

Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr Olgi Veselskiej

Metoda przestrzenno-pikselowa ukrywania informacji w obrazach

Przedmiotem recenzji jest wyżej wymieniona rozprawa doktorska mgr Olgi Veselskiej. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Mikołaj Karpiński, a promotorem pomocniczym dr Łukasz Więclaw. Przewód doktorski jest prowadzony przez Radę Naukową Instytutu Informatyki, Wydziału Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego. Recenzja została opracowana na wniosek Dyrektora Instytutu Informatyki prof. dr hab. Piotra Porwika.

Współczesna steganografia jest techniką ukrywania tajnych informacji w różnego rodzaju ogólnie dostępnych obiektach cyfrowych. Sekretne wiadomości mogą być między innymi zawarte w cyfrowych dokumentach, plikach muzycznych, w obrazach cyfrowych i sekwencjach wideo. Ukryta informacja może być umieszczona w cyfrowym nośniku w sposób utrudniający wykrycie jej obecności, a dodatkowo może być ona zaszyfrowana. Często metody steganograficzne używane są do osadzania tzw. znaków wodnych, których celem jest zabezpieczenie przed nieuprawnionym kopiowaniem, a także do przekazywania tajnych informacji przez cyberprzestępców, co sprawia że od niedawna metody steganografii są przedmiotem intensywnych prac badawczych. Wynika to głównie z możliwości wykorzystywania kanałów steganograficznych do przekazywania ukrytych, tajnych informacji, ale także z możliwości transferu kodu źródłowego pozwalającego na przeprowadzenie ataków na systemy informatyczne oraz możliwość nielegalnego przekazu informacji z zasobów użytkownika poprzez umieszczanie jego danych w nie budzących podejrzeń plikach multimedialnych, które następnie są przesyłane do sprawcy ataku.

Celem prowadzonych na świecie prac badawczych jest tworzenie metod umieszczania ukrytych informacji w sposób nie budzący podejrzeń i trudny do wykrycia, a także rozwój metod umożliwiających rozpoznawanie cyfrowych obiektów zawierających tajny przekaz.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej są głównie metody ukrywania informacji w obrazach cyfrowych w sposób utrudniający ich wykrycie. Tematyka pracy jest bardzo aktualna i dobrze wpisuje się w nurt aktualnie prowadzonych prac badawczych.

Autorka rozprawy postawiła następującą tezę: **Istnieje możliwość efektywnej poufnej transmisji dużej ilości informacji przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej niezawodności oraz zwiększonej skuteczności, poprzez wbudowanie ukrytych danych w obrazie cyfrowym za pomocą zaproponowanej własnej metody przestrzenno-pikselowej i udoskonalonych wybranych metod steganograficznych.**

Tak sformułowana teza budzi różnorodne zastrzeżenia. Przede wszystkim możliwość przekazywania poufnych informacji za pomocą steganografii cyfrowej jest znana od kilkudziesięciu lat. Poza tym w tezie wykorzystano terminy: efektywność, niezawodność oraz skuteczność, które nie zostały w rozprawie odpowiednio zdefiniowane. Razi także ogólność tezy, która nie pozwala na sprawdzenie czy została ona w rozprawie wykazana. Z tezy nie wynika jakie cechy posiada zaproponowane w rozprawie rozwiązanie, a także nie podano jakie metody zostały przez autorkę udoskonalone. Duże wątpliwości budzi także stosowanie zarówno w tezie jak i w tytule rozprawy określenia „metoda *przestrzenno-pikselowa*”, które nie jest stosowane w literaturze. Można się domyślać, że autorka koncentruje się na przekształceniach operujących na dziedzinie przestrzennej obrazu, nie stosując operacji w dziedzinie częstotliwości.

