

SKUMULOWANY POTENCJAŁ MIASTA: MODEL, STRUKTURA I METODYKA JEGO OBLICZENIA NA PRZYKŁADZIE DZIELNICY MIESZKANIOWEJ LWOWA

AGGREGATE POTENTIAL OF THE CITY: MODEL, STRUCTURE AND METHOD OF ITS CALCULATION ON THE EXAMPLE OF A RESIDENTIAL DISTRICT IN LVIV

Anna Hoblyk

PhD, Associate Professor

Kyiv National University of Construction and Architecture
Geo-information Systems for Territory Management Department
City Development Department

STRESZCZENIE

Artykuł jest poświęcony problemowi opisanego różnorodności i osobliwości miast przy pomocy metod modelowania matematycznego. Zbadano zależność między wielopoziomą hierarchiczną strukturą skumulowanego potencjału systemu urbanistycznego i wielokrotnego szeregu liczbowego. Na przykładzie projektowanej dzielnicy m.Lwowa podane są wyniki zabudowy strukturalno-graficznej i modelu matematycznego skumulowanego potencjału.

Słowa kluczowe: skumulowany potencjał miasta, strukturalno-graficzny model, wielokrotny szereg liczbowy, model matematyczny.

ABSTRACT

The article deals with the problem of description of the diversity and special features of the cities using mathematical modeling. The article examines relationship between the multilevel hierarchical structure of the aggregate potential of an urban planning system and multiple numerical series. It presents the results of constructing structural-graphic and mathematical models of the aggregate potential on the example of the projected district in the city of Lviv.

Key words: aggregate potential of the city, structural-graphic model, multiple numerical series, mathematical model.

WSTĘP

W miarę rozwoju miast (od zwykłych pierwszych osad do dużych współczesnych megalopolis) zmienia się ludzka wyobraźnia o mieście: o jego istocie, o modelu zarządzania miastem, organizacji funkcjonalno-przestrzeniowej, obrazie architektonicznym i wielu innym. Od początku rozumienia przez człowieka miasta to były szkice miejskich panoram, założenie krajobrazu, stworzenie makiet krajobrazu miejskiego i map-schematów, poszukiwanie uproszczonych schematów graficznych struktury funkcjonalno-przestrzennej komfortowej dla życia miasta. Z rozwojem technologii komputerowych, przemysłu kosmicznego udało się popatrzeć na miasta z kosmosu, stworzyć dokładne plany, zbudować komputerowe 3D modele krajobrazu miejskiego, dotarć do istoty wielu procesów socjalno-przestrzeniowych, stworzyć model osobliwości rozwoju terenowego systemów urbanistycznych i inne. Ale nawet współczesne metody opracowane w ramach swoich przedmiotowych branż badania mogą rzucić światło tylko na niektóre strony badanego obiektu, podać lub opisać tylko niektóre elementy miasta.

Miasto jako forma i wynik rozwoju stosunków społecznych, jako skomplikowany obiekt inżynierski, jako specjalne środowisko materialno-przestrzenne i również fenomen społeczno-kulturalny jest bardzo skomplikowanym i wieloaspektowym zjawiskiem dla poznania. Kluczem do rozumienia i opisanie całej wszechstronności miasta może być nowa forma skonstruowania informacji ilościowej i jakościowej o różnych jego składnikach.

Jednym z najbardziej wygodnych podejść do opisanie wszechstronności miasta jest podejście z wykorzystaniem pojęcia potencjału. Atrakcyjność zastosowania pojęcia potencjału można wyjaśnić tym, że potencjał jednocześnie jest i charakterystyką ilościową i jakościową, w przypadku ogólnym opisuje możliwości, posiadaną moc, zasoby, resursy, środki, które mogą być wykorzystane. Wygodnym jest używać dla opisanie charakterystyk i skomplikowanych systemów różnej przyrody. W literaturze naukowej, na oficjalnych stronach organów władzy miejskiej wykorzystuje się pojęcie potencjału, sprecozowane pewną sekwencją logiczną słów i kolokacji w celu przedstawienia informacji o społeczno-kulturalnych, materialno-technicznych i innych osobliwościach miasta. Na przykład, wykorzystuje się pojęcie potencjału gospodarczego miasta, infrastrukturalnego, naturalno-krajobrazowego, naukowego, twórczego, socjalnego i inne (Glazychev, 1995; Farming the city). To znaczy skumulowany potencjał miasta jest rozpatrywany przez pryzmat integracji potencjałów elementów składowych miasta. Ale w ten że czas przez różne jednostki warunkowe, którymi są opisywane odmiany potencjału miasta, urozmaiconych metod obliczenia składników skumulowanego potencjału, różnego przechowania tej informacji nie udaje się otrzymać holistyczne przedstawienie o mieście analogiczne i do tworzenia obrazu z puzzli.

Celem niniejszej pracy jest rozwiązanie problemu modelowania miasta z wykorzystaniem pojęć potencjału i wielokrotnego szeregu liczbowego oraz demonstracja poleconych idei na przykładzie projektowanej dzielnicy mieszkaniowej miasta Lwowa.

