

Аналіз Існуючих Методів Боротьби З Дистанційно Пілотованими Повітряними Судами

Мельнікова А.С.

науковий керівник: Бондарев Д.І.
Кафедра Аеронавігаційних систем,
Навчально-науковий Інститут Аеронавігації,
Електроніки та Телекомунікації
Національний Авіаційний Університет,
Київ, Україна
melnikowa1998@ukr.net

Маршалок Д.О.

науковий керівник: Бондарев Д.І.
Кафедра Аеронавігаційних систем,
Навчально-науковий Інститут Аеронавігації,
Електроніки та Телекомунікації
Національний Авіаційний Університет,
Київ, Україна
dmarshalok@outlook.com

Анотація — робота присвячена розгляду проблеми боротьби з безпілотними літальними апаратами. В роботі проведений аналіз ефективності методів боротьби з дистанційно пілотованими повітряними кораблями. Також в роботі розглянуто проблему зіткнення безпілотних літальних апаратів та пілотованих повітряних суден.

Ключові слова — безпілотний літальний апарат, класифікація, цільове призначення, аварійна ситуація, методи боротьби.

I. ВСТУП

Останнім часом стрімкого розвитку отримує безпілотна авіація. Розроблення безпілотних авіаційних комплексів (БАК) на основі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) проводиться в цей час фактично всіма індустріально розвиненими країнами світу. Донедавна БПЛА мали військове призначення, наразі застосування БАК ефективно як у військових завданнях, так і завданнях цивільного призначення, наприклад, при боротьбі з наслідками надзвичайних ситуацій, стихійними лихами, сільськогосподарського застосування, для розвідки і аерофотозйомки [1].

Американський експерт, Джон Уорден пророкує, що до 2025 року близько 90% літаків будуть безпілотними, і тільки 10% - пілотованими, а пілоти будуть "золотим запасом" для найбільш важливих і важких завдань [2]. Аналогічна ситуація спостерігається і в зв'язку з розвитком БАС для використання у цивільних цілях. Це пов'язано з низкою важливих переваг. Перш за все, відсутність екіпажу на борту повітряного судна (ПС), і, таким чином усуваючи ризик смерті. Можливість виконувати маневри з великими перевантаженнями перевищує фізичні можливості пілота, велику довжину і діапазон у відсутності екіпажу фактор втоми. І, нарешті, відносно невелика вартість безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які можуть мати невеликі розміри і низька вартість експлуатації. [2].

Безпілотна авіація має ряд переваг, а саме: низька вартість експлуатації, добре приховування, стійкість і

гнучкість, простота і доступність технології в порівнянні з пілотованими повітряними судами, також БПЛА може використовуватися в тих випадках, коли використання пілотованої авіації є непрактичним, дорогим або ризикованим [1; 2].

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У зв'язку із зростанням популярності любительських безпілотних літальних апаратів різко збільшилася кількість загроз виникнення аварійних ситуацій в повітрі. Останнім часом БПЛА і авіакатастрофи часто стають предметом дискусій і прогнозів, дослідниками та конструкторами зважуються шанси і моделюються ситуації впливу все зростаючого числа безпілотних апаратів на безпеку польотів. Особливу занепокоєність викликає можливість БПЛА бути втягнутими в реактивний двигун. Крім того, широке поширення набуло припущення про те, що удар дронів по двигуну буде значно гірше, ніж удар птахів, які самі по собі можуть являти собою значну небезпеку, оскільки при ударі існує можливість загоряння їх літєвих акумуляторів. [3].

Оператори-любители як правило ігнорують правила польотів і становлять велику загрозу для повітряних суден в районі аеродрому!

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Дослідження показали, що стандарти виробництва літаків, якими передбачені зіткнення з птахами, тепер не задовільняють забезпечення безпеки польотів літаків. Судячи із заяви FAA, безпека польотів буде залежати від виробників безпілотних літальних апаратів. Вони повинні допомогти в розробці технологій виявлення літаків і запобігання зіткнень з ними. Для роботи в районах поблизу аеропортів операторам БПЛА потрібні спеціальні дозволи. Не далі, як минулого місяця FAA зробила офіційну заяву про те, що оператори безпілотних літаків часто надзвонюють в диспетчерські пункти управління повітряним рухом, щоб запитати дозвіл на діяльність у аеропортів, що створює потенційну загрозу безпеці,

відволікаючи фахівців від управління потоком літаків. Крім того, більшість операторів любителів часто ігнорує повідомити відповідний орган ОПР. У Великобританії за 2014 рік відбулося 6 небезпечних зближень, 2015 – 29 зближень, 2016 – 71 випадок, 2018р. – 157 випадків.

Різко збільшилася кількість повідомлення про небезпечні зближення безпілотників з авіалайнерами і в Північній Америці. Щомісяця в розпорядження Федерального управління цивільної авіації США надходить більше 250 повідомлень про БПЛА, які представляють потенційні ризики для літаків. Канадські чиновники у 2017р. офіційно заявили про зіткнення БПЛА та чартерного літака, що перевозив вісім чоловік з Квебека.

На даний момент найбільш ефективним методом зниження ризику загроз зіткнення БПЛА та повітряного корабля являється перехоплення БПЛА.

Існує декілька методів боротьби з любительськими БПЛА, призначених для аерофотозйомки:

1. Боротьба за допомогою хижих птахів;
2. Боротьба за допомогою інших БПЛА;
3. Боротьба за допомогою тенет;
4. Боротьба за допомогою радіоперехоплення, та ін.
5. Боротьба за допомогою кінетичних патронів

Було проаналізовано ефективність усіх методів за такими параметрами:

1. Економічність
2. Безпечність

3. Ефективність

4. Дешевизна

Оптимальним варіантом виявилось застосування спеціально натренованих птахів та кінетичні патрони!

