

Султан Рамазанів, д.т.н., д.е.н., проф., Людмила Стемплевська, докт. н.

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля (м. Луганськ),

## АНАЛІЗ, МОДЕЛЮВАННЯ Й ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ Й РОЗВИТКУ ГІПЕРСИСТЕМИ ТИПУ «МАЙДАН»: деякі попередні міркування

*«Ідеальне суспільство – це таке суспільство,  
де старі могли б мати гідну кончину,  
сильні мали б гідне заняття,  
а юним були відкриті всі шляхи».*

**Конфуцій**

*Складність уможлиблює  
становлення «порядку з хаосу».*

**Ілля Пригожин**

*" людство не має часу намацувати організацію миру методом проб і помилок...*

*Ми повинні обчислювати й проектувати майбутнє,*

*опираючись на науку, на закони організації й самоорганізації"*

**С.П. Курдюмов**

*«Ми ніколи не затримуємося в сьогоденні...*

*Сьогодення не буває ніколи нашою метою,*

*ми взагалі не живемо, але лише збираємося жити...»*

**Блез Паскаль. Думки (1658)**

*« Для того, щоб зрозуміти й оцінити процеси, що відбуваються у світі,  
щоб побачити тенденції й зуміти виділити генеральні напрямки зусиль,  
які слід прикласти, треба знайти опорну крапку, якийсь фундамент,  
на який зможе опертися науковий аналіз досліджуваної ситуації.*

*Такою опорою може стати уявлення про суспільство як о деякій системі що самоорганізується,  
безперервно еволюціонує , у якій регулярно відбувається розузгодження  
духовного й матеріального світів.*

*Ці світи пов'язані між собою, але їх кореляція аж ніяк не однозначна.*

**Акад. М.М. Моисеев**

**Анотація.** У роботі вперше представлені деякі попередні міркування для аналізу й моделювання соціально-політичної ситуації глибокої кризи на основі суперсистеми типу «Майдан». Показано можливість використання ентропійного підходу й наведено один загальний підхід побудови інтегральної нелінійної динамічної моделі взаємодій у складній багатоагентній системі типу «Майдан» на базі логістичного рівняння і його приватні варіанти.

**Кл. слова:** гіперсистема, «Майдан», моделювання, прогноз, розвиток, ентропія, соціальний аттрактор, кодрат'єйські хвилі, цикли, криза, хаос, нестійкість, синергетика, нелінійна динаміка, логістичне рівняння.

**Вступ.** Нинішня соціально-політична й фінансово-економічна криза суттєво загострила проблеми й протиріччя в розвитку й перспективах України. За 23 року української незалежності ми, на жаль, не стали єдиною багатонаціональною родиною, політичною націями, тобто сукупністю громадян держави, згуртованих загальною волею жити й просуватися в майбутнє разом, гордих за свою країну. Катастрофічне падіння обсягів виробництва, зниження ділової активності суб'єктів господарювання, масштабне безробіття, "параліч" платіжно-розрахункової системи й криза банківської ліквідності, скорочення імпорту й експорту, зменшення доходів бюджету й валютних вступів при значному нагромадженні внутрішньої й зовнішньої заборгованості, істотне зниження реальних доходів і рівня життя населення не тільки показали нерациональність структури й рівня розвитку окремих елементів і підсистем економіки, але й чітко відбили недоліки й прорахунки в господарському механізмі країни. На думку фахівців (включаючи закордонних), нинішня криза продемонструвала кризу ідеології "ринкового фундаменталізму" і ліберальної ідеї саморегулювання ринку, викликав необхідність корінного переосмислення механізмів і моделей державного впливу, у тому числі й на еколого-економічні й соціально-політичні процеси; якщо держава не регулює ринок, то його регулюють монополії, олігархи й організована злочинність. Але навіть у цій ситуації, як уважаються вітчизняні вчені,

Україна має потенційні можливості вийти із кризи більш сильної, більш конкурентоспроможної за умови збереження цілісності, єдності й рішучого й системного переходу до інвестиційно-інноваційної моделі розвитку, побудові нової економіки знань і вдосконалюванню регулятивної функції держави з обліком глобальних інтеграційних факторів[1-4].

Фундаментальну природу соціально-економічної й системної кризи відображають великі кондрат'євські цикли розвитку світової економіки. Протягом останніх двох сторіч До-Цикли з періодами 40-50 років повністю відповідали реальному розвитку світової економіки, і зокрема, економіки України[5-7].

Яке можливий соціально-політичний і економічний розвиток і майбутнє України?

Для початку вкажемо головні характеристики України, по яких її ідентифікує зовнішній мир. Відразу після здобуття незалежності в 1991 році Україна стикнулася з новими труднощами й погрозами, пов'язаними з парадоксами й нерозумінням власними національними елітами, насамперед місця й ролі нації в новому світовому порядку, їх нездатністю мислити й діяти патріотично.

Відсутність досвіду й розуміння, необхідних для інтегрування в цей світовий порядок, привело до втрати керування потужним народним господарством країни, до високого рівня корупції, політичної нестабільності. Добровільна відмова від ядерної зброї і його повна ліквідація в 1991-1996 роках, закриття Чорнобильської АЕС в 2000 році, завоювання цивільних і демократичних воль після «помаранчевої революції» 2004 року, вступ у СОТ в 2008 році й інші події визначили унікальний шлях України до побудови незалежної держави. В ХХІ столітті навколо України виникли нові реалії.

З одного боку, перебуваючи під потужним впливом Росії, а з іншого — розбудовуючи відносини нового типу зі США і Європою, Україна виявилася на перехресті не тільки геополітичних, але й культурних і психологічних інтересів цих світових центрів влади. Подібний розрив на психологічному й культурному рівнях існує й усередині країни, розділяючи її приблизно навпіл, на Східну й Західну частині.

Східна Україна тісно солідаризується із платформою Росії і її традиціями, у той час як Західний Україна - з регіонально-національними устремліннями.

Українські політичні еліти не тільки демонструють нездатність об'єднати прагнення людей зі Сходу й Заходу, а ще більше збільшують розрив між ними, загострюючи чутливі, хворі теми для представників різних регіонів держави. Дрейфуючи на цих локальних протиріччях і чіпляючись за владу, еліти тривалий час ухиляються від відстоювання й просування стратегічних інтересів України.

Народу України не потрібні зазначені протиріччя. Прості люди із усіх регіонів України культурні цінності, що створюють матеріальні й, прагнуть жити в мирних і конструктивних відносинах не тільки між собою, але й з усіма країнами - близькими й далекими сусідами й насамперед з Росією, Європою й США.

Відзначимо, що на середньостроковому відрізку часу (найближчі 5-7 років) буде відбуватися поступова заміна старих політиків новим поколінням, яке виховувалося й отримувало освіту в нових соціально-політичних умовах і нові демократичні цінності. Зміна поколінь політиків відбудеться тим швидше, чим глибше й хворобливіше буде криза[5-7].