Recenzowana rozprawa liczy sobie 134 strony i została podzielona na cztery rozdziały. Ponadto rozprawa zawiera przedmowę, spis stosowanych w niej skrótów, wstęp, podsumowanie oraz bibliografię.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do tematyki rozprawy. Określono zakres steganografii cyfrowej, krótko przedstawiono jej historię, podano pożądane cechy algorytmów steganograficznych oraz zdefiniowano podstawowe pojęcia. Przedstawiono także różne konfiguracje ataków na pliki z ukrytymi informacjami, a także podstawowe, często stosowane algorytmy steganograficzne. Omówiono także metody ukrywania informacji w plikach tekstowych, dźwiękowych oraz sekwencjach wideo.

Opis istniejących metod steganografii wykorzystującej jako nośnik obraz cyfrowy jest bardzo pobieżny i zdawkowy. Ogranicza się on do najprostszych metod. W omówieniu nie uwzględniono najnowszych prac poświęconych metodom steganografii.

Niejasne jest stwierdzenie, że steganografia cyfrowa operuje na danych analogowych (str. 13). Pojęcie dokładności plików cyfrowych jest także zupełnie niejasne (str. 19). W rozprawie niepotrzebnie poświęcono wiele miejsca metodom ukrywania informacji w plikach

tekstowych, sygnałach dźwiękowych oraz wideo. Nie wiadomo czemu mają służyć obszerne Tabele 1.1-1.4. Jest to tym bardziej rażące w sytuacji gdy Autorka nie zadała sobie trudu przedstawienia współcześnie stosowanych metod steganografii obrazowej, które z łatwością można znaleźć w licznych artykułach przeglądowych oraz monografiach poświęconych zagadnieniom będących przedmiotem rozprawy.

Stwierdzenie, że „najmniejsze bity obrazu cyfrowego zawierają nieistotne informacje” jest bardzo nieprecyzyjne, a w przypadku obrazów binarnych zupełnie nieprawdziwe. Autorka ma kłopoty z podstawową terminologią. Stosowanie pojęć „less significant bit” czy „najmniejszy bit” jest nieprawidłowe. Autorka operuje pojęciem podobieństwa funkcji, w domyśle obrazowej, oznaczanej jako *sim*. Pojęcie to nie zostało zdefiniowane, podobnie jak zniekształcenie oznaczane jako δ . W rozdziale tym nie zostało zdefiniowane pojęcia niezawodności ukrywania informacji oraz stabilności steganogramu. W równaniach (1.1) i (1.2) nie określono roli przekształceń *E* oraz *D*. Stosowane pojęcie „nadmiarowość rozpiętości formatu zapisu danych w pliku” jest bardzo niejasne. Niejasne lub nieprecyzyjne są także terminy „obraz graficzny”, „obszar przestrzenny”, „najmniejsze bity obrazu”, „tajne przetwarzanie wstępne”.

Na stronie 35 autorka pisze „W tabeli 1.4 przedstawiono wartości powyżej opisanych współczynników dla metod osadzania informacji w przestrzennym obszarze obrazu”. W Tabeli tej zaprezentowane zostały wartości współczynników, które nie zostały w żaden sposób zdefiniowane. Nie wiadomo jakich dokładnie metod dotyczą, jakie obrazy zostały użyte i na czym polegał eksperyment. Następnie autorka pisze „Na podstawie ww. danych, ustalono stosowaną w niniejszej pracy terminologię zgodnie z [1, 5, 11, 18, 25, 26, 37, 43, 56, 82, 84, 93, 98, 102, 106, 125] oraz wyciągnięto następujące wnioski:....”. Ustalanie terminologii na podstawie danych z pewnością nie można uznać za prawidłowe. Ponadto nie wiadomo dokładnie o jaką terminologię chodzi.

