

Dr hab. inż. Andrzej Massel

Instytut Kolejnictwa

Recenzja rozprawy doktorskiej pt.

„Analiza możliwości przeprowadzania oceny stanu technicznego infrastruktury kolejowej w oparciu o zastosowanie technologii bezzałogowych pojazdów, w tym pojazdów latających”

autorstwa **mgr inż. Michała Batki**

wykonanej na Politechnice Śląskiej

Warszawa, 20.07.2023

1. Przedmiot i podstawa recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie uchwały nr 37/2023 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 25 maja 2023 roku. i na podstawie pisma przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport dr. hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚ z dnia 2 czerwca 2023 r.

Do pisma została dołączona rozprawa doktorska p. mgr inż. Michała Batki pt „Analiza możliwości przeprowadzania oceny stanu technicznego infrastruktury kolejowej w oparciu o zastosowanie technologii bezzałogowych pojazdów, w tym pojazdów latających”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Jarosław Konieczny, prof. Politechniki Śląskiej, promotorem pomocniczym – dr inż. Joanna Michalska-Ćwiek.

Recenzowana rozprawa doktorska powstała w ramach projektu pn. „Doktorat Wdrożeniowy” - II edycja, finansowanego ze środków budżetu Państwa. Id projektu: 410487.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa poświęcona analizie możliwości przeprowadzania oceny stanu technicznego infrastruktury kolejowej z wykorzystaniem technologii bezzałogowych pojazdów, w tym pojazdów latających jest napisana w języku polskim i obejmuje 164 stron. Składa się ona z 10 rozdziałów: (1) Przedstawienie istoty zagadnienia, (2) Uzasadnienie celowości podjęcia tematu, (3) Cel i zakres pracy, (4) Metodologia badań, (5) Wyniki badań, (6) Przeprowadzenie wykrywalności usterek na podstawie zdjęć, (7) Uwarunkowania formalno-prawne wykonywanych lotów nad infrastrukturą kolejową, (8) kalkulacja kosztów inwestycyjnych inspekcji nową metodą, (9) Podsumowanie, (10) Wnioski. Całość poprzedzają spis treści oraz streszczenie przygotowane zarówno w języku polskim, jak i w języku angielskim. Na końcu pracy zawarto spis załączników (plany schematyczne układów torowych) oraz bibliografię obejmującą 132 pozycje. Zamieszczono także spis rysunków oraz spis tabel. Ogółem dysertacja zawiera 70 rysunków oraz 22 tabele.

3. Treść rozprawy

Rozdział 1 (2 strony) stanowi wprowadzenie w tematykę rozprawy. Poświęcony jest on procesom automatyzacji, robotyzacji i digitalizacji, które odgrywają bardzo istotną rolę w różnych dziedzinach życia gospodarczego. Innowacje w tym zakresie znajdują coraz szersze zastosowanie również w transporcie kolejowym. Stąd poszukiwanie nowych, bardziej efektywnych sposobów monitoringu stanu infrastruktury kolejowej w celu zapewnienia bezpiecznej jej eksploatacji. W rozdziale tym wprowadzono w zasadnicze zagadnienie badawcze podjęte w pracy, jakim jest zbadanie możliwości zastosowania załogowych i bezzałogowych pojazdów do inspekcji infrastruktury kolejowej, ze szczególnym uwzględnieniem bezzałogowych statków powietrznych (określanych jako BSP oraz dron).

Rozdział 2 (19 stron), stanowiący uzasadnienie podjęcia tematu, zawiera dość obszerną analizę stanu wiedzy i stanu techniki w zakresie inspekcji infrastruktury kolejowej. W pierwszej kolejności przedstawiono rozwiązania stosowane już obecnie na potrzeby diagnostyki, do których należą kolejowe pojazdy pomiarowe wyposażone w funkcję rejestracji mierzonych parametrów, lokalizacji miejsca pomiaru, itd. Scharakteryzowano drezyny pomiarowe i inne pojazdy diagnostyczne stosowane przez europejskich zarządców infrastruktury kolejowej. Omówiono również nowatorskie