1. PODSTAWY TEORETYCZNE

Ważne znaczenie dla opracowania metod oszacowania skumulowanego potencjału miasta posiadały prace uczonych prof. Dyomina M. i prof. Habrela M. Wychodząc z tego, że przestrzeń urbanistyczna jest wielowymiarowa, w pracy (Dyomin, 1991) zostało wprowadzone do teorii urbanistyki celem ilościowego opisanie właściwości systemów urbanistycznych pojęcie socjalno-przestrzeniowego potencjału i polecona metodyka jego obliczenia. Nowe pojęcie okazało się wysoce produktywnym dla opracowania efektywnych metod rozwiązania całego szeregu zadań stosowanych systemów urbanistycznych. Zwłaszcza zostało rozwiązane zadanie obliczania całkowitej mocy obiektów obsługi oraz optymalizacji ich usytuowania na terenie miasta. Punkt widzenia prof. Dyomina M. na problem modelowania socjalno-przestrzennej organizacji systemów regionalnych osiedlenia miały wpływ również na powstanie w teorii urbanistycznej pojęcia potencjału prze-

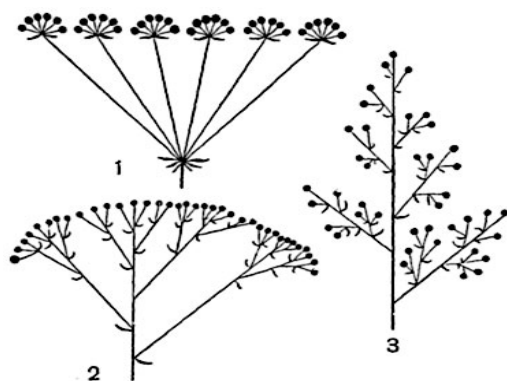
strzennego, wprowadzonego przez prof. Habrelem M. w pracy (Habrel, 2004), który opisuje charakterystyki zasobowe wektów przestrzeni urbanistycznej. Dalej te idee były rozwinięte przez autora niniejszego artykułu w pracach (Habrel & Hoblyk, 2004, 2005; Dyomin & Hoblyk, 2013; Hoblyk, 2006, 2007).

2. IDEA PODANIA SKUMULOWANEGO POTENCJAŁU MIASTA

Potencjał posiada taką właściwość jako addytywność i może przedstawiać sobą całkowicie kilka strukturalnie połączonych "nośników potencjału". Różnorodność i złożoność miasta można podać w postaci skumulowanego potencjału, który graficznie można wygodnie podać w postaci wielopoziomowej hierarchicznej rozgałęzionej struktury składników potencjału miasta połączonych w niektóre klasy, podklasy na mocy określonych oznak.

W przyrodzie można odnaleźć modele-analogi, które dosyć obrazowo podają zrozumienie idei niniejszego modelu potencjału miasta i jego struktury. Np. Niżej na rysunkach są podane schematy niektórych kwiatostanów roślin, które również są hierarchicznymi rozgałęzionymi strukturami (ryc. 1, 2). Jeszcze jednym modelem –analogiem jest system rzeczny, który się składa z głównej rzeki (pnia systemu) i dopływów pierwszej, drugiej i następnych w kolejności (ryc.3). Dopływami pierwszej kolejności nazywają się rzeki bezpośrednio wpływające do głównej rzeki, drugiej kolejności – rzeki wpływające do rzek pierwszej kolejności itd.

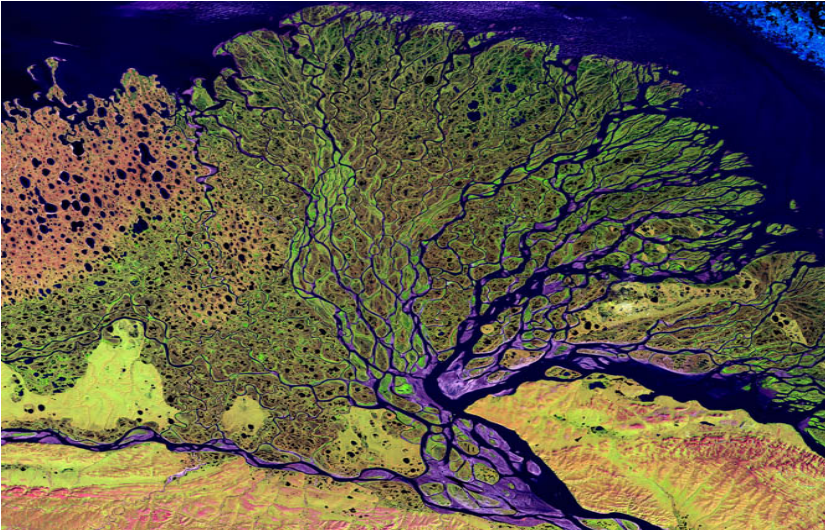
Jeszcze jedną interesującą analogią z natury jest taka, którą może zademonstrować idea kształtowania skumulowanego potencjału miasta za pośrednictwem sumowaniem potencjałów strukturalnie połączonych elementów jest reguła Leonardo da Vinci (Eloy, 2011). Chodzi o stosunki sumy średnic wszystkich gałęzi drzewa i średnicy podstawowego pnia drzewa, który jak określił wielki Leonardo da Vinci, zawsze zostaje niezmienny. Okazuje się, że suma kwadratów średnic wszystkich gałęzi drzewa na każdej konkretnej wysokości zawsze dorównuje do kwadratu średnicy podstawowego pnia. Ponad to powierzchnia przekrojów wszystkich gałęzi na każdej konkretnej wysokości jest wartością stałą (niezależnie od ilości gałęzi) i też dorównuje do powierzchni przekroju pnia (rys.4,5).



