

dr hab. inż. Jacek Oskarbski, prof. uczelni^{1*)}

ORCID: 0000-0003-0651-4902

dr hab. inż. Tomasz Kamiński²⁾

ORCID: 0000-0002-6695-4136

mgr inż. Mariusz Kolkowski³⁾

dr inż. Ewa Kamińska²⁾

ORCID: 0000-0002-6695-4136

Effective implementation of Intelligent Transport Systems – analysis of methodology based on the Code of Good Practice for ITS Implementation

Efektywne wdrażanie Inteligentnych Systemów Transportowych – analiza metodyki na podstawie Kodeksu Dobrych Praktyk Wdrażania ITS

DOI: 10.15199/33.2025.10.10

Abstract: The aim of this article is to analyse the implementation process of Intelligent Transportation Systems (ITS) proposed in the “Best Practice Code for Effective Implementation of Intelligent Transportation Systems”. Research results indicate that the comprehensive approach suggested in the methodology described in the Code, which considers technical, organisational and social aspects, is a key success factor for implementing ITS projects. Analysis of individual stages of the implementation process confirms that an integrated approach encompassing planning, design and subsequent system maintenance significantly increases the chances of successful implementation, minimises the risk of failures and maximises benefits from investments in modern transportation solutions.

Keywords: Intelligent Transportation Systems (ITS); ITS implementation methodology; ITS architecture; cybersecurity

Streszczenie: W artykule przeanalizowano proces wdrażania Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) zgodnie z propozycjami zawartymi w „Kodeksie Dobrych Praktyk dla Efektywnego Wdrażania Inteligentnych Systemów Transportowych”. Wyniki badań wskazują, że kompleksowe podejście przedstawione w metodologii Kodeksu, uwzględniające aspekty techniczne, organizacyjne i społeczne, stanowi kluczowy czynnik sukcesu w realizacji projektów ITS. Analiza poszczególnych etapów procesu wdrażania potwierdza, że zintegrowane podejście obejmujące planowanie, projektowanie oraz późniejsze utrzymanie systemu znacznie zwiększa szanse powodzenia wdrożenia, minimalizuje ryzyko niepowodzenia i maksymalizuje korzyści wynikające z inwestycji w nowoczesne rozwiązania transportowe.

Słowa kluczowe: Inteligentne Systemy Transportowe (ITS); metodyka wdrażania ITS; architektura ITS; bezpieczeństwo informatyczne

Intelligent Transport Systems (ITS) are an essential tool for the effective management of transport [1, 2], and play a key role in shaping transport infrastructure. Their primary objective is to ensure safety and optimise traffic flow, which translates into improved travel comfort, reduced traffic congestion, and lower pollutant emissions. Moreover, the implementation of ITS contributes to the reduction of carbon dioxide emissions through route optimisation and the promotion of more environmentally friendly modes of transport [3, 4]. A simplified functional diagram of the ITS system is presented in figure 1.

The effective implementation of ITS requires a comprehensive, multi-stage approach based on a methodology that takes into account technical, organisational, and social aspects. The

Inteligentne Systemy Transportowe (ITS) są niezbędnym narzędziem efektywnego zarządzania transportem [1, 2] i odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu infrastruktury transportowej. Ich podstawowym celem jest zapewnienie bezpieczeństwa i optymalizacja ruchu pojazdów, co przekłada się na komfort podróżowania, redukcję zatorów drogowych i emisji zanieczyszczeń. Ponadto, wdrożenie ITS przyczynia się do redukcji emisji dwutlenku węgla przez optymalizację tras przejazdu i promowanie bardziej ekologicznych środków transportu [3, 4]. Uproszczony schemat funkcjonalny systemu ITS przedstawiono na rysunku 1.

Skuteczne wdrożenie ITS wymaga kompleksowego, wieloetapowego podejścia bazującego na metodyce uwzględniającej aspekty techniczne, organizacyjne oraz społeczne. Celem przeprowadzonych badań była weryfikacja tego podejścia przez analizę zaleceń zawartych w Kodeksie Dobrych Praktyk [5] oraz odniesienie ich do aktualnego stanu wiedzy naukowej w dziedzinie wdrażania ITS. Badania pokazują, że projekty ITS oraz inne projekty informatyczne realizowane bez odpowiedniej meto-

¹⁾ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

²⁾ Instytut Badawczy Drog i Mostów, Zakład Systemów Zarządzania i Telematyki

³⁾ Sprint S.A.

^{*)} Correspondence address: jacek.oskarbski@pg.edu.pl



Fig. 1. Functional diagram of ITS

Rys. 1. Schemat funkcjonalny systemu ITS

aim of the conducted research was to verify this approach through an analysis of the recommendations contained in the Code of Good Practice [5] and to relate them to the current state of scientific knowledge in the field of ITS implementation. The research shows that ITS projects, as well as other IT projects carried out without an appropriate implementation methodology, are characterised by a higher failure rate. Reports by the Standish Group show that between 1994 and 2012, the proportion of failed IT projects ranged from 15% to 40%, while only 16% to 37% of projects were successfully completed [6]. Implementations carried out using a comprehensive methodological approach demonstrate greater effectiveness in achieving their intended business objectives. Research indicates that the application of appropriate project management practices (such as clearly defining requirements, securing management support, and proper planning) significantly increases the likelihood of project success [7]. The recommendations related to these processes are described in the Code of Good Practice [5], developed by the Committee for Architecture and Standardisation within the ITS Poland Association. The Code defines guidelines aimed

dyki wdrożeniowej charakteryzują się większym wskaźnikiem niepowodzeń. Raporty Standish Group wykazują, że w latach 1994–2012 odsetek nieudanych projektów IT wyniósł 15 – 40%, a jedynie 16 – 37% projektów zakończyło się sukcesem [6]. Implementacje prowadzone zgodnie z kompleksowym podejściem metodycznym wykazują większą skuteczność w osiąganiu założonych celów biznesowych. Z badań wynika, że stosowanie odpowiednich praktyk zarządzania projektami, takich jak jasne określenie wymagań, wsparcie kierownictwa oraz właściwe planowanie, znacznie zwiększają szanse na sukces projektu [7]. Zalecenia związane z tymi procesami opisano w Kodeksie Dobrych Praktyk [5] w ramach Komitetu ds. Architektury i Standaryzacji przy Stowarzyszeniu ITS Polska. Kodeks określa wytyczne mające na celu maksymalizację korzyści z inwestycji w ITS oraz eliminację typowych błędów podczas wdrażania usług wykorzystujących technologie komunikacyjne i informatyczne.

Badania obejmowały:

- **analizę dokumentacji** – przegląd „Kodeksu Dobrych Praktyk” oraz innych dokumentów strategicznych i normatywnych dotyczących wdrażania ITS;

- **przegląd literatury naukowej** – analiza przywołanych w artykule badań naukowych dotyczących wdrażania ITS, ze szczególnym uwzględnieniem studiów przypadku oraz badań empirycznych;

- **analizę porównawczą** – zestawienie zaleceń zawartych w Kodeksie z wynikami badań naukowych oraz najlepszymi praktykami stosowanymi w projektach ITS.

Proces badawczy podzielono na cztery etapy, które obejmują identyfikację głównych etapów procesu wdrażania ITS, analizę elementów krytycznych i zależności w ramach każdego etapu, syntezę zaleceń i dobrych praktyk oraz weryfikację tezy głównej na podstawie zgromadzonych danych.

