

# Abstracts of Dissertations

Institute of Information and  
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF  
SCIENCES



2 / 2023



INTELLIGENT METHODS  
FOR ANALYSING  
BANKING  
PROCESSES

*Slaviiana Danailova-Veleva*

ИНТЕЛИГЕНТНИ  
МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ  
НА ПРОЦЕСИТЕ В  
БАНКОВОТО ДЕЛО

*Славияна Данаилова-Велева*

# Автореферати на дисертации

Институт по информационни и  
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

#### Редактори

*Геннадий Агре*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Райна Георгиева*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Даниела Борисова*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите*

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

#### Editors

*Gennady Agre*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Rayna Georgieva*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Daniela Borissova*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.*



**BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES**

## **Abstract of PhD Thesis**

# **INTELLIGENT METHODS FOR ANALYSING BANKING PROCESSES**

***Slaviiana Stoilova Danailova-Veleva***

**Supervisor: Corr.-Member Lyubka Doukovska**

**Approved by Supervising Committee:**

Acad. Krassimir Atanassov  
Acad. Vassil Sgurev  
Prof. Maria Hristova  
Prof. Vladimir Monov  
Assoc. Prof. Irina Radeva



**INSTITUTE OF INFORMATION AND  
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

**Department of Intelligent Systems**

## INTRODUCTION

The concept of “Artificial Intelligence”(AI) arises in the middle of the last century. Founder of the theory of AI is mathematician Alan Turing. During the 1950, he created the well-known test- Imitation game. By means of this test it is identify the intelligence of the machine. Until the 1955, there was no single term to cover neural networks and natural language. For the creator of the term of the AI it is considered John Makkarty from college of Dortmund, USA. At the conference held in 1956 under his leadership, AI its development and potential areas for research were discussed.

In subsequent years, the trend in AI development has not been consistently upward. In 70 years stagnation occurs in his development. It is a consequence of unjustified expectations and interrupted research funding. Then the AI theme returns in the form of “expert system”. These programs answered questions and solve problems in different fields. In the late 80’s and early 90’s it experienced a new stagnation. Research funding has almost sopped again. In the following years, a number of events occur that show the importance of AI and change the trend in its development.

In banking, artificial intelligence plays an important role. It is used for customer service, fraud protection and last but not least for data analysis, investment decisions and risk management. In this way, managing credit institutions try to find the best solution and extract higher profits.

More and more banks are using chatbots and digital bankers. The clients of the bank using their services receive the needed analysis and decision for investment.

Data sharing creates prerequisites for the development of business models, based and analyzing datasets and thereby stimulating the development of the digital economy.

In practice, various terms are used for Artificial Intelligence. Among them are ‘smart’, ‘intelligent’, ‘predictive’ and ‘cognitive’. AI software has a wide variety of applications in a number of fields.

Nowadays, it is also used to analyze data and make decisions as a result of processing large databases that are complex and difficult for humans. Thus, it is part of management process, for example in the field of finance. Through artificial intelligence, data is processed, processes are analyzed, risk is assessed and intelligent solutions are proposed.

The results of the McKinsey Institute's latest global study on AI show that its use continues to grow and that the benefits remain significant, especially in the years of the COVID-19 pandemic. As business use of AI becomes more widespread, the tools and best practices for getting the most out of it also become more sophisticated.

McKinsey Institute researchers looked at the practices of companies seeing the greatest increase in profits from the use of artificial intelligence and found that they not only followed more of both basic and advance practices, including machine learning operations, which are in the foundation of success, but also spend more effectively on AI and cloud technologies. In addition, they are more likely than other organizations to engage in a range of activities to mitigate AI risk- an area that continues to be a shortcoming for many companies' AI efforts. Survey respondents claim that 27% of their earnings before interest and taxes(EBIT) is attributable to AI, increasing by 22% in one year.

Along with the development and increasingly widespread use of artificial intelligence, there is also talk about the potential risk of its use. At the European level, the European Commission has published a number of documents and strategies regarding AI.

The commission also published an official definition of AI in 2018. " Artificial Intelligence" refers to systems that display intelligent behavior by analyzing their environment and with a certain degree of autonomy, take actions to achieve specific goals. In practice , we use AI on a daily basis, for example to block someone from accessing our email box or to chat with digital assistants.

Increased computing power, availability of data, and advances in algorithms have made AI one of the most important technologies of the 21<sup>st</sup> century.

In 2020 EC published the so-called “White Paper on artificial intelligence – a European approach to excellence and trust”. Recognizing the great importance of artificial intelligence for the development of various areas of our lives, the Commission expresses concern regarding some potential risks such as non-transparent decision making, based on gender or other types of discrimination, interference with our private lives.

In their activities, banks use internal model to calculate the minimum capital requirements for credit risk, for market risk and for operational risk. These are statistical models which bank can use to determine how much capital they need.

The more risks a bank takes the more capital it has to maintain. EU banks rules require them to maintain sufficient capital to cover unexpected losses caused by the risks in their portfolios. This is the capital adequacy requirement. When measuring these risks to determine whether it meets the capital adequacy requirement, the bank may use either:

- Standardized approach defined by regulatory authorities or
- Own internal models that must meet specific conditions – also determined by regulatory authorities.

The use of such models is subject to approval by the central bank or the ECB. After an in-depth assessment of the internal models of the credit institution, models for assessing risks and merging minimum capital requirements can be developed.

Typical activities with current monitoring of the models include:

- An assessment of the extent to which the institution complies with the supervisory measures laid down by ECB decision as well as whether it complies with the implementation plans and any other supervision and measures imposed on it relating to the model;

- Analysis of the validation results of the bank's internal credit risk and operational risk models, as well as the results of back tests and dynamic series for internal models for market risk;
- Assessment of the result of the EBA's annual benchmarking of internal models for market risk and credit risk;
- Evaluation of non-material changes and excavation of the scope of models.

In addition to internal models for regulatory purposes, bank also use other sophisticated methods to evaluate their activities, to assess their effectiveness and customer satisfaction.

Financial statement of credit institutions are also subject to analysis by external users. Their purpose may be related to future interaction, for the purpose of investment, or for the purpose of proving some thesis or evaluating a developed model or analysis.

In the current dissertation, financial reports and data of credit institutions from the European Union are analyzed by using the well-known of specialist the InterCriteria Analysis.

Current dissertation aims to develop, with the support of modern tools and intelligent systems, highly efficient intelligent methods to analyzed the processes in banking. To achieve this goal, the following tasks are formulated:

1. To carry out a critical analysis of the possibility of applying multi-criteria decision-making approach – Inter Criteria Analysis in the analysis of the processes in the banking;
2. To apply intelligent techniques for analyzing the mechanism of work of financial institution in the EU, according to which the banking system functions;
3. To conduct an analysis of the activities of the participants in the financial system in EU member countries;

4. To conduct an analysis of the financial indicators of member countries of EU;
5. To carry out a comparative analysis of the financial indicators of banks in EU member states;
6. To propose intelligent techniques for the analysis of knowledge bases and their application in practice.

The achieved results of the analogue of the conducted research are presented in a refereed scientific publication from the series Lecture Notes in Networks and Systems at Springer. International Publishing and in the proceedings of several international conferences, such as 10-th International Conference on Intelligent System IS 20, International Symposium on Bioinformatics and Biomedicine, BioInfoMed 20, International Conference Automatics and Informatics-ICAI21, 11-th International Conference on Intelligent System-IS22 and International Workshop on Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets-IWIFSGN22.

The dissertation is structured in an introduction, three chapters and a conclusion, and is accompanied by a declaration of originality, of the obtained results and a bibliography.

Original results related to research in the field of intelligent system have been achieved, using analytical and experimental models.

**The PhD thesis was developed with the support of project No. KII-06-H22/1. “Theoretical studies and applications of the InterCriteria Analysis” and within the framework of No. D01-65/19.03.2021, National Scientific Program Intelligently Grown Government.**



# CHAPTER 1

## AN OVERVIEW OF THE INTELLIGENT METHODS FOR AN ANALYSIS OF COMPLEX PROCESSES

Artificial intelligence emerged as a scientific field in the first decade after the World War II. The term “Artificial Intelligence” itself appeared later. At the historic summer seminar in Dartmouth (USA) in 1956, organized by John McCarthy (author of the LISP programming language), the term was adopted for the first. Among those present at the seminar were nine other presenters specialists in the field, including Marvin Minsky (who made huge contributions to neural networks, frame structures and knowledge representation theory), Claude Shannon (author of information theory), Allen Newell and Herbert Simon (creators of the first computer program capable of proving theorems, called Logic –Theoretic), Arthur Samuel (wrote the first self-learning machine programs).

### 1.1. Computational intelligence

In the last two decades there appeared gradually a new scientific field, which was termed “Computational intelligence”, one of the most popular definitions of computational intelligence in the respective academia is of the following type:

“Computational intelligence is a methodology, including calculations, showing possibilities for training and/or for coping with a new situation, so that the system is comprehended as having one or more attributes of judgements, such as summary, opening, association and abstraction“.

## 1.2. Basic approaches in computational intelligence

The scientific approaches, using in computational intelligence are equally accessible for AI, but the directions and goals in their development are different. Most of them have their roots in classical AI, but some are independent scientific disciplines.

The basic approaches in computational intelligence are as follow:

1. Fuzzy systems;
2. Artificial neural networks;
3. Support Vector Machines;
4. The evolutionary calculus;
5. Swarm Intelligence;
6. Intelligent agents

## 1.3. Intelligent systems

“**Intelligent systems**” is a term, having a wide scope and not accepted in a straightforward fashion. The magazine “Intelligent Systems” of the biggest professional organisation globally - Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE is focused mainly on informatics, while in the numerous international scientific forums devoted to the intelligent systems, there is much wider understanding in the direction of interdisciplinary and multidisciplinary approach. There is special emphasis on the term “intelligent”, whose content corresponds to a great extent, in terms of sense and scope, to the terms and techniques, considered above.

## 1.4. Intuitionistic Fuzzy Sets

Lotfi Aliasker Zadeh defined the theory of the Fuzzy Sets (FS) in 1965 as a mathematical apparatus for an adequate description of the inaccuracy and uncertainty in nature. A proof of the increasing interest in these were the developments, defined subsequently: L-FS (L-Fuzzy Sets) of Goguen, FS with interval values (Interval Valued

Fuzzy Sets) of Gorzalczany, rough sets of Pawlak and intuitionistic fuzzy sets (IFS) of Kr. Atanassov.

### 1.4.1. Definition of IFS

A represents an intuitionistic fuzzy set (IFS), the description of which has the following form:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle / x \in E \},$$

where  $E$  is a fixed set, function  $\mu_A : E \rightarrow [0,1]$  sets the corresponding degree belonging to the function  $\nu_A : E \rightarrow [0,1]$  - the corresponding of membership of the element  $x \in E$  multitude  $A \subseteq E$  and for every  $x \in E$  it is fulfilled:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1.$$

Function  $\pi_A$  is described by a mathematical expression:

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x),$$

Which sets the degree of uncertainty of the element's belonging  $x \in E$  to a multitude  $A$ . Obviously FS is a private case of IFS when  $\pi_A(x) = 0$  for every  $x \in E$ .

### 1.4.2. Operations and relations for IFS

The operations and relations defined for IS are a generalization of the operations and relation for fuzzy sets.

### 1.4.4. Operators over IFS

In the theory of IFS, the operators "necessary" ( $\square$ ) and "possible" ( $\square$ ), are defined, which convert IFS into FS.

## 1.5. Indexed matrices

In practice, so-called multi-criteria decision-making tasks are rise. Heterogeneous and diverse can be both the criteria and the available data obtained by measuring or

foaming the objects against the criteria. Some times measuring or evaluating some of the criteria can be slow, expensive, resource intensive etc. In such cases, for decision maker it would be of significant benefit to be able to ignore all or part of these unfavorable criteria in future decision-making without significant loss of accuracy.

### 1.6. Method of InterCriteria Analysis

The method of InterCriteria Analysis was introduced in. It is based on two mathematical formalisms – the apparatus of the index matrices for the processing of data batches with various sizes, and intuitionistic fuzzy sets as a mathematical instrument for the treatment of uncertainty.

Let  $M$  be an index matrix, built up in the following way:

$$M = \begin{array}{c|cccccc} & O_1 & \dots & O_k & \dots & O_l & \dots & O_n \\ \hline C_1 & a_{C_1, O_1} & \dots & a_{C_1, O_k} & \dots & a_{C_1, O_l} & \dots & a_{C_1, O_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_i & a_{C_i, O_1} & \dots & a_{C_i, O_k} & \dots & a_{C_i, O_l} & \dots & a_{C_i, O_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_j & a_{C_j, O_1} & \dots & a_{C_j, O_k} & \dots & a_{C_j, O_l} & \dots & a_{C_j, O_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_m & a_{C_m, O_1} & \dots & a_{C_m, O_k} & \dots & a_{C_m, O_l} & \dots & a_{C_m, O_n} \end{array} \quad (12)$$

where for each  $p, q$  ( $1 \leq p \leq m, 1 \leq q \leq n$ ):  $C_p$  is criterion;  $O_q$  is object;  $a_{C_p, O_q}$  is the evaluation of the  $q$ -th object against the  $p$ -th criterion.

In detail, according to the table presented below the relations between the criteria are termed “strong positive consonance”, “positive consonance”, “weak positive consonance”, “weak dissonance”, “dissonance”, “strong dissonance”, “weak negative consonance”, “negative consonance” or “strongly negative consonance”.

Table 1.1. Relation between the criteria

<i>Degree of relation</i>	<i>Type of consonance</i>
[0; 0,05]	Strongly negative consonance (SNC)
[0,05; 0,15)	Negative consonance (NC)
[0,15; 0,25)	Weak negative consonance (WNC)
[0,25; 0,33)	Weak dissonance (WD)
[0,33; 0,43)	Dissonance (D)
[0,43; 0,57)	Strong dissonance (SD)
[0,57; 0,67)	Dissonance (D)
[0,67; 0,75)	Weak dissonance (WD)
[0,75; 0,85)	Weak positive consonance (WPC)
[0,85; 0,95)	Positive consonance (PC)
[0,95; 1]	Strongly positive consonance (SPC)

## CHAPTER 2

### ANALISING OF PROCESSES IN BANKING

The search and development of new, intelligent methods for analyzing banking processes is an actual scientific problem. Its relevance is determined by the changed economic environment, by the need for rapid development and digitization of banking services and above all, by accurate analyzes of the processes in credit institutions, the risk to which they are exposed and the interpretation of data and evaluation of their management.

#### **2.1. Emergence of banks**

Banks originated in ancient times, in the first city-state. One of the first banking system was in Babylon, which arose about 2000 years ago. Ancient Babylon temples accumulated money from donations and began to provide loans to entrepreneurs.

The historical development of banks goes through different stages depending on the development of countries and their economies. Banks have always been helpful to the population and provided the requested services. By attracting a resource, they make it available to those seeking funding.

#### **2.2. History of banking in Bulgaria**

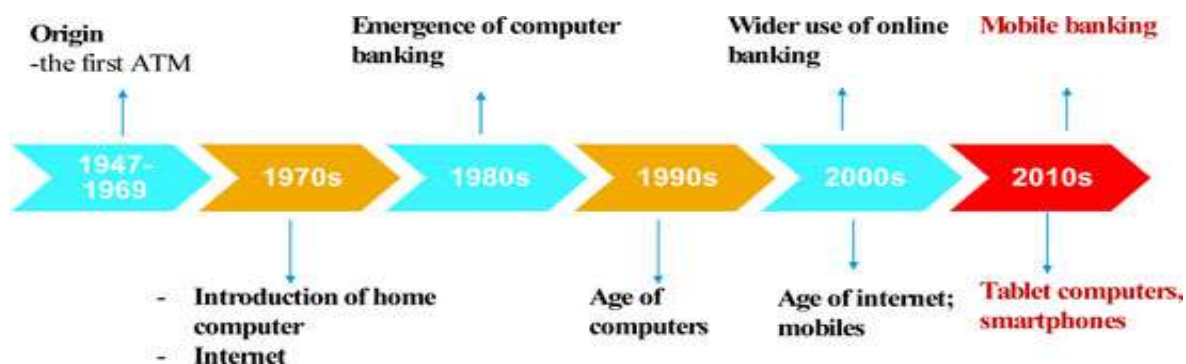
The establishment of banks and the development of banking in Bulgaria is conditioned by its historical development. Before the Liberation of Bulgaria, there were no Bulgarian banks. Before that, our country was part of Turkish Empire for a long time. Established in 1857 Ottoman Bank had offices in Bulgaria, but cannot be considered as the first Bulgarian bank.

In 1859, an attempt was made in Bulgaria to create banks, in the form of mutual funds. After the Liberation, they functioned as agrarian funds, supporting rural farmers

and thus marked the beginning of banking in Bulgaria. The first Bulgarian bank was the Bulgarian National Bank (BNB) established in 1879. Initially, it did not have the right to mint coins, print and put money into circulation. Later, with a change in its charter in 1885, it already has this right and issues the first Bulgarian banknotes. BNB plays an important role in the economic life of the country. It has been the central bank of Bulgaria since 2007 after the acceptance of Bulgaria as a part of the European Union BNB becomes part of the system of European Central Banks (ECB).

### 2.3. New technologies and the development of banking in the world

On Fig 2.1 the most important points in the field of finance are presented.



*Fig 2.1. The history of digital technology*

Electronic banking began with the advent of ATMs and cards issued in the 1960s. Through them users can receive cash, make deposits, pay utility bills and etc.

The most important event in the development of bank in the 20<sup>th</sup> century is the appearance of on-line banking which in its earliest form is from the 80s. The biggest boost in his early days is the appearance on the internet in the mid-90s.

## **2.4. Analysis of business financing processes in Europe**

Each country's economy is financed differently from different sources. Banks are the main source of financing for companies.

## **2.5. Analysis of bank regulation in Europe**

Bank and more specifically their activity is one of the most regulated in the world. In Europe, the countries that are part of the European Union, the activity of their banks is controlled by the supervisory institution of the given country and by the European Central Bank (ECB). This represents the so-called Single Supervisory Mechanism. The ECB is an independent institution of the European Council. Its role consists in the following establishment of a unified ongoing supervision of credit institution, monitoring and ensure the application and compliance, with uniform harmonized rules and taking when necessary corrective action. To achieve these goals, the ECB works in close cooperation with national supervisory authorities.

## **2.6. Requirements for accountability of banks in Europe**

As of 28.06.2021, the requirements for reporting by credit institutions are regulated in the Implementation Regulation 2021/451, which replaces the Implementation Regulation 680/2014. The Implementation Regulation 2021/451 establishes uniform reporting formats and templates guidelines and methodology for the use of these samples, frequency and dates of reporting, definitions and information technologies for reporting.

The periodicity and reports is also indicated in the regulations. Based on the reports received, on a quarterly basis the ECB publishes aggregated information on the monitored credit institutions. This represents the Supervisory Banking Statistics, Fig. 2.3.





*Fig. 2.3. Supervisory Banking Statistic*

The information in this report is presented entirely in tabular form. It is divided into six main areas – General Statistics, Balance Sheet Composition and Profitability, Capital Adequacy and Leverage, Asset Quality, Funding and Liquidity.

The total number of tables in the various reports varies from 59 to 62. The information in tables is generally divided by reporting period, by country and by classification. It is at the highest consolidated level. Some country for reasons of confidentiality do not give permissions for certain data to be published. Bulgaria, for example, participates with one significant bank whose data is not published in the Supervisory Banking Statistic.

Because of this reason in our research we chose and analyzed the information about banks in eight European country for which complete information is available. These are Germany, Spain, France, Italy, Luxembourg, Netherlands, Austria and Portugal. From

the tables in Supervisory Banking Statistic we chose to analyze data of Profit and losses by country, Key performance indicators by country and NPL's and advances by country.

Profit and loss figures by country for Q4 2020 is 13 and for Q4 2021 is 15. The differences are due to a changed, to more detailed reporting of gains and losses from financial assets and liabilities.

## **2.7. Analysis of competitiveness of the world's economies**

Other data that we analyzed are the data published in the year's competitiveness reports. The Global Competitiveness report of the World Economic Forum, Switzerland. These were the last years in which such a report has been published. For 2020 there is report, but it is not in the same format.

The Global Competitiveness report measures the competitiveness of countries and their economies. For the purpose of analysis, we settled on this reports. We used the data for 2018 and 2019.



