

dr Dorota Pawluś^{1*)}

ORCID: 0000-0002-2129-6539

dr inż. Aleksandra Radziejowska¹⁾

ORCID: 0000-0002-3190-7129

inż. Agata Jędzura¹⁾

The application for crane selection as an educational and practical tool in construction

Aplikacja do doboru żurawi jako narzędzie dydaktyczne i praktyczne w budownictwie

DOI: 10.15199/33.2025.11.16

Abstract. The aim of the article was to develop an application that supports the selection of cranes for the assembly of construction structures. The application enables the automation of the crane selection process by taking into account the parameters of the assembled components and their position relative to the crane. The article describes the use of cranes, their characteristics, and the method for calculating their technical parameters. It also presents the tools used to develop the application, its structure, and functionality. The developed application can serve as a valuable aid in the machinery selection process and may also be applied in academic teaching.

Keywords: construction cranes; assembly machines; crane selection parameters; application, optimization.

Streszczenie. W artykule omówiono opracowanie aplikacji wspomagającej dobór żurawi do montażu obiektów budowlanych. Umożliwia ona automatyzację procesu doboru żurawi, uwzględniając parametry montowanych elementów oraz ich położenie względem żurawia. W artykule opisano zastosowanie żurawi, ich charakterystykę oraz sposób obliczania parametrów technicznych. Przedstawiono narzędzia do utworzenia aplikacji, jej strukturę i sposób działania. Opracowana aplikacja może stanowić cenne wsparcie w procesie doboru maszyn, a także znaleźć zastosowanie w dydaktyce akademickiej.

Słowa kluczowe: żurawie budowlane; maszyny montażowe; parametry doboru żurawi; aplikacja, optymalizacja.

Modern construction requires precise planning and optimization of assembly processes. The increasing complexity of structural projects, combined with the necessity to meet rigorous safety and economic efficiency standards, makes the proper selection of machinery one of the key elements of construction process management. In response to these needs, an application supporting the selection of cranes has been developed, enabling quick and efficient matching of appropriate machines to specific stages of construction work.

Traditional methods of planning and selecting equipment – based on the analysis of technical catalogues and individual engineering calculations – are time-consuming and prone to errors resulting from the limited number of parameters considered in the decision-making process. Given the growing time and technological demands, the use of digital tools in the process of selecting construction equipment has become not only beneficial but essential for ensuring continuity and efficiency of project execution. Automation of such processes through the use of appropriate digital solutions allows for the rapid consideration of numerous technical and logistical parameters, thereby increasing the precision of selection and reducing the risk of human error. For this reason, the development of a computer-based system supporting the process of crane selection for construction works represents an important direction in the advancement of technologies that assist in construction management [1–9].

Współczesne budownictwo wymaga precyzyjnego planowania i optymalizacji procesów montażowych. Coraz większa złożoność projektów konstrukcyjnych oraz konieczność spełniania rygorystycznych standardów bezpieczeństwa i efektywności ekonomicznej sprawiają, że właściwy dobór maszyn staje się jednym z kluczowych elementów organizacji procesu budowlanego. W odpowiedzi na te potrzeby powstała aplikacja wspomagająca dobór żurawi, która umożliwia szybkie i efektywne dopasowanie odpowiednich maszyn do konkretnego etapu prac budowlanych.

Tradycyjne metody planowania i selekcji maszyn bazujące na analizie katalogów technicznych oraz indywidualnych obliczeniach inżynierskich, są czasochłonne i podatne na błędy wynikające z ograniczonej liczby danych uwzględnianych w procesie decyzyjnym. W obliczu zwiększających się wymagań czasowych i technologicznych wykorzystanie narzędzi informatycznych w procesie doboru maszyn staje się nie tylko rozwiązaniem korzystnym, ale wręcz niezbędnym w celu zapewnienia płynności i skuteczności realizacji inwestycji. Automatyzacja tego rodzaju prac z zastosowaniem odpowiednich narzędzi informatycznych pozwala na szybkie uwzględnienie wielu parametrów technicznych i logistycznych, zwiększając tym samym precyzję wyboru oraz ograniczając ryzyko popełnienia błędu. Z tego powodu opracowanie komputerowego systemu wspomagającego proces doboru żurawi do realizacji prac budowlanych stanowi istotny kierunek rozwoju w dziedzinie technologii wspomagających zarządzanie budową [1 – 9].

¹⁾ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Lądowej i Góspodarki Zasobami

^{*)} Correspondence address: dpawlus@agh.edu.pl

Although there are tools available on the market that support the planning of assembly operations, many of them are characterized by high costs, excessive complexity, or limited flexibility [10 – 12]. The developed application fills this gap by offering an intuitive and accessible solution suitable for both engineering practice and academic teaching.

Currently, a module has been developed for selecting mobile cranes, assuming that the construction project is located within the area of Kraków. With the further development of the application, it is planned to add a module enabling the selection of tower cranes, which are typically used for the construction of larger structures such as high-rise or multi-story buildings. In contrast to mobile cranes, tower cranes, although they usually have a lower lifting capacity, can achieve significantly greater working heights, especially when anchored to the erected structure. An important characteristic of tower cranes is the fixed height of the jib, which is selected in relation to the highest point of the building under construction. This makes the process of selecting a tower crane more straightforward and, in practice, focused on optimizing two main parameters: lifting capacity and jib reach, both adjusted to the geometry and weight of the assembled components. Expanding the application with a tower crane module will allow users to perform a comprehensive selection of equipment with parameters tailored to the specific assembly requirements and structural type of the building. In the next stages of development, it is also planned to extend the application's functionality to include the ability to select any construction site location in Poland. Users will be able to indicate the project site, and the application will automatically account for the distance to crane rental companies, enabling the presentation of available offers in a given region and the optimization of logistical costs.

Use of Cranes in the Assembly of Building Structures

The assembly of structural components is characterized by a high degree of mechanization. Among the machines used for transporting construction materials, cranes play a dominant role. In addition to lifting loads along the vertical axis, they also enable horizontal movement within the work area. Due to the widespread use of technologically advanced construction equipment, the role of workers on-site is primarily limited to machine operation as well as the performance of preparatory, auxiliary, and complementary tasks. Therefore, a fundamental aspect of structural assembly organization is the appropriate selection of machinery suited to the specific characteristics of the structure and to the technical and logistical conditions of the project [13, 14]. These include, among others, cranes that enable precise and coordinated lifting and movement of heavy structural components within the construction site. Such equipment is indispensable, particularly in projects where elements are characterized by large dimensions or significant mass. The lifting capacity of cranes may range from a few to several

Na rynku dostępne są narzędzia wspierające proces planowania prac montażowych, ale wiele z nich cechuje się dużymi kosztami, złożonością lub ograniczoną elastycznością [10 – 12]. Opracowana aplikacja wypełnia tę lukę, oferując intuicyjne i dostępne rozwiązanie zarówno do zastosowania w praktyce inżynierskiej, jak i dydaktyce akademickiej.

