



**Dowództwo Komponentu
Wojsk Obrony Cyberprzestrzeni
ul. gen. Tadeusza Buka 1
05-119 Legionowo**

Legionowo, 6. 05. 2025

dr hab. inż. Andrzej Paszkiewicz

„It sounded an excellent plan, no doubt, and very neatly and simply arranged: the only difficulty was, that she had not the simplest idea how to set about it; and while she was peering about anxiously among the trees, a little sharp bark just over her head made her look up in a great hurry”

L. Carroll, Alice's Adventures in Wonderland (Chap. IV The Rabbit Sends in a Little Bill)

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
WYKONANA DLA RADY DYSCYPLINY NAUKOWEJ
INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA
WOJSKOWEJ AKADEMII TECHNICZNEJ**

Tytuł rozprawy: **Metoda steganografii wideo odporna na zniekształcenia analogowe**

Autor rozprawy: mgr. inż. Marcin PERY

Promotor: dr hab. inż. Tadeusz NOWICKI, prof. WAT

Promotor pomocniczy: dr inż. Robert WASZKOWSKI

We współczesnych systemach telekomunikacyjnych dużą część ruchu generują rozmaite platformy streamingowe. Oferują one dostęp do wiadomości na bieżąco niezależnie od współrzędnych geograficznych zainteresowanego odbiorcy. Przeogromne zasoby pamięci oferowane przez chmury pozwalają na długotrwałe przechowywanie zarejestrowanych wiadomości w archiwach i korzystanie z nich off line, w momencie kiedy staną się potrzebne.

Coraz większą część ruchu telekomunikacyjnego zajmują dane z monitoringu np. drogowego, przemysłowego, czy coraz popularniejszego monitoringu związanego z ochroną własności prywatnej. Największa ilość danych jest rejestrowana w postaci obrazów i filmów, a coraz mniejszą rolę odgrywają wiadomości utrwalone w postaci tekstu. Przedłożona do recenzji rozprawa dotyczy metod steganografii wideo, a więc współcześnie największej puli przetwarzanych wiadomości.

1. Cele badawcze w kontekście tezy rozprawy

Przedłożona rozprawa stawia przed sobą w istocie aż trzy szczegółowe cele ściśle ze sobą związane ale posiadające pewną strukturę hierarchiczną. Są to następujące cele:

- i. Dokonanie możliwie szerokiego przeglądu stanu wiedzy na temat współczesnych metod steganologii ze szczególnym położeniem nacisku na aspekt wideo. Jest to obecnie bardzo „aktywny sejsmicznie”, niezwykle szybko rozwijający się obszar steganologii, wykorzystujący nowoczesne metody matematyczne, głęboko zrośnięty z zaawansowaną technologią informatyczną i telekomunikacyjną (nie sposób już dzisiaj rozdzielić obu dziedzin i uniezależnić ich od siebie);
- ii. Fundamentalnym dla konstrukcji całej rozprawy, choć występującym w drugiej kolejności jest problem dobrego opisanie istoty zniekształceń analogowych. Temu problemowi szczególnie dużo wysiłku poświęcono w połowie XX wieku i z mniejszą intensywnością później. Na skutek „zachłystnięcia się” technikami cyfrowymi w wielu politechnicznych uczelniach w kraju i za granicą niemal zaprzestano nauczania technik analogowych.
- iii. Z punktu widzenia wartości przedłożonej pracy najważniejszym jej celem jest przedstawienie propozycji nowej, oryginalnej metody steganografii wideo odpornej na istotne zniekształcenia analogowe. Przekaz steganograficzny (komunikat) zapisany w wiadomości nośnej podczas przejścia przez kanał w obecności zakłóceń powinien być możliwy do odczytania po stronie odbiorczej. Zakłada się przy tym dodatkowo, że obrazy z treścią steganograficzną i bez niej będą w odbiorze przez człowieka nierozróżnialne. Inaczej mówiąc, obrazy wideo na ekranie monitora nie będą upośledzone faktem zawierania treści redundantnej.