W rozdziale drugim przedstawiono dwie metody steganograficzne oraz metodę wykrywania przeprowadzenia operacji rozmycia obrazu. Na wstępie autorka koncentruje się na wyborze normy służącej do kwantyfikacji zmiany funkcji obrazowej - analizowane są normy macierzowe indukowane normą wektorową. Niestety nie przedstawiono definicji norm macierzowych. Bardzo utrudnia to czytelnikowi czynione porównania norm. Cel tego podrozdziału jest niejasny, ponieważ konkluzje są oczywiste.

Podany wzór na PSNR jest błędny. Brakuje w nim funkcji logarytmicznej, a ponadto w liczniku powinna być maksymalna wartość poziomu szarości bitowej wynikająca z głębi bitowej obrazu, (czyli 255 dla obrazu 8-bitowego). Tymczasem autorka wprowadza wartość maksymalną intensywności pikseli danego obrazu, co jest nieporozumieniem i podważa

wiarygodność przedstawianych wyników. Także wzór na IF („wskaźnik jakości obrazu bazowany [sic] na normie macierzowej”) nie koresponduje z definicją (2.10) podaną na stronie 43. Pojęcie „prawdopodobieństwo niezauważalności” nie zostało w pracy zdefiniowane.

W rozdziale tym przedstawiono wyniki eksperymentu, w którym obrazy zakłócono addytywnym i multiplikatywnym szumem gaussowskim nie podając jego parametrów. Wykazano, że zależności udziału obrazów uznanych za obserwowane za zakłócone są zależne od przyjętej normy. Eksperyment ten miał za zadanie potwierdzenie oczywistego faktu, iż mała wartość obiektywnej miary zakłócenia, wyrażanej poprzez normę, jest skorelowana z jakością obrazu. Jest oczywiste, że im mniejsza miara zakłócenia obrazu, tym lepsza jest jego jakość i nie wymaga to przeprowadzania eksperymentów. Ciekawszym byłoby przeanalizowanie wrażliwości badanych norm na zakłócenia, ale ten wątek nie został w rozprawie podjęty. Praca [61] cytowana na stronie 40 zupełnie nie dotyczy problemu wprowadzania szumu do obrazu.

Autorka wprowadziła współczynnik jakości obrazu SS (wzór 2.10) i wykazała, że jest on mniejszy od wartości współczynnika IF. Na tej podstawie stwierdza, że wskaźnik ten jest bardziej czuły na zakłócenia. Stwierdzenie takie jest zdaniem recenzenta nieuprawnione. Nie potwierdza go także Rys. 2.2, który ilustruje wynik eksperymentu, w którym obraz zakłócono szumem gaussowskim o bardzo niskiej wariancji. Zastosowanie zaokrąglenia nie pozwala na jakąkolwiek analizę, a fakt że SS jest mniejszy od IF o niczym nie świadczy.

Wątpliwości wzbudza stosowanie przez Autorkę szumów gaussowskich o zadziwiająco niskiej wariancji. W omawianym eksperymencie wariancja wynosiła 0,00001 (str. 44), (Autorka uporczywie unika zapisu potęgowego). Nie wiadomo jaki obraz został poddany zaszumieniu, jednak przyjmując, że był to obraz 8-bitowy i nawet zakładając, że poziomy szarości zostały przeskalowane, tak że wartość maksymalna wynosi 1, to odchylenie standardowe jest mniejsze od różnicy pomiędzy poziomami kwantyzacji. Nasuwa się pytanie czy eksperymenty przeprowadzono na wartościach całkowitych czy na typu float lub double. Zastosowanie szumu o tak niskim poziomie jest dla recenzenta niezrozumiałe, a wyciągnięte wnioski są zupełnie nieuprawnione. Można jedynie domyślać się, że autorce chodziło o wygenerowanie bardzo słabych zakłóceń, zmieniających wartość poziomów szarości o niewielkie wartości. Jeżeli tak istotnie jest, to nasuwa się pytanie dlaczego taki szum nazywa się gaussowskim i dlaczego nie zastosowano generatora zwracającego wartości dyskretne.