*Fig. 2.4. The Global Competitiveness report*

In 2018, the World Economic Forum presents The Global Competitiveness index in its report. In the wake of globalization and the fourth industrial revolution, the forum's researches decided that a new economic compass was needed. Based on their 40 years of experience in analyzing competitiveness and accumulated data, they create this index, which they publish in The Global Competitiveness report. The information in the report is organized and divided into four main areas in which 12 Pillars are distributed and in each of them there are several indicators. These are Enabling Environment with Pillars – 1. Institutions; 2. Infrastructure; 3. Internet, computers and communications; 4. Macroeconomic stability. Human capital with Pillars – 5. Health and 6. Skills. Market with Pillars – 7. Product market, 8. Labor and 9. Financial system. 10 Market size. Innovative ecosystem with Pillars 11. Business dynamic and 12. Innovative ability.

## CHAPTER 3

### EXPERIMENTAL RESULTS OF THE APPLICATION OF INTELLIGENT METHODS FOR ANALYSING OF BANKING PROCESSES

This chapter of the dissertation presents the results of the analysis. The method-InterCriteria Analysis was used, which was originally developed to reflect the situations where some of the criteria have a higher cost than others, such as their evaluations are more difficult to obtain, more expensive and/or take longer.





#### **3.1. Analysis of the financial system of EU member states**

In publication[1] parameters of the parties are analyzed in detail using the multi-criteria making methods – InterCriteria Analysis. Data from 2019 Annual Report on the Competitiveness of Countries were used as the source data.

The analyzed data from the report measuring competitiveness are from Pillar 9 – Financial system with indicators – *1. Domestic credits to private sector as a % GDP; 2- Financing of small and medium –sized business; 3. Venture capital availability; 4. Market capitalization as a % of GDP; 5. Insurance premiums as volume of GDP; 6. Stability of the banks; 7. Non-performing loans as % of total loans; 8. Credit GAP in %; 9. Regulatory requirements for capital ratio as % of total risk –weighted assets.*

The aim is to show the relationship between these economic indicators by applying a multi-criteria methods for taking decisions – InterCriteria Analysis. Those selected by the authors of the report are the result of data processing of various institutions and a digital evaluation of a conducted survey.

A detailed description of the indicators and Pillar 9 on the report is provided in Chapter 2 of this dissertation.

<b>Bulgaria</b>					<b>51st/140</b>
Index Component	Value	Score *	Rank/140	Best Performer	
 <b>Pillar 7: Product market</b> 0-100 (best)	-	<b>56.7 ↑</b>	<b>62</b>	<b>Singapore</b>	
7.01 Distortive effect of taxes and subsidies on competition 1-7 (best)	3.3	38.1 ↑	107	Singapore	
7.02 Extent of market dominance 1-7 (best)	3.7	45.0 ↓	71	Switzerland	
7.03 Competition in services 1-7 (best)	5.2	69.5 ↑	50	Hong Kong SAR	
7.04 Prevalence of non-tariff barriers 1-7 (best)	4.2	53.6 ↓	89	Singapore	
7.05 Trade tariffs % duty	1.13	92.4 ↓	24	Hong Kong SAR	
7.06 Complexity of tariffs 1-7 (best)	3.0	33.7 ↓	112	Hong Kong SAR	
7.07 Efficiency of the clearance process 1-5 (best)	2.9	48.4 ↑	43	Germany	
7.08 Services trade openness 0-100 (worst)	15.5	84.5 =	17	Ecuador	
 <b>Pillar 8: Labour market</b> 0-100 (best)	-	<b>62.0 ↑</b>	<b>50</b>	<b>United States</b>	
8.01 Redundancy costs weeks of salary	8.6	90.4 =	18	Multiple (8)	
8.02 Hiring and firing practices 1-7 (best)	3.8	46.9 ↑	69	Hong Kong SAR	
8.03 Cooperation in Labour-employer relations 1-7 (best)	3.8	46.3 ↓	118	Switzerland	
8.04 Flexibility of wage determination 1-7 (best)	5.2	70.2 ↑	44	Hong Kong SAR	
8.05 Active Labour policies 1-7 (best)	3.4	40.6 ↑	65	Switzerland	
8.06 Workers' rights 0-100 (best)	79.4	79.4 ↑	39	Multiple (4)	
8.07 Ease of hiring foreign labour 1-7 (best)	3.8	46.4 ↓	100	Albania	
8.08 Internal Labour mobility 1-7 (best)	4.7	61.3 ↑	50	Guinea	
8.09 Reliance on professional management 1-7 (best)	3.5	42.1 ↓	112	Finland	
8.10 Pay and productivity 1-7 (best)	3.7	45.6 ↑	81	United States	
8.11 Female participation in Labour force ratio	0.88	84.5 ↓	36	Multiple (4)	
8.12 Labour tax rate %	20.2	83.1 =	93	Multiple (26)	
 <b>Pillar 9: Financial system</b> 0-100 (best)	-	<b>58.2 ↑</b>	<b>71</b>	<b>United States</b>	
9.01 Domestic credit to private sector % GDP	55.9	58.9 ↓	62	Multiple (29)	
9.02 Financing of SMEs 1-7 (best)	3.7	45.3 ↑	77	United States	
9.03 Venture capital availability 1-7 (best)	3.2	37.1 ↑	50	United States	
9.04 Market capitalization % GDP	14.4	14.4 =	86	Multiple (12)	
9.05 Insurance premium % GDP	2.1	34.4 =	57	Multiple (16)	
9.06 Soundness of banks 1-7 (best)	4.5	59.1 ↑	88	Finland	
9.07 Non-performing loans % loan portfolio value	13.2	74.4 ↑	114	Multiple (2)	
9.08 Credit gap percentage points	-17.0	100.0 =	9	Multiple (97)	
9.09 Banks' regulatory capital ratio ratio	20.4	100.0 =	22	Multiple (72)	
 <b>Pillar 10: Market size</b> 0-100 (best)	-	<b>54.6 ↑</b>	<b>64</b>	<b>China</b>	

*Fig. 3.1. Data for financial system in EU countries*

The obtained results of the analysis are shown in Table 3.1 and Table 3.2.

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.000	0.569	0.560	0.689	0.655	0.520	0.462	0.406	0.446
2	0.569	1.000	0.855	0.680	0.597	0.766	0.132	0.628	0.615
3	0.560	0.855	1.000	0.680	0.600	0.717	0.166	0.625	0.625
4	0.689	0.680	0.680	1.000	0.791	0.640	0.326	0.505	0.578
5	0.655	0.597	0.600	0.791	1.000	0.535	0.418	0.449	0.465
6	0.520	0.766	0.717	0.640	0.535	1.000	0.169	0.680	0.597
7	0.462	0.132	0.166	0.326	0.418	0.169	1.000	0.298	0.280
8	0.406	0.628	0.625	0.505	0.449	0.680	0.298	1.000	0.618
9	0.446	0.615	0.625	0.578	0.465	0.597	0.280	0.618	1.000

Table 3.1. Values of  $\mu$ 

$\nu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.000	0.391	0.388	0.308	0.338	0.449	0.532	0.591	0.548
2	0.391	0.000	0.065	0.277	0.357	0.169	0.822	0.329	0.338
3	0.388	0.065	0.000	0.265	0.342	0.200	0.782	0.320	0.317
4	0.308	0.277	0.265	0.000	0.206	0.326	0.665	0.489	0.412
5	0.338	0.357	0.342	0.206	0.000	0.428	0.569	0.542	0.523
6	0.449	0.169	0.200	0.326	0.428	0.000	0.794	0.286	0.372
7	0.532	0.822	0.782	0.665	0.569	0.794	0.000	0.692	0.708
8	0.591	0.329	0.320	0.489	0.542	0.286	0.692	0.000	0.372
9	0.548	0.338	0.317	0.412	0.523	0.372	0.708	0.372	0.000

Table 3.2. Values of  $\nu$ 

The results of the conducted inter-criteria analysis show the following: Indicators 1 ("Local credits as % of GDP (Gross Domestic Product)") and 6 ("Stability of banks") are in strong dissonance; Indicators 1 ("Local loans as % of GDP (Gross Domestic Product)") and 7 ("Non-performing loans as % of total loans") are in strong dissonance; Indicators 2

("Financing of small and medium-sized businesses") and 3 ("Capital requirement for start-up businesses") are in positive consonance; Indicators 2 ("Financing of small and medium-sized businesses") and 7 ("Non-performing loans as % of total loans") are in negative consonance; Indicators 3 ("Startup capital requirement") and 4 ("Market capitalization as % of GDP") are in slight dissonance; Indicators 3 ("Capital requirement for start-up business") and 7 ("Non-performing loans as % of total loans") are in weak negative consonance; Indicators 4 ("Market capitalization as % of GDP") and 8 ("Credit gap in %") are in strong dissonance; Indicators 5 ("Insurance premiums as a volume of GDP") and 6 ("Stability of banks") are in strong dissonance; Indicators 6 ("Stability of banks") and 8 ("Credit gap in %") are in slight dissonance; Indicators 8 ("Credit Gap in %") and 9 ("Regulatory Capital Ratio Requirement as %") are in dissonance.

The analysis shows a dependency between criterion 2 ("Financing of small and medium-sized businesses") and criterion 3 ("Start-up capital requirement"). The main reason for this is that the data is taken after a study that shows the ability of small or start-up businesses to find money to finance their activities, their innovative ideas. There is a weak dissonance between criterion 6 ("Stability of banks") and criterion 8 ("Credit gap in %"). The stability of the banks was assessed after a survey, i.e. it is a subjective assessment. The credit gap is considered an early indicator of an impending banking crisis. On the other hand, there is a weak correlation between criterion 6 ("Stability of the bank") and criterion 7 ("Non-performing loans as % of total loans"). This is due to the importance of these criteria. If a bank is in good shape, its level of non-performing loans is very low. The results obtained show that criterion 1 ("Domestic loans as % of GDP (Gross Domestic Product)"), criterion 7 ("Non-performing loans as % of total loans") and criterion 8 ("Credit gap in %") are in dissonance, both among themselves and with everyone else, i.e. they are independent criteria. Criterion 7 ("Non-performing loans as a % of total loans") has a numerical expression and is the result of the financial condition of the companies and their ability to service their obligations.

### 3.2. Analysis of the activities of the participants in the financial system of the EU member

In publication [3] of data from the 2019 Competitiveness Report of the World Economic Forum was expected to publish such a report on next year, but that didn't happen. Using the InterCriteria Analysis, the dependencies between the indicators analyzed by the 2019 report are again confirmed. The obtained results of the analysis are presented in the following tables.

The analyzed data from the report measuring the competitiveness of countries in the world for 2018 are from Pillar 9 – Financial system with indicators – 1. *Domestic credits to private sector as a % GDP*; 2- *Financing of small and medium –sized business*; 3. *Venture capital availability*; 4. *Market capitalization as a % of GDP*; 5. *Insurance premiums as volume of GDP*; 6. *Stability of the banks*; 7. *Non-performing loans as % of total loans*; 8. *Credit GAP in %*; 9. *Regulatory requirements for capital ratio as % of total risk –weighted assets*.

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0,5328	0,5584	0,7407	0,6952	0,51	0,4501	0,3903	0,4103
2	0,5328	1	0,8376	0,6667	0,6182	0,755	0,1481	0,5983	0,5698
3	0,5584	0,8376	1	0,6809	0,6382	0,7151	0,1823	0,5926	0,6011
4	0,7407	0,6667	0,6809	1	0,7806	0,6125	0,3618	0,4758	0,4986
5	0,6952	0,6182	0,6382	0,7806	1	0,5556	0,4217	0,453	0,433
6	0,51	0,755	0,7151	0,6125	0,5556	1	0,1795	0,6895	0,5812
7	0,4501	0,1481	0,1823	0,3618	0,4217	0,1795	1	0,2934	0,3333
8	0,3903	0,5983	0,5926	0,4758	0,453	0,6895	0,2934	1	0,6125
9	0,4103	0,5698	0,6011	0,4986	0,433	0,5812	0,3333	0,6125	1

Table 3.3. Values of  $\mu$



The analysis of the data shows the existence of a dependency between criterion 1 ("Domestic lending to the private sector by banks as a % of GDP") and criterion 4 ("Market capitalization as a % of GDP"). Both indicators show the development of the economy and this is the main reason for their connection. This analysis also shows a dependency between Criterion 3 (Start-up Capital Requirement) and Criterion 2 (SME Financing). It shows the ability of small or start-up businesses to find capital to finance their business. Analyzing the rest of the results, it can be said that there is another dependence between criterion 6 ("Stability of banks") and criterion 8 ("Credit gap in %"). In the analysis of the data, a weak dependence is noticed between criterion 6 ("Stability of the bank") and criterion 7 ("Non-performing loans as % of total loans"). Again, the explanation is that this is due to the importance of these criteria. If a bank is stable, its level of non-performing loans is very low or their amount is largely covered by assets.

v	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0,4131	0,4046	0,2564	0,2906	0,4644	0,5385	0,604	0,5812
2	0,4131	0	0,0769	0,2821	0,3191	0,1709	0,792	0,3476	0,3732
3	0,4046	0,0769	0	0,2849	0,3162	0,2279	0,7806	0,3704	0,359
4	0,2564	0,2821	0,2849	0	0,208	0,3647	0,6296	0,5214	0,4957
5	0,2906	0,3191	0,3162	0,208	0	0,416	0,5584	0,5328	0,5499
6	0,4644	0,1709	0,2279	0,3647	0,416	0	0,7892	0,2849	0,3903
7	0,5385	0,792	0,7806	0,6296	0,5584	0,7892	0	0,7009	0,6524
8	0,604	0,3476	0,3704	0,5214	0,5328	0,2849	0,7009	0	0,3789
9	0,5812	0,3732	0,359	0,4957	0,5499	0,3903	0,6524	0,3789	0

Table 3.4. Values of  $\nu$

The presented results also show a weak relationship between criterion 7 ("Non-performing loans as % of total credit") and criterion 8 ("Credit gap in %"). The main reason for this is that the credit gap is an early indicator for predicting a financial crisis. A high level of non-performing loans can be the cause of such a crisis. The conclusions drawn from the analysis of the data from the 2018 and 2019 competitiveness reports show that the strong and weak dependencies between the indicators are manifested in the same way. Through the method of InterCriteria Analysis, their influence is confirmed in an indisputable way, as a consequence of the economic importance of the indicators and the expected relationship between them.

### **3.3. Analysis of financial indicators of EU member state for 2020**

In a publication [4], data from the ECB report – Supervisory Banking Statistics for 2020 were analyzed using the already known InterCriteria Analysis. By means of which an array of data is analyzed, interrelationships that may be invisible at first glance are shown, scientifically substantiated points are confirmed.

The analysis was made for eight selected EU member countries – Germany, Spain, France, Italy, Luxembourg, Netherlands, Austria and Portugal, for 2020 with the following indicators:

Profit and loss figures by country:

1. Net interest income;
2. Net fee and commission income;
3. Net trading income;
4. Exchange differences, net;
5. Net other operating income;
6. Operating income;
7. Administrative expenses and depreciation;
8. Net income before impairment, provision and taxes;

9. Impairment and provisions;
10. Other;
11. Profit and loss before tax;
12. Tax expenses or income;
13. Net profit/loss.

On Fig. 3.3. it is shown the data that using from the Supervisory Banking Statistics -4Q 2020 for Profit and loss figures by country.

Key risk indicators by country

14. RoA.
15. RoE.
16. COR.
17. CIR.

On Fig 3.4. there is data for key risk indicators that have been used from Supervisory Banking Statistics 4Q2020.

Non-performing loans by country

18. Loans and advances.
19. Non-performing loans and advances.
20. NPL's ration in %.

The economic nature of the indicators, data sources and reasons for selection are detailed in Chapter 2 of this dissertation.

## T02.01.2 Profit and loss figures by country

(EUR millions; percentages)

Profit and loss <sup>1) 2)</sup> (Q4 2020)	Total	Belgium	Bulgaria	Germany	Estonia	Ireland	Greece	Spain	France	Croatia <sup>7)</sup>	Italy
Net interest income	259,391.66	6,602.34	C	31,677.44	572.04	5,549.98	5,524.05	58,965.95	69,909.25	-	28,082.09
Net fee and commission income	140,314.47	3,288.57	C	21,012.61	193.11	2,504.33	1,208.45	20,685.09	51,251.96	-	21,947.75
Net trading income	22,140.27	-126.95	C	3,019.84	6.35	241.61	59.32	-4,587.49	12,292.42	-	938.07
Exchange differences, net	-1,578.70	350.28	C	106.50	28.62	48.39	42.06	-2,201.07	-711.84	-	545.22
Net other operating income <sup>3)</sup>	27,710.99	233.86	C	3,857.33	88.58	1,034.75	2,553.57	-3,833.25	7,534.51	-	5,484.07
<b>Operating income <sup>4)</sup></b>	<b>447,978.69</b>	<b>10,348.09</b>	<b>C</b>	<b>59,673.72</b>	<b>888.69</b>	<b>9,379.07</b>	<b>9,387.45</b>	<b>85,870.72</b>	<b>140,276.31</b>	<b>-</b>	<b>56,997.20</b>
Administrative expenses and depreciation	-295,788.51	-6,344.57	C	-45,696.86	-490.22	-6,501.54	-3,949.24	-45,199.62	-100,191.51	-	-41,654.56
<b>Net income before impairment, provisions and taxes</b>	<b>152,190.18</b>	<b>4,003.52</b>	<b>C</b>	<b>14,006.86</b>	<b>398.47</b>	<b>2,877.53</b>	<b>5,438.21</b>	<b>40,671.09</b>	<b>40,084.80</b>	<b>-</b>	<b>15,342.65</b>
Impairment and provisions <sup>5)</sup>	-118,222.53	-1,648.59	C	-10,751.10	C	C	-6,086.51	-37,862.74	-22,621.72	-	-18,321.74
Other	17,719.64	318.59	C	48.39	C	C	-232.51	2,307.39	10,920.25	-	2,984.87
<b>Profit and loss before tax <sup>6)</sup></b>	<b>45,268.96</b>	<b>2,673.52</b>	<b>C</b>	<b>3,333.46</b>	<b>340.14</b>	<b>-1,614.12</b>	<b>-1,245.18</b>	<b>-1,897.04</b>	<b>28,129.72</b>	<b>-</b>	<b>1,218.24</b>
Tax expenses or income	-21,754.74	-529.89	C	-2,026.32	-40.18	148.01	-507.43	-7,119.13	-6,595.65	-	-744.09
<b>Net profit/loss</b>	<b>23,514.22</b>	<b>2,143.63</b>	<b>C</b>	<b>1,307.14</b>	<b>299.98</b>	<b>-1,466.19</b>	<b>-1,752.61</b>	<b>-9,016.17</b>	<b>21,534.07</b>	<b>-</b>	<b>474.15</b>
Net interest income/Operating income	57.90%	63.80%	C	53.08%	64.37%	59.17%	58.85%	68.67%	49.84%	-	49.27%
Net fee and commission income/Operating income	31.32%	31.76%	C	35.21%	21.73%	26.70%	12.87%	24.09%	36.54%	-	38.51%
Net trading income/Operating income	4.94%	-1.23%	C	5.06%	0.71%	2.58%	0.63%	5.34%	8.76%	-	1.65%

Profit and loss <sup>1) 2)</sup> (Q4 2020)	Cyprus	Latvia	Lithuania	Luxembourg	Malta	Netherlands	Austria	Portugal	Slovenia	Slovakia <sup>7)</sup>	Finland
Net interest income	742.16	C	339.07	1,159.84	301.78	29,559.47	10,161.27	3,137.96	C	-	6,159.69
Net fee and commission income	220.56	C	182.45	1,587.24	93.50	6,419.85	4,564.95	1,491.11	C	-	3,180.05
Net trading income	C	C	20.67	152.17	C	272.14	111.33	-74.72	C	-	518.22
Exchange differences, net	C	C	17.16	38.68	C	149.53	-111.05	184.51	C	-	C
Net other operating income <sup>3)</sup>	64.63	C	17.85	276.19	3.42	1,548.15	716.06	-291.92	C	-	C
<b>Operating income <sup>4)</sup></b>	<b>1,058.03</b>	<b>C</b>	<b>577.20</b>	<b>3,214.13</b>	<b>418.30</b>	<b>37,949.15</b>	<b>15,442.57</b>	<b>4,446.94</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>10,501.90</b>
Administrative expenses and depreciation	-705.39	C	-257.88	-2,532.23	-313.62	-23,083.30	-9,389.93	-2,647.35	C	-	-5,945.65
<b>Net income before impairment, provisions and taxes</b>	<b>350.64</b>	<b>C</b>	<b>319.32</b>	<b>681.90</b>	<b>104.68</b>	<b>14,865.85</b>	<b>6,052.64</b>	<b>1,799.59</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>4,558.35</b>
Impairment and provisions <sup>5)</sup>	C	C	-30.86	-190.11	C	-8,765.31	-2,879.99	-2,262.58	C	-	-1,273.97
Other	C	C	-0.24	8.09	C	280.14	172.75	167.75	C	-	C
<b>Profit and loss before tax <sup>6)</sup></b>	<b>-95.24</b>	<b>C</b>	<b>288.27</b>	<b>499.87</b>	<b>-40.76</b>	<b>6,380.68</b>	<b>3,345.39</b>	<b>-324.62</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>C</b>
Tax expenses or income	-17.71	C	-55.35	-114.80	-4.09	-2,291.61	-789.04	-292.80	C	-	C
<b>Net profit/loss</b>	<b>-112.98</b>	<b>C</b>	<b>232.93</b>	<b>385.07</b>	<b>-44.88</b>	<b>4,089.08</b>	<b>2,556.35</b>	<b>-617.22</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>2,806.80</b>
Net interest income/Operating income	70.28%	C	58.74%	36.09%	72.14%	77.89%	65.80%	70.56%	C	-	58.65%
Net fee and commission income/Operating income	20.89%	C	31.61%	49.38%	22.35%	16.92%	29.56%	33.53%	C	-	30.28%
Net trading income/Operating income	C	C	3.58%	4.73%	C	0.72%	0.72%	-1.68%	C	-	4.92%

Source: ECB.