Teza badawcza rozprawy pojawia się dopiero około połowy objętości pracy i brzmi ona następująco:

Możliwe jest opracowanie nowej metody steganografii wideo spełniającej jednocześnie dwa warunki:

- 1) *Metoda będzie charakteryzowała się tak dużą odpornością, że nawet w przypadku zniekształceń analogowych oryginalnego steganogramu wideo polegających na jednoczesnych przekształceniach geometrycznych, zaszumianiu, transkodowaniu i na końcu utworzeniu przez odbiorcę nowego pliku steganogramu wideo – możliwe będzie przekazanie od nadawcy do odbiorcy tajnego komunikatu.*

- 2) *Metoda będzie cechowała się na tyle dużą niewykrywalnością podczas przechodzenia przez kanał analogowy, że fakt ukrycia w steganogramie komunikatu nie będzie możliwy do odkrycia przy pomocy ludzkich zmysłów, w tym przypadku wzroku.*

2. Charakter rozprawy

Rozprawa ma charakter badawczo-praktyczny z głównym naciskiem położonym na aspekt praktyczny. Przedstawiony został także formalny model matematyczny opisujący w sposób poprawny związki i relacje między wielkościami wyrażanymi w postaci ilościowej, jednakże sam model nie daje możliwości przeprowadzenia dowodu na skuteczność opracowanej metody. Dopiero wykorzystanie metod statystycznych, w tym symulacji komputerowej, dowodzi jego dużej skuteczności a co za tym idzie prawdziwości deklarowanej tezy. Takie podejście jest często stosowane w naukach przyrodniczych i technicznych, w tym bardzo często w medycynie, gdzie bada się skuteczność leków testując je na odpowiednio dobranej reprezentatywnej populacji ochotników. Podejście to jest jak najbardziej poprawne, chociaż wymaga dużego wysiłku związanego z opracowaniem wyników badań.

3. Analiza źródeł literaturowych i sposób i sposób sformułowania wniosków wynikających ze studiów literaturowych

Recenzowana praca obejmuje 134 pozycje literatury. W istocie do tej listy należy dołączyć jeszcze dodatkowych 15 pozycji literatury zacytowanych w rozdziale drugim pracy. Są to głównie artykuły z renomowanych, wysoko punktowanych czasopism naukowych, które ukazały się na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. Duża część cytowanych prac to artykuły z ważnych międzynarodowych konferencji naukowych dotyczących problematyki poruszanej w dysertacji. Wśród tych pozycji znajduje się pięć prac, w których autor rozprawy występuje samodzielnie lub jest współautorem. Cytowane prace obcych autorów stanowią merytoryczne wprowadzenie w tematykę realizowanej pracy doktorskiej i określają raczej *state of the art* w zakresie podjętej tematyki, gdyż podjęty problem jest oryginalny. Praca zatem nie jest kompilacją wyników uzyskanych przez innych autorów ale samodzielnym rozwiązaniem istotnego problemu technicznego. Do pracy został dołączony starannie opracowany spis wykorzystywanych pojęć. Sposób i umiejscowienie cytowań w tekście pracy nie budzi zastrzeżeń co do kompetencji autora. Walory pracy podnoszą odnośniki w stopkach dotyczące wykorzystywanych pojęć i inne umieszczane tam wiadomości ułatwiające studiowanie przedłożonej pracy

4. Sposób rozwiązania wynikających z tezy istotnych szczegółowych problemów

Autorowi udało się dowieść tez postawionych w pracy. Opracowana metoda RAI działa w sposób poprawny i zapewnia duży poziom niewykrywalności przekazu steganograficznego przez czynnik ludzki. Z przeprowadzonych badań wynika, że metoda „przepuszcza” zaledwie 2% komunikatów przy różnych poziomach kodowania.

Gadu

5. Poprawność wykonanej analizy, zaufanie do uzyskanych wyników

W pracy autor posługuje się głównie analizą jakościową. Posługuje się jednak sprawdzonymi i uznanymi narzędziami informatyczno-inżynierskimi. Uzyskane wyniki dokumentuje z wykorzystaniem licznych tabel, wykresów i zestawień. Ponadto autor zamieszcza w tekście pracy pseudokody implementacji, które, choć nie bez trudu, można analizować. Zatem w żaden sposób ten typ podejścia do realizacji zagadnień zawartych w dysertacji nie umniejsza jej wartości.