W podrozdziale 2.2. obrazy zakłócano szumem gaussowskim o wariancji 0,00000001, (podawanie zer po przecinku jest co najmniej irytujące). W jakim stopniu taki szum może zakłócać obraz jest niejasne. Niejasne jest także w jakim celu zaszumiano obrazy, a także

dlatego nie przeprowadzono analizy jakości obrazów po osadzeniu w nich informacji. W podrozdziale 2.2, 2.3 i 2.4 przedstawiono ciekawą metodę ukrywania informacji, polegającą na zmianie znaków wartości osobliwych, ale nie przedstawiono żadnych eksperymentów, które świadczyłyby o jej efektywności. Nie dokonano także porównania z istniejącymi algorytmami. Nie wiadomo, czy zmiana znaku najmniejszych wartości osobliwych w odpowiedniej transformacji SVD zostanie zachowana po przeprowadzeniu operacji odwrotnej i kwantyzacji poziomów szarości pikseli obrazu. Problem ten nie został przez Doktorantkę zauważony. Nieprawidłowo oszacowano także złożoność obliczeniową algorytmu, koncentrując się na koszcie podziału obrazu na bloki, a pomijając złożoność obliczeniową przekształceń macierzowych.

W następnym podrozdziale przedstawiono metodę wykrywania przeprowadzenia operacji rozmycia obrazu. Cel przeprowadzonych badań jest niejasny i nie został on przedstawiony na wstępie w punkcie „Określenie celu i tezy pracy”. Zdaniem recenzenta jest wysoce wątpliwe czy stwierdzenie przeprowadzenia operacji dolnoprzepustowej jest w ogóle możliwe do wykrycia. Jak wiadomo, proces akwizycji obrazów cyfrowych jest złożony i często stosuje się różnorodne operacje poprawiające jakość obrazu, które zmieniają jego charakterystykę. Poza tym, obraz w którym osadzana jest informacja może być celowo nieco rozmyty przez jego twórcę i rozmycie to wcale nie musi oznaczać, że przeprowadzono atak steganograficzny.

Nie podano dlaczego w punkcie 8 zastosowano wartość progową ilorazu równą 2 (str. 56). Prawdopodobnie wartość ta została zaproponowana na podstawie przeprowadzonych eksperymentów, ale w pracy brak na ten temat informacji.

Zaproponowana metoda „przestrzenno-pikselowa” polega na modyfikacji najmniej znaczących bitów w kanale niebieskim obrazu kodowanego w modelu RGB, poprzez modyfikację jasności pikseli w punktach wyznaczonych przez zbiór losowo wybieranych funkcji. Autorka rozprawy stwierdza we wstępie rozprawy, że „Metoda pozwala osadzać duże ilości informacji i zapewniać ich niewidoczność i złożoność wykrywania”. Recenzent nie jest jednak w stanie dopatrzeć się w zaproponowanym algorytmie istotnych cech nowości. Podobne rozwiązania są od dawna znane, a metody wykorzystujące generatory liczb losowych do określania pikseli, w których osadzana jest informacja są znacznie skuteczniejsze. Należy podkreślić, że opis metody, pomimo swojej prostoty, jest chaotyczny, zawiera mnóstwo błędów i możliwe są tylko domysły na temat jej szczegółów. Autorka między innymi zakłada, że do ekstrakcji zakodowanej informacji odbiorca dysponuje niezmiennym obrazem oryginalnym. Po wyznaczeniu obrazu różnicowego, tworzona jest ukryta wiadomość. W drugim scenariuszu analizowane są piksele wyznaczone przez zestaw funkcji, przy czym zakłada się, że odbiorca wiadomości posiada informację o zbiorze użytych

funkcji. Podejścia te są dość naiwne i nie zawierają cech oryginalności. Przedstawione w tym podrozdziale ilustracje są nieprzemyślane i nie pomagają czytelnikowi w zrozumieniu chaotycznego i nieskładnego opisu metody.