rozwiązania do inspekcji infrastruktury kolejowej z wykorzystaniem bezzałogowych pojazdów samojezdnych. Następnie przedstawiono niezwykle perspektywiczny obszar rozwojowy, jakim jest zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych na potrzeby inspekcji infrastruktury. Najpierw omówiono klasyfikację dronów, w tym klasyfikację militarną a także klasyfikację ze względu na czas i zasięg lotu. W dalszej kolejności przedstawiono przykłady ich zastosowań w obszarze energetyki, platform wiertniczych, na potrzeby wojsk lądowych i marynarki, na potrzeby służb ratowniczych (ratownictwo morskie). W rozdziale 2 odniesiono się także do kwestii efektywności wykonywania inspekcji za pomocą dronów. Przedstawiono dane pokazujące jak zastosowanie urządzeń bezzałogowych pozwala skrócić czas inspekcji i znacząco zmniejszyć ich koszty. Przeanalizowano także dostępne dane i publikacje dotyczące bezpieczeństwa eksploatacji, identyfikacji ryzyk oraz sposobów zarządzania ryzykiem.

Rozdział 3 zawiera 9 stron. W rozdziale tym sformułowane zostały cel oraz teza pracy. Jako ostateczny (oczekiwany) rezultat pracy Autor określił wskazanie zasad i wytycznych w zakresie wykonywania lotów, wskazanie odpowiedniego BSP oraz jego wyposażenia w celu uzyskania wymaganej jakości danych i zachowania lub poprawy bezpieczeństwa wykonywania inspekcji infrastruktury w stosunku do obecnie stosowanych konwencjonalnych metod inspekcji. Teza pracy doktorskiej brzmi iż „zasadnym jest zastąpienie wizualnej inspekcji infrastruktury kolejowej wykonywanej przez dróżników obchodowych, poprzez monitoring z zastosowaniem bezzałogowych statków powietrznych, w celu zwiększenia efektywności procesu obchodów jak również zwiększenia bezpieczeństwa kolejowego”.

Rozdział 4 liczy 18 stron i poświęcony jest scharakteryzowaniu zastosowanych w pracy metod badawczych. Określono w nim w pierwszej kolejności (podrozdział 4.1) cel i miejsce badań. Przedmiotem badań była część infrastruktury kolejowej zarządzanej przez spółkę Infrasis S.A. z siedzibą w Rybniku. Są to bocznic kolejowe, na których znajduje się większość elementów infrastruktury podlegającej oględzinom wykonywanym przez dróżnika obchodowego. Na terenie tych bocznic znajdują się tory zamknięte lub wyłączone z eksploatacji zawierające różne usterki, które mogły posłużyć jako platforma do trenowania algorytmu ich rozpoznawania.

Następnie (podrozdział 4.2) omówiono zasadnicze elementy proponowanego przez Autora systemu i kryteria wyboru w odniesieniu do bezzałogowego statku powietrznego (BSP), kamer a także stacji dokującej (garażu) dla BSP. Na przykład w celu doboru BSP zaproponowano zestaw sześciu kryteriów będących podstawą porównania różnych opcji dronów. Kryteriom tym przypisano metodą ekspercką wagi określające ważność każdego z nich. Analogiczne podejście zastosowano w odniesieniu do pozostałych głównych elementów systemu ustalając metodą ekspercką wagi dla kryteriów wyboru kamer oraz garażu dla BSP. W wyniku zastosowania kryteriów zarekomendowano rozwiązanie garażu z platformą do lądowania usytuowaną na jego dachu.

Analizie (podrozdział 4.3) podlegały różne alternatywy dronów i kamer do wykonywania inspekcji z powietrza. Na podstawie wspomnianych wcześniej kryteriów, z uwzględnieniem dostępnych nowoczesnych technologii dronów i kamer, przyjęto do porównania kilka urządzeń, które odpowiadają potrzebom projektu badawczego. W ramach tego procesu wybrano do testów pięć rodzajów BSP, cztery typy kamer oraz LIDAR. Wszystkie BSP oraz kamery przetestowano na terenie infrastruktury Infrasis S.A. Na podstawie analizy materiału zdjęciowego, wykonanych testów w terenie, oceny stabilności, zwrotności i czasu lotu poszczególnych BSP rekomendowano do kalkulacji kosztów i dalszych prac dron DJI Matrice 300 RTK.