Ryc. 1. Schematy kwiatostanów. Źródło: <http://sbio.info/page.php?id=88>
Fig. 1. Diagrams of blossom clusters. Source: <http://sbio.info/page.php?id=88>

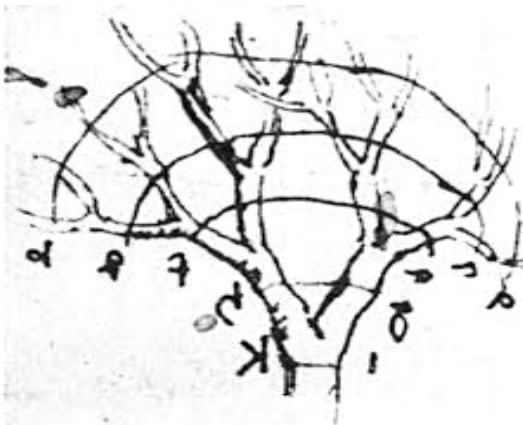


Ryc. 2. *Achillea millefolium*. Źródło: UNBC & Aleza Lake Research Forest Plant Systems Database. Photographer: Allan Carson.
Fig.2. *Achillea millefolium*. Source: UNBC & Aleza Lake Research Forest Plant Systems Database. Photographer: Allan Carson.



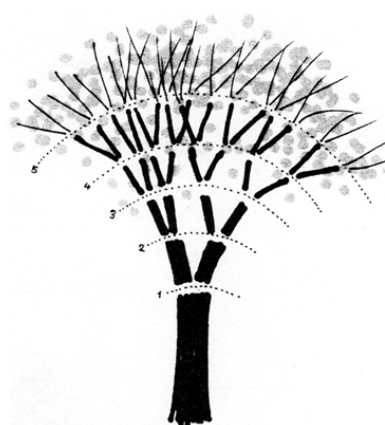
Ryc. 3. Nil, Egipt.
Źródło: Source:
<http://www.wired.com/2010/03/gallery-rivers/all/1>

Fig. 3. Nile River, Egypt.
Source:
<http://www.wired.com/2010/03/gallery-rivers/all/1>



Ryc. 4. Reguła Leonardo da Vinci o «leśnej geometrii». Źródło: Leonardo da Vinci.

Fig. 4. Leonardo da Vinci's rule of the «tree geometry». Source: Leonardo da Vinci.



Ryc. 5. Reguła Leonardo da Vinci o «leśnej geometrii». Źródło: Bruno Munari's book, Drawing A Tree.

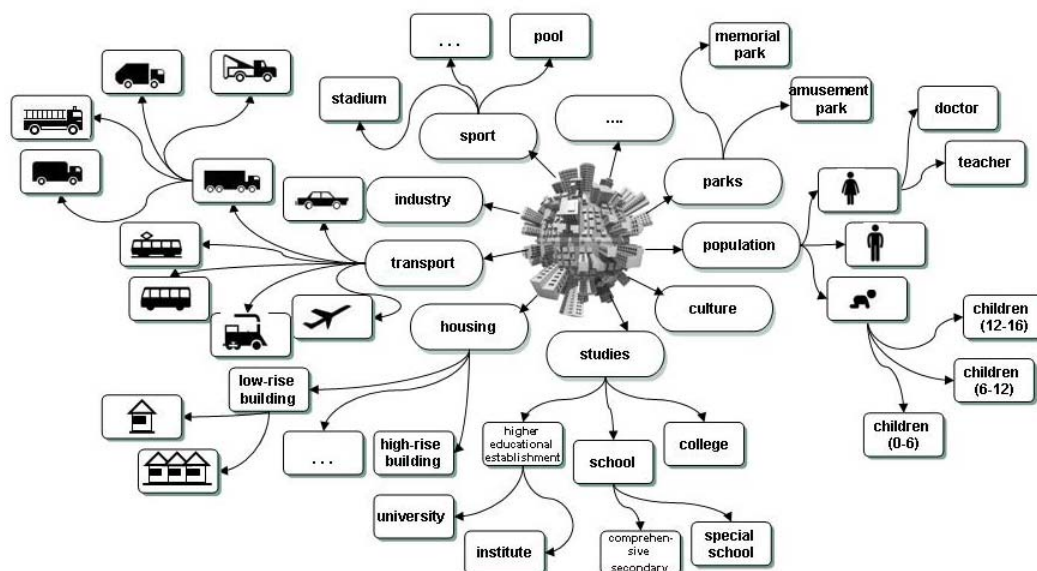
Fig. 5. Leonardo da Vinci's rule of the «tree geometry». Source: Bruno Munari's book, Drawing A Tree.

Analogicznie z istniejącymi hierarchicznymi rozgałęzionymi strukturami w przyrodzie można stworzyć model strukturalno-graficzny skumulowanego potencjału, zasada podbudowy, którego podana na ryc.6.

Taki strukturalno-graficzny model daje wiele informacji. On pozwala podać w postaci strukturalnej różnorodną informację o charakterystykach ilościowych i jakościowych elementów systemów urbanistycznych w jednolitej formie. Na przykład, w Biurze Informacji Technicznej przechowuje się informacje o charakterystykach ilościowych i jakościowych obiektów nieruchomości. Na poziomie wydziałów kadr różnych przedsiębiorstw i organizacji skumulowana informacja o potencjale pracowniczym. Na poziomie szkół wyższych przechowuje się informacja o ilości studentów, składzie demograficznym, strukturze podziału studentów do kierunków i przygotowania itd.

W jakości drugiej właściwości takiego modelu strukturalno-graficznego, posiadającego ważne znaczenie praktyczne dla procesu szkoleniowego i projektowania urbanistycznego występuje jego widoczność. Taka zasada podania potencjału miasta pozwala otrzymać „paletę” nośników potencjału miasta z odpowiednim stopniem detalizacji informacji. Opi-

sana wyżej metoda opisywania miasta pozwala przy konieczności „rozwijać” i „związać” podawać informację o składnikach potencjału miasta.



Ryc. 6. Zasada pobudowy którego podana. Źródło: A. Hoblyk.