Нове покоління політиків буде схильне до компромісу зі своїми політичними опонентами й до консолідації з ними навколо загальнодержавних цінностей і пріоритетів. Цей перехідний період буде супроводжуватися інтенсивною політичною боротьбою між фінансово-політичними партіями й групами старої й нової хвилі.

Протягом цього періоду з поступовим загасанням будуть мати місце високі ризики соціальних конфліктів, потерплять крах старі політичні альянси, підсилиться соціальне розчарування, буде залишатися високим рівень корупції. Однак сприятливі умови для виробництва великої кількості продуктів харчування, гарні кліматичні умови, підвищення ефективності транзитних шляхів України, високоякісний людський капітал, утір, острівці науки й культури збережуть стійкі, відносно високі позиції.

Соціальний запит на високоякісні знання й технології також буде рости. Завдяки цьому будуть забезпечені умови для збереження критичної маси високоосвічених людей, здатних до

здійснення суспільних перетворень. Будуть вибудовані нові інституціональні основи суспільства, необхідні для подальшого швидкого розвитку.

Таким чином, наше найближче майбутнє, тобто сценарії розвитку України до 2020 року по тимчасових обрях збігаються з зменшуючою хвилею п'ятого До-Циклу світової економічної кризи.

Якщо буде поставлена пріоритетна мета виховання конкурентоспроможного у світі молодого покоління українських політиків, учених і дипломатів, Україна буде мати успіх у першій половині XXI століття. Належним чином сплановане стратегічне використання знань, розвиток науки й технологій створять покоління української еліти, які зможуть вивести країну на передові позиції серед країн Центральної й Східної Європи.

Відносини України з Росією, Євросоюзом і Сполученими Штатами Америки будуть розбудовуватися рівно й позитивно. Щоб скористатися цими можливостями, Україна повинна розвинути ряд нових сильних характеристик.

Зокрема дуже важливо зберегти високий людський потенціал і вивести його на якісно новий рівень[5-7].

**Стан проблеми й актуальність.** В умовах нестабільності й системних криз проблема моделювання й прогнозу для забезпечення стійкого, безпечного й гармонічного функціонування й розвитку життєздатних соціально-політичних і еколого-економічних систем на основі теорії й методів нелінійної динаміки й міждисциплінарних технологій завжди є актуальною. Ці системи характеризуються складністю структури й поведінки, синергетичністю, нелінійністю, а також мають і інші «НЕ» і «БАГАТО» факторні характеристики. При цьому дуже важливою проблемою є також дослідження систем з інтегральними й міждисциплінарними властивостями, тобто систем, які включають у свою структуру соціально-політичні, еколого-економічні й гуманітарні (СПЕЕГ) підсистеми - як системи майбутнього (системи ноосферного типу) [1-4].

*Система типу «Майдан» - як складна синергетична гіперсистема.* «Майдан» саме став підсумком глибокої системної кризи (крах економіки й настання стагнації) в українському суспільстві. При цьому відзначимо, що «Майдан» – це суперскладна багатомірна ієрархічна синергетична система з турбулентним характером і з інтегральними властивостями СПЕЕГ підсистем, тобто складна нелінійна система з високим ступенем різної невизначеності й непередбачуваності, що полягає з різних соціальних груп людей соціуму зі своїми «соціальними атрactorами» (СА), кожна з яких характеризується своєю метою, завданнями, намірами, мотиваціями, емоціями, ментальністю, культурою, духовно-моральними цінностями, патріотизмом і т.д. «Майдан» - це інновація в широкому змісті (сукупність нововведень), тобто це деяка складна система, яка характеризується набором фазових змін, що визначають її еволюцію. «Майдан» - як нерівновага, нелінійна й нестійка система, яка може стати початком зміни якості розвитку суспільства.

Тому проблема моделювання й прогнозу стану й сценарію розвитку гіперсистеми типу «Майдан» є важливої, актуальної й перспективною. Цим був обумовлений вибір теми даної роботи.

На основі комплексного міждисциплінарного аналізу кризової ситуації в країні й у світі, її соціально-політичних, економічних, фінансових, інституціональних і корупційних аспектів у даній роботі розглядається проблема моделювання й пророкування майбутнього процесів, що відбуваються в умовах подальшого розгортання кризи.

В умовах конвергенції, міждисциплінарного підходу й теорії самоорганізації важливе, якщо не визначальне, місце займає проблема взаємопереходів “ хаос-порядок”. Це правило й закон існування й еволюції сучасних складних систем.

Методи нелінійної динаміки розкривають, що розбудовуються процеси, які є ланцюгом, що переміняються один одного фаз порядку й хаосу, в основі яких лежить принцип «розвиток через нестійкість». У ході цього процесу в упорядкованій системі зароджується хаос, через що в умовах сильної нерівноважності вона втрачає стійкість і в крапці біфуркації охоплена хаосом система ( під впливом малих збурювань) кардинально міняє напрямок свого розвитку й у ній знову запановує порядок. Потім у функціонуванні системи знову наростає хаос і розвиток її триває по тому ж сценарію. При цьому необхідною передумовою нестійкості системи залишається її обмін матеріально-енергетичними й інформаційними потоками зі своїм оточенням, що й дозволяє

зовнішнім збурюванням виводити систему з рівноваги й час від часу «тримати» її в стані нестійкості.

У руслі нелінійної динаміки поведінка систем, що еволюціонують, може характеризуватися стійкою нерівновагою. Іншими словами, стану такої системи стабільно перебувають удалині від рівноважних, що є наслідком дії енергетичних процесів, що протікають у ній. По відомій концепції І. Пригожина в нерівновагій системі з хаосу утворюється порядок. У ході цього процесу енергія системи розсіюється й у ній спонтанно виникає так звана дисипативна структура. Сама по собі дисипація означає убування енергії в системі й зростання її ентропії, але в нерівноважних умовах втрати енергії компенсуються її припливом ззовні, завдяки чому відбувається самоорганізація системи. Але для цього необхідно постійно втримувати систему від стану рівноваги, що реалізоване лише тоді, коли вона обмінюється зі своїм оточенням матеріально-енергетичними або інформаційними потоками й чутлива до зовнішніх збурювань. А внаслідок нелінійності процесів, що протікають, малі зовнішні збурювання можуть багаторазово підсилюватися й породжувати масштабні (часом катастрофічні) перебудови в системі.

Раптові й стрибкоподібні переходи в поведінці системи наступають при досягненні нею крапок біфуркації, у яких відбувається вибір напрямку руху системи, непередбачений, що заздалегідь і знаходить нові якості. От чому предметом дослідження служать значення параметрів, при яких настає біфуркація[8-10].

У проблемі моделювання й прогнозування стану СПЕЕГ процесів і систем теорія нелінійної динаміки й самоорганізації поки ще використовується слабо. Немає єдиного підходу до її застосування. Сьогодні в гуманітарній сфері переважає думка, що розвиток СПЕЕГ процесів є непередбаченим ні на найближчу, ні на тривалу перспективу. Однак теорія самоорганізації й нелінійної динаміки дає підставу сподіватися на можливість моделювання динаміки й прогнозування розвитку цих процесів, особливо на макрорівні.