Obecnie został wykonany moduł przeznaczony do doboru żurawi samochodowych przy założeniu, że realizacja inwestycji znajduje się na terenie Krakowa. Wraz z rozwojem aplikacji przewiduje się dodanie modułu pozwalającego na dobór żurawi wieżowych, które znajdują zastosowanie przy realizacji większych obiektów, takich jak wieżowce lub budynki wysokościowe. W przeciwieństwie do żurawi samochodowych, żurawie wieżowe, choć zazwyczaj dysponują mniejszym udźwigniem, mogą osiągać znacznie większą wysokość roboczą, szczególnie w przypadku mocowania ich do wznoszonej konstrukcji. Ważną cechą żurawi wieżowych jest najczęściej stała wysokość ramienia, dobierana w odniesieniu do najwyższego punktu realizowanego obiektu budowlanego. Dzięki temu proces ich doboru jest uproszczony i w praktyce sprowadza się do optymalizacji dwóch parametrów: udźwigu oraz wysięgu, dostosowanych do geometrii oraz ciężaru montowanych elementów. Rozbudowa aplikacji o moduł żurawi wieżowych pozwoli użytkownikom na kompleksowy wybór urządzeń o parametrach dostosowanych do specyfiki montażu i rodzaju konstrukcji budowlanej. W kolejnych etapach planowane jest również rozszerzenie funkcjonalności aplikacji o możliwość wyboru dowolnej lokalizacji w Polsce. Użytkownicy będą mogli wskazać miejsce budowy, a aplikacja automatycznie uwzględni odległość do przedsiębiorstw wynajmujących żurawie, co umożliwi prezentację ofert dostępnych w danym regionie i optymalizację kosztów logistycznych.

Zastosowanie żurawi do montażu obiektów budowlanych

Montaż konstrukcji charakteryzuje się wysokim stopniem zmechanizowania. Wśród maszyn wykorzystywanych do transportu materiałów budowlanych dominującą rolę odgrywają żurawie, które oprócz możliwości podnoszenia ładunków w osi pionowej, umożliwiają również ich przemieszczanie w płaszczyźnie poziomej. Ze względu na zastosowanie zaawansowanych technologicznie urządzeń budowlanych, rola pracowników na placu budowy ogranicza się przede wszystkim do obsługi maszyn oraz realizacji czynności przygotowawczych, pomocniczych i uzupełniających. Z tego powodu fundamentalną kwestią organizacji montażu konstrukcji jest właściwy dobór maszyn dostosowany do specyfiki obiektu oraz warunków technicznych i logistycznych przedsięwzięcia [13, 14]. Należą do nich m.in. żurawie umożliwiające precyzyjne i skoordynowane podnoszenie oraz przemieszczanie ciężkich elementów konstrukcyjnych na placu budowy. Jest to niezastąpione rozwiązanie szczególnie w przypadku konstrukcji, których elementy cechują się dużymi wymiarami bądź znaczną masą. Udźwig żurawi może wynosić od kilku do nawet kilkudziesięciu ton. Zastosowanie tych urządzeń

dozen tons. The use of cranes significantly enhances the efficiency of assembly operations, while also contributing to improvements in safety and the organization of construction processes.

Depending on the organization of the structural assembly, two principal assembly methods can be distinguished [14 – 15]:

- **sequential (distributive) assembly** – where all elements of a given type, such as columns or wall panels, are successively installed;

- **comprehensive assembly** – where various structural elements located in successive cross-sections of the erected structure are installed simultaneously.

Both methods have their advantages and limitations. Therefore, the choice of the appropriate method should always depend on the specific conditions of the construction project, the type of building structure, the nature of the joints between prefabricated elements, as well as the time allocated for the assembly phase [14, 15].

Mobile Cranes. A crane is a type of lifting device designed for handling and assembly operations, commonly referred to simply as a lifting machine. Mobile cranes belong to the group of self-propelled cranes, in which the lifting mechanism is mounted on a truck chassis. The most important components of a mobile crane include robust winches and an articulated or telescopic boom. A key advantage of this type of equipment is its ability to move independently, which significantly increases its operational flexibility both on construction sites and in other industrial sectors. Modern mobile cranes are equipped with fully automated telescopic booms, which enhance work efficiency and precision.

The basic technical parameters describing cranes include [13, 16]:

- **lifting capacity** – the maximum load that a crane can safely lift without exceeding the allowable structural stresses of the machine. This parameter determines the operational capability of the crane depending on the type and mass of the transported load;

- **reach (radius)** – the maximum horizontal distance over which the crane can move the load. This is a key indicator when planning the placement of cranes on a construction site and determining their operating zones;

- **effective lifting height** – the maximum vertical distance to which the device can safely lift a load. This height determines the applicability of the crane for multi-story structures or tall objects requiring high-reach operations.

- **load moment (working moment)** – the product of the crane's lifting capacity and its reach. Unlike the previously mentioned parameters (lifting capacity, reach, and lifting height), the load moment remains constant for a given boom configuration, serving as the basis for determining permissible loads in different operational setups.

These parameters are mutually interdependent and directly influence the selection of an appropriate crane for a specific assembly operation.

Operational parameters of cranes. The use of a crane in the construction process requires ensuring the ability to safely

w istotny sposób wpływa na zwiększenie efektywności prowadzonych prac montażowych, a także na poprawę bezpieczeństwa i organizacji procesów budowlanych.

Ze względu na organizację montażu konstrukcji budowlanych można wyróżnić dwie zasadnicze metody montażu [14 – 15]:

- **montaż rozdzielczy** – kolejno ustawiane są wszystkie elementy jednego typu danej konstrukcji, np. montaż słupów czy płyt ściennych;

- **montaż kompleksowy** – montaż wszystkich (różnych) elementów znajdujących się w kolejnych przekrojach montowanego obiektu.

Obie metody cechują się zarówno zaletami, jak i wadami. W związku z tym wybór odpowiedniego rozwiązania powinien być każdorazowo uzależniony od indywidualnych uwarunkowań przedsięwzięcia budowlanego, rodzaju konstrukcji budynku, rodzaju stosowanych złączy między prefabrykatami oraz czasu przeznaczanego na realizację montażu [14, 15].

Żurawie samochodowe. Żuraw to dźwignica przeznaczona do realizacji prac przeładunkowych i montażowych. Potocznie nazywany jest dźwigiem. Żurawie samochodowe zaliczane są do grupy żurawi samojezdnych, w których dźwignica zamontowana jest na podwoziu samochodu ciężarowego. Do najważniejszych elementów żurawia samochodowego należą wytrzymałe wciągarki oraz wychylny wysięgnik. Istotną zaletą tego typu urządzeń jest ich zdolność do samodzielnego przemieszczania się, co znacznie zwiększa elastyczność zastosowania na placu budowy oraz w innych sektorach przemysłu. Są one obecnie wyposażone w pełni zautomatyzowane wysięgniki teleskopowe, co wpływa na większą wydajność pracy.