6. Poprawność redakcyjna, zwięzłość językowa, jasność i umiejętność argumentacji

Praca jest napisana w sposób bardzo klarowny, jasny i poprawny pod względem inżynierskim. Autor unika żargonu. Nie znalazłem również w pracy niezręczności, czy uchybień językowych, co oznacza, że została ona starannie i krytycznie zredagowana. Struktura (układ pracy), zawarty w spisie rozdziałów i podrozdziałów, jest logiczny i występuje we właściwej kolejności. Autor konsekwentnie posługuje się dobrym językiem polskim w sposób precyzyjny i jasny. Nie trafiłem także na fragmenty tekstu, który można byłoby interpretować w sposób niejednoznaczny. Nie stosuje jałowych cytowań z literatury, nie mających związku z tematem pracy, a mających zwiększać jedynie jej objętość. Przy niezwykle rozbudowanej literaturze bibliograficznej, autorowi udało się w pracy uniknąć niepotrzebnej redundancji. Sposób przeprowadzania wywodów i ich logika są w pełni przekonujące.

7. Słabe strony pracy i jej ewentualne wady

Pomimo kilkakrotnego przestudiowania pracy w dłuższych odstępach czasowych, między kolejnymi podejściami, nie znalazłem w niej ani niepoprawnych form językowych ani też błędów poważniejszego „kalibru” tzn. merytorycznych. Wręcz odwrotnie, uważam, że praca jest na tyle dobra, że przy stosunkowo niewielkim wysiłku związanym z dołożeniem pewnych dodatkowych treści np. dotyczących transformacji DWT czy DFT, czy dyfuzji stochastycznej, mogłaby być zaadresowana do szerszego grona odbiorców. Niestety, zasięg pracy doktorskiej rzadko kiedy sięga dalej poza granice uczelni, w której był przeprowadzany przewód.

8. Przydatność wyników uzyskanych w badaniach wykonanych pod kątem rozprawy w naukach technicznych, w przemyśle i obronności

Praca posiada charakter techniczny i jej wyniki mogą być implementowane w obszarze telekomunikacji. W tym przypadku niemal bez potrzeby dokonywania wielkich modyfikacji pomysł mógłby być prawdopodobnie wykorzystany biznesowo. Jak sądzę jednak, metody wykorzystane w pracy, po ich wzbogaceniu o dodatkowe mechanizmy kryptograficzne mogłyby być także interesujące dla innych instytucji np. związanych z obronnością państwa. Może warto byłoby również nad tą sprawą popracować.



9. Skrócony raport recenzenta, podsumowanie

Kryterium oceny	Punktacja	Wynik
Poprawność rozwiązania postawionego problemu, jakość i poprawność wniosków wyciągniętych z przeprowadzonych badań. Wykorzystanie nowoczesnych narzędzi wspomagających projektowanie i ocenę zaproponowanego rozwiązania, oryginalność metody	0-60 pkt.	60 pkt.
Trudność postawionego do rozwiązania problemu w sensie naukowym (technicznym)	0-20 pkt	18 pkt.
Adekwatność cytowanej literatury, jej aktualność i właściwe umiejscowienie w tekście pracy	0-10 pkt.	10 pkt.
Jakość języka, jego komunikatywność, jasność i zrozumiałość wywodów, błędy językowe	0-10 pkt.	10 pkt
Suma punktów		98 pkt.

Podsumowując, uważam, że praca spełnia wymagania przewidziane dla rozpraw doktorskich w aktualnie obowiązującej ustawie i składam wniosek o przyjęcie jej jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej autora do publicznej obrony. Jakość przedstawionych rozważań, forma prezentacji materiału i dojrzałość wyprowadzonych wniosków obliuguje mnie do uznania niniejszej pracy jako wyróżniającej.

Andrzej Pachołowski

Gadu