Процеси формування порядку й хаосу в соціально-політичних і еколого-економічних системах вивчені слабо. Ця проблема стала привертати увагу вчених в останні десятиліття в усьому світі, зокрема, це виникло з появою наукових праць І. Пригожина, Г. Хакена, С.П. Курдюмова, Н.Н. Моисеева, В.І. Арнольда, Г.Г. Малинецкого, А.Ю. Лоскутова, А.А. Самарського, А.П. Михайлова, М.З. Згуровського, В.А. Садовниченко, А.А. Акаєва, Н.Д. Кондратьєва, С.Ю. Глазєва, Е.Н. Князєв і ін.[11-15]. Однак, питання про те, що являє собою моделювання й прогноз процесів соціально-політичного й еколого-економічного порядку й хаосу не розкритий дотепер.

**Основний матеріал і результат.** Усякий опис соціально-політичної системи й соціуму в цілому по суті своєї ієрархічний. Соціум – це конкретне соціальне середовище, у рамках якої люди функціонують і ухвалюють рішення. Основні елементи соціуму: політичний, соціальний і економічний механізми регулювання людської активності, що домінують соціальні й політичні ідеї, загальноприйнята система цінностей, відношення до праці, розподіл доходів серед населення, сприйнятливність до соціальних і технологічних нововведень, відношення до середовища проживання, демографічна поведінка, міжетнічні відносини, погоджені цілі суспільного розвитку.

Соціум характеризується конвергентними психічними структурами відносин індивідів і членів соціуму один з одним, причому ці відносини відрізняються більшою різноманітністю форм. Зовні соціум виглядає як поліієрархічна структура - тобто члени соціуму одночасно включені в різні ієрархічні структури відносин і існує ієрархія ієрархій. Як правило, одна з них - домінуюча, а інші будемо називати субдомінантними. Як домінуюча, так і субдомінантні ієрархії відносин - суть пересічні безлічі, тобто, той самий член соціуму, беручи участь у домінуючій ієрархії, може брати участь у будь-якій іншій допоміжній ієрархії. Усі ієрархії формуються на основі соціальних аттракторів і мають свої ранги в структурі ієрархій.

Загальноприйняте ділити досліджувану систему на підсистеми, групи на підгрупи. Однак, у реальності, через нелінійний характер процесів усі дуже рухливо й відносно, а тому класифікація така не динамічна й розвалюється або при соціальних трансформаціях, або при зміні кута зору дослідника на, що відбуваються події. Ми розглянемо деякі підходи дослідження процесів функціонування й розвитку соціально-політичної системи типу «Майдан», які можуть відбивати її еволюцію.

**1. Ентропійний підхід дослідження.** Визначимо загальні положення, у рамках яких розглядаються наші міркування й міркування [9,16].

А. Індивіди в соціумі усвідомлюють стан свого буття, стан буття інших членів груп і навколишнього середовища проживання.

В. З метою зміни стану свого буття, буття інших членів соціуму й середовища проживання, індивіди здійснюють деякі дії стосовно самих себе, до інших членів соціуму й до середовища проживання. Ці дії зовні виглядають як поведінка.

С. мотивами, що спонукують, поведінки індивіда є як зовнішні причини (наприклад, зміни й вплив зовнішнього навколишнього середовища проживання, або поведінка інших членів соціуму), так і внутрішніми причинами (наприклад, страх, дискомфорт, бажання, борг, ідея). На основі цих мотивів, що спонукують, формуються мети поведінки, тобто бажані стани соціуму.

Д. Соціальні атрактори формуються з однієї сторони "зсередини" на основі синхронізації цілей або ж активно нав'язують "ззовні" домінуючою ієрархією у вигляді ідеологічних установок. Соціальний атрактор – множина що притягує безліч станів суб'єкта. До цього стану суб'єкт може прийти, ставлячи різні цілі.

Е. Виходячи зі своєї системи поглядів на дійсність і системи цінностей, індивід вибирає (або формує) свій атрактор - і зосереджує на ньому найбільш привабливу на даний момент ціль; ієрархія цілей із часом змінюється, тобто має свою динаміку.

Зовнішнє навколишнє середовище, у тому числі й соціально-економічна, протидіє або сприяє індивідуумові в досягненні його мети. Щоб подолати протидію, індивідові необхідно виявити волю, тобто якийсь соціально-психічний тиск. Зовні ця соціально-психічна сила виражається в ступені агресивності, який може бути проградуєвана від прямої і твердої агресії й наполегливості в придушенні інших суб'єктів (членів соціуму) до індіферентності й боязкості.

Нехай  $X_1, X_2, \dots, X_k, \dots, X_N$  - соціальні групи (загони), у кожній з яких свої цілі й установки, а також мають свої вектора станів ( тобто інтегральні завдання й наміру) виду:  $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_N$ . Позначимо через функції  $f_1, f_2, \dots, f_k, \dots, f_N$  - відповідні ймовірності або щільності розподілу ймовірностей, які описують рівень довіри груп до верхньої ієрархії (влади), причому,  $f_k \equiv f_k(t) \equiv f_{x_k}(t, \alpha_k)$ ,  $k = 1, \dots, N$ , де параметри  $\alpha_k$  визначаються окремо для кожної групи системи. Відзначимо, що функції  $f_{x_k}(t, \alpha_k)$  в загальному випадку є негауссовським. Це дуже важливо в соціальній науці!

Тоді рівень невизначеності (хаотичності) або інтегральна ентропія всієї системи можна визначити як функцію часу[16]:

$$H(t) = - \sum_1^N f_k(t) \ln f_k(t). \quad (*)$$

Динаміку ентропії (хаотичності) тоді можна оцінити по формулі:

$$\dot{H}(t) = - \sum_1^N [\dot{f}_k(t) (\ln f_k(t) + 1)], \quad (**)$$

де  $H(t_0) = H_0$  - початковий рівень ентропії (безладдя, хаосу) і  $t > t_0$ .

Формули (\*) і (\*\*) можуть бути використані для прогнозу рівня хаотичності всієї складної системи.

Тепер розглянемо дослідження суперсистеми «Майдан» на основі ентропійного підходу з використання рангів індивідуумів (учасників, членів груп) і їх ієрархій.

У тих випадках, коли атрактори членів деякої підмножини  $S_j$  безлічі  $S$  збігаються або досить близькі, тобто  $S_j \subset S$ , формуються соціальні атрактори підмножини  $S_j$ . Такі підмножини ми будемо називати соціальними групами (СГ). Загальну волю всіх членів соціальної групи  $S_j$  до досягнення того або іншого соціального атрактора ми будемо називати суспільною( соціальною) волею цієї соціальної групи. Однак, внаслідок протидії один одному й індивідуальної різноманітності мотивацій, рівності членів цієї групи в досягненні соціального атрактора, і їхнє положення в соціальній групі визначається відповідно до сили їх індивідуальної мотивації.