Do podstawowych parametrów technicznych opisujących żurawie zalicza się [13, 16]:

- **udźwig**, tj. maksymalny ciężar, jaki żuraw może bezpiecznie podnieść, bez przekroczenia dopuszczalnych obciążeń konstrukcyjnych maszyny; parametr ten warunkuje możliwości operacyjne żurawia w zależności od rodzaju i masy transportowanego ładunku;

- **wysięg** – maksymalna odległość pozioma, na jaką urządzenie jest w stanie przetransportować ładunek; jest to kluczowy wskaźnik przy planowaniu rozmieszczenia żurawia na placu budowy i wyznaczaniu stref roboczych;

- **wysokość użyteczna podnoszenia** – maksymalna odległość pionowa, na jaką urządzenie jest w stanie bezpiecznie podnieść ładunek; wysokość ta determinuje zastosowanie żurawia w kontekście wielokondygnacyjnych konstrukcji lub obiektów wymagających pracy na znacznej wysokości;

- **moment roboczy** – iloczyn wartości udźwigu i wysięgu żurawia. W przeciwieństwie do trzech wymienionych wcześniej parametrów (udźwig, wysięg, wysokość użyteczna podnoszenia), moment roboczy jest wartością stałą w przypadku danego położenia wysięgnika, stanowiąc podstawę do określania dopuszczalnych obciążeń w różnych konfiguracjach roboczych.

Są to kluczowe parametry, wzajemnie ze sobą powiązane, które bezpośrednio wpływają na wybór odpowiedniego żurawia do konkretnej operacji montażowej.

transport each structural component. To achieve this, it is necessary to calculate the technical parameters that the crane must meet for the given task [13 – 15].

The **total lifting capacity of a crane** is determined from the following inequality:

$$U \geq Q = Q_e S_{ob} + Q_z + Q_{wz} \quad (1)$$

where:

U – lifting capacity of the crane [kN];

Q – total load [kN];

$Q_e = G_{emax}$ – assembly weight of the prefabricated element, i. e. the structural weight of the element increased by additional factors such as manufacturing tolerances, moisture content, or attached components (e.g. joinery) [kN];

Q_z – weight of the lifting gear (slings, hooks, etc.) [kN];

Q_{wz} – weight of the temporary supporting or stiffening structure (used during the assembly of slender or flexible elements) [kN].

In the developed application, the total lifting capacity of the crane is calculated using the simplified formula:

$$U = Q_{ef} \cdot S_o + Q_z \quad (2)$$

where:

Q_{el} – weight of the element lifted by the crane [kN];

S_o – safety factor (in the application, $S_o = 1.1$ was assumed);

Q_z – weight of the lifting gear. In the application, average values were adopted based on literature data [13, 15, 17] for the given element type, e.g.: 200 kg for a beam, 150 kg for a roof slab, 40 kg for a wall panel.

The crane reach must satisfy the following condition:

$$l_z \geq l_{min} \quad (3)$$

where:

l_{min} – the minimum required horizontal distance between the crane's rotation axis and the farthest point of the building element or load under the given working conditions.

The required crane reach l_{min} should be determined using the following formula:

$$l_{min} \geq l_0 + b - \frac{1}{2}b' + l_r \quad (4)$$

where:

l_0 – the minimum permissible distance between the crane's rotation axis and the mounted structure [m];

b – the width of the assembled structure [m];

b' – the thickness of the external wall [m]; in practice, this value can be neglected due to its small magnitude [17];

l_r – the operational reach reserve, typically ranging from 0.5 to 0.7 m.

In the application, the required crane reach is calculated using the simplified formula:

$$L = L_g + 0,6 \text{ [m]} \quad (5)$$

where:

L_g – the computational parameter defining the accuracy of crane positioning.

The crane lifting height is determined from the equation:

$$H = h_{el} + h_m + h_{bez} + h_z \text{ [m]} \quad (6)$$

where:

h_{el} – height of the lifted element;

h_m – assembly height;

h_{bez} – safety clearance height, assumed as: 0.5 m above structural elements, 2.5 m above the working level of personnel;

h_z – height of the lifting gear, adopted depending on the type of lifted element. In the application, average values were assumed based on literature data, e.g. 11 m for a beam.

Parametry pracy żurawia. Zastosowanie żurawia w procesie budowlanym wymaga zapewnienia możliwości przetransportowania każdego montowanego elementu z zachowaniem bezpieczeństwa. W tym celu należy obliczyć wielkość parametrów technicznych, jakie żuraw powinien mieć [13 – 15].

Udźwig całkowity żurawia oblicza się z nierówności:

$$U \geq Q = Q_e S_{ob} + Q_z + Q_{wz} \quad (1)$$

gdzie:

U – udźwig żurawia [kN];

Q – ciężar całkowity [kN];

$Q_e = G_{emax}$ – ciężar montażowy elementu prefabrykowanego – ciężar konstrukcyjny elementu powiększony o ciężary wynikające z dodatknych odchylek produkcyjnych, zawilgocenia elementu, zamocowanej stolarki itp. [kN];

Q_z – ciężar zawiesia [kN];

Q_{wz} – ciężar konstrukcji wzmacniającej (podczas montażu elementów wiotkich) [kN].

Obliczając udźwig całkowity żurawia w aplikacji, skorzystano ze wzoru:

$$U = Q_{ef} \cdot S_o + Q_z \quad (2)$$

gdzie:

Q_{el} – ciężar elementu podniesionego przez żuraw;

S_o – współczynnik bezpieczeństwa (w aplikacji przyjęto równy 1,1);

Q_z – ciężar zawiesia (w aplikacji przyjęto średni ciężar na podstawie informacji literaturowych [13, 15, 17] dotyczących danego typu elementu, np. w przypadku dźwigara 200 kg, płyty dachowej 150 kg, a płyty ściencnej 40 kg.

Wysięg żurawia musi spełniać nierówność:

$$l_z \geq l_{min} \quad (3)$$

gdzie:

l_{min} – najmniejsza, możliwa do osiągnięcia w danych warunkach, odległość osi stanowiska żurawia od najdalej podawanych elementów budynku lub ładunków.

Niezbędny zasięg żurawia l_{min} należy wyznaczać ze wzoru:

$$l_{min} \geq l_0 + b - \frac{1}{2}b' + l_r \quad (4)$$

gdzie:

l_0 – najmniejsza dopuszczalna odległość ustawienia żurawia od montowanego obiektu, licząc od osi obrotu żurawia [m];

b – szerokość montowanego obiektu [m];

b' – grubość ściany zewnętrznej [m], którą w praktyce można pominąć ze względu na nieznaczną wartość [17];

l_r – rezerwa w zasięgu żurawia $0,5 \div 0,7$ m.

