



СТ А Н О В И Щ Е

От: **доц. д-р Митко Генчев Радоев**
УНСС, катедра „Информационни технологии и комуникации“
Научна специалност: „Приложение на изчислителната техника в икономиката“

Относно: дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен **„доктор“** по научна специалност „Приложение на изчислителната техника в икономиката“ (професионално направление 3.8 Икономика) в УНСС.

Автор на дисертационния труд: **Мариана Бойкова Ковачева**
Тема на дисертационния труд: **Проектиране на бизнес референтни архитектури насочени към използване на NoSQL бази от данни**

Основание за представяне на становището: участие в състава на научното жури по защита на дисертационния труд съгласно Заповед № 972/06.04.2023 на Зам.-ректора по НИД на УНСС.

1. Информация за дисертанта

Дисертантът се е обучавал по докторска програма към катедра „Информационни технологии и комуникации“ на УНСС по научна специалност *Приложение на изчислителната техника в икономиката* (професионално направление 3.8 Икономика) съгласно Заповед № 969/30.04.2020 г. на Ректора на УНСС. Обучението е осъществено в *задочна* форма през периода 27.04.2020 - 27.04.2023 г.

2. Обща характеристика на представения дисертационен труд

Дисертационният труд на Мариана Ковачева е структуриран във Въведение, четири глави, Заключение, Литература, Списък на фигури, Списък на графики, Използвани термини и съкращения и Приложения с общ обем от 123 страници. Основният текст на труда е в обем 110 страници, а приложенията са в обем от 13 страници. В изложението са представени 45 фигури, 5 таблици и 1 графика. Библиографията съдържа 85 литературни източника.

Темата на дисертационния труд е изключително актуална, тъй като по отношение на използването на NoSQL бази от данни за различни икономически дейности и в частност в сферата на финансовите услуги има натрупан значителен практически опит, който има нужда от теоретично обобщаване и анализ. Същевременно, темата има и непосредствена практическа насоченост, а именно да подпомогне компаниите, предоставящи различни финансови услуги в избора на подходящите за целта инструменти.

Във въведението е обоснована актуалността на темата на дисертационния труд. Като обект на изследването са дефинирани „бизнес референтните архитектури насочени към използването на нерелационни (NoSQL) бази от данни свързани със системи за Големи данни насочени към финансовите услуги“. Предмет на дисертационния труд е "проектиране на референтна архитектура за избор на NoSQL бази от данни свързани със системи за Големи данни, насочени към финансови услуги и методът за избор и оценка на нерелационните бази от данни за финансови услуги". Цел на дисертационния труд е "проектирането на бизнес референтна архитектура насочена към използването на NoSQL бази от данни свързани със системи за Големи данни, която да бъде приложена и тествана с данни за конкретна финансова услуга и дефинирането на метод за оценка и избор на NoSQL бази от данни за финансови услуги". Формулирани са четири основни задачи, които следва да бъдат изпълнени в рамките на изследването и са дефинирани три работни хипотези. Изтъкнати са и възможностите за приложение на резултатите от изследването в практиката.

Първа глава изследва и анализира от една страна различните финансови услуги и проблемите, с които те се сблъскват при необходимостта от съхранение и обработка на големи данни. От друга се разглеждат инструментите, които могат да се използват за решение на тези проблеми - нерелационните (NoSQL) бази от данни, както и други системи за големи данни като Hadoop. Подробно са представени основните типове NoSQL бази от данни и техните предимства. Представени са също така предимствата и недостатъците на Hadoop, както и неговата архитектура. Третият кръг въпроси, включени в първа глава, се отнася до референтните архитектури и подходите за изграждането им.

Втора глава е посветена на проектирането на референтна архитектура за финансови услуги с NoSQL бази от данни. Разгледани са множество конкретни примери на приложение на представители на основните типове NoSQL бази от данни. Като представители на документно-ориентираните бази от данни са разгледани MongoDB и

Couchbase, от хранилищата от тип ключ-стойност - Amazon DynamoDB и Redis, от широко-колонните хранилища - HBase и Cassandra и от граф базите от данни - Neo4j и OrientDB. Направен е подробен анализ на предимствата на всеки от инструментите и съответно приложимостта им за конкретни финансови услуги. Представен е и опитът на редица компании, предоставящи финансови услуги, в използването на NoSQL бази от данни. В резултат на анализа е разработен метод за количествена оценка на NoSQL бази от данни за конкретни финансови услуги. Дефинирани са пет критерия, всеки от които се оценява на базата на експертна оценка. Следващата стъпка е проектирането на референтна архитектура за финансови услуги с NoSQL бази от данни. Създаден е концептуален модел на референтната архитектура за финансови услуги. Референтната архитектура се състои от 3 слоя: Система за съхранение на данни, Интеграционен слой и Сървър за съхранение на данни. На базата на концептуалния модел са създадени логически и физически модел на бизнес референтна архитектура за финансови услуги и е предложен подход за използването на проектираната референтна архитектура при създаването на ICT архитектура.

