

УДК 711.4-168

к.т.н., доцент Плешкановська А.М.,  
Київський національний університет будівництва та архітектури

## АНАЛІЗ РІЗНОМАНІТНОСТІ СТРУКТУРИ МІСЬКОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ШЕННОНА

*Розглядається запропонований метод оцінки різно-манітності функціональної структури міської системи із застосуванням інформаційних моделей ентропії (моделі Шеннона) для цілей вибору раціонального варіанту функціонально-планувального рішення при розробці проектів реконструкції.*

В другій половині ХХ сторіччя завдяки роботам Клода Шеннона в області дослідження процесів передачі інформації [1] відбулося суттєве розширення методів аналізу систем в самому широкому у розумінні «системи» як універсального визначення світу в цілому. Якщо до того часу в дослідженні фізичних і біологічних систем домінували методи морфологічного і функціонального аналізу, то зараз на передній план починають виступати моделі інформаційно-ентропійного типу. Їх особливістю стала можливість відслідковування еволюції розвитку системи від неупорядкованості, або хаосу, випадковості, до різноманітних ступенів структурної організованості у вигляді їх ієрархічної упорядкованості з метою підвищення функціональних якостей систем.

В даній статті ми не будемо торкатися питання механізмів, які штовхають систему до переходу на більш високий рівень організації. В будь-якому випадку при цьому спостерігається явище протидії процесам ентропії в розумінні термодинамічної теорії до негентропійних процесів. В біологічних системах це явище відображає тенденцію до адаптації їх структури і функціональних властивостей до умов зовнішнього світу, що змінюються, та забезпечення життєстійкості тих чи інших біологічних видів.

Незважаючи на деяку умовність, містобудівні системи можуть бути уподібнені біологічним. Маючи на увазі, що процес урбанізації супроводжується ускладненням структури і функціональних властивостей міських систем як на рівні одного поселення, так і їх груп на різних територіально-планувальних рівнях.

Рух «від хаосу до порядку» [2] супроводжується ускладненням структури системи при функціональній спеціалізації кожного елемента, який утворює систему в її класичному визначенні, або, інакше кажучи, до підвищення внутрішньої системної структурної різноманітності. Розглядаючи міську систему не як механічну сукупність окремих елементів, а як соціотехнічне

утворення, можна вести мову про те, що соціальна складова міських систем відіграє домінуючу роль в процесі їх самоорганізації, що відповідає зростаючим потребам людини, а також характеру взаємозв'язків між індивідуумом та їх спільнотами.

Розгляд еволюції та динаміки цих взаємозв'язків виходить за межі цієї статті.

Підсумовуючи викладене вище, можна стверджувати, що інформаційно-ентропійна модель К. Шеннона має високий ступінь універсальності та може, в своєму конкретному математичному виразі, узагальнено відображати властивості містобудівних систем, які, безумовно, відносяться до систем, що розвиваються, як в позитивному, так і в негативному напрямках. Інакше кажучи, застосування такої моделі дозволяє порівнювати стан системи на різних етапах її розвитку, або різні системи, що знаходяться на тих чи інших фазах свого розвитку. [3]

Нижче ми розглянемо можливість застосування ентропійної моделі К. Шеннона стосовно задач оцінки результатів зовнішнього чи внутрішнього впливу на містобудівні системи.

Критерії оцінки якості розроблених варіантів розвитку містобудівних систем чи окремих крупних планувальних елементів або результатів їх реконструкції, як і нормативи, що регламентують таку діяльність, являються операторами «корисності» результату в реальному матеріально-речовому і планувальному просторі міста. Але в системному сенсі існує критерій, який має властивості універсальності при оцінці структури системи. Його сенс полягає в тому, що система як така має тим більшу стабільність по відношенню до ентропійних тенденцій (тобто негентропійність), чим більш різноманітна її структура.

Не зважаючи на абстрактну сутність, цей критерій – критерій різноманітності – легко інтерпретується в категоріях реальних фізичних систем, зокрема, в містобудівних категоріях. Відомо, що з розвитком міста збагачується його функціональна структура як в процесі будівництва, так і в процесі реконструкції. З точки зору функціонально-просторової організації міста, в ньому є два основних полюси структуроформування, це – об'єкти соціально-культурного та побутового обслуговування, і, другий, вузли концентрації місць прикладання праці, переважно в промисловому виробництві та в інформаційно-діловому обслуговуванні.

Конкретизуючи це твердження можна привести наступні приклади. Чим крупніше місто і чим вище його статус, тим різноманітніше стає мережа навчальних закладів, які спеціалізуються в різних напрямках і інтересах, або

сукупність підприємств та ділових закладів, які поступово диверсифікуються в процесі науково-технічного розвитку та активізації ділового життя.