Rysunek 2.6 nie przedstawia „przestrzennej organizacji obrazu cyfrowego w modelu RGB”. Nie wiadomo jak określono intensywność pikseli w modelu RGB. Funkcje (1-3) przedstawione na str. 60 mają dziwną postać. Pojawienie się funkcji eksponencjalnej w równaniu prostej jest jakimś nieporozumieniem. Nie wiadomo o co chodzi w Rys. 2.9. W następującym po nim Rys. 2.8 należałoby przedstawić oryginalną macierz obrazu, by uchwycić sens metody, tak jak to zrobiono na Rys. 2.9 (drugi rysunek na stronie 63, o tej samej numeracji). Sposób kodowania współrzędnych nie został w rozprawie objaśniony (Rys. 2.9 na stronie 63).

Autorka używa pojęcia „filtrowanie przestrzenne”, co kojarzy się z przetwarzaniem kontekstowym obrazu. Tymczasem chodzi o zwykłe operacje logiczne na wybranych bitach pikseli. Zapewne chodziło o zaznaczenie, że analiza nie odbywała się w dziedzinie częstotliwości, ale to tylko domysł recenzenta.

Na stronie 67 błędnie wprowadza się nowy skrót OS (odchylenie standardowe), albowiem chodzi w tym przypadku o średni kwadrat różnicy pomiędzy intensywnościami pikseli. Wyniki przedstawione na wykresie 2.15 nie zgadzają się z tabelą 2.3. Wartość PSNR powinna być najniższa dla klasy obrazów z najwyższą wartością OS.

Wprowadzony na stronie 68 uniwersalny wskaźnik jakości zawiera błędy, a odnośnik do pracy [6] jest nieprawidłowy. W pracy tej tego wskaźnika się nie stosuje. Prawdopodobnie chodzi o współczynnik wprowadzony przez Wanga (Z. Wang, A.C. Bovik. *A Universal Image Quality Index*. IEEE Signal Processing Letters, vol. 9, No. 3, March 2002, pp.81-84). Współczynnik ten oblicza się jako średnią obliczoną dla bloków obrazu, jednakże w pracy sugeruje się operowanie na całym obrazie, co nie jest prawidłowe. Na stronie 71 zupełnie niepotrzebnie wprowadzono wskaźnik jakości d . Jest to po prostu prawidłowo określony wskaźnik PSNR.

Na stronie 72 podaje się dwie definicje równania prostej. Oczywiście w przypadku funkcji 6, chodzi o funkcję przyjmującą stałe wartości. Wzór na hiperbolę jest intrygujący, zwłaszcza po porównaniu ze wzorem podanym na stronie 60.

W Tab. 2.5 przedstawiono zależność współczynników PSNR dla zestawu kilku funkcji. Tabela ta nie ma większego sensu ponieważ współczynniki PSNR zależą wyłącznie od liczby zmienionych pikseli i wartości ich kanałów a nie od trajektorii według której były one zmieniane.

W rozprawie często cytowane są publikacje zupełnie nie związane z omawianym tematem. Przykładowo na stronie 16, 25, 38, 42, 48, 49, 80 cytowana jest książka omawiająca metody prowadzenia badań naukowych, która nie ma żadnego związku z tematyką rozprawy. Praca [98] także nie ma związku z rozprawą. Dziwne jest cytowanie pracy [72], której doktorantka jest współautorką. Praca ta nie ma żadnego związku z tematyką rozprawy, a tego typu cytowania wprowadzają zamęt i mają walor wyłącznie dekoracyjny. Błędnych, mało istotnych i niezwiązanych z tematyką rozprawy cytowań jest w rozprawie bardzo wiele. Prawdopodobnie doktorantka nie rozumie roli cytowania w pracach o charakterze naukowym.

