

ництва, економіки будівництва, охорони праці та навколишнього середовища.

### **Список використаних джерел**

1. Реконструкція житлової забудови. Техніко-економічне обґрунтування. Є. Є. Ключніченко. Київ: КНУБА 2000. 248 с
2. Srinivasan D., Choy M. C, Cheu R. L. Neural Networks for Real-Time Traffic Signal Control. / IEEE transactions on intelligent transportation systems, vol. 7, no. 3, 2006. pp. 261-272.
3. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проєктів інженерно-будівельних спеціальностей Навчальний посібник. -Київ: Основа, 2001. – 336 с.
4. Оцінка впливу шкідливих викидів автотранспорту на атмосферне повітря в зоні житлової забудови: методичні вказівки. В.Б. Солуха. Київ: КНУБА 2000. 54 с.

**Bondarenko O.P.**

*Educational and Research Institute for Applied System Analysis,  
NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

## **SYSTEMS ANALYSIS IN URBAN STUDIES: REVIEW OF FUNDAMENTAL APPROACHES**

Ukraine is facing the largest armed conflict in Europe since the Second World War, marked by unprecedented violence against civilians and the systematic destruction of infrastructure. Cities and villages have suffered severe structural and functional damage. Post-war reconstruction and the restoration of urban functionality will be an exceptionally complex and resource-intensive process.

Yet, merely reproducing pre-war urban structures is not only inefficient but also strategically risky. It traps cities in outdated conditions, ignoring new realities: demographic shifts (mass migration, new mobility patterns, the growing role of internally displaced persons, etc.); economic transformation (market relations replacing the planned economy underlying Soviet planning); digitalization; war-driven deindustrialization; and social restructuring (emerging communities, new demands for cohesion, public spaces, and social support). Rebuilding obsolete industrial and residential zones without rethinking them effectively reinvests in the past.

Current conditions call for spatial planning grounded in new systemic principles – notably, the integration of civil security under wartime conditions, along with flexibility, adaptability, energy independence, and community autonomy. This re-

quires new methods in urban planning, construction, and municipal governance. A systemic assessment of interdependencies – housing, transport, energy, and social infrastructure – is crucial.

The modern city is a dynamic, multi-level, open system where social, economic, spatial, engineering, ecological, and political subsystems interact. Such systems are characterized by nonlinear relations (e.g., transport – land use), delayed policy effects, multi-criteria objectives (security, comfort, energy efficiency, resilience), and high uncertainty (military, economic, social, climatic, etc.).

Traditional planning methods based on normative or purely empirical data can no longer capture this complexity. Systems analysis has thus become a key instrument of strategic urban management in the twenty-first century. It views the city not as a set of objects but as interconnected subsystems – population, economy, transport, energy, ecology, institutions – linked by flows of people, goods, information, and energy. Its goal is to understand urban dynamics as a holistic, often nonlinear system that can be modelled, governed, and made more resilient, efficient, and adaptive.

Historically, the systems approach to urban planning and governance emerged under the influence of General Systems Theory, cybernetics, complex adaptive systems theory, and operations research.

The origins of **systemic urban thought** trace back to the late nineteenth and early twentieth centuries. Patrick Geddes, in *Cities in Evolution* (1915) [1], viewed the city as a living organism of interrelated components, introducing concepts such as urban agglomeration and conurbation, and emphasizing the social and environmental conditions of urban growth.

In the mid-twentieth century, the advent of **cybernetics** (Norbert Wiener, 1948) and **General Systems Theory** (Ludwig von Bertalanffy, 1968 [2]) initiated a “systems revolution,” laying the foundation for new methodologies across applied disciplines. One of the most influential tools – **system dynamics** – was developed by Jay W. Forrester.

Forrester’s *Urban Dynamics* (1969) [3] remains a seminal example of systemic urban modelling. He proposed viewing the city as a system of stocks and flows, where feedback interactions generate macro-level behaviour. The model captured time delays (e.g., housing construction, capital investment inertia), explaining cycles of decline and recovery that static models failed to represent. Forrester demonstrated that intuitive policies (e.g., increasing housing construction to reduce shortages) may cause oversupply and collapse if systemic inertia is ignored, and that balanced, targeted interventions can alter trajectories – though “simple” solutions often produce unintended effects.

The 1980s–2000s marked the so-called **information-computational revolution**, characterized by the widespread adoption of GIS, spatial statistics, and optimization models in urban studies and spatial planning

In the late twentieth and early twenty-first centuries, an **agent-based and computational revolution** occurred: **Agent-Based Modeling** (ABM) shifted the analytical focus from macro-systems to micro-mechanisms, treating the individual as the primary analytical unit with distinct behaviours and motivations. Its revolutionary aspect lies in self-organization: systems now emerge “from below” rather than being imposed “from above.”

Thomas Schelling (*Micromotives and Macrobehavior*, 1971/1978 [4]) introduced **models of simple agent rules** generating complex macro-patterns (e.g., segregation). Joshua M. Epstein and Robert Axtell (*Growing Artificial Societies*, 1996 [5]) presented a comprehensive agent-based framework; their *Sugarscape* model served as a laboratory for studying emergent social phenomena. Their key thesis: complex social structures can arise from local interactions without centralized control. In other words, a city can be “grown” on a computer screen – not by prescribing its structure, but by allowing it to emerge from the bottom up as a result of agents’ behaviour. This marked a revolution not only in social modelling but also in urban studies itself – a shift from the *city as a plan* to the *city as a process*.