Proces wdrażania ITS

Wdrażanie ITS stanowi złożony proces wymagający starannego planowania i koordynacji wielu podmiotów. Na rysunku 2 przedstawiono model wdrażania usług ITS, gdzie każda faza ma krytyczne znaczenie dla powodzenia całego przedsięwzięcia. Proces rozpoczyna faza analizy potrzeb i planowania obejmująca definicję celów, identyfikację interesariuszy, analizę wymagań funkcjonalnych i technicznych oraz ocenę ryzyka, co prowadzi do opracowania modułowej, skalowalnej archi-

at maximising the benefits of investment in ITS and eliminating common errors during the implementation of services that rely on communication and information technologies.

The research included:

- **document analysis** – a review of the Code and other strategic and normative documents related to ITS implementation;
- **review of scientific literature**– analysis of the cited research studies concerning ITS implementation, with particular emphasis on case studies and empirical research;
- **comparative analysis**– comparison of the recommendations contained in the Code with the results of scientific research and the best practices applied in ITS projects.

The research process was divided into four stages, which include the identification of the main phases of the ITS implementation process, the analysis of critical elements and interdependencies within each phase, the synthesis of recommendations and good practices, and the verification of the main thesis based on the collected data.

ITS implementation process

The implementation of ITS is a complex process that requires careful planning and coordination among multiple stakeholders. Figure 2 presents a model of ITS implementation (each phase plays a critical role in the overall success of the project). The process begins with the needs analysis and planning phase, which includes defining objectives, identifying stakeholders, analysing functional and technical requirements, and assessing risks. This leads to the development of a modular and scalable architecture. The second phase involves system design, the process from the conceptual stage and functional programme to the tender documentation and technology specifications. The third phase involves the implementation of modules, testing, and integration with existing systems. The final maintenance phase focuses on monitoring, updates, and technical support, with Service Level Agreements (SLAs) governing quality and availability of services. Research confirms that a systematic approach throughout all stages significantly reduces the risk of failure, while continuous risk analysis and effective public communication are key factors in increasing project acceptance [8].

ITS planning

Effective ITS planning requires a comprehensive approach in which needs analysis and architectural design play a key role. The Code of Good Practice emphasises the inter-disciplinary nature of these activities, which demand cooperation among various stakeholders and consideration of multiple aspects, from technical and organisational to social and legal.

The ITS implementation process is preceded by a **phase of careful strategic planning**, which

tektury systemu. Drugą fazę stanowi projektowanie systemu, od koncepcji i programu funkcjonalno-użytkowego po dokumentację przetargową i specyfikację technologii. Trzecia faza to wdrażanie modułów, testowanie oraz integracja z istniejącymi systemami. Końcowa faza utrzymania skupia się na monitoringu, aktualizacji oraz wsparciu technicznym, przy czym umowy SLA (Service Level Agreement – Umowa o Poziomie Świadczenia Usług) regulują jakość i dostępność usług. Badania potwierdzają, że systematyczne podejście do wszystkich etapów znacznie redukuje ryzyko niepowodzeń, przy czym kluczowa jest ciągła analiza ryzyka oraz właściwa komunikacja społeczna zwiększająca akceptację projektu [8].

Planowanie ITS

Efektywne planowanie ITS wymaga kompleksowego podejścia, w którym analiza potrzeb i projektowanie architektoniczne odgrywają kluczową rolę. Kodeks Dobrych Praktyk

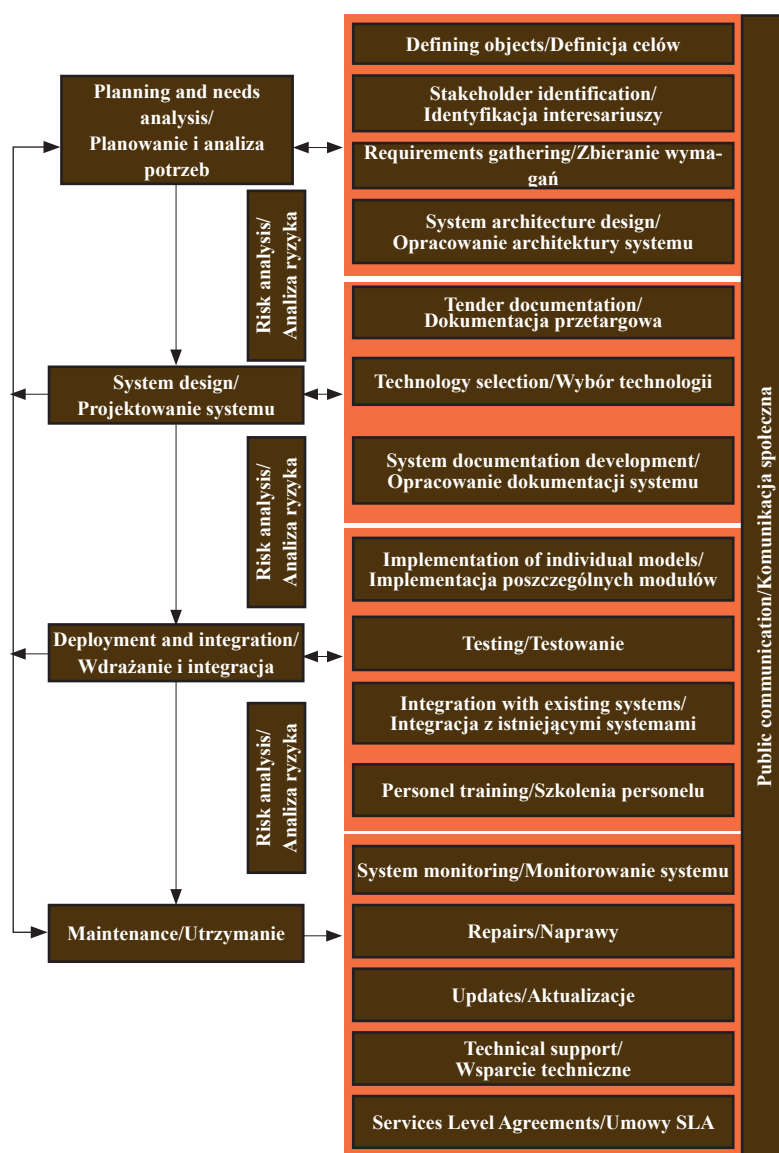


Fig. 2. ITS implementation process
Rys. 2. Proces wdrażania ITS

involves the precise definition of project objectives and the identification of available resources. At this stage, all involved stakeholders should be identified, including authorities, transport operators, residents, and businesses. Understanding their individual needs and expectations is crucial for developing a system that addresses real transport challenges. Research indicates that effective stakeholder management has a significant impact on the success of infrastructure projects. The analysis conducted by Abolghasemi et al. [9] showed that efficient stakeholder management directly improves project performance and stakeholder satisfaction. Moreover, stakeholder satisfaction, early identification, and active engagement throughout the entire project lifecycle play an essential role in enhancing overall project effectiveness [8]. A key element of planning is also ensuring adequate financing, taking into account not only the costs of implementation but also the long-term maintenance of the system. The next step is a needs analysis, the purpose of which is to define in detail the requirements of the ITS system. The Code emphasises the need to distinguish between business (where business goals define the overall strategic objective), functional, technical, and quality requirements. The functional requirements of the system define its intended behaviours and functions from the user's perspective, specifying "what" the system is supposed to do. In contrast, the technical requirements describe the means and methods for implementing these functions, explaining "how" the system should achieve the desired behaviour. Quality requirements, on the other hand, refer to the characteristics of the system that ensure the achievement of business objectives. They cover aspects such as reliability, safety, efficiency, scalability, usability, interoperability, and maintainability. These are the system attributes that make it possible to assess whether the system meets the defined business goals. As a result, a precise requirements specification is developed, forming the basis for the design phase.

