

Budynki wielofunkcyjne jako podstawowa jednostka kształtującego się środowiska mieszkaniowego inteligentnych miast przyszłości

Mixed-use buildings as the basic unit that shapes the housing environment of smart cities of the future

Streszczenie

Współczesne podejście do tworzenia funkcji mieszkaniowej skonfrontowane zostało z trendem wzrostu kubatury budynków oraz oczekiwaniami w odniesieniu do przyszłego otoczenia urbanistycznego ukierunkowanego na zrównoważony rozwój. Artykuł przedstawia ujęcie struktury mieszkaniowej w kontekście zdefiniowanych zakresów tematycznych. Mianowicie jest to systemowe podejście do problemu projektowego struktur wielofunkcyjnych kreujących współczesną tkankę mieszkaniową w rozwijających się ośrodkach miejskich. Tworzenie miast inteligentnych z istniejących ośrodków miejskich oraz nowo projektowanych ośrodków przewiduje kompleksowo dobrane wytyczne projektowe. Kluczowa jest integralność a zarazem interoperacyjność struktury dynamicznej, która może stanowić podstawę do rozwijania nowych oraz ulepszania istniejących systemów. Opracowana modelowa struktura tworzenia i podtrzymania systemu opracowana jest w oparciu o algorytm genetyczny i została przedstawiona w postaci sieci neuronowej, która uwzględnia zastosowanie sztucznej inteligencji (SI). Określona struktura przewidziana jest jako narzędzie wspomagające nadzór i decyzyjność w procesie projektowania i zarządzania współczesnym budynkiem wielofunkcyjnym w jego nowo planowanym otoczeniu.

Abstract

The contemporary approach to creating the residential function is confronted with the trend of increasing the volume of buildings and expectations regarding the future urban environment focused on sustainable development. This paper presents an overview of the residential structure in the context of defined thematic scopes. Namely, it is a systemic approach to the problem of designing mixed-use buildings which create a modern residential structure in developing urban centres. The creation of smart cities from existing urban areas and newly designed centres involves comprehensively defined design guidelines. The key is the integrity and interoperability of the dynamic structure which can serve as a basis for developing new systems and/or improving the existing ones. The developed model structure for creating and maintaining the system is based on a genetic algorithm and is presented in the form of a neural network that involves the use of artificial intelligence (AI). The specific structure is intended as a tool to support supervision and decision-making in the process of designing and managing contemporary mixed-use buildings in their newly planned surroundings.

Słowa kluczowe: funkcja mieszkaniowa, budynek wielofunkcyjny, wielokryterialne projektowanie, zrównoważony rozwój, inteligentne miasto, algorytm genetyczny, sieci neuronowe, sztuczna inteligencja

Keywords: residential function, mixed-use building, multi-criteria design, sustainable development, smart city, genetic algorithm, neural networks, artificial intelligence

1. WSTĘP

Systemowe podejście do projektowania struktur miejskich jest gwarantem uzyskania efektów najbliższych celom zrównoważonego rozwoju (Barbier, Burdess, 2017) umożliwiających doskonalenie projektowanych siedlisk mieszkaniowych. Wielofunkcyjność jako rozwijający się obecnie trend kreuje obecnie w dużym stopniu współczesną tkankę mieszkaniową w ośrodkach miejskich.

1. INTRODUCTION

A systemic approach to the design of urban structures guarantees achieving effects that are closest to the goals of sustainable development (Barbier, Burdess, 2017), enabling the improvement of designed residential dwellings. Multifunctionality, as a currently developing trend, forms to a large extent the modern housing structure in urban centres. The current

* Mateusz GERIGK, dr inż. arch., Wydział Architektury, Politechnika Gdańska / Mateusz GERIGK, Asst. Prof., Ph.D. Eng. Arch., Faculty of Architecture, Gdańsk University of Technology, <https://orcid.org/0000-0002-7896-5270>, e-mail: mateusz.gerigk@pg.edu.pl

Copyright: © 2024 Gerigk. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>).



II. 1. Budynki wysokościowe – współczesne inteligentne miasto, trzy iteracje, źródło: Designer, wspomagane przez DALL-E 3, wygenerowano przy pomocy AI, 7 lutego 2024, 16:50

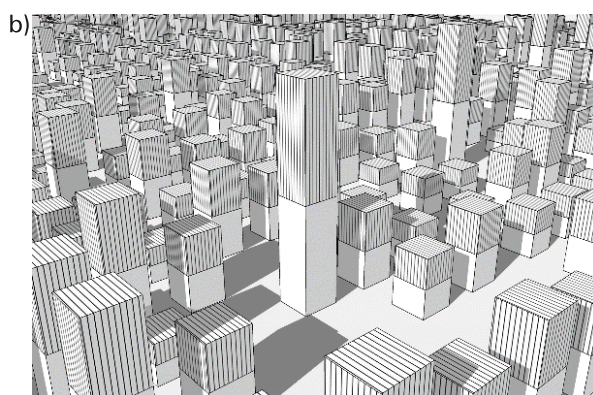
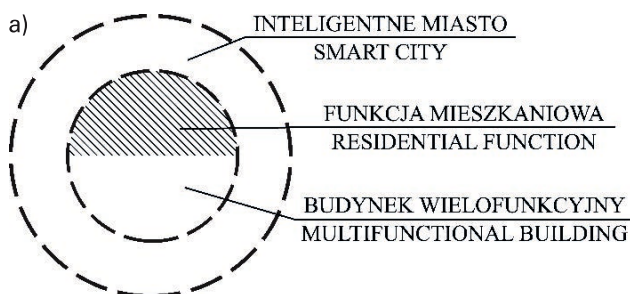
III. 1. High rise buildings – contemporary smart city, three iterations, source: Designer, powered by DALL-E 3, generated with AI, February 7, 2024 at 4:50 PM

Obecna na świecie tendencja do tworzenia miast inteligentnych (Dameri, 2017), zarówno przy nowoprojektowanych strukturach, jak i ewoluujących ośrodkach miejskich, wymaga uwzględnienia kompleksowo dobranych wytycznych przy stosowanych środkach projektowych. Na il. 1 przedstawiona została wizja współczesnego miasta inteligentnego. Kwestią problematyczną danego zagadnienia jest synteza struktury w skali architektonicznej, w skali urbanistycznej oraz w skali planowania przestrzennego. Ponadto współczesne oczekiwania dotyczące kreowania struktury nadzorowanej w szerokim

global tendency to create smart cities (Dameri, 2017), both in newly designed structures and evolving urban centres, requires considering comprehensively selected guidelines when applying specific design measures. III. 1 presents the vision of a modern smart city. The problematic issue is the synthesis of design structure on the architectural scale, on the urban scale and on the spatial planning scale. In addition, contemporary expectations regarding the creation of a widely monitored structure on a continuous basis, require the introduction of appropriate architectural

II. 2. a) Schemat zbioru funkcji mieszkaniowej stanowiącej element zbioru budynku wielofunkcyjnego zlokalizowanego w inteligentnym mieście; b) perspektywa struktury inteligentnego miasta złożonego z budynków wielofunkcyjnych z wyszczególnieniem funkcji mieszkaniowej. Źródło: M. Gerigk, opracowanie własne

III. 2. a) A scheme of the residential function set that is an element of a multifunctional building set located in a smart city; b) a perspective of the smart city structure composed of multifunctional buildings with the specified residential function. Source: M. Gerigk, own elaboration



zakresie, i to w sposób ciągły, wymagają wprowadzenia odpowiednich narzędzi. Niemniej obsługa tak dużej ilości danych jest możliwa przy zastosowaniu programowo przygotowanych w działaniu baz danych wspomaganych zastosowaniem sztucznej inteligencji.