Fig. 6. Principle of construction of the model of aggregate potential of the city. Source: A. Hoblyk.

Dalszy rozwój idei podania miasta w modelu strukturalno-graficznym skumulowanego potencjału miasta pozwoliło określić w pracy (Hoblyk, 2006) stosunek jeden-do-jednego między wielopoziomą hierarchiczną strukturą skumulowanego potencjału systemu urbanistycznego i wielokrotnymi szeregami liczbowymi, co ma ważne podstawowe znaczenie dla rozwoju teorii matematycznej takich szeregów. Okazuje się że wielokrotne szeregi wiadome w teorii szeregów niekończących się ze stałymi członami (Fichtenholz, 1966), mogą być pomyślnie wykorzystane dla budowy modeli matematycznych systemów urbanistycznych bądź- jakiejś złożoności w terminach potencjału. Ponieważ potencjał każdego obiektu, nośnika potencjału, jest to wartością skalarną, która może przedstawiać się na przykład w walucie. Właśnie wybór takiej najbardziej uniwersalnej miary pieniężnej nośników potencjału pośrednio wyraża pracę, którą trzeba wykonać dla stworzenia określonego nośnika potencjału. Na przykład: obecnie jest znana wartość przygotowania studenta w pewnym zakresie lub wartość utrzymania i wychowania dziecka w pewnym wieku. Jeszcze bardziej naturalnym jest zastosowanie oceny pieniężnej obiektów nieruchomości i innych elementów systemu urbanistycznego.

Rozważamy dalej na przykładzie projektowanej dzielnicy mieszkaniowej miasta Lwowa wyniki budowy modeli strukturalno-graficznego i matematycznego potencjału skumulowanego niniejszej dzielnicy.

3. MODEL MATEMATYCZNY DLA OCENY SKUMULOWANEGO POTENCJAŁU MIASTA

W ogóle skumulowany potencjał systemu urbanistycznego może być podany w postaci modelu matematycznego (1) opracowanego w pracy (Hoblyk, 2006):

$$P_{\Sigma} = \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \dots \sum_{q=1}^Q P_{lmn\dots q} + \dots + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J P_{ij} + \sum_{t=1}^T P_t \quad (1)$$

gdzie: $l, m, n, \dots, q; i, j, t$ – niezależne jeden od drugiego indeksy, które udzielają się pewnej jednostce κ strukturalnej potencjału, stworzonego grupą typowych obiektów i połączonych niektórych oznak. Wyrażenie (1) w teorii matematycznej niekończących się rzędów ze stałymi członkami nazywa się wielokrotnym szeregiem.

Opracowana metoda obliczania skumulowanego potencjału miasta pozwala w postaci integralnej podać osobliwości funkcjonalne, techniczne, architektoniczne, socjalne i inne systemu urbanistycznego. Model strukturalno-graficzny pozwala w pełnym zasięgu wyświetlić z odpowiednim stopniem detalizacji i podrzędnością strukturalną składniki skumulowanego potencjału, w jakości których mogą występować wydzielone na podstawie oznak w klasy, podklasy lub grupy mnożnika potencjału. Modele matematyczne i strukturalno-graficzne pozwolą odzwierciedlić tak ilościowe jak i jakościowe charakterystyki potencjału.

Merodę można wykorzystywać dla modelowania i obliczania rodzajów potencjału przestrzennego organizacji terenu, posiadającego „branżową” strukturę. Osobliwość i nowość metody tkwi w możliwości budowy modelu strukturalno-graficznego pewnego rodzaju potencjału przestrzennego zagospodarowania terenu w pełnej zgodności z jego modelem matematycznym. Analogicznie mając model strukturalno-graficzny istnieje możliwość w przyszłości jego sformalizować matematycznie w celu wykorzystania instrumentów automatyzowanego obliczania.

4. PRZYKŁAD DEMONSTRACYJNY BUDOWY MODELU MATEMATYCZNEGO DLA OSZCZĘDZANIA SKUMULOWANEGO POTENCJAŁU DZIELNICY MIESZKANIOWEJ I JEJ ANALOGICZNEJ GRAFICZNEJ POSTACI WIELOPOZIOMOWEJ ROZGAŁĘŻONEJ STRUKTURY

W jakości przykładu dla demonstracji budowy modelu strukturalno-graficznego oraz dla stworzenia na jej budowie modelu matematycznego bierzemy projekt dzielnicy mieszkaniowej „Zboiska” w mieście Lwowie (ryc. 7). Na rysunku jest podany fragment terytorium projektowanej dzielnicy mieszkalnej.

Zgodnie z projektem określimy kilka grup nośników potencjału, które są składnikami strukturalnymi skumulowanego potencjału dzielnicy:

grupa №1: obiekty nieruchomości mieszkaniowej (wielokondygnacyjna zabudowa blokami mieszkalnymi (142 domy), niskokondygnacyjna zabudowa mieszkaniowa (129 domy) - 2 nośniki potencjału);

grupa № 2: nauczanie (przedszkole (3 obiekty), średnia ogólnokształcąca szkoła (2 obiekty) - 2 nośniki potencjału);

grupa № 3: centrum usług obywatelom (handlowo- rozrywkowy zespół (2 obiekty); centrum obsługi domowej (5 obiektów) obiekty żywienia społecznego (1 obiekt) - 3 nośniki potencjału);



grupa № 4: obiekty infrastruktury komunikacyjnej (wielokondygnacyjne garaże naziemne (3 obiekty) wielokondygnacyjne garaże podziemne (3 obiekty) - 2 nośniki potencjału).

O ile przykład jest demonstracyjnym, to w jakości nośników skumulowanego potencjału są wybrane niektóre projektowane obiekty, które dobrze są widoczne na dokładnym planie terenu.