In the case of more complex projects, the Code of Good Practice suggests the use of standardised ITS architecture frameworks, such as FRAME (European ITS Architecture Framework) [10] or ARC-IT (American framework) [11]. This approach enables the comparison of different solutions and the selection of appropriate technologies. Research indicates that the adoption of a standardised architecture can lead to increased system interoperability and reduced integration costs [12–14]. The development of an ITS architecture is a key element of the planning process, determining the creation of a flexible, scalable, and modular solution that enables future expansion and integration with other systems. Detailed architecture documentation is essential for effective coordination of work and ensuring project consistency. A modular structure, based on independent functional modules, facilitates implementation, maintenance, and further development, allowing for gradual deployment and adaptation to changing needs. Interoperability, ensured through open standards and protocols, enables the cooperation of different systems and suppliers, which is crucial for the effective functioning of the system. As shown in the research

podkreśla interdyscyplinarny charakter tych działań, wymagający współpracy różnych podmiotów oraz uwzględnienia wielu aspektów, od technicznych i organizacyjnych po społeczne i prawne.

Proces wdrażania ITS poprzedza **faza starannego planowania strategicznego**, która obejmuje precyzyjne określenie celów projektu oraz dostępnych zasobów. Na tym etapie należy zidentyfikować wszystkie zaangażowane podmioty (interesariuszy), w tym władze, operatorów transportu, mieszkańców i przedsiębiorców. Zrozumienie ich indywidualnych potrzeb i oczekiwań jest kluczowe dla opracowania systemu odpowiadającego na rzeczywiste wyzwania transportowe. Badania wskazują, że skuteczne zarządzanie interesariuszami znacznie wpływa na sukces projektów infrastrukturalnych. Analiza przeprowadzona przez Abolghasemi i in. [9] wykazała, że efektywne zarządzanie interesariuszami bezpośrednio poprawia wydajność projektu oraz ich satysfakcję. Ponadto, satysfakcja i wczesna identyfikacja interesariuszy oraz ich zaangażowanie w cały cykl życia projektu odgrywają istotną rolę w poprawie jego wydajności [8]. Kluczowym elementem planowania jest również zapewnienie odpowiedniego finansowania, z uwzględnieniem kosztów nie tylko wdrożenia, ale również długoterminowego utrzymania systemu. Kolejnym krokiem jest analiza potrzeb, której celem jest szczegółowe zdefiniowanie wymagań systemu ITS. Kodeks podkreśla konieczność rozróżnienia wymagań biznesowych (cele biznesowe określają ogólny, strategiczny cel), funkcjonalnych, technicznych i jakościowych. Wymagania funkcjonalne systemu definiują jego zamierzone zachowania i funkcje z perspektywy użytkownika, określając „co” system ma robić. Natomiast wymagania techniczne określają środki i metody realizacji tych funkcji, opisując „jak” system ma osiągnąć pożądane zachowanie. Wymagania jakościowe natomiast odnoszą się do charakterystyki systemu, która ma zapewnić realizację celów biznesowych. Obejmują one takie aspekty, jak: niezawodność; bezpieczeństwo; efektywność; skalowalność; użyteczność; interoperacyjność i łatwość utrzymania. Są to atrybuty systemu, które pozwalają ocenić, czy system spełnia określone cele biznesowe. W rezultacie powstaje precyzyjna dokumentacja wymagań, stanowiąca podstawę fazy projektowania.

W przypadku bardziej złożonych projektów, Kodeks sugeruje wykorzystanie standaryzowanych ram architektury ITS, takich jak FRAME (European ITS Architecture Framework) [10] lub ARC-IT (American framework) [11], co umożliwia porównywanie różnych rozwiązań i wybór odpowiednich technologii. Badania wskazują, że przyjęcie ustandaryzowanej architektury może prowadzić do zwiększenia interoperacyjności systemów oraz zmniejszenia kosztów integracji [12–14]. Opracowanie architektury ITS stanowi kluczowy element planowania, warunkujący powstanie elastycznego, skalowalnego i modułowego rozwiązania, umożliwiającego przyszłą rozbudowę i integrację z innymi systemami. Szczegółowa dokumentacja architektury jest niezbędna w celu efektywnej koordynacji prac i zapewnienia spójności projektu. Modułowa struktura, oparta na niezależnych modułach funkcjonalnych, ułatwia implementację, utrzymanie i rozbudowę, umożliwia-

by Dias et al., the application of such frameworks supports modularity and system compatibility, reducing both costs and integration risks [15].

In the process of planning and monitoring requirements, it is essential to use Key Performance Indicators (KPIs). The publication “YRAM Monitoring Guidance User Manual” [16] provides detailed recommendations on the selection and calculation of KPIs, taking into account the influence of weather and lighting conditions on the effectiveness of active mobility, including the application of ITS solutions. The selection of appropriate monitoring indicators is crucial for accurately assessing the effectiveness of planned and implemented solutions and for adapting strategies to changing conditions. Research indicates that projects with clearly defined KPIs achieve better performance in meeting business objectives and yield a higher return on investment [17, 18].

System design and implementation

Research indicates that the system design phase of ITS is crucial to the overall success of the project. Errors made at this stage may lead to project failure, whereas properly designed systems can generate long-term economic benefits during their operational lifespan [19, 20].

In the ITS design phase, it is essential to develop detailed documentation describing all system functionalities, as well as the necessary parameters and technical requirements, a point emphasised in the research by Salazar-Cabrera et al. [21]. This documentation should be consistent with the previously established architecture and requirements, thereby ensuring the coherence of the project. The Code of Good Practice recommends dividing the system into modules that can operate independently while still interacting with one another. A modular system structure enables the independent implementation of individual components and minimises vendor lock-in (dependence on the products or services of a single supplier) [11]. During the design phase, interoperability aspects should be taken into account to facilitate integration with existing transport systems and various technological solutions. It is essential to apply open standards, which promote the long-term efficiency and flexibility of ITS systems [22]. The selection of appropriate technologies is also of key importance, taking into account factors such as cost, reliability, and scalability [23, 24]. Moreover, the Code of Good Practice recommends developing a system implementation plan that defines the work schedule, scope of responsibilities, and required resources.

The authors of the Code emphasise the importance of precisely defining the requirements and conditions for participation in the tendering process to ensure project success and maximise the return on investment. The Terms of Reference (ToR) should be comprehensive, precise, and clearly understandable. An overly general description may lead to misinterpretation by potential contractors, which in turn can cause problems during the implementation phase. The ToR should clearly define the required characteristics of supplies, services, or construction works, as careful formulation of re-

jąc stopniowe wdrażanie i dostosowanie do zmieniających się potrzeb. Interoperacyjność, gwarantowana przez otwarte standardy i protokoły, zapewnia współpracę różnych systemów i dostawców, co jest kluczowe dla efektywności funkcjonowania systemu. Zastosowanie takich ram, jak pokazują badania Dias i in., wspiera modułowość i kompatybilność systemów, redukując koszty i ryzyko integracyjne [15].

