Р Е Ф Е Р А Т

за избор на член во МАНУ надвор од работниот состав
во Одделението за технички науки на д-р Петар Поповски,
редовен професор во Одделот за електронски системи
на Универзитетот во Алборг (Department of Electronic Systems, Aalborg University),
Алборг, Данска

Биографски податоци и образование

Д-р Петар Поповски е роден во Охрид, на 26 декември 1973 година. По националност, Данец, Македонец. Течно зборува македонски (мајчин јазик), англиски и дански, сите јужнословенски јазици, додека делумно разбира руски и италијански. Основно и средно образование завршил во Охрид. Неговите други образовни достигања вклучуваат:

- Д-р по безжични комуникации, Универзитет во Алборг, Данска. Период на студирање: септември 2001 – септември 2004 г. Дисертацијата е одбранета во декември 2004 г. Наслов на дисертацијата: „Алгоритми за разрешување конфликти во безжични мрежи со краток дострел".
- М-р по телекомуникации, Електротехнички факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј" (УКИМ), Скопје, Република Македонија. Период на студирање: декември 1997 – декември 2000 година (4 семестри + завршен проект). Успех: 10,0/10,0. Наслов на магистерски труд: „Дизајн на интерливер за паралелно споени конволуциски кодови".
- Дипломиран инженер по електротехника, фокус: области на електроника и телекомуникации, Факултет за електротехника, УКИМ, Скопје, Република Македонија. Период на студирање: октомври 1992 – јуни 1997 година (9 семестри + завршен проект). Успех: 9,98/10,0 (најдобар студент по електротехника во 1997 г.). Наслов на дипломскиот труд: „Клеточни автомати".
- Извршно образование (вонредно), Бизнис-школа на Харвард, 2015 година. Во рамките на „Пастер програма: Водење на виртуелната компанија", поддржана од Фондот за иновации на Данска.

Работно искуство (селектирана листа)

- Професор, Оддел за електронски системи, Универзитет во Алборг, Данска (од април 2015 година до денес).
- Гостин-професор за извонредност, Универзитет во Бремен, Германија (од јануари 2019 досега).
- Член на Одборот на директори, *GateHouse*, Данска (2021–).
- Основачки член на Центарот за напредни интердисциплинарни истражувања (CeNNIs), УКИМ, Скопје, Република Македонија (2021–).
- Професор со посебни одговорности, Оддел за електронски системи, Универзитет во Алборг, Данска (јануари 2012 – март 2015).
- RESEIWE A/S, сооснивач и главен технолошки (или технички) офицер/службеник, со скратено работно време (јануари 2013 – септември 2019 година).
- *GateHouse Telecom*, Советодавен одбор, 2018 – 2019 година.
- Вонреден професор, Оддел за електронски системи, Универзитет во Алборг, Данска (јули 2009 – декември 2011).
- Архитект за безжични системи/*Wireless Architect, Oticon A/S*, Данска (март 2008 – јуни 2009) (Дизајнирање и градење безжична мрежа со ултраниска моќност за слушни помагала).
- Доцент, Оддел за електронски системи, Универзитет во Алборг, Данска (јануари 2006 – јуни 2009 година).

Награди за најдобри трудови (селектирана листа)

- Награда „Stephen O. Rice“ од Здружението за комуникации при ИЕЕЕ, 2018.
- Награда „Fred W. Ellersick“ од Здружението за комуникации при ИЕЕЕ, 2016.
- Најдобар труд на Конференцијата „CROWNCOM 2011“.
- Најдобар труд на Конференцијата „WPMC 2011“.
- Најдобар труд на Конференцијата „Globecom“ при ИЕЕЕ, во 2008 и 2009 г.

Почести и награди (селектирана листа)

- Грант за истражувач доделен од Фондацијата „Вилум“, 2021 г. Тоа е најпрестижниот индивидуален грант во областа на природните и техничките науки.
- Награда за достигнувања во областа на телекомуникациите (*Teleprisen 2020*), која секоја година се доделува од Асоцијацијата на телекомуникациски индустрии во Данска.
- Награда за техничко-научни достигнувања од Комитетот за комуникации во паметни енергетски мрежи при ИЕЕЕ, 2019 г.
- Високоцитиран научник од листата на *Clarivate*, 2018 г.
- *IEEE Fellow*, 2016 г.
- Награда за елитен истражувач од Данскиот совет за независно истражување, во 2016 г. Пет вакви истражувачи од сите области се избираат секоја година.
- Консолидаторски грант од Европскиот истражувачки совет (ERC), 2015 г.
- Награда за Млад елитен истражувач од Данскиот совет за независно истражување во 2009 г.
- Наставник на годината во областа електроника и информатички технологии на Универзитетот во Алборг, 2008 г.
- Награда за најдобра магистерска теза од областа на телекомуникациите во 2000 г., спонзорирана од Македонски телекомуникации.
- Најдобар студент на Електротехничкиот факултет, УКИМ, 1997 г.