В загальному випадку прийнято вважати, що функціональний вплив вузла активності в тій чи іншій сфері, як елемента соціально-містобудівного комплексу на міський простір і поведінку населення, прямо пропорційний потужності того чи іншого об'єкту. Таке твердження було б справедливим за умови рівності всіх об'єктів з точки зору їх привабливості для населення чи інвестицій, якби вибір визначався лише тенденцією до скорочення відстані до них для населення. Насправді, населення сучасного великого міста досить вибірково відноситься до якості об'єкта, і просторові зв'язки з цим об'єктом детермінуються фактором близькості не більше, ніж на 50-60 %.

Зокрема, що стосується місць прикладання праці, то для населення їх привабливість визначається не стільки просторовими факторами, скільки різноманітністю їх соціально-професійної структури, умовами праці, можливостями соціальної динаміки, що оцінюються ступенем їх відповідності тому набору умов, який характерний загальноміській структурі системи місць прикладання праці. А також, певною мірою, престижністю підприємства, рівнем заробітної плати, соціальним пакетом.

Таке твердження в рівній мірі інтерпретується і по відношенню до об'єктів соціальної сфери.

Це характерне для періоду постіндустріального розвитку суспільства. Таке явище висуває на передній план проблему формування в місті функціональних структур адекватних сучасним вимогам населення. Виходячи з цього, оцінка якості результатів реконструкції тих чи інших підсистем міста на рівні архітектурно-планувальної (АПР), функціонально-планувальної (ФПР) та еколого-планувальної реконструкцій (ЕПР) та порівняння цих оцінок [4] для вибору найбільш раціонального варіанту є необхідною.

Таким чином, постає задача *оцінки різноманітності* двох систем: системи соціально-культурного обслуговування та системи місць прикладання праці, кожна з них окремо у зв'язку з їх функціональною відмінністю. В подальшому ці дві оцінки мають бути агреговані в єдиний показник, за допомогою якого ми будемо порівнювати варіанти. В найпростішому випадку ці дві оцінки можна просто додавати, виходячи з того, що вони рівнозначні, тобто мають однакову вагу (вага кожної з них дорівнює 0,5).

В дійсності, для кожного з міст існує свій розподіл значущості цих підсистем, який залежить від функціональної спрямованості міста та його статусу. Вибір варіанту планувального рішення з більш високим рівнем ступеня різноманітності міського середовища сприятиме підвищенню інвестиційної привабливості міста для залучення коштів з метою реалізації проектного

### КРИТЕРІЙ РІЗНОМАНІТНОСТІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

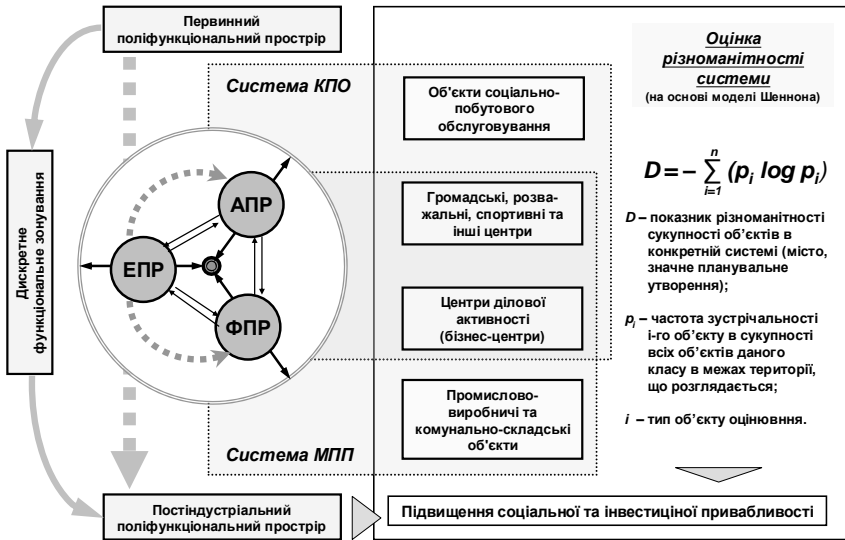


Рис. 1. Оцінка рівня різноманітності системи міста на основі ентропійної моделі Шеннона.

