

**URBAN DESIGN
AND SPATIAL PLANNING**

URBANISTYKA
I PLANOWANIE PRZESTRZENNE

MARTA SKIBA

DSc PhD Eng.

Uniwersytet Zielonogórski

Instytut Architektury i Urbanistyki

e-mail: m.skiba@aiu.uz.zgora.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4248-0378>

MODELLING CITY DEVELOPMENT: STRATEGIC SPATIAL DECISION SUPPORT TOOLS

MODELOWANIE ROZWOJU MIASTA — NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE
PODEJMOWANIE STRATEGICZNYCH DECYZJI PRZESTRZENNYCH

ABSTRACT

At present, the economy relies more on knowledge-based activities than ever before. The need to capture, integrate, and effectively use knowledge in every occupation has become key to maintaining a competitive advantage in the market. The presented article aims to show the concept of events in the process of supporting decision-making presented in scenarios of possible development of the city of Zielona Góra (three scenarios that consider different development alternatives) while maintaining the overarching goal of sustainable development in urban areas. The article uses a theoretical model of the city of Zielona Góra built using graphs. The analysis returned three ‘if-then’ theoretical city development scenarios. Spatial knowledge, information, and data have been important throughout history. Still, as technology becomes easier to access, the requirement to make knowledge available inline and online for their ongoing activities has become a significant modern scientific industry and academic challenge. Scenarios enable graphical representation and prediction of the influence of strengthened or weakened groups of strategic decisions.

Keywords: city, cognitive map, FCM, strategic development, supporting the decision-making process

STRESZCZENIE

Obecnie gospodarka w większym stopniu niż kiedykolwiek wcześniej bazuje na działalności opartej na wiedzy. Konieczność uchwycenia, zintegrowania i efektywnego wykorzystania wiedzy w każdym zawodzie stała się kluczem do utrzymania przewagi konkurencyjnej na rynku. Celem prezentowanego artykułu jest przedstawienie koncepcji zdarzeń w procesie wspomaganie podejmowania decyzji przedstawionych w scenariuszach możliwego rozwoju miasta Zielona Góra (3 scenariusze uwzględniające różne warianty rozwoju) przy zachowaniu nadrzędnego celu rozwoju zrównoważonego na terenach miejskich. W artykule wykorzystano teoretyczny model miasta Zielona Góra zbudowany za pomocą grafów. Wynikiem analizy są trzy teoretyczne scenariusze rozwoju miasta typu „jeśli-to”. Wiedza przestrzenna, informacje i dane były ważne na przestrzeni dziejów. Mimo to, w miarę jak dostęp do technologii staje się coraz łatwiejszy, wymóg udostępniania wiedzy inline i online na potrzeby bieżących działań stał się znaczącym wyzwaniem współczesnego przemysłu naukowego i środowiska akademickiego. Scenariusze umożliwiają graficzną reprezentację i przewidywanie wpływu wzmocnionych lub osłabionych grup decyzji strategicznych.

Słowa kluczowe: miasto, mapa kognitywna, FCM, rozwój strategiczny, wspomaganie procesu podejmowania decyzji



1. INTRODUCTION

The 'Urbanism and Architecture Files of the PAN Kraków Branch' celebrates its fiftieth anniversary in 2023. The anniversary special volume is intended to commemorate this academic journal of great importance for architecture and urban planning. Browsing through the archived issues, it can be determined that from 2014 to 2024 (indexed journal time), the term 'urban' and 'development' appeared 187 times in the issues published. A detailed review enabled the selection of articles that described and referred to the problems of the spatial development of the city. In 2014, Professor Lenartowicz wrote about *the differences between urban planning and architecture of civil society from what we see today* (Lenartowicz, 2014). He also wrote about the very definition of the word 'development', which is described as lasting or sustainable in the literature. Lenartowicz supports *the term sustainable development (...), which will last after us and our grandchildren. And further, sustainable development is a natural consequence of the citizenship and patriotism of the landscape* (Lenartowicz, 2014). In the same year 2014, Professor Gzell referred to the problem of *the role that a work of architecture and urban creation can play in becoming a measure of the quality of space*. He called for recognition and observance of spatial order as part of a more general social and economic order (Gzell, 2014). Professor Böhm also referred to the concept of spatial order (Böhm, 2018) *proves that it is not only a compositional and aesthetic requirement, but the art of building cities that can bring beauty to human surroundings*. Bohm wrote that urban planners of the era of Cerdà and Haussmann, along with the sphere of innovative methods, were at the centre of the civilization problems of that time. *Thanks to their awareness and social responsibility* (due to attempts to address the dramatic lack of housing and radically improve their standard), *their efforts resulted in the manifesto of the Athens Charter* (Böhm, 2018). Further, concerning the described model of rational planning (The Rational Model of Planning), he wrote that *the Urban Planner considers all action alternatives in terms of available possibilities, assesses the consequences of each alternative, and finally chooses the one that gives the most valuable result. The distinguishing features of the rational model are transparency of goals, accuracy of valorization, high level of comprehensiveness, and translatability of the collected data into a digital model, which facilitates variants*. While criticizing, he added that *in democratic conditions, the planner should not strive for the 'optimal' solution in his opinion, but for the 'satisfactory' solution — for the decisive majority* (Böhm, 2018).

Regarding the future, Professor Mironowicz (Mironowicz, 2023) considered *what philosophy was behind the utopian concept of the city of the future* [proposed by artist Magdalena Abakanowicz¹] *and how this concept can be perceived in the light of the current challenges that cities face*. In the article, she showed *how Abakanowicz's artistic sensibility, values and intellectual rigour at the time anticipated the challenges that are now considered to be the most important in urban development, and how the solutions she proposed can still inspire a profound debate today on how to approach urban planning in the age of the triple planetary crisis* (UNEP, 2021). *They can also help guide postgrowth urban planning* (Mironowicz, 2023). Mironowicz further argues that *Abakanowicz pointed first and foremost to Nature, whose needs should be given unconditional priority over the goals set by humankind in its destruction of Nature and abuse of its finite resources. At the same time, the artist saw Nature as a source not only of inspiration but also of solutions that should be incorporated into the cities of the future* (Mironowicz, 2023). Morawska and Zalasinska (2023) addressed the problems of contemporary cities, who observed *the rapid spatial expansion of cities into rural areas*. They showed that *the dynamic development of suburban areas is taking place primarily in the immediate vicinity of large cities — metropolises especially (...)* *where the distance to the central city is so short that they can successfully constitute not only (as was the case over a decade years ago) an accommodation base, but also (which happens increasingly often) a 'bedroom city' for the population migrating from the cities and a logistical base for the central city*. The considerations ended with the conclusion that (...) *The dynamic development of peri-urban areas is therefore a new challenge for local authorities as well as for the spatial policies of voivodeships and even the state itself. Actions should be taken already at the stage of land turnover; establishment of new spatial policies or changes to strategic and planning documents* (Morawska and Zalasinska, 2023).

