

## СЕКЦІЯ 10 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 332.013.33:519.86

**Макшишко Н.К.***доктор економічних наук, професор,  
Запорізький національний університет***Глазова Я.В.***старший викладач кафедри економічної кібернетики  
Бердянського державного педагогічного університету***МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСІВ САМООРГАНІЗАЦІЇ В ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ МІСТА**

У статті розроблено математичну модель оцінювання динаміки перебігу процесів самоорганізації в територіальній громаді, що базується на використанні теорії клітинних автоматів. Запропоновано використання агентно-орієнтованого моделювання для визначення параметрів стану територіальної громади, яке призначене для підтримки прийняття рішень місцевими радами та виконавчими органами територіальних громад у процесі управління територіями, для вибору альтернативних підходів та для оцінювання економічної ефективності таких рішень.

**Ключові слова:** процеси самоорганізації, кооперація громадян, агентно-орієнтоване моделювання, економічна ефективність, модель клітинного автомату.

**Макшишко Н.К., Глазова Я.В. МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ САМООРГАНИЗАЦИИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ГРОМАДЕ ГОРОДА**

В статье на основе теории клеточных автоматов разработана математическая модель оценки динамики протекания процессов самоорганизации в территориальной громаде. Предложено использование агентно-ориентированного моделирования для определения параметров состояния территориальной громады. Предложенная модель предназначена для поддержки принятия решений местными советами и их исполнительными органами в процессе управления территориями, для выбора альтернативных подходов и для оценки экономической эффективности таких решений.

**Ключевые слова:** процессы самоорганизации, кооперация граждан, агентно-ориентированное моделирование, экономическая эффективность, модель клеточного автомата.

**Maksishko N.K., Glazova Y.V. MODELS OF THE DYNAMICS OF SELF-ORGANIZATION IN THE LOCAL COMMUNITY**

In the article the mathematical model of the dynamics of the processes of self-organization in the territorial community. Proposed the use of agent-based simulation to determine the parameters of the status of the territorial community. The proposed model is designed to support decision making by local councils and their Executive bodies in management of the city, for choice of alternative approaches and to assess the economic efficiency of such decisions.

**Keywords:** the processes of self-organization, co-citizens, agent-oriented modeling, economic efficiency, model of a cellular automaton.

**Постановка проблеми.** В умовах політичної та економічної криз, що відбуваються в Україні, актуальним завданням є пошук нових механізмів та шляхів вирішення нагальних проблем суспільства. Одним із таких механізмів є децентралізація влади з делегуванням багатьох владних функцій регіонам та безпосередньо територіальним громадам [1]. Цей факт спонукає до більш детальної уваги до процесів, що відбуваються в місцевих громадах, зокрема до процесів самоорганізації населення.

Політичні події останнього часу (Революція гідності, опір терористичній загрози) продемонстрували потужний потенціал українського народу до самоорганізації. Існує життєво важлива необхідність використання цього потенціалу та розвитку громадянського суспільства для більш ефективного вирішення економічних проблем держави (надання якісних комунальних, освітніх, культурних та інших послуг громадянам) із урахуванням особливостей місцевих громад, територій та їх власних фінансових ресурсів.

Про актуальність проблеми свідчать, зокрема: створення у 2006 р. Асоціації сприяння самоорганізації населення, місією якої є сприяння розбудові громадянського суспільства в Україні через розвиток

самоорганізації населення та створення дієвої системи участі членів територіальних громад в управлінні місцевими справами [2], підтримка цієї діяльності Асоціацією міст України [3], а також низкою міжнародних організацій, які надають підтримку органам місцевого самоврядування, недержавним організаціям, ініціативним групам у сфері децентралізації та регіональної політики [4]. Приклади вирішення різноманітних місцевих проблем, досягнення у сферах соціально-економічного, культурного розвитку міських та сільських територій України, які відбулися завдяки об'єднанню зусиль, спільним діям, цілеспрямованому впливу на владу активних мешканців громад, можна знайти в багатьох дослідженнях.

