FRI-ONLINE-1-CCT2-05

AN APPROACH FOR COMPUTER AIDED DESIGNATION OF FREQUENCY CHANNELS [21]

Assist. Prof. Ivanka Tsvetkova, PhD
Department of Telecommunications,
University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria
Tel.: +359 82 888 836
E-mail: itsvetkova@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Rosen Bogdanov, PhD
Communication networks and systems Department, "Vasil Levski" National Military University, Faculty "Artillery, AD and CIS", Shumen, Bulgaria
Tel.: +359 885797804
E-mail: rab61@abv.bg

Miroslav Nedelchev – PhD Student
Communication Networks and Systems Department, Artillery,
National Military University „V. Levski", Shumen, Bulgaria
Tel.: +359 885 288 754
E-mail: nedel4ew@abv.bg

Abstract: *The problems of the increased use of the frequency spectrum and its compaction are generally valid for all geographical areas subject to regulation. With the introduction of the 5G network, the concepts for IoT and autonomous cars, it will deepen more and more. Possible mitigation can be achieved by using computer-controlled stations/nodes with the ability to exchange information with a database and automated spectrum management software.*

This report describes in general terms the data structure requirements and the criteria for determining the frequency and channels.

Keywords: *Efficiency, Effectiveness, spectrum management, frequency coordination operational requirements*

ВЪВЕДЕНИЕ

Още с навлизането на безжичните комуникации е осъзната необходимостта от въвеждането на регулаторни изисквания към операторите на такива системи. Функциите са сведени до планирне, разпределяне и контрол на процеса по използване на честотите.

С развитието на електронно изчислителната техника, различни по вид безжични комуникации и потребностите от интензивно използване на електромагнитния спектър води до внедряване на компютри в процеса по управление на спектъра и основните функции са допълнени с координация на честотния план, административни процедури (регистрация и издаване на лицензи), уведомления за взети решения, разпределение и др..

Към настоящият етап това е от решаващо значение за регулационните органи, които са изправени пред постоянно нарастващото използване на радиочестотите (https://crc.bg/bg/statii/166/tipovi-razreshenija-radiochestoten-spektyr).

Опита сочи, че организацията и управлението посредством компютърно подпомагани техники са две отделни страни на проблема с планиране, разрешаване, лицензиране, мониторинг и контрол на спектъра.

Представени са два алгоритъма за назначаване на честотни канали и изискванията към структурата на обменяните данни.

[21] Докладът е представен на заседание на секция 3.2 на 29 октомври 2021 с оригинално заглавие на български език: ПОДХОД ЗА КОМПЮТЪРНО ПОДПОМАГАНО ПРЕДОСТАВЯНЕ НА ЧЕСТОТНИ КАНАЛИ

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Рискове и ползи от компютърно подпомаганото управление на спектъра

За да се максимизират ползите от въвеждането на автоматизирано управление на спектъра и възможностите за динамичен достъп от страна на вторичните потребители, трябва да се оцени прилагането на съответния софтуер и хардуер (Slavov D., Marinova N., Radev I., 2021) към конкретна ситуация и регулаторен орган за управление на спектъра и предвиди алгоритъм, който ефективно да решава следните задачи:

- проверка на съответствието на исканията за присвояване на честота с националните и международни таблици за разпределение на честотите и свързаните с тях допълнителни условия;
- проверка на оборудването (предавател, приемник и антена) да са сертифицирани или отговарят на взаимно признати стандарти;
- точно задаване на диапазон от честоти, чрез избора на подходящи канали, като се отчитат характеристиките на терена;
- установяването на пълна документация и актуализиране на базата от данни, за времето и начина на използване, което осигурява и възможност за коректно таксуване;
- точна статистическа и друга електронна обработка, която да бъде достъпна от различни регулаторни органи;
- възможност за електронен обмен на данни и подаване на формуляри за уведомяване между национални и международни регулаторни органи;
- прозрачност и достъпност до актуални данни за широк кръг от потребители;

В последния случай е възможно да се обменят голям обем от данни и това да доведе до необходимостта от допълнителни ресурси за тяхното предаване и обработка. За смекчаване на този проблем не се предават всички елементи, а само необходимите за постигане на валидно изчисление на ЕМС в конкретно местоположение, като се вземат предвид плътността на радио комуникационното оборудване, предварително зададени ограничения и близост до гранични зони.