Similar conclusions were reached by Professor Wojtyszyn and Doctor Sobierajewicz (Wojtyszyn and Sobierajewicz, 2023), who described research on *spatial changes in socio-economic activity in the commer-*

¹ At the beginning of the last decade of the 20th century, Magdalena Abakanowicz, in cooperation with Halina Starewicz, proposed the concept known today as Bois de Nanterre — Arboreal Architecture as a response to the invitation to international urban consultations, which were aimed at generating ideas and concepts that would help both local and local authorities. and centrally define its policy towards the development of the historical axis of Paris west of the Grande Arche de La Défense.

cial and service systems of Polish cities, shown on the example of a medium-sized, former voivodship city of Leszno. The results of research on spatial changes in the field of such activities clearly indicate a significant impact of these changes on the quality of life in the city and the effectiveness of protecting its cultural and environmental values. The authors identified, against the background of historical events, the causes, and types of changes in the multifunctional commercial and service infrastructure of Leszno and described the effects of *the introduction at the main transport hubs, outside the 3-tier hierarchical commercial and service system of Leszno, of grouped new services in the form of large-scale commercial facilities with an expanded attractive program of many services with a beyond the citywide scope, significantly reduced the rank of both the historic city centre in the zone urban and subregional service, as well as local centres in the zone of residential estates service.* Concluding that *the authorities of the city of Leszno, like other medium-sized historical Polish cities, are focused primarily on rapid economic development, which takes precedence over cultural and environmental values of the urban space. (...) This direction does not include activities that could effectively increase the attractiveness of socio-cultural space in the city centre area and maintain its significant rank in the city and subregion, spatial commercial and service system* (Wojtyczyn and Sobierajewicz, 2023). Doctor Krasowska's team (Krasowska et al., 2023) researched dimensions of *the development of sustainable mobility is the equally shared contribution of all participants in city traffic to limit the privileges of individual car users and to promote pedestrian, bicycle and public transport as more efficient and energy-saving.* To sum up, it can be said that when it comes to *forms of involvement in mobility activities, traditional techniques in direct contact with residents are most often used, and modern ICT tools are less frequently used* (Krasowska et al., 2023).

In the context of what was previously discussed here, back in 2014, Professor Lenartowicz concluded that *avoiding conflict situations is a manifestation of the political prudence of the authorities* (Lenartowicz, 2014). So how can we get out of the knot of opposing political directions in the city's development? There seems to be too little effort put into understanding — what exactly needs to be achieved. Moreover — how to identify potential obstacles? and — what goals will have the greatest impact on the comfort of the inhabitants of a city, e.g., Zielona Góra? In the literature review, no problems or tools supporting the spatial decision-making process have appeared in the journal in the last decade. This article fills this knowledge gap.

Goal of the paper

Forecasting as decision support in spatial planning can be based on if-then scenarios. Each city (municipality) should plan its development at least several years in advance — at least at the strategic level. The effects of the decision to initiate investment processes of strategic importance can usually be assessed only after several years. Therefore, to reduce the risk, city authorities should prepare for various development scenarios, in particular through short- and medium-term planning. Some city managers look at scenario planning as predicting the future, which is not entirely true. Scenarios allow you to make more informed decisions and prepare for future uncertain events through a more detailed analysis of the city's functioning. The main purpose of using scenario methods is:

- better understanding the causal processes, connections, and logical sequences underlying events, and therefore discovering how the city can develop;
- improving the decision-making process to ensure the development of action strategies.

The presented article aims to show the concept of events in the process of supporting decision-making presented in scenarios of the possible development of the city of Zielona Góra. Three scenarios consider various development alternatives while maintaining the city's overarching goal of sustainable development. This study introduces a framework for forecasting and decision-making in complex multi-criteria processes and proposes their application in the selection of a favourable scenario — an alternative of city development.

2. METHODS

Below is a diagram of the research method in steps (III. 1.).

With the increasing importance of mathematical tools (fuzzy logic and neural networks) and the availability of software, dynamic analysis is possible, thanks to which it is possible to determine the state of a system at any time and calculate scenarios of its changes. The scenario results are then compared with the established results to check whether the value of the concept has increased or decreased, i.e., if the factor shows a positive or negative trend compared to the reference scenario (Kobryn, 2014). The FCM is designed to broaden and challenge decision-makers perspectives, enabling them to reconsider standard assumptions. Including the construction of FCM cognitive maps as a tool supporting the decision-making process at one of the stages (e.g. local community participation) in spatial planning makes it possible to meet these requirements. Scenario planning is a technique for thinking about the future.

The use of the Fuzzy Cognitive Maps tool was presented by Kosko (Kosko, 1988; 1993). The initial purpose of using FCMs since their invention was to create tools for solving complex political, economic, or social problems, accessible to a wider audience. FCM was supposed to be common and easy to use. Uncertain causal knowledge is stored in a fuzzy cognitive map and the nodes represent variable phenomena or fuzzy sets. The FCM node transforms the weighted and summed input data into numerical data, analogous to an artificial neuron model. Unlike expert systems, which are most often classification trees, FCMs are nonlinear dynamic systems. Özesmi (Özesmi and Özesmi, 2004) described the main advantages of cognitive maps:

- ability to bind processes,
 - ability to deal with many variables that may not be well-defined,
 - the ability to model relationships between variables that are uncertain but can be described in degrees such as few or many,
 - ability to model systems where scientific information is limited but expert and/or local knowledge is available,
 - the ease and speed with which cognitive maps can be obtained and achieve similar results with lower sample sizes compared to other techniques,
 - the ease and speed with which many different sources of knowledge can be combined, including expert and local knowledge,
- ease and speed of modelling the system and the effect of different policy options (Özesmi and Özesmi, 2004).

The presented model explicitly represents heterogeneous decision-making processes (for example, based on the beliefs and experiences of stakeholders) that can predict the socio-environmental consequences of aggregated individual behaviour (Michnik, 2013). The factors were divided into three classes: environmental, social, and economic, and subjected to expert examination (Table 1). The variability of connections between the basic components and the rest of the categories affects the precise nature of the results (Table 2).

Table 1. Experts who determined the strength of connections between variables.

No.	Description of the expert's specialty	Place of employment
1.	Urban systems analyst	University of Life Sciences
2.	Architect	University of Technology
3.	Architect	Design studio
4.	Spatial planner	City hall
5.	Urban planner	Design studio

Source: original work

A list of variables was extracted based on expert interviews, which included factors for assessing the quality of city construction and the application of development policy. This model establishes that the primary goal is to achieve sustainable development.

Table 2. Identified variables separated by experts.

variables
<i>changes in the density of the urban structure</i>
<i>development and revitalization of post-industrial parts of the city</i>
<i>changes in land use intensity</i>
<i>protection and zoning of the availability of green areas</i>
<i>changes in housing density</i>
<i>IT monitoring and social communication</i>
<i>transport development</i>
<i>changes in service intensity</i>

Source: prepared by the Author

The following popular labels were selected for in-depth analysis for this study:

- A ‘compact city’ is defined as the emphasis in the spatial policy on the compactness of the urban structure, the increase in the quality of land use the importance of the role of pedestrian and bicycle transport, and the availability of green areas. A compact city is a city characterized by dense development, short distances between various urban functions, and effective use of space. Criteria for the development of a compact city may include, among others: increasing access to public services, promoting public transport, and creating public spaces conducive to social interaction.
- An ‘eco-city’ is defined as an increase in the intensification of urban land use, the intensity of the development of services, and urban transport. Eco-city is a city that focuses on sustainable development, protection of the natural environment, and minimizing the negative impact on the planet. Criteria for eco-city development may include, among others: green technologies, effective management of natural resources, promotion of ecological transport, and creation of urban green spaces.
- A ‘smart City’ is defined as the focus on increasing the importance of social communication based on the use of intelligent transport systems and monitoring access to all services in the managed city. A smart city is a city that uses modern information and communication technologies to improve efficiency, quality of life of its inhabitants, and sustainable development. Criteria for the development of a smart city may include, among others: intelligent transport, energy, waste management systems, or data-based services for residents.