Уведемо на безлічі  $S_j$  членів соціальної групи, об'єднаних соціальним аттрактором  $A_j$  ієрархію  $I_j$ , положень (відносин) членів соціуму шляхом відображення  $f: S_j \rightarrow \{r_{ji}\}$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ), де  $\{r_{ji}\}$  - безліч дійсних чисел, що ставить у відповідність кожної особи з  $S_j$ , деяке дійсне число  $f(x)$ , називане рангом  $r_{ji}$  індивіда. У загальному випадку в розглянутій соціальній групі відображення  $f: S_j \rightarrow \{r_{ji}\}$  не ін'єктивно, тобто два різні об'єкти  $x$  і  $y$  з  $S_j$ , можуть мати рівні ранги  $f(x)=f(y)$ . Внаслідок цього відношення між ними не є асиметричними й не задовольняють визначенню строгого порядку [4]. Отже, у загальному випадку ми розглядаємо квазіпорядок рангів, який индуцирует строгий порядок (ієрархію  $I_j$ ) на безлічі класів еквівалентності рангів членів СГ  $S_j$ , що відбивають їхню волю, наміри, мотивацію й емоції в досягненні СА.

Підмножина  $S_j$  безлічі  $S$  можуть бути пересічними, іншими словами, той самий член соціуму  $S$  у досягненні різних соціальних аттракторів буде членом відповідних ієрархій. Наприклад, у соціумі якийсь індивід є членом сімейної, виробничої, суспільної ієрархії й має найчастіше в кожній з них різні ранги.

У складно організованих соціумах (наприклад, соціальна структура як «Майдан») на основі відповідних СА формуються асоціативні ієрархічні структури, елементи (члени) яких не окремі індивіди, а їх групи. Це накладає свій відбиток на специфіку свідомості цих елементів - вони виявляються не наділеними внутрішньою свідомістю. Асоціативні ієрархії також можуть бути різних рівнів:  $I_{ai,jk} \subset I_{aij} \subset \dots \subset I_{ai} \subset I_a$ . На відміну від асоціативних ієрархій, ієрархії різних рівнів, членами яких є цілеспрямовані й наділені внутрішньою свідомістю індивідуума; назвемо їх базовими.

Відносини між асоціативними й базовими ієрархіями можуть бути досить цікавими. Так, базова ієрархія більш високого рівня може впливати на розподіл рангів членів ієрархії більш низького рівня. Наприклад, ієрархії більш високого рівня індукують ранги елементів в ієрархіях більш низького рівня. Визначення рангу індивіда в тій або іншій ієрархії може бути здійснене шляхом експертної оцінки зовнішніх проявів поведінки й волі індивіда в розглянутій базовій ієрархії.

Кількість членів у соціальних групах, відповідних до різних рівнів ієрархії і їх ранги міняються із часом. Отже, і змінюється соціальна мотивація групи відповідної до ієрархії. Співвідношення волею членів ієрархічної групи якимось впливає на її соціальну волю в цілому. Заходом співвідношення хаосу й порядку в інтересах, мотиваціях і волях індивідів у розглянутій ієрархії  $I_j$  є ентропія ієрархії як функції часу:

$$H_j(t,n) = k \sum_{i=1}^n \frac{r_{ij}(t)}{r_j(t)} \ln \frac{r_{ij}(t)}{r_j(t)} \quad (1)$$

де  $r_{ij}(t)$  - ранг члена ієрархії  $I_j$ ;  $r_j(t) = \sum_{j=1}^n r_{ij}(t)$  - алгебраїчна сума рангів індивідів ( $n$  -

кількість членів ієрархії  $I_j$ ), інші позначення ті ж що й вище. Ентропія  $H_j$  тут і далі відбиває захід неоднорідності (захід різноманітності) ієрархічних рангів (вольових потенціалів) індивідуумів у розглянутій системі ієрархічних відносин.

Кожний доданок правої частини формули (1) - це ентропія, яка визначає волю  $i$ -го індивіда в ієрархії  $I_j$ , як частку в алгебраїчній сумі волею індивідів ієрархії  $I_j$ , тобто, як частку "хаосу", внесеного  $i$ -м членом у загальний хаос системи.

При порівнянні ентропій ієрархії в різних проміжках часу, незалежно від кількості її членів, доцільно розглядати відносну ентропію:

$$H_j^0(t) = \frac{H_j(n,t)}{H_{j_{\max}}(n)} \quad (2)$$

Ентропія  $H_j$  змінюється в інтервалі  $0 \leq H_i \leq H_{j_{\max}}$ , отже, відносна ентропія ієрархії змінюється в інтервалі  $0 \leq H_j^0(t) \leq 1$ .

Аналогічно тому, як це робиться в термодинаміку, будемо вважати ентропію максимальної, коли волі всіх індивідів однакові по силі - тобто їхні ранги виявляються рівні ( $r_{ji} = r_{jo}$ ). Тоді одержимо

$$H_{j \max}(n) = -k \ln n \quad (3)$$

$$H_j^0(t) = -\frac{\sum_{i=1}^n \frac{r_{ji}}{r_j} \ln \frac{r_{ji}}{r_j}}{\ln n} \quad (4)$$

Розглянемо функцію мінливості  $D(H_j)$  ієрархії  $I_j$ :

$$D = H_j / (H_{j \max} - H_j) \quad (5)$$

де  $H_j$  - захід неупорядкованості (хаотичності), а  $(H_{j \max} - H_j)$  - захід організованості (порядку, детермінованості) ієрархії.

При  $H_j = 0$  ієрархія не змінюється:  $D(H_j) = 0$ . Отже, зі зростанням ентропії  $H_j$  ієрархії  $I_j$  функція мінливості  $D(H_j) \rightarrow \infty$ , тобто росте.

Важливою характеристикою розвитку ієрархії  $I_j$ , є функція стабільності  $B(H_j)$ :

$$B = (H_{j \max} - H_j) / H_{j \max} \quad (6)$$

При  $H_j = 0$  ієрархія в соціальній групі повністю стабільна й із часом повністю повторює саму себе:  $B(H_j) = 1$ . При  $H_j = H_{j \max}$  ієрархія повністю мінлива:  $B(H_j) = 0$ . Отже, зі зростанням ентропії  $H_j$  відповідні ієрархії  $I_j$  функція стабільності убуває.

Функція мінливості  $D(H_j)$  характеризує розвиток (зміна) внутрісистемних відносин членів в ієрархії  $I_j$ . Напроти, функція стабільності  $B(H_j)$  характеризує збереження внутрісистемних відносин членів ієрархії  $I_j$ , у тому виді, якому вони є.

З погляду розвитку (зміни) ієрархія перебуває в стані квазірівноваги ( хиткої рівноваги) при виконанні рівності

$$D(H_j) = B(H_j) \quad (7)$$

Подібне використовується й у роботі [8] при розгляді ентропії й гармонії ознак у всіляких системах - від соціальних і лінгвістичних (віршів і інших літературних творів) до астрофізичних систем.