IV. ВИСНОВКИ

В статті запропоновано декілька методів забезпечення боротьби з дронами які створюють загрозу для ПС в районі аеропорту. Ці методи можуть потенційно підвищити безпеку польоту повітряного судна під час злету та заходження на посадку. Також в роботі розглянуто проблему зіткнення безпілотних літальних апаратів та пілотованих повітряних суден.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Reg Austin, Unmanned aircraft systems : UAVS design, development and deployment / 2010 John Wiley & Sons Ltd.
- [2] Ганин С.М. Беспилотные летательные аппараты / С.М.Ганин, А.В.Карпенко Санкт-Петербург 1999 - 160с. [3] Air Navigation Report 2016 Edition, 2016
- [3] *Гражданские дроны – модели и области применения [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.fotokomok.ru/grazhdanskie-drony-modeli-i-oblasti-primeniya/>*

The Indra Advance Air Control Automation System

Petrushevska Olha
Supervisor Bondarev D.I.
National Aviation University, IAET, Air Navigation systems department
Kyiv, Ukraine
opetrushevskaya99@gmail.com

The Indra Advance Air Control Automation System suggests one of the most progressive automated airtraffic control systems which International Civil Aviation Organization (ICAO) standards and recommended practices in airtraffic management deal with. The demanding requirements relatively air traffic safety and high reliability of the equipment are met by the modern use of state-of-the-art technology.

Introduction

The system covers en-route control, approach control and tower control. The Air Traffic Control System contains all the important elements and equipment to carry out the ATC services.

Body

The goal of The Indra Advance Air Control Automation System is to increase the safety of the flights by supplying the Air Traffic Controllers with information about air movements from Radar/ ADS-B/WAM/MLAT sensors, direction finders, flight plans and air-ground data-link messages (ADS-C/CPDLC). It also provides a high level of automation of the control tasks, with flight plan management tools, automatic flight tracking system, automatic coordination between control position and control centers, safety nets, medium term traffic prediction tools among others.

Having safety and reliability as the comes true of Indra's Automation System has served to make a easy-to-use and easy to maintain system.

System overview

- Flight Data Processing (FDP)
- Surveillance Data Processing (SDP)
- Radar Data Compressor Unit (RDCU)
- Data Link Server (DLS)
- Situation and Flight Data Displays (SDD/FDD)
- Data Recording Facility (DRF)
- Control & Monitoring Display (CMD)
- Data Base Management (DBM)
- Simulation Subsystem (SIM)
- Safety Nets (SNET)
- Flow Management (ATFM)
- Electronic Flight Data Display (EFSD)
- Arrival Manager (AMAN)
- Data Analyzing Tool (AAT)

Indra's Air Traffic Automation System is the conclusion of 100 years of experience in ATM products installed global, and it is recognized as the most advanced integrated solution in terms of end-to-end flight plan management and 4D trajectory calculation.

There is more than 4000 installations in all over the world. Indra propose a detailed product list for the safe, efficient and beneficial management of all flight stages, giving Air Navigation Service Providers the answer to address the continuous and significant air traffic increase which is making Air Traffic Management more complex every day.

KEY POINTS

- Puts safety and efficiency in ATM at the very heart of any design and technological system solution.
- Supports civil-military coordination within a continuum airspace.
- Supports the increasing complexity of air traffic control through the integration of heterogeneous data sources into a unique traffic picture
- Provides a continuous and consistent update of trajectory data after controllers' inputs thanks to sophisticated prediction algorithms
- Represents a modular and flexible solution able to follow any local procedures and site-specific requirements

REFERENCES

- [1] <https://www.indracompany.com>
- [2] <http://aviationknowledge.wikidot.com>
- [3] <https://link.springer.com>
- [4] <https://nats.aero>

Airport Collaborative Decision Making (A-CDM)

Mykhailo Matlak

scientific supervisor Genadiy Argunov
Department of Air Navigation Systems,
Institute of Aeronavigation, Electronics and
Telecommunications,
National Aviation University,
Kyiv, Ukraine
mike.mih649@gmail.com

Bohdan Bas

scientific supervisor: Genadiy Argunov
Department of Air Navigation Systems
Institute of Aeronavigation, Electronics and
Telecommunications,
National Aviation University,
Kyiv, Ukraine
basbohdan458@gmail.com

Airport CDM (A-CDM) is about partners working together and making decisions based on more accurate and higher quality information, where every bit of information has the exact same meaning for every partner involved. More efficient use of resources, and improved event punctuality as well as predictability are the target results. Put simply "It ensures that the right partners get the right information at the right time".

Key words - Airport Operator, Aircraft Operator, AMAN, Air Traffic Control, Airport Capacity, DMAN, Decision Making, Economy, Flexibility, Ground Handler.

I. INTRODUCTION

Airport Collaborative Decision Making (Airport CDM) is now embedded in the ATM operational concept as an important enabler that will improve operational efficiency, predictability and punctuality to the ATM network and airport stakeholders. It is expected that Airport CDM will have an impact on the operating efficiency of airport partners, and may eventually contribute to reduced buffer times for resource planning and flight times due to enhanced predictability. It is recognized that the implementation of Airport CDM will transform many of the communication policies and procedures that have historically dominated the airport operations environment, bringing substantial improvements to all partners.[1]

II. MAIN PART

Airport CDM is often equated with nothing more than better information sharing. The A-CDM concept is divided in the following elements:

Airport CDM Information Sharing – defines the sharing of accurate and timely information between the

Airport CDM Partners in order to achieve common situational awareness and to improve traffic predictability. It is the core A-CDM Element and the foundation for the other Airport CDM Elements.

CDM Turn-round Process – Milestones Approach – this describes the progress of a flight from the initial planning to the take off from a CDM-A by defining Milestones to enable close monitoring of significant events for each flight. The CDM Turn-round Process combined with the A-CDM Information Sharing Element is the foundation for the other A-CDM elements.

Variable Taxi Time Calculation – this consists of calculating and distributing to the Airport CDM Partners accurate estimates of taxi-in and taxi-out times to improve the estimates of in-block and take off times. The aim is to improve the traffic predictability.

Target Time – target time relates to the time of an airport milestone and serves as a “contract” between partners who are thus committed to achieving the milestone at this time. The time is derived only through a collaborative process and is used for milestone monitoring.

Collaborative Management of Flight Updates – this consists of exchanging Flight Update Messages (FUM) and Departure Planning Information (DPI) messages between the Network Manager and a CDM-A to provide estimates for arriving flights to CDM Airports and improve the ATFM slot management process for departing flights. The aim is to improve the coordination between Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM) and airport operations at a CDM-A.

