ФКСТ 44 – НС1 – 074
27.10.2025 г.

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ ФКСТ СОФИЯ

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд

за придобиване на образователна и научна степен „**доктор**“

Автор на дисертационния труд **маг. инж. Фирас Имад Ал-Хусари**

Тема на дисертационния труд: **„Стратегии за автентикация в уеб системи“**

Рецензент: **проф. д-р Даниела Асенова Гоцева**

Катедра Компютърни системи, ФКСТ, Технически Университет – София

Настоящата рецензия е изготвена в качеството ми на председател на научното жури, назначено със Заповед № ОЖ-5.3-20 от 12.05.2025 г. на Ректора на Технически Университет – София.

Докторанта маг. инж. Фирас Имад Ал-Хусари през 2019 г. завършва бакалавърска степен по специалност „Компютърно и софтуерни инженерство“ към катедра „Компютърни системи“, факултет Компютърни системи и технологии в Технически университет – София. През 2021 г. придобива магистърска степен по специалност „Компютърно и софтуерни инженерство“ към същата катедра и факултет. На 01.03.2022 г. докторанта маг. инж. Фирас Имад Ал-Хусари е зачислен в задочна докторантура по докторска програма „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“ в професионално направление „5.3 Комуникационна и компютърна техника“ към катедра „Компютърни системи“ към факултет по Компютърни системи и технологии в Технически Университет – София. Докторанта е изпълнил индивидуалния си план и положил всички изпити от докторантския минимум. С решение на ФС на ФКСТ (Протокол №10/28.04.2025 г.) по предложение на катедра „Копмютърни системи“ (Протокол №8/28.04.2025 г.) е взето решение за разкриване на процедура за публична защита на дисертационния му труд.

Паралелно с научната си дейност, от 2016 г. насам, докторанта се занимава професионално със софтуерна разработка и ИТ консултантски услуги за водещи глобални организации.

1. **Актуалност на разработвания в дисертационния труд, проблем в научно и научно-приложно отношение**

Представеният дисертационен труд е насочен към изследването на съвременните стратегии за автентикация в уеб-базирани системи, анализ на тяхната ефективност и разработване на модел за повишаване на сигурността при запазване на удобството за потребителите. Дисертационният труд цели да изследва, проектира и създаде различни подходи за идентификация и удостоверяване на потребители в контекста на бързо развиващата се дигитална среда, където уеб системите представляват основен канал за достъп до ключови услуги като електронно банкиране, здравеопазване и образование. Темата е безспорно актуална и има висока практическа значимост, тъй като надеждната автентикация е критичен фактор за поддържането на доверието между потребителите и доставчиците на услуги, както и за минимизиране на риска от злоупотреби и кибератаки.

Дефинирането на надеждна стратегия за автентикация, комбинираща висока степен на сигурност и оптимално потребителско преживяване, представлява ключово предизвикателство пред съвременните организации. От една страна, класическите методи, базирани единствено на пароли, показват своята уязвимост в условията на мащабни кибератаки и изтичане на данни. От друга страна, въвеждането на модерни технологии като многофакторна и stateless автентикация поставя нови предизвикателства, свързани с интеграцията, мащабируемостта и човешкия фактор.

В рамките на дисертационния труд се разглеждат и анализират съществуващите подходи и стандарти за автентикация, като се прави оценка на тяхната приложимост в различни типове уеб системи. Проведено е научно изследване, насочено към разработване на оптимизиран модел за автентикация, който съчетава технически и поведенчески механизми за защита, като по този начин се

постига по-висока устойчивост срещу киберзаплахи. В резултат от проведената експериментална работа се предлага концептуална рамка за внедряване на ефективни стратегии за автентикация, отчитаща не само техническите, но и човешките аспекти на сигурността, което допринася за по-голяма надеждност, доверие и конкурентоспособност на уеб системите.

2. **Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал**

Дисертационният труд обхваща изключително актуална тематика, свързана със стратегиите за автентикация в уеб системи и предизвикателствата, които произтичат от нарастващата необходимост от сигурен, но и удобен достъп до дигитални услуги. За успешното изпълнение на поставените цели е необходимо задълбочено познаване на съвременните подходи за удостоверяване на потребители, криптографски механизми, протоколи за сигурност, както и на човешкия фактор, който често е определящ за ефективността на прилаганите стратегии. В рамките на труда са анализирани класическите методи за автентикация, базирани на пароли, както и модерните решения като многофакторна, биометрична и stateless автентикация, разглеждайки техните предимства, ограничения и приложимост в различни контексти.

