

## **РЕЦЕНЗИЯ**

**на дисертационен труд  
за придобиване на образователната и научна степен "доктор" в**

**област на висше образование – 5. Технически науки  
професионално направление – 5.3 Комуникационна и компютърна техника  
докторска програма – Комуникационни мрежи и системи**

**Автор: маг. инж. Михаил Николаос Маламатудис**

**Тема: Моделиране и съвременни методи за подобряване на ефективността на ММО  
каналы в безжични комуникационни системи**

**Рецензент: проф. д-р инж. Теодор Божидаров Илиев, катедра „Телекомуникации“,  
Висше училище по телекомуникации и пощи**

Представената рецензия е съгласно заповеди на Ректора на Технически университет–Габрово №3-01-336/02.07.2019 г. и №3-01-340/05.07.2019 г. за определяне на научно жури и на рецензенти на дисертационния труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“ на тема „Моделиране и съвременни методи за подобряване на ефективността на ММО канали в безжични комуникационни системи“, разработен от маг. инж. Михаил Николаос Маламатудис.

**Биографични данни за докторанта и общо описание на дисертационния труд и  
приложените към него материали.**

Маг. инж. Михаил Николаос Маламатудис е завършил магистърска степен по специалност „Съвременни телекомуникационни системи и мрежи“. През 2015 г. е зачислен в редовна докторантура по научна специалност „Комуникационни мрежи и системи“ към катедра Комуникационна техника и технологии на Технически университет – Габрово. Обучението на докторанта е извършено по утвърден план и отговаря на необходимите изисквания.

Дисертационният труд е в обем от 130 страници, структуриран е в четири глави – Глава I – Състояние, проблеми и перспективи на приложението на ММО технологията в безжични комуникационни системи, Глава II – Аналитично моделиране на ММО канали за връзка в безжичните комуникационни системи, Глава III – Симулационно моделиране и изследване на ефективността на ММО канали за връзка в безжичните комуникации, Глава IV – Експериментално изследване на ефективността на ММО канал в безжични комуникационни системи.

Дисертационният труд съдържа 110 фигури (11 фигури в първа глава, 15 фигури във втора глава, 34 фигури в трета глава, 50 фигури в четвърта глава), 7 таблици и 68 математически изрази.

## **1. Тема и актуалност на дисертационния труд**

Дисертационният труд е в област на висше образование 5. Технически науки, професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, научна специалност „Комуникационни мрежи и системи“ със заглавие „Моделиране и съвременни методи за подобряване на ефективността на MIMO канали в безжични комуникационни системи“. В работата се разглеждат важни за инженерната практика проблеми, свързани с комуникационните канали с множество входове и множество изходи (MIMO), използвани за комуникация в съвременните безжични комуникационни системи по стандартите IEEE 802.11, мрежите от четвърто (4G) поколение LTE и LTE Advance.

Темата на дисертационния труд е в областта на безжичните комуникационни системи, тъй като получените основни резултати са тясно свързани с изследването на различни процеси на физическо ниво (генериране, кодиране, модулация, предаване и приемане), свързани с MIMO канала за връзка, както и зависимостите, касаещи параметрите, определящи ефективността на предаване на информацията в различни условия.

Актуалността на дисертационния труд се определя от широката научноизследователска дейност, която се развива през последните години по проблематиката, към търсене на технически решения за подобряване на ефективността на предаване на информацията в различни условия. В така представената работа са използвани както класически методи за изследване, така и нови изследователски методики за математическо моделиране и симулация на процесите, чрез които са получени специфични знания за параметрите на канала, както и зависимостите между тях, определящи качеството на сигналите и ефективността на безжичната комуникационна мрежа. В тази връзка изследванията, свързани с разглежданите въпроси в настоящата работа представляват интерес както за научната общност, така и за практиката. Предвид това представеният дисертационен труд е актуален в научно-приложен аспект и представлява оригинален принос в науката за разширяване на знанията в конкретна област.

От всичко това произтича актуалността, значимостта и дисертабилността на разработвания проблем, а получените резултати могат да намерят широко практическо приложение.

## **2. Обзор на цитираната литература**

Докторантът демонстрира задълбочено познаване на състоянието на проблемите по темата на дисертацията, изразено както чрез обхвата, така и чрез дълбочината на интерпретациите на използваните източници в осъществения литературен обзор.