В трета глава е представен софтуерен инструмент, базиран на създадения метод за избор и оценка на NoSQL бази от данни за финансови услуги. Това е средството, насочено директно към подпомагане на компаниите, предоставящи финансови услуги, при избора им на NoSQL бази от данни. Създаденият инструмент е достатъчно гъвкав и позволява както добавяне и редактиране на финансови услуги, така и на критерии за оценка.

Четвърта глава е посветена на практическото приложение на проектираната референтна архитектура за финансови услуги с NoSQL бази от данни и базираната на нея ICT архитектура. Практически е реализирана архитектура, състояща се от система за съхранение на данни – MongoDB, интеграционен слой – Apache Spark Connector за MongoDB и сървър на специфичен NoSQL - разпределената файлова система на Hadoop. Тестването е извършено с реални данни от търговията с акции.

В Заключение са обобщени постигнатите резултати и са набелязани насоки за по-нататъшни изследвания.

Дисертационният труд на Мариана Бойкова Ковачева показва задълбочени познания на съвременната научна литература, свързана с темата на дисертационния труд. В списъка с използваната литература са посочени 85 източника, като всички източници са цитирани в текста на дисертацията.

3. Оценка на получените научни и научно-приложни резултати

Дисертационният труд е резултат от огромен обем изследователска работа по събиране, анализиране и обобщаване на съществуващия опит в дадената предметна област. В резултат на тази работа е създаден продукт със значима научна и научно-приложна стойност, който заслужава висока оценка.

Достатъчно аргументирано докторантката постига основната си изследователска цел и решава поставените изследователски задачи, а именно:

- Анализ на актуалните проблеми, свързани със съхранението на различните видове Големи данни и референтни архитектури, свързани с използването на нерелационни бази от данни насочени към финансовите услуги.
- Дефиниране на подход за количествена оценка за избор на нерелационна база от данни в сферата на финансовите услуги.
- Избор на критерии за оценка на NoSQL бази в сферата на финансовите услуги.
- Проектиране на концептуален, логически и физически модел на референтна архитектура за финансови услуги с NoSQL бази от данни.
- Проектиране и създаване на инструмент за оценка и избор на нерелационна база от данни свързани със системи за Големи данни насочена към финансови услуги.
- Създаване на експериментален прототип на референтна архитектура свързана със система за Големи данни насочени към финансови услуги.
- Практическо приложение на експерименталния прототип.
- Оценка на резултатите от практическото приложение.

4. Оценка на научните и научно-приложни приноси

В дисертационния труд на Мариана Ковачева са посочени следните научни приноси:

- Създаден е метод за количествена оценка на NoSQL бази данни за внедряване на цифрови финансови услуги;
- Формулиране на индикатори и измерители за избор на NoSQL бази от данни за финансови услуги;
- Проектиране на концептуален, логически и физически модел на референтна архитектура за финансови услуги с NoSQL бази от данни.

Посочени са и следните научно-приложни приноси:

- Принципи за проектиране и създаване на инструмент за избор на NoSQL бази от данни за финансови услуги
- Структурна и интеграционна трансформация на бизнес референтна архитектура към детайлна архитектура за използване на NoSQL бази от данни

Съгласен съм по същество с така формулираните както научни и научно-приложни приноси. Вторият от научните приноси, а именно "Формулиране на индикатори и измерители за избор на NoSQL бази от данни за финансови услуги" може да се възприеме като част от създадения метод за количествена оценка на NoSQL бази данни за внедряване на цифрови финансови услуги, но има основания и за това да се смята за самостоятелен принос. Считаю, че основните научни приноси - създаването на метод за количествена оценка на NoSQL бази данни за внедряване на цифрови финансови услуги и проектирането на концептуален, логически и физически модел на референтна архитектура за финансови услуги с NoSQL бази от данни са достатъчно съществени и обогатяват научното знание в тази област.