W procesie planowania i monitoringu wymagań istotne jest wykorzystanie metryk KPI (ang. Key Performance Indicator). Publikacja „YRAM Monitoring Guidance User Manual” [16] zawiera szczegółowe zalecenia dotyczące wyboru i obliczeń KPI, uwzględniające wpływ warunków atmosferycznych i oświetlenia na efektywność aktywnej mobilności z uwzględnieniem rozwiązań ITS. Aspekt doboru odpowiednich wskaźników monitorowania jest kluczowy dla precyzyjnej oceny skuteczności planowanych i wdrażanych rozwiązań oraz dostosowania strategii do zmieniających się warunków. Badania wskazują, że projekty z precyzyjnie zdefiniowanymi KPI osiągają lepsze wyniki w realizacji celów biznesowych oraz większy zwrot z inwestycji [17, 18].

Projektowanie i realizacja systemu

Badania wskazują, że etap projektowania ITS ma kluczowe znaczenie dla powodzenia całego przedsięwzięcia. Błędy popełnione na tym etapie mogą prowadzić do niepowodzenia projektu, podczas gdy odpowiednio zaprojektowane systemy mogą przyczynić się do korzyści ekonomicznych w dłuższej perspektywie eksploatacji [19, 20].

Na etapie projektowania ITS kluczowe jest opracowanie szczegółowej dokumentacji, która opisuje wszystkie funkcjonalności systemu oraz niezbędne parametry i wymagania techniczne, co podkreślają badania Salazar-Cabrera i in. [21]. Dokumentacja ta powinna być zgodna z wcześniej ustaloną architekturą i wymaganiami, a w efekcie zapewniać spójność projektu. Kodeks zaleca podzielenie systemu na moduły, które będą mogły działać niezależnie, a jednocześnie współpracować ze sobą. Modułarna struktura systemu umożliwia niezależne wdrażanie poszczególnych komponentów i minimalizuje vendor lock (uzależnienie od produktów lub usług jednego dostawcy) [11]. Podczas projektowania należy uwzględnić aspekty interoperacyjności, które ułatwiają integrację z istniejącymi systemami transportowymi oraz różnorodnymi rozwiązaniami technologicznymi. Istotne jest stosowanie otwartych standardów, co sprzyja długoterminowej efektywności i elastyczności systemów ITS [22]. Kluczowe znaczenie ma również wybór odpowiednich technologii, przy uwzględnieniu takich aspektów, jak koszt, niezawodność i skalowalność [23, 24]. Ponadto Kodeks zaleca opracowanie planu wdrożenia systemu, określającego harmonogram prac, zakres odpowiedzialności i wymagane zasoby.

Autorzy Kodeksu podkreślają znaczenie precyzyjnego określenia wymagań i warunków udziału w postępowaniu przetargowym, aby zapewnić sukces projektu i zmaksymalizować korzyści z inwestycji. Opis Przedmiotu Zamówienia (OPZ) powinien być wyczerpujący, precyzyjny i zrozumiały. Zbyt ogólny opis może prowadzić do nieprawidłowej interpretacji

quirements directly influences the subsequent stages of the project. It is also recommended that the ToR include requirements related to the system commissioning stages, staff training, technical support, and long-term maintenance, as these elements are crucial for ensuring operational continuity and the effective utilisation of the system. The precise definition of requirements regarding experience, human and technical resources, as well as financial and economic aspects, determines the selection of a reliable and competent contractor, as highlighted in the research by Rangarajan et al. [25]. The Code recommends avoiding situations in which the execution of a contract is largely delegated to subcontractors. This aspect has a direct impact on the efficiency and quality of subsequent stages of the process.

In the case of more complex ITS projects, the Code suggests conducting negotiations that allow for the optimisation of the contract in close cooperation with contractors. The appropriate selection of the procurement procedure has a direct impact on the quality of design, implementation, and maintenance. The authors of the Code recommend requiring potential contractors to provide a detailed technical description of the key system components. This description should include not only the technical parameters but also a comprehensive explanation of how the intended objectives will be achieved. This aspect is crucial for ensuring the quality and reliability of the system, as well as for enabling an objective evaluation of competing bids. It is important to present a detailed cost estimate divided into project stages and components, as this enables transparent accounting and effective monitoring of project progress. It is recommended to prioritise quality-based criteria in the bid evaluation process. This approach allows for the selection of the best solution in terms of quality, reliability, and long-term efficiency. Emphasis is placed on the importance of a fair and transparent allocation of risk between the contracting authority and the contractor, avoiding the transfer of responsibility for factors beyond the contractor's control (e.g. administrative procedures). A symmetrical contract is crucial, one that precisely defines the tasks, deadlines, and responsibilities of both parties. Such clarity minimises the risk of disputes and ensures the smooth execution of the project. When estimating realistic project timelines, it is important to take into account not only the contractor's involvement, but also the efficiency of the contracting authority's organisation and other entities involved in the approval and permitting processes. Underestimating project duration may lead to delays and additional costs. Issues related to copyrights and the scope of supply must be precisely defined in the contract to ensure that the contracting authority retains ownership of the system and holds the appropriate licences for its use. This also provides protection against potential problems arising from the liquidation of the supplier's company. The Code recommends depositing source codes with a notary as a means of safeguarding the contracting authority's rights.

In the implementation phase, it is crucial that each module is thoroughly tested both before and during integration with other system components. Equally important are the

przez potencjalnych wykonawców, co w efekcie może generować problemy na etapie realizacji. OPZ powinien precyzyjnie określać wymagane cechy dostaw, usług lub robót budowlanych, gdyż staranne sformułowanie wymagań wpływa na kolejne etapy prac. Zaleca się także uwzględnienie w OPZ wymagań dotyczących etapów: uruchomienia systemu, szkolenia personelu, wsparcia technicznego i długoterminowego utrzymania, co jest kluczowe dla zapewnienia ciągłości działania i efektywnego wykorzystania systemu. Precyzyjne określenie wymagań dotyczących doświadczenia, potencjału kadrowego i technicznego oraz aspektów finansowo-ekonomicznych decyduje o wyborze rzetelnego i kompetentnego wykonawcy, na co wskazują w badaniach Rangarajan i in. [25]. Kodeks zaleca unikanie sytuacji, w której realizacja zamówienia w zasadniczym zakresie delegowana jest na podwykonawców. Ten aspekt ma bezpośredni wpływ na efektywność i jakość wykonania kolejnych etapów procesu.