Bill Hillier (*Space is the Machine*, 1996 [6]) developed **space syntax theory**, a spatial-configurational approach to urban analysis. He posited that spatial configuration is a social structure in physical form: the organization of urban space (streets, squares, blocks) determines movement patterns, social interactions, economic activity, and security. Thus, space is not neutral; it shapes behaviour, and behavioural patterns, in turn, reshape urban morphology – a closed socio-spatial feedback loop.

Since the 2010s, research has increasingly focused on **complexity theory** and **urban scaling laws**. Michael Batty (*The New Science of Cities*, 2013 [7]) integrates complexity, network, and flow theories, viewing cities as adaptive networked systems. Luís Bettencourt et al. (2007) [8] identified empirical urban scaling laws, revealing power-law relationships among economic and infrastructural indicators.

Thomas Saaty – a leading figure in systems analysis and creator of the **Analytic Hierarchy Process** (AHP) and **Analytic Network Process** (ANP) methods foundational to **Multi-Criteria Decision Analysis** (MCDA) – emphasized the treatment of cities as decision-making systems, particularly in the context of **smart cities** [9–11].

The **practical applications** of systems analysis in urban studies extend beyond theory. Key domains include: transport demand modelling (gravity, four-step, agent-based models); housing and settlement planning; urban dynamics

and policy simulation (“what-if” scenario modelling); network analysis for infrastructure optimization and vulnerability assessment; and agent-based simulations of social phenomena (housing markets, epidemic spread, etc.).

Nevertheless, systems analysis in urban studies faces well-founded **criticism**. Major concerns include model oversimplification and uncertainty (especially in aggregated system-dynamics models that neglect heterogeneity or political context); validation and extrapolation challenges (agent-based models often replicate patterns but are difficult to verify); political and ethical issues (technocratic approaches may disguise political choices); and an excessive quantitative focus that overlooks qualitative aspects of urban life (identity, culture, community).

**Promising future directions** for applying systems analysis in urbanism include: integration of big data from mobile devices, sensors, and open sources with machine learning methods; development of hybrid modelling frameworks combining system dynamics, agent-based models, and network analysis; a focus on resilience and stress-testing under crises and shocks (wars, pandemics, climate events); increased transparency and citizen participation; and mathematical–empirical synergy, integrating scaling theory (Bettencourt) with empirical network models of urban systems.

### List of References

1. Geddes, P. *Cities in evolution: an introduction to the town planning movement and to the study of civics*. London, 1915. 410 p.
2. Bertalanffy, L. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York, 1968. xv+289 pp.
3. Forrester, J. W. *Urban Dynamics*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1969. 256 p.
4. Schelling, Th. *Micromotives and Macrobehavior*. New York, London, 1978. 252 p.
5. Epstein, J. M., Axtell, R. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. MIT Press, 1996. 224 p.
6. Hillier, B. *Space is the machine: a configurational theory of architecture*. Cambridge, 1996. 480 p.
7. Batty, M. *The New Science of Cities*. MIT Press, 2013. 520 p.
8. Bettencourt, L. M. A., et al. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities // PNAS. April 24, 2007. Vol. 104, no 17. P. 7301–7306.
9. Dantzig, G. B., Saaty, Th. L. *Compact City: A Plan for a Liveable Urban Environment*. W. H. Freeman, 1973. 244 p.
10. Saaty, Th. L. *Compact City: The Next Urban Evolution in Response to Climate Change*. RWS Publications, 2013. 277 p.

11. Saaty, Th. L., De Paola, P. Rethinking Design and Urban Planning for the Cities of the Future // MDPI. Buildings. 2017. 7, 76. 22 p.

**Бондарський В.В.**

*магістрант*

*ВСП «Інститут інноваційної освіти КНУБА»*

## **РЕКОНСТРУКЦІЯ ЖИТЛОВОЇ ТЕРИТОРІЇ В МЕЖАХ ВУЛ. БУДІВЕЛЬНИКІВ, БУЛЬВАРУ ВЕРХОВНОЇ РАДИ ТА ПРОСПЕКТУ ЛЕОНІДА КАДЕНЮКА В ДАРНИЦЬКОМУ РАЙОНІ М. КИЄВА**

Для більшості розвинених держав світу екологічна ситуація в містах, особливо у столицях та великих агломераціях, є предметом постійної уваги органів державної влади, органів місцевого самоврядування, політичних партій, громадських об'єднань, засобів масової інформації та широких верств населення.

Екологічний стан міського середовища є своєрідним «індикатором» соціально-економічного розвитку країни, що відображає рівень її урбаністичної культури, ефективність управління та якість життя громадян. У більшості розвинених країн інформація про стан довкілля є відкритою, системно оновлюється й посідає важливе місце у державній політиці та громадському дискурсі.

*Світові тенденції та актуальність питання.* Глобальна практика містобудування свідчить, що питання благоустрою й озеленення міських територій стають ключовими напрямками формування сталого міського простору. В умовах інтенсивного техногенного навантаження особливого значення набуває створення збалансованого природно-антропогенного середовища, де зелені насадження виконують роль природного фільтра, що знижує концентрацію шкідливих речовин, шумове навантаження та сприяє формуванню комфортного мікроклімату.

Підвищений рівень загазованості й запиленості повітря, ущільнення забудови, погіршення фізико-механічних властивостей ґрунтів, наявність значної кількості підземних комунікацій у зоні розвитку кореневих систем, постійне штучне освітлення, механічні пошкодження та надмірне рекреаційне навантаження - усе це чинники, які негативно впливають на життєдіяльність міських рослин і призводять до їх передчасного старіння.

Важливу роль у деградації природного середовища відіграє промисловість, зокрема хімічна галузь, що посідає одне з перших місць за обсягами скидання забруднених стічних вод. За таких умов особливої актуальності