The strengths of associations were determined using an interval scale (Table 3.). In this study, the scale includes four items of connection strength (represented as graphs in a fuzzy FCM map): weak, moderate, strong, and very strong.

Table 3. Determining the scale for assessing the strength of influence between variables (nodes)

Rating	Power (value)
weak	0–0.15
moderate	0.16–0.5
strong	0.5–0.79
very strong	0.80–1.00

Source: prepared by the Author

3. CASE STUDY — ZIELONA GÓRA

Zielona Góra is a city with almost 140,000 inhabitants in the Lubusz Voivodeship, the cultural and scientific centre of the region. Located several dozen kilometers from the German border, it is one of the two capitals of the region. The name Zielona Góra perfectly reflects the character of the city, built on a range of forested hills. Zielona Góra is quite high in the rankings of the best cities in Poland to live in.

The main goals of the urban development strategy in Poland were defined by the Ministry of Investment and Development (2024) as: sustainable economic growth, increasingly driven by knowledge, data, and organizational excellence; socially sensitive and territorially sustainable development; effective state and economic institutions contributing to growth, as well as social and economic inclusion. Therefore, this goal was presented in the form of an FCM map and, according to structural modelling methods, solved as a decision problem. Decision-making methods in the mode of interaction between the decision-maker and the expert consist of the expert presenting a set of acceptable solutions and the decision-maker presenting his preferences. Below is a model for linking variables (presented by a team of experts) for the city of Zielona Góra (Ill. 2.).

Thanks to the presented scenarios, it is possible to examine the prospects for changes for interested parties during consulted decision-making processes. You can also present the dynamics of the problem, which can be used by various stakeholders to test scenarios. In other words, it can be emphasized that resource management is a dynamic decision-making process with many actors, while FCM can capture the multi-component aspect of the problem. The model specified three different scenarios (Ill. 3, Ill. 4.), depending on the expected trends in achieving popular labels of the city's spatial development strategy and user preferences (Ill. 3).

In the alternative of the scenario of building the city of Zielona Góra as a Smart City, the intensification of services and IT, monitoring, and social communication was strengthened. Such action would probably result in the loss of importance of the transport network, which may also have a positive impact on changes in the intensity of the urban structure, residential density, and the intensity of urban land use. At the same time, one can note the positive aspects of setting policy goals for the overall sustainable development of Zielona Góra as well as the importance of revitalizing post-industrial areas (Ill. 4).

In the scenario of building an Eco-City model for Zielona Góra (Ill. 4.), it was assumed that the main emphasis in the city management policy would be on three areas: transport, the intensity of services, and the intensity of the urban structure. The increasing importance of these economic factors will increase residential density. At the same time, it can be seen that the importance of IT social communication and monitoring changes in development is increasing, while the importance of green areas and their accessibility is decreasing (Ill. 5).

In the third scenario of building a model of the city of Zielona Góra, the emphasis in development policy was placed on the intensification of the use of urban land and the development of public transport, which may contribute to the construction of the Compact City model (Ill. 5.). A positive similarity can be noticed in setting policy goals: for the increase in sustainable development of Zielona Góra. The intensity of services and the density of residents in the city are increasing. However, factors affecting the availability of green areas remain unfavourable. At the same time, the resulting value of the achieved goal for a sustainable city is the lowest among all scenarios.

4. CONCLUSION

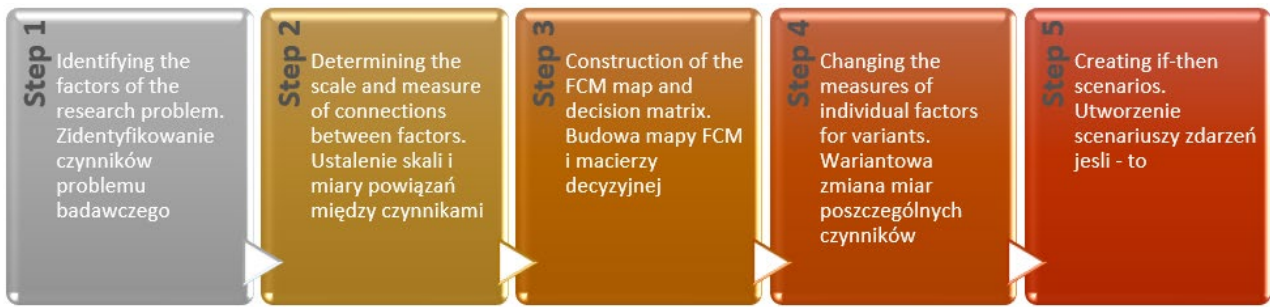
The article presents the concept of events in the decision-making support process presented in scenarios of possible development of the city of Zielona Góra. The three scenarios take into account various development alternatives (three popular urban spatial development labels were taken into account) while maintaining the overarching goal of sustainable city development. As a result of creating a map of connections for the development activities of the spatial policy of Zielona Góra (Ill. 2), scenarios implementing the general goal of urban policy — sustainable development were presented (Ill. 3–5). The best-predicted development within the framework determined by the preferences of decision-makers is the first scenario, in which particular emphasis is placed on the development of online communications and social communication measured by

the growth and density of services. The development of easy-to-use scenarios supporting decision-making may be useful, for example, for city authorities, local administration, planners, and institutions defining development strategies.

A modelling study can be helpful for the overall understanding of the system because it allows the effects of different retrofit program configurations on difficult

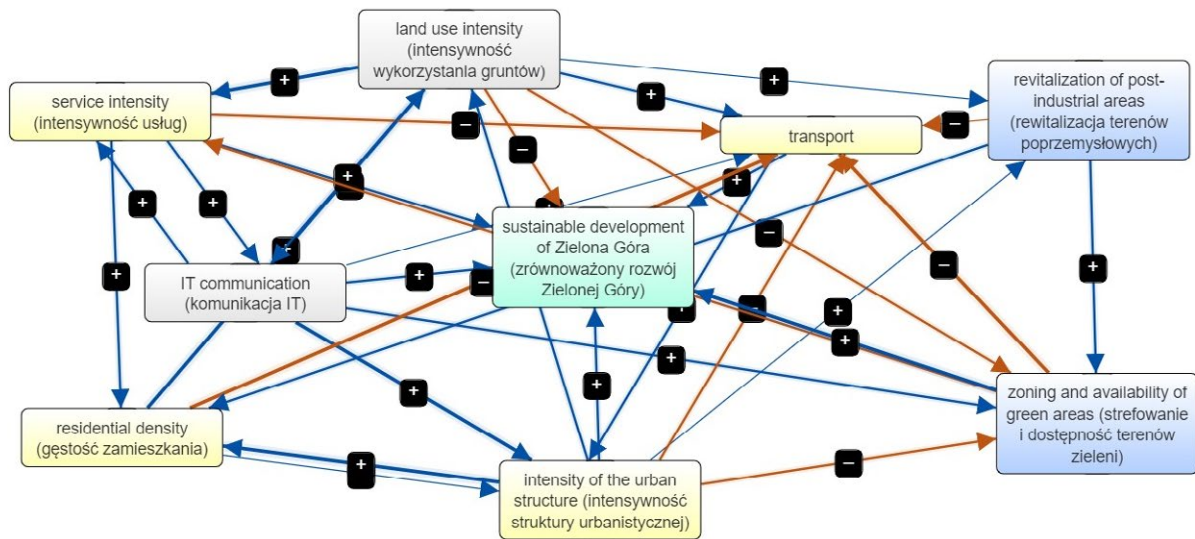
landscapes to be analysed comparably while avoiding the ethical dimensions of real-world experimentation.