Collaborative Pre-departure Sequence – is the order that aircraft are planned to depart from their stands (push off blocks) taking into account partners’ preferences (note: It should not be confused with the pre-take off order where ATC organize aircraft at the holding point of a runway). The aim is to enhance flexibility, increase punctuality and improve slot-adherence, allowing the airport partners to express their preferences.

CDM in Adverse Conditions – this consists of a collaborative management of the capacity of a CDM-A during periods of a predicted or unpredicted reduction of capacity. The aim is to achieve a common situational awareness among the Airport CDM Partners, including better information for the passengers, in anticipation of a disruption and expeditious recovery after the disruption.

Advanced CDM – as yet undefined, this will enhance and extend common situational awareness and increase collaboration between airport partners by utilizing advanced technologies and linking with advanced tools, i.e. [A-SMGCS](#), [AMAN](#) / DMAN.[2]

A-CDM Benefits

Implementation of A-CDM allows each A-CDM Partner to optimise their decisions in collaboration with other A-CDM Partners, knowing their preferences and constraints and the actual and predicted situation. The decision making by the A-CDM Partners is facilitated by the sharing of accurate and timely information and by adapted procedures, mechanisms and tools. [3]

A-CDM Partners

The main A-CDM Partners are:

- The Airport Operator
- Aircraft Operators
- Ground Handlers
- De-icing companies
- The Air Navigation Service Provider (ATC)
- The Network Manager
- Support services (Police, Customs and Immigration etc)

General Airport CDM Implementation Process

In short, to start the Airport CDM project, the following steps are taken:

- Get all partners on board
- Set the Objectives
- Set the Organisation
- Write the Plan
- Start Implementing

In Figure 1 the general process for airports deciding on Airport CDM implementation is presented. It shows the airport decisions in blue boxes, external consultation in yellow boxes, Network Operations decisions in green boxes and arrows linking the boxes as they all form a process to be completed, starting from interest expressed for Airport CDM to CDM Airport status.

In Figure 1 it becomes clear that there are four phases from the moment it is decided Airport CDM may be of interest for their airport until full implementation.[2]

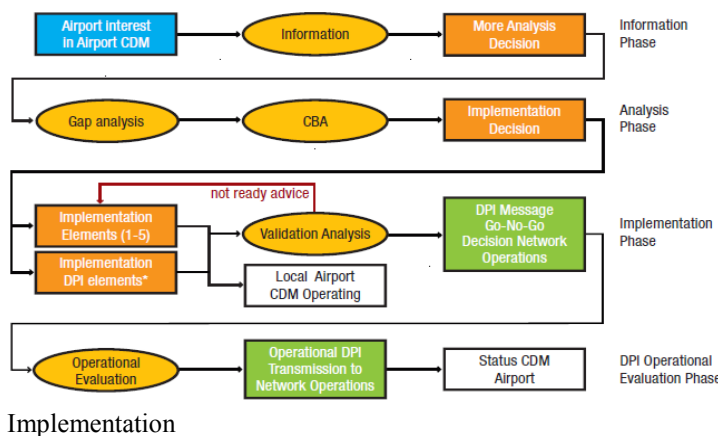


Figure 1: General process for Airport CDM

III. CONCLUSIONS

Full implementation of the Airport Collaborative Decision Making will give opportunity to the ATM system, handling companies, aircraft and airport operators increase capacity and also efficiency of the whole airport system, in all stages of passengers and aircraft servicing through the more accurate, timely sharing of information about airport operations. This concept allows airport operators to set more accurate time borders for each aircraft, under operating, due to more predictable traffic and situation awareness. Eventually A-CDM provides benefits not only for airport operation but also for all airspace usage in a region by dint of reducing possibility of delays in departure and arrival operations which makes it possible to serve more aircrafts in a whole airspace for the same period of time.

REFERENCES

- [1] Airport CDM Operational Concept Document, Edition 3.0, September 2014, EUROCONTROL.
- [2] Airport CDM Manual, Edition 5.0, March 2017, EUROCONTROL.
- [3] A-CDM Recommendations Version 1.0 Aug 2017, IATA.

Runway Safety Program

CLARISSE IRADUKUNDA (Clara)

Scientific adviser – V.A.Lazorenko
 Department of Aeronautical Systems
 Institute of Air Navigation
 Air Traffic control
 National Aviation University
 Kiev, Ukraine
 E-mail: iraduclaraa@gmail.com
 Cell#: +380 63 841 7337

Abstract

Runway safety is periodically evaluated National and Regional runway safety program. Analysis will focuses on the ICAO strategies and FAA plan for the safety of runway and all the stakeholders in outlined. The purpose is to improve and generate the possible ways that will enhance the runway safety by decreasing incursions, excursion and other related incidents.

Key Words: Runway safety, ATC, Incursion and Aviation Authority.

1. Introduction

The 2015-2017 National Runway Safety Plan (referred to herein as the 'Plan') directly supports the Administrator's Strategic Priorities including the initiatives to make aviation safer and smarter on the nation's airports by moving to risk-based decision making; enabling the safe and efficient integration of the Next Generation Air Transportation System; and demonstrating global leadership in improving air traffic safety and efficiency through data-driven solutions that shape international standards.

Broadly speaking, runway safety awaken the ICAO supervision and dividing it into three categories; Operational, Pilot and Vehicles deviations. The key safety issues is to differentiate runway safety approach and landing from runway safety conflict.

2. Runway Incursion

Runway Incursion is a significant aviation hazard. In 2001 ICAO took action to address the problem and 2007-Doc 9870 Manual on the prevention of runway incursions published. There is a fine line between anticipation and assumption. The difference is that anticipation is an active process whereas assumption is passive and can lead to down the road to complacency.

A runway incursion prevention programme should start with the establishment of runway safety teams at individual aerodromes. The primary role of a local runway safety team, which may be coordinated by a central authority, should be to develop an action plan for runway safety, advice management as appropriate on potential runway incursion issues and recommend strategies for hazard removal and mitigation of the residual risk. These strategies may be developed based on local occurrences or combined with information collected elsewhere (with the exception of those involving helicopters or pedestrians). (Fig. 1).