W przypadku bardziej złożonych projektów ITS Kodeks sugeruje negocjacje pozwalające na zoptymalizowanie zamówienia w ścisłej współpracy z wykonawcami. Prawidłowy wybór trybu postępowania wpływa na jakość projektowania, wdrożenia i utrzymania. Autorzy Kodeksu zalecają wymagać od potencjalnych wykonawców dokładnego opisu technicznego kluczowych elementów systemu, który powinien obejmować nie tylko parametry techniczne, ale również szczegółowy sposób osiągnięcia założonych celów. Ten aspekt ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia jakości i niezawodności systemu, a także umożliwia obiektywną ocenę różnych ofert. Istotne jest przedstawienie kosztorysu ofertowego z podziałem na etapy i elementy projektu, co umożliwia transparentne rozliczanie i monitorowanie postępu prac. Rekomendowane jest preferowanie kryteriów jakościowych w procesie oceny ofert. Pozwala to na wybór najlepszego rozwiązania z punktu widzenia jakości, niezawodności i długoterminowej efektywności. Podkreśla się wagę sprawiedliwego i przejrzystego podziału ryzyka pomiędzy zamawiającym a wykonawcą, unikając przerzucania na wykonawcę odpowiedzialności za czynniki niezależne od niego (np. procedury administracyjne). Kluczowa jest symetryczność umowy, precyzyjnie określająca zadania, terminy i odpowiedzialność obu stron, co minimalizuje ryzyko sporów i zapewnia sprawną realizację projektu. W przypadku szacowania realistycznych terminów realizacji, należy zwrócić uwagę na konieczność uwzględnienia nie tylko zaangażowania wykonawcy, ale także sprawności własnej organizacji i jednostek zaangażowanych w proces zatwierdzania i wydawania pozwoleń. Niedoszacowanie czasu może prowadzić do opóźnień i dodatkowych kosztów. Kwestie praw autorskich i zakresu dostawy wymagają precyzyjnego określenia w umowie, zapewniając zamawiającemu własność systemu oraz odpowiednie licencje do jego użytkowania, a także zabezpieczenie przed potencjalnymi problemami związanymi z likwidacją firmy dostawcy. Kodeks zaleca deponowanie kodów źródłowych u notariusza jako formy zabezpieczenia praw zamawiającego.

W fazie wdrożenia kluczowe jest, aby każdy moduł został dokładnie przetestowany przed i w trakcie integracji z innymi komponentami systemu. Istotna jest zarówno funkcjonalność poszczególnych modułów, jak i ich współdziałanie w ramach

functionality of individual modules and their interoperability within the overall system, as also highlighted in the research by Morrisett et al. [26]. The integration of various ITS components with existing transport solutions involves not only the technical interconnection of modules, but also ensuring their compliance with applicable standards and legal regulations. The integration of different modes of transport is an important element of modern transport systems, and ITS services play a key role in this process. Multimodality, which minimises user effort by enabling smooth transfers between different modes of transport, is essential for enhancing the attractiveness and efficiency of public transport and for promoting sustainable mobility. Such an approach is fully consistent with the directions set by the European Union, particularly in the context of Directive 2010/40/EU [22] (as amended by Directive 2023/2661 [27]), which establishes the legal framework for the implementation of ITS in the field of road transport and its integration with other modes. Directive 2023/2661 reflects technological progress and the growing importance of sustainable mobility, while extending the scope of ITS to a wider range of transport sectors, including public, cycling, and pedestrian transport. It highlights the importance of multimodal transport systems that integrate various modes of transport into a single, unified system. A key element is the interoperability of ITS services across individual Member States and different operators, enabling seamless data exchange. The Directive promotes open access to transport data (open data), which facilitates the development of new services and applications that support transport users. The Code emphasises the importance of cooperation between different transport operators (both public and private) to ensure consistency of information and enable efficient travel planning using various modes of transport. The importance of open data in multimodal transport is highlighted in numerous scientific studies, including those by Aifantopoulou et al. [28] and Mandžuka et al. [29]. The integration of different modes of transport contributes to the development of a more efficient, sustainable, and user-friendly transport system.

An essential aspect of the implementation process is the definition and provision of adequate human and technical resources on the part of the contracting authority. Close cooperation with the contractor is also crucial, including the ability to respond promptly to emerging challenges. It should be noted that an ITS project may last up to 4–5 years, and unforeseen circumstances may require modifications to the implementation plan and schedule, as well as to system expansion plans.

System servicing and maintenance

After the implementation process is completed, long-term monitoring of the ITS system and an evaluation of its effectiveness are necessary. Regular data collection on system performance enables the identification of potential problems and areas that require improvement. Data analysis may include various indicators, such as vehicle travel time, number of road accidents, or user satisfaction levels [16].

całego systemu, co podkreślają również badania Morrisett i in. [26]. Integracja różnych komponentów ITS z istniejącymi rozwiązaniami transportowymi obejmuje nie tylko połączenie techniczne modułów, ale także zapewnienie ich zgodności z obowiązującymi standardami oraz regulacjami prawnymi. Integracja różnych środków transportu stanowi ważny element współczesnych systemów transportowych, a usługi ITS odgrywają w tym procesie kluczową rolę. Multimodalność, minimalizująca wysiłek użytkownika przez sprawne przemieszczanie się między różnymi środkami transportu jest niezbędna dla zwiększenia atrakcyjności i efektywności transportu publicznego oraz promowania zrównoważonej mobilności. Podejście takie jest w pełni zgodne z kierunkami wyznaczonymi przez Unię Europejską, zwłaszcza w kontekście Dyrektywy 2010/40/UE [22] (zmienionej Dyrektywą 2023/2661 [27]), która określa ramy prawne wdrożenia ITS w obszarze transportu drogowego i integracji z innymi rodzajami transportu. Dyrektywa 2023/2661 odzwierciedla postęp technologiczny i wzrost znaczenia zrównoważonej mobilności oraz rozszerza zakres ITS na większą liczbę sektorów transportu, w tym na transport publiczny, rowerowy i pieszy, podkreślając znaczenie multimodalnych systemów transportowych, które integrują różne środki transportu w jeden zintegrowany system. Kluczowym elementem jest interoperacyjność usług ITS w ramach poszczególnych państw członkowskich i różnych operatorów, umożliwiającą płynną wymianę danych. Dyrektywa promuje otwarty dostęp do danych transportowych (open data), co umożliwi tworzenie nowych usług i aplikacji wspierających użytkowników transportu. W Kodeksie podkreślono znaczenie współpracy między różnymi operatorami transportu (zarówno publicznego, jak i prywatnego), aby zapewnić spójność informacji i umożliwić efektywne planowanie podróży z wykorzystaniem różnych środków transportu. Znaczenie otwartości danych w transporcie multimodalnym podkreśla wiele badań naukowych, m.in. Aifantopoulou i in. [28] oraz Mandžuka i in. [29]. Integracja różnych środków transportu przyczynia się do rozwoju bardziej efektywnego, zrównoważonego i przyjaznego użytkownikom systemu transportowego.

Istotnym aspektem procesu realizacji jest zdefiniowanie i zapewnienie odpowiednich zasobów osobowych i technicznych po stronie zamawiającego. Kluczowa jest również ścisła współpraca z wykonawcą, obejmująca bieżące reagowanie na pojawiające się wyzwania. Należy pamiętać, że czas trwania projektu ITS wynosi nawet 4–5 lat, a nieprzewidziane okoliczności mogą wymagać modyfikacji planu i harmonogramu wdrożenia oraz rozbudowy.

Serwis i utrzymanie systemu

Po zakończeniu procesu wdrażania konieczne jest długoterminowe monitorowanie systemu ITS oraz ocena jego efektywności. Regularne zbieranie danych dotyczących funkcjonowania systemu pozwala na identyfikację ewentualnych problemów oraz obszarów wymagających poprawy. Analiza danych może obejmować różne wskaźniki, takie jak czas przejazdu pojazdów, liczba wypadków drogowych czy poziom satysfakcji użytkowników [16].