Notes: Significant institutions at the highest level of consolidation for which common reporting (COREP) and financial reporting (FINREP) are available.

C: the value is suppressed for confidentiality reasons.

1) Profit and loss statement figures may be based on different financial years. To increase consistency, if the end of the financial year is not 31 December, a linear projection of the figures has been made for each reporting period.

2) Figures reported are year-to-date.

3) This includes, among other items, gains or losses resulting from the valuation of financial assets/liabilities at fair value, where those financial assets/liabilities are not reported as "held for trading".

4) Operating income before administrative expenses and depreciation are deducted.

5) Provisions include provisions for "commitments and guarantees given" and "other provisions".

6) Profit and loss before tax from continued operations (i.e. "net income before impairment, provisions and taxes" + "impairment and provisions" + "other") plus profit and loss before tax from discontinued operations.

7) There are no significant institutions at the highest level of consolidation in Croatia and Slovakia.

Fig. 3.3. Supervisory Banking Statistics for 4Q2020

### T02.02.2 Key performance indicators by country (percentages)

Country <sup>1) 2)</sup> (Q4 2020)	Return on equity (RoE)	Return on assets (RoA)	Cost-to-income ratio (CIR)	Cost of Risk (CoR) <sup>4)</sup>
Belgium	5.49%	0.37%	61.31%	0.61%
Bulgaria	C	C	C	C
Germany	0.57%	0.03%	76.53%	0.43%
Estonia	6.75%	0.82%	55.16%	0.30%
Ireland	-2.92%	-0.29%	69.32%	1.52%
Greece	-6.81%	-0.62%	42.07%	0.76%
Spain	-4.15%	-0.26%	52.64%	1.22%
France	4.23%	0.26%	71.42%	0.53%
Croatia <sup>3)</sup>	-	-	-	-
Italy	0.26%	0.02%	73.08%	0.73%
Cyprus	-3.26%	-0.27%	66.80%	2.54%
Latvia	C	C	C	C
Lithuania	10.60%	0.86%	44.68%	0.25%
Luxembourg	2.88%	0.21%	78.78%	0.16%
Malta	-2.52%	-0.20%	74.97%	1.26%
Netherlands	3.20%	0.18%	60.83%	0.49%
Austria	5.09%	0.43%	60.81%	0.74%
Portugal	-3.20%	-0.28%	59.53%	1.24%
Slovenia	C	C	C	C
Slovakia <sup>3)</sup>	-	-	-	-
Finland	5.84%	0.41%	56.61%	0.32%

Source: ECB.

Notes: Significant institutions at the highest level of consolidation for which common reporting (COREP) and financial reporting (FINREP) are available.

C: the value is suppressed for confidentiality reasons.

1) RoE and RoA are computed by dividing "net profit/loss" by, respectively, "equity" and "total assets" at the end of the corresponding reference period. The values of "net profit/loss", originally year-to-date, are annualised to increase the comparability of the ratios across quarters.

2) Returns figures may be based on different financial years. To increase consistency, if the end of the financial year is not 31 December, a linear projection of the figures has been made for each reporting period.

3) There are no significant institutions at the highest level of consolidation in Croatia and Slovakia.

4) As set out in the list of definitions of ITS data points, the numerator of the cost of risk indicator is adjustments in allowances for estimated loan losses during the relevant period (annualised). Those adjustments may be negative in certain circumstances.

Fig. 3.4. Key risk indicators by country for 2020

**T04.02.2 Asset quality: non-performing loans and advances by country**  
(EUR billions; percentages)

Country (Q4 2020)	Loans and advances <sup>2)</sup>	Non-performing loans and advances	Non-performing loans ratio
Belgium	450.72	7.89	1.75%
Bulgaria	C	C	C
Germany	2,792.34	33.43	1.20%
Estonia	33.49	0.40	1.19%
Ireland	369.86	12.43	3.36%
Greece	210.16	53.68	25.54%
Spain	2,381.57	69.67	2.93%
France	5,440.22	119.26	2.19%
Croatia <sup>1)</sup>	-	-	-
Italy	1,872.10	77.34	4.13%
Cyprus	32.07	3.27	10.21%
Latvia	C	C	C
Lithuania	25.32	0.32	1.25%
Luxembourg	147.77	1.16	0.78%
Malta	16.54	0.57	3.46%
Netherlands	1,948.22	36.94	1.90%
Austria	475.40	9.99	2.10%
Portugal	148.46	8.13	5.48%
Slovenia	C	C	C
Slovakia <sup>1)</sup>	-	-	-
Finland	505.29	7.66	1.51%
<b>Total</b>	<b>16,890.71</b>	<b>443.54</b>	<b>2.63%</b>

Source: ECB.

Notes: Significant institutions at the highest level of consolidation for which common reporting (COREP) and financial reporting (FINREP) are available.

C: the value is suppressed for confidentiality reasons.

1) There are no significant institutions at the highest level of consolidation in Croatia and Slovakia.

2) Loans and advances in the asset quality tables are displayed at gross carrying amount. In line with FINREP: i) held for trading exposures are excluded, ii) cash balances at central banks and other demand deposits are included.

*Fig. 3.5. Assets quality for 2020*

This is one of the asset quality tables data on loans, by country used for the study, from the Supervisory Banking Statistics, 4Q of 2020. The obtained results after processing, applying the InterCriteria Analysis method are in front of the following Table 3.5. and Table 3.6.

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	0,8214	0,8929	0,3214	0,8214	0,9643	0,0714	0,8571	0,1071	0,7857	0,6429	0,1071	0,6429	0,5	0,5	0,4643	0,464	0,964	0,8571	0,5
2	0,8214	1	0,8571	0,4286	1	0,8571	0,1071	0,8214	0,1429	0,8214	0,6786	0,2857	0,6786	0,536	0,5357	0,5714	0,429	0,857	0,8929	0,536
3	0,8929	0,8571	1	0,3571	0,8571	0,9286	0,1071	0,8214	0,1429	0,75	0,6071	0,2143	0,6071	0,464	0,4643	0,5714	0,429	0,857	0,8214	0,464
4	0,3214	0,4286	0,3571	1	0,4286	0,3571	0,6071	0,3929	0,6429	0,4643	0,4643	0,7143	0,4643	0,393	0,3214	0,5714	0,5	0,357	0,4643	0,536
5	0,8214	1	0,8571	0,4286	1	0,8571	0,1071	0,8214	0,1429	0,8214	0,6786	0,2857	0,6786	0,536	0,5357	0,5714	0,429	0,857	0,8929	0,536
6	0,9643	0,8571	0,9286	0,3571	0,8571	1	0,0357	0,8929	0,0714	0,8214	0,6071	0,1429	0,6071	0,464	0,4643	0,5	0,5	0,929	0,8929	0,536
7	0,0714	0,1071	0,1071	0,6071	0,1071	0,0357	1	0,1429	0,8929	0,2143	0,3571	0,8214	0,3571	0,5	0,5	0,4643	0,536	0,036	0,1429	0,5
8	0,8571	0,8214	0,8214	0,3929	0,8214	0,8929	0,1429	1	0,0357	0,8571	0,5714	0,1071	0,5714	0,429	0,4286	0,3929	0,607	0,821	0,9286	0,643
9	0,1071	0,1429	0,1429	0,6429	0,1429	0,0714	0,8929	0,0357	1	0,1786	0,4643	0,8571	0,4643	0,607	0,6071	0,5714	0,429	0,143	0,1071	0,393
10	0,7857	0,8214	0,75	0,4643	0,8214	0,8214	0,2143	0,8571	0,1786	1	0,6429	0,25	0,6429	0,5	0,5	0,3929	0,607	0,75	0,9286	0,714
11	0,6429	0,6786	0,6071	0,4643	0,6786	0,6071	0,3571	0,5714	0,4643	0,6429	1	0,3214	1	0,857	0,7857	0,6071	0,393	0,679	0,6429	0,429
12	0,1071	0,2857	0,2143	0,7143	0,2857	0,1429	0,8214	0,1071	0,8571	0,25	0,3214	1	0,3214	0,464	0,4643	0,6429	0,429	0,143	0,1786	0,464
13	0,6429	0,6786	0,6071	0,4643	0,6786	0,6071	0,3571	0,5714	0,4643	0,6429	1	0,3214	1	0,857	0,7857	0,6071	0,393	0,679	0,6429	0,429
14	0,5	0,5357	0,4643	0,3929	0,5357	0,4643	0,5	0,4286	0,6071	0,5	0,8571	0,4643	0,8571	1	0,9286	0,6071	0,393	0,536	0,5	0,357
15	0,5	0,5357	0,4643	0,3214	0,5357	0,4643	0,5	0,4286	0,6071	0,5	0,7857	0,4643	0,7857	0,929	1	0,6071	0,321	0,536	0,5	0,286
16	0,4643	0,5714	0,5714	0,5714	0,5714	0,5	0,4643	0,3929	0,5714	0,3929	0,6071	0,6429	0,6071	0,607	0,6071	1	0,143	0,5	0,4643	0,25
17	0,4643	0,4286	0,4286	0,5	0,4286	0,5	0,5357	0,6071	0,4286	0,6071	0,3929	0,4286	0,3929	0,393	0,3214	0,1429	1	0,429	0,5357	0,893
18	0,9643	0,8571	0,8571	0,3571	0,8571	0,9286	0,0357	0,8214	0,1429	0,75	0,6786	0,1429	0,6786	0,536	0,5357	0,5	0,429	1	0,8214	0,464
19	0,8571	0,8929	0,8214	0,4643	0,8929	0,8929	0,1429	0,9286	0,1071	0,9286	0,6429	0,1786	0,6429	0,5	0,5	0,4643	0,536	0,821	1	0,643
20	0,5	0,5357	0,4643	0,5357	0,5357	0,5357	0,5	0,6429	0,3929	0,7143	0,4286	0,4643	0,4286	0,357	0,2857	0,25	0,893	0,464	0,6429	1

Table 3.5. Values of  $\mu$

v	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	131	4	15	16	17	18	19	20
1	0	0,1786	0,1071	0,6786	0,1786	0,0357	0,9286	0,1429	0,8929	0,2143	0,3571	0,8929	0,3571	0,5	0,5	0,5357	0,536	0,036	0,1429	0,5
2	0,1786	0	0,1429	0,5714	0	0,1429	0,8929	0,1786	0,8571	0,1786	0,3214	0,7143	0,3214	0,464	0,4643	0,4286	0,571	0,143	0,1071	0,464
3	0,1071	0,1429	0	0,6429	0,1429	0,0714	0,8929	0,1786	0,8571	0,25	0,3929	0,7857	0,3929	0,536	0,5357	0,4286	0,571	0,143	0,1786	0,536
4	0,6786	0,5714	0,6429	0	0,5714	0,6429	0,3929	0,6071	0,3571	0,5357	0,5357	0,2857	0,5357	0,607	0,6786	0,4286	0,5	0,643	0,5357	0,464
5	0,1786	0	0,1429	0,5714	0	0,1429	0,8929	0,1786	0,8571	0,1786	0,3214	0,7143	0,3214	0,464	0,4643	0,4286	0,571	0,143	0,1071	0,464
6	0,0357	0,1429	0,0714	0,6429	0,1429	0	0,9643	0,1071	0,9286	0,1786	0,3929	0,8571	0,3929	0,536	0,5357	0,5	0,5	0,071	0,1071	0,464
7	0,9286	0,8929	0,8929	0,3929	0,8929	0,9643	0	0,8571	0,1071	0,7857	0,6429	0,1786	0,6429	0,5	0,5	0,5357	0,464	0,964	0,8571	0,5
8	0,1429	0,1786	0,1786	0,6071	0,1786	0,1071	0,8571	0	0,9643	0,1429	0,4286	0,8929	0,4286	0,571	0,5714	0,6071	0,393	0,179	0,0714	0,357
9	0,8929	0,8571	0,8571	0,3571	0,8571	0,9286	0,1071	0,9643	0	0,8214	0,5357	0,1429	0,5357	0,393	0,3929	0,4286	0,571	0,857	0,8929	0,607
10	0,2143	0,1786	0,25	0,5357	0,1786	0,1786	0,7857	0,1429	0,8214	0	0,3571	0,75	0,3571	0,5	0,5	0,6071	0,393	0,25	0,0714	0,286
11	0,3571	0,3214	0,3929	0,5357	0,3214	0,3929	0,6429	0,4286	0,5357	0,3571	0	0,6786	0	0,143	0,2143	0,3929	0,607	0,321	0,3571	0,571
12	0,8929	0,7143	0,7857	0,2857	0,7143	0,8571	0,1786	0,8929	0,1429	0,75	0,6786	0	0,6786	0,536	0,5357	0,3571	0,571	0,857	0,8214	0,536
13	0,3571	0,3214	0,3929	0,5357	0,3214	0,3929	0,6429	0,4286	0,5357	0,3571	0	0,6786	0	0,143	0,2143	0,3929	0,607	0,321	0,3571	0,571
14	0,5	0,4643	0,5357	0,6071	0,4643	0,5357	0,5	0,5714	0,3929	0,5	0,1429	0,5357	0,1429	0	0,0714	0,3929	0,607	0,464	0,5	0,643
15	0,5	0,4643	0,5357	0,6786	0,4643	0,5357	0,5	0,5714	0,3929	0,5	0,2143	0,5357	0,2143	0,071	0	0,3929	0,679	0,464	0,5	0,714
16	0,5357	0,4286	0,4286	0,4286	0,4286	0,5	0,5357	0,6071	0,4286	0,6071	0,3929	0,3571	0,3929	0,393	0,3929	0	0,857	0,5	0,5357	0,75
17	0,5357	0,5714	0,5714	0,5	0,5714	0,5	0,4643	0,3929	0,5714	0,3929	0,6071	0,5714	0,6071	0,607	0,6786	0,8571	0	0,571	0,4643	0,107
18	0,0357	0,1429	0,1429	0,6429	0,1429	0,0714	0,9643	0,1786	0,8571	0,25	0,3214	0,8571	0,3214	0,464	0,4643	0,5	0,571	0	0,1786	0,536
19	0,1429	0,1071	0,1786	0,5357	0,1071	0,1071	0,8571	0,0714	0,8929	0,0714	0,3571	0,8214	0,3571	0,5	0,5	0,5357	0,464	0,179	0	0,357
20	0,5	0,4643	0,5357	0,4643	0,4643	0,4643	0,5	0,3571	0,6071	0,2857	0,5714	0,5357	0,5714	0,643	0,7143	0,75	0,107	0,536	0,3571	0

Table 3.6. Values of  $v$



The manifestation of a pronounced dependence between some of the observed indicators is due to both their economic nature and the way they are calculated. The manifestation of weak dependence between the indicators has its economic explanation. In the Statement of Income and Expenses of a credit institution, one indicator is income and the other is expense. Also, one of the criteria is from the Income and Expense Statement and the other from the institution's Balance Sheet asset, which has no relationship and does not generate an entry in the Income or Expense Statement.

### **3.4. Comparative analysis of the financial indicators of EU member states for the period 2020-2021**

The analyzed indicators for the 4Q of 2021 are the same as the indicators that we analyzed from the Supervisory Banking Statistic report for the 4 Q of 2020. There is a difference in indicators only for the following items in the 2020 report, the item net trading income exists as a result of changed reporting in 2021, it has been replaced by the more detailed breakdown of these revenues.

This article confirms the conclusions reached in the previous one. The starting data are different, consecutive financial years are analyzed, but the results obtained by means of the InterCriteria Analysis method show the same positive and negative relationships.

In conducting this research, presented in [5], data from the ECB's report - Supervisory Banking Statistics for the fourth quarter of 2021 were used.