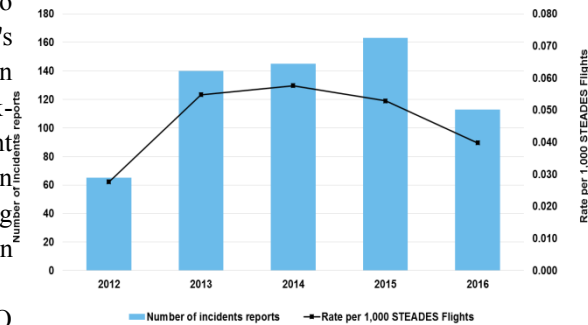


Fig.1 –Runwayincursions statistics by Eurocontrol

These scenarios definethe parties involved (e.g., two aircraft or an aircraftand a vehicle), the action of the parties at the point of the incursion (landing, taking off, crossed the holdshort line, etc.). Each scenario has a specific set of factors associated.

3.Runway excursion

Worldwide, runway excursions are the highest single occurrence category of all accidents for commercial & general aviation operations.

Data shows, we are being effective in preventing runway incursion accidents, but the number of incidents and severity stillindicates a very high risk. And data shows that runway excursions are the most common type of runway safety accident.

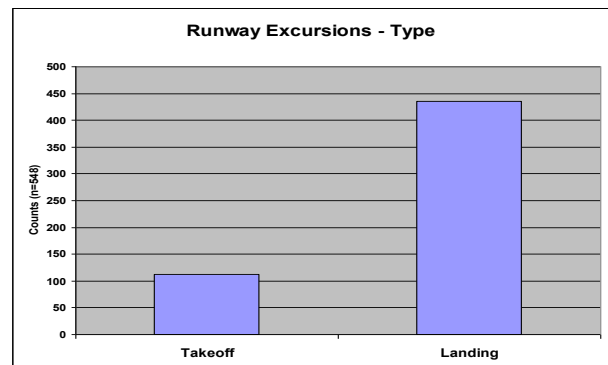


Fig.2 –Runway excursions statistics by Eurocontrol (96%)and the most common type of fatal runway safety accident (80%).

The likelihood of common accidents at airports are been counted by informing the airports to improve the safety of RSAs (Runway Safety Areas). Referring on the report made by ACRP (Report 50); it expands on the earlier report to incorporate several additional methodologies for improving RSAs. Four primary alternatives were mentioned to improve an RSA;

- Extend the RSA laterally and longitudinally;
- Modify or relocate the runway to expand the RSA;
- Reduce the declared distance available for sudden stops or take-offs; and
- Install an engineered material arresting system (EMAS).

The report analyses these alternatives, individually and in combination, to provide guidance to airport operators looking to improve the safety of their RSAs. Using some Mathematical model (data from the ACRP Report 50 [7] will be utilized.) it can be easily proven on how and what happen on the runway and the best strategies to prevent the incursions or excursion of course in accordance with the Civil Aviation Authorities in all the regions around the globe. The probability density function of the distribution is:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \beta e^{-\beta x}, & x \geq 0 \end{cases}$$

The ICAO standards can be considered satisfactory for the current situation, but in the scope of airport expansion it is desirable to consider larger safety areas than only those defined by regulations. It is always recommended to be ahead especial in the safety area since it is considered as one of the keys in aviation. Infrastructure expansion planning and land use and compatibility planning require defining areas in close proximity to the runway, which are exposed to an increased risk for accidents.

4. Conclusion

Runway safety should be the priority list of the aviation industry by Limiting the physical possibility to mistakenly enter runways and Implement a Safety Management System and undertake Annex 14 Provisions especially markings, lighting, signage for easy navigation. And there should be name of taxiways in accordance with Annex 14, all moving objects; Vehicle drivers, Aircrafts must contact ATC when uncertain of their position.

5. References

1. Sky library
https://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Incursion#Solutions
2. Midwest Flyer <http://midwestflyer.com/?p=10187>
3. Federal Aviation Administration, Runway SafetyReport, Washington, DC, August 2004.
4. Sheridan, T., “An Interpolation Method for Ratingthe Severity of Runway Incursions,” presented atthe

Symposium on Human Performance, Situation Awareness, and Automation, Daytona Beach, 23-25 March 2004.

5. Federal Aviation Administration, 7210.65C Par6-1-1, Washington, DC.
6. International Air Transport Association (IATA)www.iata.org
7. Statistical summary of commercial jet airplane accidents, Worldwide operations 1959 – 2012, Available at:
<http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>
8. Sustained Efforts to Address Leadership, Technology, and Other Challenges Needed to ReduceAccidents and Incidents by GAO-08-29
9. Mathematics modelling
<http://mathworld.wolfram.com/ProbabilityDensityFunction.html>

Дослідження розподіленої системи керування групою БПЛА на базі платформи ROS

студент кафедри АНС Бойченко Н.О.
студент кафедри АНС Білоножка А.В.
старший викладач кафедри АНС Благая Л.В.
Навчально-науковий інститут Аеронавігації НАУ
Київ, Україна
natasha.bojchenko@gmail.com
nastizon@mail.ru
b_ludmila@ukr.net

Анотація — описується розподілена система управління групою БПЛА в середовищі без доступу до глобальних навігаційних систем з локалізацією маркерів і побудовою карти маркерів в закритому приміщенні. Система заснована на моделі 4D/RCS і платформі ROS. Завдання картування вирішується за допомогою реалізації алгоритму EKF-SLAM.

Ключові слова — автономна навігація, безпілотний літальний апарат, розподілена система управління, платформа ROS, QR-код, локальна карта, маркер, локалізація.

За даними NASA тільки в США 150 фірм займаються розробкою та виготовленням БПЛА.

Сучасні безпілотні літальні апарати коштують сотні тисяч, а то і мільйони доларів. А зростання їх чисельності з кожним роком збільшується і зараз в світі спостерігається справжній бум БПЛА.

Система автоматичного керування БПЛА – це сукупність пристроїв, призначених для автоматичної зміни одного або декількох параметрів об'єкта керування з метою встановлення потрібного режиму його роботи.

Керування групою БПЛА – це організація руху групи БПЛА по заданій траєкторії, що забезпечує найбільш ефективне досягнення поставленої мети.

Вирішення проблеми керування БПЛА в середовищі без доступу до глобальних навігаційних систем є актуальною задачею для інженерних фахівців.

Однією із тенденцій розвитку систем керування БПЛА є підвищення автономності і розподілу.

