УДК 004.942

ДЕЯКІ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ МІСТ

Навроцький Д.О.
Наукові керівники – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.[1],
канд. фіз.-мат. наук, проф. Сова Г.В.[2],
[1] Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
[2] Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ВМ,
м. Харків, Україна
e-mail: danylo.navrotskyi@nure.ua

The evolution of an urban system can be mathematically described by a vector field in the phase space. An interpretation of the Wolterra equations in the context of problems of urban production and population migration, showing the possibility of their application to explain the phenomenon of urban development is given.

Міста, як об’єкти високого ступеня складності, постійно еволюціонують під впливом різноманітних факторів, таких як зростання населення, економічний розвиток, транспортна інфраструктура та інші. Однак для ефективного управління та передбачення їх розвитку важливо використовувати математичні моделі.

Одним із ключових аспектів є створення математичних моделей, які відображають просторовий розподіл важливих параметрів міста. Це може включати аналіз змін населення в часі, прогнозування інфраструктурних потреб, визначення оптимального розташування різних видів об’єктів та багато іншого.

Наприклад, можна використовувати моделі росту населення, які враховують етнічний склад та міграційні тенденції. Також важливо розглядати вплив економічних факторів на розташування бізнесу та житлової забудови. Моделювання транспортної мережі є ще однією важливою частиною, де можна застосовувати графові та оптимізаційні підходи.

Еволюцію міської системи математично можна описати векторним полем у фазовому просторі – абстрактному просторі динамічних змінних систем. Хаотичні, дивні атрактори відповідають непередбачуваній поведінці систем, які мають строго періодичної динаміки, це математичний образ детермінованих неперіодичних процесів. Дивні атрактори структуровані і можуть мати дуже складні та незвичайні конфігурації у тривимірному просторі. На початку XX століття Вольтерра описав коло рівнянь нелінійної динаміки, а Лоренц у 1963 р. виявив, що навіть проста система з трьох нелінійних диференціальних рівнянь може призвести до хаотичних траєкторій [1]. Система, вперше описана голландським фізиком Едвардом Лоренцом, є математичною моделлю, що використовується для опису нелінійних динамічних систем. Розглянемо, як дана система може бути застосована для опису динаміки міст [2, 3].

Система Лоренца складається з трьох зв'язаних диференціальних рівнянь, що описують зміни в часі трьох параметрів. Ця система має хаотичну поведінку, що робить її корисною для моделювання складних і непередбачуваних процесів [3].

Одним із цікавих застосувань системи Лоренца є її використання для аналізу динаміки міст. Міста, подібно до інших складних систем, можуть виявляти хаотичні зміни у своїй структурі та розвитку. Застосування системи Лоренца дозволяє моделювати такі нелінійні динамічні процеси.

Розглянемо у просторі метрополії таку міську систему, яка щодо економічної діяльності дуже «мала» порівняно з метрополією. Це означає, що будь-які зміни економічних умов у міській системі не впливають на весь простір метрополії, який залишається структурно стійким протягом спостереження [3].

Передбачається, що фірми та постійне населення вільні у виборі місцезнаходження і в міському просторі, і у зовнішньому світі.

Оскільки міський простір замало, вибір становища і розподіл фірм і домогосподарів у місті неспроможна проводити розташування інших складових частин метрополії.

Передбачається, що локаційні характеристики міського простору описуються такими трьома змінними:

X – продукція, вироблена міською системою;

Y – чисельність корінного населення;

Z – земельна рента.

Продукція міської промисловості може йти на споживання населення чи експортуватися зовні.

Після лінійного перетворення змінних, отримаємо класичну систему Лоренця:

$$\frac{dX}{dt} = a_1\left(a_2Y - a_3X\right),$$

$$\frac{dY}{dt} = c_1\left(c_2X - c_3Y\right) - c_4XZ,$$

$$\frac{dZ}{dt} = d_1XY - d_2Z.$$

Список використаних джерел:

1. Lorenz, E. N. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow. Journal of the Atmospheric Sciences.

2. Strogatz, S. H. (2014). Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering. Westview Press.

3. Наумейко И. В. Разработка математической модели конкурентных процессов. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/3 (71). – С. 55–60.