Obliczając niezbędny wysięg żurawia w aplikacji, skorzystano ze wzoru:

$$L = L_g + 0,6 \text{ [m]} \quad (5)$$

gdzie:

L_g – parametr obliczeniowy określający dokładność ustawienia żurawia.

Wysokość podnoszenia żurawia oblicza się ze wzoru:

$$H = h_{el} + h_m + h_{bez} + h_z \text{ [m]} \quad (6)$$

gdzie:

h_{el} – wysokość elementu;

h_m – wysokość montażu;

h_{bez} – wysokość bezpiecznego manewrowania: 0,5m nad elementami konstrukcji; 2,5 m nad poziomem pracy robotników;

h_z – wysokość zawiesia przyjmowana w zależności od rodzaju podnoszonego elementu (w aplikacji przyjęto średnie wartości dotyczące danego typu elementu, np. 11 m w przypadku dźwigara).

Concept of the Application Supporting Crane Selection

The main objective of the developed application is to automate the process of selecting appropriate cranes for the assembly of building structures, taking into account the parameters of the mounted elements.

The software consists of the following main components:

- an application module supporting the selection of mobile cranes used in the assembly of building structures;
- a database containing models of cranes with their technical parameters, load charts, and information about rental companies providing such equipment.

Software environment. The application for mobile crane selection was developed using *MATLAB App Designer* [18]. This tool enables the design and construction of graphical user interfaces (GUIs – *Graphical User Interfaces*) for applications written in the MATLAB programming language.

The App Designer environment (Figure 1) consists of three main areas:

- a central workspace (canvas) used for interface design;
- a component palette located on the left side;
- a Component Browser on the right side of the interface.

The component palette contains the basic GUI elements, such as buttons, tables, sliders, and panels, which can be dragged and placed onto the canvas for layout design. The *Component Browser* allows users to manage interface elements, displaying their hierarchical structure and properties, which can be edited through the *Properties Panel* located in the bottom-right corner of the interface.

Konceptcja aplikacji wspomagającej dobór żurawi

Celem opracowanej aplikacji jest zautomatyzowanie procesu doboru odpowiednich żurawi do montażu obiektów budowlanych, uwzględniając parametry montowanych elementów.

Oprogramowanie składa się z następujących części głównych:

- aplikacji wspomagającej dobór żurawi samochodowych do montażu obiektów budowlanych;
- bazy danych, zawierającej modele żurawi wraz z danymi technicznymi i tabelami udźwigu oraz informacje dotyczące przedsiębiorstw wynajmujących maszyny.

Oprogramowanie wykorzystane do utworzenia aplikacji. Aplikacja służąca do doboru żurawi samochodowych została opracowana przy użyciu *MATLAB App Designer* [18]. Narzędzie to umożliwia projektowanie i budowę graficznych interfejsów użytkownika (GUI – ang. *Graphical User Interface*) w przypadku aplikacji tworzonych w języku MATLAB.

Okno *App Designer* (rysunek 1) składa się z trzech głównych części:

- centralnie umieszczonego obszaru roboczego (tzw. płótna);
- palety komponentów znajdującej się po jego lewej stronie;
- przeglądarki komponentów (ang. *Component Browser*), znajdującej się po stronie prawej.

Paleta komponentów zawiera podstawowe elementy GUI, takie jak przyciski, tabele lub suwaki, które mogą być przeciągane na płótno w celu ich rozmieszczenia w projekcie. *Component Browser* umożliwia zarządzanie dodanymi elementami, prezentując ich strukturę hierarchiczną oraz właściwości, które mogą być edytowane za pomocą panelu właściwości (*Properties*), zlokalizowanego w prawym dolnym rogu interfejsu.

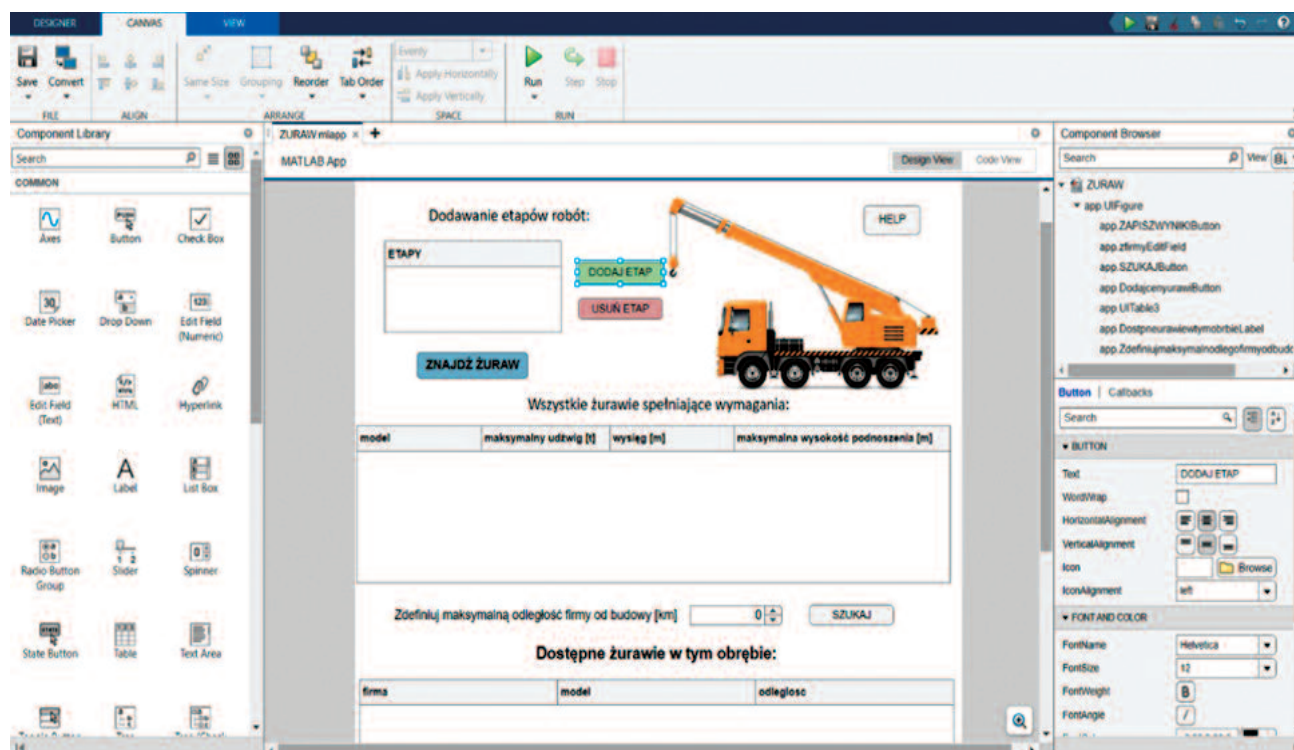


Fig. 1. Design View Window in MATLAB App Designer with the Application Layout

Rys. 1. Okno zakładki Design view w Matlab App Designer zawierające projektowaną aplikację

The behavior of individual application components is defined by Callback functions, which are assigned to specific user actions, such as pressing a button. These callbacks can be added via the context menu of the component by selecting the option: *Callbacks* → *Add Callback*.