Розглянута розподілена система керування та навігації, що функціонують в умовах відсутності сигналів навігаційних систем (GPS/ГЛОНАСС).

Реалізація представленої системи демонструється на прикладі задачі побудови карти, що вирішується групою БПЛА. N-квадрокоптерів (використовувались AR.Drone 2.0) функціонують в закритому приміщенні і керуються на відстані (по Wi-Fi) програмної системи управління з наземною станцією (ноутбука с ОС Linux). В приміщенні розміщені декілька маркерів-кубиків з нанесеними на сторони QR-кодами.

Кожний БПЛА виконує пошук маркерів, вираховує їх положення відносно їх стартової позиції (будує локальну карту), паралельно цьому локальні карти від різних БПЛА інтегруються в глобальну карту і уточнюються з плином часу

Представлена концептуальна структура архітектури систем керування, описує реалізовані алгоритми розпізнавання маркерів, де вираховуються координати маркерів і відбувається побудова карти. Також, розглядається реалізація системи керування на базі платформи ROS (Robotic Operation System).

Запропонована реалізація алгоритму побудови карти дана в якості ілюстрації вибраної архітектури і програмної реалізації в системі розподіленого керування і навігації БПЛА при відсутності доступу до глобальних систем позиціонування (GPS, ГЛОНАСС).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [4] Розподілена система управління коаліціями безпілотних літальних апаратів, що функціонують в умовах відсутності сигналів глобальних навігаційних систем/ К.С.Яковлев, В.В.Хітьков, А.В.Петьков, М.І.Логінов//Чотирнадцята національна конференція по штучному інтелекту з міжнародною участю ККІ-2014:Труди конференції. Казань: Вид-во РІЦ «Школа»,2014.-Т.3-С.350-358.
- [5] Інтелектуальне управління транспортними засобами: стандарти, проекти, реалізації, Г.С.Осіпов., І.А.Тіхоміров//Авіакосмічне приладоудування.-2009.-№6-С.34-43.
- [6] Bonasso, R.P., et al. Experiences with an Architecture for Intelligent, Reactive Agents. International Joint Conference on Artificial Intelligence.-1995.
- Gat, E. Integrating planning and reacting in a heterogenous asynchronous architecture for controlling realworld mobile robots. National Conference for Artificial Intelligence. - 1992

Застосування фільтрації Калмана в САК БПЛА

студент кафедри АНС Коробко В.В
студент кафедри АНС Городиський К.С.
старший викладач кафедри АНС Благая Л.В.
Навчально-науковий інститут Аеронавігації НАУ
Київ, Україна
yovka.korobko@gmail.com
vksergorod@ukr.net
b_ludmila@ukr.net

Анотація — проведено дослідження точностних характеристик алгоритму фільтрації на основі фільтру Калмана для безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова — безпілотний літальний апарат, алгоритм фільтрації, коваріаційна матриця, фільтр Калмана, псевдодальність, комплексування, фільтрація, компенсування.

Безпілотні літальні апарати почали широко застосовувати в сучасному світі. Існує багато операцій, які можуть виконувати БПЛА, як в автоматичному так і в дистанційному режимі.

Для БПЛА необхідна велика точність, яка досягається комплексуванням навігаційних систем.

Для вирішення завдань використовується інформація, яка стає доступною, після процесу вирішення стандартної навігаційно-часової задачі. Використання фільтрації знижує випадкові похибки при визначенні координат, що викликані наявністю похибки вимірювання псевдодальності.

Головною задачею підвищення точності є розробка та дослідження навігаційного фільтра, що покращує метрологічні характеристики комплексу.

Для вирішення поставленої задачі пропонується фільтр Калмана.

Фільтр Калмана вирішує навігаційну задачу з фільтрації псевдодальностей вимірювань НАП СРНС.

Найбільшого застосування комплексування набули 2 схеми:

-компенсації
-фільтрації

За рахунок фільтрації та компенсації зменшуються похибки вимірювань визначення просторових координат, що викликані наявністю похибки вимірювання псевдодальності.

Алгоритм калманівської фільтрації складається з 2-ох етапів:

-етапу прогнозування
-етапу коригування

Фільтр Калмана має 5 станів псевдодального режиму: три з яких є координатами БПЛА, а два інша – є поправки шкали часу.

Вирішення рівняння і служить основою для оцінки місця розташування БПЛА.

Фільтрація починається, коли на вихід фільтра поступає перше значення вектора стану, який отриманий після вирішення навігаційної задачі. Координати об'єкту та різниці шкал часу порівнюються в залежності з рівнянням екстраполяції. Потім визначається коваріаційна матриця похибок оцінки. Виконується розрахунок, а далі обчислюється коефіцієнт підсилення фільтра на наступний крок. Після цього фільтр працює в сталому режимі.

Фільтр Калмана використовується в широкому спектрі завдань від радарів до систем технічного зору, і є важливою частиною теорії управління системами.

При розробці фільтра визначаються початкові оцінки координат швидкості та прискорення об'єкта.

Головна перевага фільтра Калмана полягає в тому, що рішення визначає актуальність результатів. Можно реалізувати послідовні алгоритми фільтрації в реальному масштабі часу. Дисперсія помилки може бути використана для контролю точності процедури оцінювання.

Список використаних джерел

1. Шмельова Т.Ф. Багатокритеріальне оцінювання ефективності виконання авіаційних хімічних робіт літальними апаратами / Т.Ф. Шмельова, Д.І.Бондарев, В.В.Коробко // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми організації авіаційних перевезень і застосування авіації в галузях економіки» 24 листопада 2017 року, Київ. – НАУ
2. Петрушевський А. О. Використання комп'ютерної технології дизайну вітражів в проектуванні флорентійської мозаїки [Текст] / А. О. Петрушевський //Збірник наукових праць/ – Вип. 9. Теорія та практика дизайну. – К.: «Компрінт», 2016. – С. 184–190.
3. Гаврилов А.В. Использование фильтра Калмана для решения задач уточнения координат БПЛА// Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.;
4. Комп'ютерні технології у дизайні: методичні рекомендації до практичних занять для студентів магістерського рівня підготовки за спеціальністю 022 "Дизайн" / розроб. А.О. Петрушевський. – К.:НАКККІМ, 2016.- 32с.