W końcowej części rozdziału 4 (podrozdział 4.4) przedstawiono kryteria wyboru algorytmu (aplikacji) do analizy zdjęć i wykrywania usterek. W pierwszej kolejności analizowano dostępne narzędzia

przeznaczone do adnotacji (etykietowania) obiektów. W dalszych pracach zdecydowano posługiwać się aplikacją CVAT, która spełnia wszystkie wymagane kryteria (jest bezpłatna, posiada otwarty kod źródłowy, jest nowoczesną, opartą na sieci Web aplikacją wykorzystywaną przez wielu użytkowników). Następnym etapem prac było ustalenie algorytmu identyfikacji usterek a także sposobu trenowania algorytmu. Zastosowano model segmentacji, który dokonuje podziału zdjęcia na segmenty, z których do trenowania wykorzystywano tylko te segmenty, które zawierały szynę lub podkład. Proces obróbki zdjęć uproszczono poprzez zastosowanie algorytmu, który zmniejsza liczbę punktów na których załamuje się linia. Do tego celu zastosowano algorytm Ramera-Douglasa-Peuckera. Kolejnym krokiem badań było rozpoznawanie pozostałych elementów nawierzchni kolejowej, stanowiących części systemów przytwierdzeń, takich jak śruby stopowe, nakrętki i łapki. Spośród wielu dostępnych algorytmów rozpoznawania obiektów (dwuetapowych, jednoetapowych) wybrano jednoetapowy model RetinaNet.

Rozdział 5 zatytułowany został „Wyniki badań” i liczy 7 stron. W istocie rozdział ten dotyczy pozyskania odpowiedniej jakości danych zarejestrowanych przez BSP, w tym między innymi wpływu wysokości lotu drona na jakość wykonywanych zdjęć. W rozdziale tym opisano także próby doświetlania fotografowanego obszaru lampami ledowymi w miejscach zacienionych, na przykład pod wiadukтами lub pod budynkami. Nie przyniosły one zadowalających wyników, dlatego Autor zarekomendował możliwe kierunki dalszych badań, na przykład z zastosowaniem lampy błyskowej.

Największą część rozprawy stanowi rozdział 6 (49 stron) poświęcony wykrywalności usterek na podstawie zdjęć. Zakres elementów wymagających kontroli dostosowano do wymagań instrukcji zarządcy infrastruktury, która określa przeglądy wykonywane przez dróżnika obchodowego.

W pierwszej kolejności (podrozdział 6.2) zbadano w jaki sposób są rozpoznawane szyny oraz podkłady. Wybrano w tym celu 665 reprezentatywnych zdjęć, na których został oznaczony każdy podkład. Ten zbiór stał się wkładem do procesu uczenia maszynowego. Do oznaczania elementów na zdjęciach użyte zostało narzędzie CVAT (*Computer Vision Annotation Tool*). Oznaczone zdjęcia posłużyły do nauczania algorytmu rozpoznawania elementów infrastruktury kolejowej. Tę część prac wykonano na podstawie bazy danych zdjęć treningowych. Następnym działaniem było sprawdzenie czy algorytm jest w stanie samodzielnie identyfikować oznaczone wcześniej części infrastruktury. Należy podkreślić, że oznaczeniu i analizie poddawano zdjęcia wykonane w różnych warunkach atmosferycznych i w różnych porach dnia (w tym w miejscach zacienionych oraz w warunkach zimowych). Dało to podstawę do stwierdzenia, że aplikacja użyta do etykietowania zdjęć oraz zastosowany algorytm zostały właściwie dobrane do rozpoznawania podkładów oraz szyn. Następnym krokiem badań nad możliwością rozpoznawania usterek infrastruktury kolejowej było oznaczanie i rozpoznawanie przytwierdzeń szyn do podkładów. Odbywało się ono podobnie, jak przy etykietowaniu podkładów i szyn. Wybrano reprezentatywne zdjęcia, które posłużyły jako zdjęcia treningowe. Na tej podstawie dokonano oznaczeń poszczególnych elementów przytwierdzeń jakimi są wkręty, łapki i śruby stopowe. Przeprowadzone badania wskazują, że nową metodę inspekcji przez BSP można uznać za możliwą do zastosowania w stosunku do elementów przytwierdzeń, bowiem zarówno wkręty, śruby stopowe, jak i łapki są widoczne na zdjęciach i są rozpoznawane przez algorytm. Badania obejmowały także oznaczanie i rozpoznawanie złącz podpartych, styków międzyszynowych, a także pęknięć szyn. Przyjęto założenie, że każde złącze znajduje się na podwójnych podkładach, dzięki czemu algorytm w pierwszej kolejności szuka na zdjęciu podwójnych podkładów przecinających się z szyną, a następnie śrub łukowych. Uzyskane wyniki potwierdzają rozpoznawalność szczelin o szerokości 1-2 mm. Negatywny wynik dała próba zastosowania zdjęć wykonanych przez drony do określania szerokości toru. Przyczyną była duża niedokładność pomiaru.