Основаната част от използваните литературни източници е цитираната в първите три глави. В първа глава докторантът е извършил обстойно литературно проучване върху голям брой публикации за състоянието и тенденциите за развитие на ММО технологията в безжичните комуникационни системи. Във втора глава е осъществено аналитично моделиране на ММО канала за връзка в безжичните комуникационни системи, а в трета глава е извършено симулационно изследване в графична среда на MATLAB и WinProp на поставения проблем на базата на известни закони от съответната област.

Особено добро впечатление прави позоваването както на класически литературни източници, така и от престижни научни издания. Използваната литература обхваща 126 заглавия, от които 6 са на кирилица, останалите на английски език. Преобладаващата част от материалите са от последните години. Цитирани са статии от авторитетни научни списания, стандарти и книги. Извършеният аналитичен обзор позволява на докторантът да дефинира коректно целта и четирите основни задачи за изследване, които той решава успешно във втора, трета и четвърта глава.

### **3. Методика на изследване**

От извършения литературен анализ на състоянието на проблема в края на първа глава е установено, че изискванията към една безжична комуникационна система са не само да осигурява необходимите услуги на абонатите си чрез радиоразпръскване на цифрови сигнали, но и във възможността ѝ за постигане на високоскоростен ефективен многоканален пренос на радиосигналите.

Това дава основание да се формулира целта на дисертационния труд, а именно: *„Да се представят и изследват процесите при реализация на безжично радио покритие, чрез синтезиране на аналитични и симулационни модели и провеждане на симулационни и експериментални резултати, които да доведат до възможности за оценка и търсене на методи за подобряване на ефективността в съвременните многопотребителски широколентови безжични комуникационни мрежи”*. Основните задачи за решаване на поставената цел се свеждат до:

- Анализ и оценка на аналитичните модели на ММО канали за връзка и приложението им при оценка на разпространението на радиосигналите;
- Синтезиране на примерен проект за компютърно проектиране на ММО канал за връзка в безжична мрежа в среда на открито и на закрито;
- Симулационно моделиране и изследване на ММО канали за връзка в безжични комуникационни мрежи в графична среда на MATLAB и WinProp;
- Експериментално изследване на ефективността на ММО канал в IEEE 802.11n и 4G LTE безжични комуникационни системи.

За постигане на поставената цел докторантът използва модерни апарати и мощни софтуерни продукти. Той използва сложни математически модели на разпространение на сигнала при моделирането на безжичните комуникационни системи от вида SISO и ММО. В работата си инж. Михаил Маламатудис е показал много добри умения за работа със специализираните софтуерни продукти WinProp,

MATLAB и др. Това осигурява висока степен на съответствие между теоретичните и експерименталните изследвания. Разработените модели за изследване на MIMO каналите, позволяват решаването на голям кръг въпроси, свързани с изследване спецификата на средата за външно или вътрешно разпространение на радиовълните, анализ на методи за оптимален избор на модел за подобряване на ефективността при реализацията на MIMO канали в безжичните комуникационни мрежи и др.

Основните положения в дисертацията са потвърдени при сравняване резултатите от моделите с експериментално получените изследвания. Те са представени в четвърта глава. Получените резултати са анализирани и илюстрирани с много таблици и графики, като потвърждават изборния научноизследователски подход и приложимостта на получените резултати. В този смисъл формулираната цел и задачи на дисертацията са изпълнени, като в синтезиран вид те са изложени в изводите и заключенията.

#### **4. Приноси на дисертационния труд**

Приемам обявените от докторанта приноси. В съответствие с общоприетите правила за научна оценка на резултати от изследванията, смятам, че са доказани факти, относно планирането, симулационното и експериментално изследване и експлоатацията на MIMO канали в безжичните комуникационни мрежи.

За научни приноси считам:

- Разработена е методика за избор на модел, чрез който се подобрява ефективността при реализацията на MIMO канали в безжичните комуникационни мрежи в зависимост от спецификата на средата за външно или вътрешно разпространение на радиовълните;
- Синтезирани са модели за изследване на ефективността на MIMO канал за връзка в безжична мрежа по стандарт IEEE802.11n/ac. На тяхна база са направени симулационни изследвания на ефективността на MIMO канал за връзка на закрито и са предложени решения за използването на специфични модели в конкретна среда на разпространение.