Липсата на пълен набор от нормативни изисквания с подробно описани модели, зависимости, взаимовръзки, тип и брой на интерфейсите е предпоставка за погрешно внедряване, експлоатация и последващо надграждане и интегриране на системите за автоматизирано управление на спектъра.

При компютърните системи и мрежи основните рискове са свързани с несанкциониран достъп, промяна, кражба или невъзможност за достъп до информация. За намаляване на негативните последствия от преднамерени или непреднамерени заплахи за информационната сигурност следва да се вземат допълнителни мерки, като:

- архивиране – съхранявне на актуално копие на базите данни на място, различно от оперативната база данни, т. нар. за копиране на офлайн носител и такива копия трябва да се правят през интервали - ежедневно или седмично;
- антивирусна защита - най- ефективния начин за ограничаване на рисковете от заразяване с компютърни вируси е посредством използване на антивирусни програми с актуални дефиниции и лицензиран софтуер;
- политика за достъп – използване на терминали с възможности за защита или да отговарят на изискване за автентификация;
- криптиране на обменяната информация и /или криптиране на базите данни.

2. Изисквания и формат на информацията съхранявана в бази от данни

Въпросите относно разположението на източници на електромагнитни излъчвания, тяхната мощност, вид на модулацията, диаграми на насоченост на антенните системи, вида на терена и нива на емисиите от предполагаеми източници на смущения изисква бърз и пълен набор от технически данни за динамично управлението на спектъра.

Административните и минималните технически изисквания към системите за управление на база данни следва да осигуряват пълна информация относно радио средата и отговор на въпроси, като:

- Колко предавателя работят в дадена честотна лента?
- Какъв ефект би оказал нов предавател при разполагането му на конкретно местоположение върху съществуващ приемник, използващ същата честота?
- От кого да се получи информация при наличие на източник на смущения?

2.1. Вид на данните за управление на спектъра.

Под *станция* се разбира наличието на електронно устройство с един или повече предаватели/приемници или комбинация от тях, включително и допълнителното оборудване, необходимо за осъществяване на радио комуникация.

Под *възел* се разбира наличието на електронно устройство в дадена комуникационна система или мрежа, където се създава, приема, предава или разпределя информацията посредством комуникационни канали. За безжичните мрежи данните описващи даден възел могат да включват и честотните ленти заделени за използване, възможностите за преконфигурация, мигриране в друга честотна лента и др. и се описват в таблици заедно с обекти от подобен тип.

Взаимодействие между възлите се осигурява чрез релационни бази от данни, която предоставя информация относно връзките за дадена услуга, право на ползване или разполагане, като например какъв тип предавател се използва в даден географски район.

Под информация за управление на спектъра се разбира, но не се ограничава до:

- изобразяване на разпределението на честотните ленти в международен план;
- национални честотни планове;
- лицензиране и фактуриране;
- координиране и/или уведомяване за честотни назначения в това число и орбитални позиции;
- мониторинг на заетостта на спектъра;
- определяне на характеристиките на оборудването на системата;
- използване на аналитични модели;
- достъп до нормативни документи.

Правилното разбиране на взаимовръзките между възлите и техните характеристики помага да се избегне основен проблем при поддръжката на данните – информационен излишък или съществуване на едни и същи данни на повече от едно място в базата данни. Информация относно националните честотни планове трябва да бъде във формат, подобен на международните, така че двете бази от данни да са лесно сравними.

За постигане на висока съвместимост и ефективност на методите за електронен обмен на информация се изисква стриктно спазване на одобрени стандарти. Когато обменът на информация преминава националните граници, това са международните стандарти. Когато трябва да се обменят специализирани файлове с данни, трябва да се осигури единен формат на данните между всички потребители с възможност за надеждно извличане на информацията.

Връзката между два или повече възела могат да бъдат от типа (Brunato M., 2001):

- Точка - точка - промяна в параметрите на един възел ще окаже влияние върху един друг възел;
- Точка към множество точки - промяна в параметрите на един възел ще окаже влияние върху множество възли, които могат да са основни държатели на лиценз;
- Всеки с всеки – промяната в параметрите на един възел ще окаже влияние върху множество потребители, които използват взаимно свързани честотни ленти и услуги.

Под *разпределени честоти* (честотна лента) се разбира всеки запис в таблицата на честотните назначения за даден честотен обхват с цел използването му от една или повече наземни, космически или радиоастрономически комуникационни услуги при определени условия.