Legend

- 1.1 - kindergarten
- 1.2 - school
- 1.3 - shopping mall
- 1.5 - consumer service centers
- 1.8 - cafe
- 1.11- garage: (a) surface;
(b) underground

-  high-rise residential building
-  low-rise residential building



Ryc. 7. Fragment dokładnego planu dzielnicy mieszkaniowej „Zboiska” w m.Lwowie, opracowanego w Państwowym Instytucie Projektowania Miast «MIASTOPROJEKT». Źródło: <http://city-adm.lviv.ua/lmr/authorities-the-city/structure-lmr/management/management-architecture/detalni-plani-teritorij/2388-detalnyi-plan-terytorii-zhytlovoho-mikroraionu-zboishcha>

Fig. 7. Fragment of a detailed plan of the territory of residential district "ZBOÏSHCHA" in Lviv, elaborated by the State City Planning Institute "MISTOPROEKT." Source: <http://city-adm.lviv.ua/lmr/authorities-the-city/structure-lmr/management/management-architecture/detalni-plani-teritorij/2388-detalnyi-plan-terytorii-zhytlovoho-mikroraionu-zboishcha>

A więc model matematyczny (1), który opisuje strukturę skumulowanego potencjału dzielnicy mieszkaniowej P_y , będzie wyglądać następująco (2):

$P^{(1)}$ – potencjał grupy obiektów nieruchomości mieszkalnej; $P^{(2)}$ – potencjał grupy nauczania; $P^{(3)}$ – potencjał usług obywatelom; $P^{(4)}$ – potencjał grupy obiektów infrastruktury komunikacyjnej.

Zgodnie z modelem matematycznym (2) po raz pierwszy opracowany model strukturalno-graficzny (rys.8).

$$P_{\Sigma}^{(i)} = \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^{142} P_{j,k}^{(1)} + \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^3 P_{l,m}^{(2)} + \sum_{n=1}^3 \sum_{p=1}^5 P_{n,p}^{(3)} + \sum_{q=1}^2 \sum_{r=1}^3 P_{q,r}^{(4)} \Rightarrow \quad (2)$$

$$\rightarrow = P_{1,1}^{(1)} + P_{1,2}^{(1)} + P_{1,3}^{(1)} \dots + P_{1,142}^{(1)} + \rightarrow \quad (2.1)$$

$$\rightarrow + P_{2,1}^{(1)} + P_{2,2}^{(1)} + P_{2,3}^{(1)} \dots + P_{2,142}^{(1)} + \rightarrow$$

$$\rightarrow + P_{1,1}^{(2)} + P_{1,2}^{(2)} + P_{1,3}^{(2)} + \rightarrow \quad (2.2)$$

$$\rightarrow + P_{2,1}^{(2)} + P_{2,2}^{(2)} + P_{2,3}^{(2)} + \rightarrow$$

$$\rightarrow + P_{1,1}^{(3)} + P_{1,2}^{(3)} + P_{1,3}^{(3)} + P_{1,4}^{(3)} + P_{1,5}^{(3)} + \rightarrow \quad (2.3)$$

$$\rightarrow + P_{2,1}^{(3)} + P_{2,2}^{(3)} + P_{2,3}^{(3)} + P_{2,4}^{(3)} + P_{2,5}^{(3)} + \rightarrow$$

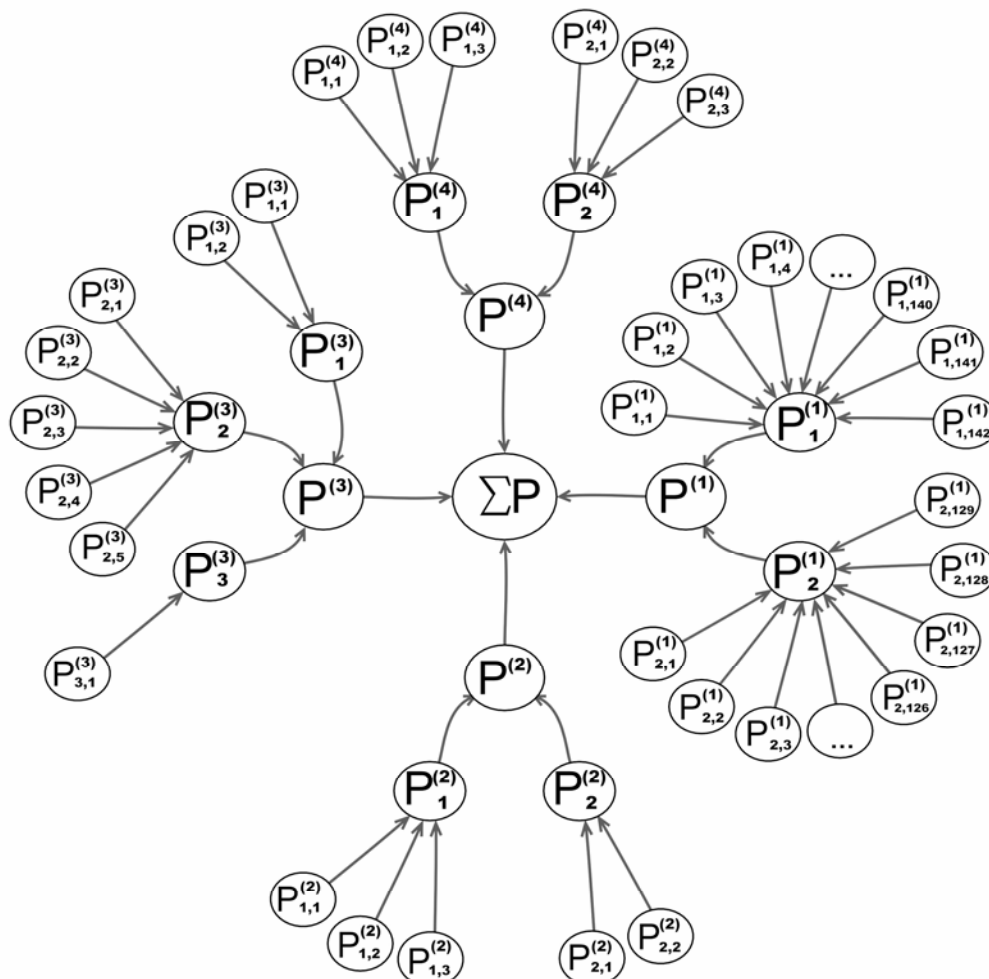
$$\rightarrow + P_{3,1}^{(3)} + P_{3,2}^{(3)} + P_{3,3}^{(3)} + P_{3,4}^{(3)} + P_{3,5}^{(3)} + \rightarrow$$