Agent-based models (FCM) are a useful approach to simulating the effects of interventions, e.g., in difficult landscapes, on changes in the living conditions of residents. In FCM, city residents can be represented by individual decisions and their interactions with other residents and their environment.



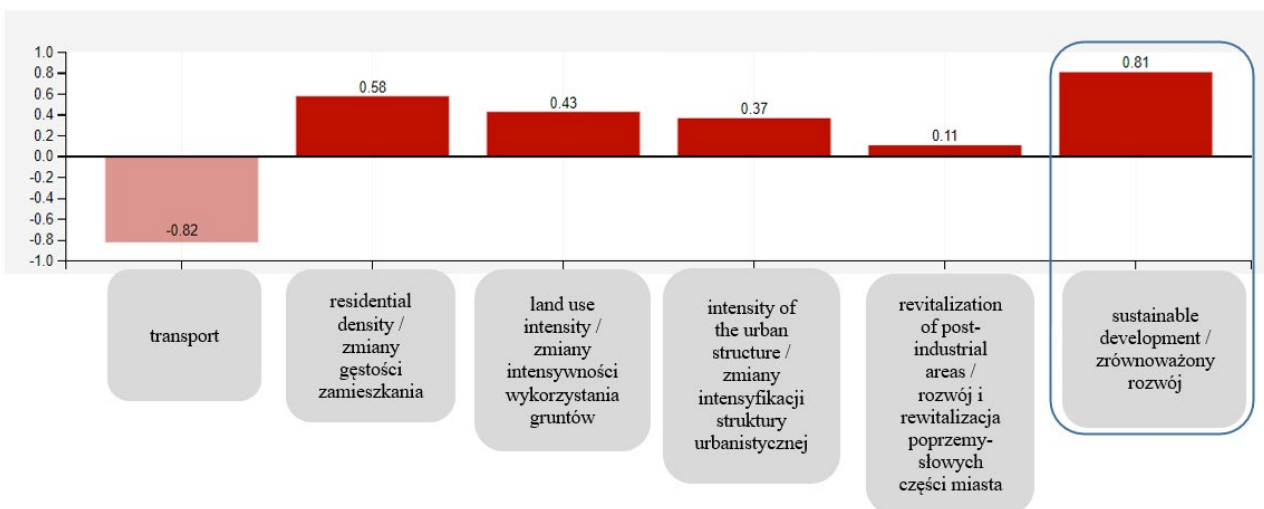
III. 1. Diagram of the research method in steps. Source: original work.

II. 1. Schemat metody badawczej w krokach. Źródło: opracowanie własne.



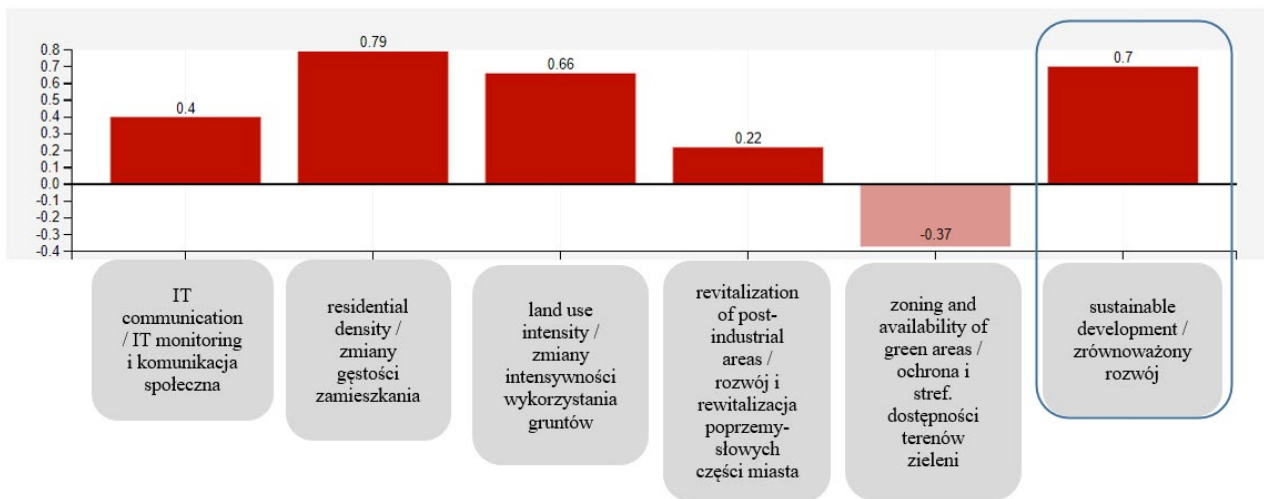
III. 2. The city of Zielona Góra, construction of the FCM model - connections of variables, sustainable development goal. Source: original work. (<https://www.mentalmodeler.com/scenario/#>)

II. 2. Miasto Zielona Góra, budowa modelu FCM — powiązania zmiennych, cel zrównoważony rozwój. Źródło: opracowanie własne (<https://www.mentalmodeler.com/scenario/#>) <https://www.mentalmodeler.com/scenario/#>, dostępne: 7.07.2024 r.)



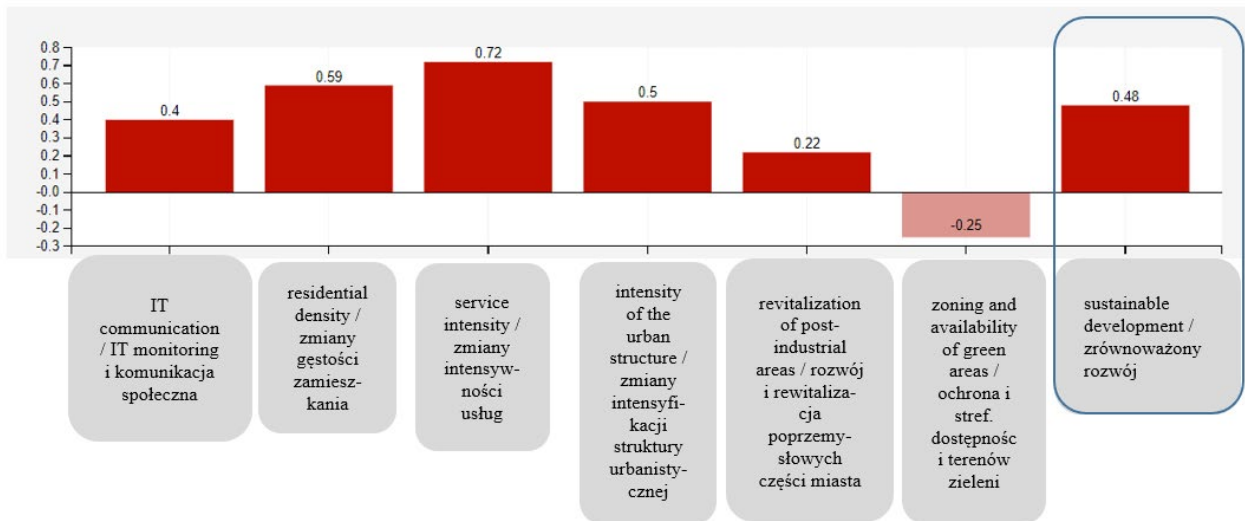
III. 3. Scenario I of the FCM model of Zielona Góra — Smart City. Source: original work.