The obtained results are presented in Table 3.7 and Table 3.8.

mu-table	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1	0,8571	0,8214	0,5714	0,5357	0,7857	0,75	0,9643	0,0714	0,9286	0,1786	0,8214	0,9643	0,0357	0,9643	0,6786	0,6071	0,5	0,5714	0,9643	0,9286	0,5
2	0,8571	1	0,8929	0,5714	0,5357	0,7143	0,8214	0,8929	0,0714	0,8571	0,25	0,75	0,8214	0,1786	0,8214	0,5357	0,4643	0,6429	0,5	0,8929	0,8571	0,5
3	0,8214	0,8929	1	0,4643	0,6429	0,6071	0,7857	0,8571	0,1786	0,8214	0,2143	0,7143	0,7857	0,2143	0,7857	0,5	0,4286	0,6071	0,5357	0,8571	0,8214	0,5357
4	0,5714	0,5714	0,4643	1	0,1786	0,6429	0,3929	0,5357	0,4286	0,5	0,5357	0,3929	0,5357	0,4643	0,5357	0,5357	0,4643	0,5	0,4643	0,6071	0,5	0,3571
5	0,5357	0,5357	0,6429	0,1786	1	0,3929	0,6429	0,5	0,5357	0,5357	0,5	0,5714	0,5714	0,4286	0,5714	0,5	0,5714	0,5357	0,3929	0,5714	0,5357	0,5357
6	0,7857	0,7143	0,6071	0,6429	0,3929	1	0,6071	0,75	0,2143	0,7143	0,3929	0,75	0,75	0,25	0,75	0,6786	0,6071	0,4286	0,5714	0,75	0,7143	0,5
7	0,75	0,8214	0,7857	0,3929	0,6429	0,6071	1	0,7857	0,1786	0,8214	0,2857	0,7857	0,7857	0,2143	0,7857	0,5714	0,5	0,6071	0,4643	0,7143	0,8214	0,5357
8	0,9643	0,8929	0,8571	0,5357	0,5	0,75	0,7857	1	0,0357	0,9643	0,1429	0,8571	0,9286	0,0714	0,9286	0,6429	0,5714	0,5357	0,6071	0,9286	0,9643	0,5357
9	0,0714	0,0714	0,1786	0,4286	0,5357	0,2143	0,1786	0,0357	1	0,0714	0,8214	0,1786	0,1071	0,8929	0,1071	0,3929	0,4643	0,4286	0,3929	0,1071	0,0714	0,5
10	0,9286	0,8571	0,8214	0,5	0,5357	0,7143	0,8214	0,9643	0,0714	1	0,1071	0,8929	0,8929	0,1071	0,8929	0,6786	0,6071	0,5	0,6429	0,8929	1	0,5714
11	0,1786	0,25	0,2143	0,5357	0,5	0,3929	0,2857	0,1429	0,8214	0,1071	1	0,2143	0,2143	0,7857	0,2143	0,3571	0,4286	0,6071	0,2143	0,2143	0,1071	0,3214
12	0,8214	0,75	0,7143	0,3929	0,5714	0,75	0,7857	0,8571	0,1786	0,8929	0,2143	1	0,8571	0,1429	0,8571	0,7857	0,7143	0,3929	0,6786	0,7857	0,8929	0,6786
13	0,9643	0,8214	0,7857	0,5357	0,5714	0,75	0,7857	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,8571	1	0	1	0,7143	0,6429	0,4643	0,5357	0,9286	0,8929	0,5357
14	0,0357	0,1786	0,2143	0,4643	0,4286	0,25	0,2143	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,1429	0	1	0	0,2857	0,3571	0,5357	0,4286	0,0714	0,1071	0,4643
15	0,9643	0,8214	0,7857	0,5357	0,5714	0,75	0,7857	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,8571	1	0	1	0,7143	0,6429	0,4643	0,5357	0,9286	0,8929	0,5357
16	0,6786	0,5357	0,5	0,5357	0,5	0,6786	0,5714	0,6429	0,3929	0,6786	0,3571	0,7857	0,7143	0,2857	0,7143	1	0,9286	0,1786	0,6429	0,6429	0,6786	0,6071
17	0,6071	0,4643	0,4286	0,4643	0,5714	0,6071	0,5	0,5714	0,4643	0,6071	0,4286	0,7143	0,6429	0,3571	0,6429	0,9286	1	0,25	0,5714	0,5714	0,6071	0,5357
18	0,5	0,6429	0,6071	0,5	0,5357	0,4286	0,6071	0,5357	0,4286	0,5	0,6071	0,3929	0,4643	0,5357	0,4643	0,1786	0,25	1	0,2143	0,5357	0,5	0,2143
19	0,5714	0,5	0,5357	0,4643	0,3929	0,5714	0,4643	0,6071	0,3929	0,6429	0,2143	0,6786	0,5357	0,4286	0,5357	0,6429	0,5714	0,2143	1	0,5357	0,6429	0,8571
20	0,9643	0,8929	0,8571	0,6071	0,5714	0,75	0,7143	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,7857	0,9286	0,0714	0,9286	0,6429	0,5714	0,5357	0,5357	1	0,8929	0,4643
21	0,9286	0,8571	0,8214	0,5	0,5357	0,7143	0,8214	0,9643	0,0714	1	0,1071	0,8929	0,8929	0,1071	0,8929	0,6786	0,6071	0,5	0,6429	0,8929	1	0,5714
22	0,5	0,5	0,5357	0,3571	0,5357	0,5	0,5357	0,5357	0,5	0,5714	0,3214	0,6786	0,5357	0,4643	0,5357	0,6071	0,5357	0,2143	0,8571	0,4643	0,5714	1

Table 3.7. Values of  $\mu$

nu- table	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0	0,1429	0,1786	0,4286	0,4643	0,2143	0,25	0,0357	0,9286	0,0714	0,8214	0,1786	0,0357	0,9643	0,0357	0,3214	0,3929	0,5	0,3929	0,0357	0,0714	0,5
2	0,1429	0	0,1071	0,4286	0,4643	0,2857	0,1786	0,1071	0,9286	0,1429	0,75	0,25	0,1786	0,8214	0,1786	0,4643	0,5357	0,3571	0,4643	0,1071	0,1429	0,5
3	0,1786	0,1071	0	0,5357	0,3571	0,3929	0,2143	0,1429	0,8214	0,1786	0,7857	0,2857	0,2143	0,7857	0,2143	0,5	0,5714	0,3929	0,4286	0,1429	0,1786	0,4643
4	0,4286	0,4286	0,5357	0	0,8214	0,3571	0,6071	0,4643	0,5714	0,5	0,4643	0,6071	0,4643	0,5357	0,4643	0,4643	0,5357	0,5	0,5	0,3929	0,5	0,6429
5	0,4643	0,4643	0,3571	0,8214	0	0,6071	0,3571	0,5	0,4643	0,4643	0,5	0,4286	0,4286	0,5714	0,4286	0,5	0,4286	0,4643	0,5714	0,4286	0,4643	0,4643
6	0,2143	0,2857	0,3929	0,3571	0,6071	0	0,3929	0,25	0,7857	0,2857	0,6071	0,25	0,25	0,75	0,25	0,3214	0,3929	0,5714	0,3929	0,25	0,2857	0,5
7	0,25	0,1786	0,2143	0,6071	0,3571	0,3929	0	0,2143	0,8214	0,1786	0,7143	0,2143	0,2143	0,7857	0,2143	0,4286	0,5	0,3929	0,5	0,2857	0,1786	0,4643
8	0,0357	0,1071	0,1429	0,4643	0,5	0,25	0,2143	0	0,9643	0,0357	0,8571	0,1429	0,0714	0,9286	0,0714	0,3571	0,4286	0,4643	0,3571	0,0714	0,0357	0,4643
9	0,9286	0,9286	0,8214	0,5714	0,4643	0,7857	0,8214	0,9643	0	0,9286	0,1786	0,8214	0,8929	0,1071	0,8929	0,6071	0,5357	0,5714	0,5714	0,8929	0,9286	0,5
10	0,0714	0,1429	0,1786	0,5	0,4643	0,2857	0,1786	0,0357	0,9286	0	0,8929	0,1071	0,1071	0,8929	0,1071	0,3214	0,3929	0,5	0,3214	0,1071	0	0,4286
11	0,8214	0,75	0,7857	0,4643	0,5	0,6071	0,7143	0,8571	0,1786	0,8929	0	0,7857	0,7857	0,2143	0,7857	0,6429	0,5714	0,3929	0,75	0,7857	0,8929	0,6786
12	0,1786	0,25	0,2857	0,6071	0,4286	0,25	0,2143	0,1429	0,8214	0,1071	0,7857	0	0,1429	0,8571	0,1429	0,2143	0,2857	0,6071	0,2857	0,2143	0,1071	0,3214
13	0,0357	0,1786	0,2143	0,4643	0,4286	0,25	0,2143	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,1429	0	1	0	0,2857	0,3571	0,5357	0,4286	0,0714	0,1071	0,4643
14	0,9643	0,8214	0,7857	0,5357	0,5714	0,75	0,7857	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,8571	1	0	1	0,7143	0,6429	0,4643	0,5357	0,9286	0,8929	0,5357
15	0,0357	0,1786	0,2143	0,4643	0,4286	0,25	0,2143	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,1429	0	1	0	0,2857	0,3571	0,5357	0,4286	0,0714	0,1071	0,4643
16	0,3214	0,4643	0,5	0,4643	0,5	0,3214	0,4286	0,3571	0,6071	0,3214	0,6429	0,2143	0,2857	0,7143	0,2857	0	0,0714	0,8214	0,3214	0,3571	0,3214	0,3929
17	0,3929	0,5357	0,5714	0,5357	0,4286	0,3929	0,5	0,4286	0,5357	0,3929	0,5714	0,2857	0,3571	0,6429	0,3571	0,0714	0	0,75	0,3929	0,4286	0,3929	0,4643
18	0,5	0,3571	0,3929	0,5	0,4643	0,5714	0,3929	0,4643	0,5714	0,5	0,3929	0,6071	0,5357	0,4643	0,5357	0,8214	0,75	0	0,75	0,4643	0,5	0,7857
19	0,3929	0,4643	0,4286	0,5	0,5714	0,3929	0,5	0,3571	0,5714	0,3214	0,75	0,2857	0,4286	0,5357	0,4286	0,3214	0,3929	0,75	0	0,4286	0,3214	0,1071
20	0,0357	0,1071	0,1429	0,3929	0,4286	0,25	0,2857	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,2143	0,0714	0,9286	0,0714	0,3571	0,4286	0,4643	0,4286	0	0,1071	0,5357
21	0,0714	0,1429	0,1786	0,5	0,4643	0,2857	0,1786	0,0357	0,9286	0	0,8929	0,1071	0,1071	0,8929	0,1071	0,3214	0,3929	0,5	0,3214	0,1071	0	0,4286
22	0,5	0,5	0,4643	0,6429	0,4643	0,5	0,4643	0,4643	0,5	0,4286	0,6786	0,3214	0,4643	0,5357	0,4643	0,3929	0,4643	0,7857	0,1071	0,5357	0,4286	0

Table 3.8. . Values of  $\nu$

There is a negative relationship between criterion 1 ("Net interest income") and criterion 14 ("Tax income or expenses") because one criterion is income and the other is an expense for the bank. The same conclusion can be drawn for criterion 8 ("Operating income") and criterion 9 ("Administrative expenses and impairment"). The analyzed data show a pronounced dependence between the criteria that are part of the Income Statement and their essence, with economic importance being one of the main reasons for the relationship between them. Also between the criteria from the Income Statement and assets from the Institution's Balance Sheet, as a consequence of these assets bringing a corresponding income for the banks.

### 3.5. Intelligent techniques for analysis of knowledge base of smart crop production

The main purpose of paper [2] is to propose an architecture of a knowledge base to be developed in order to automate the cultivation of crops. The architecture includes a two-layer data model and an applied layer model for a connection between them.

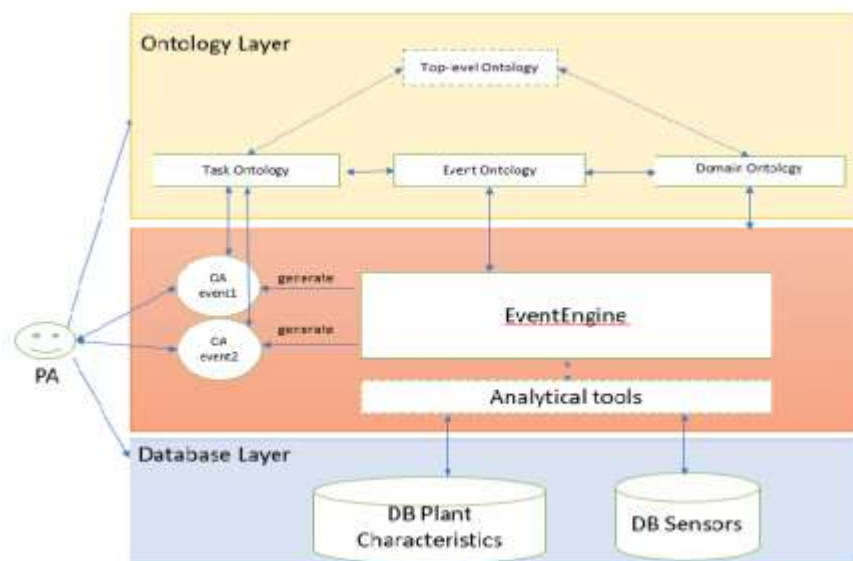


Fig. 3.9. The architecture of a knowledge base in plant agriculture

The proposed architecture for a knowledge base in the field of intelligent plant agriculture is designed to automate the work on growing different types of agricultural crops. One of the main tasks we have set ourselves is to make the process of cultivation more predictable, which will help farmers obtain better quality crops.

For the realization of the architecture, we have chosen Protégé for the ontologies, JaCaMo for the environment of the multi-agent system, Jason for the personal assistant, and Jade for the operational assistants.

## CONCLUSION

The dissertation is devoted to the application of innovative, intelligent techniques for the analysis of processes in banking. The latest achievements in the field of designing highly efficient data processing algorithms are applied. The intelligent techniques used require the processing of large data streams, referring to all available information on the observed processes. In the dissertation, for the purposes of the analysis, mathematical modeling tools were used, such as InterCriteria Analysis (ICA), which is based on two mathematical formalisms: the algebraic apparatus of indexed matrices (IM), when the application of algebraic operations over matrices is required of different size and intuitionistic fuzzy sets (IFMs) as a mathematical tool for dealing with uncertainty. The research methodology in the dissertation includes the use of a numerical and experimental approach. The numerical approach was used in the implementation of the algorithms by means of computer calculation of the intelligent methods for analyzing the processes in banking. The experimental approach was used in the collection of data from observations of indicators characterizing the processes in banking. The aim of this dissertation is to analyze banking processes using modern methods from the field of intelligent systems. To achieve the set goal, six scientific tasks have been formulated. In the process of solving them, original results related to research of modern paradigms in the field of intelligent systems were obtained, using analytical and experimental models.

As a result of the conducted research, presented in this dissertation work, the following scientific-applied and applied results were achieved:

1. A critical analysis of the possibility of applying the multi-criteria decision-making method – “InterCriteria Analysis” in the analysis of processes in banking was conducted.

2. Intelligent techniques have been applied to analyze the mechanism of work of financial institutions in the EU, according to which the banking system functions.

3. An analysis of the activities of the participants in the financial system of the EU member states was carried out.

4. The financial indicators of eight selected EU member countries were analyzed.

5. A comparative analysis of the financial indicators of the banks in the selected EU member countries was carried out.

6. An original knowledge-based architecture with application in the field of intelligent plant breeding has been developed.

The achieved results of the analysis of the conducted studies are presented in a refereed scientific publication from the series *Lecture Notes in Networks and Systems of Springer International Publishing* and in the works of several international conferences, such as – *10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20*, *International Symposium on Bioinformatics and Biomedicine - BioInfoMed'20*, *International Conference Automatics and Informatics - ICAI'21*, *11-th International Conference on Intelligent Systems - IS'22* and *International Workshop on Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets - IWIFSGN'22*. The PhD thesis is structured in an introduction, three chapters and a conclusion, a declaration of originality of the obtained results and a bibliography.

## **GUIDELINES FOR FUTURE RESEARCH**

The results obtained in the dissertation are applicable to solving a broader range of tasks related to the analysis of banking processes. This could be a guide for future research that will enrich the research area.



## PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF THE PHD THESIS

1. Danailova S., L. Doukovska, V. Atanassova - InterCriteria Analysis of the Financial System in the EU Countries. Proceedings of the 10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20, 28-30 August, Varna, Bulgaria, IEEE Xplore, ISBN: 978-1-7281-5456-5, ISSN: 1541-1672, DOI:10.1109/IS48319.2020.91999 43, pp. 183-186, 2020.

2. Stoyanova-Doycheva A., V. Ivanova, L. Doukovska, V. Tabakova, I. Radeva, S. Danailova - Architecture of a Knowledge Base in Smart Crop Production. Proceedings of the International Conference Automatics and Informatics – ICAI'21, 30 September-2 October 2021, Varna, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021.

3. Danailova S., L. Doukovska, P. Vassilev - InterCriteria Analysis of the Global Competitiveness Report for the Financial System EU Countries, Proceedings of the 11-th International Conference on Intelligent Systems - IS'22, 12-14 October, Warsaw, Poland, IEEE Xplore, (in print).

4. Danailova S., L. Doukovska, A. Dukovski - InterCriteria Analysis of the Financial data for selected 8 EU Countries, Proceedings of the 11-th International Conference on Intelligent Systems - IS'22, 12-14 October, Warsaw, Poland, IEEE Xplore, (in print).

5. Danailova S., L. Doukovska, A. Dukovski - InterCriteria Analysis of the Supervisory Statistic Data for Selected 8 EU Countries During the Period 2020-2021, Chapter of Book: Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives, Series: Lecture Notes in Networks and Systems, Springer International Publishing, Switzerland, (in print).



**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**

## **АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ**

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по  
докторска програма “Информатика”

### **ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСИТЕ В БАНКОВОТО ДЕЛО**

*Славияна Стоилова Данаилова-Велева*

**Ръководител: Чл.-кор. Любка Дуковска**

**Научно жури:**

Акад. Красимир Атанасов

Акад. Васил Сгурев

Проф. Мария Христова

Проф. Владимир Монов

Доц. Ирина Радева



**Институт по информационни и  
комуникационни технологии  
Секция „Интелигентни системи”**

## УВОД

Понятието „Изкуствен интелект“ (ИИ) възниква в средата на миналия век. За основоположник на теорията за изкуствения интелект се счита математикът Алън Тюринг. През 1950 г. той създава известния тест Imitation game – Тест на Тюринг за изкуствения интелект. Посредством този тест се идентифицира интелигентността на машините. До 1955 г. не е имало единен термин, който да обхваща невронните мрежи и естествения език. За създател на термина изкуствен интелект се счита проф. Джон Маккарти от Дортмундския колеж, САЩ. На проведената през 1956 г. конференция, под негово ръководство в Дортмунд, САЩ се обсъжда изкуствения интелект, неговото развитие и потенциалните области за изследване.

През следващите години тенденцията в развитието на изкуствения интелект не е била постоянно нагоре. През 70-те години на миналия век настъпва застои в неговото развитие. То е следствие на неоправдани очаквания и прекъснато финансиране на проучванията. След това темата за изкуствения интелект се завръща в научните среди под формата на „експертни системи“. Това е представлявало програми които отговарят на въпроси и решават проблеми в различни области. В края на 80-те години и началото на 90-те изкуственият интелект преживява нов застои. Отново е почти спряно финансирането на проучванията. В следващите години се случват редица събития, които показват значимостта на изкуствения интелект и променят тенденцията в неговото развитие.

В банковото дело изкуствения интелект заема важна роля. Той се използва за обслужване на клиенти, за защита от измами и не на последно място за анализ на данни, за решения за инвестиции и за управление на рисковете. По този начин управляващите кредитните институции се опитват да намерят най-добрите решения и да извлекат по-високи печалби.

Все повече банки използват чатботове и дигитални лични банкери. Посредством тях клиентите на банката получават анализи и предложения за решения и инвестиции.

Споделянето на данни създава предпоставки за развитието на бизнес модели, основани и анализиращи масиви от данни и по този начин се стимулира развитието на цифровата икономика.

В практиката за Изкуствения интелект се използват най-различни термини. Сред тях са „умни“, „интелигентни“, „предсказуеми“ и „когнитивни“. Софтуерът за изкуствен интелект има най-различно приложение в редица области.

В наши дни той се използва и за анализиране на данни и вземане на решения, вследствие на обработка на голяма база данни, които са сложни и трудни за хората. По този начин той е част от управленския процес, например в областта на финансите. Посредством изкуствения интелект се обработват данни, анализират се процеси, оценява се риска и се предлагат интелигентни решения.

Резултатите от последното глобално проучване на института McKinsey относно изкуствения интелект показват, че използването му продължава да расте и че ползите остават значителни, особено в годините от пандемията COVID-19. Тъй като използването на изкуствения интелект от бизнеса става все по-разпространено, инструментите и най-добрите практики за извличане на максимума от него също стават по-сложни.

Изследователите на института McKinsey, разглеждат практиките на компаниите, които виждат най-голямо увеличение на печалбите от използването на изкуствен интелект, и откриват, че те не само следват повече както основните, така и напредналите практики, включително операции с машинно обучение (MLOps), които са в основата на успеха, но също така харчат по-ефективно за изкуствен интелект и облачните технологии. Освен това, те са по-склонни от други организации да се ангажират с набор от дейности за смекчаване на рисковете,

свързани с ИИ – област, която продължава да бъде недостатък за усилията на много компании за ИИ. Участниците в проучването твърдят, че 27% от техните приходи преди лихви и такси (ЕБИТ) се дължат на изкуствения интелект, като нарастват с 22% за една година.

Наред с развитието и все по-широкото използване на изкуствения интелект, се говори и за потенциалните рискове от използването му. На европейско ниво, Европейската комисия публикува редица документи и стратегии относно изкуствения интелект. Тя публикува и официална дефиниция за изкуствен интелект през 2018 г. Под „изкуствен интелект“ се разбират системи, които показват интелигентно поведение, като анализират своята среда и с известна степен на самостоятелност, предприемат действия за постигане на конкретни цели. На практика ежедневно използваме ИИ, например за да блокираме достъпа на нежелана поща до електронната си пощенска кутия или за да разговаряме с цифрови помощници.

Нарасналата изчислителната мощ, наличието на данни и напредъкът на алгоритмите превърнаха ИИ в една от най-важните технологии на 21-ви век.

През 2020 г. ЕК публикува т.нар. „Бяла книга относно изкуствения интелект - европейски подход към високи постижения и доверие“. Признавайки голямото значение на изкуствения интелект за развитието на различни области от нашия живот, комисията изразява загриженост по отношение на някои потенциални рискове като, непрозрачно вземане на решения, основана на пола или други видове дискриминация, намеса в личния ни живот или използване за престъпни цели.