$$\rightarrow + P_{1,1}^{(4)} + P_{1,2}^{(4)} + P_{1,3}^{(4)} + \rightarrow \quad (2.4)$$

$$\rightarrow + P_{2,1}^{(4)} + P_{2,2}^{(4)} + P_{2,3}^{(4)} \cdot$$

gdzie:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{2,130}^{(1)}, P_{2,131}^{(1)}, \dots, P_{2,142}^{(1)} = 0; \\ P_{2,3}^{(2)} = 0; \\ P_{1,3}^{(3)}, P_{1,4}^{(3)}, P_{1,5}^{(3)} = 0; \\ P_{3,2}^{(3)}, P_{3,3}^{(3)}, P_{3,4}^{(3)}, P_{3,5}^{(3)} = 0. \end{array} \right. \quad (3)$$



Ryc.8. Model strukturalno-graficzny potencjału dzielnicy mieszkaniowej. Źródło: A. Hoblyk

Fig. 8. Structural-graphic model of the aggregate potential of the residential district. Source: A. Hoblyk

Rozpatrzony przykład jest demonstracyjnym o ile przy budowie modelu strukturalno-graficznego i matematycznego brało się pod uwagę tylko parę grup nośników potencjału dzielnicy mieszkaniowej. Jednak przy konieczności dzięki polecanej metodzie można odzwierciedlić wszystkie składniki skumulowanego potencjału dzielnicy oraz wykorzystując zaproponowaną metodę dokładnie opisać i obliczyć potencjał całego miasta.

PODSUMOWANIE

Omówiona w artykule metoda jest zorientowana na wykorzystanie różnorodnej informacji o nośnikach skumulowanego potencjału miasta i zastosowania komputerowych systemów informacyjnych dla opracowania i przechowania danych. Metoda nadaje się do przedstawienia organizacji przestrzennej obiektów urbanistycznych o różnej złożoności, to znaczy może być zastosowana tak dla opisu miejscowości, miasta i jego elementów strukturalnych jak i systemu miejscowości. Na przykładzie demonstracyjnym jest rozpatrzona metodyka formalizacji matematycznej potencjału miasta, posiadającego strukturę rozgałęzioną. Praktyczne znaczenie poleczonego podejścia tkwi w rozwiązaniu zadania analizy porównawczej miast wg osobliwości strukturalnych sformułowania ich skumulowanego potencjału.

AGGREGATE POTENTIAL OF THE CITY: MODEL, STRUCTURE AND METHOD OF ITS CALCULATION ON THE EXAMPLE OF A RESIDENTIAL DISTRICT IN LVIV

INTRODUCTION

With the growth of cities (from the first simple settlements to the huge modern megacities) human conception of the city - its essence, the model of city management, its functional spatial organization, architectural image and much more changes as well. At first a man's understanding of the city boiled down to sketching the city panoramic views, designing urban landscape models and city maps, searching for simplified graphic plans in the form of simplified graphic projects of functional-spatial structure of the city comfortable to live in. With the development of computer information technologies, aerospace industry it became possible to take a look of the cities from outer space, create accurate plans, construct computer 3D models of urban landscape, apprehend the meaning of many a social-spatial processes, simulate special features of territorial development of urban planning systems and much more. But even modern methods developed within the framework of their subject areas of study can shed light only on some aspects of the object under study, present or describe only some components of the city.

The city as a form and result of development of social relations as a complex engineering object, as a special material-spatial environment and a social-cultural phenomenon is a very complicated and multifaceted phenomenon for cognition. The key to understanding and description of all the facets of the city can be the new form of structurization of quantitative and qualitative information on its various components.

One of the most opportune approaches to the description of entire multifaceted nature of the city is the approach using the concept of potential. The lure to apply the concept of potential can be explained by the fact that potential is both, quantitative and qualitative characteristics at the same time, and in a general case describes by itself possibilities, available forces, reserves, resources and means that can be used. It comes in handy to describe characteristics and states of complex systems of different nature. The notion of potential, defined by a certain logical succession of words and phrases to provide information on the social-cultural, economic, logistical and other special peculiarities of the city development is used in scientific literature, on the official websites of local authorities. There are used, for example, the concept of economic potential of the city, concepts of infrastructure, natural landscape, scientific, art, social and other potentials (Glazychev, 1995; Farming the city). That is, the aggregate potential of the city is viewed through the prism of integration of potentials of the city's constituent elements. But at the same time because of various conventional units used to describe the varieties of the city's potential, because of the variety of methods of calculating the aggregate potential components, because of scattered storage of this information one just fails to get a coherent picture of the city like failing to put together the pieces of a puzzle game.