II. 3. Scenariusz I budowy modelu FCM miasta Smart City dla Zielonej Góry. Źródło: opracowanie własne.



III. 4. Scenario II of the FCM model of Zielona Góra — Eco-City. Source: original work.

II. 4. Scenariusz II modelu FCM miasta Eco-City. Źródło: opracowanie własne.



III. 5. Scenario III of the FCM model of Zielona Góra — Compact City. Source: original work.

II. 5. Scenariusz III modelu FCM miasta Compact City. Źródło: opracowanie własne.

1. WPROWADZENIE

„Teki Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie” w roku 2023 świętuje swoje 50-lecie. Jubileuszowy tom specjalny w zamierzeniu ma upamiętnić to zasłużone dla architektury i urbanistyki czasopismo naukowe. Przeglądając numery archiwalne można określić, że w latach 2014–2024 (czas indeksowania czasopisma), hasła „rozwój” i „miasto” gościły 187 razy na łamach wydanych numerów. Przegląd szczegółowy umożliwił wyłonienie artykułów, które opisywały i odnosiły się do problemów przestrzennego rozwoju miasta bezpośrednio. W 2014 r. o różnicach urbanistyki i architektury społeczeństwa obywatelskiego od tego co widzimy obecnie pisał prof. Lenartowicz (2014). Pisał także o samym określeniu słowa „rozwój”, który w literaturze jest opisywany jako trwałe lub zrównoważony. Lenartowicz opowiada się za *terminem trwały rozwój (...), który będzie trwał po nas i po naszych wnukach*. I dalej, że *trwały rozwój jest naturalną konsekwencją obywatelskości i patriotyzmu pejzażu* (Lenartowicz, 2014). W tym samym roku prof. Gzell odniósł się do problemu roli, jaką pełnić może dzieło architektury i kreacja urbanistyczna, aby stawać się miernikiem jakości przestrzeni. Postulował o uznawanie i przestrzeganie ładu przestrzennego jako części bardziej ogólnego ładu społecznego i gospodarczego (Gzell, 2014). Do koncepcji ładu przestrzennego odnosił się także prof. Böhm (2018) dowodząc, że nie jest on tylko *wymaganiem kompozycyjno-estetycznym, ale sztuką budowy miast, która może przynieść piękno w otoczeniu człowieka*. Böhm pisał, że *urbanisci doby Cerdy i Haussmanna wraz ze sferą nowatorskich metod byli w centrum ówczesnych problemów cywilizacyjnych. Dzięki ich świadomości i odpowiedzialności społecznej (z powodu prób zaspokojenia dramatycznego braku mieszkań i radykalnej poprawy ich standardu), starania zaowocowały manifestem Karty Ateńskiej* (Böhm, 2018). Dalej, w nawiązaniu do opisywanego modelu planowania racjonalnego (The Rational Model of Planning), pisał że: *Urbanista rozważa wszystkie alternatywy działania pod kątem dostępnych możliwości, ocenia konsekwencje każdej z alternatyw, wreszcie wybiera tę, która daje najbardziej wartościowy rezultat. Wyróżnikiem modelu racjonalnego jest: przejrzystość celów, dokładność waloryzacji, wysoki poziom kompleksowości i przeładalność zgromadzonych danych na model cyfrowy, co ułatwia wariantowanie*. Krytykując dodawał, że *w warunkach demokracji, planista nie powinien dążyć do rozwiązania jego zdaniem „optymalnego”, lecz do rozwiązania „satisfakcjonującego” — dla decydującej większości* (Böhm, 2018).

W odniesieniu do przyszłości prof. Mironowicz (2023) podjęła rozważania na temat tego, *jaka filo-*

zofia stała za utopijną koncepcją miasta przyszłości zaproponowaną przez artystkę Magdalenę Abakanowicz², i jak z dzisiejszej perspektywy wyzwani, przed jakimi stoją miasta, można tę koncepcję postrzegać. W artykule pokazała *jak artystyczna wrażliwość, wartości i intelektualna dojrzałość Abakanowicz antycypowały wówczas wyzwania, które dzisiaj uznaje się za najważniejsze w rozwoju miast oraz że zaproponowane rozwiązania mogą także dziś stanowić inspirację do poważnej debaty na temat sposobu podejścia do planowania miast w dobie potrójnego kryzysu planetarnego* (UNEP, 2021). *Propozycje artystki mogą stanowić także przewodnik dla planowania miast epoki postwzrostu* (Mironowicz, 2023). I dalej Mironowicz wywodzi, że *Abakanowicz, formułując swoją refleksję nad konieczną transformacją miast, wskazała przede wszystkim na Naturę, której wymagania powinny uzyskać bezwarunkowy priorytet przed celami, jakie stawiają sobie ludzie, dokonując zniszczenia przyrody i nadużywając jej skończonych zasobów. Jednocześnie artystka wskazała na Naturę jako źródło nie tylko inspiracji, ale i rozwiązań, które powinny zostać wprowadzone do miast przyszłości* (Mironowicz, 2023). Do problemów miast współczesnych odniosły się autorki badań Morawska i Zalasieńska (2023), które zaobserwowały *gwałtowną ekspansję przestrzenną miast na tereny wiejskie*. Wykazały, że *dynamiczny rozwój stref podmiejskich ma miejsce w bezpośrednim sąsiedztwie dużych miast — metropolii, zwłaszcza tam, (...) gdzie odległość do miasta centralnego jest na tyle mała, że z powodzeniem mogą stanowić one nie tylko (jak jeszcze kilkanaście czy kilkadziesiąt lat temu) zaplecze aprowizacyjne, ale również (co zdarza się coraz częściej) „sypialnię” dla migrującej z miast ludności oraz zaplecze logistyczne dla miasta centralnego*. Rozważania zakończyły konkluzją, że (...) *żywiłowy rozwój obszarów podmiejskich stanowi zatem nowe wyzwanie dla władz samorządowych, jak również dla polityk przestrzennych województw, a nawet całego kraju. Działania winny być podejmowane już na etapie obrotu gruntami, ustanawiania nowych polityk przestrzennych czy zmian dokumentów strategicznych i planistycznych* (Morawska, Zalasieńska, 2023).