5. Оценка на публикациите по дисертацията

По темата на дисертационния труд са направени 4 научни публикации, от които 3 доклада (2 самостоятелни и 1 един в съавторство) и 1 статия, публикувана самостоятелно. Всички публикации са на английски език. Тези публикации са следните:

1. Mariana Kovacheva, Storing Big Data in NoSQL Databases Compared to SQL – Advantages and Problems, 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY AND STATISTICS IN ECONOMY AND EDUCATION ICAICTSEE – 2020, November 27 – 28th, 2020, University of National and World Economy, Sofia, Bulgaria, ISSN 2367-7635 (PRINT), ISSN 2367-7643 (ONLINE), достъпна на: <https://icaictsee.unwe.bg/past-conferences/ICAICTSEE-2020.pdf>

2. Mariana Kovacheva, Ivona Velkova, Digitalization in Bulgarian Higher Education – Present and Future Opportunities, 4th International Academic Conference on Education, 2021, 10th December 2021, Barcelona, Spain, ISBN: 978-609-485-239-8), достъпна на: <https://www.dpublication.com/proceeding/4th-iaceducation/#Table-of-Contents>

3. Mariana Kovacheva, Evaluation of NoSQL Databases for Digital Financial Services Implementation, AUTOMATICA and INFORMATICS,

ISSN 0861-7562 (Print), ISSN 2683-1279 (Online), Year LV No. 4/2022, достъпна на: <https://sai-bg.com/wp-content/uploads/2023/01/AI-4-2022.pdf>

4. Mariana Kovacheva, Creation of an automated tool for evaluation and selection of NoSQL databases intended for financial services based on predefined criteria, VIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE HIGH TECHNOLOGIES. BUSINESS.SOCIETY 2023, 06-09.03.2023, BOROVBETS, BULGARIA, ISSN 2535-0005(PRINT), ISSN 2535-0013 (ONLINE), достъпна на: <http://hightechsociety.eu/sbornik/2023.pdf>

Публикациите по темата на дисертационния труд на Мариана Бойкова Ковачева са достатъчни по обем и характер и свидетелстват за постигната достатъчна степен на публичност на резултатите от научното изследване.

6. Оценка на автореферата

Към дисертационния труд е представен автореферат, който е в обем от 71 страници. Авторефератът представя изцяло и коректно съдържанието на дисертационния труд.

7. Критични бележки, препоръки и въпроси

Нямам съществени критични бележки по съдържанието на дисертационния труд. Като препоръка може да се изтъкне по-прецизното използване на терминологията в предметната област, съзнавайки че това не е лесно да се постигне, като се има предвид че част от термините нямат общоприет вариант на български език.

8. Заключение

В заключение считам, че представеният за рецензиране дисертационен труд на Мариана Ковачева на тема „Проектиране на бизнес референтни архитектури насочени към използване на NoSQL бази от данни” в научна област „Приложение на изчислителната техника в икономиката“ притежава необходимите качества, в това число съдържа достатъчно значими научни и научно-приложни приноси. Въз основа на това изразявам моето становище за присъждане на образователна и научна степен „доктор” на Мариана Бойкова Ковачева по научна специалност „Приложение на изчислителната техника в икономиката“.

17.05.2023
София

Подпис:
/доц. д-р Митко Радоев/



OPINION

From: ***Assoc. Prof. Dr. Mitko Genchev Radoev***

*UNWE, Department of Information Technologies and Communications,
Application of computer technology in the economy (3.8 Economics)*

Subject: dissertation work for the award of the educational and scientific degree "**Doctor**" in *Application of computing technology in the economy (3.8 Economics)* at UNWE.

Author of the dissertation: ***Mariana Boykova Kovacheva***

Dissertation topic: ***Design of business reference architectures aimed at using NoSQL databases***

Reason for presenting the opinion: participation in the composition of the scientific jury for the defense of the dissertation according to Order No. 972/06.04.2023 of the Deputy Rector for Scientific and Research Activities of the UNWE.

1. Information about the PhD student

The PhD student was trained in a PhD program at *the Department of Information Technologies and Communications of the UNWE* in the scientific specialty *Application of computer technology in the economy (3.8 Economics)* according to Order No. 969/30.04.2020 of the Rector of the UNWE. The training was carried out in part-time form during the period 27.04.2020 - 27.04.2023.