Научно-приложните приноси намирам в:

- Анализирани са MIMO системния модел и MIMO канала за оценка. Направени са изследвания с цел сравнителен анализ на емпиричните модели с експериментално получени данни при различни конфигурации и брой на елементите в MIMO системата;
- Направено е изследване на параметрите на разпространение на радиосигнали на вътрешно и външно разположение при различни модели, чрез виртуална среда и са представени графични зависимости, даващи информация за търсене на оптимални решения за разположение на многоантенно оборудване и неговата ефективна настройка;
- Анализирани са симулационни модели, свързани с планиране на безжично радиопокрите с MIMO канали за връзка, за среда на закрито и в сложна

градска среда, и са изчислени затихването на радиосигнала, съотношението сигнал/шум, нивото на интерференция и зоните на покритие при липса на пряка видимост, като се отчита влиянието на многолъчевото разпространение на сигналите и многоканалните връзки с потребителите. Направено е симулационно изследване с програмни продукти Matlab, WinProp, Aerohive Planning Tool и airLink Outdoor Wireless Link Calculator;

- Създадени са симулационни и експериментални модели за изследване на радиопокритие на сграда – учебен корпус №2 на Технически университет Габрово и са извършени симулационни и експериментални изследвания на вътрешно и външно разпространения на сигналите при използване на MIMO канали за връзка;
- Предложен е алгоритъм за проектиране на MIMO безжични платформи с висока ефективност за съвременните и развиващите се безжични комуникационни мрежи, вследствие направените симулационни изследвания и получени резултати.

## **5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд**

Основните резултати, получени при разработването на дисертационния труд са публикувани в седем научни доклада, от които един е самостоятелен [А.1], а останалите шест са в съавторство. В две от публикациите кандидатът е на първо място. Пет публикации са на английски език и 2 броя - на български. Две от публикациите са индексирани в Scopus.

Публикациите са направени през периода 2016 – 2018 г. и имам напълно положително отношение към представителността на научните форуми. Докладите съдържат най-съществените моменти от изследването, проведено от инж. Маламатудис и считам, че са дали възможност на научната общественост да се запознае с дисертационния му труд.

Приемам за равностойно участието на докторанта във всички публикации, в които има съавторство.

Всичко това ми дава основание да заявя, че научните постижения на автора са огласени достатъчно широко и са известни не само у нас, но и в чужбина. Не ми е представена информация за цитирания или използване на резултати от дисертацията, икономически ефект и др.

## **6. Авторство на получените резултати**

Познавам инж. Михаил Маламатудис от 2018 г. от съвместното ни участие в Международната научна конференция УНИТЕХ, организирана от Технически университет – Габрово. Въпреки това не познавам отблизо дейността на докторанта, но от разговорите ми за неговата работа през годините с него и с научния му ръководител, с когото той има пет общи публикации, мога да приема, че неговото участие при разработването на дисертационния труд е водещо и неоспоримо.

Самостоятелната публикация и публикациите, в които кандидатът е на второ място са доказателство за неговото лично участие при разработването на дисертационния труд.

## 7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е в обем от 44 страници, в това число 53 фигури, 25 математически израза и 6 таблици. Структуриран е добре и отразява коректно и точно актуалността на работата, нейната цел и задачи, научна новост, резултати, приложимост на резултатите и апробация. Структуриран е съгласно логиката и последователността на дисертационния труд и считам, че го представя в необходимата пълнота и съответствие.

## 8. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Към така представения дисертационен труд отправям следните препоръки и забележки:

1. Не е дадена математическа оценка за оптималност и представителност на проведените симулационни експерименти;

2. Кандидатът не винаги се отнася с нужното внимание към прецизното формулиране на постигнатите резултати, към дискутирането на тяхната оригиналност и значимост;

3. Да се съсредоточи повече в публикуването на научен материал в престижни списания у нас и в чужбина;

4. Препоръчвам на докторанта да публикува в по-голяма степен самостоятелно резултати от научните си изследвания.

Посочените от мен забележки и препоръки не омаловажават извършената научноизследователска дейност от инж. Михаил Николаос Маламатудис. Считам, че дисертационният труд постига заявената цел, а дефинираните задачи са изпълнени на високо научно ниво и дисертацията има завършен характер.

## 9. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание **да предложи** да бъде придобита образователната и научна степен „доктор” от **маг. инж. Михаил Николаос Маламатудис** в област на висше образование **5. Технически науки**, професионално направление - **5.3 Комуникационна и компютърна техника** по докторска програма **„Комуникационни мрежи и системи“**.

12.08.2019 г.

Подпис: /п/  
/проф. д-р инж. Теодор Илиев/