors;

$\text{row}(n) = (1, \dots, 1)$ ir n -dimensionāls rindvektors no vieniniekiem,

$\text{zero}(m) = (0, \dots, 0)$ – m -dimensionāls rindvektors no nullēm,

$f = (f_0, \dots, f_{n-1})^T$ – n -dimensionāls kolonvektors ar vērtību koeficientiem pie $\{x_i\}$;

$c = (c_{0,0}, \dots, c_{n-1,0}, c_{0,1}, \dots, c_{n-1,1}, \dots, c_{0,m-1}, \dots, c_{n-1,m-1})^T$ – nm -dimensionāls kolonvektors ar vērtību koeficientiem pie $\{z_{i,j}\}$;

$d = (k, \text{row}(n), \text{row}(m), \text{zero}(n))^T$ ir $(2n + m + 1)$ -dimensionāls brīvo locekļu kolonvektors.

Tiek ieviesti šādi matricu apzīmējumi.

Tiek pieņemts, ka $O_{m \times n}$ apzīmē kārtas $m \times n$ matricu no nullēm un matricai A ir kārtas $m \times n$, bet matricai B – $k \times p$. To Kronekera reizinājums $A \otimes B$ ir kārtas $mk \times np$ matrica, kas iegūta, aizstājot matricā A katra elementu $A_{i,j}$ ar matricu B , reizinātu ar $A_{i,j}$.

Tiek uzkonstruēta lineārās programmēšanas uzdevuma ierobežojumu matrica A . Tā ir kārtas $(2n + m + 1) \times (3n + nm + 1)$ bloku matrica:

$$A = \begin{pmatrix} A_{0,1} & A_{0,2} & A_{0,3} & A_{0,4} \\ A_{1,1} & A_{1,2} & A_{1,3} & A_{1,4} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & A_{2,3} & A_{2,4} \\ A_{3,1} & A_{3,2} & A_{3,3} & A_{3,4} \end{pmatrix}$$

kur:

$$\begin{aligned}
A_{0,1} &= \text{row}(n) = (1 \dots 1)_{1 \times n}, \\
A_{0,2} &= \text{zero}(nm) = (0 \dots 0)_{1 \times nm}, \\
A_{0,3} &= \text{zero}(n) = (0 \dots 0)_{1 \times n}, \\
A_{0,4} &= \text{zero}(n) = (0 \dots 0 \ 1)_{1 \times (n+1)}, \\
A_{1,1} &= I(n), \\
A_{1,2} &= O_{n \times mn}, \\
A_{1,3} &= O_{n \times n} \\
A_{1,4} &= (I(n) | \text{zero}(n)^T), \\
A_{2,1} &= O_{m \times n}, \\
A_{2,2} &= I(m) \otimes \text{row}(n)_{m \times nm}, \\
A_{2,3} &= O_{m \times n}, \\
A_{2,4} &= O_{m \times (n+1)}, \\
A_{3,1} &= -\text{diag}(s), \\
A_{3,2} &= \text{row}(m) \otimes I(n)_{n \times nm}, \\
A_{3,3} &= I(n), \\
A_{3,4} &= O_{n \times (n+1)},
\end{aligned}$$

Tagad lineārās programmēšanas uzdevums ir noformulējams šādi:
minimizēt funkciju

$$F(w) = F(x, z, u, v, t) = f^T x + c^T z \quad (3.10)$$

ar nenegatīviem mainīgajiem $x_i, z_{i,j}, v_i, u_i, t$, ievērojot ierobežojumus:
 $Aw = d$. (3.11)

Tiek pieņemts, ka $\tilde{v} = (v^T \ t)^T = (v_1 \dots v_n \ t)^T$. Tad ierobežojumus (3.9) izvērstā formā var attēlot šādi:

$$A = \begin{pmatrix} A_{0,1} & A_{0,2} & A_{0,3} & A_{0,4} \\ A_{1,1} & A_{1,2} & A_{1,3} & A_{1,4} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & A_{2,3} & A_{2,4} \\ A_{3,1} & A_{3,2} & A_{3,3} & A_{3,4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ z \\ u \\ \tilde{v} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k \\ \text{row}(n) \\ \text{row}(m) \\ \text{zero}(n) \end{pmatrix},$$