Докторантът демонстрира задълбочено познаване на международните стандарти, протоколи и добри практики в областта, включително OAuth 2.0, OpenID Connect, FIDO2 и Zero Trust моделите. Извършен е преглед и критичен анализ на 156 литературни източника – научни статии, стандарти, академични трудове и материали от международни конференции, които отразяват съвременните тенденции и изследователски постижения. Представената литературна база показва отлична осведоменост за състоянието на проблема и способност за творческа интерпретация на наличния материал. Изследването се отличава с аналитичен подход и способност за синтезиране на научна и приложна информация, което позволява формулирането на оригинални изводи и предложения за оптимизация на съществуващите стратегии за автентикация.

3. **Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд**

Избраната методика за провеждане на научните изследвания е базирана на сравнителен и аналитичен подход, включващ изследване на съществуващите модели за автентикация, функционален анализ на техните характеристики и експериментална оценка на ефективността им в различни уеб среди. Методиката комбинира теоретичен анализ на стандартите и протоколите за удостоверяване с практическа реализация на тестова среда за верификация на резултатите. На тази основа е направен аргументиран избор на подходящи стратегии и технологии, чрез които се постига оптимален баланс между сигурност и удобство за потребителя.

Поставените пред дисертационния труд задачи, свързани с анализ на съществуващи механизми за автентикация, разработване на модел за подобрена сигурност и оценка на неговата приложимост, се базират на систематичен изследователски процес. Той включва преглед на литературни източници, моделиране на архитектури за сигурност, симулация на сценарии за атаки и експериментална валидация на предложените решения.

Дисертационният труд следва ясна и логична структура, като проведените изследвания и експерименти са в пълно съответствие с поставените цели и методологичния подход. Чрез съчетаването на теоретичен анализ, практическо тестване и сравнителна оценка на резултатите, е осигурена надеждна основа за извеждане на аргументирани заключения и формулиране на препоръки за усъвършенстване на стратегиите за автентикация в уеб системи.

4. **Кратка аналитична характеристика и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд**

Общият обем на дисертационния труд е 137 страници. Дисертационният труд съдържа 5 формули и 25 фигури. Цитирани са 156 литературни източника, стандарти и спецификации, посочени в библиографската справка. Основното изложение на дисертационния труд е разпределено в 6 глави.

В първа глава са оценени двата основни архитектурни подхода съществуващи в индустрията, stateful и stateless. Направен подробен анализ от гледна точна на сигурност и техническа поддръжка. Сравнени са ситуации от гледна точка на модерни архитектурни модели (микросървиси).

Във втора е разработен иновативен модел за назначаване на таб в браузъра, който да изпълнява функцията на „лидер". Този таб опреснява токен, нужен за автентикацията на потребителя. Извършена е оптимизация на работата на уеб системата. Направено е сравнение с други подходи. Методът показва абстрактност и може да бъде използван и в други ситуации, в които е наложително един таб да извършва работа вместо другите.

В трета е усъвършенстван метод за съхранение на токени на клиентско ниво в Web Worker. Направени са сравнения с традиционни подходи. Показани са рисковете при тях и как този метод помага сигурността. Методът е иновативен и има силно приложение в модерните уеб системи. Тук се изисква по-високо ниво на знание от екипът от програмисти, който ще използва този метод, в сравнение със стандартните методи за съхранение на токени.

В четвърта е изградена формула за измерване на стрес при потребителя, водеща до ограничен достъп до системата. Дори при правилно изградени стратегии, показани в горните глави, може да се създаде уязвимост от страна на потребителя. Този метод разрешава такъв тип проблеми.

В пета отново се дава фокус върху състоянието на потребителя, при автентикация в системата. Изследва се известния метод на многофакторна автентикация, като се излага на показ какви уязвимости, може да причини, дори технически правилно имплементиран. Дава се стратегия за предотвратяване на такъв тип атака.

В последната шеста глава е изследван проблемът от зависимостта от големите софтуерни компании за подпомагане на автентикацията. Тук се слага на фокус досега на компаниите върху биометричните данни, както и съхранението на пароли и други данни, свързани с удостоверяване. Показани са алтернативни механизми за защита.