Клучен и поканет говорник (селектирана листа)

- Клучен говорник на:
  - Конференција *ISPCC 2021* (Индија, виртуелно);
  - Конференција *Balkancom 2021* (Србија);
  - Конференција *WiSPNET 2021* (Индија, виртуелно);
  - 10-ти меѓународен симпозиум во телекомуникации 2021 (Иран, виртуелно);
  - *GdR ISIS*-работилница 2020 (Франција, виртуелно);

- Конференција *IEEE SCVT 2019*, организирана од Европската вселенска агенција (ESA, Холандија);
- Интердисциплинарен настан во областа на дигитализацијата во Стокхолм, 2019;
- Конференција *ISWCS 2019* (Финска);
- Конференција *IEEE ICCC 2019* (Кина);
- Конференција *IEEE SPAWC 2019* (Франција);
- Конференција *IEEE EUROCON 2019* (Србија);
- Симпозиум *GIIS 2018* (Грција);
- Симпозиум за теорија на информации во Бенелукс, 2018 (Холандија);
- Самит за 5Г, 2018 (Германија);
- Конференција *SplitTech 2017* (Хрватска);
- Конференција *IEEE EUROCON 2017* (Македонија);
- Конференција *European Wireless 2017* (Германија);
- Симпозиум *IEEE ISPLC 2017* (Шпанија);
- Работилница *Tyrrhenian Workshop on Digital Communications 2016* (Италија).

- Поканет говорник (избрани три од последните години):
  - Работилница *Huawei Strategy and Technology Workshop*, 2021 (Кина, виртуелно):
  - Туторијал на првиот 6Г-самит, 2019 (Финска);
  - Работилница за Интернет на нештата организирана од NSF на MIT 2017 (САД).

Истражувачки грантови (три од тековните 9)

1. **Наслов:** *WATER*. **Извор на финансирање:** Фондација „Вилум". **Сума во евра:** 4,000,000. **Улога:** Главен истражувач. **Тема:** „Безжични архитектури за интелигентна и доверлива комуникација во ерата по 5Г". **Период:** 2021 – 2027 г.

2. **Наслов:** *RISE-6G*. **Извор на финансирање:** Европска комисија. **Сума во евра:** 498,000. **Улога:** Главен истражувач од страна на Универзитетот во Алборг. **Тема:** „Реконфигурабилни интелигентни површини за 6Г". **Период:** 2021 – 2024.

3. **Наслов:** *INTELLIOT*. **Извор на финансирање:** Европска комисија. **Сума во евра:** 350,000. **Улога:** Главен истражувач од страна на Универзитетот во Алборг. **Тема:** „Работна рамка за интелигентни средини за Интернет на нештата (Internet of Things – IoT), базирани на паметни договори и со вклучување на човечки фактор". **Период:** 2020 – 2023 г.

Десет најзначајни трудови (хронолошки)

[1] P. Popovski and H. Yomo, "Physical Network Coding in Two-Way Wireless Relay Channels", IEEE International Conference on Communication (ICC 2007), Glasgow, Scotland, June, 2007, p. 707–712.

Ова е првиот труд кој систематски ги предлага и ги анализира различните можности за мрежно кодирање (network coding) во контекст на безжичните комуникации. Главен придонес на трудот е тоа што го користи делениот безжичен медиум да предложи иновативни техники за повеќекорисnички комуникации. Пред овој труд, Поповски и соработниците беа први кои ја предложија техниката на мрежно кодирање на физичко ниво; овој труд е генерализација на тој предлог. Google Scholar: 784 цитати.

[2] T. Koike-Akino, P. Popovski, and V. Tarokh, "Optimized Constellations for Two-Way Wireless Relaying with Physical Network Coding", IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), Special Issue on Network Coding for Wireless Communication Networks, vol. 27, nr. 5, June 2009, pp. 773– 787.

Овој труд предлага и анализира комуникациски шеми за мрежно кодирање кои се базирани на практични модулации. Куриозитет од овој труд е предлогот на модулација со 5 констелациски точки, која не се појавува во конвенционалните комуникации (каде што бројот на констелациски точки е вообичаено 2 на некој целоброен степен). Google Scholar: 550 цитати.