Процеси самоорганізації в територіальній громаді є певним відгуком (проявом зворотного зв'язку) на недосконалість або взагалі відсутність керованого впливу на вирішення певних проблем громади. За змістом ці процеси мають значну інформаційну складову, що відображує джерело (об'єкт або суб'єкт) їх виникнення, інтенсивність та спрямованість протікання тощо. Розробка інструментарію аналізу, кількісного оцінювання та прогнозування розвитку процесів самоорганізації населення є актуальним

завданням із точки зору використання цієї інформації для вдосконалення управління соціально-економічним розвитком територій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Поняття «самоорганізація» та «процес самоорганізації» є об'єктами наукових досліджень як у галузі системних наук та кібернетики, так і в галузі соціальних та поведінкових наук, зокрема в економіці та соціології. Найбільш відомими з дослідження процесів самоорганізації є роботи Г. Хакена, І. Пригожина, С. Курдюмова, Г. Малинецького. Суспільні та економічні аспекти цих процесів розглядалися в роботах А. Богданова, Й. Шумпетера. З точки зору теорії систем термін «самоорганізація» використовується для визначення процесів виникнення в системі складних структур при відсутності порядку, нав'язаного зовнішньою до системи дією. За визначенням У. Ешбі [6], самоорганізація – це процес, у ході якого створюється, відтворюється або вдосконалюється організація складної динамічної системи.

Територіальну громаду також можна розглядати як складну, ймовірнісну динамічну систему, тому для аналізу та моделювання процесів самоорганізації в ній важливими є праці І. Ансоффа, С. Біра, а також вітчизняних учених: В. Вітлінського, В. Геєця, Ю. Лисенка та ін.

Серед науковців, які досліджували проблему впливу процесів самоорганізації на соціально-економічний розвиток територій, слід назвати А. Бакурову, О. Зайчук, Т. Іванова, В. Кравченко, А. Крупник, Н. Мішину, Г. Нестеренко, Н. Оніщенко, О. Орловського, В. Приходько, Д. Чистіліна, Ю. Шарова, В. Шупер та ін.

У роботі [7] авторами проведено аналіз процесу самоорганізації населення в територіально-адміністративних утвореннях, здійснено його визначення на базі методології семантичного моделювання, у роботі [8] досліджено динаміку процесів самоорганізації населення в територіальних громадах у різних регіонах України та визначено її чинники, а у статті [9] для прогнозування розвитку територіальної громади обґрунтовано когнітивну модель взаємодії громадян з органами самоврядування.

Територіальна громада є відкритою неврівноваженою системою, в якій відбувається передусім інформаційний обмін усередині та ззовні. Інформація є рушійною силою та каталізатором багатьох процесів, що приводять до появи стійких дисипативних структур. У роботі [10] досліджено зміст, структуру та складові частини інформаційного простору територіальної громади, визначено кількісні та якісні показники його стану.

Робота [11] містить математичну модель процесу самоорганізації, що приводить до появи органу самоорганізації населення. Запропонована модель базується на теорії клітинних автоматів [12–14] та може бути використаною у підготовці та прийнятті рішень на рівні місцевого самоврядування.

Проте дана модель має обмежену область застосування, а також для її використання було б доцільно визначити джерела та способи отримання кількісних оцінок параметрів моделі, що до цього часу не здійснено.

**Мета статті** полягає в узагальненні моделі динаміки процесів самоорганізації в територіальній громаді міста, визначенні інформаційних джерел та способів отримання кількісних оцінок її параметрів

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для аналізу процесів самоорганізації населення розглянемо математичну модель, яка передбачає опис пове-

дінки членів територіальної громади щодо проблеми, що виникла, у часі та базується на підґрунті теорії клітинних автоматів.

*Клітинним автоматом* (КА) [13] називають дискретну динамічну систему, яка представляє собою сукупність однакових, деяким чином поєднаних між собою клітин, поведінка яких цілком визначається в термінах локальних залежностей. Усі клітини утворюють мережу (решітку) клітинних автоматів. Стан кожної  $x$ -ї клітини в момент часу  $t$  визначається невід'ємною функцією  $A(x, t)$  та змінюється в дискретні моменти часу  $t$ . Стан у наступний момент  $(t+1)$  визначається станом у попередній момент часу  $t$  самої клітини та клітин, які входять в її локальний отвір  $\Theta(x)$  і називаються найближчими сусідами. У більш формальному представленні, КА – це динамічна система, що складається з множини  $A = \{x\}$  ідентичних, таких, що мають границю, машин або клітин, які змінюють свій стан за задалегідь визначеною множиною правил  $N_x$ .

Автори, що досліджували феноменологічну модель реакції Білоусова-Жаботинського, припустили, що така модель має автокатолітичну кінетику, а причиною складної просторово-часової поведінки є дифузійні процеси [14]. Саме подібність цих процесів процесам самоорганізації населення дають змогу обрати цю модель як підґрунтя для дослідження процесів поширення інформації серед мешканців території щодо соціальних та економічних проблем, що виникають у громаді.