vai

$$\begin{aligned}
A_{0,1}x + A_{0,2}z + A_{0,3}u + A_{0,4}\tilde{v} &= k, \\
A_{1,1}x + A_{1,2}z + A_{1,3}u + A_{1,4}\tilde{v} &= \text{row}(n), \\
A_{2,1}x + A_{2,2}z + A_{2,3}u + A_{2,4}\tilde{v} &= \text{row}(m), \\
A_{3,1}x + A_{3,2}z + A_{3,3}u + A_{3,4}\tilde{v} &= \text{zero}(n),
\end{aligned}$$

turklāt

$$\begin{aligned}
& \text{row}(n)x + I(n)x + I(m) \otimes \text{row}(n)z - \text{diag}(s)x + \text{row}(m) \otimes I(n)z + I(n)u & t & = k, \\
& & \left(I(n) \middle| \text{zero}(n)^T \right) \tilde{v} & = \text{row}(n), \\
& & & = \text{row}(m), \\
& & & 0 & = \text{zero}(n),
\end{aligned}$$

Tagad uzdevumā ir $2n + m + 1$ ierobežojumi un $n(m + 3) + 1$ mainīgie, un uzdevuma dimensija $h = 2n + m + 1 + n(m + 3) + 1$.

Lai atrisinātu izvirzīto uzdevumu (3.10)-(3.11), nemot vērā ieviestos papildu nosacījumus (3.7)-(3.9), ir izmantota simpleksa metode.

Aprēķinu procedūra šī uzdevuma risināšanai tā vispārīgajā veidā balstās uz publikācijas³³⁹, savukārt risināšana ar konkrētiem izejas datiem, kas atspoguļoti (3.6), kā arī 3.2. un 3.3. tabulā, ja $m = 15$ un $n = 9$, ir aprakstīta šī darba 3. pielikumā. Šīs lineārās programmēšanas procedūras solus var ilustrēt šādi. Sākumā netiek nemoti vērā vienam bāzes punktam piesaistīto klientu maksimālā skaita ierobežojumi, proti, tāpat kā iepriekš tiek pieņemts, ka $s_i = 15$. Uzdevuma dimensija $n = 9$ un $m = 15$ un $k = 7$ ir $h = (2n + m + 1) + (3n + nm + 1)$. Ja tas tiek atrisināts ar kombinatorisko metodi ($k = 7$), šāda skaita opciju $C_h^k > 1 \times 10^{14}$ meklēšanas laiks procesora frekvencē aptuveni 2 GHz būs desmitiem stundu, kas nav reāli.

Promocijas darba 3. pielikumā aprakstītās *aprēķinu procedūras protokols*, kas ietver atsevišķu iterāciju izpildes rezultātus, ir atspoguļots 3.5. tabulā.

3.5. tabula

Kritērija $F(w)$ vērtību pakāpeniskās izmaiņas lineārās programmēšanas optimizācijas uzdevuma risināšanas ar simpleksa metodi procesā

η/St	0	1	2	3	4	5	6	7
0	16	16	16	16	16	16	17	17
1	21	21	21	21	21	21	21	21
2	35	35	35	35	35	32	32	32
3	44	44	44	44	41	41	41	41
4	52	52	52	52	52	52	52	53
5	57	57	57	57	57	57	57	57
6	66	66	66	66	66	66	66	66
7	75	75	75	75	75	75	75	75
8	88	89	89	89	89	89	89	86
9	98	98	98	96	96	96	96	96
10	106	106	106	106	106	106	106	106
11	114	114	114	114	114	114	114	114
12	122	122	122	122	122	122	122	122
13	130	130	130	130	130	130	130	130
14	138	138	138	138	138	138	138	138
F	60.1	52.9	46.4	40.5	36.2	33.9	33.1	32.7

Avots: izstrādājis autors

3.5. tabulas rindas (η) atbilst mainīgo numuriem $\{z_{i,j}\}$, kas ir bāzes numuri. Pārējie bāzes mainīgie nav atspoguļoti, jo mainīgie $\{x_i\}$ nemainās, savukārt pārējos mainīgos viennozīmīgi nosaka parādītās vērtības. Kolonnas atbilst optimizācijas iterāciju numuriem (St). Nulles kolonna attēlo sākotnējo bāzi, kas aprakstīta iepriekš. Katra nākamā kolonna dod jaunu bāzi, kas iegūta pēc kārtējās iterācijas izpildes. Pēdējā kolonna satur kritērija

