

1. Wprowadzenie oraz istotność tematyki projektu

Sieci teleinformatyczne są nieodzowną częścią życia dzisiejszego społeczeństwa, wspierając szereg obszarów jego działalności – począwszy od rozrywki i życia społecznego, poprzez finanse, kończąc na pracy. Tak ważna rola i ogromna popularność napędzają szybki rozwój sieci, w szczególności w zakresie systemów sterowania ich operacjami oraz metod zapewnienia przeżywalności (ochrony przed skutkami awarii i atakami). Aktualnie najbardziej obiecującym kierunkiem rozwoju jest sterowanie oparte na ciągłym obserwowaniu sieci i zaawansowanych algorytmach (m.in. uczenia maszynowego) do podejmowania decyzji na podstawie obserwacji i predykcji stanu sieci w przyszłości. Bardzo szybki rozwój sieci i systemów sterowania nimi przynosi jednak wiele wyzwań, które muszą zostać efektywnie zaadresowane, aby nowe rozwiązania mogły zostać wprowadzone do rzeczywistych sieci na szeroką skalę. Pierwszym z nich jest **problem nadmiernego zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych** (krótko – *emisji*). W 2020 roku sektor ICT odpowiadał za ok. 4% globalnego zużycia energii elektrycznej i za 1.4% globalnej emisji. Jest to wzrost ok. 5% w stosunku do roku 2015¹. Szybki rozwój sieci skutkuje wzrostem liczby instalowanych urządzeń, zasilanych energią elektryczną. Dodatkowo, algorytmy sterujące stają się coraz bardziej złożone obliczeniowo. Aktualnie stosowane rozwiązania redukujące zużycie energii i emisji są niewystarczające i niezbędne jest zaprojektowanie nowych narzędzi, dostosowanych do aktualnie stosowanych architektur i algorytmów. Należy zauważyć, iż **problem redukcji emisji** jest aktualnie jednym z **priorytetowych działań wg Komisji Europejskiej**. Drugim wyzwaniem jest **zapewnienie przeżywalności sieci przy równoczesnym oszczędzaniu energii i redukcji emisji**. Metody przeżywalnościowe wymagają często nadmiarowych zasobów i dodatkowych obliczeń, które pogłębiają problem nadmiernego zużycia energii i poziomu emisji. Niezbędne jest ich przeprojektowanie lub zaproponowanie nowych rozwiązań, tak aby równocześnie zaadresować kwestię energii i emisji. Trzecim wyzwaniem jest **brak zrozumienia i pełnej kontroli**, a co za tym idzie, **brak zaufania do systemów sterowania opartych o uczenie maszynowe**. Skutkiem jest niechęć operatorów do wdrażania tych rozwiązań w rzeczywistych sieciach.

2. Cel projektu

Niniejszy projekt jest odpowiedzią na zaobserwowane wyzwania w rozwoju sieci teleinformatycznych. Jego celem jest **propozycja, implementacja oraz przetestowanie pakietu modeli i algorytmów pozwalających projektować i optymalizować transportowe optyczne sieci przyszłości – czyli sieci przyjazne środowisku, przeżywalne i wyjaśnialne (ang. Green, Resilient and Explainable NETworks – *GreenNet*)**. Przyjazność środowisku zostanie osiągnięta dzięki projektowaniu metod pozwalających minimalizować zużycie energii oraz emisji poprzez urządzenia sieciowe i algorytmy sterujące. W celu zaadresowania równocześnie przeżywalności oraz redukcji zużycia energii i emisji zaproponowane zostaną nowe metody, pozwalające osiągnąć zadowalający kompromis pomiędzy wymienionymi aspektami. Poprawa wyjaśnialności i wiarygodności zostanie osiągnięta poprzez wykorzystanie narzędzi wyjaśnialnej sztucznej inteligencji, które pozwolą zinterpretować i zrozumieć działanie sieci i algorytmów sterujących, jak również wykorzystać tę wiedzę do dalszych ulepszeń tych metod.

3. Zadania badawcze

Projekt podzielony został na cztery etapy, w których zdefiniowano listę zadań i celów częściowych: (i) Wybór rzeczywistych topologii sieci do badań i opracowanie ich profilu energetycznego (charakterystyk elektrowni zasilających węzły sieci (typ, historyczne i aktualne dane o poziomie produkcji energii, cenach energii i emisji oraz stworzenie modeli predykcyjnych dla tych wartości)); (ii) Projektowanie modeli i algorytmów dla zadania projektowania nowych transportowych sieci optycznych przy minimalizacji zużycia energii i poziomu emisji; (iii) Projektowanie modeli i algorytmów dla zadania optymalizacji działających transportowych sieci optycznych przy minimalizacji zużycia energii i poziomu emisji; (iv) Projektowanie modeli i algorytmów dla zadania projektowania i optymalizacja transportowych sieci optycznych z uwzględnieniem równocześnie przeżywalności oraz minimalizacja zużycia energii i poziomu emisji.

4. Przewidywane wyniki projektu

Rezultaty projektu będą **rozwojem wiedzy istotnej dla modelowania i optymalizacji sieci optycznych oraz praktycznych zastosowań uczenia maszynowego i wyjaśnianej sztucznej inteligencji**. Opracowane narzędzia pozwolą zaadresować tak istotne kwestie jak **redukcja zużycia energii i emisji przez sieci teleinformatyczne**, jak również **zwiększenie poziomu ich przeżywalności, wiarygodności i wyjaśnialności**. Rezultaty te będą nową wiedzą z **informatyki i telekomunikacji**. Wiedza ta może okazać się interesującą dla wielu naukowców i inżynierów, może zostać wykorzystana do projektowania standardów i protokołów sieciowych. Wnioskodawca planuje więc ich publikację w renomowanych czasopismach i na międzynarodowych konferencjach.

¹J. Malmodin et al. "ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome". Telecommunications Policy, 48(3):102701, 2024.