Medium-Term Conflict Detection

Zaiets K.V.

Scientific adviser – V.A.Lazorenko
Department of Aeronautical Systems
Institute of Air Navigation
National Aviation University
Kiev, Ukraine
zaiets.katya1902@gmail.com

Abstract — in this work we consider system, the main aim of which is assisting the ATC-controller in detecting, on a planning base aircraft conflicts, airspace penetrations, and ground proximities. Also in this work you can see scheme of Typical MTDC Procedure, that show how it works.

Keywords — air traffic control, prediction theory, flight path separation conflicts, navigation, surveillance.

V. INTRODUCTION

Medium-Term Conflict Detection (MTCD) is a flight data processing system designed to warn the air traffic controller of potential conflict between flights in his area of responsibility in a time horizon extending up to 20 minutes ahead. MTCD is a planning tool that which also assist the controllers in identifying situations in which a problem may occur, providing the controller enough time to assess the severity of the situation, and, if necessary, to resolve the conflict in a deliberate fashion. The aim of MTCD is to balance more evenly the workload of tactical and planning tasks, enhancing sector team efficiency and providing an even safer and better service to airspace users. By maximizing the opportunity of pro-actively solving problems during sector planning, we reduce tactical workload.

VI. FORMULATION OF THE PROBLEM

One of the main task is to evaluate what is the position of an Air Traffic Controller in the aspect of conflict solving. Secondly, we do have to elaborate the list of tasks and working methods to use MTCD tools in order to define, analyse, monitor and resolve problems in a stripless environment. At last, we are aimed to identify areas of direct application of MTCD for time saving issues of Air Traffic Controller’s actions in order to estimate the potential impact on his workload.

VII. OPERATIONAL ASPECT OF MTCD

MTCD ground system functions:

- Trajectory prediction: responsible for creating, in the system, future trajectories for each aircraft.
- Conflict detection: responsible for identifying in the system potentially conflicting trajectories. Potentially conflicting trajectories are those trajectories for which the future position of 2 or more aircraft might fall below specified minima, given the uncertainty in the prediction;
- Trajectory update: responsible for updating in the system the predicted trajectories whenever this occurs – this functions is performed following an external input (i.e. human intervention) or due to a change in aircraft trajectory and/or automatic integration of detected aircraft position;
- Trajectory edition: responsible for allowing the human interaction with the predicted trajectory of one or more aircraft.

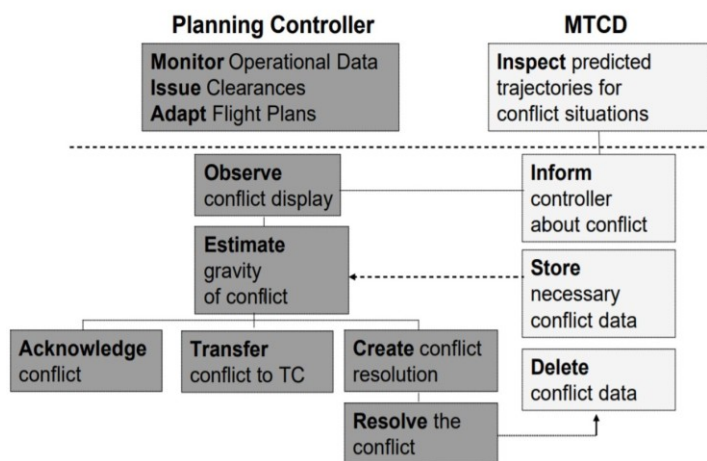


Table 1. Typical MTDC Procedure

Benefits of MTCD

- Provides better service to users –from direct routes to free routes optimum profiles even when busy;
- ‘Safety’ - at a planning level finds the conflict that might be missed;
- Early conflict detection with less uncertainty leading to optimum resolution;

- Re-balance sector team- improve efficiency in sector team;
- Improves air traffic awareness;
- Provides future decrease in workload.

VIII. OPERATIONAL ASPECT OF SHORT TERM CONFLICT ALERT

Short Term Conflict Alert (STCA) is one among many different alert systems preventing airplanes from colliding in the air. STCA communicates with air traffic controllers while there are other systems like TCAS that communicate directly with the pilots. STCA is a short-term alert system, there are other alert systems foreseeing dangerous situations in the longer term.

Within radar-controlled airspace STCA provides defense against either controller error or pilot error in adherence to clearance.

STCA's role is to warn if two planes come too close and a conflict is probable. It is important that there is enough time for the pilot to do an avoidance maneuver. It is also important that STCA does not cause nuisance alerts. The number of alerts should be kept to an absolute minimum without missing any vital alerts.

When the STCA foresees, in real-time, an abnormal proximity to occur within less than two minutes, it warns the controller with a visual warning on his radar information display terminal. The STCA is a last resort backup tool, not a control support tool. In other words, the controller is not supposed to wait for an STCA alert before detecting a conflict risk and starting the resolution procedure. The controller is alerted by the STCA when he has not detected the risk of a conflict early enough.

IX. CONCLUSIONS

MTCD is a complete set of tools that will assist the ATC controller in detecting, on a planning basis, aircraft conflicts. MTCD supports direct routing. It is a flexible tool, based on operational requirements of administrations in different countries. The experiences from the MTCD implementation show that this important functionality can be implemented with promptness and ease, and be well received by the ATC controllers.

X. REFERENCES

1. [www.skybrary.aero/index.php/Medium_Term_Conflict_Detection_\(MTCD\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Medium_Term_Conflict_Detection_(MTCD))
2. www.copybook.com/companies/si-atm/articles/experiences-from-the-implementation-of-a-conflict-detection-tool
3. ieeexplore.ieee.org/document/637319/?anchor=citations
4. cs.lr.tudelft.nl/atm/projects/trajectory-prediction-for-medium-term-conflict-detection/
5. www.researchgate.net/publication/3977848_European_medium-term_conflict_detection_field_trials_ATC

Багатокритеріальне оцінювання етапів польоту повітряного судна

Загородній А.А.

науковий керівник: Шмельова Т.Ф.

Навчально-науковий інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій, Національний авіаційний університет
Київ, Україна
a.zagorodniy96@ukr.net

Маляренко Ю.В.

науковий керівник: Шмельова Т.Ф.