Дисертационният труд е добре структуриран и подреден. Изложението е гладко и логически последователно. Има онагледяване с фигури и графики. Описанието на отделните подходи и алгоритми е подкрепено с доказателствена част. Личи дълбокото познаване и разбиране на материала от дисертанта, както и умението му творчески да интерпретира съществуващите научни постижения и да ги надгражда.

5. Научни и/или научно-приложни приноси по дисертационния труд

Приемам формулираните от автора приноси, постигнати в резултат на извършените научни изследвания. Приносите могат да се отнесат към категориите обогатяване на съществуващото научно знание и научни постижения в практиката, както и създаване на нови и модифициране на съществуващи методи, подходи, модели и алгоритми за решаване на поставените в дисертационния труд задачи.

Формулираните в дисертационния труд приноси, са групирани в две категории, както следва:

<u>Приноси с научно-приложен характер</u>

1. Въведен е нов метод за оценка на „стреса" („рисков" статус на потребителя) - наречен „стрес индекс". С него се обогатяват динамичните модели за автентикация. Методиката въвежда риск-базиран подход към схемите за автентикиране в динамични ситуации.
2. Разработени и верифицирани са група фактори за качествено имплементиране на методиката и включената в нея метрика, а именно - какви данни да се събират, как да се оценяват и къде се намира балансът между статистическа обоснованост и практическо удобство.
3. Направен е задълбочен сравнителен анализ на двата парадигмални подхода – stateful срещу stateless. Извеждат се конкретни теоретични постановки и рамки, които да подпомогнат изследователи и специалисти при избора на подходящ модел.

4. Разработен е иновативен метод - „лидер таб на браузъра“ при опресняване на токени и приложението на Web Worker за съхранението им. Чрез него се разширява концепцията как фронтенд архитектурите могат да се оптимизират за по-висока сигурност, по-ниско мрежово натоварване и подобрено потребителско изживяване.

Приноси с приложен характер

1. Представени са експериментални данни оценяващи влиянието на втори (или трети) фактор върху поведението на потребителите на софтуерни платформи.
2. Предложен е списък с детайлни препоръки за това кога е по-подходящо да се използва автентикация със състояние или без състояние, като се взема предвид фактори като мащабируемост, честота на сесии, нужда от бърза инвалидизация и др.
3. Предложени практически стъпки и имплементация как да се определи и управлява един „лидер таб“ в браузъра, който да извършва централизиран процес по опресняване на токените. Този механизъм улеснява поддръжката на множество едновременно отворени раздели, намалявайки излишния трафик и риска от дублирани заявки.
4. Предложен е подобрен метод за ползване на Web Worker с цел ограничаване на достъпа до токените в основния изпълнителен поток на браузъра. В дисертацията са включени насоки за предотвратяване на често срещани уязвимости (напр. атаки от тип cross-site scripting).
5. На базата на изведената формула за стрес индекс и предложените методики за управление на умората от MFA са разработени алгоритмични решения които приложени към софтуерен продукт допринасят за гъвкаво и персонализирано определяне на степента на защита и повишават сигурността.
6. Разработени са указания и приложни стъпки за отчитане психологическите и поведенческите аспекти на потребителите при създаването на сигурни, но и достъпни за ползване системи.

6. Оценка на степента на личното участие на докторантката в приносите

Представеното съдържание, проведените анализи и експерименти, в рамките на дисертационни труд, показват отличното познаване на предметната област, в която се фокусира труда. Дисертационни труд се откроява с отлична последователност по отношение на съдържанието, извършените анализи и проведените експерименти. Докторанта има пет научни публикации с анализи и резултатите получени в рамките на дисертационното си изследване, като всички публикации са докладвани на международни научни конференции, на някои от които съм имала удоволствието лично да присъствам и да се убедя в задълбочените познания, които докторанта Фирас Имад Ал-Хусари има в областта. Считам, че личния принос на докторанта при постигане на поставените резултати и формулирането на приносите и безспорен.