W rozprawie stosowane są liczne skróty, które zamiast upraszczać jej tekst wprowadzają chaos, który bardzo utrudnia jej czytanie. Niektóre skróty są niewłaściwie przetłumaczone, np. LSB, PSF, a wiele jest zupełnie zbytecznych, jak na przykład: MWR – metoda wykrywania rozmycia, RW – rozkład widmowy, USC – układ słuchowy człowieka, WO – wartość oczekiwana, WOS – wartości osobliwe macierzy. Skróty tworzone są z nazw w języku angielskim, co jest całkowicie słuszne (np. PSNR, PRNG), a często z tłumaczenia na język polski. Tak więc pojawiają się dziwolągi w stylu: DKT – dyskretna kosinusowa transformacja, zamiast zwyczajowo stosowanego skrótu DCT. Ponadto, bardzo często struktura budowanych zdań jest niepoprawna co powoduje, że czytelnik jest zmuszony domyślać się co Autorka miała na myśli. Przykładowo: „Podczas PS zniekształca się WW macierzy A GW”, (strona 42), „Należy zauważyć, że wśród WRZ używanych do PS mogą być zerowe wartości, dla których w razie potrzeby zmiana swojego znaku przy wbudowaniu ID jest bezużyteczna”, (strona 52) albo „... ze względu na zastosowanie w procesie PS dobrze zdefiniowanych parametrów formalnych, które określają GW (PS): WRZ wirtualnych bloków symetrycznych odpowiednich macierzy”. Czytanie tego typu tekstu jest niezwykle męczące i irytujące.

Rozdział trzeci zatytułowany został „Badania symulacyjne opracowanych rozwiązań steganograficznych”. W pierwszym podrozdziale przedstawiono informacje na temat użytego oprogramowania i dywagacje nie związane z treścią rozprawy. W dalszej części przedstawiono wyniki eksperymentów związanych z rozmywaniem obrazów z ukrytą informacją. Tytuł podrozdziału 3.2 „Wpływ rozmycia szumem gaussowskim na właściwości macierzy obrazu cyfrowego” nie ma żadnego sensu, albowiem obraz się albo zaszumia albo rozmywa. Z rozmywaniem za pomocą szumu recenzent się jeszcze nie spotkał. Generalnie, niejasny jest cel prowadzonych badań nad detekcją rozmycia. Nie wiadomo też jaki jest ich związek z głównym tematem rozprawy.

Podawanie promienia okna jądra splotowego użytego do operacji rozmycia jest nieprawidłowe. Sam promień nie determinuje parametrów funkcji splotowej. Autorka podaje,

że „nowoczesne edytory graficzne pozwalają wykonać rozmycie OC ponad jedenastoma technikami”. Stwierdzenie to świadczy o niezrozumieniu roli jądra splotowego w operacji rozmycia. Liczba różnych funkcji splotowych, które można zastosować, jest nieskończona, a ponadto do rozmywania można zastosować różne operacje nieliniowe.

Rysunek 3.2 jest całkowicie nieczytelny. W pracy nie przedstawiono analizy statystycznej efektywności wykrywania rozmycia. Prezentacja wyników otrzymanych na zestawie 10 obrazów testowych jest niewystraszająca, zwłaszcza, że nie określono parametrów rozmycia, (operowanie terminami zaczerpniętymi z programu graficznego, typu „rozmycie polowe”, „rozmyj”, „rozmycie silniejsze”, nie powinno być stosowane w pracy naukowej), a w ten sposób otrzymane wyniki są bezwartościowe i niemożliwe do weryfikacji.

Rysunek 3.4 także jest niejasny. Nie wiadomo co oznacza czerwona linia. Nie wyjaśniono znaczenia znaczników 1 oraz 2. Nie przedstawiono także żadnych parametrów statystycznych. W Tabeli 3.2, 3.3 i 3.4 stosowane są obrazy w formacie jpeg. Nie podano jakie były ustawienia dotyczące poziomu kompresji, co uniemożliwia ocenę wpływu zastosowanej stratnej metody zapisu na otrzymane wyniki. Nie jest jasne na ile zmiany obrazu spowodowane zostały przez rozmywanie, a na ile przez stratną kompresję.