Банките в своята дейност използват вътрешни модели за изчисляване на минималните капиталови изисквания, за оценка на кредитния риск, за оценка на операционния риск и за оценка на пазарните рискове. Това са статистически модели, които банките могат да използват, за да определят колко капитал им е необходим. Колкото повече рискове поема една банка, толкова повече капитал

трябва да поддържа. Правилата за банките в ЕС изискват те да поддържат достатъчно капитал, за да покрият неочаквани загуби, обусловени от рисковете в портфейлите им. Това се нарича „изискване за капиталова адекватност“. Когато измерва тези рискове, за да определи дали изпълнява изискването за капиталова адекватност, банката може да използва или

- стандартизиран подход, определен от регулаторните органи, или
- собствени вътрешни модели, които трябва да отговарят на конкретни условия – също определени от регулаторните органи.

Използването на такива модели става след одобрение от централната банка или от ЕЦБ. След задълбочена оценка на вътрешните модели на кредитната институция може да се разреши да използва модели за оценка на рисковете и изчисляване на минималните капиталови изисквания. Впоследствие от страна на надзорните органи се извършва текущо наблюдение на използваните модели, дали те продължават да отговарят на законовите изисквания, дали институцията използва добре разработените и актуални техники във вътрешните модели. Типичните дейности във връзка с текущото наблюдение на моделите включват:

- оценка доколко институцията спазва надзорните мерки, наложени с решения на ЕЦБ, както и дали съблюдава плановете за изпълнение и всякакви други наложени ѝ надзорни мерки, отнасящи се до модела;
- анализ на резултатите от валидирането на моделите на банката за вътрешен кредитен риск и за операционен риск, както и на резултатите от бек-тестове и динамични редове за вътрешни модели за пазарния риск;
- оценка на резултатите от годишния сравнителен анализ на ЕБО на вътрешните модели за пазарния риск и кредитния риск;
- оценка на несъществените промени и разширяване на обхвата на моделите.

Освен вътрешните модели за регулаторни цели, банките използват и други усъвършенствани методи за оценка на дейността си, за оценка на ефективността си и клиентската удовлетвореност.

Финансовите отчети на кредитните институции са обект на анализ и от външни потребители. Тяхната цел може да е свързана с бъдещо взаимодействие, с цел инвестиция или с цел доказване на някаква теза или оценка на разработен модел или анализ.

В настоящият дисертационен труд са анализирани финансови отчети и данни на кредитни институции от Европейския съюз, като е използван познатия вече на специалистите „интеркритериален анализ“. Посредством него се анализира масив от данни, показват се взаимовръзки, които на пръв поглед може да са невидими, научно обосновано се потвърждават очаквани взаимодействия.

Основен акцент в работа по дисертационния труд бе анализът на значителното многообразие на изследвания и съществуващи методи, които трябваше да определят подходите, методите и алгоритмите, приложими върху определени класове обекти. Основните усилия за постигане на търсените резултати бяха насочени към Интелигентни методи за анализ на процесите в банковото дело.

Настоящият дисертационен труд си поставя за цел **със средствата на съвременните методи от областта на интелигентните системи, да се анализират процесите в банковото дело.**

За постигането на така поставената цел, са формулирани следните задачи:

1. да се проведе критичен анализ на възможността за прилагане на многокритериалния метод за вземане на решения – „Интеркритериалния анализ“, при анализа на процесите в банковото дело;
2. да се приложат интелигентни техники за анализ на механизма на работа на финансовите институции в ЕС, според който функционира банковата система;

3. да се проведе анализ на дейността на участниците във финансовата система на страните членки на ЕС;
4. да се проведе анализ на финансовите показатели на страни членки на ЕС;
5. да се проведе сравнителен анализ на финансовите показатели на банките в страни членки на ЕС;
6. да се предложат интелигентни техники за анализ на бази от знания и тяхното приложение в практиката.

Постигнатите резултати от анализа на проведените изследвания са представени в реферирано научно издание от поредицата *Lecture Notes in Networks and Systems* на *Springer International Publishing* и в трудовете на няколко международни конференции, като – *10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20*, *International Symposium on Bioinformatics and Biomedicine - BioInfoMed'20*, *International Conference Automatics and Informatics - ICAI'21*, *11-th International Conference on Intelligent Systems - IS'22* и *International Workshop on Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets - IWIFSGN'22*.

Дисертационният труд е структуриран в увод, три глави и заключение, и се придружава от декларация за оригиналност на получените резултати и библиография.

Постигнати са оригинални резултати, свързани с изследвания от областта на интелигентните системи, като се ползват аналитични и експериментални модели.

Дисертационният труд е разработен с подкрепата на проект **№ КП-06-Н22/1**, **“Теоретични изследвания и приложения на интеркритериалния анализ”** и в рамките на **№ Д01-65/19.03.2021г.**, **Национална научна програма „Интелигентно растенивъдство“**.



# ПЪРВА ГЛАВА

## ОБЗОР НА ИНТЕЛИГЕНТНИТЕ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА СЛОЖНИ ПРОЦЕСИ

Изкуственият интелект възниква като научна област през първото десетилетие след Втората световна война. Самият термин „изкуствен интелект“ се появява по-късно. На историческия летен семинар в Дортмут (САЩ) през 1956 г., организиран от Джон Макарти (автор на програмния език LISP) терминът е възприет за първи път. Сред присъствалите на семинара са още девет водещи специалисти в областта, в това число Марвин Мински (с огромен принос в областта на невронните мрежи, фреймовите структури и теорията на представянето на знанията), Клод Шанон (автор на теорията на информацията), Ален Нюел и Херберт Саймън (създатели на първата компютърна програма, способна да доказва теореми, наречена „Логик-Теоретик“), Артур Самюел (написал първите програми за машинно самообучение).

### 1.1. Компютърна интелигентност

В последните две десетилетия постепенно се формира нова научна област, която получи названието „Компютърна интелигентност“, една от най-популярните дефиниции на компютърна интелигентност в съответните научни среди има следният вид:

„Компютърната интелигентност е методология, включваща изчисления, показващи възможности за обучение и/или за справяне с нова ситуация, такава, че системата се възприема като притежаваща един или повече атрибути от разсъждения, такива като обобщение, откриване, асоцииране и абстракция.“

### 1.2. Основни подходи в компютърната интелигентност

Научните подходи, използвани в компютърната интелигентност, са еднакво достъпни и за изкуствения интелект, но насоките и целите в развитието им се

различават. Болшинството от тях имат корените си в класическия изкуствен интелект, но някои са самостоятелно появили се научни дисциплини.

Основните подходи в компютърната интелигентност са:

1. Размити системи;
2. Изкуствени невронни мрежи;
3. Метод на опорните вектори (Support Vector Machines);
4. Еволюционното изчисление;
5. Интелигентност на рояци (Swarm Intelligence);
6. Интелигентни агенти.

### **1.3. Интелигентни системи**

„Интелигентни системи” е термин с широк и неприет еднозначно обхват. Списанието „Intelligent Systems” на най-голямата професионална организация в света - Институтът на инженерите по електротехника и електроника (Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE) има ориентация предимно към информатиката, докато в многобройните международни научни форуми посветени на интелигентните системи, се наблюдава много по-широко схващане в посока на интердисциплинарност и мултидисциплинарност. Влага се особен акцент в понятието „интелигентни” чието съдържание, съответства в голяма степен по смисъл и обхват на понятията и техниките, разгледани по-горе.

### **1.4. Интуиционистки размити множества**

Теорията на размитите множества (PM) е дефинирана от Lotfi Aliasker Zadeh през 1965 г. като математически апарат за адекватно описание на неточността и неопределеността в природата. Доказателство за нарастващия интерес към тях са дефинираните в последствие разширения: L-PM (L-Fuzzy Sets) на J. Goguen, PM с интервални стойности (Interval Valued Fuzzy Sets) на M. Gorzalczany, “груби”

(грапави) множества (Rough Sets) на Z. Pawlak и Интуиционистки Размити Множества (ИРМ) на Кр. Атанасов.

#### 1.4.1. Дефиниция на ИРМ

$A$  представлява интуиционистки размито множество (ИРМ), чието описание има следния вид:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle / x \in E \},$$

където  $E$  е фиксирано множество, функцията  $\mu_A : E \rightarrow [0,1]$  задава съответната степен на принадлежност, а функцията  $\nu_A : E \rightarrow [0,1]$  - съответната степен на непринадлежност на елемента  $x \in E$  към множеството  $A \subseteq E$  и за всяко  $x \in E$  е изпълнено:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1.$$

Функцията  $\pi_A$  се описва с математическия израз:

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x),$$

който задава степента на неопределеност на принадлежността на елемента  $x \in E$  към множеството  $A$ . Очевидно, РМ е частен случай на ИРМ при  $\pi_A(x) = 0$  за всяко  $x \in E$ .

#### 1.4.2. Операции и релации над ИРМ

Операциите и релациите, дефинирани за интуиционистките размити множества са обобщение на операциите и релациите за размити множества.

#### 1.4.4. Оператори над ИРМ

В теорията на ИРМ са дефинирани операторите “необходимо” ( $\square$ ) и “възможно” ( $\square$ ), които преобразуват ИРМ в РМ.

### 1.5. Индексирани матрици

В практиката често възникват т.нар. многокритериални задачи за вземане на решение (ВР). Разнородни и разнообразни могат да бъдат както критериите, така и наличните данни, получени чрез измерването или оценяването на обектите спрямо критериите. Понякога измерването или оценяването по някои от критериите може да се окаже бавно, скъпо, ресурсоемко и т.н. В такива случаи за лицето вземащо решение, (ЛВР) ще е от съществена полза да могат да се пренебрегнат при бъдещото вземане на решение всички или част от тези „неблагоприятни“ критерии без съществена загуба на точност.

### 1.6. Метод на интеркритериалния анализ

Методът на интеркритериалния анализ се основава на два математически формализма - апарата на индексирани матрици за обработка на масиви от данни с различни размерности, и интуиционистки размитите множества като математически инструмент за третиране на неопределеността.

Нека  $M$  е индексирана матрица, конструирана по следния начин:

$$M = \begin{array}{c|cccccc} & O_1 & \dots & O_k & \dots & O_l & \dots & O_n \\ \hline C_1 & a_{C_1, O_1} & \dots & a_{C_1, O_k} & \dots & a_{C_1, O_l} & \dots & a_{C_1, O_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_i & a_{C_i, O_1} & \dots & a_{C_i, O_k} & \dots & a_{C_i, O_l} & \dots & a_{C_i, O_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_j & a_{C_j, O_1} & \dots & a_{C_j, O_k} & \dots & a_{C_j, O_l} & \dots & a_{C_j, O_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_m & a_{C_m, O_1} & \dots & a_{C_m, O_k} & \dots & a_{C_m, O_l} & \dots & a_{C_m, O_n} \end{array} \quad (12)$$

където за всяко  $p, q$  ( $1 \leq p \leq m, 1 \leq q \leq n$ ):

- $C_p$  е критерий;
- $O_q$  е обект;
- $a_{C_p, O_q}$  е оценката на  $q$ -тия обект срещу  $p$ -тия критерий.

По-детайлно, според представената по-долу таблица корелациите между критериите се наричат „силен позитивен консонанс“, „позитивен консонанс“, „слаб позитивен консонанс“, „слаб дисонанс“, „дисонанс“, „силен дисонанс“, „слаб негативен консонанс“, „негативен консонанс“ или „силно негативен консонанс“.

<i>Степен на корелация</i>	<i>Тип консонанс</i>
[0; 0,05]	Силен негативен консонанс
[0,05; 0,15)	Негативен консонанс
[0,15; 0,25)	Слаб негативен консонанс
[0,25; 0,33)	Слаб дисонанс
[0,33; 0,43)	Дисонанс
[0,43; 0,57)	Силен дисонанс
[0,57; 0,67)	Дисонанс
[0,67; 0,75)	Слаб дисонанс
[0,75; 0,85)	Слаб позитивен консонанс
[0,85; 0,95)	Позитивен консонанс
[0,95; 1]	Силен позитивен консонанс

*Таблица 1.1. Корелации между критериите*

## **ВТОРА ГЛАВА**

### **АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСИТЕ В БАНКОВОТО ДЕЛО**

Търсенето и разработването на нови, интелигентните методи за анализ на процесите в банковото дело е актуален научен проблем. Актуалността му се определя от променената икономическа среда, от необходимостта на бързо развитие и дигитализация на банковите услуги и най-вече на точни анализи на процесите в кредитните институции, на рисковете на които са изложени и на тълкуването на данни и оценка на тяхното управление.

#### **2.1. Възникване на банките**

Банките са възникнали в древността, в първите градове-държави. Една от първите банкови системи е тази във Вавилон, възникнала преди около 2000 години. Древните Вавилонски храмове натрупали пари от дарения и започнали да ги предоставят в заем на предприемачи.

Историческото развитие на банките преминава през различни етапи в зависимост от развитието на държавите и техните икономики. Банките винаги са били в помощ на населението и са предоставяли търсените услуги. Привличайки ресурс, те го предоставят на тези които търсят финансиране.

#### **2.2. История на банковото дело в България**

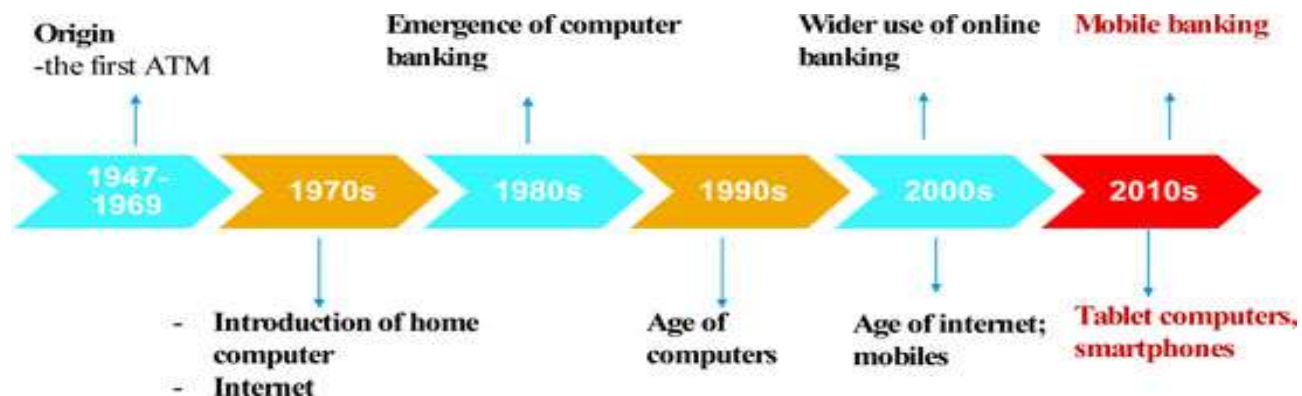
Създаването на банките и развитието на банковото дело в България е обусловено от нейното историческо развитие. До Освобождението на България не са съществували български банки. Страната ни преди това дълго време е била част от Турската империя. Създадената през 1857 г. Отоманска банка е имала представителства в България, но не може да се приеме за първа българска банка.

През 1859 г. в България се прави опит за създаване на банки, под формата на общополезни каси. След Освобождението те функционират като аграрни каси,

подпомагащи селските стопани и така поставят началото на банковото дело в България. Първата българска банка е създадената през 1879 г. Българска народна банка (БНБ). Първоначално тя не е имала право да сече монети, да печати и пуска пари в обръщение. По късно с промяна в устава ѝ през 1885г., тя вече има това право и издава първите български банкноти. БНБ играе важна роля в икономическия живот на страната. Тя е централна банка на България и от 2007г., след приемането на България за част от Европейския съюз, БНБ става част от системата на Европейските централни банки.

### 2.3. Новите технологии и развитието на банковото дело в света

На фигура 2.1. са представени най-важните моменти в развитието на цифровите технологии в областта на финансите.



Фиг. 2.1. История на цифровите технологии

Електронното банкиране започва с появата на АТМ – банкоматите и дебитните карти през 60-те години на 20 век. Посредством тях потребителите могат да получават пари в брой, да правят депозити да плащат комунални сметки и др.

Най-значимо събитие в развитието на банките през 20 век е появата на онлайн банкирането, което в най-ранните си форми е от 80-те години на миналия

век. Най-голям тласък в неговото развитие е появата на интернет в средата на 90-те години.

#### **2.4. Анализ на процесите на финансиране на бизнеса в Европа**

Икономиката на всяка страна се финансира по различен начин от различни източници. Основен източник на финансиране за фирмите са банките.

#### **2.5. Анализ на процесите на регулация на банките в Европа**

Банките и по-конкретно тяхната дейност е една от най-регулираните в света. В Европа страните които са част от Европейския съюз, дейността на банките им се контролира от надзорната институция на дадената страна и от Европейската централна банка (ЕЦБ). Това представлява така наречения Единен надзорен механизъм. ЕЦБ е независима институция към Европейския съвет. Нейната роля се състои в установяване на единен текущ надзор над кредитните институции, осигуряване на прилагането и спазването на единни, хармонизирани правила и политики, предприемане, когато е необходимо, на коригиращи действия. За постигането на тези цели ЕЦБ работи в тясно сътрудничество с националните надзорни органи.

#### **2.6. Изисквания за отчетност на банките в Европа**

Считано от 28.06.2021 г. изискванията за отчетност от страна на кредитните институции се уреждат в Регламент за изпълнение, който заменя Регламент за изпълнение. В публикация се установяват единни формати и образци за докладване, указания и методология за използването на тези образци, честота и дати на докладване, определения и информационни технологии за докладването.

В регламентите са указани и периодичността на отчетите. Въз основа на получаваните отчети, на тримесечна база Европейската централна банка публикува агрегирана информация за наблюдаваните кредитни институции. Това представлява Надзорната банкова статистика, Фиг. 2.3.





Фиг. 2.3. Надзорна банкова статистика

Информацията в този отчет е представена изцяло в табличен вид. Разделена е в шест основни области – Обща статистика, Балансова композиция и способност за генериране на печалба, Капиталова адекватност и ливъридж, Качество на активите, Финансиране и Ликвидност. Общият брой на таблиците в различните отчети варира от 59 до 62. Информацията в таблиците в общия случай е разделена за отчетния период, по страни и по класификация. Тя е на най-високо консолидирано ниво. Някои страни поради причини за конфиденциалност не дават съгласие за това определени данни да бъдат публикувани. България например участва с една значима банка и нейните данни не се публикуват в Надзорната банкова статистика. Поради тази причина в дисертационния труд се анализира информацията за банките в осем европейски страни, за които има пълна информация. Това са Германия, Испания, Франция, Италия, Люксембург, Нидерландия, Австрия и Португалия. От таблиците в Надзорната банкова статистика, са избрани за анализ данни за – Печалби и загуби по страни, Ключови индикатори за представяне по страни и Необслужвани кредити и аванси по страни.

Данните за печалбите и загубите по страни за четвъртото тримесечие на 2020 г. са 13 на брой, а за четвъртото тримесечие на 2021 г. са 15 на брой. Разликата се дължи на променена, към по-детайлизирана отчетност на печалбите и загубите от финансови активи и пасиви.

## 2.7. Анализ на конкурентоспособността на икономиките в света

Други данни, които са анализирани в дисертационния труд са данните публикувани в годишните доклади за конкурентоспособност – *The Global competitiveness report* на Световния икономически форум. Създаден е през 1971 г. от проф. Клаус Шваб. Седалището е в Женева, Швейцария. Организацията е популярна с годишните срещи провеждани в Давос, Швейцария.

Глобалният доклад за конкурентоспособността измерва конкурентоспособността на страните и техните икономики. За целите на анализа, в настоящия дисертационен труд са използвани данните за 2018 г. и 2019 г.



Фиг. 2.4. Глобален доклад за конкурентоспособността

През 2018 г., Световния икономически форум представя в доклада си Глобален индекс за конкурентоспособност. Вследствие на глобализацията и четвъртата индустриална революция, изследователите на форума решават, че е необходим нов икономически компас. На базата на 40 годишния си опит в анализиране на конкурентоспособността и натрупаните данни, те създават този индекс, които публикуват в Глобалния доклад за конкурентоспособност. Информацията в доклада е организирана и разделена на четири основни области в които са разпределени 12 Стълба и във всеки едни има по няколко индикатора. Това са – **Благоприятна среда със стълбове** - 1. Институции, 2. Инфраструктура, 3. Интернет, компютри и комуникации 4. Макроикономическа стабилност; **Човешки капитал със стълбове** – 5. Здраве и 6. Умения; **Пазари със стълбове** – 7. Пазар на продукти, 8. Трудов пазар, 9. Финансова система, 10. Пазарна големина; **Иновативна екосистема със стълбове** – 11. Бизнес динамика и 12. Иновативна способност.