The *Code View* tab contains the editor for writing and modifying the source code associated with both the user interface and the application logic. In *App Designer*, two types of code sections are distinguished – editable and non-editable. The editable sections include, among others, the definitions of callback and auxiliary functions, as well as nonstandard user-defined properties. The non-editable sections are automatically generated by the environment and are responsible for handling the structural configuration of the application. In the default colour scheme of the MATLAB code editor, editable sections are displayed in white, whereas non-editable sections are displayed in gray.

The application can be compiled as a standalone program using MATLAB Compiler. The generated executable file can then be run on the target computer without requiring a full MATLAB installation. The only prerequisite is the installation of the *MATLAB Runtime* environment, which is freely available and does not require a license. This solution significantly simplifies the deployment process and allows the application to be used by individuals without specialized technical knowledge or access to licensed MATLAB software.

Program Operation Description. Upon launching the application, the user is presented with a clear and intuitive graphical interface (Figure 2). In the first step, the user enters

Działanie poszczególnych komponentów aplikacji definiowane jest za pomocą tzw. funkcji zwrotnych (ang. *callbacks*), przypisywanych do konkretnych zdarzeń, np. kliknięcia przycisku, których dodanie odbywa się przez menu kontekstowe komponentu, po wybraniu opcji *Callbacks* → *Add Callback*.

Zakładka *Code View* zawiera edytor przeznaczony do pisanie i modyfikowania kodu źródłowego związanego z interfejsem użytkownika i logiką aplikacji. W *App Designer* wyróżnia się sekcje kodu edytowalne oraz nieedytowalne. Te pierwsze obejmują m.in. definicje funkcji zwrotnych i pomocniczych, jak również właściwości niestandardowe. Sekcje nieedytowalne są generowane automatycznie przez środowisko i służą do obsługi strukturalnej aplikacji. W domyślnym schemacie kolorystycznym edytora kodu sekcje edytowalne oznaczone są kolorem białym, natomiast nieedytowalne – szarym.

Aplikację można skompilować jako samodzielny program za pomocą MATLAB Compiler. Wygenerowany plik może być uruchamiany na komputerze docelowym bez konieczności posiadania pełnej instalacji środowiska MATLAB. Wymagane jest jedynie zainstalowanie środowiska wykonawczego *MATLAB Runtime*, które jest dostępne bezpłatnie i nie wymaga licencji. Takie rozwiązanie znacznie upraszcza proces wdrażania aplikacji oraz umożliwia jej użytkowanie przez osoby nieposiadające specjalistycznej wiedzy technicznej ani dostępu do licencjonowanego oprogramowania MATLAB.

Opis działania programu. Po uruchomieniu aplikacji użytkownikowi ukazuje się przejrzysty i intuicyjny interfejs (rysunek 2). W pierwszym kroku użytkownik wprowadza

Dodawanie etapów robót:

ETAPY
etap1

DODAJ ETAP **USUŃ ETAP**

ZNAJDŹ ŻURAW

Wszystkie żurawie spełniające wymagania:

model	maksymalny udźwóg [t]	wysięg [m]	maksymalna wysokość podnoszenia [m]
LIEBHERR_LTM_1070_4_2	70	52 0000	75
LIEBHERR_LTM_1090_2	90	52 0000	52
FAUN_ATF_45_3	45	34 0000	52
LIEBHERR_LTM_1050_1	50	40 0000	58
LIEBHERR_LTM_1130_5_1	130	60 0000	82
LIEBHERR_LTM_1045_1	45	34 0000	50

Zdefiniuj maksymalną odległość firmy od budowy [km] **SZUKAJ**

Dostępne żurawie w tym obrębie:

firma	model	odległość
PZRI_Kraków	LIEBHERR_LTM_1045_1	8
EHC_Kraków	GROVE_GMK_3050	5

Dodaj ceny żurawi

Fig. 2. Crane Search Results Window for Selected Element Installation Within Defined Search Radius

Rys. 2. Okno aplikacji zawierające wyniki wyszukiwania żurawi do zamontowania wybranych elementów po zdefiniowaniu promienia wyszukiwania maszyn

into the program the construction process stages, along with the corresponding structural elements intended for assembly (Figure 3). The list of selectable elements was developed based on the Catalog of Standard Construction Work Costs No. 2-02 [19].

For each element, it is necessary to provide a set of technical parameters, such as the mass, element height, assembly height, and the distance between the element and the crane. Based on this input data, the application searches the crane database, comparing their technical specifications (lifting capacity, reach, and maximum lifting height) with the assembly requirements. If no suitable machine is found in the database, the program displays a notification: *No cranes meeting the specified conditions were found*. The user can then modify the input data or the assembly stage and repeat the search. Next, based on the maximum search radius specified by the user, the program identifies companies offering rental services for the selected crane models (Figure 2) located within the given distance from the construction site. If no models are available within the specified range, the application again informs the user about the absence of results, suggesting an increase in the search radius.

In the subsequent step, the user can add transportation and rental costs for the selected models. Based on this information, the application generates a result table containing only those cranes that meet all technical and geographical criteria. The list of results is automatically sorted according to the most cost-effective option, which facilitates making the optimal economic decision.

The obtained results – including details of the assembled elements, a list of available cranes, and proposed machines within the defined area – can be saved in an .xlsx file. This

do programu etapy procesu budowlanego wraz z przypisanymi do nich elementami przeznaczonymi do montażu (rysunek 3). Lista elementów do wyboru została opracowana na podstawie katalogu nakładów rzeczowych nr 2-02 [19].

W przypadku każdego elementu konieczne jest podanie parametrów technicznych, takich jak masa, wysokość elementu, wysokość montażu, odległość elementu od żurawia. Na podstawie tych danych aplikacja przeszukuje bazę żurawi, porównując ich parametry techniczne (udźwig, wysięg, maksymalną wysokość podnoszenia) z wymaganiami montażowymi. W przypadku braku odpowiedniego urządzenia, dostępnego w bazie danych, pojawia się komunikat: „Nie znaleziono żurawi spełniających warunki”. Użytkownik może wtedy zmodyfikować dane lub etap montażowy i ponownie wyszukiwanie. Następnie, na podstawie podanego przez użytkownika maksymalnego promienia przeszukiwań, program znajduje przedsiębiorstwa oferujące wynajem wybranych żurawi (rysunek 2) położone w zadanej odległości od budowy. W przypadku, gdy w określonym promieniu nie ma dostępnych modeli, aplikacja ponownie informuje użytkownika o braku wyników, sugerując zwiększenie zakresu poszukiwań.