W dalszej części poddano analizie algorytm oparty na zmianie znaku wartości szczególnych. Przedstawiono kilka przykładów obrazu z wbudowaną informacją, nie podając długości zakodowanego łańcucha bitów. Obraz testowy charakteryzuje się dość bogatą teksturą i czytelnik nie jest w stanie wizualnie stwierdzić jakie zniekształcenia zostały wprowadzone do obrazu. Standardowo, w tego typu porównaniach przedstawia się wybrany wycinek obrazu, który powiększony, pozwala na analizę detali obrazu. Autorka takiej wizualizacji niestety nie przedstawiła.

Na rysunku 3.10 przedstawiono wpływ zaszumienia obrazu na proces dekodowania. Niezrozumiałe jest dlaczego nie podano dokładnej liczby obrazów, ograniczając się do stwierdzenia „kilkadziesiąt”. Nie wiadomo także dokładnie co oznacza „procent błędów wyodrębniania”. Ponownie „wariancja” podawana jest z wieloma zerami po przecinku zamiast zastosowania skali logarytmicznej. Nie wiadomo jaki sens ma przedstawianie macierzy na Rys. 3.14. Nic z nich nie wynika. Rysunek 3.15 świadczy o błędach w zastosowaniu filtracji górnoprzepustowej. Niedopuszczalna jest sytuacja, w której obraz barwny jest praktycznie binaryzowany, (klasa 1). Potwierdza to także Tab. 3.7, która pokazuje, że zmiany obrazu były bardzo nieznaczne. Nawiasem mówiąc nie wiadomo czemu ma służyć ta Tabela, w sytuacji gdy nie podano parametrów filtru dolno- i górnoprzepustowego. Nie podano także żadnych parametrów statystycznych, które

pozwołyby na ocenę uzyskanych wyników, zwłaszcza, że różnice w PSNR dla poszczególnych kanałów obrazu i ich klas są niewielkie.

Zaproponowane w rozprawie metody staganograficzne oceniane są jedynie pod względem standardowych parametrów zniekształcenia obrazu. Zupełnie pominięto różnorodne metody statystyczne umożliwiające detekcję ingerencji w strukturę obrazu, w celu zawarcia w nim ukrytej informacji.

We wstępie Autorka rozprawy pisze: „Zamierzeniem autorki było zastosowanie do ukrywania informacji funkcji wybieranych losowo z określonego ich zestawu. Przy czym funkcje te nie wykorzystują do zapisu najmłodszych bitów piksela, co pozwala uodpornić proponowaną metodę na najpopularniejsze algorytmy niszczenia informacji ukrytych metodami typu LSB.” Lektura rozprawy prowadzi jednak do wniosku, że zaproponowana metoda modyfikuje najmniej znaczące bity. Tym samym zamierzenia Autorki rozprawy nie zostały zrealizowane.


Rozdział czwarty zatytułowany jest „Realizacja praktyczna opracowanych rozwiązań”. Na wstępie przedstawiono kierunki dalszych prac. Wprowadzono garść nowych oznaczeń, które nie zostały objaśnione w tabeli na początku pracy ani w tekście. Przedstawiono także standardowy interfejs utworzonych aplikacji oraz zarysowano metodę wykrywania filtracji górnoprzepustowej. Cel wykrywania operacji wyostrażania obrazu jest niezrozumiały. Większość obrazów pozyskiwanych za pomocą amatorskich i półprofesjonalnych aparatów cyfrowych posiada wbudowaną funkcję wyostrażania obrazu, odpowiadającą preferencjom percepcyjnym ludzkiego układu wzrokowego. Poza tym obrazy publikowane na stronach internetowych czy w mediach społecznościowych są także standardowo poddawane operacji wyostrażania. Dlatego niezrozumiałe jest dążenie autorki do wykrywania tej operacji.