The aim of this work is to solve the problem of modeling the city using the concepts of capacity and multiple series, as well as to demonstrate the proposed ideas on the example of the planned residential district in the city of Lviv.

1. THEORETICAL PREREQUISITES FOR STUDY OF THE PROBLEM

The works of such scientists as professor Dyomin M. and professor Habel N. were of considerable importance for elaboration of the method of assessment of the aggregate potential of the city. Proceeding from the assumption that urban space is multidimensional, the concept of social-spatial potential was introduced in the urban planning theory for quantitative description of properties of urban planning systems (Dyomin, 1991) pro-

posing a method of its calculation. The new concept appeared to be very productive for elaboration of effective methods of resolving a range of applied urban planning problems. In particular, these methods produced a solution of the problem of calculating total capacity of service facilities and the problem of optimization of their location on the territory of the city. The views of professor Dyomin M. M. on the problem of modeling social-spatial organization of regional settlement systems had led to the birth in the urban planning theory of the concept of spatial potential introduced by professor Habrel N. N. in the work (Habrel, 2004), which describes resource characteristics of the vectors of urban space. These ideas were further developed by the author of this article and described in the works (Habrel & Hoblyk, 2004, 2005; Dyomin & Hoblyk, 2013; Hoblyk, 2006, 2007).

2. THE IDEA OF THE CITY'S AGGREGATE POTENTIAL PRESENTATION

A potential has such a property as additivity and can represent a totality of several structurally integrated "potential carriers". The diversity and complexity of the city can be represented in the form of an aggregate potential, that can be conveniently represented in the form of a multilevel hierarchical branching structure of the city potential components combined into some classes, subclasses depending on certain characteristics.

In nature one can find models-analogues, that clearly enough demonstrate the idea of such a model of the city potential and its structure. For example, the figures below show diagrams of some blossom clusters of plants that also appear to be the branching hierarchical structures (Fig. 1, 2). Another model-analogy is a river system, consisting of the main river (the system trunk) and tributaries of the first, second and following orders (Fig. 3). Rivers, flowing directly into the main river are called first-order tributaries, tributaries of the first-order tributaries are called second order tributaries, etc.

Another intriguing analogy in nature that can demonstrate the idea of forming the aggregate potential of the city by summing the potentials of structurally combined elements is Leonardo da Vinci's rule (Eloy, 2011). This is about the relationship of the sum of diameters of all branches and the diameter of the main trunk of the tree which, as the great Leonardo da Vinci determined, is always the same. It appears, that the sum of the squares of the diameters of all branches of the tree at each specific height is always equal to the square of diameter of the main trunk. Moreover, the cross-sectional area of all tree branches at each specific height is constant (regardless of the number of branches) and is also equal to the cross-sectional area of the main trunk (Figure 4 and 5).

By analogy with the existing branching hierarchical structures in nature it is possible to construct a structural-graphic model of aggregate potential, the principle of construction is shown in Fig. 6.

Such structural-graphical model is very informative. It allows to present structured scattered information on quantitative and qualitative characteristics of the elements of urban planning systems in one form. For example, technical information bureau stores information on qualitative and quantitative characteristics of real estate objects. Information on labor potential is accumulated on the level of personnel departments of various companies and organizations. Higher educational establishments keep information on the number of students, demographic composition, structure of distribution of students in the fields of training, etc.

Demonstrativeness of such structural-graphic model, that is of great practical importance for the educational process and for urban planning design, can be distinguished as its another remarkable feature. Such principle of presentation of the city potential allows to get the entire "gamut" of the city potential carriers with an adequate degree of detail. Moreover, such method of description of the city allows to "decompress" and "compress" information on the city potential components.

Further development of the idea of presentation of the city as a structural-graphic model of aggregate potential allowed to establish in the work (Hoblyk, 2006) one-to-one correspondence between the multi-level hierarchical structure of aggregate potential of urban planning system and multiple numerical series which is of great fundamental importance for the development of mathematical theory of such series. It was found that multiple series, known in the infinite series theory with permanent members (Fichtenholz, 1966), can be successfully used for the construction of mathematical models of urban planning systems of any complexity in terms of potential. After all, the potential of any object, a potential carrier, is a scalar quantity that can be measured, for example, in monetary units. It is the choice of such most universal monetary measure of potential carrier is absolutely natural, because the potential indirectly shows the work that has to be done to create a specific potential carrier. Here is an example. The cost of training a student in a certain field is known today as well as the cost of support and rearing a child of a certain age. Even more natural is the use of monetary assessment of real estate objects and other elements of urban planning system.

Next we shall consider results of construction of the structural-graphic and mathematical models of aggregate potential of a district on the example of the planned residential district of Lviv.

3. MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESSMENT OF AGGREGATE POTENTIAL OF THE CITY

In general appearance the aggregate potential of urban planning system can be presented as a mathematical model (1) developed in the work (Hoblyk, 2006):

where: $l, m, n, \dots, q; i, j, t$ - independent of each other indices assigned to some structural unit of the potential produced by a group of typical objects and grouped according to some criteria. Equation (1) in mathematical theory of infinite series with permanent members is called a multiple series.

The developed method of calculation of aggregate potential of the city permits to present functional, technical, architectural, social and other aspects of urban planning system in an integral form. Structural-graphical model allows to fully reflect with the appropriate level of detail and structural subordination the aggregate potential components sorted out by certain characteristics into classes, subclasses or groups of potential carriers. Mathematical and structural-graphic models permit to show both, quantitative and qualitative characteristics of the potential.