W kolejnym kroku można dodać koszty transportu oraz wynajmu do wybranych modeli. Na podstawie tych danych aplikacja generuje tabelę wynikową zawierającą tylko te maszyny, które spełniają wszystkie kryteria techniczne i lokalizacyjne. Lista wyników jest sortowana automatycznie wg najkorzystniejszego wariantu cenowego, co ułatwia podjęcie optymalnej ekonomicznie decyzji.

Uzyskane wyniki obejmujące szczegóły montowanych elementów, wykaz dostępnych żurawi oraz propozycje maszyn w zdefiniowanym obszarze można zapisać do pliku w forma-

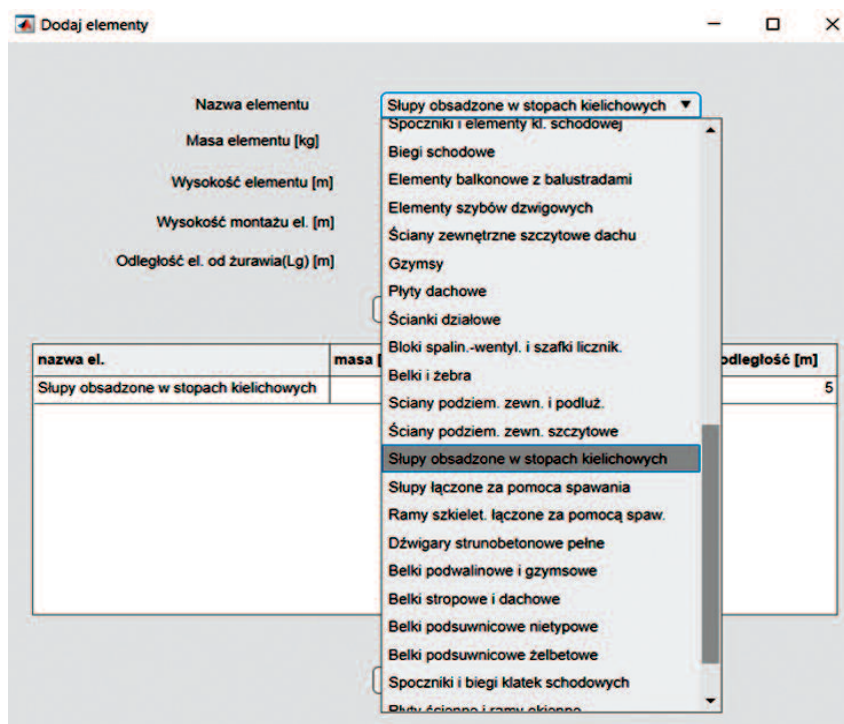


Fig. 3. „Add Element” Dialog Window for Defining Elements in the Current Assembly Stage

Rys. 3. Okno dialogowe „Dodaj element” umożliwiające dodanie elementów do montażu w danym etapie

functionality allows for data reuse and archiving at later stages of the project. The user may then continue working with the application by deleting the completed stage and adding a new one, or by restarting the program to begin a new analysis.

The database used by the application was developed in a Microsoft Excel spreadsheet. It contains a comprehensive list of crane models with their technical parameters (lifting capacity, reach, and maximum lifting height), as well as a register of rental companies offering the corresponding machines. This register includes, among other data, information about which models are available for rent from each company and the distance of each company's location from Kraków. Each subsequent worksheet within the Excel file contains a load chart assigned to a specific crane model, with the worksheet name corresponding to the model name.

As the application evolves, it is anticipated that the database will be expanded to include additional crane models and new rental providers. For this reason, the database was designed with scalability in mind, allowing for easy expansion by adding new models to the existing datasets while maintaining consistency with the current worksheets and tables. Furthermore, the extended database will enable the consideration of specific requirements for different construction types and locations, allowing for even more precise matching of machines to the technical and logistical needs of particular construction projects.

The results generated by the application are exported to an Excel file consisting of three separate worksheets:

- **Tabela_Elementy** (Elements_Table) – contains a list of all assembled elements along with their basic characteristics, such as mass, element height, assembly height, and distance from the crane.

- **Pasujące Żurawie** (Matching_Cranes) – presents a list of cranes that meet the criteria enabling the assembly of the elements selected by the user. This sheet also includes the key technical parameters of each model, such as lifting capacity, reach, and maximum lifting height.

- **Pasujące Żurawie Firmy** (Matching_Cranes_Companies) – contains a summary of cranes selected after applying the distance constraint relative to the location of the rental company and the construction site. It also includes the total rental cost of each specific model. The list is automatically sorted in ascending order by price, ensuring that the most cost-effective offer appears at the top of the results table.

Each worksheet was designed to provide a comprehensive and easy-to-interpret representation of the results obtained from the crane selection process. The tabular layout allows for convenient analysis, comparison of available solutions, and supports decision-making when selecting the optimal technical and economic configuration.

An example of the application's use involves the selection of a set of cranes for the construction of a prefabricated reinforced concrete industrial hall with dimensions of 64 m × 18 m and a height of 5 m. The load-bearing structure consists of a prefabricated column-girder system. The design includes square pad footings (1.5 m × 1.5 m), installed 1.5 m below ground level, into which reinforced concrete columns

are cast. To solve this problem, the application provides the possibility of later data reuse and archiving. The user can then continue working with the application by deleting the completed stage and adding a new one, or by restarting the program to begin a new analysis.

Baza danych wykorzystywana przez aplikację została utworzona w skoroszybie MS Excel. Zawiera ona wykaz modeli żurawi wraz z ich parametrami technicznymi (udźwig, wysięg, maksymalna wysokość podnoszenia) oraz zestawienie przedsiębiorstw oferujących dane maszyny na wynajem, obejmujące m.in. informacje o tym, jakie modele można wynająć w konkretnym przedsiębiorstwie oraz w jakiej odległości od Krakowa jest ono zlokalizowane. Każdy kolejny arkusz skoroszytu zawiera tabelę udźwigu przypisaną do określonego modelu żurawia, przy czym nazwa arkusza odpowiada nazwie danego modelu.

W miarę rozwoju aplikacji przewiduje się konieczność poszerzenia bazy danych o dodatkowe modele żurawi oraz nowe podmioty zajmujące się ich wynajmem. W związku z tym baza została zaprojektowana tak, aby można ją było bardzo łatwo rozbudować przez dodawanie kolejnych modeli do zestawień, zachowując spójność z istniejącymi arkuszami i tabelami. Ponadto, rozszerzona baza danych pozwoli na uwzględnienie specyficznych wymagań w przypadku różnych typów budowy i lokalizacji, co przyczyni się do jeszcze dokładniejszego dopasowania maszyn do potrzeb konkretnych przedsięwzięć budowlanych.