От всичко казано до тук следва, че е необходим иновативен метод за анализ на множеството данни за конкурентоспособността на икономиките. В настоящия дисертационен труд икономическите данни за процесите в банките ще се анализират посредством прилагане на интеркритериалния анализ, дефиниран от Красимир Атанасов. Това е метод за подпомагане на процеса на вземане на решения, базиран на два математически формализма: алгебричен апарат от индексирани матрици за обработка на масиви от данни, и интуиционистките размити множества.

В заключение, трябва да се отбележи, че е извършен критичен анализ на възможността за прилагане на многокритериален метод за вземане на решения, при оценка на процесите в банковото дело. За целите на анализа са определени достатъчно информативни показатели от дейността на банките в страните членки на Европейския съюз. Използваните данни са на агрегирано ниво за всяка страна.





## ТРЕТА ГЛАВА

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРИЛАГАНЕТО НА ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСИТЕ В БАНКОВОТО ДЕЛО

В тази глава от дисертационния труд са представени получените резултати от проведения анализ. Използван е методът - Интеркритериален анализ (InterCriteria Analysis - ICA), който първоначално е разработен, за да отразява ситуации, където някои от критериите са с по-висока себестойност от останалите, като например техните оценки се получават по-трудно, по-скъпо и/или отнемат повече време.

#### 3.1. Анализ на финансовата система на страните членки на ЕС

В публикация [1], параметрите на страните са детайлно анализирани използвайки многокритериалния метод за вземане на решения – Интеркритериален анализ (InterCriteria Analysis - ICA). Като изходни данни са използвани данни от Годишния доклад за конкурентоспособност на страните за 2019 г., публикуван от екипа на Световния Икономически Форум, който се провежда в Швейцария. В доклада фигурират данни за 141 страни. По данни на авторите на доклада, тези страни произвеждат 99% от брутния национален доход. Анализираните данни от доклада измерващ конкурентостта са от Стълб 9 – Финансова система с индикатори: 1 – Местни кредити като % от БВП (Брутен вътрешен продукт); 2 – Финансиране на малък и среден бизнес; 3 – Изискване за капитал при начинание – стартиращ бизнес; 4 – Пазарна капитализация като % от БВП; 5 – Застрахователни премии, като обем от БВП; 6 – Стабилност на банките ; 7 – Необслужвани кредити като % от общо кредити; 8 – Кредитен gap в % и 9 – Регулаторно изискване за капиталово съотношение като % от общо рисково претеглени активи.

Bulgaria		51st/140		
Index Component	Value	Score *	Rank/140	Best Performer
 <b>Pillar 7: Product market</b> 0-100 (best)	-	56.7 ↑	62	Singapore
7.01 Distortive effect of taxes and subsidies on competition 1-7 (best)	3.3	38.1 ↑	107	Singapore
7.02 Extent of market dominance 1-7 (best)	3.7	45.0 ↓	71	Switzerland
7.03 Competition in services 1-7 (best)	5.2	69.5 ↑	50	Hong Kong SAR
7.04 Prevalence of non-tariff barriers 1-7 (best)	4.2	53.6 ↓	89	Singapore
7.05 Trade tariffs % duty	1.13	92.4 ↓	24	Hong Kong SAR
7.06 Complexity of tariffs 1-7 (best)	3.0	33.7 ↓	112	Hong Kong SAR
7.07 Efficiency of the clearance process 1-5 (best)	2.9	48.4 ↑	43	Germany
7.08 Services trade openness 0-100 (worst)	15.5	84.5 =	17	Ecuador
 <b>Pillar 8: Labour market</b> 0-100 (best)	-	62.0 ↑	50	United States
8.01 Redundancy costs weeks of salary	8.6	90.4 =	18	Multiple (8)
8.02 Hiring and firing practices 1-7 (best)	3.8	46.9 ↑	69	Hong Kong SAR
8.03 Cooperation in Labour-employer relations 1-7 (best)	3.8	46.3 ↓	118	Switzerland
8.04 Flexibility of wage determination 1-7 (best)	5.2	70.2 ↑	44	Hong Kong SAR
8.05 Active Labour policies 1-7 (best)	3.4	40.6 ↑	65	Switzerland
8.06 Workers' rights 0-100 (best)	79.4	79.4 ↑	39	Multiple (4)
8.07 Ease of hiring foreign labour 1-7 (best)	3.8	46.4 ↓	100	Albania
8.08 Internal Labour mobility 1-7 (best)	4.7	61.3 ↑	50	Guinea
8.09 Reliance on professional management 1-7 (best)	3.5	42.1 ↓	112	Finland
8.10 Pay and productivity 1-7 (best)	3.7	45.6 ↑	81	United States
8.11 Female participation in Labour force ratio	0.88	84.5 ↓	36	Multiple (4)
8.12 Labour tax rate %	20.2	83.1 =	93	Multiple (26)
 <b>Pillar 9: Financial system</b> 0-100 (best)	-	58.2 ↑	71	United States
9.01 Domestic credit to private sector % GDP	55.9	58.9 ↓	62	Multiple (29)
9.02 Financing of SMEs 1-7 (best)	3.7	45.3 ↑	77	United States
9.03 Venture capital availability 1-7 (best)	3.2	37.1 ↑	50	United States
9.04 Market capitalization % GDP	14.4	14.4 =	86	Multiple (12)
9.05 Insurance premium % GDP	2.1	34.4 =	57	Multiple (16)
9.06 Soundness of banks 1-7 (best)	4.5	59.1 ↑	88	Finland
9.07 Non-performing loans % loan portfolio value	13.2	74.4 ↑	114	Multiple (2)
9.08 Credit gap percentage points	-17.0	100.0 =	9	Multiple (97)
9.09 Banks' regulatory capital ratio ratio	20.4	100.0 =	22	Multiple (72)
 <b>Pillar 10: Market size</b> 0-100 (best)	-	54.6 ↑	64	China

Фиг. 3.1. Данни за финансовата система в страните на Европейския съюз

Целта е да се покаже връзката между тези икономически индикатори посредством прилагане на многокритериален метод за вземане на решения – Интеркритериален анализ (InterCriteria Analysis - ICA). Избраните индикатори от авторите на доклада са резултат на обработка на данни на различни институции и на цифрова оценка на проведено допитване. Подробно описание на индикаторите и на

Стълб 9 от доклада е направено в Глава 2 в настоящия дисертационен труд. Получените резултати от анализа са показани в Таблица 3.1 и Таблица 3.2.

Подробно описание на индикаторите и на Стълб 9 от доклада е направено в Глава 2 в настоящия дисертационен труд.

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.000	0.569	0.560	0.689	0.655	0.520	0.462	0.406	0.446
2	0.569	1.000	0.855	0.680	0.597	0.766	0.132	0.628	0.615
3	0.560	0.855	1.000	0.680	0.600	0.717	0.166	0.625	0.625
4	0.689	0.680	0.680	1.000	0.791	0.640	0.326	0.505	0.578
5	0.655	0.597	0.600	0.791	1.000	0.535	0.418	0.449	0.465
6	0.520	0.766	0.717	0.640	0.535	1.000	0.169	0.680	0.597
7	0.462	0.132	0.166	0.326	0.418	0.169	1.000	0.298	0.280
8	0.406	0.628	0.625	0.505	0.449	0.680	0.298	1.000	0.618
9	0.446	0.615	0.625	0.578	0.465	0.597	0.280	0.618	1.000

Таблица 3.1. Стойности на  $\mu$

$\nu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.000	0.391	0.388	0.308	0.338	0.449	0.532	0.591	0.548
2	0.391	0.000	0.065	0.277	0.357	0.169	0.822	0.329	0.338
3	0.388	0.065	0.000	0.265	0.342	0.200	0.782	0.320	0.317
4	0.308	0.277	0.265	0.000	0.206	0.326	0.665	0.489	0.412
5	0.338	0.357	0.342	0.206	0.000	0.428	0.569	0.542	0.523
6	0.449	0.169	0.200	0.326	0.428	0.000	0.794	0.286	0.372
7	0.532	0.822	0.782	0.665	0.569	0.794	0.000	0.692	0.708
8	0.591	0.329	0.320	0.489	0.542	0.286	0.692	0.000	0.372
9	0.548	0.338	0.317	0.412	0.523	0.372	0.708	0.372	0.000

Таблица 3.2. Стойности на  $\nu$

Резултатите от проведения интеркритериален анализ показват следното:

Индикатори 1 („Местни кредити като % от БВП (Брутен вътрешен продукт)“) и 6 („Стабилност на банките“) са в силен дисонанс;

Индикатори 1 („Местни кредити като % от БВП (Брутен вътрешен продукт)“) и 7 („Необслужвани кредити като % от общо кредити“) са в силен дисонанс;

Индикатори 2 („Финансиране на малък и среден бизнес“) и 3 („Изискване за капитал при стартиращ бизнес“) са в позитивен консонанс;

Индикатори 2 („Финансиране на малък и среден бизнес“) и 7 („Необслужвани кредити като % от общо кредити“) са в негативен консонанс;

Индикатори 3 („Изискване за капитал при стартиращ бизнес“) и 4 („Пазарна капитализация като % от БВП“) са в слаб дисонанс;

Индикатори 3 („Изискване за капитал при стартиращ бизнес“) и 7 („Необслужвани кредити като % от общо кредити“) са в слаб негативен консонанс;

Индикатори 4 („Пазарна капитализация като % от БВП“) и 8 („Кредитен gap в %“) са в силен дисонанс;

Индикатори 5 („Застрахователни премии, като обем от БВП“) и 6 („Стабилност на банките“) са в силен дисонанс;

Индикатори 6 („Стабилност на банките“) и 8 („Кредитен gap в %“) са в слаб дисонанс;

Индикатори 8 („Кредитен gap в %“) и 9 („Регулаторно изискване за капиталово съотношение като %“) са в дисонанс.

Анализът показва зависимост между критерий 2 („*Финансиране на малък и среден бизнес*“) и критерий 3 („*Изискване за капитал при стартиращ бизнес*“). Основната причина за това е, че данните са взети след проучване, което показва способността на малкия или стартиращ бизнес да намерят пари за финансиране на своята дейност, на своите иновативни идеи.

Наблюдава се слаб дисонанс между критерий 6 („*Стабилност на банките*“) и критерий 8 („*Кредитен гап в %*“). Стабилността на банките е оценена след допитване, т.е. тя е субективна оценка. Кредитният гап се счита за ранен индикатор за приближаваща банкова криза.

От друга страна, има слаба зависимост между критерий 6 („*Стабилност на банката*“) и критерий 7 („*Необслужвани кредити като % от общо кредити*“). Това се дължи на значението на тези критерии. Ако една банка е в добро състояние, нивото на нейните необслужвани кредити е много ниско.

Получените резултати показват, че критерий 1 („*Местни кредити като % от БВП (Брутен вътрешен продукт)*“), критерий 7 („*Необслужвани кредити като % от общо кредити*“) и критерий 8 („*Кредитен гап в %*“) са в дисонанс, както помежду си така и с всички останали, т.е. те са независими критерии. Критерий 7 („*Необслужвани кредити като % от общо кредити*“) има цифрово изражение и е резултат на финансовото състояние на фирмите и тяхната възможност да си обслужват задълженията.

### **3.2. Анализ на дейността на участниците във финансовата система на страните членки на ЕС**

В публикация [3] са използвани, за целите на анализа, данни от доклада за конкурентоспособност за 2018 г., като се очакваше Световния икономически форум да публикува такъв доклад и за следващата година. За съжаление се случи световна здравна криза предизвикана от COVID-19. На дневен ред излязоха много други проблеми. Икономиките претърпяха големи сътресения и загуби. Заговори се за



възстановяване. Екипите на Световния икономически форум започнаха да обсъждат промени в доклада.

В Глобалния доклад за конкурентоспособност данните са разделени в 12 стълба, към всеки има под индикатори, които са общо 98 на брой. Анализирани са индикаторите от Стълб 9 – Финансова система – Дълг и Стабилност. Той се състои от следните под индикатори: 1 – Местни кредити като % от БВП (Брутен вътрешен продукт); 2 – Финансиране на малък и среден бизнес; 3 – Изискване за капитал при начинание – стартиращ бизнес; 4 – Пазарна капитализация като % от БВП; 5 – Застрахователни премии, като обем от БВП; 6 – Стабилност на банките; 7 – Необслужвани кредити като % от общо кредити; 8 – Кредитен gap в % и 9 – Регулаторно изискване за капиталово съотношение като % от общо рисково претеглени активи.

Получените резултати от прилагането на интеркритериалния анализ са представени в следващите две таблици.

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0,5328	0,5584	0,7407	0,6952	0,51	0,4501	0,3903	0,4103
2	0,5328	1	0,8376	0,6667	0,6182	0,755	0,1481	0,5983	0,5698
3	0,5584	0,8376	1	0,6809	0,6382	0,7151	0,1823	0,5926	0,6011
4	0,7407	0,6667	0,6809	1	0,7806	0,6125	0,3618	0,4758	0,4986
5	0,6952	0,6182	0,6382	0,7806	1	0,5556	0,4217	0,453	0,433
6	0,51	0,755	0,7151	0,6125	0,5556	1	0,1795	0,6895	0,5812
7	0,4501	0,1481	0,1823	0,3618	0,4217	0,1795	1	0,2934	0,3333
8	0,3903	0,5983	0,5926	0,4758	0,453	0,6895	0,2934	1	0,6125
9	0,4103	0,5698	0,6011	0,4986	0,433	0,5812	0,3333	0,6125	1

Таблица 3.3. Стойности на  $\mu$

Анализът на данните показва наличие на зависимост между критерий 1 („Вътрешно кредитиране на частния сектор от банки като % от БВП“) и критерий 4 („Пазарна капитализация като % от БВП“). И двата показателя показват развитието на икономиката и това е основната причина за връзка им.

При този анализ също се проявява зависимост между критерий 3 („Изискване за капитал при стартиращ бизнес“) и критерий 2 („Финансиране на МСП“). Тя показва способността на малкия или стартиращия бизнес да намерят капитал, за да финансират бизнеса си. Анализирайки останалите резултати може да се каже, че се наблюдава и още една зависимост между критерий 6 („Стабилност на банките“) и критерий 8 („Кредитен gap в %“).

При анализа на данните се забелязва слаба зависимост между критерий 6 („Стабилност на банката“) и критерий 7 („Необслужвани кредити като % от общо кредити“). Отново обяснението е, че това се дължи на значението на тези критерии. Ако една банка е стабилна, нивото на нейните необслужвани кредити е много малко или размерът им се покрива в голяма степен с активи.

$\nu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0,4131	0,4046	0,2564	0,2906	0,4644	0,5385	0,604	0,5812
2	0,4131	0	0,0769	0,2821	0,3191	0,1709	0,792	0,3476	0,3732
3	0,4046	0,0769	0	0,2849	0,3162	0,2279	0,7806	0,3704	0,359
4	0,2564	0,2821	0,2849	0	0,208	0,3647	0,6296	0,5214	0,4957
5	0,2906	0,3191	0,3162	0,208	0	0,416	0,5584	0,5328	0,5499
6	0,4644	0,1709	0,2279	0,3647	0,416	0	0,7892	0,2849	0,3903
7	0,5385	0,792	0,7806	0,6296	0,5584	0,7892	0	0,7009	0,6524
8	0,604	0,3476	0,3704	0,5214	0,5328	0,2849	0,7009	0	0,3789
9	0,5812	0,3732	0,359	0,4957	0,5499	0,3903	0,6524	0,3789	0

Таблица 3.4. Стойности на  $\nu$

Представените резултати показват слаба зависимост и между критерий 7

(„Необслужвани кредити като % от общия кредит”) и критерий 8 („Кредитен гап в %”). Основната причина за това е, че кредитният гап е ранен индикатор за прогнозиране на финансова криза. Високото ниво на необслужвани кредити може да бъде причина за такава криза.

Изводите направени при анализа на данните от докладите за конкурентоспособност за 2018 г. и за 2019 г., показват, че силните и слабите зависимости между индикаторите се проявяват по един и същи начин. Чрез метода на интеркритериалния анализ по един безспорен начин се потвърждава влиянието им, като следствие на икономическото значение на индикаторите и очакваната връзка между тях.

### **3.3. Анализ на финансовите показатели на страни членки на ЕС за 2020**

В публикация [4] са анализирани данни от отчета на Европейската централна банка - Надзорна банкова статистика за 2020 г., като е използван за целите на анализа метода - Интеркритериален анализ (InterCriteria Analysis - ICA). Посредством него се анализира масив от данни, показват се взаимовръзки, които на пръв поглед може да са невидими, научно обосновано се потвърждават очаквани взаимодействия.

Анализът е проведен за избрани осем страни членки на ЕС (Германия, Испания, Франция, Италия, Люксембург, Нидерландия, Австрия и Португалия) за 2020 г. със следните индикатори:

#### Данни за печалбите и загубите по страни:

1. Нетен лихвен доход.
2. Нетни приходи от такси и комисионни.
3. Нетни приходи от търговия.
4. Нетни курсови разлики.

5. Други нетни оперативни приходи.
6. Оперативни приходи.
7. Административни разходи и обезценка.
8. Нетни приходи, преди обезценка, провизии и данъци.
9. Обезценка и провизии.
10. Други.
11. Печалба или загуба преди данъци.
12. Данъчни приходи или разходи.

На Фиг. 3.3. са представени данните, използвани в изследването, за Печалбите и загубите по страни, публикувани в отчета на Европейската централна банка - Надзорна банкова статистика за четвърто тримесечие на 2020 г.

Ключови рискови индикатори по страни:

13. RoA – Възвращаемост на активите.
14. RoE – Възвращаемост на капитала.
15. CIR – Съотношение на приходите и разходите..
16. COR – Цена на риска

На Фиг. 3.4 са представени данните за ключовите рискови индикатори, по страни, които са използвани в изследването от отчета Европейската централна банка - Надзорна банкова статистика за четвърто тримесечие на 2020 г.