Dotychczas stosowane technologie mają charakter indywidualny. Są to pojedyncze usprawnienia, które nie wpływają znacząco na jakość życia mieszkańców, środowisko naturalne oraz ograniczenie wydatków publicznych (Czupich et al., 2016). Zarządzanie rozwojem miast inteligentnych powinno być ukierunkowane na systemowe rozwiązania. Zapewnienie uporządkowanego sposobu rozwoju ośrodków miejskich pozwoli uniknąć negatywnych skutków w jakimkolwiek zakresie oraz zapewni harmonijną strukturę współczesnego środowiska mieszkaniowego. Na il. 2 przedstawiono schemat zależności zbiorów oraz schematyczną perspektywę, gdzie określona prostym kreskowaniem funkcja mieszkaniowa stanowi część budynku wielofunkcyjnego, który z kolei jest wpisany w zbiór miasta jako całości.

2. CEL, ZAKRES I METODA BADAŃ

Przy coraz większych wymaganiach oraz ze względu na ograniczanie ekspansywnego korzystania z zasobów środowiska naturalnego niezbędne jest określenie wytycznych projektowych. Przedstawione badania mają na celu wykazanie możliwości teoretycznego aktualnego projektowania architektonicznego z uwzględnieniem szerokiego spektrum parametrów zewnętrznych związanych z kształtowaniem aktualnych ośrodków miejskich. Efektem tego jest określenie zbioru elementów systemu oraz przedstawienie schematu jego działania w postaci modelu teoretycznego. Zakres prowadzonych prac obejmuje analizę aktualnego stanu wiedzy w zakresie uwzględniania celów projektowania urbanistycznego ukierunkowanego na formę zarządzania przestrzennego architektonicznymi czynnikami. Następnie czynniki te zostały ujęte w zakresie kształtowania otoczenia miejskiego w skali architektonicznej przy analizie projektowanej funkcji mieszkaniowej w skali budynku.

W najszerszym ujęciu możliwe jest zobrazowanie funkcji mieszkaniowej jako elementu struktury zarządzania przestrzennego ujętego w ramy pojęcia tworzenia współczesnego miasta inteligentnego. Metoda badań i proponowany sposób kształtowania architektury polega na zestawieniu aktualnych kierunków w podjętych obszarach zakresu badań oraz zintegrowaniu ich możliwości w zdefiniowany system. Proponowane jest zastosowanie metod i technik sztucznej inteligencji. Podstawowy algorytm genetyczny, nazywany także elementarnym lub prostym algorytmem genetycznym (Rutkowski, 2009) umożliwia stworzenie szablonu struktury koncentrującej elementy architektoniczne w zintegrowany sposób i koncentrycznie względem projektowanej struktury mieszkaniowej z zakresem globalnych cech w obrębie miasta. Przyjęta strategia została opracowana na bazie analizy literaturowej oraz doświadczenia projektowego. Struktura została przedstawiona na il.3. za pomocą blokowego algorytmu genetycznego. Początkowa faza konsoliduje wytyczne, wskaźniki i standardy w bazę danych kryteriów projektowych. Efektem implikacji staje

design tools. Handling such a large amount of data is possible with the use of software-prepared databases supported by artificial intelligence.

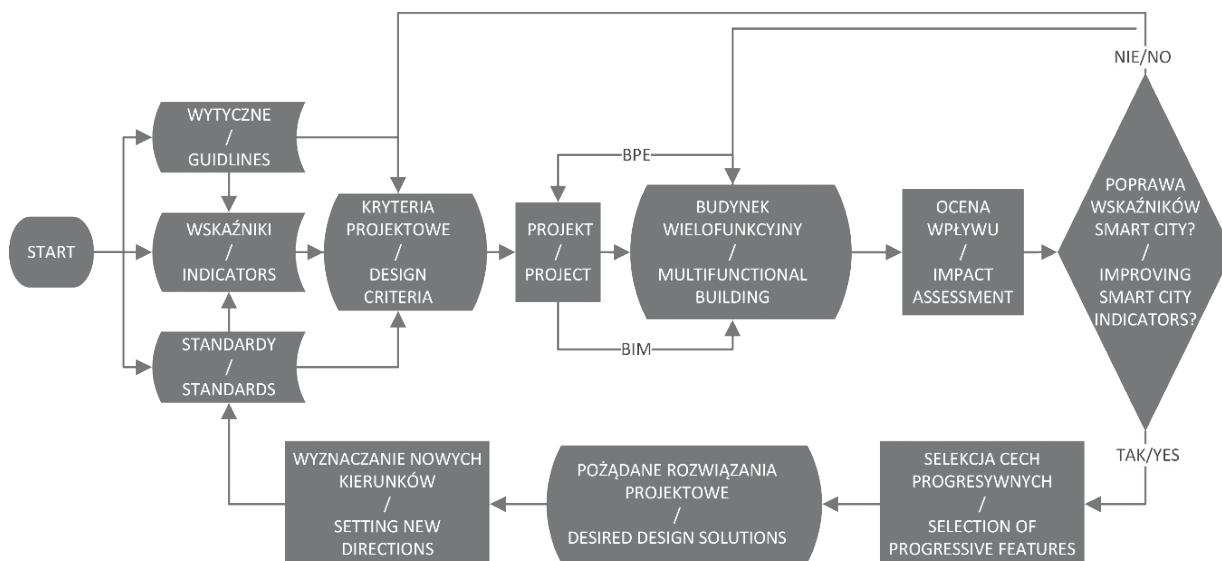
Technologies used so far in construction industry are considered individual. These are single improvements that do not significantly impact the quality of life of residents, the natural environment, or the reduction of public expenditures (Czupich et al., 2016). Managing the development of smart cities should follow systemic solutions. Ensuring a structured approach to urban development will avoid any negative consequences and ensure a harmonious structure of the modern housing environment. III. 2 shows interdependencies and a schematic perspective, where the residential function defined by linear hatching is part of a mixed-use building within the smart city structure.

2. AIM, SCOPE AND RESEARCH METHOD

It is essential to define design guidelines given the increasing design requirements and the need to limit the expansive use of natural resources. The presented research aims to demonstrate theoretical possibilities of current architectural design evolution, considering a broad spectrum of external parameters related to the current development of urban centres. The expected result is the identification of a set of system elements and the presentation of its operation scheme in the form of a theoretical model. The scope of work includes the analysis of the current literature review and state of knowledge, considering the objectives of the urban development focused on the form of spatial management of architectural factors. Moreover, it concerns the shaping of urban environment on the architectural scale while analysing the designed residential function in mixed-use buildings.

In the broadest sense, it is possible to visualize the residential function as an element of the spatial management structure defined in the concept of creating a smart city based on information technology. The research method and the proposed approach to architectural aspects involve combining current capabilities in the selected research areas and integrating them into a defined design system. The application of methods and techniques of artificial intelligence is becoming more frequent. The fundamental genetic algorithm, also known as the elementary or simple genetic algorithm (Rutkowski, 2009), allows for creating a template structure that concentrically integrates architectural elements with the designed residential structure, considering global features within the city. The adopted strategy is based on a literature review and personal design experience.

The proposed structure is presented in III. 3 using a block diagram of the genetic algorithm. The initial phase consolidates guidelines, indicators and design standards into a single database of design criteria. The result of this implication is the possibility of initiating the design process resulting in the subsequent database for a mixed-use building. Based on this, it is possible to assess the impact of the designed



Il. 3. Schemat blokowy algorytmu genetycznego projektowania budynku wielofunkcyjnego ukierunkowanego na utrwalanie statusu miasta inteligentnego. Źródło: M. Gerigk, opracowanie własne

III. 3. Flow chart of the genetic algorithm for multifunctional building design focused on consolidating the status of a smart city. Source: M. Gerigk, own elaboration

się podjęcie procesu projektowego, którego działanie definiuje kolejna baza danych dla budynku wielofunkcyjnego. Na jej podstawie dokonuje się oceny wpływu zaprojektowanego systemu. Występuje tu warunek zatrzymania wiersza poleceń. Należy podjąć decyzję czy obiekt wpływa korzystnie na poprawę wskaźników inteligentnego miasta. Jeżeli nie, obrana ścieżka wymusza zmianę kryteriów projektu lub zmianę eksploatowanego obiektu. Poprawa wskaźników pozwala na wyodrębnienie kierunków rozwoju nie tylko danej lokalizacji, ale systemu miast inteligentnych. Progresywne cechy stanowią podstawę do podnoszenia standardów budowlanych.