У силу (5) і (6) з (7) випливає, що дане рівняння має два розв'язки:  $H_{j1} = 0.382$ ,  $H_{j2} = 2.618$ . Перший розв'язок -  $H_{j1} = 0.382$ , відповідає квазірівновесному стану мінливості й стабільності ієрархії, при якій немає ні кардинальних змін, ні стабілізації соціальних відносин розглянутої ієрархії. Цей стан характеризує співвідношенням:  $H_j^0 = H_{j1}$ . Область значень  $H_j^0 < H_{j1}$ , що характеризує перевагу в ієрархічній системі стабільності, лежить під прямою  $H_j^0 = H_{j1}$ . Область максимальної мінливості внутрісистемних відносин, іншими словами, область зникнення соціального атрактора й розпаду відповідної йому ієрархії лежить на прямій  $H_j^0 = 1$ .

Область найбільшої стабільності ієрархії для досягнення соціального атрактора лежить на прямій  $H_j^0 = 0$ . Цей стан відповідає моменту досягнення соціального атрактора всіма, хто до нього прагнув - цільова група зникає, відбувається соціальний колапс. Таким чином, у двох крайніх крапках система перестає існувати.

Область значень, що  $H_j^0 > H_{j1}$  характеризує перевагу мінливості (динаміки) ієрархії, лежить над прямою  $H_j^0 = H_{j1}$ . Розвиток соціальних відносин (поява нових ієрархій) визначається областю цих значень відносної ентропії [9].

**2. Життєвий цикл гіперсистеми типу «Майдан».** Вистава про життєвий цикл (ЖЦ) соціальної системи привносить у хаотичну безліч спостережуваних в історичній емпіриці структур елемент розвитку, еволюції. Звертання до моделі еволюційного циклу, у результаті якого відбувається збільшення структурної складності системи, припускає численні когнітивні проблеми, сполучені з необхідністю концептуалізації складного конгломерату рушійних сил, механізмів і внутрішньої ритміки розглянутих процесів. Проте, практично будь-які системи

певному ступеню складності мають здатність до еволюції, при цьому більші соціальні системи виявляються багаторівневими в еволюційному плані. Саме потреба в описі процесів розвитку складних соціальних систем і лежить в основі звертання до циклів, хвиль і ритмам. Властиві складним системам, що еволюціонують, коливальні (тобто описувані в рамках циклічно-хвильової парадигми) процеси - це скоріше закономірність, ніж виключення. Дана закономірність ще недостатньо осмислена дослідниками соціально-політичної динаміки, але цілком тривіальна для їхніх колег біологів [17].

При цьому необхідною умовою еволюційного ускладнення виступає, що задає й регулююча «зміну вектора руху» фазова диференціація.

Проблема трансформації, зміни, наступності, народження й смерті структур історії, структур суспільства, його господарства й політики виявляється безпосередньою фундаментальною підставою еволюційного циклічно-хвильового підходу. У зв'язку із цим варто звернути увагу на хибність антиномії, що нерідко підкреслюється, «структура - еволюція», що скасовується в рамках вистави про еволюційні стадії розвитку.

Потреби вивчення еволюційної наступності розвитку соціально-політичних систем (а також глобальної економіки, що втілене в концепції еволюції Світового ринку), так само як і дослідження природи, умов формування й еволюційних наслідків, що здобуваються цими системами якостей динамічної синхронізації й структурної корельованості спонукають порушити питання про необхідність переходу на «гіперсистемний» рівень аналізу динаміки соціального розвитку. Це припускає погоджене включення в простір наукового аналізу всієї послідовності, що поміняють один одного структур світоустрою, що еволюціонує, коли черги «життєвих циклів» окрім, що формують його соціальних систем з'являється тепер у вигляді цілісної сукупності «еволюційних циклів» глобальної історії [11-14].

У рамках цих глобальних, «гіперсистемних» еволюційних циклів також виявляється виразна фазова диференціація: фаза стійкого «світового порядку», обумовленого домінуванням тих або інших глобальних лідерів і властивих їм структур і інститутів, чергується з фазою «глобальних змін», кардинальної зміни структур і інститутів, коли «порядок» уступає на час місце «хаосу». І подібно тому, як фаза «порядку» забезпечує нагромадження ресурсів і створення передумов для наступної трансформації й ускладнення всієї системи, фаза «хаосу» підготує ресурси й передумови нового структурно-інституціонального впорядкування. Ідея глибокої, сутнісної конструктивності (з погляду результуючого розвитку) кожної з фаз еволюційного процесу, їх свого роду структурно-функціональне «рівноправність» у загальній конструкції еволюційного циклу заслуговує, безумовно, особливої уваги.

Життєвий цикл якоїсь системи (або якогось інституціонального порядку) одночасно виступає еволюційним циклом, у якому ця система з'являється невід'ємним елементом еволюційного процесу більш високого рівня й у ході якого відбувається задане відповідної моделлю, що породжує, розгортання даної системи від ініціації до самовичерпання, а результатом виявляється підвищення еволюційної складності «гіперсистеми» [11-14, 17-20].

У цілому ж розгляд життєвих циклів різних соціально-політичних систем з «гіперсистемних» позицій сприяє постановці питання про циклічний механізм послідовній зміні фаз у соціально-політичному й соціально-економічному розвитку. При цьому помітимо, що еволюція в кризовій зоні завжди нестационарна й нерівноважна. Еволюція – процес багатомірний і нелінійний: еволюція в одних осях може мати інші закономірності, чому в інших: різні підсистеми можуть еволюціонувати з різною швидкістю, можуть впливати на еволюцію один одного, прискорюючи або сповільнюючи її. Еволюція соціуму в цілому є нерівновагою й нелінійною раз і назавжди.

### **3. Синергетичне моделювання СПЕЕГ процесів на основі логістичного рівняння.**

Розглянемо один загальний і важливий підхід побудови інтегральної динамічної моделі взаємодій (взаємин) складної багатоагентної (багатосуб'єктної) системи типу «Майдан» для опису нелінійної еволюції[1,3]:

$$\frac{dN}{dt} = A \cdot N_1(t) \cdot N_2(t) \cdot \dots \cdot N_k(t), \quad (8)$$

де  $N$  - сумарний (інтегральний, комплексний) ефект усіх потоків (інформаційних, комунікаційних, фінансових, енергетичних, матеріальних, транспортних і т.п.);  $A$  - загальний



масштабний (, що нормує) коефіцієнт;  $N_1, N_2, \dots, N_k$  - величини ефектів потоків окремих агентів (індивідуумів, елементів, підсистем і т.п.), причому динаміка для кожного  $N_i$  описується логістичне рівнянням (модель Ферхюльста):

$$\dot{N}_i(t) = a_i N_i(t)(N_i^0 - N_i(t))/N_i^0, \quad i=1, \dots, k, \quad N_i(t_0) = N_{i0}, \quad (9)$$

де  $N_i^0, N_i(t)$  - максимально (гранично) можливе й поточне значення досліджуваної  $i$ -ої величини, причому  $N_i^0$  не залежить від часу, тобто  $N_i^0$  - максимальний ресурс;  $\{a_i\}$  - позитивні коефіцієнти.