Навчально-науковий інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій, Національний авіаційний університет
Київ, Україна
yulchik20809@ukr.net

Анотація — робота присвячена оцінюванню етапів польоту повітряного корабля в таких аспектах, як складність виконання кожного етапу, економічність та безпека. Було проведено опитування експертів і проведена порівняльна характеристика результатів.

Ключові слова — руління, зліт, політ на ешелоні, набір висоти, зниження, посадка, метод експертних оцінок, коефіцієнт Кендалла, матриця групових уподобань

XI. ВСТУП

Існує шість основних етапів польоту повітряного корабля: руління, зліт, набір висоти, політ на ешелоні, зниження, посадка. Кожен з них має свої особливості, але мета роботи була – в цілому розглянути кожен етап з міркувань складності їх виконання, безпеки для пасажирів і екіпажу та економічність в плані витрат палива. Значущість етапів польоту повітряного судна (ПС) визначається за допомогою методу експертної оцінки [1-3].

Метод експертної оцінки - це структурований спосіб комунікації, спочатку розроблений як системний, інтерактивний метод прогнозування, який спирається на групу експертів. Експерти відповідають на опитування за двома чи більше раундами. Після кожного туру експериментатор подає анонімне резюме про прогнози експертів з попереднього раунду, а також причини, які вони надали для їхнього рішення. Таким чином, експертам пропонується переглянути свою попередню відповідь з урахуванням відповідей інших членів своєї групи. Вважається, що під час цього процесу діапазон відповідей зменшуватиметься, а групи покривають "правильну" відповідь. Нарешті, процес зупиняється після визначеного критерію зупинки (наприклад, кількість раундів, досягнення консенсусу та стабільність результатів), а середні або середні бали фінальних турів визначають результати.

XII. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Складність кожного етапу відноситься до пілотів та виробників літаків та авіоніки. Адже підготовка пілота це дуже складний процес так, як і виробництво літака та систем, що забезпечують автоматичний політ. В даній роботі показано який з етапів є найскладнішим. Економічність кожного з етапів більше розрахована для авіакомпаній, завдяки цим розрахункам, які базуються на думках експертів, вони можуть розрахувати свої витрати при експлуатації того чи іншого літака. Безпека більше підійде для пасажирів і авіакомпаній. Необхідно провести багатокритеріальне оцінювання етапів польоту повітряного судна за критеріями: складність виконання польоту на кожному етапі, економічність виконання ПС польотів та безпека польотів.

XIII. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розглянемо алгоритми застосування методу експертних оцінок та визначення вагових коефіцієнтів для поставленої задачі [4].

Алгоритм №1

застосування методу експертних оцінок

0. Розроблення анкети для експертного опитування (приклад в Додатку А) і проведення експертного опитування

1. Будова матриці індивідуальних переваг $A_i=(a_{ij})$ ($i=1,n$)

2. Визначення системи індивідуальних переваг j -го експерта:

$$R_j = R_1 \succ R_2 \succ_3 \succ \dots, j=1,n$$

3. Будова матриці групових переваг:

$$A_{gr}=(a_{ij}) \quad (i=1,n, j=1,n)$$

4. Визначення системи групових переваг $R_{gp} = R_1 \succ R_2 \succ_3 \succ R_4 \succ R_5 \succ \dots$ за середнім значенням рангів параметрів групи:

$$R_{grj} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m}$$

5. Визначення міри узгодженості групи експертів

5.1 Дисперсія:

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^m (R_{grj} - R_i)^2}{m-1}$$

5.2 Середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_j = \sqrt{D_j}$$

5.3 Коефіцієнт варіації:

$$v_j = \frac{\sigma_j}{R_{grj}} \bullet 100\%$$

Якщо $v < 33\%$ - думки експертів узгоджені, якщо $v > 33\%$ - думки експертів неузгоджені, необхідно повторити експертне опитування або скористатися коефіцієнтом конкордації Кендалла для визначення узгодженості думок експертів за усіма параметрами (процедурам):

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}$$

де t_j - число однакових рангів в j -м рядку, що виставив j -й експерт:

$$T_j = \sum (t_i^3 - t_i),$$

дисперсія (загальна):

$$S = \sum_{i=1}^m (\sum R_{ij} - \bar{R})^2$$

середня сума рангів за кожним параметром:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m R_{ij}$$

Якщо $W = 0,6..0,7$ - узгодженість думок експертів - висока, якщо $W < 0,6$ - необхідно повторити експертне опитування.

6. Визначення статистичної значущості коефіцієнту конкордації W за критерієм χ^2

$$\chi_{\phi}^2 = \frac{S}{\frac{1}{2} m(n+1) - \frac{1}{12(n-1)} \sum_{j=1}^m R} > \chi_i^2$$

7. Знаходження коефіцієнта рангової кореляції Спірмена для визначення узгодженості j -го експерта та групи експертів:

$$r_{s_1} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

Ранги		Параметри, що оцінюються			
		r_1	r_2	r_3	r_4
Ргр-ранги групи	x_i				
R_i -ранги i -го експерта	y_i				

8. Статистична значущість коефіцієнта рангової кореляції Спірмена за критерієм Стюдента

$$t_{\phi} = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}} > t_{st}$$

9. Отримання моделі значущості досліджуваних параметрів за узгодженою системою групових переваг експертів:

$$R_{cp} = R_1 \succ R_2 \succ_3 \succ R_4 \succ R_5 \succ \dots$$

10. Кінець задачі

Алгоритм №2

чинників найбільш суттєвий. В цьому випадку отримують *рангову шкалу* – шкала, яка містить елементи, що розташовані за порядком значущості.

При ранжуванні експерт повинен розташувати об'єкти (параметри) в порядку, який представляється йому найбільш раціональним, і приписати кожному з них числа натурального ряду - ранги. При цьому *ранг 1* отримує найбільш прийнятна альтернатива, а *ранг N* - найменш переважна. Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів N числу об'єктів n , що ранжуються.

визначення вагових коефіцієнтів

1. Визначення системи групових переваг експертів $R_{cp} = R_i \succ R_{i+j} \dots$ за алгоритмом №1
2. Визначення вагових коефіцієнтів:

$$\omega_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_j}$$

де, $C_i = 1 - \frac{R_{ij} - 1}{n}$ - оцінка, що отримана за

припущенням гіпотези про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю параметру;

R_{ij} - ранг i -го параметру j -го експерту ($R_{i,гр}$ – ранги групи експертів).