3. AKTUALNY STAN WIEDZY

Miasto inteligentne zawiera następujące komponenty: transport, zdrowie, środowisko, energię, bezpieczeństwo, biura i mieszkania, administrację i przemysł, które działają w oparciu o wielopoziomą architekturę inteligentnego miasta (Gaur et al., 2015). Odnosząc się do il. 1., wizja współczesnego miasta inteligentnego opracowana została za pomocą sztucznej inteligencji. Miasto zostało przedstawione jako intensywnie zagospodarowane i zobrażowane tak, jak je dzisiaj znamy. Poszukiwanie sposobów na ulepszenie tego stanu rzeczy jest cały czas przedmiotem rozważań teoretycznych oraz prób realizacji coraz bardziej eksperymentalnych budynków. Teoretyczne rozważania na temat modelu miasta inteligentnego cały czas ewoluują (Zwick, Spicer, 2023), szczególnie gdy zestawiane są z praktycznym podejściem do zagadnienia. Rozwój celów zasadniczych dla miasta inteligentnego zmierza do wdrażania nowych technologii, które przede wszystkim wpływają korzystnie na relacje społeczne. Obecnie w dążeniu do realizacji założeń zrównoważonego rozwoju miasta wdrażają charakterystykę rozległych tematycznie raportów. Brak ujednolicenia prowadzonych działań przez poszczególne ośrodki zaowocował wprowadzeniem pierwszego międzynarodowego systemu certyfikacji ISO 37120 (w Polsce: ISO37120:2015-03, Zrównoważony rozwój społeczny

system. At this point, a stopping condition occurs in the command sequence, and a decision should be made whether the object has a positive impact on improving the smart city indicators for a given location. If not, the chosen path forces a change in the project criteria or a modification of the operated object. On the other hand, improving the indicators allows for the identification of further development directions, not only for a specific location, but also for the entire smart city system. Progressive features serve as the basis for creating desired design solutions that can contribute to raising overall building standards.

3. STATE OF THE ART

The concept of a smart city encompasses the following intelligent components: transportation, health-care, environment, energy, security, offices and housing, administration, and industry, all operating based on the multi-level architecture of a smart city (Gaur et al., 2015). Il. 1 presents the vision of a modern smart city developed by an artificial intelligence programme. The city was presented as an intensively built environment and depicted as it is known today. The search for ways to improve this situation is still the subject of theoretical considerations and attempts to design increasingly experimental building. Theoretical discussions about smart city models continue to evolve (Zwick, Spicer, 2023), especially when compared with practical approaches to this issue. The development of fundamental goals for a smart city is aimed at implementing innovative technologies that, primarily, positively impact social relations. Currently, in pursuit of sustainable development goals, cities are implementing comprehensive thematic reports. The lack of unification of actions taken by individual centres led to the introduction of the first international certification system, ISO 37120 (in Poland: ISO37120:2015-03, Socially

– wskaźniki usług miejskich i jakości życia). Standaryzacja globalna jest wspierana przez międzynarodowe instytucje oraz wpływa pozytywnie na rozwój miasta ukierunkowany na długoterminowy rozwój zrównoważony, gdzie perspektywa czasowa narzuca mierzenie się z konsekwencjami już na etapie definiowania założeń projektowych. W ten sposób w uproszczony sposób możliwe jest eliminowanie propozycji, które w pierwszej reakcji dają efekt korzystny, jednak po zamknięciu się cyklu eksploatacji mogą stanowić realne zagrożenie dla podtrzymania całej struktury. Szczególnie w zakresie zarządzania, przejrzystości i dostępu do informacji, wiarygodności finansowej, pozyskiwania inwestorów (Fijałkowska, Aldea, 2017) miasta inteligentne domyślnie dążą do przekształcenia struktury. Istnieją próby realizacji inteligentnych miast od podstaw, jak np. PlanIT Valley w Portugalii – koncepcyjne miasto działające w oparciu o Urban Operating System (UOS) czy Masdar City w Zjednoczonych Emiratach Arabskich – projekt w trakcie budowy o powierzchni docelowej 640 ha (Karbowniczek, 2018). Potencjał ewolucji miast ma nieograniczone pole rozwoju. Może potwierdzić to projekt Artisanopolis, koncepcji samowystarczającego miasta na wodzie. Jednak w większości przypadków wyzwaniem będzie dojście do zaawansowanego etapu rozwoju miast inteligentnych (Węclawowicz-Bilska, 2017), w którym mieszkańcy podejmą kierunki rozwoju oparte o technologie informatyczne. Technologie działać będą na bazie urządzeń fizycznych, których stosowanie w perspektywie czasu okaże się niepotrzebne. Być może będzie to czas, w którym zaczną się mówić więcej o ograniczeniach, które społeczność miejska powinna akceptować. Dzięki przetwarzaniu dużych ilości danych możliwe jest rozwijanie wiedzy na temat funkcjonowania miast. Zasoby te można określić za pomocą klasyfikacji zawierającej źródła sensoryczne, użytkowników, administrację, prywatny sektor, historyczne i humanistyczne oraz hybrydowe, które poddane analizie sztucznej inteligencji wspomagają proces projektowania (Kamrowska-Załużska, Bibri, 2021). Zbiór danych pozwala wejść w tendencje rozwojowe, pozwala na stworzenie tzw. cyfrowego bliźniaka (Abramowicz-Gerigk et al., 2024), wirtualnej rzeczywistości odwzorowującej rzeczywisty stan. Dane jednego ośrodka miejskiego w zestawieniu z innymi pozwalają wytyczać zunifikowane kierunki rozwoju. Próba aktywizacji przy tworzeniu globalnej wizji zaangażowania ośrodków miejskich jest ranking miast Cities in Motion Index (CIMI), który na podstawie własnego autorskiego kalkulatora uzależnia pozycje miast wyznaczających trendy rozwojowe (Berrone, Ricart, 2022). Tutaj model jest oparty o zmienne informacje statystyczne względem szczegółowych wskaźników bazujących na międzynarodowych źródłach, takich jak np. United Nations, Euromonitor, UNESCO, QS Top Universities i inne. Zbiór powyższych tendencji stawia wysokie wymagania w odniesieniu do budynków istniejących oraz projektowanych. Wpływ realizowanych projektów na jakość przestrzeni ich najbliższego otoczenia, ale i również w szerszym otoczeniu może oddziaływać pośrednio na całą tkankę urbanistyczną. Kreowanie nowych rozwiązań powinno uwzględniać możliwość dostosowywania się w czasie do zaostrażających się wymagań (Gerigk, 2017b).

Sustainable Development – Indicators for City Services and Quality of Life). Global standardization is supported by international institutions and has a positive impact on the long-term sustainable urban development. The temporal perspective requires dealing with consequences already at the stage of defining the project assumptions. This simplified approach allows for the elimination of proposals that may initially give favourable results, but also could pose real threats to the overall structure once the exploitation cycle ends.

Especially in terms of management, transparency, and access to information, financial credibility, and investor acquisition (Fijałkowska, Aldea, 2017), smart cities, by definition, aim to transform existing structures. However, there are also efforts to implement smart city concepts from scratch, such as PlanIT Valley in Portugal, a conceptual city based on the Urban Operating System (UOS), or Masdar City in the United Arab Emirates, an ongoing project with a target area of 640 ha (Karbowniczek, 2018). The evolution of smart city structures has an unlimited growth potential and could be also a form of investment within the global market economy. Projects like Artisanopolis, a self-sufficient water-based city, confirm this potential. However, the challenge lies in reaching the most advanced stage of smart city development (Węclawowicz-Bilska, 2017), where residents consciously embrace technology-driven directions of growth. Naturally, these technologies will operate based on physical devices which may become obsolete over time. Perhaps this will be the time when discussions focus more on the limitations that urban communities must accept.