Тоді (9) і (8) можна також представити у вигляді:

$$N_i(t) = a_i \int_{t_0}^t N_i(t)(N_i^0 - N_i(t))/N_i^0 dt + N_i(t_0) \quad i=1, \dots, k, \quad N_i(t_0) = N_{i0},$$

$$N(t) = \prod_{i=1}^k a_i \int_{t_0}^t N_i(t)(N_i^0 - N_i(t))/N_i^0 dt + N(t_0), \quad N(t_0) = N_0. \quad (10)$$

Відзначимо, що рівняння (9) описує всі етапи й фази еволюції (життєвий цикл) – від кризи й турбулентного (хаотичного) стану, через ріст і позитивну динаміку до сталого розвитку.

Помітимо також, що логістичне рівняння (9) є універсальною моделлю розвитку багатьох складних процесів і систем і саме це дозволяє прогнозувати процеси [12-14,18-20]. Модель (8)-(10) задовольняє одному з важливих принципів системної й нелінійної динаміки, а саме, принципу синергії або когерентності[1], тобто  $\dot{X} = \alpha F_1 \cdot F_2 \cdot \dots \cdot F_k$ .

Динаміка всіх процесів розвитку будь-якої складної системи в загальному виді можна описати логістичної кривої, обумовленої диференціальним рівнянням виду (9) або (10), тобто:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha(x - k_1)(k_2 - x), \quad (11)$$

де  $t$  - параметр, що виражає, загалом, сукупні витрати суспільства на розвиток (це можуть бути витрати часу, енергії або абстрактної суспільної праці, вираженого у вартісній формі),  $x(t)$  - системно значимий результат, досягнутий на даному етапі розвитку системи,  $\alpha$  - позитивна постійна (параметр “масштабу”),  $k_1$  і  $k_2$  - позитивні константи, що обмежують (відповідно знизу й зверху) значимий результат функціонування даної системи. При цьому  $k_1$  - це нижня границя  $x(t)$ , що виражає вихідні, стартові, гранично низькі можливості системи, а  $k_2$  - її системна межа, що характеризує максимально високі її можливості.

Помітимо, що  $x(t)$  являє собою функцію, що монотонно росте на всій області її визначення. Той факт, що перша похідна (швидкість росту) величини  $x$ , згідно з рівнянням (11), прямо пропорційна відриву цієї величини від її стартових можливостей, означає, що  $x(t)$  росте тем швидше, чим більше цей відрив. З іншого боку, пропорційність першої похідної значенню  $(k_2 - x)$  означає вповільнення росту величини  $x(t)$  в міру наближення її до своєї технологічної межі, тобто відбувається процес «насичення».

Логістична ( S-Образна) крива, що описує життєвий цикл (ЖЦ) даної системи (мал.1), може розглядатися як модель динаміки різних кумулятивних величин і процесів, таких, які здатні акумулюватися, накопичуватися й у кожний момент часу утворюють деяку ємність, так що швидкість подальшого росту таких величин пропорційна вже наявному їх значенню. Логістичні криві описують кумулятивний ріст із насиченням, що означають, що величина, що накопичується, має верхню межу, у міру наближення до якого її ріст уповільнюється; так, що кумулятивно ростуть, величинами описується не тільки динаміка окремих підсистем, але й соціально-політичний і економічний розвиток суспільства в цілому.

Моделі у вигляді інтегро-диференціального рівняння є кількісним вираженням чинності закону взаємного переходу кількісних і якісних змін стосовно до процесів суспільно-політичного

розвитку. Логістичному закону підкоряється динаміка численних кумулятивних процесів і систем, що протікають не тільки в природі, але й у суспільстві. Наприклад, таким процесом є інноваційні технології.

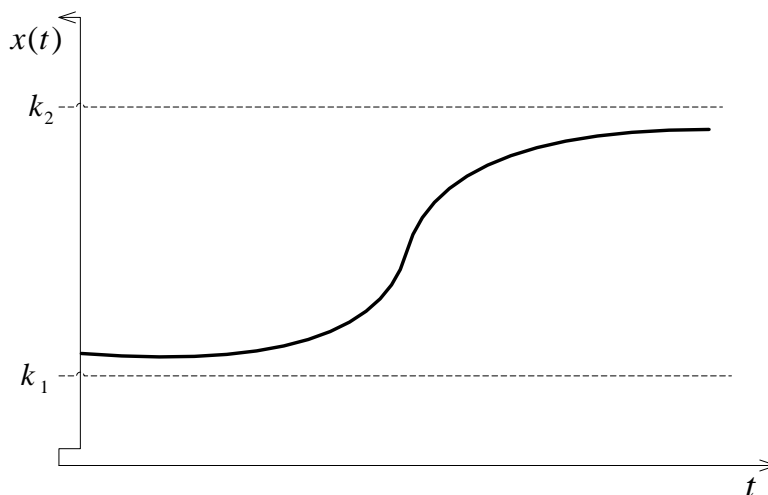


Рис. 1. Логістична крива

Час від часу в суспільстві відбуваються процеси зміни політичної й інституціональної кон'юнктури (інституцій) і порядку на основі інноваційних політтехнологій, тобто відбувається «заміщення» і зміна пануючого порядку на новий порядок, відповідно до якої проводиться основна частина всіх перетворень, трансформацій і реформ. Витиснення й заміна старого порядку й інституцій на більш прогресивний порядок є революційним стрибком. Процес заміщення й зміни існуючого порядку, динаміка кожної з яких виражається логістичної кривій, схематично зображений на мал. 2 [11,13, 14].

Для практичних розрахунків періодом соціально-політичного й технологічного розриву можна вважати, як це показано на малюнку, час між найближчими друг до друга крапками локального максимуму кривизни двох сусідні логістичні кривих ( тобто між найближчими друг до друга крапками, де ці сусідні криві найбільше «опуклі»).