Do podobnych konkluzji doszli prof. Wojtyszyn i dr Sobierajewicz (2023), którzy opisali badania *przestrzennych zmian aktywności społeczno-ekonomicznej*

² Na początku ostatniej dekady XX wieku Magdalena Abakanowicz we współpracy z Haliną Starewicz, zaproponowały koncepcję znaną dzisiaj jako *Bois de Nanterre — Arboreal Architecture* jako odpowiedź na zaproszenie na międzynarodowe konsultacje urbanistyczne, które miały na celu wytworzenie idei i koncepcji, które pomogłyby władzom zarówno lokalnym, jak i centralnym określić własną politykę wobec rozwoju historycznej osi Paryża na zachód od Grande Arche de La Défense.

w systemach obsługi miast polskich, wykazanych na przykładzie średniej wielkości byłego miasta wojewódzkiego Leszna. Wyniki badań przestrzennych zmian w zakresie takich aktywności jednoznacznie wskazują na znaczący wpływ tych zmian na jakość życia w mieście oraz skuteczność ochrony jego walorów kulturowo-środowiskowych. Autorzy dokonali identyfikacji na tle wydarzeń historycznych, przyczyn i rodzajów zmian w wielofunkcyjnej infrastrukturze handlowo-usługowej Leszna oraz opisali skutki wprowadzenia na głównych węzłach komunikacyjnych, poza trójstopniowym systemem obsługi Leszna, pogrupowanych, nowych zespołów usług w formie wieloprzestrzennych obiektów handlowych z poszerzonym atrakcyjnym programem wielu usług o zasięgu ponad ogólnomiejskim, co obniżyło znacząco rangę zarówno historycznego centrum miasta w strefie zasięgu obsługi miejskiej i subregionalnej, jak i lokalnych zespołów usługowych w strefie obsługi mieszkaniowych osiedli. Konkludując, że władarze Leszna, podobnie jak i innych historycznych miast polskich średniej wielkości, ukierunkowali politykę przestrzenną przede wszystkim na szybki rozwój gospodarczy, który odbywa się kosztem walorów kulturowych i środowiskowych przestrzeni miejskiej. (...) Kierunek ten równocześnie nie uwzględnia działań, które skutecznie podwyższają atrakcyjność przestrzeni społeczno-kulturalnej miejskiego centrum i podtrzymywały jej znaczącą rangę w strefie systemu obsługi miasta i subregionu (Wojtyszyn, Sobierajewicz, 2023). Zespół dr Krasowskiej (2023) podjął się badań nad jednym z wymiarów rozwoju zrównoważonej mobilności, czyli równym udziale wszystkich uczestników ruchu miejskiego, przy równoległym ograniczaniu przywilejów indywidualnych użytkowników samochodów osobowych oraz promowaniu transportu pieszego, rowerowego i publicznego jako bardziej efektywnego i energooszczędnego. Podsumowując można stwierdzić, że w kwestii form zaangażowania w działania na rzecz mobilności wykorzystuje się najczęściej tradycyjne techniki w bezpośrednim kontakcie z mieszkańcami, rzadziej — nowoczesne narzędzia teleinformatyczne (Krasowska i inni, 2023).

W kontekście tego, co wcześniej zostało tu omówione, już w 2014 roku prof. Lenartowicz skonstruował, że unikanie sytuacji konfliktowych jest przejawem politycznej roztropności władzy (Lenartowicz, 2014). Jak zatem wybrnąć z węzła politycznych przeciwstawnych kierunków rozwoju miasta? Wydaje się, że za mało wysiłku jest włożone w zrozumienie, co konkretnie należy osiągnąć. Poza tym, jak zidentyfikować potencjalne przeszkody? A także, jakie cele w największym stopniu wpłyną na komfort mieszkańców miasta, na przykład Zielonej Góry? W zawartym przeglądzie literatury, w ostatnim dziesięcioleciu, na łamach cza-

pisma nie pojawiły się problemy i narzędzia wspomagające proces podejmowania decyzji przestrzennych. Ten artykuł wypełnia tę lukę.

Cel

Prognozowanie jako wspomaganie podejmowania decyzji w planowaniu przestrzennym można oprzeć na scenariuszach „jeśli-to”. Każde miasto (gmina) powinno planować swój rozwój z co najmniej kilkuletnim wyprzedzeniem — przynajmniej z poziomu strategicznego. Skutki decyzji o rozpoczęciu procesów inwestycyjnych o strategicznym znaczeniu najczęściej można oceniać dopiero po kilku latach. Aby więc ograniczyć ryzyko, władze miast powinny przygotować się na różne scenariusze rozwoju, w szczególności przez planowanie krótko- i średniookresowe. Część zarządców miast patrzy na planowanie scenariuszowe jako na przewidywanie przyszłości, co nie do końca jest zgodne z prawdą. Scenariusze pozwalają na podejmowanie bardziej przemyślanych decyzji oraz przygotowanie się do przyszłych niepewnych zdarzeń przez dokładniejszą analizę funkcjonowania miasta. Głównym celem zastosowania metod scenariuszowych są:

- lepsze zrozumienie procesów przyczynowych, połączeń i logicznych sekwencji leżących u podstaw zdarzeń, a zatem odkrywanie, w jaki sposób miasto może się rozwijać;
- usprawnienie procesu decyzyjnego, aby zapewnić rozwój strategii działań.

Celem prezentowanego artykułu jest przedstawienie koncepcji zdarzeń w procesie wspomaganie podejmowania decyzji przedstawionych w scenariuszach możliwego rozwoju miasta Zielona Góra. Trzy scenariusze uwzględniają różne warianty rozwoju, przy zachowaniu nadrzędnego celu, jakim jest zrównoważony rozwój miasta. Niniejsze badanie wprowadza ramy dla prognozowania i podejmowania decyzji w złożonych procesach wielokryterialnych oraz proponuje ich zastosowanie w zakresie wyboru korzystnego scenariusza — wariantu rozwoju miasta.

2. METODA

Na ilustracji 1 przedstawiono schemat metody badawczej w krokach.

Wraz ze wzrostem znaczenia narzędzi matematycznych (logiki rozmytej i sieci neuronowych) oraz dostępności oprogramowania, możliwa jest analiza dynamiczna, dzięki której można w dowolnym momencie ustalić stan systemu i obliczyć scenariusze jego zmian. Wyniki scenariuszy są następnie porównywane z wynikami ustalonymi, aby sprawdzić, czy wartość koncepcji wzrosła lub zmalała, tzn. jeśli czynnik wykazuje pozytywny lub ujemny trend w porównaniu z scenariuszem odniesienia (Kobryń, 2014).

Mapa FCM została zaprojektowana, aby poszerzyć i podważyć perspektywy decydentów, umożliwiając im ponowne rozważenie standardowego założenia. Włączenie budowy map kognitywnych FCM jako narzędzia wspomagającego proces podejmowania decyzji na jednym z etapów (na przykład partycypacji społeczności lokalnej) w planowaniu przestrzennym umożliwia spełnienie tych wymagań. Planowanie scenariuszy to technika myślenia o przyszłości.