Currently, by creating and processing vast amounts of data, it is possible to develop knowledge about the functioning of cities. Moreover, the representation of information resources includes sensory sources, users, government, private sector, historical and humanistic, and hybrid, which, collected and analysed with the help of artificial intelligence, support the design process (Kamrowska-Załużska, Bibri, 2021). The data which is available today allows us to gain insights into urban development trends and create the so-called "digital twin" (Abramowicz-Gerigk et al., 2024), a virtual reality that mirrors the real state. However, the true potential lies in comparing data from one urban centre with others, enabling the identification of unified and universal potential development directions. An attempt to engage cities globally in a shared vision positioning by the Cities in Motion Index (CIMI), a ranking system that positions cities based on their trend-setting capabilities (Berrone, Ricart, 2022). This model relies on statistical information and detailed indicators sourced from international bodies such as United Nations, Euromonitor, UNESCO, QS Top Universities, and others. The combination of the above trends places high demands on existing and planned buildings. The impact of implemented projects concerns not only the quality of space in their immediate surroundings, but also may indirectly affect the entire urban fabric.

Sprostanie licznym wymaganiom należy realizować w oparciu o wielokriterialne sposoby modelowania (Gerigk, 2017a). Uchwycenie kształtu całości kontekstu otoczenia ma na celu przedstawienie odpowiedzi projektowej podporządkowanej hierarchii logicznie (Sernadas, 1980) działającej rzeczywistości (Gerigk, 2022).

4. KOMPILACJA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA KSZTAŁTOWANIE ZABUDOWY W OBRĘBIE INTELIGENTNEGO MIASTA

Definiowanie kryteriów projektowych uzależnione jest od wytycznych, wskaźników oraz standardów. Tworząc bazy danych, określone zostają cechy, które stają się wytycznymi projektowymi. Norma ISO37120:2015-03 obejmuje 17 obszarów tematycznych (Fijałkowska, Aldea, 2017). Międzynarodowy ranking miast IESE Cities in Motion Index 2022 zawiera osiem głównych grup wskaźników (Berrone, Ricart, 2022). Natomiast (Batty et al., 2012) topologia inteligentnych miast przyszłości, czyli najważniejsze elementy struktury, określa sześć głównych kategorii, z których wydzielone zostały następnie szczegółowe podkategorie wielopoziomowych charakterystyk informacyjnych. Szablon struktury poszczególnych baz danych można podzielić na bazy danych podatne na zmiany oraz bazy danych bardziej ustabilizowanych. Można tutaj określić, że standaryzacja (wg tabeli 1, Zbiór N) oraz określanie kryteriów podstawowych (wg tabeli 1, Zbiór B) ma na celu ustabilizowanie przepływu danych oraz zorientowanie ich w kierunku realizacji projektu. Natomiast bazy opierające się na bieżących danych statystycznych, które określają topologię (wg tabeli 1, Zbiór Sc) i są podstawą pomiarów indeksów okresowych (wg tabeli 1, Zbiór M) pozwolą na ewolucję projektu w kierunku osiągania kroków milowych do podnoszenia poziomu struktury miasta inteligentnego w czasie. Podkreślić tutaj należy, że obecnie realizowane działania można określić jako niezależne. Ze względu na zastosowanie jednego kierunku działań może okazać się, że elementy jednej bazy mogą być sprzeczne z danymi innej. Wykluczanie się niektórych rozwiązań jest cechą naturalną, gdzie zgodnie z działaniem algorytmu selekcja cech pożądanых ma na celu tworzenie najlepszych rozwiązań. Należy tutaj podkreślić, że sama symulacja prototypowanego projektu nie jest gwarantem odniesienia korzyści globalnej dla całego systemu. Powodzenie projektu można przeanalizować dopiero w perspektywie dłuższego czasu przy monitorowaniu realizacji i obserwacji wpływu efektów. Przy rozwijającej się technologii informatycznej stworzenie tzw. cyfrowego bliźniaka projektowanego budynku wymagałoby opracowania systemu do monitorowania i oceny bardzo dużej ilości danych. Technologia kwantowego uczenia maszynowego teoretycznie mogłaby być pożądanym rozwiązaniem, jednak tutaj należałoby się zmierzyć z odpowiednim przygotowaniem środków definiujących przepływ informacji wejściowych i wyjściowych, ocenę kosztów oraz pozycjonowania tych rozwiązań (Biamonte et al., 2017).

While creating innovative solutions, the adaptability over time to increasingly stringent requirements (Gerigk, 2017b) should be considered. Meeting multiple demands should be achieved by the multi-criteria modelling methods (Gerigk, 2017a). Capturing the overall context of the environment aims to present a design response that adheres to a logical hierarchy (Sernadas, 1980) within an operational reality (Gerigk, 2022).

4. COMPILATION OF FACTORS INFLUENCING URBAN DEVELOPMENT WITHIN SMART CITIES

The definition of design criteria depends on guidelines, indicators, and standards. When creating databases, specific features are determined which then become design guidelines. The ISO 37120:2015-03 standard covers seventeen thematic areas (Fijałkowska, Aldea, 2017). The international city ranking, IESE Cities in Motion Index 2022, includes eight main groups of indicators (Berrone, Ricart, 2022). Meanwhile, as explained in (Batty et al., 2012), the topology of future smart cities, that is, the main elements of the structure, determines six principal areas, with further subcategories specifying the scope of multi-level information characteristics. The structure of individual databases consists of those that are more dynamic (susceptible to changes) and those that are more stabilized. Standardization (according to Table 1, Set N) and defining basic criteria (according to Table 1, Set B) aim to stabilize the flow of data and orient it towards project implementation. On the other hand, databases based on current statistical data, which define the topology (according to Table 1, Set Sc) and serve as the basis for periodic index measurements (according to Table 1, Set M), allow a project to evolve towards achieving milestones in enhancing the structure of a smart city over time. It is important to note that actions currently being implemented can be independent. However, due to the alignment of efforts, elements from one database may conflict with the elements of another. The exclusion of certain solutions is a natural feature, where the selection of desired features is aimed at creating the best outcomes. It should be emphasized that the mere simulation of a prototype project does not guarantee global benefits for the entire system. The success of the project can only be confirmed after analysing it over a longer period when monitoring its implementation and observing the impact of its effects. In the context of advancing information technology, creating the so-called "digital twin" of a designed building would require the development of a system for monitoring and evaluating a substantial amount of data. Theoretically, quantum machine learning technology could be a desirable solution, but it would involve addressing the appropriate preparation of resources defining the flow of input and output information, cost assessment, and positioning of these solutions (Biamonte et al., 2017). Table 1 presents guidelines for implementing the first part of the algorithm in the process of designing a mixed-use building.

Tabela 1. Zbiór wytycznych dla realizacji algorytmu w procesie projektowym budynku wielofunkcyjnego. Źródło: M. Gerigk, opracowanie własne
Table 1. Set of guidelines for algorithm implementation in the multifunctional building design process. Source: M. Gerigk, own elaboration