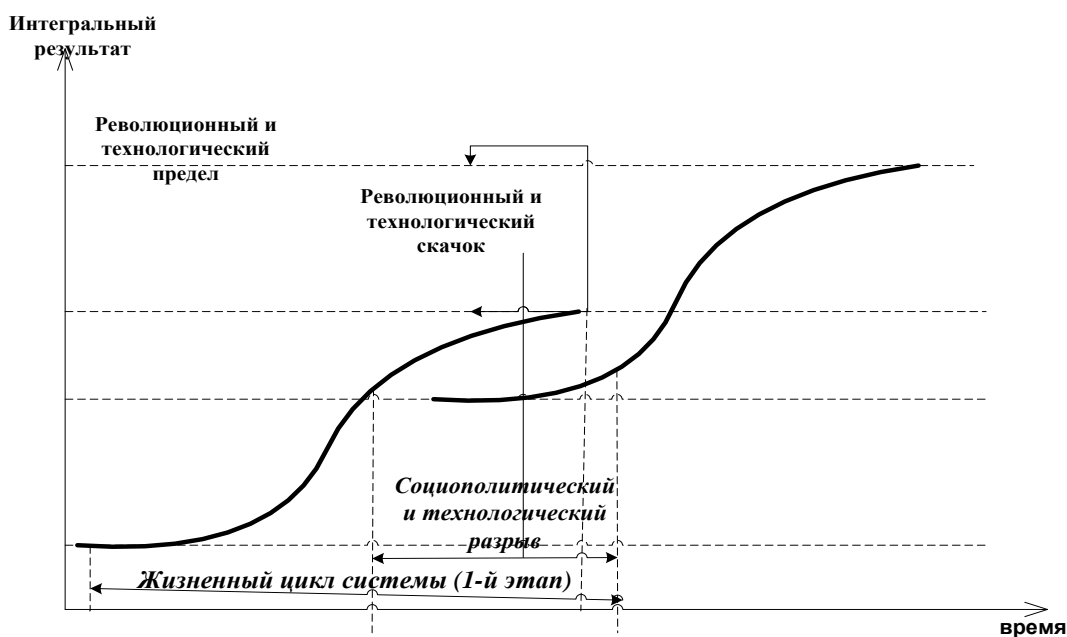


Рис. 2. Циклічний розвиток СПЕЕГ процесів

Рис. 1 і 2 мають більш загальне значення, чому ілюстрації до процесу розвитку окремих підсистем або до їхніх життєвих циклів. У цілому розвиток усіх СПЕЕГ процесів суспільства (і на

локальному, і на глобальному рівні) з'являється як кумулятивний процес, динаміка якого підкоряється логістичному закону.

Розвиток усієї соціально-політичної системи й усіх СПЕЕГ процесів утворює ланцюг ЖЦ, наприклад, як показано на мал. 3, де розвиток представлений як два підйоми, дві висхідні хвилі.

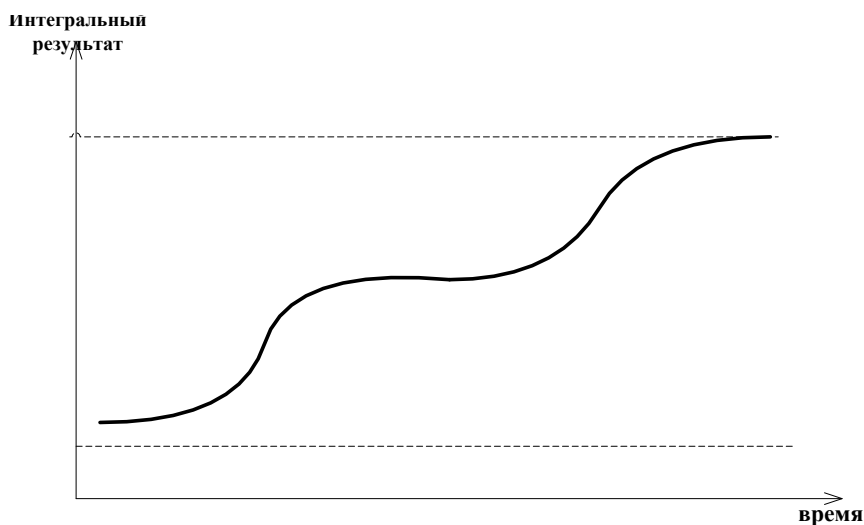


Рис. 3. Еволюція СПЕЕГ процесів і ланцюг їх ЖЦ

Перша хвиля припадає на початок розвитку й обумовлена внутрішніми причинами, викликаними закономірностями й пропозиціями нових політтехнологій і інновацій; даний етап розвитку прокладає собі дорогу в нове соціально-економічне й політичне середовище[13].

Другий підйом припадає на початок другої половини його життєвого циклу, коли економічні відносини в суспільстві вже трансформувалися в достатньому ступені, щоб сприйняти технологічні нововведення, пропоновані даним етапом. Цей підйом обумовлений не технологічними, а економічними причинами, зовнішніми стосовно розвитку технологічної основи економіки й виражає готовність суспільства до впровадження відповідних інновацій і закономірне зростання суспільного попиту на них.

Помітимо, що зазначені два поштовхи в розвитку технологічних нововведень - ендегенний і екзогенний - у цілому виражають кількісну динаміку всіляких поступально-циклічних процесів, тому дана модель може служити також для опису багатьох аналогічних явищ у природі й суспільстві. Стосовно до кількісної динаміки ця модель дозволяє з достатньою точністю прогнозувати настання перехідних і кризових періодів у розвитку макросистем і окремих СПЕЕГ процесів і технологій.

В останні роки прийшло розуміння особливої ролі хаосу в самоорганізації різних процесів і явищ. Було усвідомлено, що хаос не тільки не заважає, а скоріше є неодмінною умовою працездатності складних систем, таких, наприклад, як людський мозок. Тільки завдяки наявності хаотичного атрактора, що містить, як правило, нескінченне число нестійких періодичних траєкторій (циклів), можна добитися якісної зміни динаміки системи (переходячи з околиці одного циклу в околицю іншого) використовуючи малі збурюваннями системних параметрів. У зв'язку із цим у проблемі керування хаосом природно з'явилося завдання стабілізації не апріорі заданих або бажаних траєкторій хаотичних динамічних систем, а саме тих нестійких періодичних траєкторій, нескінченне число яких уплетено в павутину хаотичного атрактора. Причому, яка-небудь інформація про положення цих траєкторій у фазовому просторі практично відсутня [1].

Динамічна модель розвитку складної системи, що полягає з  $n$  підсистем  $S_1, \dots, S_n$ , з деякою точністю можна представити у вигляді наступної системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} dX_1 / dt = \alpha_1 X_1 + \gamma_{12} X_1 X_2 + \dots + \gamma_{1n} X_1 X_n + \beta_1 X_1^2, \\ dX_2 / dt = \alpha_2 X_2 + \gamma_{21} X_2 X_1 + \dots + \gamma_{2n} X_2 X_n + \beta_2 X_2^2, \\ \dots \dots \dots \\ dX_n / dt = \alpha_n X_n + \gamma_{n1} X_n X_1 + \dots + \gamma_{n(n-1)} X_n X_{n-1} + \beta_n X_n^2. \end{cases} \quad (12)$$

У системі (12) можна виділити різні по характеру поведінки в часі розв'язку (моди)  $X_i$ . Найбільший внесок у розв'язки будуть давати лінійні члени з коефіцієнтами  $\alpha_i$ . Частина цих змінних з досить більшими негативними по величині  $\alpha_i$  будуть визначати незатухаючі моди. Тому всі підсистеми, обумовлені диференціальними рівняннями в складній (багатомірній) системі, наведеної вище, можна розділити на дві групи:  $i = 1, 2, \dots, m$  – стійкі (загасаючі) моди;  $i = m + 1, m + 2, \dots, n$  – нестійкі (незатухаючі) моди.