[3] F. Boccardi, R. W. Heath, A. Lozano, T. L. Marzetta and P. Popovski, "Five Disruptive Technology Directions for 5G", IEEE Comm. Magazine, Feb. 2014.

Ова е еден од највлијателните трудови во областа на 5Г-технологијата. Трудот се појави токму во зачетокот на истражувањата на 5Г и ги постави контурите на 5Г кои потоа беа прифатени во различни стандардизациони тела и форуми. Конкретно, проф. Поповски е автор на делот кој го дефинира 5Г не само како збир на широкопојасни

врски туку и за поддршка на два други вида конективност: масовна конективност за Интернет на нештата (Internet of Things – IoT) и ултранадежна конективност за поврзување на автомобили, роботи, машини и слично. Трудот ја доби престижната награда *IEEE Fred W. Ellersick* за 2016 година. Google Scholar: 3.681 цитат.

[4] P. Popovski, "Ultra-Reliable Communication in 5G Wireless Systems", 1st International Conference on 5G for Ubiquitous Connectivity, Levi, Finland, November 2014.

Проф. Поповски е пионер во областа на ултранадежните безжични комуникации во контекст на 5Г-системите, познати под името *Ultra Reliable Low Latency Communications* (URLLC). Ова е еден од првите, ако не и прв труд на оваа тема, со таксономија и спецификација на барањата за ваков тип комуникација. Google Scholar: 3.681 цитат.

[5] H. Shokri-Ghadikolaei, C. Fischione, G. Fodor, P. Popovski, and M. Zorzi, "Millimeter Wave Cellular Networks: A MAC Layer Perspective", IEEE Trans. Communications, Oct. 2015.

Користењето на радиофреквенции со милиметарски бранови должини е еден од новитетите во 5Г-системите. Овие фреквенции се карактеризираат со големи загуби од простирање, така што уредите и базните станици мора да користат теснонасочени антенски зраци, што бара сосема нови концепти за пристапните протоколи во безжичните мрежи што ги користат овие фреквенции. Овој труд дава детален преглед на таквите концепти, како и редица нови идеи како да се надминат предизвиците. Трудот ја доби престижната награда *IEEE Stephen O. Rice* за 2018 година. Google Scholar: 362 цитати.

[6] G. Durisi, T. Koch, and P. Popovski, "Toward Massive, Ultrareliable, and Low-Latency Wireless Communication With Short Packets", Proceedings of the IEEE, vol. 104, no. 9, pp. 1711–1726, Sept. 2016.

Една од главните карактеристики на комуникациите за Интернет на нештата (IoT) е користење податочни пакети со мала должина. Овој труд ги детализира сите важни аспекти на комуникацијата со кратки пакети, влијанието на неасимптотскиот режим од аспект на Теоријата на информации и дизајнот на протоколи кои ги земаат предвид карактеристиките и ограничувањата на кратките пакети. Google Scholar: 671 цитат.

[7] P. Popovski, K. F. Trillingsgaard, O. Simeone and G. Durisi, "5G Wireless Network Slicing for eMBB, URLLC, and mMTC: A Communication-Theoretic View", IEEE Access, vol. 6, pp. 55765–55779, 2018.

5Г се состои од три генерички типови услуги: широкопојасна (eMBB), масовна комуникација за IoT (mMTC) и ултранадежна комуникација со мало доцнење (URLLC). Овие три хетерогени типа услуги треба да го користат истиот спектар, но вообичаените теоретски модели не ја покриваат оваа можност. Овој е првиот труд со детален и конзистентен комуникациско-теоретски модел за трите типови услуги. Google Scholar: 500 цитати.

[8] P. Danzi, A. E. Kalør, C. Stefanovic, and P. Popovski, "Delay and Communication Tradeoffs for Blockchain Systems with Lightweight IoT Clients", IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 2, pp. 2354-2365, April 2019.

Со појавата на биткоин и blockchain-технологијата, поддршката на Интернет на нештата (IoT) фундаментално се менува, затоа што различни машини и нешта ќе комуницираат и ќе прават трансакции на автономен начин, поддржани од паметни контракти. Овој труд дава предлог и анализа како едноставни безжични уреди, асоцирани со машини и нешта, можат да поддржат blockchain-технологија. Google Scholar: 70 цитати.