Symbol Symbol	Pełna nazwa Full name	Zbiór Set	Symbol Symbol	Pełna nazwa Full name	Zbiór Set
Sc	Topologia inteligentnych miast przyszłości/ Smart Cities of the Future Topology		N	ISO37120:2015-03	
Sc1	Inteligentna gospodarka:/ Smart economy:	Sc1	N1	Bezpieczeństwo / Safety	N
Sc1.1	Duch innowacji/ Innovatice spirit	Sc1	N2	Woda i warunki sanitarne/ Water and sanitation	N
Sc1.2	Przedsiębiorczość/ Enterpreneurship	Sc1	N3	Edukacja / Education	N
Sc1.3	Wizerunek gospodarczy i znaki towarowe/ Economic image & trademarks	Sc1	N4	Energia / Energy	N
Sc1.4	Wydajność/ Productivity	Sc1	N5	Finanse / Finances	N
Sc1.5	Elast. rynku pracy/ Flex. of labour market	Sc1	N6	Gospodarka / Economy	N
Sc1.6	Międzynarodowe zakorzenienie/ International embeddedness	Sc1	N7	Pożarnictwo i zarządzanie kryzysowe / Firefighting and emergency response	N
Sc1.7	Możliwość transformacji/ Ability to transform	Sc1	N8	Planowanie przestrzenne / Spatial planning	N
Sc2	Intel. ludzie – kapitał społeczny i ludzki:/ Smart people - social and human capital:	Sc2	N9	Rekreacja / Recreation	N
Sc2.1	Poziom kwalifikacji/ Level of qualification	Sc2	N10	Kanalizacja sanitarna / Sanitary Sewage	N
Sc2.2	Zamiłowanie do uczenia się przez całe życie/ Affinity to life long learning	Sc2	N11	Odpady / Waste	N
Sc2.3	Różnorodność społeczna i etniczna/ Social and ethnic plurality	Sc2	N12	Środowisko / Environment	N
Sc2.4	Elastyczność/ Flexibility	Sc2	N13	Telekomunikacja i innowacja / Telecommunications and innovation	N
Sc2.5	Kreatywność/ Creativity	Sc2	N14	Transport / Transport	N
Sc2.6	Kosmopolityzm / Cosmopolitanism	Sc2	N15	Pomoc społeczna / Social service	N
Sc2.7	Udział w życiu publicznym/ Participation in public life	Sc2	N16	Zarządzanie, ład organizacyjny / Management, governance	N
Sc3	Inteligentne rządzenie – uczestnictwo:/ Smart governance – participation:	Sc3	N17	Zdrowie / Health	N
Sc3.1	Usługi publ. i społ./ Public and social services	Sc3			
Sc3.2	Udział w podejmowaniu decyzji/ Participation in decision-making	Sc3			
Sc3.3	Przejrzyste zarządz./ Transparent governance	Sc3			
Sc3.4	Strategie i perspektywy polityczne/ Political strategies & perspectives	Sc3	M	IESE Cities in Motion Index	
Sc4	Inteligentna mobilność – transport i ICT:/ Smart mobility- transport and ICT:	Sc4	M1	Kapitał ludzki / Human capital	M
Sc4.1	Dostępność lokalna/ Local accessibility	Sc4	M2	Spójność społeczna / Social cohesion	M
Sc4.2	Dostępność międzynarodowa/krajowa/ Inter-/national accessibility	Sc4	M3	Gospodarka / Economy	M
Sc4.3	Dostępność infrastruktury teleinformatycznej/ Availability of ICT infrastructure	Sc4	M4	Środowisko / Environment	M
Sc4.4	Zrównoważone, innowacyjne i bezpieczne systemy transportowe/ Sustainable, innovative and safe transport systems	Sc4	M5	Mobilność i transport / Mobility and transport	M
Sc5	Inteligentne środowisko:/ Smart environment:	Sc5	M6	Urbanistyka / Urban planning	M
Sc5.1	Atrakcyjność warunków naturalnych/ Attractivity of natural conditions	Sc5	M7	Profil międzynarodowy / International Profiles	M
Sc5.2	Zanieczyszczenie/ Pollution	Sc5	M8	Technologia / Technology	M
Sc5.3	Ochrona środowiska/ Environmental protection	Sc5			
Sc5.4	Zrównoważone zarządzanie zasobami/ Sustainable resource management	Sc5			
Sc6	Inteligentne życie – jakość życia: / Smart living – quality of life:	Sc6			
Sc6.1	Obiekty kulturalne/Cultural facilities	Sc6	B	Kryteria podstawowe / Basic Criteria	B
Sc6.2	Warunki zdrowotne/ Health conditions	Sc6	B1	Estetyka / Aesthetics	B
Sc6.3	Bezpieczeństwo indywid./ Individual safety	Sc6	B2	Funkcjonalność / Functionality	B
Sc6.4	Jakość mieszkalnictwa/ Housing quality	Sc6	B3	Ochrona środowiska / Natural Environment Protection	B
Sc6.5	Obiekty edukacyjne/ Education facilities	Sc6	B4	Bezpieczeństwo systemu / System Safety	B
Sc6.6	Atrakcyjność turystyczna/ Touristic attractivity	Sc6	B5	Wydajność systemu / System Effectiveness	B
Sc6.7	Spójność społeczna/ Social cohesion	Sc6	B6	Elastyczność funkcjonalna / Functional variability	B

W tabeli 1 przedstawiona została baza wytycznych do realizacji pierwszej części algorytmu. Obserwując rozwój podejścia do miast inteligentnych, widoczna jest polaryzacja kierunków działań. Zmiana koncepcji technocentrycznego na rzecz humanocentrycznego myślenia w definiowaniu pojęcia inteligentnego miasta przy wykorzystaniu możliwości technologicznych (Mortaheb, Jankowski, 2023) będzie stanowiło wyzwanie dla dziedzin związanych z socjologią i psychologią rozwijającej się cywilizacji. Przedstawiane idee, jak to zawsze bywało w architekturze (Lefas, 2000), kreują rzeczywistość, podporządkowując sobie działanie człowieka, co może mieć wpływ na tryb życia mieszkańców (Rojas-Carvajal et al., 2022). Intensywnie zagospodarowane miasta w dużym stopniu zabudowane są obiektami wielofunkcyjnymi, co ma swoje uzasadnienie w korzyściach oszczędnego gospodarowania przestrzenią (Gerigk, 2015). Obecnie obserwujemy tworzenie coraz większych założeń projektowych, nie tylko pod względem wysokości, ale i kubatury. Projektowane duże zespoły mieszkaniowe mogą mieć istotny wpływ

Observing the development of the design approach to smart cities, one can discern a polarization of directions. Shifting from a techno-centric mindset to a human-centric one in defining the concept of a smart city leveraging advanced technological capabilities (Mortaheb, Jankowski, 2023) poses a challenge for fields related to the sociology and psychology of evolving civilization. The proposed design aspects, as has always been the case in architecture (Lefas, 2000), shape reality by subordinating human actions, potentially influencing the contemporary lifestyles of residents (Rojas-Carvajal et al., 2022). Large scale mixed-use buildings create intensively developed urban centres and give benefits of economical space management (Gerigk, 2015). Currently, we witness the formulation of increasingly ambitious design principles, not only in terms of height, but also volume. Large-scale residential complexes under development can significantly impact the creation of neighbourly relations

Tabela 2. Zbiór elementów dla funkcji mieszkaniowej w procesie projektowym budynku wielofunkcyjnego. Źródło: M. Gerigk, opracowanie własne
Table 2. Set of elements for the residential function in the multifunctional building design process. Source: M. Gerigk, own elaboration