Представимо територіальну громаду як сукупність ідентичних агентів із множини  $U$ . Кожна клітина  $x \in U$  характеризується станом  $A(x, t)$ .

Розглянемо випадок, коли перед мешканцями територіальної громади постає проблема, вирішення якої вимагає самоорганізації, для успішної діяльності якої необхідно створити відповідний орган самоорганізації. Тоді, наприклад, стан кожного мешканця  $x \in U$  можна задати числовим параметром  $K_x \in [0; 1]$ . При цьому значення параметру, що наближається до 1, свідчить про готовність агента взяти активну участь у формуванні органу самоорганізації та можливості входження його до складу ініціативної групи. Проте значення, що наближається до 0, свідчить протилежне, а саме про пасивний стан агента та небажання брати участь у роботі органу самоорганізації своєї громади.

Стан агента є наслідком двох груп факторів: зовнішніх та внутрішніх [15; 16]. Як зовнішні фактори будемо розглядати безпосередній вплив на кожного конкретного мешканця (агента) проблеми, яка стала причиною процесу самоорганізації. Параметр, що характеризує дію зовнішніх факторів, позначимо  $k^{ex} \in [0; 1]$ . Наприклад, при створенні об'єднання співвласників багатоквартирного будинку мешканці верхніх поверхів більшою мірою зацікавлені в безперебійній роботі ліфту, ніж мешканці нижніх поверхів.

Внутрішніми факторами будемо вважати, наприклад, набір індивідуальних факторів: громадянську позицію кожного мешканця, здатність до комунікації тощо. Позначимо відповідний параметр через  $K^{in} \in [0; 1]$ .

Загальну оцінку стану кожного мешканця (агента)  $x \in U$  у момент часу  $t$  визначимо таким чином:

$$K_x = k_x^{ex} * k_x^{in}, \quad (1)$$

Причому, враховуючи, що з часом ці фактори можуть змінюватися з деякою ймовірністю  $p$ , то й загальний стан мешканця (агента) також може змінитися:

$$p: K_x(t) \rightarrow K_x(t+1) \quad (2)$$

Під час моделювання процесу самоорганізації територіальної громади як агентів розглядаємо мешканців території, які здатні приймати рішення щодо свого майбутнього. Мешканці можуть бути сильно чи слабо зацікавлені в самоорганізації чи можуть бути байдужими до цього процесу. Визначимо різні групи мешканців, які становитимуть базу моделі КА:

$U$  – всі дієздатні члени територіальної громади;

$A$  – мешканці з високим рівнем зацікавленості (відповідно, параметром  $K_x$ ) в самоорганізації, які готові бути членами ініціативної групи;

$\bar{A}$  – мешканці з низьким рівнем зацікавленості (відповідно, параметром  $K_x$ ) в самоорганізації;

$\tilde{A}$  – мешканці із середнім рівнем зацікавленості в самоорганізації, які підтримують цю ідею, готові голосувати за створення органу самоорганізації, проте не готові бути членами ініціативної групи.

$$U = A(t) \cup \bar{A}(t) \cup \tilde{A}(t) \quad (3)$$

Розглядаючи проблему створення органу самоорганізації, можна скористатися нормою Закону України «Про органи самоорганізації населення»: рішення про створення органу самоорганізації приймається простою більшістю у випадку присутності половини дієздатних членів громади, що відповідає таким нерівностям:

$$|A \cup \tilde{A}| > |\bar{A}| \text{ и } |A \cup \tilde{A}| > |U|/2 \quad (4)$$

Множину правил  $N_x$ , за якими змінюється стан мешканців громади, визначимо на основі таких міркувань: члени територіальної громади (агенти), спілкуються між собою та отримують інформацію про проблеми громади, у результаті чого з певною ймовірністю можуть перейти з групи  $\bar{A}$  до групи  $A$  чи до групи  $A$ .

$$p_1: \bar{A}(t) \rightarrow A(t+1) \quad (5)$$

$$q_1 = 1 - p_1: \bar{A}(t) \rightarrow \bar{A}(t+1) \quad (6)$$

$$p_2: \tilde{A}(t) \rightarrow A(t+1) \quad (7)$$

$$q_2 = 1 - p_2: \tilde{A}(t) \rightarrow \tilde{A}(t+1) \quad (8)$$

$$\beta = \frac{A(o)}{U} * 100\%, \quad (9)$$

де  $\beta$  – параметр, який визначає відсоток мешканців, що є ініціаторами вирішення проблеми через створення громадської організації (тобто зацікавлені у створенні органу самоорганізації в початковий момент часу);

$p_1$  та  $p_2$  – імовірності зміни стану (думки) мешканців території.