Zastosowanie narzędzia Fuzzy Cognitive Maps przedstawił Kosko (1988; 1993). Pierwszym celem zastosowania rozmytych map kognitywnych FCM od czasu ich wynalezienia, było stworzenie narzędzi do rozwiązywania złożonych problemów politycznych, ekonomicznych lub społecznych, dostępnych dla szerszej publiczności. FCM miały być powszechne i chętnie stosowane. Niepewna wiedza przyczynowa jest przechowywana w rozmytej mapie poznawczej, a węzły reprezentują zmienne zjawiska lub zestawy rozmyte. Węzeł FCM przekształca ważone i sumowane dane wejściowe w dane numeryczne, analogicznie do modelu sztucznego neuronu. W przeciwieństwie do systemów eksperckich, które są najczęściej drzewami klasyfikacyjnymi, FCM są nieliniowymi układami dynamicznymi. Öziesmi (2004) opisali główne zalety map poznawczych:

- zdolność do procesów zwrotnych;
- umiejętność radzenia sobie z wieloma zmiennymi, które mogą nie być dobrze zdefiniowane;
- umiejętność modelowania relacji między zmiennymi, które nie są pewne, ale można je opisać w stopniach, takich jak niewiele lub wiele;
- zdolność modelowania systemów, w których informacje naukowe są ograniczone, ale ekspercka i/lub lokalna wiedza jest dostępna;
- łatwość i szybkość, z jaką można uzyskać mapy poznawcze i osiągnąć podobne wyniki przy niższych rozmiarach próbek w porównaniu z innymi technikami;
- łatwość i szybkość, z którymi można łączyć wiele różnych źródeł wiedzy, w tym wiedzę ekspercką i lokalną;
- łatwość i szybkość modelowania systemu i efektów różnych opcji politycznych (Özesmi, Öziesmi, 2004).

Przedstawiony model jawnie reprezentuje heterogeniczne procesy decyzyjne (na przykład bazuje na przekonaniach i doświadczeniach zainteresowanych stron), które mogą przewidywać społeczno-środowiskowe konsekwencje zagregowanych zachowań indywidualnych (Michnik, 2013). Czynniki podzielono na trzy klasy: środowiskowe, społeczne i ekonomiczne, i poddano badaniom eksperckim (Tabela 1.) zmienność połączeń między podstawowymi komponentami a resztą kategorii, która wpływa na dokładny charakter wyników (Tabela 2.).

Tabela 1. Eksperci, którzy określili moc połączeń między zmiennymi.

Lp.	Opis specjalności eksperta	Miejsce zatrudnienia
1.	Analitik systemów miejskich	Uniwersytet przyrodniczy
2.	Architekt	Uniwersytet techniczny
3.	Architekt	Pracownia projektowa
4.	Planista przestrzenny	Urząd miasta
5.	Urbanista	Pracownia projektowa

Źródło: opracowanie własne.

Wyodrębniono listę zmiennych w oparciu o przeprowadzone wywiady eksperckie, w których zostały wymienione czynniki oceny jakości budowy miasta i stosowania polityki rozwojowej. W tym modelu dążenia były ustalone jako maksymalne osiągnięcie zrównoważonego rozwoju.

Tabela 2. Zidentyfikowane zmienne wyodrębnione przez ekspertów.

zmienne
<i>zmiany intensyfikacji struktury urbanistycznej</i>
<i>rozwój i rewitalizacja przemysłowych części miasta</i>
<i>zmiany intensywności wykorzystania gruntów</i>
<i>ochrona i strefowanie dostępności terenów zieleni</i>
<i>zmiany gęstości zamieszkania</i>
<i>IT monitoring i komunikacja społeczna</i>
<i>rozwój transportu</i>
<i>zmiany intensywności usług</i>

Źródło: opracowanie własne.

Do tego badania wybrano następujące, popularne etykiety do dogłębnej analizy:

- ‘Compact city’ określanego jako nacisk w prowadzonej polityce przestrzennej na zwartość struktury urbanistycznej, wzrost wykorzystania jakościowego gruntów oraz znaczenia roli transportu pieszego, rowerowego i dostępności terenów zieleni. Compact city to miasto, które charakteryzuje się gęstą zabudową, krótkimi odległościami między różnymi funkcjami miejskimi oraz efektywnym wykorzystaniem przestrzeni. Kryteria rozwoju compact city mogą obejmować między innymi zwiększenie dostępności do usług publicznych, promowanie transportu publicznego oraz tworzenie przestrzeni publicznych sprzyjających interakcji społecznej;
- ‘Eco-city’ określanego jako wzrost intensyfikacji wykorzystania gruntów miejskich, intensywności rozwoju usług i transportu miejskiego. Eco city to miasto, które stawia na zrównoważony rozwój, ochronę środowiska naturalnego oraz minimalizację negatywnego wpływu na planetę. Kryteria rozwoju eco city mogą obejmować między innymi zielone technologie, efektywne zarządzanie zasobami naturalnymi, promowanie transportu ekologicznego oraz tworzenie przestrzeni zieleni miejskiej;

- ‘Smart City’ określanego jako nastawienie na wzrost znaczenia komunikacji społecznej opartej o wykorzystanie inteligentnych systemów transportowych i monitorujących dostęp do wszystkich usług w zarządzanym mieście. Smart City to miasto, które wykorzystuje nowoczesne technologie informacyjne i komunikacyjne do poprawy efektywności, jakości życia mieszkańców oraz zrównoważonego rozwoju. Kryteria rozwoju smart city mogą obejmować między innymi inteligentne systemy transportu, energii, zarządzania odpadami, czy też usługi dla mieszkańców oparte na danych.

Siły powiązań zostały określone za pomocą skali przedziałowej (Tabela 3). W tym badaniu skala obejmuje 4 pozycje mocy powiązań (przedstawione jako grafy w rozmytej mapie FCM): słaba, umiarkowana, mocna i bardzo mocna.

Tabela 3. Określenie skali oceny siły wpływów pomiędzy zmiennymi (węzłami).

Ocena	moc (wartość)
słaba	0–0,15
umiarkowana	0,16–0,5
mocna	0,51–0,79
bardzo mocna	0,80–1,00

Źródło: opracowanie własne.

3. PRZYKŁAD MIASTA — ZIELONA GÓRA

Zielona Góra to miasto liczące prawie 140 tysięcy mieszkańców, położone w województwie lubuskim, kulturalne i naukowe centrum regionu. Zlokalizowane kilkadziesiąt kilometrów od granicy z Niemcami, jest jedną z dwóch stolic regionu. Nazwa Zielona Góra doskonale odzwierciedla charakter miasta, wzniesionego na paśmie zalesionych wzgórz. Zielona Góra znajduje się dość wysoko w rankingach miast w Polsce, w których żyje się najlepiej.

Główne cele strategii rozwoju miast w Polsce zostały przez Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju (2024) określone jako: *zrównoważony wzrost gospodarczy, w coraz większym stopniu napędzany przez wiedzę, dane i doskonałość organizacyjną; społecznie wrażliwy i terytorialnie zrównoważony rozwój; skuteczne państwo i instytucje gospodarcze przyczyniające się do wzrostu, a także włączenie społeczne i gospodarcze*. Zatem ten cel został przedstawiony w formie mapy FCM i zgodnie z metodami modelowania strukturalnego rozwiązany jako problem decyzyjny. Metody podejmowania decyzji w trybie interakcji między decydem a ekspertem polegają na przedstawieniu przez eksperta zbioru dopuszczalnych rozwiązań, a przez decydenta — na przedstawieniu swoich preferencji. Na ilustracji 2 przedstawiono model powiązania zmiennych (przedstawionych przez zespół ekspertów) dla miasta Zielona Góra.

Dzięki przedstawionym scenariuszom można podczas konsultowanych procesów podejmowania decyzji badać perspektywę zmian dla zainteresowanych stron. Można także przedstawić dynamikę problemu, co może być wykorzystane przez różnych zainteresowanych do testowania scenariuszy. Innymi słowy, można podkreślić, że zarządzanie zasobami jest dynamicznym procesem decyzyjnym wielu aktorów, natomiast dzięki FCM można uchwycić wieloskładnikowy aspekt problemu. W modelu określono 3 różne scenariusze (il. 3., il. 4. il. 5), w zależności od przewidywanych trendów osiągnięcia popularnych etykiet strategii rozwoju przestrzennego miasta oraz preferencji użytkowników.