Symbol Symbol	Pełna nazwa Full name	Zbiór Set	Symbol Symbol	Pełna nazwa Full name	Zbiór Set
P	Fazy cyku życia / Lifecycle phases	P	MBS	System budynku wielofunkcyjnego / Multifunctional Building System	
p1	Prace wstępne / Initial Work	P	I	Wewnętrzny system funkcjonalny / Internal Functional System	I
p2	Koncepcja / Concept	P	F	System funkcjonalny / Functional System	I
p3	Projekt / Project	P	F.1	Funkcja mieszkaniowa/ Residential function	I
p4	Budowa / Construction	P	F.1.1	Typ jednostki / Unit type	I
p5	Eksploatacja / Exploitation	P	F.1.2	Standard jednostki / Unit standard	I
p6	Zużycie / Waste	P	F.1.3	Strefa dzienna / Day zone	I
p7	Przetworzenie / Recycling	P	F.1.4	Strefa nocna / Night zone	I
			F.1.5	Strefa zewnętrzna / Exterior zone	I
			F.1.6	Strefa opcjonalna / Optional zone	I
S	Grupa interesariuszy / Stakeholders group	S	C	System konstrukcyjny / Construction System	I
s1	Konsorcjum inwestorskie / Investor consortium	S	T	System technologiczny / Technology System	I
s2	Architekt / Architect	S	E	Zewnętrzny system funkcjonalny / External Functional System	E
s3	Menedżer projektu / Project manager	S	e1	System warunków atmosferycznych / Weather Conditions System	E
s4	Inżynierowie konstrukcji / Construction engineers	S	e2	Miejski system zieleni / Urban Greenery System	E
s5	Inżynier bezpieczeństwa / Safety engineer	S	e3	Miejski system funkcjonalny / Urban Functional System	E
s6	Wykonawca / Contractors of construction works	S	e4	System sieci społecznej / Social Network System	E
s7	Dostawcy materiałów / Material suppliers	S	e5	System infrastruktury technicznej / Technical Infrastructure System	E
s8	Dostawcy technologii / Technology providers	S	e6	Miejski system logistyczny / City Logistics System	E
s9	Firma recyklingowa / Recycling company	S	e7	Miejski system transportowy / City Transportation System	E
s10	Samorząd / Local government	S	G	Globalny system środowiska / Global Environment System	G
s11	Lokalna społeczność / Local community	S	g1	System środowiska naturalnego / Natural Environment System	G
s12	Usługi publiczne / Public services	S	g2	System Socjalny / Social System	G
s13	Personel obiektu / Facility staff	S	g3	System Prawny / Legal System	G
s14	Użytkownicy budynku / Building users	S	g4	System Ekonomiczny / Economic System	G
s15	Zarządca nieruchomości / Property administrator	S	g5	System Geograficzny / Geographic System	G
s16	Regulator rynku nieruchomości / Real estate market regulator	S	g6	System Zarządzania Terenem / Land Management System	G
s17	Firma ubezpieczeniowa / Insurance company	S			

na kreowanie przestrzeni tworzących relacje sąsiedzkie, jak i budowanie relacji emocjonalnej użytkownika z obiektem (Niebrzydowski, 2023). W dalekiej przyszłości może udać się osiągnąć model funkcjonowania miasta jako w całości kontrolowanej struktury. Można się spodziewać, że dochodzenie do takiego stanu rzeczy będzie procesem długotrwałym. Dlatego ważne jest działanie oddolne, czyli budowanie dużej struktury od najmniejszych elementów przy wysokiej świadomości fundamentalnych i rozwijających się potrzeb człowieka (Max-Neef, 1992).

5. WPROWADZENIE PARAMETRÓW PROJEKTOWYCH DLA FUNKCJI MIESZKANIOWEJ W ODNIESIENIU DO BUDYNKU WIELOFUNKCYJNEGO

Patrząc na skalę urbanistyczną funkcja mieszkaniowa jest elementem leżącym u podstaw zarówno struktury funkcjonalnej miasta, jak i fundamentalnych potrzeb człowieka. Funkcja mieszkaniowa jest elementem całej struktury projektowej. Strukturę obiektu wielofunkcyjnego można określić, bazując na modelu wielokryterialnym (Taraszkiewicz, Gerigk, 2023), rozwijając go o elementy definiujące mieszkalną strukturę funkcjonalną. System funkcjonalny (wg tabeli 2, Symbol F) został rozwinięty o podsystem funkcji mieszkaniowej (wg tabeli 2, Symbol F.1), w którym zostały wyszczególnione kluczowe podrzędne elementy struktury, są to wg tabeli 2: Typ jednostki (F.1.1), Standard jednostki (F.1.2), Strefa dzienna (F.1.3), Strefa nocna (F.1.4), Strefa zewnętrzna (F.1.5), Strefa opcjonalna (F.1.6). Zaproponowany dobór cech rozwinięty został do elementów, które umożliwiają szczegółowy opis podstawowej jednostki mieszkalnej. W całościowym zestawieniu taka konfiguracja parametrów ma na celu umożliwienie sortowania otrzymywanych parametrów dla potrzeb prowadzonej statystyki oraz uczenia maszynowego systemów w obrębie miasta inteligentnego.

6. STRUKTURA FUNKCJONALNA MIESZKANIOWA W UJĘCIU SIECIOWYM

Zdefiniowane zbiory elementów zestawione ze sobą za pomocą określonego algorytmu umożliwiają stworzenie modelowej sieci neuronowej. Jest to reprezentacja rzeczywistej struktury w formie cyfrowej. Schemat sieci neuronowej dla struktury funkcji mieszkaniowej budynku wielofunkcyjnego przy zastosowaniu algorytmu genetycznego projektowania miast inteligentnych został przedstawiony na il. 4. Schemat zawiera 126 wierzchołków oraz 129 połączeń i przedstawia strukturę dynamiczną. Oznacza to możliwość dokonywania zmian na bieżąco w każdym kierunku. W prawym dolnym rogu wyszczególniony został zakres funkcji mieszkaniowej. Działanie tej struktury koncentruje w kryteriach podstawowych (B) wymagania określone poprzez wskazaną topologię (Sc), standardy (N) oraz wskaźniki (M) dotyczące kształtowania miast inteligentnych. Następnie kryteria wprowadzone są do projektu przez grupę interesariuszy (S) w poszczególnych fazach projektu (P, p1-p7). Projekt w momencie powstawania tworzy bazę informacji o budynku – ang. skrót BIM (Dakhli et al., 2019), która następnie będzie szablonem dla oceny wydajności budynku – ang. skrót BPE (Salama, 2016). W formie cyfrowej będzie to element umożliwiający zarządzanie całym

and foster emotional connections between users and their environment (Niebrzydowski, 2023). In the distant future, achieving a fully controlled city model may be possible. However, reaching such a state will be a prolonged process. Therefore, grassroots efforts—building a comprehensive structure from the smallest elements—remain crucial, driven by a deep awareness of fundamental and evolving human needs (Max-Neef, 1992).

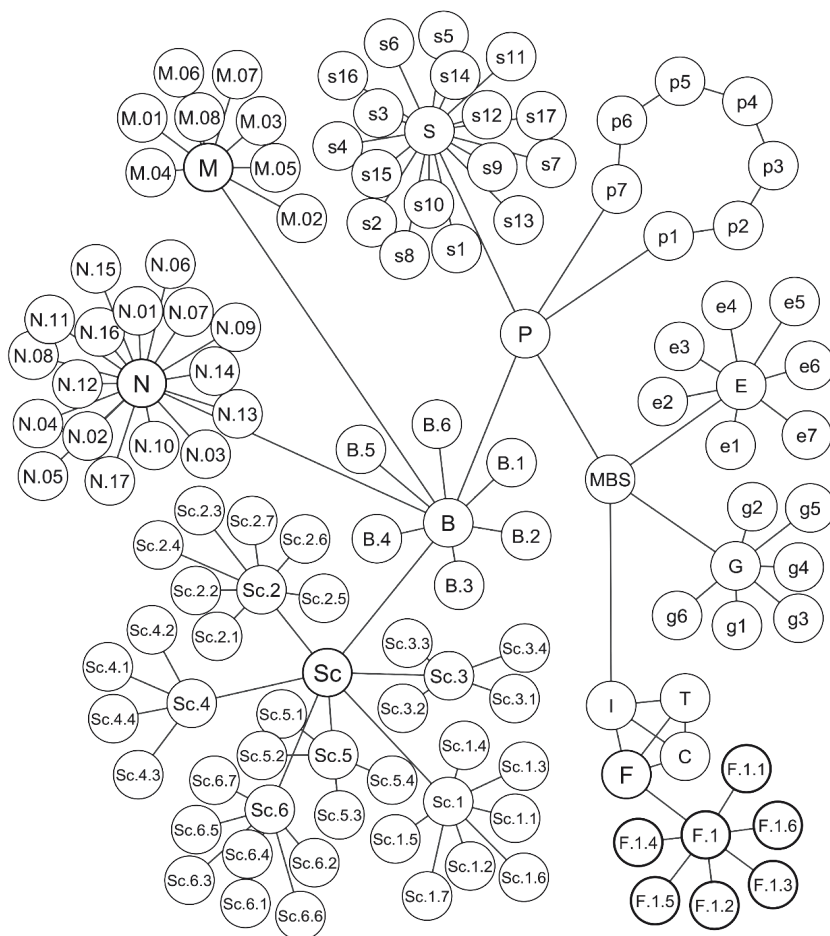
5. INTRODUCTION OF DESIGN PARAMETERS FOR THE RESIDENTIAL USE IN RELATION TO MIXED-USE BUILDINGS

Considering the urban scale, residential function is a fundamental element that underpins both the functional structure of a city and human needs. The residential function plays a crucial role within the entire design framework. The structure of a mixed-use building can be determined based on a multi-criteria model (Taraszkiewicz, Gerigk, 2023) by expanding it with elements that define the residential functional structure.