Представеното съдържание, извършените анализи и проведените експерименти в рамките на дисертационния труд ясно демонстрират задълбочените познания на докторантката в областта на информационната сигурност и стратегиите за автентикация в уеб системи. Дисертационният труд се отличава с висока степен на самостоятелност при формулирането на изследователските цели, избора на подходи и разработването на експерименталната част. Структурата на труда е последователна и логически изградена, като ясно се откроява личният принос на докторантката в анализа на съществуващите модели, предложението на нов подход за комбинирана автентикация и оценката на неговата ефективност чрез практически тестове.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

В периода 2023-2025 автора е публикувал пет научни статии с анализи и резултати получени в рамките на дисертационното изследване. Всички пет статии са докладвани на международни научни конференции, четири от статиите са докладвани на научни конференции проведени в България и една на конференция в Северна Македония. Научните публикации са публикувани в реномирани издания като IEEE, ResearchGate. Направените публикации покриват тематиката на дисертационни

труд и отразяват основни теми, анализи и резултати от същия. Една от статиите е самостоятелна и четири в съавторство с други автори като в три съавтор е научния ръководител.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната практика

Постигнатите научни и приложни резултати намират приложение при създадено от докторанта учебно съдържание, което е актуално да бъде използвано в учебния процес, както със студенти, така и с ученици. Резултатите също така могат да намерят приложение и в практиката, тъй като дисертационни труд цели именно разрешаване на предизвикателства в настоящата ИТ индустрия.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд

Авторефератът към дисертационни труд отговаря на изискванията и съответства с дисертационния труд и поставените пред него цели и задачи. В авторефератът е разгледано съдържанието по глави и постигнатите приноси. Авторефератът е оформен съгласно изискванията на Технически университет – София и считам че адекватно отразява същността на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки

Дисертационният труд обхваща широк набор от научни публикации и анализи, посветени на предизвикателствата в ИТ индустрията и конкретната предметна област. Трудът е структуриран прецизно и демонстрира високо ниво на професионална компетентност от страна на автора. Проведените аналитични и експериментални изследвания се отличават със задълбоченост и последователен стремеж към формулиране на адекватно решение на поставените цели и задачи. Формулираните цели и задачи адресират реални проблеми и показват несъмнен потенциал за практическо приложение.

Препоръките ми към докторанта са да продължи своята научноизследователска дейност по темата, както и в други направления, свързани с актуалните предизвикателства пред науката и индустрията.

11. Заключение

На база гореизложеното, считам че дисертационния труд на маг. инж. Фирас Имад Ал-Хусари напълно отговаря на изискванията Закона за развитие на академичния състав на Република България, Правилника за прилагане на закона и съответния правилник на Технически Университет – София и на изискванията за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. Приложения автореферат отговаря на изискванията и съответства с дисертационния труд и поставените пред него цели и задачи.

Проведените научни изследвания са в актуална област и третират проблематика, която е обект на засилен изследователски и индустриален интерес. Получените резултати съдържат научни и приложни приноси, които са разпространени и направени достояние на заинтересованата научна общност чрез публикуването им в научни статии в списания и представянето им на специализирани научни форуми и конференции.

След като се запознах напълно с дисертационни труд и предметната област и на база гореизложеното, убедено давам своята положителна оценка за представения дисертационен труд и предлагам на уважаемите членове на Научното жури да бъде присъдена образователна и научна степен „доктор“ на маг. инж. Фирас Имад Ал-Хусари по научна специалност „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“ в професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника.

27.10.2025 г. Рецензент:

Гр. София /проф. д-р инж. Даниела Гоцева/

SCIENTIFIC REPORT

of a dissertation

for the acquisition of an educational and scientific degree "**doctor**"

Author of the dissertation, **M.Sc. Engineer Firas Imad Al-Husari**

Dissertation topic: **"Strategies for authentication in web systems**

Reviewer: **Prof. Dr. Daniela Asenova Gotseva**

Department of Computer Systems, FCST, Technical University - Sofia

This review was prepared in my capacity as chairman of the scientific jury, appointed by Order No. ОЖ-5.3-20 of 12.05.2025 of the Rector of the Technical University - Sofia.