Wyniki działania aplikacji zapisywane są w pliku MS Excel, składającym się z trzech odrębnych arkuszy:

- **Tabela_Elementy** – zawiera ona zestawienie wszystkich montowanych elementów wraz z ich podstawowymi charakterystykami (masa, wysokość elementu, wysokość montażu oraz odległość od żurawia);

- **Pasujące Żurawie** – przedstawia listę żurawi, spełniających kryteria umożliwiające montaż elementów wybranych przez użytkownika. Zawarte są tu również podstawowe parametry techniczne poszczególnych modeli (udźwig, wysięg i maksymalna wysokość podnoszenia);

- **Pasujące Żurawie Firmy** – zawiera zestawienie żurawi dobranych po uwzględnieniu ograniczenia dotyczącego odległości przedsiębiorstwa wynajmującego od miejsca realizacji budowy. Zawarta jest tu również łączna cena za wynajem konkretnego modelu. Lista została automatycznie posortowana rosnąco wg kryterium ceny, przy czym na pierwszym miejscu znajduje się oferta najkorzystniejsza cenowo.

Każdy arkusz został zaprojektowany tak, aby dostarczyć kompleksową i łatwą do zrozumienia reprezentację rezultatów procesu doboru żurawi. Układ tabelaryczny umożliwia wygodną analizę, porównanie otrzymanych rozwiązań oraz wspiera podejmowanie decyzji w wyborze optymalnego wariantu techniczno-ekonomicznego.

Przykład zastosowania aplikacji do doboru zestawu żurawi w celu realizacji hali przemysłowej o konstrukcji żelbetowej prefabrykowanej o wymiarach 64 m × 18 m i wysokości 5 m. Konstrukcję nośną stanowi układ słupowo-dźwigarowy z prefabrykatów. Zastosowano kielichowe stopy fundamentowe (1,5 m × 1,5 m), osadzone na głębokości 1,5 m po-

are mounted. The roof structure is composed of prefabricated girders and roof slabs. The wall panels are supported on foundation beams and connected at the corners with joint elements, while the gable wall includes an opening for a gate. The assembly process was divided into three stages, which are presented in Table 1, along with a list of structural elements to be installed.

For Stages I and III, the sequential assembly method was used, whereas Stage II was designed as a comprehensive assembly process. In the first step, data corresponding to Stage I were entered into the application. The search radius for all stages was limited to 20 km. Next, the rental and transport rates of the identified cranes were entered, assuming a rental period of three days. The application then generated results that included a list of available machines and indicated the most cost-effective solution. The same procedure was repeated for Stage II (with a rental period of four days) and Stage III (rental period of three days). Due to the heavier weight of the roof girders, Stage II generated the highest overall costs. A summary of the cranes selected by the application is presented in Table 2.

The use of the application enabled a rapid optimization of crane selection according to the requirements of each specific assembly stage, ensuring both technical and economic efficiency of the entire construction process. Using a single crane for all stages would require selecting a machine with superior performance parameters, which would significantly increase total project costs.

Table 1. Overview of assembled structural elements

Tabela 1. Zestawienie montowanych elementów

Stage/ Etap	Name and designation of element/ Nazwa i oznaczenie elementu	Dimensions (length × width × thickness) [cm]/ Wymiary (długość × szerokość × grubość) [cm]	Weight [kg]/ Masa [kg]	Quantity [pcs]/ Liczba [sztuki]
I	column S1/słup S1	630 x 50 x 50	4088	18
	column S2/słup S3	630 x 50 x 50	3938	4
	girder/dźwigar	1850 x 110 x 50	18500	9
II	roof slab/ plyta dachowa	800 x 155 x 10	3420	96
III	wall panel/ plyta ścienna	800 x 155 x 20	6200	64
		600 x 155 x 20	4650	24

Summary and Conclusions

The developed application constitutes an effective tool supporting the process of selecting mobile cranes for use in construction and assembly works. Through integration with a database and a clear, user-friendly interface, the application allows users to quickly and safely analyse available options. The program helps reduce the risk of human error during the planning stage, accelerates logistical decision-making, and optimizes the costs associated with assembly operations. An additional advantage of the application is its ease of adaptation to changing user needs – the database can be expanded, and the source code modified to add new functionalities. One of the planned directions for further development is the expansion

niżej terenu, w których zamontowane będą słupy żelbetowe. Dach zostanie wykonany z prefabrykowanych dźwigarów oraz płyt dachowych. Na belkach podwalinowych opierać się będą płyty ściennie połączone w narożach elementami, a w ścianie szczytowej przewidziano otwór na bramę. Proces montażu został podzielony na trzy etapy, które przedstawiono w tabeli 1 wraz z zestawieniem montowanych elementów.

W przypadku etapów I i III zastosowano metodę rozdzielczą, natomiast etap II zaplanowano jako montaż kompleksowy. W pierwszym kroku wprowadzono do aplikacji dane dotyczące I etapu. Promień wyszukiwania w przypadku wszystkich etapów ograniczono do 20 km. Następnie wprowadzono stawki wynajmu i transportu znalezionych żurawi, przyjmując okres wynajmu 3 dni. Ostatecznie aplikacja wygenerowała wyniki z zestawieniem dostępnych maszyn oraz wskazała najbardziej ekonomiczne rozwiązanie. Ten sam proces powtórzono w przypadku etapu II (założono okres wynajmu 4 dni) i etapu III (czas wynajmu 3 dni). Etap II, ze względu na ciężar dźwigarów, wygenerował największe koszty. Zestawienie maszyn dobranych przez aplikację przedstawiono w tabeli 2.

Zastosowanie aplikacji umożliwiło szybką optymalizację doboru żurawi do wymagań konkretnego etapu montażu, zapewniając efektywność kosztową i techniczną całego procesu realizacji. Użycie jednego żurawia do wszystkich etapów wiązałoby się z koniecznością wyboru maszyny o bardzo dobrych parametrach, co znacznie zwiększyłoby koszty całkowite.

Table 2. Overview of selected cranes for industrial hall assembly

Tabela 2. Zestawienie wybranych żurawi do montażu hali przemysłowej

Stages/ Etap	Model crane/ Model żurawia	Udźwig [tony]	Wysięg [m]	Maximum lifting height [m]/ Maksymalna wysokość podnoszenia [m]	Costs [zł]/ Koszty [zł]
Etap I	Liebherr LTM 1070 4.2	70	52	75	8384
Etap II	Liebherr LTM 1090/2	90	52	52	14640
Etap III	Liebherr LTM 1045/1	45	34	50	4896
Suma kosztów					27920

Podsumowanie i wnioski

Opracowana aplikacja stanowi skuteczne narzędzie wspomagające proces doboru żurawi samochodowych w realizacji robót budowlanych. Dzięki integracji z bazą danych i czytelnemu interfejsowi, użytkownik może w sposób szybki i bezpieczny przeanalizować dostępne opcje. Program pozwala ograniczyć ryzyko popełnienia błędów na etapie planowania, przyspiesza podejmowanie decyzji logistycznych i umożliwia optymalizację kosztów realizacji prac montażowych. Zaletą aplikacji jest również łatwość jej adaptacji do zmieniających się potrzeb użytkownika – baza danych może być rozbudowywana, a kod źródłowy zmodyfikowany w celu dodania kolejnych funkcji. Jednym z planowanych

of location coverage to include the entire territory of Poland, which would significantly increase the range and flexibility of the presented tool.