³³⁹ Andronovs A., Transporta sistēmu optimizācijas metodes. I. daļa. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga, 2007, ISBN: 9984324931

$F(w)$ vērtības (3.10) attiecīgajam bāzes risinājumam. Tabulā ir redzams, ka kritērija vērtība ir samazinājusies no 60,1 līdz 32,7. Kopumā tika izpildītas 8 iterācijas. Pēdējās (8.) iterācijas rezultāti nav atspoguļoti, jo tie sakrīt ar iepriekšējās iterācijas rezultātiem. Optimālais risinājums ir ietverts tabulas pēdējā kolonnā. Šis risinājums, attēlots ar bāzes vietu numuru i un klientu numuru j starpniecību, ir redzams 3.6. tabulā.

3.6. tabula

**Aprēķinātā klientu j piesaiste MDV izvietojuma punktiem i saskaņā ar
3.5. tabulu**

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
i	8	3	5	5	8	3	3	3	8	6	7	5	6	3	3

Avots: izstrādājis autors

3.5. un 3.6. tabulā atspoguļoto datu analīze ļauj izdarīt šādus secinājumus:

4) aprēķina procedūru izpilde tika veikta 7 soļos, kas būtiski saīsina galarezultāta iegūšanai nepieciešamo laiku salīdzinājumā ar kombinatoriskās metodes izmantošanu. Ir acīmredzams, ka lielas uzdevuma dimensionalitātes gadījumā šī starpība pieauga lielākā pakāpē nekā proporcionāli;

5) 3.5. tabulā (pēdējā rindā un kolonnā) ir redzams, ka kritērija $F(w)$ vērtība ir mainījusies no 60,1 līdz 32,7, kas precīzi atbilst aprēķinātajai vērtībai, kas iegūta ar kombinatorisko metodi pie $k^* = 5$ (3.4. tab.). No tā izriet, ka optimālais MDV izvietojuma punktu skaits, kas iegūts, veicot aprēķinus ar lineārās programmēšanas palīdzību, ir $k^* = 5$. Turklat jānorāda, ka, izmantojot kombinatorisko metodi, ar tādiem pašiem izejas datiem tiek iegūta šī kritērija vērtība 29,5, bet $k^* = 4$. Tādējādi izvirzītā uzdevuma risināšana ar lineārās programmēšanas metodi ir uzskatāma par suboptimālu, nevis optimālu. Kritērija $F(w)$ tālāku uzlabošanu var veikt, mainot bāzes x mainīgo struktūras sastāvu (sākot no izejas bāzes) un atkārtojot aprēķina procedūru, kas aprakstīta darba 3. pielikumā. Turklat kopējais laiks, kas nepieciešams tāda galarezultāta iegūšanai, kas apmierina uzdevuma izvirzītāju, palielinās proporcionāli uzdevuma atkārtotas risināšanas reižu skaitam. Tāpat nav skaidri redzams, vai pieņemtais galarezultāts būs tāds pats kā kombinatoriskās metodes izmantošanas gadījumā. Līdz ar to rezultāts, kas iegūts, risinot uzdevumu kā lineārās programmēšanas uzdevumu, optimāls ir tikai izvēlētajai bāzes x mainīgo struktūrai;

6) no 3.6. tabulas izriet, ka MDV izvietojuma punkti precīzi atbilst punktiem, kas aprēķināti ar kombinatorisko metodi (3.6. tab.) pie $k^* = 5$. Tie ir punkti ar numuriem 8, 3, 5, 6 un 7. Laiks uzdevuma risināšanai ar simpleksa metodi bija mazāks par 10 minūtēm. Izmantojot kombinatorisko metodi $n = 8, 9$, iegūst $k^* = 4$.