Long-term system operation requires careful planning and a clear definition of the scope of services, covering both hardware and software, as supported by the findings of Seraj [30]. The service provider's responsibilities should be clearly defined, distinguishing between basic services (e.g. repairs resulting from normal operation) and additional services (e.g. repairs following unforeseen events). The authors of the Code recommend long-term contracts (e.g. three-year agreements) that ensure stability of cooperation and facilitate planning. It is crucial to include a clear statement of financial conditions, specifying the costs of individual services. The contract should also provide flexibility, allowing for the commissioning of tasks not foreseen in the original scope. The service provider should regularly report failures, errors, and security incidents.

A fundamental element of ensuring service quality is SLA, which precisely defines the expectations of both parties, minimising the risk of misunderstandings. It includes key metrics such as service availability, response and repair times, and the scope of technical support. A well-defined SLA, as noted by Hassn et al. (2016), increases system reliability and user satisfaction [31]. Clearly defined SLA indicators ensure the delivery of high-quality services, protect clients' interests in cases of non-compliance by the provider, and enable performance monitoring. At the same time, it should be noted that overly stringent requirements may increase maintenance costs, as confirmed in the research by Hühn et al., who recommend a detailed and methodical analysis [32]. In the event of system performance issues, it is essential to respond promptly and implement the necessary corrective actions. This may include software updates, modifications to operational procedures, or additional staff training. The Code also recommends conducting regular system reviews to assess its compliance with the original objectives and to identify opportunities for further development.

Other key aspects of ITS services implementation

To present the implementation process fully and accurately, it is essential to consider additional aspects that have a significant impact on the success of the project. Cybersecurity should be regarded as a top priority. It is recommended to undertake comprehensive measures encompassing both technical aspects (e.g. strong authentication mechanisms, regular software updates) and human factors (e.g. cybersecurity awareness training, promoting a culture of security). It is important to emphasise the significance of regular penetration testing and security audits, as well as the development of incident management and business continuity plans, as confirmed by scientific publications [33, 34] and industry guidelines [35].

Flexibility and the consideration of alternative solutions are crucial in ITS projects, particularly in the face of budget constraints and rapid technological change. The Code recommends analysing various options and strategies to achieve project objectives in an efficient, safe, and cost-effective manner. In situations where sufficient funds are not available for full system

Długoterminowa eksploatacja wymaga starannego planowania i jasnego określenia zakresu usług, obejmujących zarówno sprzęt, jak i oprogramowanie, co uzasadniają wnioski z badań Seraj [30]. Odpowiedzialność usługodawcy powinna być jasno zdefiniowana, rozróżniając usługi podstawowe (np. naprawy wynikające z normalnej eksploatacji) od dodatkowych (np. naprawy po zdarzeniach losowych). Autorzy Kodeksu zalecają umowy długoterminowe (np. 3-letnie), zapewniające stabilność współpracy i ułatwiające planowanie. Kluczowy jest klarowny zapis warunków finansowych, precyzujący koszty poszczególnych usług. Umowa powinna przewidywać elastyczność, umożliwiającą zlecenie prac nieprzewidzianych w pierwotnym zakresie. Usługodawca powinien raportować o awariach, błędach i incydentach bezpieczeństwa.

Podstawowym elementem zapewnienia jakości serwisu jest SLA, która precyzyjnie określa oczekiwania stron, minimalizując ryzyko nieporozumień. Zawiera kluczowe metryki, takie jak dostępność usługi, czas reakcji i naprawy oraz zakres wsparcia technicznego. Dobrze zdefiniowane SLA, jak wskazują Hassn i in. (2016), zwiększa niezawodność systemu i satysfakcję użytkowników [31]. Jasno zdefiniowane wskaźniki SLA zapewniają klientom usługi wysokiej jakości, chronią ich interesy w przypadku niewywiązania się dostawcy z umowy i umożliwiają monitorowanie wydajności. Jednocześnie należy pamiętać, że zbyt wygórowane wymagania mogą zwiększyć koszty utrzymania, co potwierdzają w badaniach Hühn i in., zalecając szczegółową i metodyczną analizę [32]. W przypadku problemów dotyczących działania systemu, konieczne jest szybkie reagowanie i wprowadzanie niezbędnych korekt. Może to obejmować aktualizację oprogramowania, modyfikację procedur operacyjnych czy też dodatkowe szkolenie personelu. Kodeks zaleca również regularne przeglądy systemu w celu oceny jego zgodności z pierwotnymi założeniami oraz identyfikacji możliwości dalszego rozwoju.

Inne kluczowe aspekty wdrażania usług ITS

W celu pełnego i precyzyjnego przedstawienia procesu wdrożeniowego, niezbędne jest uwzględnienie dodatkowych aspektów, które mają istotny wpływ na sukces przedsięwzięcia. Bezpieczeństwo informatyczne należy uznać za aspekt priorytetowy. Zaleca się podejmowanie kompleksowych działań, obejmujących zarówno aspekty techniczne (np. silne mechanizmy uwierzytelniania, regularne aktualizacje oprogramowania), jak i ludzkie (np. szkolenia z zakresu świadomości cyberbezpieczeństwa, promowanie kultury bezpieczeństwa). Należy podkreślić znaczenie regularnych testów penetracyjnych i audytów bezpieczeństwa, a także opracowanie planów zarządzania incydentami i zapewnienia ciągłości działania systemu, co potwierdzają publikacje naukowe [33, 34] oraz wytyczne branżowe [35].

Elastyczność oraz rozważanie rozwiązań alternatywnych są kluczowe w projektach ITS, zwłaszcza w obliczu ograniczeń budżetowych i dynamicznych zmian technologicznych. Kodeks zaleca analizę różnych opcji i strategii, aby osiągnąć założone cele projektu w sposób efektywny, bezpieczny i opłacalny. W sytuacji, gdy brakuje wystarczających środków na

implementation, it may be advisable to consider, for example, reducing the project scope, using existing infrastructure, or implementing solutions with limited functionality but lower costs. Shaaban et al. analyse the implementation of ITS in developing countries, highlighting the need for a flexible approach in the face of budgetary and technological constraints [36].

The Code highlights the important role of public communication and in-information policy at every stage of an ITS project – from planning to maintenance. Effective communication, based on clear and transparent messaging about the system's functionality and benefits, is essential for building public acceptance and minimising negative perceptions. Public engagement in the transport infrastructure planning process increases acceptance and improves the quality of decision-making [25]. The Code recommends incorporating public feedback already at the planning stage, ensuring a transparent decision-making process. It is crucial to direct communication towards all target groups, from residents and authorities to businesses and community organisations, using a variety of communication channels such as traditional and social media, public meetings, and mobile applications. Attention is drawn to the importance of managing expectations and presenting a realistic picture of the capabilities and limitations of ITS services. Research indicates that properly informing the public about ITS projects can significantly enhance their acceptance and contribute to the success of implementation [37].

Conclusions and recommendations

The conducted analysis, which included a review of the scientific literature, confirms the main thesis of the article that **the effective implementation of ITS requires a comprehensive, multi-stage approach** that takes into account technical, organisational, and social aspects. The Code of Good Practice serves as a guideline for all parties involved in the implementation of ITS systems, helping to avoid common mistakes and maximise benefits. Adherence to its recommendations minimises the risk of failure and enhances the return on investment. The comparison of the Code's guidelines with the findings of scientific research confirms that a comprehensive approach, encompassing all aspects from planning and needs analysis to system integration, cybersecurity, and public communication, is essential for the successful implementation of ITS. A modular architecture and the use of open standards are crucial for ensuring the flexibility and scalability of the system, while properly implemented monitoring and maintenance processes are essential for guaranteeing its long-term efficiency and reliability. Incorporating legal aspects and contract-related issues, including those concerning intellectual property rights, promotes the transparency and security of the entire process.