Под *назначение на честоти* се разбира всяко разрешение, дадено от регулационен орган за използване на радиочестоти или радиочестотен канал при определени условия.

Използваните база данни и автоматизирани способи за управление на спектъра трябва да са в състояние аналитично да създават карта на радио покритието. За създаването на такава карта и оценка на смущенията и определяне на нива на емисиите в произволна точка от местността не е достатъчно да са известни само честотата, нива на излъчваната мощност, височината и типа на антената и разстоянието до предавателя.

Трябва да се имат предвид и други фактори, като вид и структура на терена, растителност, сгради, диелектрична и магнитна проницаемост, многолъчевост и др.

За контрол на предварително зададените норми се използват станции за мониторинг, които измерват заетостта на спектъра и наблюдават нивата на електромагнитни емисии и тяхното съответствие с националните и международни разпоредби и лицензионни условия, както и идентифицират на източници на неразрешени емисии и смущения (Slavov Delyan, Atanasova Alexandra, Dimov Dimitar, 2021).

Примерен вариант на данните за споделяне е показан в таблица 1.

Таблица 1. Формат на данни

Честота MHz	Канал №	Наименование на станцията	Мощност	Географска ширина	Географска дължина	Местоположение	Условно наименование (позивна)
…	…	…	…	…	…	…	…

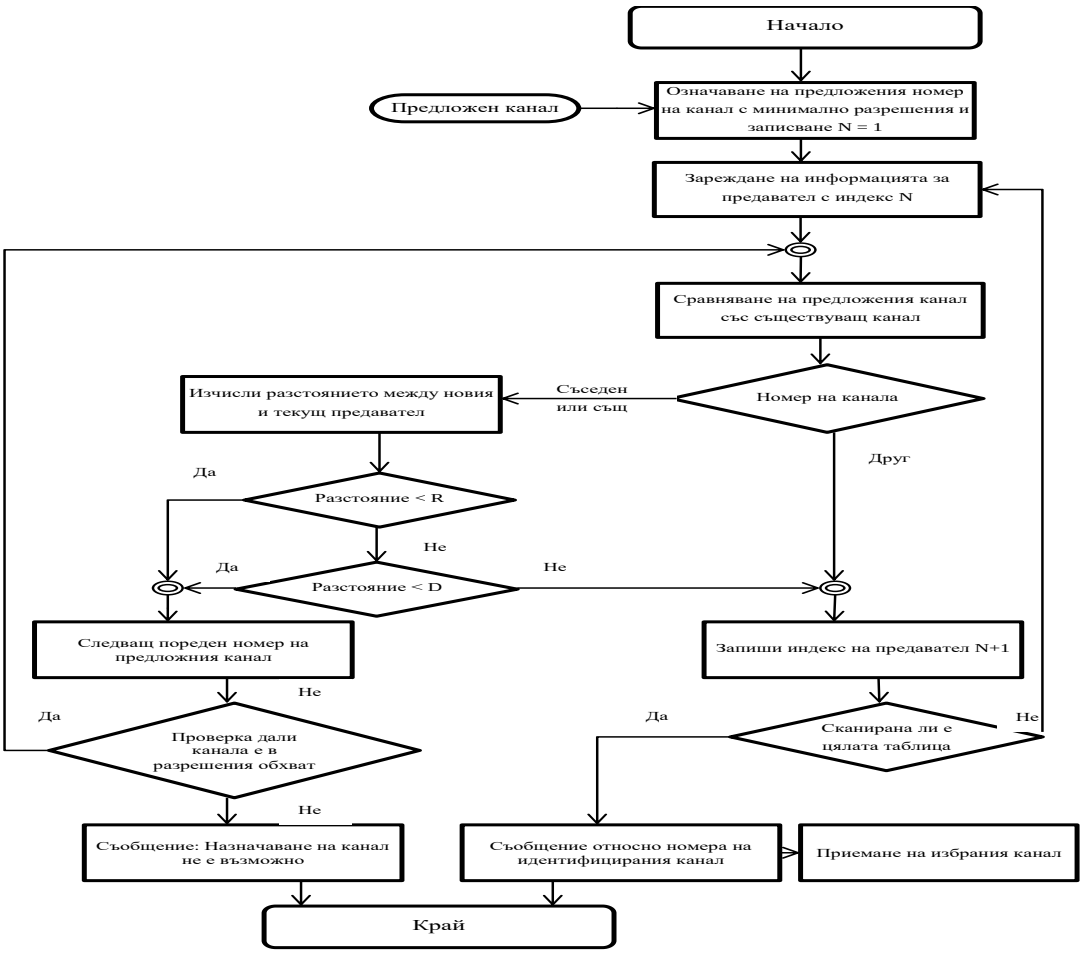
Вид на антената	ДНД	Височина на антената	Поляризация	Надморска височина	Профил на терена
…	…	…	…	…	…