The application can be used both in engineering practice - as a support tool for designers and construction managers - and in academic teaching, assisting in the education of future civil engineers in the areas of assembly technology and construction logistics.

Further development of the application may include the implementation of additional functionalities, such as integration with construction project management systems and databases containing information about available equipment rental companies across various regions of the country. The introduction of such features would allow users to manage the equipment rental process comprehensively, monitor machine availability in real time, and achieve faster and more accurate crane matching to the specific requirements of a given project.

These planned enhancements would help create a comprehensive digital tool supporting logistics processes in construction, applicable to both small-scale and large-scale investments. With such an application, the entire crane selection process would become significantly more efficient, while the risk of errors related to improper equipment selection would be minimized.

Future directions for the development of the application may also include integration with simulation modules that enable construction scheduling, as well as the implementation of life-cycle cost analysis (LCCA) features. Such advancements would further increase the application's utility and value, both in engineering practice and in academic environments.

kierunków rozwoju aplikacji jest rozszerzenie obsługi lokalizacji na obszar całej Polski, co znacznie zwiększyłoby zakres i elastyczność zastosowanie przedstawianego narzędzia.

Aplikacja znajdzie zastosowanie zarówno w praktyce inżynierskiej, jako wsparcie dla projektantów i kierowników budów, jak i w dydaktyce do wspomagania kształcenia przyszłych inżynierów budownictwa w tematyce technologii robót montażowych i logistyki budowy.

Dalszy rozwój aplikacji może obejmować wdrożenie dodatkowych funkcjonalności, takich jak integracja z systemami zarządzania projektami budowlanymi oraz z bazami danych, zawierającymi informacje o dostępnych przedsiębiorcach wynajmujących maszyny w różnych regionach kraju. Wprowadzenie takich rozwiązań umożliwiłoby użytkownikom zarządzanie procesem wynajmu maszyn w sposób kompleksowy, monitorowanie dostępności maszyn w czasie rzeczywistym oraz szybsze i bardziej precyzyjne dopasowywanie żurawi do wymagań danego przedsięwzięcia.

Wprowadzenie rozszerzeń pozwoli stworzyć kompleksowe narzędzie, wspierające procesy logistyczne w budownictwie, zarówno w przypadku małych, jak i dużych inwestycji budowlanych. Dzięki takiej aplikacji, cały proces doboru maszyn stałby się znacznie bardziej efektywny, a ryzyko błędów związanych z niewłaściwym doбором żurawi zostałoby zminimalizowane.

Dalsze kierunki rozwoju aplikacji mogą obejmować także integrację z modułami umożliwiającymi symulację harmonogramowania prac montażowych oraz analizę kosztów cyklu życia maszyny (Life Cycle Cost Analysis – LCCA), co dodatkowo zwiększyłoby jej wartość użytkową zarówno w praktyce inżynierskiej, jak i w dydaktyce.

Received: 30.06.2025
Revised: 08.08.2025
Published: 21.11.2025

Artykuł wpłynął do redakcji: 30.06.2025 r.
Otrzymano poprawiony po recenzjach: 08.08.2025 r.
Opublikowano: 21.11.2025 r.

Literature

- [1] Warszawski A. Expert systems for crane selection. Construction Management and Economics. 1990. DOI: 10.1080/01446199000000015.
- [2] Alkass S, Alhussein M, Moselhi O. Computerized crane selection for construction projects. Journal of Construction Engineering Management. Association of Researchers in Construction Management. 1997; 2: 427-436.
- [3] Struková Z, Ištvaník M. Tools for mobile crane selecting and locating. International Review of Applied Sciences and Engineering. 2011. DOI: 10.1556/irase.2.2011.1.11.
- [4] Guo H, Zhou Y, Pan Z, Zhang Z, Yu Y, Li Y. Automated Selection and Localization of Mobile Cranes in Construction Planning. Buildings. 2022. DOI: 10.3390/buildings12050580.
- [5] Wu D, Lin Y, Wang X, Wang X, Gao S. Algorithm of Crane Selection for Heavy Lifts. Journal of Computing in Civil Engineering. 2011. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000065.
- [6] Al-Hussein M, Alkass S, Moselhi O. An algorithm for mobile crane selection and location on construction sites. Construction Innovation. 2001. DOI: 10.1108/14714170110814532.
- [7] El-Tourkey M, Alshibani A, Mohammed A, Shash A, Tuffaha F. An integrated decision support system for mobile crane selection. Expert Syst Appl. 2021. DOI: 10.1016/j.eswa.2021.116053.
- [8] Kayhani N, Taghaddos H, Noghabae M, Hermann U. Utilization of virtual reality visualizations on heavy mobile crane planning for modular construction. ISARC 2018 – 35th International Symposium on Automation and

- Robotics in Construction and International AEC/FM Hackathon: The Future of Building Things. 2018. DOI: 10.22260/ISARC2018/0170.
- [9] Warszawski A, Peled N. An Expert System for Crane Selection and Location. Proceedings of the 4th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC). 2017. DOI: 10.22260/ISARC1987/0004.
- [10] <https://www.3dliftplan.com/default.aspx> 26.05.2025.
- [11] <https://www.terex.com/cranes/> 26.05.2025.
- [12] <https://www.liebherr.com/pl-pl/grupa-kapita%C5%82owa/produkty/rozwi%C4%85zania/rozwi%C4%85zania-cyfrowe/rozwi%C4%85zania-cyfrowe-4649128> 26.05.2025.
- [13] Linczowski C. Technologia robót budowlanych. Wyd. 6. Kielce: Wydawnictwo PŚ; 2000.
- [14] Marcinkowski R, Krawczyńska-Piechna A. Projektowanie realizacji budowy. Wyd. 1. Warszawa: PWN; 2019.
- [15] Martinek W, Nowak P, Woyciechowski P. Technologia robót budowlanych. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. 2010.
- [16] Sawicki M. Żuraw na placu budowy. Builder. 2020. DOI: 10.5604/01.3001.0013.8530.
- [17] Dyżewski A, Ciołek R, Łabentowicz L, Miączynski A. Technologia i organizacja budowy. Warszawa: Arkady; 1962.
- [18] <https://www.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html> 26.05.2025
- [19] Katalog nr 2-02 nakładów rzeczowych. Konstrukcje budowlane – tom I. Wyd. 8. Kraków. 2006.