PhD student M.Sc. Engineer Firas Imad Al-Husari graduated in 2019 with a bachelor's degree in "Computer and Software Engineering" at the Department of Computer Systems, Faculty of Computer Systems and Technologies at the Technical University - Sofia. In 2021, he acquired a master's degree in "Computer and software engineering" at the same department and faculty. On 01.03.2022, the doctoral student mag. Engineer Firas Imad Al-Husari was enrolled in full-time doctoral studies in the doctoral program "Automated systems for information processing and management" in professional direction 5.3 Communication and computer technology at the department "Computer Systems " at the faculty of Computer systems and technologies at the Technical University - Sofia. The doctoral student has completed his individual plan and passed all the examinations of the doctoral minimum. With the decision of the FS of FCST (Protocol No. 10/28.04.2025) on the proposal of the department "Computer Systems" (Protocol No. 8/28.04.2025), a decision was made to disclose a procedure for the public defense of the dissertation his work.

In parallel with his scientific activity, since 2016, the PhD student has been professionally engaged in software development and IT consulting services for leading global organizations.

1. **Actuality of developments in the dissertation work, a problem in scientific and scientific-applied terms**

The submitted dissertation is directed toward the study of contemporary authentication strategies in web-based systems, the analysis of their effectiveness, and the development of a model that enhances security while preserving user convenience. The dissertation aims to investigate, design, and create various approaches to user identification and verification within the context of a rapidly evolving digital environment, where web systems constitute a primary channel for access to key services such as electronic banking, healthcare, and education. The topic is indisputably current and of high practical significance, since reliable authentication is a critical factor for maintaining trust between users and service providers, as well as for minimizing the risk of abuse and cyberattacks.

Defining a reliable authentication strategy that combines a high level of security with an optimal user experience is a key challenge for modern organizations. On the one hand, classical methods based solely on passwords reveal their vulnerability amid large-scale cyberattacks and data breaches. On the other hand, the introduction of modern technologies such as multi-factor and stateless authentication presents new challenges related to integration, scalability, and the human factor.

Within the dissertation, existing approaches and standards for authentication are examined and analyzed, with an assessment of their applicability across different types of web systems. A scientific study has been conducted aimed at developing an optimized authentication model that combines technical and behavioral protection mechanisms, thereby achieving greater resilience against cyber threats. As a result of the

experimental work undertaken, a conceptual framework is proposed for implementing effective authentication strategies that account not only for the technical but also for the human aspects of security, contributing to greater reliability, trust, and competitiveness of web systems.

2. **Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material**

The dissertation addresses an exceptionally timely topic related to authentication strategies in web systems and the challenges arising from the growing need for access to digital services that is both secure and convenient. Successful fulfillment of the stated objectives requires an in-depth knowledge of contemporary user authentication approaches, cryptographic mechanisms, security protocols, as well as the human factor, which is often decisive for the effectiveness of the strategies applied. Within the work, classical password-based methods are analyzed alongside modern solutions such as multi-factor, biometric, and stateless authentication, examining their advantages, limitations, and applicability in various contexts.

The doctoral candidate demonstrates thorough familiarity with international standards, protocols, and best practices in the field, including OAuth 2.0, OpenID Connect, FIDO2, and Zero Trust models. A review and critical analysis of 156 sources—scientific articles, standards, academic works, and materials from international conferences—has been conducted, reflecting current trends and research achievements. The literature base presented indicates excellent awareness of the state of the art and the ability to interpret the available material creatively. The study is distinguished by an analytical approach and an ability to synthesize scientific and applied information, enabling the formulation of original conclusions and proposals for optimizing existing authentication strategies.

3. **Correspondence of the chosen research methodology with the set goal and tasks of the dissertation work**

The chosen research methodology is based on a comparative and analytical approach, encompassing the study of existing authentication models, functional analysis of their characteristics, and experimental evaluation of their effectiveness across different web environments. The methodology combines a theoretical analysis of authentication standards and protocols with the practical implementation of a test environment for verifying the results. On this basis, a well-reasoned selection of appropriate strategies and technologies has been made, achieving an optimal balance between security and user convenience.

The tasks set in the dissertation—namely, the analysis of existing authentication mechanisms, the development of a model for enhanced security, and the assessment of its applicability—are grounded in a systematic research process. This process includes a review of the literature, the modeling of security architectures, the simulation of attack scenarios, and the experimental validation of the proposed solutions.