## T02.01.2 Profit and loss figures by country

(EUR millions; percentages)

Profit and loss <sup>1) 2)</sup> (Q4 2020)	Total	Belgium	Bulgaria	Germany	Estonia	Ireland	Greece	Spain	France	Croatia <sup>7)</sup>	Italy
Net interest income	259,391.66	6,002.34	C	31,677.44	572.04	5,549.98	5,524.05	58,965.95	69,909.25	-	28,062.09
Net fee and commission income	140,314.47	3,288.57	C	21,012.61	193.11	2,504.33	1,208.45	20,685.06	51,251.96	-	21,947.75
Net trading income	22,140.27	-126.95	C	3,019.84	6.35	241.61	59.32	4,587.49	12,292.42	-	938.07
Exchange differences, net	-1,678.70	350.28	C	106.50	28.62	48.39	42.06	-2,201.07	-711.84	-	545.22
Net other operating income <sup>3)</sup>	27,710.99	233.86	C	3,857.33	88.58	1,034.75	2,553.57	3,833.25	7,534.51	-	5,484.07
<b>Operating income <sup>4)</sup></b>	<b>447,978.69</b>	<b>10,348.09</b>	<b>C</b>	<b>59,673.72</b>	<b>888.69</b>	<b>9,379.07</b>	<b>9,387.45</b>	<b>85,870.72</b>	<b>140,276.31</b>	<b>-</b>	<b>56,997.20</b>
Administrative expenses and depreciation	-295,788.51	-6,344.57	C	-45,696.86	-490.22	-6,501.54	-3,949.24	-45,799.62	-100,191.51	-	-41,654.56
<b>Net income before impairment, provisions and taxes</b>	<b>152,190.18</b>	<b>4,003.52</b>	<b>C</b>	<b>14,006.86</b>	<b>398.47</b>	<b>2,877.53</b>	<b>5,438.21</b>	<b>40,671.09</b>	<b>40,084.80</b>	<b>-</b>	<b>15,342.65</b>
Impairment and provisions <sup>5)</sup>	-118,222.53	-1,648.59	C	-10,751.10	C	C	-6,086.51	-37,862.74	-22,621.72	-	-18,321.74
Other	17,719.64	318.59	C	48.39	C	C	-232.51	2,307.39	10,920.25	-	2,984.87
<b>Profit and loss before tax <sup>6)</sup></b>	<b>45,268.96</b>	<b>2,673.52</b>	<b>C</b>	<b>3,333.46</b>	<b>340.14</b>	<b>-1,614.12</b>	<b>-1,245.18</b>	<b>-1,897.04</b>	<b>28,129.72</b>	<b>-</b>	<b>1,218.24</b>
Tax expenses or income	-21,754.74	-529.89	C	-2,026.32	-40.18	148.01	-507.43	-7,119.13	-6,595.65	-	-744.09
<b>Net profit/loss</b>	<b>23,514.22</b>	<b>2,143.63</b>	<b>C</b>	<b>1,307.14</b>	<b>299.98</b>	<b>-1,466.11</b>	<b>-1,752.61</b>	<b>-8,918.17</b>	<b>21,534.07</b>	<b>-</b>	<b>474.15</b>
Net interest income/Operating income	57.90%	63.80%	C	53.08%	64.37%	59.17%	58.85%	68.67%	49.84%	-	49.27%
Net fee and commission income/Operating income	31.32%	31.78%	C	35.21%	21.73%	26.70%	12.87%	24.09%	36.54%	-	38.51%
Net trading income/Operating income	4.94%	-1.23%	C	5.06%	0.71%	2.58%	0.63%	5.34%	8.76%	-	1.65%

Profit and loss <sup>1) 2)</sup> (Q4 2020)	Cyprus	Latvia	Lithuania	Luxembourg	Malta	Netherlands	Austria	Portugal	Slovenia	Slovakia <sup>7)</sup>	Finland
Net interest income	742.16	C	339.07	1,156.84	301.78	29,559.47	10,161.27	3,137.96	C	-	6,159.69
Net fee and commission income	220.56	C	182.45	1,587.24	93.50	6,419.85	4,564.95	1,491.11	C	-	3,180.05
Net trading income	C	C	20.67	152.17	C	272.14	111.33	-74.72	C	-	518.22
Exchange differences, net	C	C	17.16	38.68	C	149.53	-111.05	184.51	C	-	C
Net other operating income <sup>3)</sup>	64.63	C	17.85	276.19	3.42	1,548.15	716.06	-291.92	C	-	C
<b>Operating income <sup>4)</sup></b>	<b>1,058.03</b>	<b>C</b>	<b>577.20</b>	<b>3,214.13</b>	<b>418.30</b>	<b>37,949.15</b>	<b>15,442.57</b>	<b>4,446.94</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>10,501.90</b>
Administrative expenses and depreciation	-705.39	C	-257.88	-2,532.23	-313.62	-23,083.30	-9,389.93	-2,647.35	C	-	-5,945.55
<b>Net income before impairment, provisions and taxes</b>	<b>350.64</b>	<b>C</b>	<b>319.32</b>	<b>681.90</b>	<b>104.68</b>	<b>14,865.85</b>	<b>6,052.64</b>	<b>1,799.59</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>4,556.35</b>
Impairment and provisions <sup>5)</sup>	C	C	-30.86	-190.11	C	-8,765.31	-2,879.99	-2,262.58	C	-	-1,273.97
Other	C	C	-0.24	8.09	C	280.14	172.75	167.75	C	-	C
<b>Profit and loss before tax <sup>6)</sup></b>	<b>-95.24</b>	<b>C</b>	<b>288.27</b>	<b>499.87</b>	<b>-40.78</b>	<b>6,380.68</b>	<b>3,345.39</b>	<b>-324.62</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>C</b>
Tax expenses or income	-17.71	C	-55.35	-114.80	-4.09	-2,291.61	-789.04	-292.80	C	-	C
<b>Net profit/loss</b>	<b>-112.95</b>	<b>C</b>	<b>232.93</b>	<b>385.07</b>	<b>-44.87</b>	<b>4,089.08</b>	<b>2,556.35</b>	<b>-617.22</b>	<b>C</b>	<b>-</b>	<b>2,806.80</b>
Net interest income/Operating income	70.28%	C	58.74%	36.09%	72.14%	77.89%	65.80%	70.56%	C	-	58.65%
Net fee and commission income/Operating income	20.89%	C	31.61%	49.38%	22.35%	16.92%	29.56%	33.53%	C	-	30.28%
Net trading income/Operating income	C	C	3.58%	4.73%	C	0.72%	0.72%	-1.68%	C	-	4.92%

Source: ECB.

Notes: Significant institutions at the highest level of consolidation for which common reporting (COREP) and financial reporting (FINREP) are available.

C: the value is suppressed for confidentiality reasons.

1) Profit and loss statement figures may be based on different financial years. To increase consistency, if the end of the financial year is not 31 December, a linear projection of the figures has been made for each reporting period.

2) Figures reported are year-to-date.

3) This includes, among other items, gains or losses resulting from the valuation of financial assets/liabilities at fair value, where those financial assets/liabilities are not reported as "held for trading".

4) Operating income before administrative expenses and depreciation are deducted.

5) Provisions include provisions for "commitments and guarantees given" and "other provisions".

6) Profit and loss before tax from continued operations (i.e. "net income before impairment, provisions and taxes" + "impairment and provisions" + "other") plus profit and loss before tax from discontinued operations.

7) There are no significant institutions at the highest level of consolidation in Croatia and Slovakia.

Фиг. 3.3. Данни от ЕЦБ – Надзорна банкова статистика за четвърто тримесечие на 2020 г.

### T02.02.2 Key performance indicators by country (percentages)

Country <sup>1) 2)</sup> (Q4 2020)	Return on equity (RoE)	Return on assets (RoA)	Cost-to-income ratio (CiR)	Cost of Risk (CoR) <sup>4)</sup>
Belgium	5.49%	0.37%	61.31%	0.61%
Bulgaria	C	C	C	C
Germany	0.57%	0.03%	76.53%	0.43%
Estonia	6.75%	0.82%	55.16%	0.30%
Ireland	-2.92%	-0.29%	69.32%	1.52%
Greece	-6.81%	-0.62%	42.07%	0.76%
Spain	-4.15%	-0.26%	52.64%	1.22%
France	4.23%	0.26%	71.42%	0.53%
Croatia <sup>3)</sup>	-	-	-	-
Italy	0.26%	0.02%	73.08%	0.73%
Cyprus	-3.26%	-0.27%	66.80%	2.54%
Latvia	C	C	C	C
Lithuania	10.60%	0.86%	44.68%	0.25%
Luxembourg	2.88%	0.21%	78.78%	0.16%
Malta	-2.52%	-0.20%	74.97%	1.26%
Netherlands	3.20%	0.18%	60.83%	0.49%
Austria	5.09%	0.43%	60.81%	0.74%
Portugal	-3.20%	-0.28%	59.53%	1.24%
Slovenia	C	C	C	C
Slovakia <sup>3)</sup>	-	-	-	-
Finland	5.84%	0.41%	56.61%	0.32%

Source: ECB.

Notes: Significant institutions at the highest level of consolidation for which common reporting (COREP) and financial reporting (FINREP) are available.

C: the value is suppressed for confidentiality reasons.

1) RoE and RoA are computed by dividing "net profit/loss" by, respectively, "equity" and "total assets" at the end of the corresponding reference period. The values of "net profit/loss", originally year-to-date, are annualised to increase the comparability of the ratios across quarters.

2) Returns figures may be based on different financial years. To increase consistency, if the end of the financial year is not 31 December, a linear projection of the figures has been made for each reporting period.

3) There are no significant institutions at the highest level of consolidation in Croatia and Slovakia.

4) As set out in the list of definitions of ITS data points, the numerator of the cost of risk indicator is adjustments in allowances for estimated loan losses during the relevant period (annualised). Those adjustments may be negative in certain circumstances.

Фиг. 3.4. Ключови индикатори по страни за 2020 г.

#### Необслужвани кредити по страни

17. Кредити и аванси.
18. Необслужвани кредити и аванси.
19. Съотношение на необслужваните кредити и аванси в %.

**T04.02.2 Asset quality: non-performing loans and advances by country**

(EUR billions; percentages)

Country (Q4 2020)	Loans and advances <sup>2)</sup>	Non-performing loans and advances	Non-performing loans ratio
Belgium	450.72	7.89	1.75%
Bulgaria	C	C	C
Germany	2,792.34	33.43	1.20%
Estonia	33.49	0.40	1.19%
Ireland	369.86	12.43	3.36%
Greece	210.16	53.68	25.54%
Spain	2,381.57	69.67	2.93%
France	5,440.22	119.26	2.19%
Croatia <sup>1)</sup>	-	-	-
Italy	1,872.10	77.34	4.13%
Cyprus	32.07	3.27	10.21%
Latvia	C	C	C
Lithuania	25.32	0.32	1.25%
Luxembourg	147.77	1.16	0.78%
Malta	16.54	0.57	3.46%
Netherlands	1,948.22	36.94	1.90%
Austria	475.40	9.99	2.10%
Portugal	148.46	8.13	5.48%
Slovenia	C	C	C
Slovakia <sup>1)</sup>	-	-	-
Finland	505.29	7.66	1.51%
<b>Total</b>	<b>16,890.71</b>	<b>443.54</b>	<b>2.63%</b>

Source: ECB.

Notes: Significant institutions at the highest level of consolidation for which common reporting (COREP) and financial reporting (FINREP) are available.

C: the value is suppressed for confidentiality reasons.

1) There are no significant institutions at the highest level of consolidation in Croatia and Slovakia.

2) Loans and advances in the asset quality tables are displayed at gross carrying amount. In line with FINREP: i) held for trading exposures are excluded, ii) cash balances at central banks and other demand deposits are included.

Фиг. 3.5. Качество на активите за 2020 г.

Икономическата същност на индикаторите, източниците на данни и причините за избора са подробно описани в Глава 2 на настоящата дисертация.

На Фиг. 3.5 е представена една от таблиците за качеството на активите - данните за необслужваните кредити, по страни които са използвани в изследването от отчета на Европейската централна банка - Надзорна банкова статистика, четвърто тримесечие на 2020 г. Получените резултати след обработка, прилагайки метода на Интеркритериалния анализ са представени в следващите Таблица 3.5 и Таблица 3.6.

ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСИТЕ В БАНКОВОТО ДЕЛО 72

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	0,8214	0,8929	0,3214	0,8214	0,9643	0,0714	0,8571	0,1071	0,7857	0,6429	0,1071	0,6429	0,5	0,5	0,4643	0,464	0,964	0,8571	0,5
2	0,8214	1	0,8571	0,4286	1	0,8571	0,1071	0,8214	0,1429	0,8214	0,6786	0,2857	0,6786	0,536	0,5357	0,5714	0,429	0,857	0,8929	0,536
3	0,8929	0,8571	1	0,3571	0,8571	0,9286	0,1071	0,8214	0,1429	0,75	0,6071	0,2143	0,6071	0,464	0,4643	0,5714	0,429	0,857	0,8214	0,464
4	0,3214	0,4286	0,3571	1	0,4286	0,3571	0,6071	0,3929	0,6429	0,4643	0,4643	0,7143	0,4643	0,393	0,3214	0,5714	0,5	0,357	0,4643	0,536
5	0,8214	1	0,8571	0,4286	1	0,8571	0,1071	0,8214	0,1429	0,8214	0,6786	0,2857	0,6786	0,536	0,5357	0,5714	0,429	0,857	0,8929	0,536
6	0,9643	0,8571	0,9286	0,3571	0,8571	1	0,0357	0,8929	0,0714	0,8214	0,6071	0,1429	0,6071	0,464	0,4643	0,5	0,5	0,929	0,8929	0,536
7	0,0714	0,1071	0,1071	0,6071	0,1071	0,0357	1	0,1429	0,8929	0,2143	0,3571	0,8214	0,3571	0,5	0,5	0,4643	0,536	0,036	0,1429	0,5
8	0,8571	0,8214	0,8214	0,3929	0,8214	0,8929	0,1429	1	0,0357	0,8571	0,5714	0,1071	0,5714	0,429	0,4286	0,3929	0,607	0,821	0,9286	0,643
9	0,1071	0,1429	0,1429	0,6429	0,1429	0,0714	0,8929	0,0357	1	0,1786	0,4643	0,8571	0,4643	0,607	0,6071	0,5714	0,429	0,143	0,1071	0,393
10	0,7857	0,8214	0,75	0,4643	0,8214	0,8214	0,2143	0,8571	0,1786	1	0,6429	0,25	0,6429	0,5	0,5	0,3929	0,607	0,75	0,9286	0,714
11	0,6429	0,6786	0,6071	0,4643	0,6786	0,6071	0,3571	0,5714	0,4643	0,6429	1	0,3214	1	0,857	0,7857	0,6071	0,393	0,679	0,6429	0,429
12	0,1071	0,2857	0,2143	0,7143	0,2857	0,1429	0,8214	0,1071	0,8571	0,25	0,3214	1	0,3214	0,464	0,4643	0,6429	0,429	0,143	0,1786	0,464
13	0,6429	0,6786	0,6071	0,4643	0,6786	0,6071	0,3571	0,5714	0,4643	0,6429	1	0,3214	1	0,857	0,7857	0,6071	0,393	0,679	0,6429	0,429
14	0,5	0,5357	0,4643	0,3929	0,5357	0,4643	0,5	0,4286	0,6071	0,5	0,8571	0,4643	0,8571	1	0,9286	0,6071	0,393	0,536	0,5	0,357
15	0,5	0,5357	0,4643	0,3214	0,5357	0,4643	0,5	0,4286	0,6071	0,5	0,7857	0,4643	0,7857	0,929	1	0,6071	0,321	0,536	0,5	0,286
16	0,4643	0,5714	0,5714	0,5714	0,5714	0,5	0,4643	0,3929	0,5714	0,3929	0,6071	0,6429	0,6071	0,607	0,6071	1	0,143	0,5	0,4643	0,25
17	0,4643	0,4286	0,4286	0,5	0,4286	0,5	0,5357	0,6071	0,4286	0,6071	0,3929	0,4286	0,3929	0,393	0,3214	0,1429	1	0,429	0,5357	0,893
18	0,9643	0,8571	0,8571	0,3571	0,8571	0,9286	0,0357	0,8214	0,1429	0,75	0,6786	0,1429	0,6786	0,536	0,5357	0,5	0,429	1	0,8214	0,464
19	0,8571	0,8929	0,8214	0,4643	0,8929	0,8929	0,1429	0,9286	0,1071	0,9286	0,6429	0,1786	0,6429	0,5	0,5	0,4643	0,536	0,821	1	0,643
20	0,5	0,5357	0,4643	0,5357	0,5357	0,5357	0,5	0,6429	0,3929	0,7143	0,4286	0,4643	0,4286	0,357	0,2857	0,25	0,893	0,464	0,6429	1

Таблица 3.5. Стойности на  $\mu$



$\nu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	131	4	15	16	17	18	19	20
1	0	0,1786	0,1071	0,6786	0,1786	0,0357	0,9286	0,1429	0,8929	0,2143	0,3571	0,8929	0,3571	0,5	0,5	0,5357	0,536	0,036	0,1429	0,5
2	0,1786	0	0,1429	0,5714	0	0,1429	0,8929	0,1786	0,8571	0,1786	0,3214	0,7143	0,3214	0,464	0,4643	0,4286	0,571	0,143	0,1071	0,464
3	0,1071	0,1429	0	0,6429	0,1429	0,0714	0,8929	0,1786	0,8571	0,25	0,3929	0,7857	0,3929	0,536	0,5357	0,4286	0,571	0,143	0,1786	0,536
4	0,6786	0,5714	0,6429	0	0,5714	0,6429	0,3929	0,6071	0,3571	0,5357	0,5357	0,2857	0,5357	0,607	0,6786	0,4286	0,5	0,643	0,5357	0,464
5	0,1786	0	0,1429	0,5714	0	0,1429	0,8929	0,1786	0,8571	0,1786	0,3214	0,7143	0,3214	0,464	0,4643	0,4286	0,571	0,143	0,1071	0,464
6	0,0357	0,1429	0,0714	0,6429	0,1429	0	0,9643	0,1071	0,9286	0,1786	0,3929	0,8571	0,3929	0,536	0,5357	0,5	0,5	0,071	0,1071	0,464
7	0,9286	0,8929	0,8929	0,3929	0,8929	0,9643	0	0,8571	0,1071	0,7857	0,6429	0,1786	0,6429	0,5	0,5	0,5357	0,464	0,964	0,8571	0,5
8	0,1429	0,1786	0,1786	0,6071	0,1786	0,1071	0,8571	0	0,9643	0,1429	0,4286	0,8929	0,4286	0,571	0,5714	0,6071	0,393	0,179	0,0714	0,357
9	0,8929	0,8571	0,8571	0,3571	0,8571	0,9286	0,1071	0,9643	0	0,8214	0,5357	0,1429	0,5357	0,393	0,3929	0,4286	0,571	0,857	0,8929	0,607
10	0,2143	0,1786	0,25	0,5357	0,1786	0,1786	0,7857	0,1429	0,8214	0	0,3571	0,75	0,3571	0,5	0,5	0,6071	0,393	0,25	0,0714	0,286
11	0,3571	0,3214	0,3929	0,5357	0,3214	0,3929	0,6429	0,4286	0,5357	0,3571	0	0,6786	0	0,143	0,2143	0,3929	0,607	0,321	0,3571	0,571
12	0,8929	0,7143	0,7857	0,2857	0,7143	0,8571	0,1786	0,8929	0,1429	0,75	0,6786	0	0,6786	0,536	0,5357	0,3571	0,571	0,857	0,8214	0,536
13	0,3571	0,3214	0,3929	0,5357	0,3214	0,3929	0,6429	0,4286	0,5357	0,3571	0	0,6786	0	0,143	0,2143	0,3929	0,607	0,321	0,3571	0,571
14	0,5	0,4643	0,5357	0,6071	0,4643	0,5357	0,5	0,5714	0,3929	0,5	0,1429	0,5357	0,1429	0	0,0714	0,3929	0,607	0,464	0,5	0,643
15	0,5	0,4643	0,5357	0,6786	0,4643	0,5357	0,5	0,5714	0,3929	0,5	0,2143	0,5357	0,2143	0,071	0	0,3929	0,679	0,464	0,5	0,714
16	0,5357	0,4286	0,4286	0,4286	0,4286	0,5	0,5357	0,6071	0,4286	0,6071	0,3929	0,3571	0,3929	0,393	0,3929	0	0,857	0,5	0,5357	0,75
17	0,5357	0,5714	0,5714	0,5	0,5714	0,5	0,4643	0,3929	0,5714	0,3929	0,6071	0,5714	0,6071	0,607	0,6786	0,8571	0	0,571	0,4643	0,107
18	0,0357	0,1429	0,1429	0,6429	0,1429	0,0714	0,9643	0,1786	0,8571	0,25	0,3214	0,8571	0,3214	0,464	0,4643	0,5	0,571	0	0,1786	0,536
19	0,1429	0,1071	0,1786	0,5357	0,1071	0,1071	0,8571	0,0714	0,8929	0,0714	0,3571	0,8214	0,3571	0,5	0,5	0,5357	0,464	0,179	0	0,357
20	0,5	0,4643	0,5357	0,4643	0,4643	0,4643	0,5	0,3571	0,6071	0,2857	0,5714	0,5357	0,5714	0,643	0,7143	0,75	0,107	0,536	0,3571	0

Таблица 3.6. Стойности на  $\nu$

Проявата на изразена зависимост между някои от наблюдаваните индикатори се дължи, както на икономическата им същност, така и на начина, по които се изчисляват.

Проявата на слаба зависимост между индикаторите има своето икономическо обяснение. В Отчета за приходите и разходите на една кредитна институция единият индикатор е приход, а другият е разход. Също така единият от критериите е от Отчета за приходите и разходите, а другият от актива на Баланса на институцията, който няма връзка и не поражда запис в Отчета за приходи или разходи.

### **3.4. Сравнителен анализ на финансовите показатели на страни членки на ЕС за периода 2020-2021**

Анализираните индикатори за четвърто тримесечие на 2021 г. са същите, както индикаторите, които са анализирани от отчета за Надзорната банкова статистика за четвърто тримесечие на 2020 г. Разлика в индикаторите има в Отчета за 2020 г., където съществува позицията „*Нетни приходи от търговия*“. В следствие на променена отчетност през 2021 г., тя е заменена с по-подробната разбивка на тези приходи.