The expansion of functional system (according to Table 2, symbol F) includes the residential use subsystem (according to Table 2, symbol F.1). The key subordinate elements of the structure are in Table 2. These elements include: Unit Type (F.1.1), Unit Standard (F.1.2), Daytime Zone (F.1.3), Nighttime Zone (F.1.4), Outdoor Zone (F.1.5), and Optional Zone (F.1.6). The proposed selection of features encompasses elements that allow for a detailed description of the basic residential unit. In the overall context, this configuration of parameters aims to facilitate the sorting of the received parameters for statistical purposes and machine learning within the framework of a smart city.

6. FUNCTIONAL RESIDENTIAL STRUCTURE IN THE NETWORK CONTEXT

Defined sets of elements, combined using a specific algorithm, enable the creation of a model neural network. This digital representation mirrors the actual structure. Ill. 4 presents the neural network diagram for the structure of the residential function in a mixed-use building using the genetic algorithm for the designing of smart cities. The diagram comprises 126 vertices and 129 connections representing a dynamic structure. This flexibility allows real-time adjustments in various directions. The scope of the residential function is detailed in the lower right corner of the network. The operation of this structure focuses on fundamental criteria (B), requirements defined by specified topology (Sc), standards (N), and indicators (M) regarding the shaping of smart cities. Subsequently, stakeholders (S) introduce these criteria into the project during different project phases (P, p1-p7). As the project evolves, it generates a building information model BIM (Dakhli et al., 2019) that serves as a template for assessing the building performance BPE (Dakhli et al., 2019). In digital form, this element will enable the management of an entire



Il. 4. Schemat sieci neuronowej struktury funkcji mieszkaniowej budynku wielofunkcyjnego przy zastosowaniu algorytmu genetycznego projektowania miast inteligentnych. Źródło: M. Gerigk, opracowanie własne

III. 4. Neural network diagram for the structure of the residential function in a multifunctional building using a genetic algorithm for the design of smart cities. Source: M. Gerigk, own elaboration

budynkiem wielofunkcyjnym w formie systemu budynku wielofunkcyjnego (MBS). W niższych rzędach od tego węzła znajduje się globalny system środowiska (G), a także systemy funkcjonalne zewnętrzny (E) oraz wewnętrzny (I). Wewnętrzny system funkcjonalny zawiera podsystemy: technologiczny (T), konstrukcyjny (C) oraz funkcjonalny (F). Schodząc w zakresie funkcji do kolejnego rzędu niżej otrzymujemy tkankę mieszkaniową. Tutaj pojawiają się jej składowe omówione w poprzednim rozdziale. W założonym działaniu sieci w tym miejscu pozyskane zostają dane statystyczne i przekazane do bazy danych. Ich przetworzenie oraz ocena umożliwiają określenie kierunku progresywnego w rozwoju procesu projektowego w obrębie miasta inteligentnego.

7. DYSKUSJA

Omawiane zagadnienie jest przedstawione na poziomie uogólnienia dobranym świadomie w celu uczytelnienia proponowanego rozwiązania oraz zaistniałych problemów. Definicja algorytmu przedstawionego na il. 3 stanowi strukturę, która przeznaczona jest do pracy ciągłej w celu monitorowania zasobów struktury architektonicznej. Proces ten może również stanowić schemat postępowania przy budynku istniejącym, który poddany rewitalizacji stanowi element dodany do struktury miasta. Proponowany system można określić cyfrowym

mixed-use building as part of a Mixed-use Building System (MBS). Below this node, we find the global environmental system (G), as well as the external (E) and internal (I) functional systems. The internal functional system includes following subsystems: technological (T), construction (C) and functional (F). Descending further in the hierarchy, we get to the residential level. Here, we encounter the components discussed in the previous section. In the envisioned network operation, collecting of statistical data at this level enables to complete the database. Processing and evaluating this data allow to determine the progressive direction in the design process within a smart city.

7. DISCUSSION

The topic is presented in a deliberately generalized form to clarify the proposed solution and the existing issues. The definition of the algorithm depicted in III. 3 represents a structure dedicated to continuous work for monitoring the use of architectural resources. This process may also serve as a procedural framework for existing buildings undergoing revitalization, integrating them into the city structure. The proposed system is a digital twin for an existing building. In the case of parallel replication, it

bliźniakiem dla istniejącego budynku. W przypadku zwielokrotnienia równoległego może być uruchomiony na dużej liczbie obiektów. Operowanie na większym zakresie obiektów może wymagać dostosowania poprzez uproszczenie parametrów. Schemat sieci neuronowej umożliwia aktualną diagnozę zasobu nieruchomości i lepsze zarządzanie terenami zurbanizowanymi. Często poszukiwane są idee architektoniczno-urbanistyczne prezentujące, jak może wyglądać inteligentne miasto przyszłości. Sztuczna inteligencja umożliwia generowanie obrazu, korzystając z zasobów informacji globalnej. Na il. 5 przedstawione zostały wizualizacje pokazujące perspektywę, jak może wyglądać w przyszłości inteligentne miasto z budynkami wielofunkcyjnymi. Porównując tę propozycję z il.1 wizją aktualnego wyobrażenia, widać wyraźnie ukierunkowanie nie na wygląd, ale na atrybuty zabudowy, które w odbiorze wzrokowym zwiększają atrakcyjność struktury miejskiej. Analiza przedstawionych struktur pozwala się tutaj odnieść do elementów zawartych w wytycznych, wskaźnikach, standardach czy opracowaniach teoretycznych. Jednak w rzeczywistości to dane statystyczne i dopiero weryfikacja praktyczna może potwierdzić zasadność podjętych działań. Ocena wydajności budynku monitorowana w trybie ciągłym powinna wykazywać tendencje do optymalizacji struktur budowlanych. Zestaw kryteriów podstawowych zawiera przyjęte kryterium elastyczności funkcjonalnej (B6), które umożliwi dostosowywanie funkcji mieszkaniowej do

can spread across multiple objects. Operating on a larger scale may require simplification of parameters. The neural network diagram enables real-time property diagnostics and improved management of urbanized areas.

How might look the future shape of a smart city within the architectural and urban framework? Artificial intelligence enables image generation using global information resources. Ill. 5, depicts visualizations representing the perspective of how a smart city with mixed-use buildings might look like in the future. Comparing this proposal with the vision in Ill. 1, it is evident that the focus is not solely on the appearance, but also on the attributes of the built environment, enhancing the visual appeal of the urban structure. The analysis of these structures allows us to relate them to the elements found in guidelines, indicators, standards, and theoretical developments. However, statistical data and practical verification are necessary to confirm the validity of these actions. A continuous evaluation of building performance should show trends towards the optimization of building structures. Therefore, the appropriate shaping of fundamental criteria is crucial. Notably, the adopted criterion of functional flexibility (B6) should be considered as it plays an important role in the entire design process and enables adaptive adjustments to the residential functions in the future.

Il. 5. Inteligentne miasto z budynkami wielofunkcyjnymi – wizja przyszłości, źródło: Designer, wspomagane przez DALL-E 3, wygenerowano przy pomocy AI, 7 lutego 2024, 16:55

Ill. 5. Intelligent city with multifunctional buildings – future perspective, source: Designer, powered by DALL-E 3, generated with AI, February 7, 2024 at 4:55 PM



zmian w przyszłości. Każda modyfikacja budynku powinna zapewniać podwyższenie osiągnięć eksploatacyjnych.