W wariacie scenariusza budowy miasta Zielona Góra o charakterze Smart City wzmocniono intensyfikację usług oraz IT, monitoring i komunikację społeczną. Prawdopodobnie takie działanie spowodowałoby utratę znaczenia sieci komunikacyjnej, co jednocześnie może korzystnie wpłynąć na zmiany intensywności struktury urbanistycznej, gęstości zamieszkania oraz intensywność wykorzystania gruntów miejskich. Jednocześnie można zauważyć pozytywne aspekty takiego ustalenia celów polityki na całościowy zrównoważony rozwój Zielonej Góry, a także na znaczenie rewitalizacji terenów poprzemysłowych.

W scenariuszu budowy modelu miasta typu Eco City dla Zielonej Góry założono, że główny nacisk w polityce zarządzania miastem będzie położony na trzy obszary: transport, intensywność usług i intensywność struktury urbanistycznej. Wzrost znaczenia tych ekonomicznych czynników spowoduje wzrost gęstości zamieszkania. Jednocześnie można zauważyć, że wzrasta znaczenie komunikacji społecznej IT i monitorowania zmian w zagospodarowaniu, przy jednoczesnym zmniejszeniu znaczenia terenów zieleni i ich dostępności.

W trzecim scenariuszu budowy modelu miasta Zielona Góra położono nacisk w polityce rozwoju na intensyfikację wykorzystania gruntów miejskich i rozwój transportu publicznego, co może przyczynić się do budowy modelu Compact City. Można zauważyć pozytywne podobieństwo takiego ustalenia celów polityki dla wzrostu zrównoważonego rozwoju Zielonej Góry. Wzrasta intensywność usług oraz gęstość zamieszkania w mieście. Niekorzystne pozostają jednak czynniki wpływające na dostępność terenów zieleni. Jednocześnie wynikowa wartość osiągniętego celu dla miasta zrównoważonego jest najniższa spośród wszystkich scenariuszy.

4. WNIOSKI

W artykule przedstawiono koncepcję zdarzeń w procesie wspomaganego podejmowania decyzji przedstawionych w scenariuszach możliwego rozwoju miasta

Zielona Góra. Trzy scenariusze uwzględniają różne warianty rozwoju (pod uwagę wzięto trzy popularne etykiety rozwoju przestrzennego miast) przy zachowaniu nadrzędnego celu, jakim jest zrównoważony rozwój miasta. W wyniku utworzenia mapy powiązań dla działań rozwojowych polityki przestrzennej Zielonej Góry przedstawiono scenariusze realizujące ogólny cel polityki miejskiej — zrównoważony rozwój. Najlepiej prognozowanym rozwojem w ramach określonych przez preferencje decydentów jest pierwszy scenariusz, w którym szczególny nacisk został położony na rozwój komunikacji IT oraz komunikacji społecznej, mierzonej wzrostem i intensywnością usług.

Opracowanie łatwych w użyciu scenariuszy wspomagających podejmowanie decyzji może być przydatne na przykład dla władz miejskich, lokalnej administracji, planistów oraz dla instytucji określających strategię rozwoju.

Studium modelowania może być pomocne dla ogólnego zrozumienia systemu, ponieważ umożliwia analizę skutków różnych konfiguracji programów modernizacyjnych dla trudnych krajobrazów w porównywalny sposób, przy jednoczesnym uniknięciu wymiarów etycznych eksperymentów w świecie rzeczywistym.

Modele agentowe (FCM) są użytecznym podejściem do symulowania skutków interwencji, na przykład w trudnych i problemowych kwestiach strategicznego rozwoju miasta, wpływającego na zmiany warunków życia mieszkańców. W FCM mieszkańcy miasta mogą być reprezentowani przez indywidualne decyzje i ich interakcje z innymi mieszkańcami oraz ich otoczeniem.

REFERENCES

- Böhm, A. (2018), 'Urbanisci – zawód niechcianego zaufania publicznego' / 'Urban planners a profession of unwanted public trust', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, XLVI, pp. 497–511.
- Gzell, S. (2014), 'Na co nam architektura? Po co nam urbanistyka?' / 'Why the architecture for us? What for the urbanism for us?', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, XLII, pp. 209–219.
- Kobryń, A. (2014), *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w gospodarowaniu przestrzenią*, Warszawa: Difin.
- Kosko, B. (1988), 'Hidden patterns in combined and adaptive knowledge networks', *International Journal of Approximate Reasoning*, 2(4), pp. 377–393.
- Kosko, B. (1993), 'Adaptive inference in Fuzzy Knowledge Network' [in:] D.J. Dubois, H. Prade, R.R. Yager (eds.) *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent System*, Morgan Kaufmann, pp. 888–891. Available at: <https://doi.org/10.1016/C2013-0-08304-1> (accessed: 7.07.2024).
- Krasowska, K.E., Szewczenko, A., Różałowska, B. (2023), 'Active mobility in the smart city concept implemented by Polish cities' / 'Aktywna mobilność w koncepcji smart city wdrażanej przez polskie miasta', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, LI, pp. 101–130. Available at: <https://doi.org/10.24425/tkuia.2023.148972> (accessed: 7.07.2024).
- Lenartowicz, K. (2014), 'Obywatel, architektura, estetyka, krajobraz, trwały rozwój' / 'The citizen, architecture, aesthetics, the landscape, a stable development', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, XLII, pp. 255–274.
- Michnik, J. (2013), *Wielokryterialne metody wspomaganie decyzji w procesie innowacji*, Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
- Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju / Ministry of Investment and Development – archive: <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/polityka-miejska> (dostępne: 03.2024).
- Mironowicz, I. (2023), 'The (un)real city by Magdalena Abakanowicz: guidelines for cities in times of planetary crisis' / 'Miasto (nie)realne Magdaleny Abakanowicz: Przewodnik dla miast doby kryzysu planetarnego', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, LI, pp. 175–191. Available at: <https://doi.org/10.24425/tkuia.2023.148975> (accessed: 7.07.2024).
- Morawska, I., Zalańska, M.W. (2023), 'Causes and consequences of development pressure on the example of the rural areas of the Kraków metropolitan area' / 'Przyczyny i skutki presji inwestycyjnej na przykładzie obszarów wiejskich krakowskiego obszaru metropolitalnego', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, LI, pp. 251–274. Available at: <https://doi.org/10.24425/tkuia.2023.148978> (accessed: 7.07.2024).
- Özesmi, U., Özesmi, S. (2004), 'Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach', *Ecological Modelling*, 176, 43–64.
- Wojtyszyn, B., Sobierajewicz, P. (2023), 'Directions in urban spatial commercial and service systems changes, on the example of Leszno, a medium-sized Polish city' / 'Kierunki zmian w przestrzennych systemach obsługi miast na przykładzie średniej wielkości polskiego miasta Leszna', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, LI, pp. 193–214. Available at: <https://doi.org/10.24425/tkuia.2023.148976> (accessed: 7.07.2024).
- <http://www.mentalmodeler.org/scenario/> (accessed: 04.2024).