Aplūkojamais uzdevums tiks vispārināts, pieņemot, ka *maksimālais klientu skaits s , kas ir piesaistāms katram punktam, visiem punktiem nav vienāds, bet punktam i ir vienāds ar s_i* . Kā norādīts iepriekš, uzdevuma nostādne ir jāaplūko kā lineārās programmēšanas uzdevums, jo kombinatoriskās metodes gadījumā to izdarīt praktiski nav iespējams. Kā liecina 3.6. tabulā atspoguļotie dati, lielākais skaits klientu ir piesaistīts punktam 3 un vienāds ar 6. Pēc tam tiek pieņemts, ka šim skaitam tiek noteikti papildu ierobežojumi, saskaņā ar kuriem tas nevienam izvietojuma punktam nedrīkst pārsniegt 4.

Šādā gadījumā iepriekš aprakstīto kombinatorisko metodi nevar izmantot, tādēļ ir jālieto lineārās programmēšanas metode. Sajā nolūkā ir nepieciešams koriģēt vektoru $s = (s_0, \dots, s_{n-1})^T$, kas nosaka dažādiem izvietojuma punktiem piesaistāmo klientu maksimālo skaitu. Tagad tas ir šāds:

$$s = (4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4)^T.$$

Tāpat kā iepriekš tiek pieņemts, ka no mainīgajiem $\{x_i\}$ bāzē tiek iekļauti 5 mainīgie – x_3, x_5, x_6, x_7, x_8 ar numuriem 3, 5, 6, 7, 8, bet no mainīgajiem $v_i, i = 0, \dots, n-1$ bāzi veido 4 mainīgie – v_0, v_1, v_2, v_4 . Bāzes mainīgo $z_{i,j}$ sākotnējās vērtības un numuri kopējā bāzes mainīgo sarakstā izriet no 3. pielikuma.

Attiecīgais aprēķina procedūras protokols ir atspoguļots 3.7. tabulā.

3.7. tabula
Lineārās programmēšanas aprēķina procedūras ar papildu ierobežojumiem protokols

η/St	0	1	2	3
0	17	17	17	17
1	21	21	21	21
2	32	32	32	32
3	41	41	41	41
4	53	53	53	53
5	60	60	62	62
6	70	70	70	69
7	75	75	75	75
8	89	89	89	89
9	96	96	96	96
10	106	106	106	106
11	113	113	113	113
12	123	123	123	123
13	133	129	133	133
14	138	138	138	138
F	44.2	37.1	33.1	33.1

Avots: izstrādājis autors

Kā liecina 3.7. tabula, izrādās, ka pietiek ar 3 iterācijām. Iegūtais risinājums ir atspoguļots 3.8. tabulā. Tam atbilst mērķa funkcijas vērtība (3.10) $F(w) = 33,1$, kas – tāpat kā klientu piesaiste MDV izvietojuma punktiem – atšķiras no rezultāta, kas iepriekš tika iegūts, nepastāvot izvietojuma punktiem piesaistāmo klientu skaita ierobežojumam.

3.8. tabula
Aprēķinātā klientu j piesaiste punktiem i saskaņā ar 3.7. tabulu

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
i	8	3	5	5	8	7	6	3	8	6	7	5	6	7	3

Avots: autora veikts aprēķins

3. nodalas secinājumi

Veiktais pētījums par bezpilota lidaparātu teritoriālo izvietojumu, kā piemēru aplūkojot Kostariku, lāva autoram izdarīt turpmāk izklāstītos secinājumus.

1. Ir pirmo reizi noformulēts un formalizēts uzdevums, kas attiecas uz jaunu pakalpojumu nozares jomu – aeronovērošanas komercpakalpojumu jomu – un ir vērsts uz mobilo dronu vienību teritoriālā izvietojuma optimizāciju. Šis uzdevums ietilpst reģionālās ekonomikas klasisko uzdevumu kategorijā, kas saistīta ar preču ražošanas vai pakalpojumu sniegšanas vietu optimāla izvietojuma noteikšanu.