Future research could focus on a detailed analysis of the impact of individual recommended practices on the effectiveness of ITS implementation, with greater emphasis than before on their influence on active mobility. It is also important to monitor and analyse the long-term effects of ITS system deployment

pełne wdrożenie planowanego systemu, warto rozważyć np. zmniejszenie zakresu projektu, wykorzystanie istniejącej infrastruktury czy wdrożenie rozwiązań o ograniczonej funkcjonalności, ale mniejszych kosztach. Shaaban i in. analizują wdrażanie ITS w krajach rozwijających się, wskazując na konieczność elastycznego podejścia w obliczu ograniczeń budżetowych i technologicznych [36].

Kodeks wskazuje na ważną rolę komunikacji społecznej i polityki informacyjnej na każdym etapie realizacji projektu ITS, od planowania po utrzymanie. Skuteczna komunikacja, oparta na prostym i przejrzystym przekazie informacji o funkcjonalności systemu i jego korzyściach, jest niezbędna do budowania akceptacji społecznej i minimalizowania negatywnego odbioru. Zaangażowanie społeczne w procesie planowania infrastruktury transportowej zwiększa akceptację i poprawia jakość podejmowanych decyzji [25]. Kodeks zaleca włączanie opinii publicznej już na etapie planowania, zapewniając transparentny proces decyzyjny. Kluczowe jest skierowanie przekazu do wszystkich grup docelowych, od mieszkańców i władz po przedsiębiorców i organizacje społeczne, wykorzystując różne kanały komunikacji (media tradycyjne i społecznościowe, spotkania publiczne, aplikacje mobilne). Zwraca się uwagę na konieczność zarządzania oczekiwaniami i prezentowania realistycznego obrazu możliwości i ograniczeń usług ITS. Badania wskazują, że odpowiednie informowanie społeczeństwa o projektach ITS może znacznie wpłynąć na ich akceptację i sukces wdrożenia [37].

Wnioski i rekomendacje

Przeprowadzona analiza uwzględniająca przegląd literatury naukowej, potwierdza główną tezę artykułu, że **skuteczne wdrożenie ITS wymaga kompleksowego, wieloetapowego podejścia** uwzględniającego aspekty techniczne, organizacyjne oraz społeczne. Kodeks Dobrych Praktyk stanowi przewodnik dla wszystkich stron zaangażowanych we wdrażanie systemów ITS, pomagając uniknąć typowych błędów i zmaksymalizować korzyści. Zastosowanie się do jego zaleceń minimalizuje ryzyko niepowodzeń i maksymalizuje korzyści z inwestycji. Zestawienie wytycznych Kodeksu z wynikami badań naukowych potwierdziło, że kluczowe jest kompleksowe podejście, uwzględniające wszystkie aspekty, od planowania i analizy potrzeb po integrację systemów, cyberbezpieczeństwo i komunikację społeczną. Modułowa architektura i otwarte standardy są kluczowe dla elastyczności i skalowalności systemu, a właściwie przyjęte procesy monitorowania i utrzymania są niezbędne dla zapewnienia długoterminowej efektywności i niezawodności systemu. Uwzględnienie aspektów prawnych i zagadnień związanych z umowami, w tym kwestii praw autorskich, sprzyja transparentności i bezpieczeństwu całego procesu.

Przyszłe badania mogą zostać ukierunkowane na szczegółową analizę wpływu poszczególnych zaleconych praktyk na efektywność wdrożenia ITS z większym niż dotychczas uwzględnieniem wpływu na mobilność aktywną. Ważne jest również monitorowanie i analiza długoterminowych skutków wdrożenia systemów ITS, a także badanie wpływu różnych aspektów, takich jak komunikacja społeczna, na akceptację i sukces projektów.

and to examine the im-pact of various factors, such as public communication, on the acceptance and success of ITS projects. It is worth noting that the study discussed has certain limitations, as ITS technologies evolve rapidly, which may affect the long-term relevance of some of the presented recommendations. ITS form the foundation of modern transport solutions. Their implementation brings numerous benefits; however, to fully realise the potential of these systems, a comprehensive approach and the application of good implementation practices are essential.

The study was carried out, among others, within the framework of the BATS project (Baltic Sea Region – Active Mobility Solutions in Darkness and All-Weather Conditions). The project received funding from the Interreg Baltic Sea Region Programme, Priority 3: Climate-Neutral Societies, Objective 3.3: Smart Green Mobility

Received: 16.06.2025
Revised: 28.07.2025
Published: 23.10.2025

Warto zaznaczyć, że omówione badanie ma pewne ograniczenia ze względu na technologie ITS, które rozwijają się dynamicznie, co może wpływać na aktualność niektórych rekomendacji w dłuższej perspektywie czasowej. ITS stanowią fundament nowoczesnych rozwiązań w dziedzinie transportu. Ich wdrożenie przynosi liczne korzyści, ale aby osiągnąć pełen potencjał tych systemów, konieczne jest kompleksowe podejście oraz stosowanie dobrych praktyk w ich implementacji.

Badanie zostało przeprowadzone m.in. w ramach projektu BATS (Baltic Sea region- Active MobiliTy Solutions – in darkness and all-weather conditions). Projekt uzyskał dofinansowanie z programu Interreg Baltic Sea Region; Priority 3: Climate-neutral societies; Objective 3.3: Smart Green mobility.

Artykuł wpłynął do redakcji: 16.06.2025 r.
Otrzymano poprawiony po recenzjach: 28.07.2025 r.
Opublikowano: 23.10.2025 r.