Побудовану вище модель процесу самоорганізації в територіальній громаді, що базується на ймовірнісному клітинному автоматі, можна узагальнити шляхом урахування впливу на кожного мешканця думки його оточення. У такому разі множину правил  $N_x$  можна представити у такій загальній формі:

$$P = P \left( A(x, t+1) \mid A(x, t), \sum_{x \in \theta(x)} A(x, t) \right), \quad (10)$$

де  $P$  – імовірність переходу  $x$ -го мешканця зі стану  $A(x, t)$  у момент часу  $A(x, t+1)$  до стану у наступний момент часу за умови перебування в певних станах інших членів громади («сусідів», що впливають на його думку).

Необхідно зауважити, що науковою проблемою є визначення ймовірнісних характеристик запропонованої узагальненої моделі.

Очевидно, що ймовірність  $P$ , аналогічно ситуації, розглянутої вище, є функцією багатьох факторів:

$$P = F(c_1, c_2, c_3, \dots, c_j, \dots, c_N),$$

де  $c_j$  – параметр, що відображає рівень впливу на поведінку мешканців відповідного фактору,  $j=1, \bar{N}$ .

Для визначення цих параметрів використано характеристики інформаційного простору процесів територіальної громади [10]. Зокрема, досліджено та визначено для територіальної громади м. Бердянськ таку групу характеристик взаємодії мешканців у громаді:

$c_1$  – характеристика взаємодії мешканців через соціальні мережі шляхом визначення параметрів [17] відповідно до побудованого графу  $G_1$  взаємодії: порядку, ступеня  $\text{deg}G_1$  графу, щільності  $\varphi(G_1)$  графу, радіусу  $r(G_1)$ , діаметру  $d(G_1)$  та ін.;

$c_2$  – характеристика взаємодії мешканців через локальні муніципальні мережі шляхом визначення аналогічних параметрів побудованого графу  $G_2$  взаємодії;

Для оцінки цих характеристик використано результати досліджень із теорії соціальних мереж [18–20], в яких визначення статистичних властивостей, які характеризують поведінку, виділяється як один з основних напрямів дослідження систем із мережевою структурою.

Для мережі м. Бердянськ проаналізована динаміка таких параметрів, як середньоденна частка аудиторії (середнє значення щоденної частки аудиторії за місяць) та щомісячне охоплення (частка мешканців серед цільової аудиторії, що відвідали ресурс хоча б один раз за місяць).

Вибір характеристик взаємодії мешканців через характеристику комунікаційних мереж не суперечать дослідженням Р. Меткалфа [21], який стверджував, що для комунікаційної мережі цінність пропорційна кількості зв'язків між учасниками мережі, а не кількості учасників як у класичній трансляційній мережі.

Для аналізу мережевої структури комунікацій мешканців територіальної громади за допомогою соціальних та муніципальних мереж (характеристики-параметри  $c_{11}$  та  $c_{21}$ ) також доцільно скористатися класифікацією типів мережевих структур за І.В. Градосельською [22]. Згідно з цією класифікацією, виділено чотири типи мережевих структур, які розрізняють із точки зору комунікативності та центральності (домінантності) у комбінації ознак за рівнями «висока/низька»:

- висока домінантність і високий ступінь комунікативності властиві «спутниковій» структурі, де ресурси переміщуються від центру до периферії;

- у системі, яка характеризується високим ступенем домінування, більшість зв'язків будуть з'єднувати «центри» і «кліки»;

- у системі з високою зв'язаністю і низькою домінантністю загальне число зв'язків розподілено рівномірно, і потоки спрямовані від одного фрагмента системи до іншого;

- система з низьким рівнем комунікативності і низькою домінантністю притаманна дифузним, слабоінтегрованим популяціям;

- система з низьким рівнем комунікативності і високою домінантністю зосереджує зв'язки в певних ареалах співтовариства і позначає його декомпозицію.

Побудуємо відповідність між виділеними чотирма типами мережевих структур і інтервалами значень параметрів  $c_{11}$  та  $c_{21}$  (табл. 1).

Друга група факторів характеризує вплив на процеси самоорганізації населення умов спілкування мешканців без залучення технічних засобів.