2. Autors ir izstrādājis kombinatorisko metodi izvirzītā uzdevuma risināšanai, kas var tikt izmantota, ja uzdevumu dimensionalitāte nav liela. Ir pierādīts, ka šī metode ir piemērota tikai gadījumiem, kad netiek noteikti ierobežojumi katrai bāzei

piesaistītajam klientu skaitam. Autores piedāvātā metode ir aprobēta, pielietojot to attiecībā uz Kostarikā darbojošos uzņēmumu, kuram ir noteikts optimāls mobilo dronu vienību skaits un konkrēti to izvietojuma punkti. Aprobācijas rezultātā tika noskaidrots, ka vispiemērotākās MDV atrašanās vietas ir Alahuelas, Limonas, Hako, un Tilaranas apkārtnē, savukārt to optimālais skaits ir 4. Ievietojot MDU citās vietās, ievērojami palielinās pakalpojumu sniegšanas izmaksas. Tātad, ievietojot MDU tikai divos punktos, šādi izdevumi palielinās par 22%, bet 8 punktos - par gandrīz 65%.

3. Aprēķina procedūras izpildes laiks, kas nepieciešams uzdevuma risināšanai ar kombinatorisko metodi, ar uzdevuma dimensijas palielināšanos, pieaug nelineāri, kas šādos apstākļos padara kombinatoriskās metodes izmantošanu praktiskā pielietojumā neiespējamu.⁴ Lielas dimensijas gadījumiem un gadījumos kad pastāv ierobežojumi ASS skaitam katrā reģiona punktā, MDU teritoriālā sadalījuma optimizācijas uzdevums tiek pielāgots kā lineāras programmēšanas problēma, kas atrisināta ar simpleksa metodi. Šāda adaptācija paplašina ekonomisko un matemātisko metožu iespējas un ļauj adaptēto metodi piemērot citās teritorijās, kur atrodas vienas un tās pašas preces / produkti.

NOBEIGUMS UN REKOMENDĀCIJAS

Balstoties uz šajā promocijas darbā atspoguļotā pētījuma, autors ir noformulējis šādus secinājumus.

1. Autors ir analizējis bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu būtību no komercdarbības teorijas un prakses viedokļa, kā arī identificējis un apkopojis klasificējošās pazīmes, kas piemīt šādiem pakalpojumiem. Līdztekus tādām visu veidu pakalpojumiem piemītošām īpašībām kā netaustāmība, neatdalāmība no avota, kvalitātes nepastāvīgums un nesaglabājamība autors ir piedāvājis un aprakstījis tādu īpašību kā lokālums, ko pamato tas, ka aeronovērošanas pakalpojumu sniegšana ir atkarīga no konkrētā reģiona īpatnībām. Ir noformulētas arī bezpilota lidaparātu pakalpojumu galvenās pazīmes: pakalpojumu avots (drons), pakalpojumu pircēja (klienta) esamība un motivācija iegādāties pakalpojumus, kā arī pakalpojumu pārdevēja komerciālā ieinteresētība to sniegšanā. Autors piedāvā bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu realizācijas modeli, vienlaikus norādot to izmantošanas jomas un noformulējot to funkcijas. Īpašu nozīmi autors ir piešķīris novērošanas funkcijai un noformulējis tai izvirzāmās prasības: tai jābūt aktīvai, mērķtiecīgai, plānveidīgai un tīsai.

2. Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu attīstības kontekstā autors ir noformulējis šādus pakalpojumus sniedzošo uzņēmumu galvenās klasificējošās pazīmes: ir izstrādāts uzņēmuma, kas piedāvā aeronovērošanas pakalpojumus reģionā, organizatoriskās struktūras modelis un ierosināts veikt reģionālo bezpilota lidaparātu uzņēmumu ekonomiskās darbības efektivitātes novērtēšanu, balstoties uz galvenajām darbības jomā (GDJ) un galvenajiem darbības rādītājiem (GDR). Attiecīgie rādītāji ir detalizēti un „piesaistīti” pētāmajam objektam – aeronovērošanas pakalpojumiem, ko sniedz bezpilota lidaparātu uzņēmums. Ir izdalīti šādu pakalpojumu sniegšanas posmi atkarībā no to komerciālās izmantošanas jomām un piedāvāta formula šādu pakalpojumu sniegšanai nepieciešamā kopējā laika aprēķināšanai.

3. Darba gaitā ir konstatēts, ka reģionālās ekonomikas diskrēto uzdevumu risināšanas klasiskos modeļus un metodes, ko izmanto preču ražotņu vai pakalpojumu sniegšanas vietu un attiecīgo uzņēmumu teritoriālā izvietojuma organizēšanai, var adaptēt un izmantot aeronovērošanas komercpakalpojumus sniedzošo uzņēmumu

mobilu dronu vienību izvietojuma optimizācijai, lai nodrošinātu klientu efektīvu apkalpošanu attiecīgajā reģionā.