The dissertation follows a clear and logical structure, with the conducted studies and experiments fully aligned with the stated objectives and methodological approach. By combining theoretical analysis, practical testing, and comparative evaluation of the results, a reliable foundation has been established for drawing well-substantiated conclusions and formulating recommendations for the refinement of authentication strategies in web systems.

4. **Brief analytical description and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based**

The total volume of the dissertation is 137 pages. The dissertation contains 5 formulas and 25 figures. A total of 156 literature sources, standards, and specifications are cited in the bibliography. The main exposition of the dissertation is distributed across 6 chapters.

Chapter One evaluates the two principal architectural approaches present in industry—stateful and stateless. A detailed analysis is provided from the standpoint of security and technical maintenance. Situations are compared in the context of modern architectural models (microservices).

Chapter Two presents an innovative model for designating a browser tab to act as a "leader." This tab refreshes the token required for user authentication. An optimization of the web system's operation has been performed, and a comparison with other approaches is provided. The method exhibits a high level of abstraction and can be applied in other situations where one tab must perform work on behalf of the others.

Chapter Three refines a method for client-side storage of tokens in a Web Worker. Comparisons are made with traditional approaches, the risks inherent in them are shown, and the way in which this method improves security is explained. The method is innovative and has strong applicability in modern web systems. It does, however, require a higher level of expertise from the programming team that will employ it, compared to standard token storage methods.

Chapter Four develops a formula for measuring user stress that can lead to restricted access to the system. Even with properly designed strategies presented in the preceding chapters, vulnerabilities may arise on the user side. This method addresses such problems.

Chapter Five again focuses on the user's condition during system authentication. The well-known method of multi-factor authentication is examined, demonstrating what vulnerabilities it may cause—even when implemented correctly from a technical standpoint—and a strategy is proposed to prevent such attacks.

Chapter Six investigates the problem of dependence on large software companies for supporting authentication. Emphasis is placed on the companies' access to biometric data, as well as their storage of passwords and other authentication-related data. Alternative protection mechanisms are presented.

The dissertation is well structured and organized. The exposition is smooth and logically consistent, supported by figures and charts. The description of the individual approaches and algorithms is underpinned by evidentiary analysis. The doctoral candidate's deep knowledge and understanding of the subject matter are evident, as are his ability to interpret existing scientific achievements creatively and to build upon them.

5. Scientific and/or scientific-applied contributions to the dissertation work

I accept the contributions formulated by the author, achieved as a result of the conducted scientific research. The contributions may be classified as enriching existing scientific knowledge and practical scientific achievements, as well as the creation of new—and the modification of existing—methods, approaches, models, and algorithms for solving the tasks set in the dissertation.

The contributions formulated in the dissertation are grouped into two categories, as follows:

Scientific-applied contributions

1. A new method is introduced for assessing "stress" (the user's "risk" status), termed the "stress index," which enriches dynamic authentication models. The methodology introduces a risk-based approach to authentication schemes in dynamic situations.
2. A set of factors has been developed and verified for the qualitative implementation of the methodology and its metric—namely, what data should be collected, how it should be evaluated, and where the balance lies between statistical soundness and practical convenience.
3. The dissertation provides an in-depth comparative analysis of the two paradigmatic approaches—stateful versus stateless—deriving specific theoretical propositions and frameworks to assist researchers and practitioners in choosing an appropriate model.
4. An innovative method is developed—the leader browser tab for token refresh—and the application of Web Worker for token storage. This expands the concept of how front-end architectures can be optimized for higher security, lower network load, and improved user experience.

Applied contributions

1. Experimental data are presented evaluating the influence of a second (or third) factor on the behavior of users of software platforms.
2. The dissertation proposes a detailed set of recommendations on when it is more appropriate to use stateful or stateless authentication, taking into account factors such as scalability, session frequency, the need for rapid invalidation, and others. Methods and an algorithm have been developed that allow easy implementation in a real software environment.
3. Practical steps and an implementation are proposed for determining and managing a leader tab in the browser to carry out a centralized token-refresh process. This mechanism facilitates the maintenance of multiple concurrently open tabs, reducing unnecessary traffic and the risk of duplicate requests.
4. An improved method is proposed for using a Web Worker to limit access to tokens in the browser's main execution thread. The dissertation includes guidelines for preventing common vulnerabilities (e.g., cross-site scripting attacks).
5. Based on the derived stress-index formula and the proposed methods for managing MFA fatigue, algorithmic solutions have been developed which, when applied to a software product, contribute to the flexible and personalized determination of the level of protection and enhance security.
6. The dissertation develops guidelines and practical steps for accounting for the psychological and behavioral aspects of users when creating systems that are secure yet accessible and easy to use.