Pomijając już aspekt celowości samych badań, duże zastrzeżenia budzi sposób prezentacji wyników eksperymentów. Przedstawianie wyników za pomocą rzutów ekranowych arkusza kalkulacyjnego świadczy o braku przygotowania autorki do prowadzenia badań naukowych. Co gorsza, wyniki te nie mają żadnej wartości naukowej, ze względu na użycie bliżej nieokreślonych filtrów zawartych w komercyjnym oprogramowaniu graficznym. Następnie przedstawiono stopień zniekształcenia obrazów po osadzeniu w nim ukrytych wiadomości za pomocą „metody przestrzenno-pikselowej”. Tym razem podano korelację pomiędzy obrazem oryginalnym i zawierającym ukrytą informację. Niejasne jest jakie informacje zawiera ta Tabela i co zostało zawarte w jej kolumnie zatytułowanej „Charakterystyka metody MMP”. Podobnie jest w przypadku Tab. 4.3. Zupełnie nie wiadomo jest co ta tabela ma przedstawiać. Niezrozumiała jest także Tab. 4.4, która zawiera szereg wykresów. W pracy nie przedstawiono w sposób zrozumiały co one ilustrują.

Wyniki symulacyjne odporności i podatności na ataki przedstawione w Tab. 4.5 potwierdzają, że zaproponowana metoda jest nieodporna na podstawowe transformacje. Niezależnie od numeru bitu, wszystkie kolumny tej tabeli są identyczne. Zmiana formatu zapisu bezstratnego nie ma wpływu na zawartą w obrazie informację. Kompresja stratna jpeg oczywiście całkowicie niszczy zawartą w obrazie informację, ale zapis do stratnego formatu jpeg2000 według autorki nie powoduje zakłóceń, co nie jest możliwe. Zapis do formatu gif nie powinien mieć wpływu na integralność zawartej w obrazie informacji w przypadku obrazu kodowanego w poziomach szarości. Oczywiście informacja zostanie zniszczona w przypadku konwersji obrazu barwnego. Dokładniejszej analizy drugiego algorytmu, polegającego na zmianie znaku wartości osobliwych nie przeprowadzono.

Podsumowując, przedstawiona do recenzji rozprawa nie zawiera oryginalnych osiągnięć naukowych. Struktura rozprawy jest chaotyczna i zawiera ona mnóstwo poważnych błędów merytorycznych. Rozprawa jest przygotowana niestarannie, strona edycyjna budzi mnóstwo zastrzeżeń. Zdaniem recenzenta, Doktorantka nie wykazała się znajomością metod przetwarzania obrazów i nie posiada dobrego rozeznania w zakresie metod steganograficznych. W wielu miejscach rozprawa jest bardzo niejasna, a ilustracje wykresy i tabele są nieprawidłowo przygotowane. Pozycje bibliograficzne są w większości źle dobrane, a sposób cytowania jest wadliwy. Przedstawiony główny algorytm steganograficzny jest trywialny i nie stanowi on oryginalnego osiągnięcia naukowego. Drugi algorytm jest znacznie ciekawszy, jednakże nie poddano go stosownej analizie. Duża część rozprawy poświęcona jest zagadnieniom pobocznym, nie związanym z deklarowanym we wstępie jej głównym celem. W konsekwencji powyższych ocen, **ogólna ocena rozprawy doktorskiej jest negatywna.**

W świetle powyższych wniosków, zgodnie z właściwymi przepisami, określonymi w art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 poz. 595 z późn. zmianami), stwierdzam, że recenzowana rozprawa nie spełnia kryteriów stawianych pracom doktorskim i wnoszę o jej nie dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Bogdan Smołka