Таблиця 1

 Відповідність значень параметрів  $c_{11}$  та  $c_{21}$  типу мережевої структури

Типи мережевих структур		Комуникативність (зв'язність)		Відповідні значення параметрів $c_{11}$ та $c_{21}$	
		Висока	Низька		
Домінування	Високе			→	[0,8; 1]
	Низьке				[0,5; 0,8]
					[0,2; 0,5]
					[0; 0,2]

Для визначення характеристик факторів цього впливу можна спиратися на підхід до побудови моделі соціальної поведінки, запропонований І.М. Трофімовою [23], де вивчалось питання про вплив на поведінку в групі таких формальних ознак середовища, як величина популяції, можливість установалення контактів (соціабельність) і ступінь різноманітності елементів.

На основі цього підходу визначимо такі характеристики:

$c_3$  – щільність населення як відношення кількості мешканців до площі території;

$c_4$  – характеристика схильності мешканців громади до спілкування (визначається ментальними особливостями мешканців території на основі результатів соціологічних досліджень та експертного оцінювання).

Третя група факторів, що впливає на ймовірність зміни думки мешканців, пов'язана безпосередньо з проблемою, що породжує процес самоорганізації. До характеристик цієї групи віднесено:

$c_5$  – характеристика гостроти проблеми для мешканців громади оцінена на основі результатів соціологічного опитування;

$c_6$  – часові характеристики проблеми (поточна, середньотермінова, стратегічна) базуються на експертному оцінюванні, а також на результатах соціологічних опитувань.

На основі оцінки визначених характеристик  $c_1$ – $c_6$  визначається ймовірність  $P$  переходу  $x$ -го мешканця зі стану  $A(x,t)$  у момент часу  $t$  до стану  $A(x,t+1)$  у наступний момент часу.

Для реалізації моделі динаміки процесів самоорганізації в територіальній громаді м. Бердянськ та проведення імітаційного моделювання використано мультиагентне програмне середовище моделювання NetLogo 4.0.4. [24].

Вхідними параметрами моделі є початкова кількість учасників проекту та показник їхньої активності  $p$  (ступінь впливу на інших агентів-мешканців в одиницю часу).

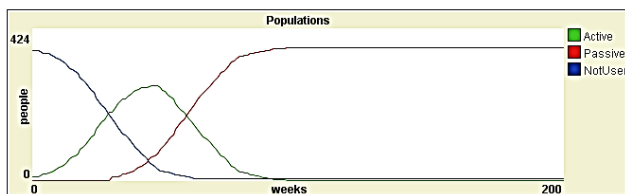


Рис. 1. Приклад результату роботи моделі на базі клітинного автомату для розрахунку динаміки кількості мешканців територіальної громади щодо їх участі в процесі самоорганізації

Вихідними даними моделі є оцінка кількості мешканців (агентів), що належать до визначених вище

множин, у динаміці протягом заданого часу (тижнів, місяців тощо) у вигляді графіка залежності «кількість – час» (рис. 1).

**Висновки.** Процеси самоорганізації в територіальних громадах не лише сприяють розвитку громадянського суспільства, але й виступають ефективним інструментом вирішення багатьох соціально-економічних проблем розвитку територій. На поведінку жителів громади щодо кооперації у вирішенні проблем впливають багато факторів зовнішнього та внутрішнього характеру, серед яких: щільність заселення, гострота проблеми, соціабельність мешканців, час тощо. У статті запропоновано узагальнення моделі динаміки процесів самоорганізації в територіальній громаді міста з урахуванням зазначених факторів. Визначено та обґрунтовано інформаційні джерела та способи отримання кількісних оцінок моделі, її параметрів та факторів.