Потвърждават се заключенията направени при предишния доклад на ЕЦБ. Изходните данни са различни, последователни финансови години са анализирани, но получените резултати посредством метода на Интеркритериалния анализ показват същите позитивни и негативни взаимовръзки.

При провеждането на това изследване, представено в [5], са използвани данни от отчета на ЕЦБ - Надзорна банкова статистика за четвърто тримесечие на 2021 г.

Получените резултати от проведения анализ са представени в Таблица 3.7 и Таблица 3. 8.

$\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1	0,8571	0,8214	0,5714	0,5357	0,7857	0,75	0,9643	0,0714	0,9286	0,1786	0,8214	0,9643	0,0357	0,9643	0,6786	0,6071	0,5	0,5714	0,9643	0,9286	0,5
2	0,8571	1	0,8929	0,5714	0,5357	0,7143	0,8214	0,8929	0,0714	0,8571	0,25	0,75	0,8214	0,1786	0,8214	0,5357	0,4643	0,6429	0,5	0,8929	0,8571	0,5
3	0,8214	0,8929	1	0,4643	0,6429	0,6071	0,7857	0,8571	0,1786	0,8214	0,2143	0,7143	0,7857	0,2143	0,7857	0,5	0,4286	0,6071	0,5357	0,8571	0,8214	0,5357
4	0,5714	0,5714	0,4643	1	0,1786	0,6429	0,3929	0,5357	0,4286	0,5	0,5357	0,3929	0,5357	0,4643	0,5357	0,5357	0,4643	0,5	0,4643	0,6071	0,5	0,3571
5	0,5357	0,5357	0,6429	0,1786	1	0,3929	0,6429	0,5	0,5357	0,5357	0,5	0,5714	0,5714	0,4286	0,5714	0,5	0,5714	0,5357	0,3929	0,5714	0,5357	0,5357
6	0,7857	0,7143	0,6071	0,6429	0,3929	1	0,6071	0,75	0,2143	0,7143	0,3929	0,75	0,75	0,25	0,75	0,6786	0,6071	0,4286	0,5714	0,75	0,7143	0,5
7	0,75	0,8214	0,7857	0,3929	0,6429	0,6071	1	0,7857	0,1786	0,8214	0,2857	0,7857	0,7857	0,2143	0,7857	0,5714	0,5	0,6071	0,4643	0,7143	0,8214	0,5357
8	0,9643	0,8929	0,8571	0,5357	0,5	0,75	0,7857	1	0,0357	0,9643	0,1429	0,8571	0,9286	0,0714	0,9286	0,6429	0,5714	0,5357	0,6071	0,9286	0,9643	0,5357
9	0,0714	0,0714	0,1786	0,4286	0,5357	0,2143	0,1786	0,0357	1	0,0714	0,8214	0,1786	0,1071	0,8929	0,1071	0,3929	0,4643	0,4286	0,3929	0,1071	0,0714	0,5
10	0,9286	0,8571	0,8214	0,5	0,5357	0,7143	0,8214	0,9643	0,0714	1	0,1071	0,8929	0,8929	0,1071	0,8929	0,6786	0,6071	0,5	0,6429	0,8929	1	0,5714
11	0,1786	0,25	0,2143	0,5357	0,5	0,3929	0,2857	0,1429	0,8214	0,1071	1	0,2143	0,2143	0,7857	0,2143	0,3571	0,4286	0,6071	0,2143	0,2143	0,1071	0,3214
12	0,8214	0,75	0,7143	0,3929	0,5714	0,75	0,7857	0,8571	0,1786	0,8929	0,2143	1	0,8571	0,1429	0,8571	0,7857	0,7143	0,3929	0,6786	0,7857	0,8929	0,6786
13	0,9643	0,8214	0,7857	0,5357	0,5714	0,75	0,7857	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,8571	1	0	1	0,7143	0,6429	0,4643	0,5357	0,9286	0,8929	0,5357
14	0,0357	0,1786	0,2143	0,4643	0,4286	0,25	0,2143	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,1429	0	1	0	0,2857	0,3571	0,5357	0,4286	0,0714	0,1071	0,4643
15	0,9643	0,8214	0,7857	0,5357	0,5714	0,75	0,7857	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,8571	1	0	1	0,7143	0,6429	0,4643	0,5357	0,9286	0,8929	0,5357
16	0,6786	0,5357	0,5	0,5357	0,5	0,6786	0,5714	0,6429	0,3929	0,6786	0,3571	0,7857	0,7143	0,2857	0,7143	1	0,9286	0,1786	0,6429	0,6429	0,6786	0,6071
17	0,6071	0,4643	0,4286	0,4643	0,5714	0,6071	0,5	0,5714	0,4643	0,6071	0,4286	0,7143	0,6429	0,3571	0,6429	0,9286	1	0,25	0,5714	0,5714	0,6071	0,5357
18	0,5	0,6429	0,6071	0,5	0,5357	0,4286	0,6071	0,5357	0,4286	0,5	0,6071	0,3929	0,4643	0,5357	0,4643	0,1786	0,25	1	0,2143	0,5357	0,5	0,2143
19	0,5714	0,5	0,5357	0,4643	0,3929	0,5714	0,4643	0,6071	0,3929	0,6429	0,2143	0,6786	0,5357	0,4286	0,5357	0,6429	0,5714	0,2143	1	0,5357	0,6429	0,8571
20	0,9643	0,8929	0,8571	0,6071	0,5714	0,75	0,7143	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,7857	0,9286	0,0714	0,9286	0,6429	0,5714	0,5357	0,5357	1	0,8929	0,4643
21	0,9286	0,8571	0,8214	0,5	0,5357	0,7143	0,8214	0,9643	0,0714	1	0,1071	0,8929	0,8929	0,1071	0,8929	0,6786	0,6071	0,5	0,6429	0,8929	1	0,5714
22	0,5	0,5	0,5357	0,3571	0,5357	0,5	0,5357	0,5357	0,5	0,5714	0,3214	0,6786	0,5357	0,4643	0,5357	0,6071	0,5357	0,2143	0,8571	0,4643	0,5714	1

Таблица 3.7. Стойности на  $\mu$

ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСИТЕ В БАНКОВОТО ДЕЛО 76

$\nu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0	0,1429	0,1786	0,4286	0,4643	0,2143	0,25	0,0357	0,9286	0,0714	0,8214	0,1786	0,0357	0,9643	0,0357	0,3214	0,3929	0,5	0,3929	0,0357	0,0714	0,5
2	0,1429	0	0,1071	0,4286	0,4643	0,2857	0,1786	0,1071	0,9286	0,1429	0,75	0,25	0,1786	0,8214	0,1786	0,4643	0,5357	0,3571	0,4643	0,1071	0,1429	0,5
3	0,1786	0,1071	0	0,5357	0,3571	0,3929	0,2143	0,1429	0,8214	0,1786	0,7857	0,2857	0,2143	0,7857	0,2143	0,5	0,5714	0,3929	0,4286	0,1429	0,1786	0,4643
4	0,4286	0,4286	0,5357	0	0,8214	0,3571	0,6071	0,4643	0,5714	0,5	0,4643	0,6071	0,4643	0,5357	0,4643	0,4643	0,5357	0,5	0,5	0,3929	0,5	0,6429
5	0,4643	0,4643	0,3571	0,8214	0	0,6071	0,3571	0,5	0,4643	0,4643	0,5	0,4286	0,4286	0,5714	0,4286	0,5	0,4286	0,4643	0,5714	0,4286	0,4643	0,4643
6	0,2143	0,2857	0,3929	0,3571	0,6071	0	0,3929	0,25	0,7857	0,2857	0,6071	0,25	0,25	0,75	0,25	0,3214	0,3929	0,5714	0,3929	0,25	0,2857	0,5
7	0,25	0,1786	0,2143	0,6071	0,3571	0,3929	0	0,2143	0,8214	0,1786	0,7143	0,2143	0,2143	0,7857	0,2143	0,4286	0,5	0,3929	0,5	0,2857	0,1786	0,4643
8	0,0357	0,1071	0,1429	0,4643	0,5	0,25	0,2143	0	0,9643	0,0357	0,8571	0,1429	0,0714	0,9286	0,0714	0,3571	0,4286	0,4643	0,3571	0,0714	0,0357	0,4643
9	0,9286	0,9286	0,8214	0,5714	0,4643	0,7857	0,8214	0,9643	0	0,9286	0,1786	0,8214	0,8929	0,1071	0,8929	0,6071	0,5357	0,5714	0,5714	0,8929	0,9286	0,5
10	0,0714	0,1429	0,1786	0,5	0,4643	0,2857	0,1786	0,0357	0,9286	0	0,8929	0,1071	0,1071	0,8929	0,1071	0,3214	0,3929	0,5	0,3214	0,1071	0	0,4286
11	0,8214	0,75	0,7857	0,4643	0,5	0,6071	0,7143	0,8571	0,1786	0,8929	0	0,7857	0,7857	0,2143	0,7857	0,6429	0,5714	0,3929	0,75	0,7857	0,8929	0,6786
12	0,1786	0,25	0,2857	0,6071	0,4286	0,25	0,2143	0,1429	0,8214	0,1071	0,7857	0	0,1429	0,8571	0,1429	0,2143	0,2857	0,6071	0,2857	0,2143	0,1071	0,3214
13	0,0357	0,1786	0,2143	0,4643	0,4286	0,25	0,2143	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,1429	0	1	0	0,2857	0,3571	0,5357	0,4286	0,0714	0,1071	0,4643
14	0,9643	0,8214	0,7857	0,5357	0,5714	0,75	0,7857	0,9286	0,1071	0,8929	0,2143	0,8571	1	0	1	0,7143	0,6429	0,4643	0,5357	0,9286	0,8929	0,5357
15	0,0357	0,1786	0,2143	0,4643	0,4286	0,25	0,2143	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,1429	0	1	0	0,2857	0,3571	0,5357	0,4286	0,0714	0,1071	0,4643
16	0,3214	0,4643	0,5	0,4643	0,5	0,3214	0,4286	0,3571	0,6071	0,3214	0,6429	0,2143	0,2857	0,7143	0,2857	0	0,0714	0,8214	0,3214	0,3571	0,3214	0,3929
17	0,3929	0,5357	0,5714	0,5357	0,4286	0,3929	0,5	0,4286	0,5357	0,3929	0,5714	0,2857	0,3571	0,6429	0,3571	0,0714	0	0,75	0,3929	0,4286	0,3929	0,4643
18	0,5	0,3571	0,3929	0,5	0,4643	0,5714	0,3929	0,4643	0,5714	0,5	0,3929	0,6071	0,5357	0,4643	0,5357	0,8214	0,75	0	0,75	0,4643	0,5	0,7857
19	0,3929	0,4643	0,4286	0,5	0,5714	0,3929	0,5	0,3571	0,5714	0,3214	0,75	0,2857	0,4286	0,5357	0,4286	0,3214	0,3929	0,75	0	0,4286	0,3214	0,1071
20	0,0357	0,1071	0,1429	0,3929	0,4286	0,25	0,2857	0,0714	0,8929	0,1071	0,7857	0,2143	0,0714	0,9286	0,0714	0,3571	0,4286	0,4643	0,4286	0	0,1071	0,5357
21	0,0714	0,1429	0,1786	0,5	0,4643	0,2857	0,1786	0,0357	0,9286	0	0,8929	0,1071	0,1071	0,8929	0,1071	0,3214	0,3929	0,5	0,3214	0,1071	0	0,4286
22	0,5	0,5	0,4643	0,6429	0,4643	0,5	0,4643	0,4643	0,5	0,4286	0,6786	0,3214	0,4643	0,5357	0,4643	0,3929	0,4643	0,7857	0,1071	0,5357	0,4286	0

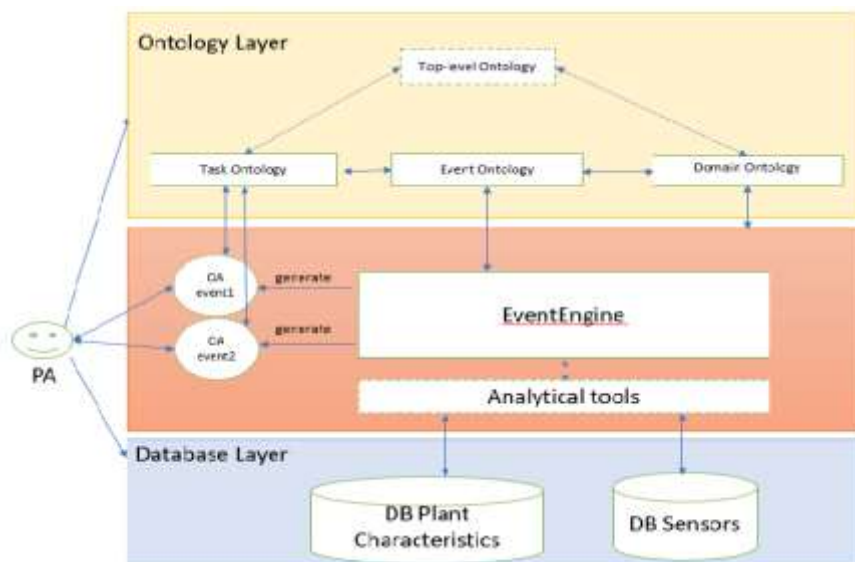
Таблица 3.8. Стойности на  $\nu$

Наблюдава се негативна зависимост между критерий 1 („*Нетен лихвен доход*“) и критерий 14 („*Данъчни приходи или разходи*“), защото единият критерий е приход, а другият е разход за банката. Същият извод може да се направи и за критерий 8 („*Оперативни приходи*“) и критерий 9 („*Административни разходи и обезценка*“).

Анализираните данни, показват изявена зависимост между критериите, които са част от Отчета за доходите и тяхната същност, като икономическо значение е сред основните причини за връзката помежду им. Също така и между критериите от Отчета за доходите и активи от Баланса на институцията, като следствие на това, че тези активи носят съответен доход за банките.

### 3.5. Интелигентни техники за анализ на бази от знания и тяхното приложение

В публикация [2] е разработена оригинална архитектура на база от знания, с приложение в областта на интелигентното растениевъдство, Фиг. 3.9.



Фиг. 3.9. Архитектура на база от знания

Основната цел е да предложи архитектура на база от знания, която да бъде разработена, за да се автоматизира отглеждането на селскостопански култури. Архитектурата включва двуслоен модел на данни и модел на приложен слой за връзка между тях.

Архитектурата на базата от знания се основава на основните аспекти на формирането на знания в растениевъдството. Това са естествени фактори като почва, вода, климат и самите растения и изкуствени фактори като сензори и селскостопанска механизация.

Предложената архитектура включва три слоя – онтологичен слой за представяне на общи познания в домейна, слой база данни за динамични данни от различни измервания на оценъчни характеристики и фактори, влияещи върху растенията, и приложен слой, състоящ се от интелигентни компоненти за връзка между двата слоя на знания.

Връзката между потребителите и базата знания се осъществява от личен асистент, който е съобразен с нуждите на всеки потребител – куратор- агроном, фермер и други.

Предложената архитектура за база от знания в областта на интелигентното растително земеделие е предназначена да автоматизира работата по отглеждането на различни видове земеделски култури. Една от основните задачи, които сме си поставили, е да направим процеса на отглеждане по-предвидим, което ще помогне на фермерите да получат по-качествена реколта. За реализацията на архитектурата е избрано Protégé за онтологиите, JaCaMo за средата на мултиагентната система, Jason за личния асистент и Jade за оперативните асистенти.

Така представения пример за приложението на интелигентни методи за анализ на сложни процеси, би бил успешно адаптиран и за целите на анализа в банковото дело.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд е посветен на прилагането на иновативни, интелигентни техники за анализ на процесите в банковото дело. Приложени са най-новите достижения в областта на проектирането на високо ефективни алгоритми за обработка на данни. Използваните интелигентни техники изискват обработката на големи потоци данни, позовавайки се на цялата достъпна информация за наблюдаваните процеси.

В дисертационния труд за целите на анализа са използвани математически средства за моделиране, като Интеркритериален анализ (InterCriteria Analysis - ICA), които се основава на два математически формализма: алгебричният апарат на индексирани матрици (ИМ), когато се налага прилагането на алгебрични операции над матрици с различни размер и интуиционистките размити множества (ИРМ), като математически инструмент за третиране на неопределеността.

Методологията на изследванията в дисертацията включват използването на числен и експериментален подход. Численият подход е използван при реализацията на алгоритмите посредством компютърно изчисляване на интелигентните методи за анализ на процесите в банковото дело. Експерименталният подход е използван при събирането на данни от наблюдения на показатели, характеризиращи на процесите в банковото дело.

Настоящият дисертационен труд има за цел със средствата на съвременните методи от областта на интелигентните системи, да се анализират процесите в банковото дело. За постигането на поставената цел са формулирани шест научни задачи. В процеса на решаването им са получени оригинални резултати, свързани с изследвания на съвременните парадигми от областта на интелигентните системи, като са използвани аналитични и експериментални модели.

В резултат от проведените изследвания, представени в настоящия дисертационен труд, са постигнати следните научно-приложни и приложни резултати:

1. Проведен е критичен анализ на възможността за прилагане на многокритериалния метод за вземане на решения – „Интеркритериален анализ“, при анализа на процесите в банковото дело.
2. Приложени са интелигентни техники за анализ на механизма на работа на финансовите институции в ЕС, според който функционира банковата система.
3. Проведен е анализ на дейността на участниците във финансовата система на страните членки на ЕС.
4. Анализирани са финансовите показатели на осем избрани страни членки на ЕС.
5. Проведен е сравнителен анализ на финансовите показатели на банките в избраните страни членки на ЕС.
6. Разработена е оригинална архитектура на база от знания, с приложение в областта на интелигентното растениевъдство.

Постигнатите резултати от анализа на проведените изследвания са представени в реферирано научно издание от поредицата *Lecture Notes in Networks and Systems* на *Springer International Publishing* и в трудовете на няколко международни конференции, като – *10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20*, *International Symposium on Bioinformatics and Biomedicine - BioInfoMed'20*, *International Conference Automatics and Informatics - ICAI'21*, *11-th International Conference on Intelligent Systems - IS'22* и *International Workshop on Intuitionistic Fuzzy Sets and Generalized Nets - IWIFSGN'22*.

Дисертационният труд е структуриран в увод, три глави и заключение, декларация за оригиналност на получените резултати и библиография.



## **Насоки за бъдещи изследвания**

Получените в дисертацията резултати са приложими за решаването на по-широк кръг задачи, свързани с анализа на процесите в банковото дело. Това би могло да бъде насока за бъдещи изследвания, които ще доведат до обогатяване на изследваната научна област.

## Публикации по темата на дисертационния труд

1. Danailova S., L. Doukovska, V. Atanassova - InterCriteria Analysis of the Financial System in the EU Countries, Proceedings of the 10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20, 28-30 August, Varna, Bulgaria, IEEE Xplore, ISBN:978-1-7281-5456-5, ISSN:1541-1672, DOI:10.1109/IS48319.2020.9199943, pp. 183-186, 2020.

2. Stoyanova-Doycheva A., V. Ivanova, L. Doukovska, V. Tabakova, I. Radeva, S. Danailova - Architecture of a Knowledge Base in Smart Crop Production, Proceedings of the International Conference Automatics and Informatics – ICAI'21, 30 September-2 October 2021, Varna, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021.

3. Danailova S., L. Doukovska, P. Vassilev - InterCriteria Analysis of the Global Competitiveness Report for the Financial System EU Countries, Proceedings of the 11-th International Conference on Intelligent Systems - IS'22, 12-14 October 2022, Warsaw, Poland, IEEE Xplore, 2022 (in print).

4. Danailova S., L. Doukovska, A. Dukovski - InterCriteria Analysis of the Financial data for selected 8 EU Countries, Proceedings of the 11-th International Conference on Intelligent Systems - IS'22, 12-14 October 2022, Warsaw, Poland, IEEE Xplore, 2022 (in print).

5. Danailova S., L. Doukovska, A. Dukovski - InterCriteria Analysis of the Supervisory Statistic Data for Selected 8 EU Countries During the Period 2020-2021, Chapter of Book: Uncertainty and Imprecision in Decision Making and Decision Support: New Advances, Challenges, and Perspectives, Series: Lecture Notes in Networks and Systems, Springer International Publishing, Switzerland, 2022 (in print).

# Abstracts of Dissertations

Number 2, 2023

---

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES  
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

---

Брой 2, 2023

# Автореферати на дисертации