2.2. Алгоритми за назначаване на честоти и канали

На базата на записите в таблицата лесно могат да се въведат критерии за едновременно използване 0 на съседни честоти или канали, например минимално разстояние или защитни интервали.

Критериите от този тип са лесни за прилагане и са широко използвани при планиране и внедряване на клетъчни мобилни радиокомуникационни системи.

Нека разстоянието между два предавателя, които използват съседни канали да бъде означено с R и с D тези, които използват една и съща честота или канал, тогава алгоритъмът (ITU-R, 2015) за назначаване на канал ще има вида, показан на фиг. 1.



Фиг.1 Алгоритъм за назначаване на канали

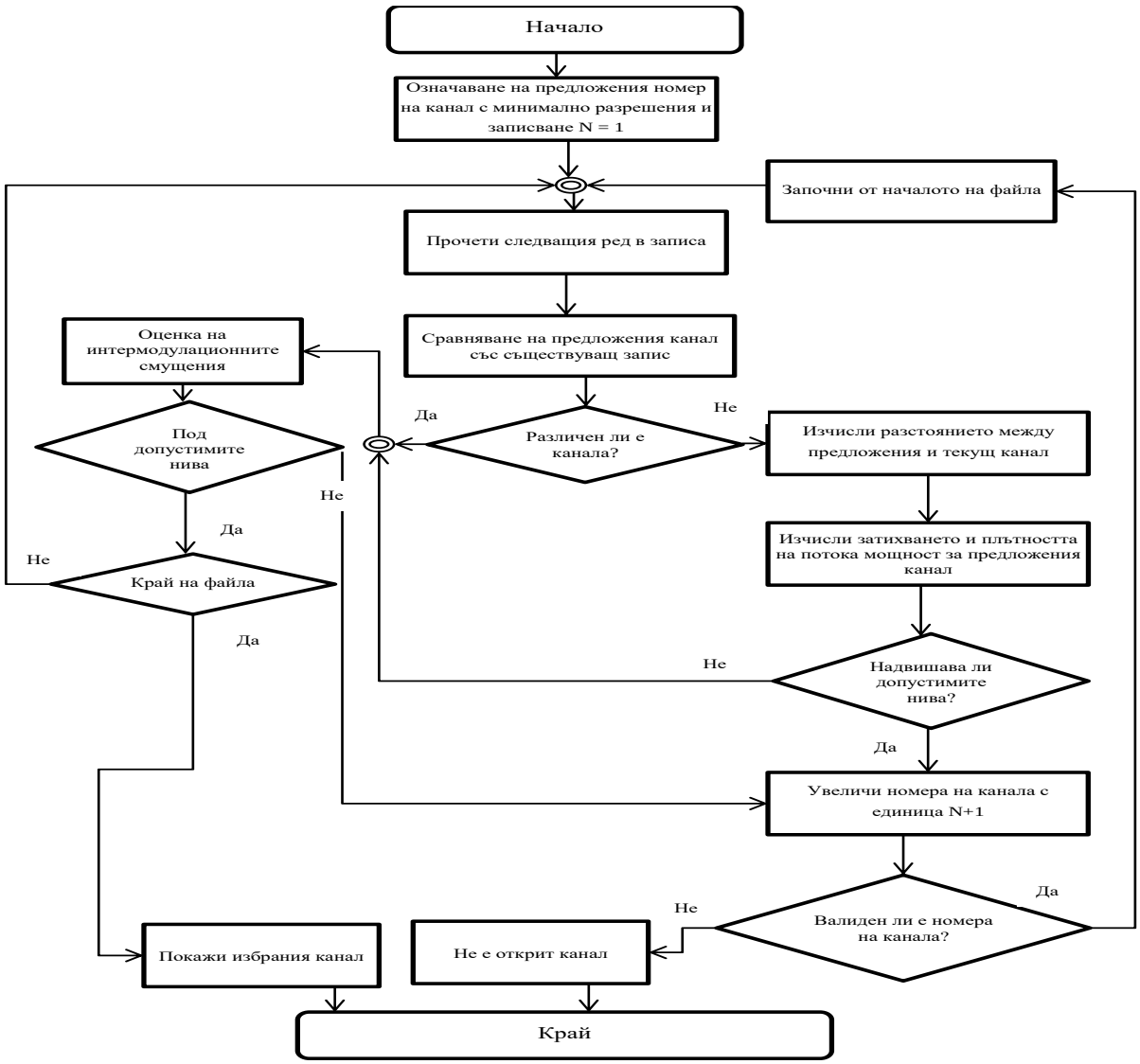
Възможно е да се извърши избор на честоти, като се използват по-подробни критерии за споделяне, като се отчете общата излъчена мощност от всеки предавател.