4. Autors ir analizējis tiesību aktus, kas regulē bezpilota lidaparātu izmantošanu ASV, Kanādā, Lielbritānijā, Itālijā u.c. valstīs, tostarp Latvijā un Kostarikā, un identificējis galvenās problēmas, kas saistītas ar bezpilota lidaparātu ekspluatācijas tiesisko regulējumu dažādās valstīs. Autora veiktā Kostarikas reģionu ekonomiskā analīze ļāva noformulēt metodiku reģiona novērtēšanai no aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanas viedokļa. Reģiona novērtēšanai tiek izmantoti tādi rādītāji kā iedzīvotāju skaits, IKP uz vienu iedzīvotāju, valstī pastāvošās kultūras tradīcijas, kā arī ģeogrāfiskie un meteoroloģiskie rādītāji (diennakts gaišā laika ilgums, skaidru dienu skaits, vēja ātrums skaidrās dienās, vidējā gaisa temperatūra). Autors ir parādījis, ka visi iepriekš uzskaitītie faktori ietekmē vienas bezpilota lidaparāta lidojumu stundas izmaksas.

5. Autors ir noformulējis bezpilota lidaparātu komercpakalpojumus Kostarikā sniedzošo uzņēmumu ekonomiski saimnieciskās darbības plānošanas posmus, lai veicinātu šo uzņēmumu pakalpojumu realizāciju. Ir secināts, ka tā ietvaros ir nepieciešams izstrādāt pakalpojumu realizācijas stratēģiju, balstoties uz tirgus konkurences analīzes, kā arī jāizvērtē attiecīgajā reģionā pastāvošie sezonalitātes faktori, kas saistīti ar objekta aeronovērošanai izmantojamo stundu skaitu diennaktī. Aplūkojot Kostarikas piemēru, autors ir aprēķinājis pakalpojumu sniegšanas laiku sadalījumā pa valsts reģioniem. Lidojumiem piemērotā laika novērtējums (aprēķins) tiek veikts diferencēti atkarībā no pasūtījuma veida. Tieki piedāvāts aprēķināt tiešo aerofiksācijas un aeronovērošanas laiku viena sesijas ietvaros, izmantojot formulu, kuras pamatā ir pakalpojuma ar uzdotu ilgumu pasūtīšanas varbūtība.

6. Bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu cenu veidošanai autors piedāvā cenu mehānismā izdalīt divas savstarpēji mijiedarbojošās daļas, no kurām viena ietver cenu izmaiņu veidus, struktūru, apmēru un dinamiku, bet otra – cenu veidošanos kā jaunu cenu noteikšanas, izveides (aprēķina) un aktuālo cenu izmaiņu veidu, noteikumus. Aeronovērošanas pakalpojumu cenas ierosināts sadalīt šādās grupās pēc to veida: ANP bāzes cena; ANP pamatpakalpojumu cenas un ANP papildpakalpojumu cenas. Turklāt ir jāņem vērā, ka aeronovērošanas pakalpojumu bāzes cena ir izlīdzināta vidējā cena par vienu ANP, kuru sniegšanas skaits noteiktā laikposmā caurmērā nosedz uzņēmuma izmaksas tādā pašā laikposmā. Aeronovērošanas pamatpakalpojumu cenas ir cenas, kas ar peļņu vai diskontu nodrošina šo pakalpojumu virzīšanu tirgū konkurences apstākļos. Peļņu vai diskontu nosaka konkrētā cenu veidošanas metode katrā atsevišķā gadījumā. Ir piedāvāts pakalpojumu cenu aprēķins, kā piemēru aplūkojot konkrētu uzņēmumu, kas sniedz aeronovērošanas pakalpojumus.