2. General characteristics of the submitted dissertation

The dissertation work of Mariana Kovacheva is structured in Introduction, four chapters, Conclusion, References, List of figures, List of graphs, Terms and abbreviations and Appendices with a total volume of 123 pages. The main text of the work is 110 pages long, and the appendices are 13 pages long. The text contains 45 figures, 5 tables and 1 graphic. The bibliography contains 85 literary sources.

The topic of the dissertation is extremely relevant, because in the field of the use of NoSQL databases in various economic activities, and in particular in the field of financial services, there is considerable practical experience that needs theoretical summarization and analysis. At the same time, the topic has

an immediate practical focus, namely to support companies providing various financial services in choosing the appropriate tools for the purpose.

The relevance of the topic of the dissertation is justified in the introduction. As the object of the study, "business reference architectures aimed at the use of non-relational (NoSQL) databases related to Big Data systems aimed at financial services" are defined. The subject of the dissertation is "the design of a reference architecture for the selection of NoSQL databases related to Big Data systems aimed at financial services and the method of selection and evaluation of non-relational databases for financial services". The goal of the dissertation work is "the design of a business reference architecture aimed at the use of NoSQL databases connected to Big Data systems, to be applied and tested with data for a specific financial service and the definition of a method for evaluating and selecting NoSQL databases from financial data". Four main tasks have been formulated, which should be performed within the research, and three working hypotheses have been defined. The possibilities of applying the research results in practice are also highlighted.

The first chapter explores and analyzes on the one hand the various financial services and the problems they face when it comes to storing and processing big data. On the other hand, tools that can be used to solve these problems are considered - non-relational (NoSQL) databases, as well as other big data systems such as Hadoop. The main types of NoSQL databases and their advantages are presented in detail. The advantages and disadvantages of Hadoop and its architecture are also presented. The third round of questions included in the first chapter concerns reference architectures and approaches to building them.

A second chapter is dedicated to the design of a reference architecture for financial services with NoSQL databases. Numerous concrete application examples of the main types of NoSQL databases are discussed. As examples of document-oriented databases, MongoDB and Couchbase are considered, from key-value stores - Amazon DynamoDB and Redis, from wide-column stores - HBase and Cassandra, and from graph databases - Neo4j and OrientDB. A detailed analysis of the advantages of each of the instruments and their applicability for specific financial services has been made. The experience of a number of financial services companies in using NoSQL databases is also presented. As a result of the analysis, a method was developed for the quantitative evaluation of NoSQL databases for specific financial services. Five criteria are defined, each of which is based on expert evaluation. The next step is to design a reference architecture for financial services with NoSQL databases. A conceptual model of the reference architecture for financial services has been created. The reference architecture consists of 3 layers: Data

Storage System, Integration Layer and Data Storage Server. Based on the conceptual model, a logical and physical model of a business reference architecture for financial services was created, and an approach for using the designed reference architecture in the creation of an ICT architecture was proposed.

In the third chapter, a software tool based on the created method for selecting and evaluating NoSQL databases for financial services is presented. It is the tool aimed directly at helping financial services companies in their choice of NoSQL databases. The created tool is flexible enough and allows both adding and editing financial services and evaluation criteria.

The fourth chapter is devoted to the practical application of the designed reference architecture for financial services with NoSQL databases and the ICT architecture based on it. An architecture consisting of a data storage system - MongoDB, an integration layer - Apache Spark Connector for MongoDB and a specific NoSQL server - the Hadoop distributed file system, is practically implemented. Testing was done with real stock trading data.

The Conclusion summarizes the results achieved and outlines directions for further research.

The dissertation work of Mariana Boykova Kovacheva shows in-depth knowledge of modern scientific literature related to the topic of the dissertation work. The bibliography lists 85 sources, and all sources are cited in the text of the dissertation.

3. Evaluation of the scientific and applied results obtained

The dissertation is the result of a huge research effort to collect, analyze and summarize the existing experience in the given subject area. As a result of this work, a product of significant scientific and scientific-applied value was created, which deserves to be highly appreciated.

Sufficiently reasoned, the doctoral student achieves his main scientific goal and solves the set research tasks, namely:

- Analysis of problems related to the storage of different types of Big Data and reference architectures related to the use of non-relational databases aimed at financial services.
- Defining a quantitative assessment approach for non-relational database selection in the financial services industry.
- Selection of criteria for evaluation of NoSQL databases in the field of financial services.
- Designing a conceptual, logical and physical model of a reference architecture for financial services with NoSQL databases.