Literature

- [1] Garg T, Kaur G. A Systematic Review on Intelligent Transport Systems. *Journal of Computational and Cognitive Engineering* 2023, 2, 175–188, doi: 10.47852/bonviewJCCE2202245.
- [2] Oskarbski J, Kamiński T, Kyamakya K, Chedjou JC, Żarski K, Pędzierska M. Assessment of the Speed Management Impact on Road Traffic Safety on the Sections of Motorways and Expressways Using Simulation Methods. *Sensors (Switzerland)* 2020, 20, 1–33, doi: 10.3390/s20185057.
- [3] Oskarbski J, Kaszubowski D. Applying a Mesoscopic Transport Model to Analyse the Effects of Urban Freight Regulatory Measures on Transport Emissions-an Assessment. *Sustainability (Switzerland)* 2018, 10, doi: 10.3390/su10072515.
- [4] Zulkarnain, Putri TD. Intelligent Transportation Systems (ITS): A Systematic Review Using a Natural Language Processing (NLP) Approach. *Heliyon* 2021, 7, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08615.
- [5] Kamiński T, Kołkowski M, Oskarbski J, Okoń T, Adamczyk W, Kruczek A, Bernard B. KODEKS DOBRYCH PRAKTYK Efektywnego Wdrażania Inteligentnych Systemów Transportowych – Wydanie 2024; 2024.
- [6] Stoica R, Brouse P. IT Project Failure: A Proposed Four-Phased Adaptive Multi-Method Approach. *Procedia Comput Sci* 2013, 16, 728–736, doi: 10.1016/j.procs.2013.01.076.
- [7] Alfaadel F, Alawairdhi M, Al-Zyoud M. Success and Failure of IT Projects: A Study in Saudi Arabia. In *Proceedings of the 012, Proceedings of the 11th Wseas International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science; WSEAS*, 2012.
- [8] Alnhari AA, Quresh R. Unified External Stakeholder Engagement and Requirements Strategy. *International Journal of Software Engineering & Applications* 2024, 15, 01–15, doi: 10.5121/ijsea.2024.15501.
- [9] Abolghasemi M, Al-Mhdawi MKS, Rahimian F, Qazi A. Exploring the Nexus of Stakeholder Management, Project Performance and Stakeholder Satisfaction in Malaysian Residential Building Projects: A PLS-SEM Approach. *Engineering, Construction and Architectural Management* 2024, doi: org/10.1108/ECAM-03-2024-0367.
- [10] <https://Frame-Online.Eu/Frame-Architecture/>.
- [11] I. Meneguette RE, De Grande R, AF Loureiro, A. *Intelligent Transport System in Smart Cities*; Springer International Publishing: Cham, 2018; ISBN 978–3–319–93331–3.
- [12] Chapman RE. Inadequate Interoperability: A Closer Look at the Costs. In *Proceedings of the 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC 2005; Ferrara (Italy), September 11 2005*.
- [13] Maciel RSP, Valle PH, Santos KS, Nakagawa EY. Systems Interoperability Types: A Tertiary Study. *ACM Comput. Surv.* 2024, 56, doi: doi.org/10.1145/3659098.
- [14] Bělinová Z, Bureš P. Study of Standards and National Architectures within the E-FRAME Project. *Archives of Transport System Telematics* 2009, 2, 23–27.
- [15] Dias B, Santos A, Costa A, Ribeiro B, Gonçalves F, Macedo J, João Nicolau M, Gama, O, Sousa S. Agnostic and Modular Architecture for the Development of Cooperative ITS Applications. *Journal of Communications Software and Systems* 2018, 14, 218–227, doi: 10.24138/jcomss.v14i3.550.
- [16] Oskarbski J, Biszko K, Kaszubowski D. *YRAM Monitoring Guidance User Manual*; 2024;
- [17] Villazón CC, Pinilla LS, Olaso JRO, Gandarias NT, de Lacalle NL. Identification of Key Performance Indicators in Project-Based Organisations through the Lean Approach. *Sustainability (Switzerland)* 2020, 12, doi: 10.3390/su12155977.
- [18] Djordjevic B, Krmac E. Key performance indicators for measuring the impacts of ITS on transport. In *Proceedings of the ISEP 2016; Cracow*, 2016.
- [19] Iriarte C, Bayona S. It Projects Success Factors: A Literature Review. *International Journal of Information Systems and Project Management* 2020, 8, 49–78.

- [20] Radhakrishnan A, Davis JS, David D. Examining the Critical Success Factors in IT Projects: A Two-Panel Delphi Study. *International Journal of Information Technology Project Management* 2022, 13, doi: 10.4018/IJITPM.290423.
- [21] Salazar-Cabrera R, Pachon A. Methodology for Design of an Intelligent Transport System (ITS) Architecture for Intermediate Colombian City. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD* 2019, 21, doi: 10.25100/iyv.v21i1.7654.
- [22] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego 2010/40/UE z 7 lipca 2010 r. w Sprawie Ram Wdrażania Inteligentnych Systemów Transportowych w Obszarze Transportu Drogowego Oraz Interfejsów z Innymi Rodzajami Transportu;
- [23] Mehandjiev N, Grefen P, Stalker ID, Eshuis R, Fessl K, Weichhart G. Designing a Modular Infrastructure for Exploratory Integration of Interoperability Approaches. In *Proceedings of the Enterprise Interoperability*; Doumeings, G., Müller, J., Morel, G., Vallespir, B., Eds, Springer, London, 2007; pp. 427–437.
- [24] Farooq M, Afraz N, Golpayegani F. An Adaptive System Architecture for Multimodal Intelligent Transportation Systems. 2024, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.08817>Focustolearnmore.
- [25] Rangarajan K, Long S, Tobias A, Keister M. The Role of Stakeholder Engagement in the Development of Sustainable Rail Infrastructure Systems. *Research in Transportation Business and Management* 2013, 7, 106–113, doi: 10.1016/j.rtbm.2013.03.007.
- [26] Morrisett A, Eini R, Zaman M, Zohrabi N, Abdelwahed S. A Physical Testbed for Intelligent Transportation Systems. 2019, doi.org/10.48550/arXiv.1907.12899.
- [27] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2661 z 22 listopada 2023 r. w Sprawie Zmiany Dyrektywy 2010/40/UE w Sprawie Ram Wdrażania Inteligentnych Systemów Transportowych w Obszarze Transportu Drogowego Oraz Interfejsów z Innymi Rodzajami Transportu.
- [28] Aifantopoulou G, Mylonas C, Dolianitis A, Stamelou A, Psonis V, Mitsakis E. National Access Points for Intelligent Transport Systems Data: From Conceptualization to Benefits Recognition and Exploitation. 2020, doi: doi.org/10.48550/arXiv.2010.12036.
- [29] Mandžuka B, Vidović K, Vujić M, Alexopoulos C. The Importance Of Open Data Accessibility For Multimodal Travel Improvement*. *Interdisciplinary Description of Complex Systems* 2022, 20, 136–148, doi: 10.7906/indcs.20.2.6.
- [30] Seraj F. Smart Transport Infrastructure Maintenance: A Smart-Contract Blockchain Approach. 2024, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.20431>.
- [31] Hassn HAH, Ismail A, Borhan MN, Syamsunur D. The Impact of Intelligent Transport System Quality: Drivers' Acceptance Perspective. *International Journal of Technology* 2016, 7, 553–561, doi: 10.14716/ijtech.v7i4.2578.
- [32] Hühn O, Breitbarth C. Performance Modeling for SLA-Compliant but Cost-Effective IT-Service Provisioning. In *Proceedings of the 17th Annual Workshop on Information Technologies & Systems (WITS)*, Montreal, Canada, 2007; Chari, K., Kumar, A., Eds, Montreal, 2007.
- [33] Mecheva T, Kakanakov N. Cybersecurity in Intelligent Transportation Systems. *Computers* 2020, 9, 1–12, doi: 10.3390/computers9040083.
- [34] Sunday Ebenezer Aluko Cybersecurity and Defense in Intelligent Transportation Systems. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences* 2024; 13: 871–879, DOI: 10.30574/wjaets.2024.13.1.0469.
- [35] Krause C, Anderson J, Shain K, Nana L, Mazzone T, McNaught S, Jackson M. Cybersecurity and Intelligent Transportation Systems A Best Practice Guide; 2019;
- [36] Shaaban K, Elamin M, Alsoub M. Intelligent Transportation Systems in a Developing Country: Benefits and Challenges of Implementation. In *Proceedings of the Transportation Research Procedia*; Elsevier B.V., 2021; Vol. 55, pp. 1373–1380.
- [37] Wang Y, Ye S, Yang F, Zuo J, Rameezdeen R. How Information Gaining Affects Public Acceptance in Large-Scale Infrastructure Projects: A Comparative Case Study. *Environ Impact Assess Rev* 2022, 97, DOI: 10.1016/j.eiar.2022.106915.