8. WNIOSKI

Analizując przedstawiony sposób myślenia dotyczący projektowania współczesnych budynków wielofunkcyjnych wpisujących się w kreowane inteligentne miasta, niezbędne wydaje się być wprowadzenie zaawansowanych technologii opartych na sztucznej inteligencji w zakresie analizy problemów, projektowania i nadzoru systemów. Przed momentem startowym (il. 3) należy podjąć dyskusję na temat, jakie inteligentne miasta chcemy tworzyć.

Sposób na określenie kierunków rozwoju miasta inteligentnego przedstawiony został za pomocą modelu procesu sieciowego. Bazuje on na założeniach algorytmu genetycznego. Współczesne możliwości technologiczne dotyczące zastosowania sztucznej inteligencji umożliwiają kreowanie baz danych i cyfrowych reprezentacji systemów. Analiza i rozwiązywanie skomplikowanych problemów oraz programowe sieciowe zarządzanie złożonymi strukturami miejskimi jest możliwe. Dzięki zastosowaniu najnowszych technologii opracowany model może mieć potencjał uczenia się co pozwoli udoskonalać rzeczywistość. Urządzenia technologiczne podporządkowane są dla potrzeb rynkowych. W założonym dążeniu do ochrony środowiska wymagane jest świadome określanie potrzeb i ograniczanie ich tylko do niezbędnych.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Abramowicz-Gerigk T., Burciu Z., Gerigk MK., Jachowski J., 2024, Monitoring of Ship Operations in Seaport Areas in the Sustainable Development of Ocean–Land Connections, *Sustainability*, 16, nr 2, 597, doi:10.3390/SU16020597.
- [2] Barbier EB., Burgess JC., 2017, The sustainable development goals and the systems approach to sustainability, *Economics*, 11, 1–22, doi:10.5018/economics-ejournal.ja.2017-28.
- [3] Batty M., Axhausen KW., Giannotti F., Pozdnoukhov A., Bazzani A., Wachowicz M., Ouzounis G., Portugali Y., 2012, Smart cities of the future, *European Physical Journal: Special Topics*, 214, nr 1, 481–518, doi:10.1140/epjst/e2012-01703-3.
- [4] Berrone P., Ricart JE., 2022, IESE Cities in Motion Index.
- [5] Biamonte J., Wittek P., Pancotti N., Rebentrost P., Wiebe N., Lloyd S., 2017, Quantum machine learning, *Nature*, 549:7671, 549, nr 7671, 195–202, doi:10.1038/nature23474.
- [6] Czupich M., Kola-Bezka M., Ignasiak-Szulc A., 2016, Czynniki i bariery wdrażania koncepcji smart city w Polsce, *Studia Ekonomiczne*, 276, nr 276, 223–235.
- [7] Dakhli Z., Lafhaj Z., Mossman A., 2019, The potential of blockchain in building construction, *Buildings*, 9, nr 4, doi:10.3390/buildings9040077.
- [8] Dameri RP., 2017, Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal, *International Journal of Computers & Technology*, 11, nr 5, 2544–2551, doi:10.1007/978-3-319-45766-6_1.
- [9] Fijałkowska J., Aldea T., 2017, Reporting of Sustainable Development of Cities According To ISO 37120, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, nr 478, 174–184, doi:10.15611/pn.2017.478.16.
- [10] Gaur A., Scotney B., Parr G., McClean S., 2015, Smart city architecture and its applications based on IoT, *Procedia Computer Science*. Elsevier, pp. 1089–1094.
- [11] Gerigk M., 2015, Wielofunkcyjność jako czynnik racjonalnego wykorzystania przestrzeni zurbanizowanej, *Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej*, 637, nr 3, 51–58.
- [12] Gerigk M., 2017a, Multi-Criteria Approach in Multifunctional Building Design Process, w: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 245, nr 5, doi:10.1088/1757-899X/245/5/052085.
- [13] Gerigk M., 2017b, Wielokryterialne projektowanie budynków wielofunkcyjnych ze szczególnym uwzględnieniem kryterium elastyczności funkcjonalnej. Politechnika Gdańska.
- [14] Gerigk M., 2022, Interference between Land and Sea Logistics Systems. Multifunctional Building System Design Towards Autonomous Integrated Transport Infrastructure, *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16, nr 3, 439–446, doi:10.12716/1001.16.03.04.

Each modification of the building should ensure an increase in operational performance.

8. CONCLUSIONS

Analysing the presented thought process regarding the design of contemporary mixed-use buildings within the context of emerging smart cities, it seems essential to introduce advanced technologies based on artificial intelligence for problem analysis, design, and system supervision. Before the starting point (Ill. 3), we should discuss what type of smart cities we aim to create.

The paper shows the directions of development of smart cities with the use of a network process model. It is based on the assumptions of the genetic algorithm. Modern technological possibilities related to the use of artificial intelligence enables the creation of databases and digital representations of systems. It is possible to analyse and solve complex problems and programmatically manage complex urban structures in a network. Thanks to the use of the latest technologies, the developed model may have the potential to learn, which will allow to improve reality. Technological devices must align with market needs. In our pursuit of environmental preservation, conscious determination of requirements and limiting them to essential ones becomes crucial.

- [15] Kamrowska-Zaluska D., Bibri SE., 2021, Impact of AI-Based Tools and Urban Big Data Analytics on the Design and Planning of Cities, *Land*, Vol 10, Page 1209, 10, nr 11, 1209, doi:10.3390/LAND10111209.
- [16] Karbowiczek A., 2018, Miasto inteligentne kolejny krok w drodze do miasta idealnego, *Środowisko Mieszkaniowe*, nr 25, 37–48, doi:10.4467/25438700sm.18.076.9992.
- [17] Lefas P., 2000, On the fundamental terms of Vitruvius's architectural theory, *Bulletin of the Institute of Classical Studies*, 44, nr 1, 179–197, doi:10.1111/j.2041-5370.2000.tb00603.x.
- [18] Max-Neef M., 1992, Development and human needs, *Real-life economics*, 197–214, doi:10.4324/9781315258003-14.
- [19] Mortaheb R., Jankowski P., 2023, Smart city re-imagined: City planning and GeoAI in the age of big data, *Journal of Urban Management*, 12, nr 1, 4–15, doi:10.1016/J.JUM.2022.08.001.
- [20] Niebrzydowski W., 2023, Londyńskie wieżowce mieszkalne jako odzwierciedlenie estetycznych i społecznych idei brutalizmu / London residential skyscrapers as an expression of the aesthetic and social ideas of brutalism, *Środowisko Mieszkaniowe*, nr 45, 72–82, doi:10.4467/25438700SM.23.030.19130.
- [21] Rojas-Carvajal M., Sequeira-Cordero A., Brenes JC., 2022, The environmental enrichment model revisited: A translatable paradigm to study the stress of our modern lifestyle, *European Journal of Neuroscience*, 55, nr 9–10, 2359–2392, doi:10.1111/EJN.15160.
- [22] Rutkowski L., 2009, Metody i techniki sztucznej inteligencji, Wydanie drugie. Ed. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [23] Salama AM., 2016, Spatial design education: New directions for pedagogy in architecture and beyond.
- [24] Sernadas A., 1980, Temporal aspects of logical procedure definition, *Information Systems*, 5, nr 3, 167–187, doi:10.1016/0306-4379(80)90009-5.
- [25] Taraszkiewicz A., Gerigk M., 2023, Contemporary multifunctional buildings towards a sustainable development of the housing environment, *Housing Environment*, nr 44, 14–24, doi:10.4467/25438700SM.23.018.18479.
- [26] Węclawowicz-Bilska E., 2017, Etapy rozwoju miast typu smart, *Środowisko Mieszkaniowe*, nr 19, 54–62, doi:10.4467/25438700sm.17.027.7617.
- [27] Zwick A., Spicer Z., 2023, Examining the Smart City Generational Model: Conceptualizations, Implementations, and Infrastructure Canada's Smart City Challenge, *Urban Affairs Review*, doi:10.1177/10780874231222243.