Podrozdział 6.3 zawiera podsumowanie wykonanych przez Autora badań niezbędnych do walidacji algorytmu. Zestawiono w nim także dane dotyczące skuteczności rozpoznawania poszczególnych rodzajów obiektów. Zastosowany przez Autora algorytm bardzo skutecznie rozpoznawał szyny i podkłady uzyskując wskaźnik IoU na poziomie 0,9. Dobre wyniki otrzymano również w odniesieniu do elementów składowych przytwierdzeń szyn do podkładów chociaż wystąpiły przypadki błędnej detekcji związane głównie z niekorzystnymi warunkami pogodowymi.

Z kolei w podrozdziale 6.4 zaproponowany został model inspekcji infrastruktury przez BSP wyposażony w kamery i czujniki. Zakłada się, że loty inspekcyjne będą wykonywane automatycznie według ustalonego harmonogramu lotu.

Rozdział 7 (11 stron) poświęcony jest uwarunkowaniom formalno-prawnym wykonywania lotów nad infrastrukturą kolejową. Składa się on praktycznie z jednego podrozdziału (7.1) dotyczącego możliwości i warunków lotów dronami.

Rozdział 8 (12 stron) dotyczy kosztów i nakładów inwestycyjnych związanych z wykonywaniem inspekcji infrastruktury z wykorzystaniem BSP. W celu oceny efektywności zastosowania nowego rozwiązania pod względem ekonomicznym przeprowadzono analizę kosztów oraz nakładów inwestycyjnych w porównaniu do aktualnie ponoszonych kosztów przez zarządcę infrastruktury Infra Silesia S.A. Skalkulowano również wartość netto projektu NPV uwzględniając przepływy pieniężne dla obu scenariuszy. Analiza została przeprowadzona na podstawie rzeczywistych wymagań i czasochłonności dotychczasowych przeglądów infrastruktury kolejowej zgodnie z instrukcją tego zarządcy. Wynika z nich, że zastosowanie nowej metody inspekcji jest niemal dwukrotnie szybsze od dotychczasowej metody oraz prowadzi do uzyskania istotnych oszczędności.

Dwa końcowe rozdziały dysertacji zawierają podsumowanie (7 stron) oraz wnioski (3 strony).

4. Ocena rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa powstała w wyniku realizacji projektu pod nazwą „Doktorat wdrożeniowy”. Z tego względu jest ona ukierunkowana na praktyczne zastosowanie wyników badań naukowych i prac rozwojowych. Problemem naukowym będącym przedmiotem rozprawy było zbadanie możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych na potrzeby monitoringu infrastruktury kolejowej.

Należy podkreślić aktualność tematyki rozprawy i jej pionierski charakter. Ma ona niewątpliwie duże znaczenie gospodarcze, wynikające z korzyści, jakie mogą odnieść zarządcy infrastruktury kolejowej w wyniku upowszechnienia technologii opartej o BSP w diagnostyce infrastruktury, w tym w szczególności w diagnostyce elementów drogi kolejowej. Korzyści te wiążą się przede wszystkim z ograniczeniem uciążliwych i niebezpiecznych obchodów.

Na pokreślenie zasługuje też fakt, że rozprawa dobrze wpisuje się w tematykę badań realizowanych od szeregu lat na Politechnice Śląskiej a dotyczących różnych obszarów zastosowania BSP (na przykład w diagnostyce infrastruktury energetycznej, na potrzeby ochrony granicy państwowej, w badaniach zanieczyszczeń powietrza). Badania w tym obszarze tematycznym powinny bez wątpienia być kontynuowane.