7. Lai veicinātu bezpilota lidaparātu komercpakalpojumus sniedzošo uzņēmumu attīstību, autors piedāvā izmantot *tiešā kanāla* (0 līmeņa) modeli, kas nozīmē, ka uzņēmums pats pārdod savus pakalpojumus bezsaistes vai tiešsaistes režīmā ar savu biroju, pārstāvniecību vai tīmekļvietnes instrumentu paīdzību. Tiešsaistes režīmā izplatīšanai tiek izmantota uzņēmuma tīmekļvietne, kurā izvietots attiecīgais saturs (informācija par pakalpojumu veidiem un izpildes termiņiem, tarifiem, aeronovērošanas un aerofiksācijas rezultātu pēcapstrādes veidiem u.c.). Savukārt bezsaistes režīmā pārdošana notiek ar uzņēmuma biroju (MDV bāzes punktu) vai zvanu centra starpniecību.

Kā *vairākā līmeņu kanālus* autors piedāvā izmantot pārdošanas tīkla tradicionālo logistisko kēdi „uzņēmums – tiešsaistes / bezsaistes aģenti – klienti”. Tiešsaistes aģenti ir daudzprofilu aģenti, kuri pārdod ne tikai BPLA uzņēmumu, bet arī citu nozaru pakalpojumus.

8. Autors ir pirmoreiz reģionālās ekonomikas teorijā noformulējis un formalizējis jauna veida teritoriālā izvietojuma optimizācijas uzdevumu, kas vērsti uz

mobilu dronu vienību teritoriālā izvietojuma optimizāciju aeronovērošanas komercpakalpojumu sniegšanai klientiem reģionā. Šis uzdevums ietilpst reģionālās ekonomikas klasisko uzdevumu kategorijā, kas saistīta ar preču ražošanas vai pakalpojumu sniegšanas vietu optimāla izvietojuma noteikšanu. Būla uzdevuma risināšanai ir izmantota simpleksa metode ar virzītu pārmeklēšanu un kombinatoriskā metode ar parastu pārmeklēšanu. Ir atrisināts praktiskais uzdevums, kas saistīts ar konkrētu punktu izvēli aeronovērošanas pakalpojumu sniegšanai Kostarikā izmantojamo mobilu dronu vienību teritoriālajai izvietošanai. Līdzīgu metodi var izmantot ne tikai izvietojot dronu kompanijas punktos, bet jebkurus citus uzņēmumus: ātrās palīdzības stacijas, banku vienības valstī vai reģionā utt. Šīs metodes izmantošana sekmēs reģionālās ekonomikas teorijas mūsdienīgu attīstību.

Līdz ar to autors ir pierādījis izvirzītās hipotēzes, izpildījis noteiktos darba uzdevumus un sasniedzis izvirzīto mērķi.

Svarīgākās problēmas un iespējamie risinājumi

Pirmā problēma

Starptautiskajā komercpakalpojumu klasifikatorā trūkst bezpilota lidaparātu pakalpojumu apraksta, un tas kavē šo pakalpojumu plašāku izmantošanu.

Pirmais risinājums

Jāiekļauj klasifikatorā bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu apraksts.

Otrais risinājums

Lai veicinātu bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu efektīvu realizāciju, jābalstās uz pakalpojumiem raksturīgajām pazīmēm. Kā raksturīgā pazīme, kas piemīt bezpilota lidaparātu pakalpojumiem, jāizdala „lokālums” un jāveic bezpilota lidaparātu klasificēšana pēc masas un pildāmajām funkcijām.

Otrā problēma

Lai veicinātu bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu attīstību valstī, ir jāveic attiecīgā tirgus izpēte valsts reģionos, taču nav pieejami tai nepieciešamie dati.

Pirmais risinājums

Valstu statistikas birojiem katru gadu jāsagatavo statistikas pārskati par bezpilota lidaparātu komercpakalpojumus sniedzošo uzņēmumu darbību.

Otrais risinājums

Autora piedāvātā bezpilota lidaparātu komercpakalpojumu tirgus analīzes metodika palīdzēs uzlabot šādus pakalpojumus sniedzošo uzņēmumu darbības efektivitāti un palielināt to skaitu.

Trešā problēma

Komercpakalpojumu sniegšanai izmantojamo bezpilota lidaparātu optimāla teritoriālā izvietojuma izstrādes metodes neesamība kavē šīs pakalpojumu jomas attīstību.

Risinājums

Mobilo dronu vienību teritoriālā izvietojuma aprēķināšanai jālieto kombinatoriskā metode un lineārās programmēšanas metode.