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1,$$

3. Графічна інтерпретація вагових коефіцієнтів
4. Кінець задачі

Після проведення опитування групи експертів здійснюється обробка результатів. Початковою інформацією для обробки є числові дані, що виражають переваги експертів, і змістовне обґрунтування цих переваг. Метою обробки є отримання узагальнених даних і нової інформації, що міститься в прихованій формі в експертних оцінках. На основі результатів обробки формується вирішення проблеми. Наявність, як числових даних, так і змістовних висловлювань експертів призводить до необхідності застосування якісних і кількісних методів обробки результатів групового експертного оцінювання. Питома вага цих методів істотно залежить від класу проблем, що вирішуються експертним оцінюванням.

Залежно від цілей експертного оцінювання і вибраного методу виміру при обробці результатів опитування виникають наступні основні завдання:

- 1) побудова узагальної оцінки об'єктів на основі індивідуальних оцінок експертів;
- 2) побудова узагальної оцінки на основі парного порівняння об'єктів кожним експертом;
- 3) визначення відносних важливостей об'єктів;
- 4) визначення узгодженості думок експертів;
- 5) визначення залежностей між ранжуваннями;
- 6) оцінка надійності результатів обробки.

При рішенні багатьох практичних завдань часто виявляється, що чинники, що визначають кінцеві результати, не піддаються безпосередньому виміру. Розташування цих чинників в порядку зростання (чи зменшення) значущості називається *ранжуванням*. Ранжування дозволяє вибрати з досліджуваної сукупності

Коефіцієнт Кендалла використовується для визначення координації між експертами та їх оцінками. Загальний висновок робиться при розрахунку вагових коефіцієнтів.

В таблиці 1 наведені результати проведених розрахунків щодо багатокритеріального оцінювання етапів польоту повітряного судна за критеріями: складність виконання польоту на кожному етапі, економічність виконання ПС польотів та безпека польотів.

Графічна інтерпретація розрахунків вагових коефіцієнтів наведено на рисунку 1.

Агрегування критеріїв визначається як адитивне мультиплікативне оцінювання етапів польоту ПС. Етапи

горизонтальний політ і зниження мають найбільші показники ефективності за представленими критеріями (табл.1).

	Руління	Зліт	Набір висоти	Політ на мар.	Зниження	Посадка
Безпека	0,28571429	0,104762	0,1333333333	0,219047619	0,2	0,057143
Економічність	0,20952381	0,057143	0,104761905	0,266666667	0,209524	0,152381
Складність	0,05714286	0,228571	0,171428571	0,095238095	0,180952	0,266667
Висновок	0,55238095	0,390476	0,40952381	0,580952381	0,590476	0,47619

Табл. 1. Вагові коефіцієнти кожного етапу польоту

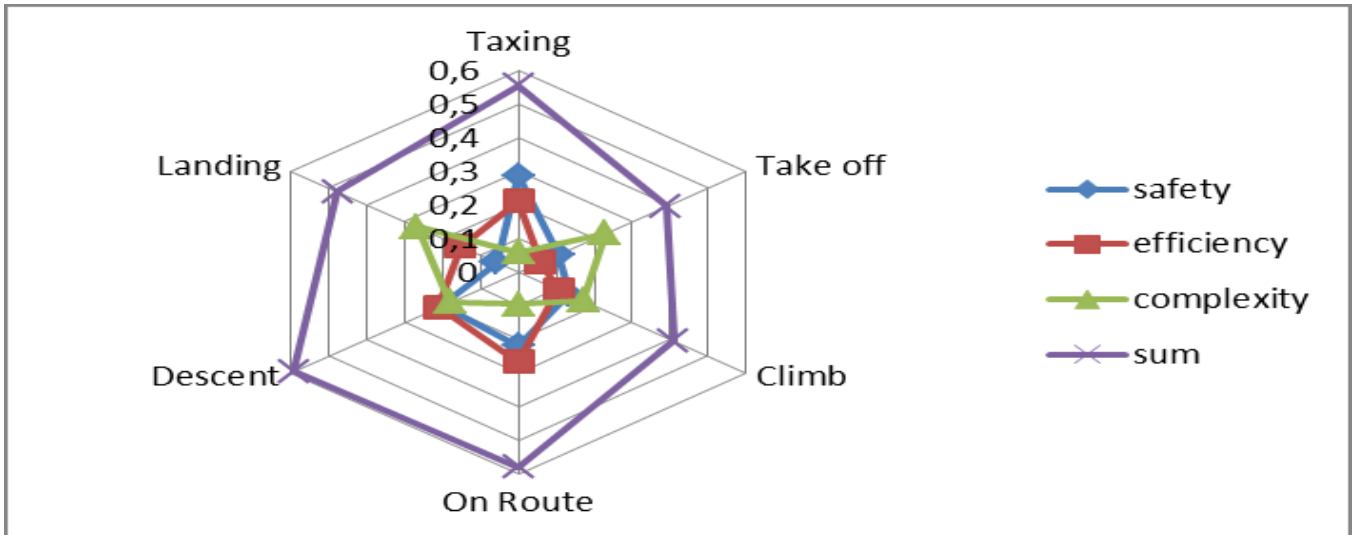


Рис. 1. Вагові коефіцієнти та загальна оцінка кожного

Список використаних джерел:

- [1] Харченко В. П. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія / В. П. Харченко, Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда. – К. : НАУ, 2016. – 308 с.
- [2] Strategic Imperatives and Core Competencies in the Era of Robotics and Artificial Intelligence Chapter 9. Decision-Making Models of the Human-Operator as an Element of the Socio-Technical Systems / Nina Rizun, Tatyana Shmelova. - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. – November, 2016. – P. 167-204
- [3] Методические указания для практических занятий по дисциплине «Теория управления» по темам: Принятие решений путем выявления предпочтений ЧО АЭС, Многокритериальные задачи, Эвристические методы принятия решений / Сост.: Шмелева Т.Ф. Джума Л.В. Сагановська Л.А, 2008. -Кіровоград: ДЛАУ, 2008. -39 с.