Rozprawa nie budzi zastrzeżeń pod względem prawidłowości użytych przez Autora metod badawczych. Zostały one zastosowane adekwatnie do rozwiązywanych przez niego zagadnień szczegółowych. Zwraca uwagę przemyślany i zobiektywizowany dobór poszczególnych elementów

systemu inspekcji (z zastrzeżeniem liczby uczestniczących ekspertów) a także umiejętne wykorzystanie dostępnych aplikacji do oznaczania (etykietowania) elementów na zdjęciach.

Ważnym praktycznym osiągnięciem Autora jest opracowanie modelu procesu monitoringu infrastruktury za pomocą bezzałogowego statku powietrznego. Model ten został przygotowany do praktycznego zastosowania w warunkach spółki Infra Silesia. Autor opracował projekt zmian instrukcji ISd. Z uwagi na fakt, że w chwili obecnej nie jest możliwe całkowite zastąpienie konwencjonalnych oględzin infrastruktury inspekcjami BSP zaprojektowane regulacje pozostawiają oba sposoby dokonywania oględzin i wskazują co należy przeprowadzić i w jaki sposób postępować w przypadku użycia BSP.

W toku prowadzonych przez Autora badań okazało się, że nie wszystkie pomiary wykonywane z wykorzystaniem BSP dają zadowalające wyniki. Dotyczy to w szczególności pomiaru szerokości toru. Negatywny wynik nie świadczy o błędnych założeniach przyjętych przez Autora, ale jedynie o tym, że obecny stan techniki w zakresie kluczowych elementów proponowanego systemu (to jest BSP oraz kamer) nie zapewnia jeszcze wymaganej przy utrzymaniu infrastruktury kolejowej dokładności pomiarów. Biorąc pod uwagę szybki rozwój technologiczny w tym obszarze, uprawnione jest przypuszczenie, że możliwości wykonywania inspekcji torów za pomocą odpowiednio wyposażonych BSP ulegną jeszcze zwiększeniu.

Rozwiązanie uzyskane przez Doktoranta jest gotowe do wdrożenia w warunkach infrastruktury kolejowej zarządzanej przez spółkę Infra Silesia. Należy mieć świadomość, że nie będzie prawdopodobnie możliwe proste przeniesienie proponowanej metody inspekcji na sieci innych zarządców infrastruktury, w tym szczególnie – na sieć PKP Polskie Linie Kolejowe. Każdorazowo konieczne będzie zweryfikowanie statusu terenów (tereny kolejowe z reguły mają status terenów zamkniętych).

5. Uwagi ogólne

Pewne wątpliwości wywołuje struktura pracy i podział treści między poszczególne rozdziały. Dotyczy to szczególnie stosunkowo krótkiego rozdziału 5, którego treść nie w pełni odpowiada tytułowi „Wyniki badań”.

Praca wykazuje niedoskonałości edycyjne. Należy do nich występowanie przypadków tzw. tekstów wiszących. Przy redagowaniu monografii należy dążyć do tego, aby przy numeracji cyfrowej wielorzędowej po tytule rozdziału 4 od razu następował tytuł podrozdziału 4.1 (a po tytule rozdziału 5 – tytuł podrozdziału 5.1). Między nimi nie powinno być żadnych tekstów (czyli tekstów wiszących). Jeżeli treść tekstu wiszącego stanowi wartościowe wprowadzenie do tematu rozdziału powinna ona zostać opatrzona numerem podrozdziału oraz tytułem.

Zastrzeżenia budzi sposób przedstawienia bibliografii. Powinna być ona podana w porządku alfabetycznym. Warto rozważyć byłoby pogrupowanie pozycji literatury, na przykład z wydzieleniem artykułów naukowych, aktów prawnych i źródeł internetowych.

6. Uwagi szczegółowe

W tytule rozprawy zostało użyte sformułowanie „w oparciu o technologię bezzałogowych pojazdów”. Użycie wyrażenia „w oparciu o” nie wydaje się właściwe przede wszystkim dlatego, że powstało ono z konstrukcji „opierać się o coś”, która odnosi się nie do zjawisk abstrakcyjnych, lecz do czynności

fizycznych (patrz: Poradnia językowa PWN, <https://sjp.pwn.pl>). Dlatego w odniesieniu do przedmiotu rozprawy poprawne byłoby brzmienie „z wykorzystaniem technologii bezzałogowych pojazdów”.