- Design and creation of a tool for evaluation and selection of a non-relational database related to Big Data systems aimed at financial services.
- Creation of an experimental prototype of a reference architecture related to a Big Data system aimed at financial services.
- Practical application of the experimental prototype.
- Evaluation of the results of the practical application.

4. Evaluation of scientific and applied contributions

In the dissertation work of Mariana Kovacheva, the following scientific contributions are indicated:

- A method was created for the quantitative assessment of NoSQL databases for the implementation of digital financial services;
- Formulation of indicators and metrics for selecting NoSQL databases for financial services;
- Designing a conceptual, logical and physical model of a reference architecture for financial services with NoSQL databases.

The following applied contributions are also indicated:

- Principles for designing and creating a NoSQL database selection tool for financial services
- Structural and integration transformation of a business reference architecture to a detailed architecture for using NoSQL databases

I agree essentially with the so-formulated scientific and applied contributions. The second of the scientific contributions, namely "Formulation of indicators and metrics for selecting NoSQL databases for financial services" can be perceived as part of the established method for quantitative evaluation of NoSQL databases for the implementation of digital financial services, but there are reasons to be considered an independent contribution too. I believe that the main scientific contributions - the creation of a quantitative evaluation method of NoSQL databases for the implementation of digital financial services and the design of a conceptual, logical and physical reference architecture model for financial services with NoSQL databases are substantial enough and enrich scientific knowledge in this area.

5. Evaluation of the dissertation publications

Four scientific publications were made on the subject of the dissertation work, including three conference reports (two independent and one co-authored) and one article published independently. All publications are in English. These publications are as follows:

1. Mariana Kovacheva, Storing Big Data in NoSQL Databases Compared to SQL – Advantages and Problems, 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY AND STATISTICS IN ECONOMY AND EDUCATION ICAICTSEE – 2020, November 27 – 28th, 2020, University of National and World Economy, Sofia, Bulgaria, ISSN 2367-7635 (PRINT), ISSN 2367-7643 (ONLINE), available at: <https://icaictsee.unwe.bg/past-conferences/ICAICTSEE-2020.pdf>

2. Mariana Kovacheva, Ivona Velkova, Digitalization in Bulgarian Higher Education – Present and Future Opportunities, 4th International Academic Conference on Education, 2021, 10th December 2021, Barcelona, Spain, ISBN: 978-609-485-239-8), available at: <https://www.dpublication.com/proceeding/4th-iaceducation/#Table-of-Contents>

3. Mariana Kovacheva, Evaluation of NoSQL Databases for Digital Financial Services Implementation, AUTOMATICA and INFORMATICS, ISSN 0861-7562 (Print), ISSN 2683-1279 (Online), Year LV No. 4/2022, available at: <https://sai-bg.com/wp-content/uploads/2023/01/AI-4-2022.pdf>

4. Mariana Kovacheva, Creation of an automated tool for evaluation and selection of NoSQL databases intended for financial services based on predefined criteria, VIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE HIGH TECHNOLOGIES. BUSINESS.SOCIETY 2023, 06-09.03.2023, BOROVIETS, BULGARIA, ISSN 2535-0005(PRINT), ISSN 2535-0013 (ONLINE), available at: <http://hightechsociety.eu/sbornik/2023.pdf>

The publications on the subject of the dissertation work of Mariana Boykova Kovacheva are sufficient in volume and type and testify to the achieved level of publicity of the results of the scientific research.

6. Evaluation of the abstract

The dissertation is accompanied by a 71-page abstract. The abstract fully and correctly presents the content of the dissertation work.

7. Critical comments, recommendations and questions

I have no significant critical comments on the content of the dissertation. As a recommendation, the more precise use of terminology in the subject area can be pointed out, being aware that this is not easy to achieve, considering that some of the terms do not have a generally accepted variant in the Bulgarian language.

8. Conclusion

In conclusion, I believe that the dissertation work of Mariana Kovacheva submitted for review on the topic "Design of business reference architectures aimed at using NoSQL databases" in the scientific field "Application of

computer technology in the economy" has the necessary qualities, including it contains enough significant scientific and applied contributions. Based on this, I express my **positive assessment** of the dissertation and I recommend the scientific jury **to award** an educational and scientific degree "Doctor" to Mariana Boykova Kovacheva in the scientific specialty "Application of computer technology in the economy".

17.05.2023
Sofia

Signature:
/Assoc. Prof. Dr. Mitko Radoev/