Например ако е въведен критерий за забрана назначаването на предаватели, които ще генерират спектрална плътност на мощността надвишаваща определена стойност в конкретни местоположения следва да се има предвид излъчената мощност на всеки предавател, затихването по линията за връзка, разстоянието до предавателя, насоченост на антените и др.

Задачата за изчисляване на затихването е комплексна и зависи най - вече от разсейването/поглъщането на енергията при разпространение в свободното пространство. Описва се със сложни математически модели на базата на статистически изследвания за определен период от време.

Обикновено концентрацията на радио предаватели и антените им в местата за разполагане е висока и промяната в параметрите на един от тях може да доведе до интермодулационни смущения в останалите. Подобно усложняване изисква висока изчислителна мощност и допълнителни канали за обмен на служебна информация, поради което в показания алгоритъм се извежда съобщение „Не е възможно назначаване на канал“.

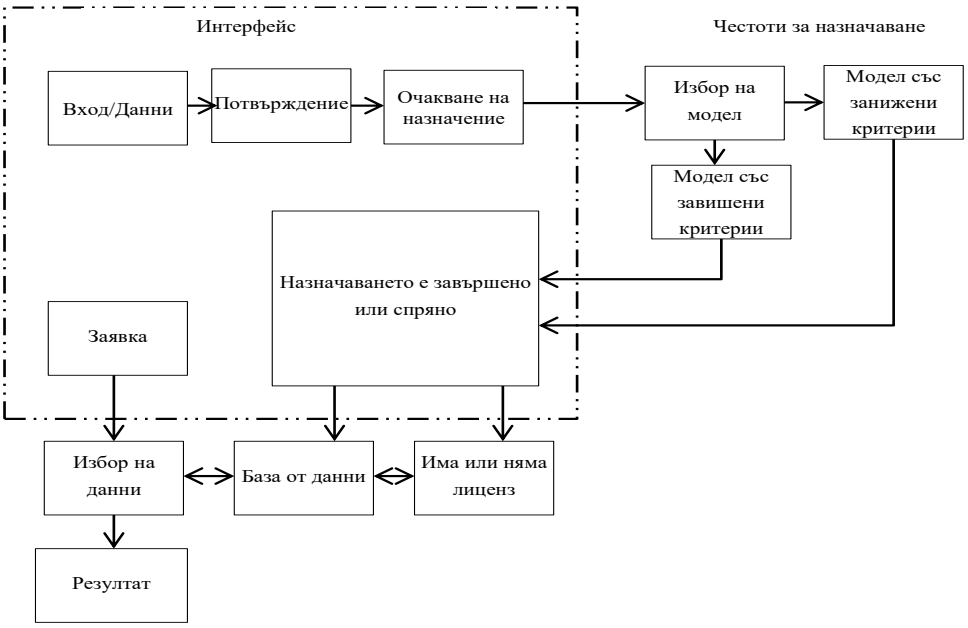
На фиг. 2 е показан подход за автоматизирано вземане на решение с отчитане критериите за мощност и нива на интермодулационните смущения (ITU-R, 2015).



Фиг.2 Алгоритъм за назначаване на канали с отчитане на смущенията

Повторното използване на честоти при клетъчните комуникационни системи е отчетено при тяхното планиране, изграждане и експлоатиране, но е необходимо да се вземат мерки за ограничаване на взаимното влияние при припокриващи се зони и осигуряване на механизъм отчитащ допустими нива при съвместно използване на канали.