W różnych miejscach pracy użyte zostały sformułowania „dla stwierdzenia”, „dla zapewnienia”, „dla zminimalizowania” czy „dla detekcji”. Poprawniejsze wydaje się zastąpienie ich frazami (odpowiednio): „w celu stwierdzenia”, „w celu zapewnienia”, „w celu zminimalizowania”, „w celu detekcji”.

Tytuł rozdziału 4 ‘Metodologia badań’ w zestawieniu z jego treścią nie wydaje się poprawny. Metodologia to nauka o badaniach naukowych stosowanych w danej dziedzinie wiedzy. W kontekście zagadnień omawianych przez Autora w tym rozdziale należało raczej użyć określenia **metodyka**, czyli zbiór zasad dotyczących sposobów wykonywania pracy. Można też mówić o **metodach** jako świadomie stosowanych sposobach postępowania mających prowadzić do osiągnięcia zamierzonego celu (w tym przypadku metodach badawczych).

Pewną wątpliwość budzi sposób przypisania wag określających ważność poszczególnych kryteriów wyboru BSP (str. 41-42), przede wszystkim zaś bardzo mała liczba ekspertów biorących udział w badaniu a równocześnie dość duży rozrzut ich ocen.

Niejasna jest rola rozdziału 5 zatytułowanego „Wyniki badań” i składającego się tylko z jednego podrozdziału (który również składa się z jednego podrozdziału), tym bardziej, że (jak już wspomniano) jego treść odbiega od tytułu.

Założenie, że każde złącze szynowe znajduje się na podwójnych podkładach (str. 77), przyjęte przy tworzeniu algorytmu wyszukiującego połączenia szyn, jest prawidłowe tylko w odniesieniu do infrastruktury spółki Infra Silesia. Na sieciach innych zarządców, w tym PKP PLK, stosowane są również złącza wiszące z łubkami sześciootworowymi.

Rozdział 7 jest niezwykle interesujący i potrzebny, gdyż zawiera kompendium wiedzy dotyczącej uwarunkowań formalnych i prawnych związanych z wykorzystaniem BSP. Rozdział ma jednak nieprawidłową strukturę, zawiera bowiem na początku akapit stanowiący tekst wiszący, a poza tym składa się tylko z jednego podrozdziału (7.1), podzielonego jeszcze wewnątrz.

W rozdziale 8 występuje błąd numeracji podrozdziałów (6.3, 6.4, 6.5). To samo dotyczy przedostatniego i ostatniego rozdziału.

W pracy zdarzają się (nieliczne) niezręczności językowe. Są to w szczególności nieprawidłowe lub nieprecyzyjne sformułowania i określenia, takie jak na przykład:

- „pomiar rozstawu szyn” (str. 84 i dalsze) zamiast „pomiar szerokości toru”,
- „loty wykonane pod i nad trakcją” (str. 142) zamiast „loty wykonane pod i nad siecią trakcyjną”.

7. Wniosek końcowy

Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa p. mgr inż. Michała Batki odznacza się dużą wartością merytoryczną. Podejmuje ona istotne zagadnienie naukowe dotyczące możliwości zastosowania bezzałogowych statków powietrznych na potrzeby zarządcy infrastruktury kolejowej. Jest to zagadnienie o dużym znaczeniu praktycznym, posiada też znaczny potencjał wdrożeniowy. Autor w prawidłowy sposób rozwiązuje problem naukowy a równocześnie wykazuje się dużą wiedzą specjalistyczną. Rozprawa potwierdza znajomość zagadnień praktycznych dotyczących eksploatacji

infrastruktury kolejowej a także umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Doktoranta badań naukowych. Mimo, że w pracy występują pewne usterki, to w żadnej mierze nie przekreślają one jej wartości merytorycznej.

Rozprawa doktorska p. mgr inż. Michała Batki pod tytułem „Analiza możliwości przeprowadzania oceny stanu technicznego infrastruktury kolejowej w oparciu o zastosowanie technologii bezzałogowych pojazdów, w tym pojazdów latających” spełnia w mojej opinii wymagania określone w Ustawie. Wniosuję zatem o przyjęcie recenzowanej rozprawy i dopuszczenie do publicznej jej obrony.

Andrzej
Massel

Elektronicznie
podpisany przez
Andrzej Massel
Data: 2023.08.03
14:47:47 +02'00'