Перспектива подальших досліджень полягає у формалізації методу оцінювання ймовірнісних характеристик процесів самоорганізації в територіальній громаді, використання нечіткої математики для оцінювання якісних характеристик, а також оцінювання економічних ефектів.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Децентралізація влади [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://decentralization.gov.ua/questions>.
2. Асоціація сприяння самоорганізації населення Samoorg [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://samoorg.com.ua>.
3. Асоціація міст України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://auc.org.ua/page/detsentralizatsiya>.
4. Можливості для розвитку громад. Довідник міжнародних проєктів і програм у сфері децентралізації та регіональної політики, що реалізуються в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://auc.org.ua/sites/default/files/dd\\_1.pdf](http://auc.org.ua/sites/default/files/dd_1.pdf).
5. Златіна К.Д., Трепалюк Г.С. Самоорганізація населення в громадах. Історія успіху. Збірник матеріалів / К.Д. Златіна, Г.С. Трепалюк; під ред. А.С. Крупника. – Одеса: Євродрук, 2016. – 54 с.
6. Философский энциклопедический словарь / Под. ред. С.С. Аверинцева [и др.]; 2-е изд. – М.: Сов. Энциклопедия, 1989. – 815 с.
7. Глазова Я.В. Визначення поняття «самоорганізація територіальної громади» засобами семантичного моделювання / Я.В. Глазова, Н.К. Максишко // Вісник ЗНУ: зб. наук. праць. Економічні науки. – 2015. – № 2 (26). – С. 75–82.
8. Глазова Я.В. Дослідження динаміки процесів самоорганізації населення в територіальних громадах регіонів України / Я.В. Глазова, Н.К. Максишко // Ефективна економіка. – 2015. – № 12 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?n=12&y=2015>.
9. Глазова Я.В. Прогнозування розвитку громади на базі моделі взаємодії органів самоврядування та самоорганізації населення / Я.В. Глазова, Н.К. Максишко // Прикладні аспекти прогнозування розвитку складних соціально-економічних систем:

- [монографія]; під ред. О.І. Черняка, П.В. Захарченка. – Бердянськ: Ткачук О.В., 2015. – С. 249–255.
10. Глазова Я.В. Аналіз змісту, структури та складових інформаційного простору територіальної громади / Я.В. Глазова // Вісник ЗНУ: зб. наук. праць. Економічні науки. – 2016. – № 1 (29). – (у друці).
  11. Максишко Н.К. Моделирование процесса создания органов самоорганизации в территориальной громаде / Н.К. Максишко, Я.В. Глазова // Сучасні проблеми прогнозування розвитку складних соціально-економічних систем: [кол. монографія]; за ред. О.І.Черняка, П.В. Захарченка. – Бердянськ: ФОП Ткачук О.В., 2014. – С. 214–224.
  12. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов / Т. Тоффоли, Н. Марголус. – М.: Мир, 1991. – 280 с.
  13. Максишко Н.К. Моделювання економіки методами дискретної нелінійної динаміки: [монографія] / Н.К. Максишко; наук. ред. проф. В.О. Перепелиця. – Запоріжжя: Поліграф, 2009. – 416 с.
  14. Лобанов А.И. Модели клеточных автоматов / А.И. Лобанов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. – Т. 2. – № 3. – С. 273–293.
  15. Трофимова И.Н. Моделирование социального поведения / И.Н. Трофимова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spkurdyumov.ru/evolutionism/modelirovanie-socialnogopovedeniya/>.
  16. Колесин И.Д. Принципы моделирования социальной самоорганизации: [учеб. пособ.] / И.Д. Колесин. – СПб.: Лань, 2013. – 288 с.
  17. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев [и др.]. – М.: Наука, 1990. – 384 с.
  18. Сазанов В.М. Социальные сети: Анализ – Технологии – Перспективы. Обзор / В.М. Сазанов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ntl-cbm.narod.ru/CBM-NET/net\\_rew.doc](http://ntl-cbm.narod.ru/CBM-NET/net_rew.doc).
  19. Социальные сети и формирование групп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.soobshestva.ru/news/?p=243/>.
  20. Давыденко В.А. Моделирование социальных сетей. Отчет по гранту «Социолого-математическое моделирование социальных сетей» / В.А. Давыденко, Г.Ф. Ромашкина, С.Н. Чуканов // Вестник Томского государственного университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tnmlib.ru/resources/books/pdf/Romashkina\\_3.pdf](http://www.tnmlib.ru/resources/books/pdf/Romashkina_3.pdf).
  21. Metcalfe R.M. Ethernet: DistributedPacketSwitchingforLocalComputerNetworks / Metcalfe R.M., D.R. Boggs // ACM Communications, 19 (5):395-404, July 1976. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stanford.edu/class/cs240/readings/ethernet.pdf>.
  22. Градосельская Г.В. Сетевые измерения в социологии: учеб. пособ. / Г.В. Градосельская; под ред. Г.С. Батыгина. – М.: Новый учебник, 2004. – 248 с.
  23. NetLogo 4.0.4 UserManual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dSPACE.ist.utl.pt/bitstream/2295/294358/1/NetLogo%20User%20Manual.pdf>.