На фиг. 3 е показан вариант за назначаване на честоти за мобилни потребители използващ база от данни, в която лесно могат да бъдат добавяни нови потребителски данни или промяна на съществуващите записи. Автоматично се изчислява какво въздействие ще окажат назначените честоти върху останалите базови станции (Coudé R., 2007). Процедурата по предварително сканиране използва всички възможни канали и назначава тези, които имат минимално застъпване и са проектирани така, че да максимизират повторното използване на канали, което води до по-ефективно използване на честотния спектър.



Фиг.3 Алгоритъм за назначаване на честоти на базова станция

Тази процедура включва следните функции:

- поддържане на база данни на потребителските услуги, технически параметри и административни особености;
- извършване на проверки за валидиране, с което се гарантира, че данните са приемливи за системата;
- присвояване на честоти за приоритетни потребители или услуги на базата на изчисления (необходим е достъп до данните за терена) на напрегнатостта на полето в зоната на обслужване на базовата станция и запазване на допустимите приемливи нива при припокриващи се зони. ;
- оценка на времето за заетост на канали, които се споделят в една и съща зона;
- ако не е възможно осигуряването на свободен канал, тогава заявката се поставя в опашка;
- ако подходящ канал не може да бъде намерен, неуспешното задание се поставя в буфер докато не бъде изпълнено;
- автоматично се задават графици за използване и освобождаване;
- поддържане на информационна система, в която се описва профила на покритие;
- поддържане на база от данни с източници на смущения и набор от недостъпни или резервирани канали;

ИЗВОДИ

Навлизането на концепциите за Интернет на нещата и 5G утежнява проблема с планиране и предсказване на електромагнитна обстановка, тъй като промяната в един от параметрите да даден възел или станция оказва влияние върху цялата система. Подходът за компютърно подпомагано предоставяне на честотни канали позволява прилагане на алгоритми за изчисление, предвиждане на измененията в средата и ограничаване на взаимното влияние при препокриващи се и/или гранични зони и предоставя честотни канали за съвместно използване.

Недостатък на алгоритъма за назначаване на честоти на базова станция се състои в това, че се определят забранените канали, но не се осигурява възможност за избор измежду разрешените такива.

БЛАГОДАРНОСТ

Този доклад е реализиран с подкрепата на Националната научна програма „Информационни и комуникационни технологии за единен цифров пазар в науката, образованието и сигурността (ИКТ в НОС)“, финансирана от Министерството на образованието и науката на България.

REFERENCES

Brunato M., (2001), Channel assignment algorithms in cellular networks, *Universita degli studi di Trento, Dottorato di Ricerca in matematica, Chapter 3 Review of CA Algorithms*, 9-14

Coudé R., (2007), Radio Mobile Handbook, free radio propagation simulation program, URL http://www.ve2dbe.com/english1.html,(Accessed on 16.09.2021)

ITU-R (2015), *Handbook on computer aided techniques for spectrum management (eds.) (2015) Chapter 3 Spectrum management data and database management*, 22-28

Slavov D., Marinova N., Radev I. (2021), A comparative analysis of digital spectrum analazyers, *Proceedings of International Scientific Conference "Defense Technologies" DefTech 2021*, Faculty "Artillery, AD and CIS", Shumen, Bulgaria (**Оригинално заглавие:** *Славов, Д., Маринова, Н., Радев, Ив.., 2021. Сравнителен анализ на цифрови спектрални анализатори. Шумен: Сборник научни трудове на Международната научна конференция „Отбранителни технологии“ DefTech 2021, Факултет "Артилерия, ПВО и КИС"*).

Slavov Delyan, Atanasova Alexandra, Dimov Dimitar, (2021), Analysis of location methods for improving the use of the electromagnetic spectrum, *Proceedings of International Scientific Conference "Defense Technologies" DefTech 2021*, Faculty "Artillery, AD and CIS", Shumen, Bulgaria (**Оригинално заглавие:** *Славов, Д., Атанасова, А., Димов, Д., 2021. Анализ на методите за определяне на местоположение за подобряване използването на електромагнитния спектър. Шумен: Сборник научни трудове на Международната научна конференция „Отбранителни технологии“ DefTech 2021, Факултет "Артилерия, ПВО и КИС"*).

Комисия за регулиранре на съобщенията https://crc.bg/bg/statii/166/tipovi-razreshenija-radiochestoten-spektyr, (Достъпна на 16.09.2021)