Що стосується математичного визначення такої оцінки, то саме для її проведення, на наш погляд, доцільно застосування інформаційної моделі ентропійного виду, про що йшла мова вище (модель К. Шеннона).

$$D = - \sum_{i=1}^n (p_i \times \log p_i) \tag{1}$$

- де *D* – це показник різноманітності сукупності об’єктів в конкретній системі (місті, значному планувальному утворенні);
- p<sub>i</sub>* – частота зустрічальності *i*-го об’єкту в сукупності всіх об’єктів даного класу в межах території, що розглядається (частота зустрічальності спеціалізованих математичних шкіл в загальній кількості шкіл на даній території);
- i* – тип об’єкту оцінювання.

З аналізу цієї моделі походить наступне:

1) якщо ми будемо розглядати мінімальний фрагмент міського плану, наприклад, окрему земельну ділянку, на якій розташований  $i$ -ий об'єкт, то частота його зустрічальності на сукупності об'єктів даного класу в межах границь даної ділянки дорівнює 1, а, відповідно, різноманітність дорівнює 0;

2) з розширенням меж території, що розглядається, вірогідність зустрічальності об'єктів  $i$ -го типу серед об'єктів даного класу на території оцінки зростає, а, відповідно, зростає різноманітність функціональної структури на цій території;

3) цілком очевидно, що найбільшою різноманітністю структури володіє місто в цілому;

4) проте, при розбитті міського плану на деякі таксони певного територіального рівня, наприклад, житлові чи планувальні райони, спостерігаються відмінності між ними за рівнем (критерієм) різноманітності;

5) як правило, найбільшою різноманітністю порівняно з іншими таксонами характеризується центральний район міста, проте, не виключено, що високим рівнем (критерієм) різноманітності можуть вирізнятися великі райони новобудов чи інші райони, де проведені реконструктивні заходи високої соціальної спрямованості;

6) таке територіально-планувальне утворення як мікрорайон не може виступати об'єктом оцінки різноманітності, оскільки склад об'єктів соціально-культурного призначення в ньому жорстко регламентований ДБН-ми та іншими нормативними документами стандартно для всіх містобудівних умов.

Аналіз території міста та його окремих планувальних утворень за критерієм різноманітності дає основу для прийняття рішень щодо реконструкції тих чи інших фрагментів території з точки зору підвищення привабливості міських територій з урахуванням проблем інвестиційного забезпечення розвитку міста.

Що стосується місць прикладання праці в промисловості, то в сучасних умовах (умовах техніко-технологічних новацій), економічних процесів на рівні регіону і країни в цілому, то задача диверсифікації промислового виробництва з метою підвищення привабливості місць прикладання праці, набуває особливого сенсу, залежного значною мірою від політичних рішень на вищому державному і міждержавному рівнях.

Проте, критерій різноманітності зберігає в цьому випадку містобудівне значення.

Розгляд цього явища представляє значний інтерес в розвитку теорії містобудування.

Окремим питанням у проблемі підвищення різноманітності структури міської системи є формування поліфункціональних утворень або комплексів, в

структурі яких спостерігається тенденція до підвищення внутрішньої різноманітності. Природно, що в такому випадку знижується показник різноманітності об'єктів в оточенні цих поліфункціональних утворень. В цьому явищі знаходить відображення один з основоположних принципів інтерпретації моделі К. Шеннона, який гласить, що підвищення різноманітності структури в певній обмеженій області призводить до зниження різноманітності в зовнішній різноманітності. Цей аспект знаходить відображення в моделюванні багаторівневих систем в рамках деякої обмеженої системної області. [5]

### Література:

1. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 830 с.
2. И. Пригожин, И. Стенгерс. «Порядок из хаоса» – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 312 с.
3. Р. Шеннон. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Шеннон Р. – М.: Издательство "Мир", 1978. – 422 с.
4. Плешкановська А.М. Методи оцінки ефективності деяких видів реконструкції / А.М. Плешкановська // Містобудування та територіальне планування. – Київ. КНУБА, 2013. – Вип.50. – С. 560-567.
5. Плешкановська А.М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій / Плешкановська А.М. – К.: Вид. Логос, 2005. – 190 с.
6. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / Месарович М., Мако Д., Такахага И – М.: Издательство "Мир", 1973. – 344 с.

### Анотация

В статье рассматривается предложенный метод оценки разнообразия функциональной структуры городской системы с применением информационных моделей энтропии (модели Шеннона) для целей выбора рационального варианта функционально-планировочного решения при разработке проектов реконструкции

### Annotation

The article discusses the proposed method of evaluation of the diversity of the functional structure of the urban system using information models of entropy (Shannon's model) for the purpose of selecting a rational variant of functional planning decisions when designing reconstruction projects.