[9] P. Popovski, C. Stefanovic. J. J. Nielsen, E. de Carvalho, M. Angjelichinoski, K. F. Trillingsgaard, and A.-S. Bana, "Wireless Access in Ultra-Reliable Low-Latency Communication (URLLC)", IEEE Transactions on Communications, vol. 67, no. 8, pp. 5783–5801, Aug. 2019.

Ова е труд напишан по покана од главниот уредник на списанието, кој ги детализира сите аспекти на поддршка на ултранадежни комуникации во 5Г, со посебен осврт на интегрирање на придонесите направени од страна на проф. Поповски и неговата истражувачка група. Google Scholar: 154 цитати.

[10] P. Popovski. Wireless Connectivity: *An Intuitive and Fundamental Guide*. John Wiley & Sons, 2020.

Проф. Поповски е автор на оваа книга која на непосреден и интуитивен начин ги презентира најважните идеи и концепти во областа на безжичните комуникации. За разлика од повеќето книги и учебници од оваа област кои имаат линеарна структура (од физичка пропагација, преку модулации и, на крај, до мрежни протоколи), книгата

на проф. Поповски е базирана на неконвенционален и нелинеарен приод, фокусиран на најважните идеи во областа и интеракцијата меѓу нив.

Во прилог на оваа рецензија е деталниот CV и списокот на сите трудови.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Д-р Петар Поповски е редовен професор на Одделот за електронски системи, на Универзитетот во Алборг, Данска. Неговиот научен интерес е широк, а неговите главни области на истражување се безжичните комуникациски системи и вмрежувањето, Теоријата на комуникација, безжичните IoT, 5G и пошироко, 5G/6G, системи и мрежи, статистичко моделирање и анализа, и управување и регулирање на радиоспектарот. Фактите дека во моментов, според *Google Scholar*, тој е повеќе од 19 000 пати цитиран (Citations: 19591. H-index: 58), дека само во 2021 година има повеќе од 60 публикации во списанија и дека неговите тековни истражувања се финансирани со над 5 милиони евра, зборуваат за тоа дека професор Поповски е врвен истражувач од светски рамки. За помалку од 20 години (тој го одбрани својот докторат во 2004 година), неговата научна активност е импресивна: 461 публикација, од што во списанија 198, на конференции 245, поглавја во книги 16, автор на 1 книга и едитор на 1 книга.

Професор Петар Поповски тесно соработува со образовните и научните институции во Македонија. Така, во изминатите десетина години, тој е активно ангажиран во научната и научно-апликативната дејност, образовно-педагошката дејност и подготовката на кадри и научно-организациската и научно-административната дејност во Македонија, за што говорат следните факти:

- Главен организатор на European School of Information Theory (ESIT), април 2013 г., во Охрид, со 90+ учесници од цел свет.
- Основачки член на Центарот за напредни интердисциплинарни истражувања ЦеНИИс при УКИМ во 2021 г.
- Член на Комисијата за годишно доделување награди на млади научници и таленти, формирана од претседателот Пендаровски (2020–).
- Надворешен соработник на Истражувачкиот центар за компјутерски науки и информатички технологии, МАНУ.

- Гостин професор на ФЕИТ и предавач на докторската програма за телекомуникации и коментор на докторска теза на ФЕИТ.
- Ментор на докторски проекти во Данска: Игор Доневски (тековен), Марко Анѓеличеноски (дисертацијата е одбранета во 2017 година).
- Организатор на поканета сесија на *Балканком 2019*.
- Главен предавач на конференциите *ЕТАИ 2009* и *IEEE EUROCON 2017*, и двете во Охрид.

Може да се заклучи дека професор Петар Поповски има богата научна и научно-апликативна дејност (вкупен број публикации: 461, при што, во списанија 198, на конференција 245, поглавја во книги 16, автор на 1 книга и едитор на 1 книга), образовно-педагошка дејност и подготовка на кадри (29 докторски студенти, 15 постдокторски истражувачи) и научно-организациска и научно-административна дејност (на пример, од 2022 г., ќе биде главен уредник на *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, бил уредник во *IEEE Transactions on Communications,* во периодот 2012 – 2016 г., *IEEE Communications Letters,* во периодот 2008 – 2013 г., *IEEE JSAC Cognitive Radio Series,* во периодот 2012 – 2014 г., *IEEE Transactions on Wireless Communications,* во периодот 2009 – 2012 г.), во светот и во Македонија, па затоа имам особена чест и задоволство да го предложам професор д-р Петар Поповски за член на МАНУ надвор од работниот состав, во Одделението за технички науки.

акад. Леонид Грчев