It is expedient to use this method for modeling and calculation of the varieties of potential of spatial organization of the territory, that has a "sectoral" structure. The special feature and novelty of this method lie in the possibility of construction of the structural-graphic model of a certain variety of the potential of spatial organization of the territory in full accordance with its mathematical model. Similarly, having the structural-graphic model, it is possible to further formalize it mathematically to use the tools of computer-aided calculation.

4. DEMONSTRATION EXAMPLE OF CONSTRUCTING A MATHEMATICAL MODEL TO ASSESS THE AGGREGATE POTENTIAL OF A RESIDENTIAL DISTRICT AND ITS GRAPHIC ANALOGUE IN THE FORM OF A MULTI-LEVEL BRANCHING STRUCTURE

As an example to demonstrate construction of the structural-graphic model and make a mathematical model on its basis we shall take the project of the residential district "ZBOISHCHA" in Lviv (Fig.7). The figure shows a fragment of the territory of the planned residential district.

According to the project we shall distinguish several potential carrier groups that are structural components of the aggregate potential of the residential district:

Group #1: residential real estate objects (construction of multistoreyed apartment houses (142 buildings), low-rise apartment houses development (129 buildings) – 2 potential carriers);

Group #2: educational establishments (children pre-school establishments (3 objects), secondary general education schools (2 objects) – 2 potential carriers);

Group #3: public service centers (shopping-entertainment complex (2 objects); general services center (5 objects); public catering facilities (1 object) – 3 potential carriers);

Group #4: transport infrastructure (multistoreyed ground surface garages (3 objects); multistoreyed underground garages (3 objects) – 2 potential carriers).

As this is a demonstration example, some planned objects that can be well visualized in the detailed plan of the territory were chosen to serve as the aggregate potential carriers.

In such case mathematical model (1) describing the structure of aggregate potential of the residential district P_{Σ} will be as follows (2):

$P^{(1)}$ – potential of the group of residential real estate objects; $P^{(2)}$ – potential of the group of educational establishments; $P^{(3)}$ – potential of the group of public service centers; $P^{(4)}$ – potential of the group of transport infrastructure objects.

For the first time the structural-graphic model (Fig. 8) has been developed in accordance with mathematical model (2).

The above example is a demonstration presentation, for in the construction of mathematical and structural-graphical models only several groups of the carriers of potential of a residential district were taken into account. If necessary, however, owing to the proposed method it can be possible to show all the components of the aggregate potential of the district and, using the proposed method, it can be possible to describe in detail and calculate the aggregate potential of the entire city.

CONCLUSION

The method discussed in the article is intended for the use of scattered information on the carriers of aggregate potential of the city and the use of computer information systems for data processing and storage. The method is applicable for description of the state of spatial organization of urban projects of various degree of complexity, that is, it can be used for the description of both, a settlement, a city with its structural elements, and a system of settlements. This demonstration example contemplates methodology of mathematical formalization of the city potential that has a sectoral structure and presents the results of graphic interpretation of the mathematical model in the form of the model having a multi-level branching structure. The practical importance of the proposed approach lies in the solving of the problem of comparative analysis of cities by the structural peculiarities of formation of their aggregate potential.

REFERENCES

- [1] Dyomin M., *Upravlenie razvitiem gradostroitelnykh sistem*, Kyiv, Budivelnyk, 1991.
- [2] Dyomin M., Hoblyk A. O primenenii metodov potentsiala w gradostroitelnykh zadachakh, w: *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya*, nr 50, Kyiv, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2013, 140 – 154 s.

- [3] Eloy C. Leonardo's rule, self-similarity and wind-induced stresses in trees in: *Physical Review Letters*, 107, 258101, 2011, <http://arxiv.org/pdf/1105.2591v2.pdf>
- [4] Fichtenholz G. *Kurs differentsialnogo i integralnogo ischisleniya*, Moscow, Nauka, 1966.
- [5] Glazychev V., Egorov M., Ilina T. *Gorodskaya sreda. Tekhnologiya razvitiya: Nastolnaya kniga*, Moscow, Lada, 1995
- [6] Habrel M., *Prostorova organizatsiya mistobudivnykh system*, Kyiv, A.C.C., 2004.
- [7] Habrel M., Hoblyk A. Problema prostоровoyi organizatsiyi terytoriyi, yiyi potentsial ta metodyka yogo otsinky, w: *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya*, nr 13, Kyiv Kyiv National University of Construction and Architecture, 2004, 95 – 101 s.
- [8] Habrel M., Hoblyk A. Polyova model mistobudivnoyi systemy ta yiyi analiz, w: *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya*, nr 14, Kyiv, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2005, 222 – 237 s.
- [9] Hoblyk A. Optimization of the territory's spatial organisation in a high risks zone, Manuscript, Thesis for the degree of PhD in specialty 05.23.20 – Town- and territorial planning, Kyiv, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2006.
- [10] Hoblyk A. Pro algorytm otsinky sukupnogo potentsialu prostоровoyi organizatsiyi mistobudivnykh system, w: *Geodesy, Architecture and Construction – 2007*, Lviv, Lviv Polytechnic National University, 2007, 44 – 45 s.
- [11] Farming the city: The potential of Amsterdam's urban infrastructure for city farming, http://farmingthecity.net/wp-content/files_mf/ftc_typology_en.pdf

AUTHOR'S NOTE

The author is an architect, urban planner, PhD. Associate professor of Lviv Polytechnic National University, Institute of Architecture, Department of Urban Planning. She is carrying out postdoctoral research at Kyiv National University of Construction and Architecture since 2012 year. Principal sphere of her scientific interests is: urban development, mathematical and computer modeling of urban planning systems; spatial planning. E-mail: a.hoblyk@gmail.com