6. Evaluation of the degree of personal participation of the doctoral student in the contributions

The presented content, together with the analyses and experiments conducted within the dissertation, demonstrates an excellent command of the subject area on which the work focuses. The dissertation stands out for its exemplary coherence in terms of content, the analyses performed, and the experiments carried out. The doctoral candidate has five scholarly publications containing analyses and results obtained in the course of the dissertation research, all of which were presented at international scientific conferences—some of which I had the pleasure of attending in person, where I was able to confirm the in-depth knowledge that the doctoral candidate, Firas Imad Al-Husari, possesses in the field. I consider the doctoral candidate's personal contribution to achieving the stated results and to formulating the contributions to be unquestionable.

The presented content, the analyses performed, and the experiments conducted within the dissertation clearly demonstrate the doctoral candidate's profound knowledge in the field of information security and authentication strategies in web systems. The dissertation is distinguished by a high degree of independence in formulating the research objectives, selecting the approaches, and developing the experimental component. The structure of the work is consistent and logically constructed, with the doctoral candidate's personal contribution clearly evident in the analysis of existing models, the proposal of a new approach to combined authentication, and the evaluation of its effectiveness through practical tests.

7. Evaluation of publications on the dissertation work

In the period 2023–2025, the author published five scientific articles presenting analyses and results obtained within the framework of the dissertation research. All five articles were presented at international scientific conferences—four at conferences held in Bulgaria and one at a conference in North Macedonia. The publications were disseminated in reputable outlets such as IEEE and ResearchGate. The published works cover the topic of the dissertation and reflect its principal themes, analyses, and results. One of the articles is single-authored, and four are co-authored with other authors where in three of them co-author is the scientific supervisor.

8. Using the results of the dissertation work in scientific practice

The scientific and applied results achieved have been incorporated into teaching materials developed by the doctoral candidate, which are current and suitable for use in the educational process with both university students and school pupils. The results can also be applied in practice, since the dissertation is expressly aimed at addressing challenges in the contemporary IT industry.

9. **Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work**

The author's abstract accompanying the dissertation meets the established requirements and is consistent with the dissertation and its stated aims and tasks. The abstract reviews the content chapter by chapter and presents the achieved contributions. It is formatted in accordance with the requirements of the Technical University – Sofia, and I consider that it adequately reflects the essence of the dissertation.

10. **Opinions, recommendations, and notes**

The dissertation encompasses a broad range of scientific publications and analyses devoted to challenges in the IT industry and the specific subject area. The work is precisely structured and demonstrates a high level of professional competence on the part of the author. The analytical and experimental studies conducted are distinguished by depth and a consistent pursuit of well-founded solutions to the stated aims and tasks. The formulated goals and tasks address real-world problems and exhibit clear potential for practical application.

My recommendation to the doctoral candidate is to continue his research activity on this topic, as well as in other directions related to the current challenges facing science and industry.

11. **Conclusion**

Based on the above, I believe that the dissertation work of mag. Eng. Firas Imad Al-Husari fully meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria, the Regulations for the Implementation of the Law and the relevant regulations of the Technical University - Sofia and the requirements for obtaining the educational and scientific degree "doctor". The attached abstract meets the requirements and corresponds to the dissertation work and the goals and tasks set before it.

The scientific research carried out is in an up-to-date field and deals with issues that are the object of increased research and industrial interest. The obtained results contain scientific, scientific-applied, and applied contributions, which are disseminated and made available to the interested scientific community through their publication in scientific articles in journals and their presentation at specialized scientific forums and conferences.

Having fully familiarized myself with the dissertation work and the subject area and based on the above, I confidently give my positive assessment of the submitted dissertation work and propose to the respected members of the Scientific Jury that the educational and scientific degree "Doctor" be awarded to M.Sc. Eng. Firas Imad Al-Husari in scientific specialty "Automated systems for information processing and management" in professional direction 5.3 Communication and computer technology.

27.10.2025

Sofia

Reviewer:

/Prof. PhD eng. Daniela Gotseva/