Очевидно, що при тривалому спостереженні системи модами  $i = 1, 2, \dots, m$  можна зневажити й зберегти лише  $i = m + 1, m + 2, \dots, n$ . Тоді можна говорити про підпорядкування мод з індексами  $i = 1, 2, \dots, m$  модам з індексами  $i = m + 1, m + 2, \dots, n$ . Таким чином, змінні  $X_1, \dots, X_m$  – «швидкі» змінні, а  $X_{m+1}, \dots, X_n$  – «повільні» змінні. У цьому випадку параметри  $\alpha_{m+1}, \alpha_{m+2}, \dots, \alpha_n$  можна вважати керуючими параметрами — параметрами порядку. Самоорганізація в системі буде відбуватися саме при зміні цих параметрів порядку. Структури самоорганізації будуть виникати за рахунок взаємодії мод  $X_{m+1}, \dots, X_n$  (сильних мод). Найбільш сильні моди при взаємодії можуть пригнічувати слабкі моди; створюється своєрідна конкуренція мод у системі, що розбудовується, у синергетичній моделі системи, що розбудовується, процес самоорганізації розглядається як конкуренція мод. Для дослідження процесів самоорганізації, що виникають у системі (12), застосовують принципи підпорядкування.

Для дослідження соціально-політичних, економічних, екологічних і гуманітарних процесів і систем, а також для керування ними важливо вміти виділяти невелике число параметрів порядку, що визначають їхньому динаміку, і виявляти взаємозв'язки між ними, тобто потрібний глибокий системний аналіз і синтез.

Серед усього безлічі, запропонованих у науковій літературі нелінійних моделей динаміки складних процесів з хаотичною поведінкою можна виділити наступні найбільш відомі аналоги логістичного рівняння [1, 13, 14]:

*Класичне рівняння Ферхюльста:*  $\dot{X} = \alpha X \frac{(X^0 - X)}{X^0}$ ,  $X^0, X$  - максимально можливе (гранично припустиме) і поточне значення досліджуваного процесу (величини ресурсу), причому  $x = x(t) = X / X^0$ , тобто питома величина.

*Рівняння Ферхюльста із запізнюванням (модель Хатчинсона):*

$$\dot{x} = \alpha x(t)(1 - x(t - \tau)).$$

*Дискретний аналог рівняння Ферхюльста:*

$$x_{n+1} = \lambda x_n (1 - x_n).$$

*Деякі модифікації моделі Ферхюльста:*

$$x_{n+1} = \alpha x_n \cdot \exp(-x_n) - \text{модель Риккера};$$

$$x_{n+1} = \alpha x_n \cdot (1 + \gamma x_n)^{-\beta} - \text{модель Хассела}.$$

*Узагальнене логістичне відображення на основі моделі росту (Сергєєва Л.Н. [1]):*

$$x_{t+1} = \lambda \cdot x_t^\alpha (1 - x_t^\beta)^\gamma, \quad x_t \in [0, 1].$$

*Модель конкуренції двох фірм.*

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 (\alpha_1 - \beta_1 x_1 - \gamma_1 x_2) \\ \dot{x}_2 = x_2 (\alpha_2 - \beta_2 x_2 - \gamma_2 x_1) \end{cases}$$

У даній моделі 6 параметрів ( $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$ ), деякі з яких є керуючими й залежно від значень цих керуючих параметрів поведінка системи в динаміку може бути різним. Помітимо, що для аналізу моделі важливо скоротити число параметрів, тобто знайти її якусь канонічну форму опису.

Узагальнене логістичне рівняння (Глазьева С.Ю. і ін. [13]). Процес заміщення й зміни існуючого порядку здійснюється за законом, який математично описується узагальненою логістичною кривою -  $x(t)$ . Ця функція задовольняє диференціальному рівнянню при фіксованих константах  $k_1$  і  $k_2$  ( $k_2 > k_1 > 0$ ) межі, що виражають, характерні для даного етапу розвитку, так що при всіх  $t$  виконується умова:  $k_1 < x(t) < k_2$ . Тоді узагальнене детерміноване логістичне рівняння можна представити у вигляді:

$$\frac{dx(t)}{dt} = \alpha(t)(x(t) - k_1)(k_2 - x(t))$$

Розв'язком даного рівняння служить функція

$$x(t) = k_1 + \frac{(k_2 - k_1)\Lambda(t)}{\Lambda(t) + \beta} \quad (13)$$

при довільному  $\beta > 0$ , де

$$\Lambda(t) = \exp \left[ (k_2 - k_1) \int_{t_0}^t \alpha(\tau) d\tau \right]$$

У розглянутій моделі час тече не лінійно, а в деякому змісті пропорційно функції  $\alpha(t)$ . Важливо відзначити, що функція  $x(t)$  суттєво залежить від функції  $\alpha(t)$ . Найпростіший випадок  $\alpha(t) = \alpha_0 = \text{const}$  приводить до моделі технологічного зрушення Фишера - Прая, яка вперше була розглянута Н.Д. Кондрат'євим [12]. Чим менш функція  $\alpha(t)$  нагадує константу, тим більше нелінійно розбудовуються події, описувані даною моделлю.

У деяких випадках у якості  $\alpha(t)$  слід розглядати функцію типу імпульсу, пік якого припадає на деякий момент часу  $t_1 > t^*$ . Наприклад, функція виду  $\alpha(t) = \alpha_0 / [(t - t^*) + \gamma]$  при  $\alpha_0, \gamma > 0$ . Функція  $\alpha(t)$  добре узгодиться з гіпотезою про "подвійну" хвилю заміщення технологічних укладів.

У даній моделі перший за часом підйом обумовлений логістичним характером росту функції типу (13), тобто має ендогенну природу, а другий викликаний локальним "стиском" часу в момент  $t^*$ , тобто визначається екзогенними причинами.

Узагальнена логістична крива з довільним числом крапок перегину може розглядатися як модель процесів навчання й адаптації складних динамічних систем [13,14], у яких періоди еволюційного, поступового й революційного, стрибкоподібного розвитку поперемінно поміняють один одного. При цьому хвилеподібні коливання накладаються на поступальний тренд, так що в цілому розвиток таких систем з'являється як поступально-циклічний процес.

*Просторова модель (3-х мірний випадок):*

$$\frac{\partial x_i}{\partial t} = d_i x_i \left( 1 - \frac{x_i}{x_i^*} \right) + D_i \nabla_r^2 x_i(t/r); r = (r_1, r_2, r_3).$$

*Багатомірне (мультилогістичне) рівняння - модель конкуренції:*

$$\dot{x}_{ii} = x_{ii} \left[ d_i - \beta_i x_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_{ij} \right] + D_i \nabla_r^2 x_{ii},$$

*Мультиплікативно-Адитивна стохастична (МАС) модель нелінійної динаміки – узагальнене логістичне стохастичне рівняння (ОЛСУ):*

$$\dot{x}_{ii} = \xi_{ii} x_{ii} \left[ d_i - \beta_i x_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_{ij} \right] + D_i \nabla_r^2 x_{ii} + \eta_{ii}, i = \overline{1, n}.$$

*МАС модель нелінійної динаміки з керуванням:*

$$x_{ii} = \xi_{ii} x_{ii} \left[ d_i - \beta_i x_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_{ij} \right] + D_i \nabla_r^2 x_{ii} + \eta_{ii} + u_{ii},$$

де  $\{\beta_i\}$ ,  $\{\gamma_{ij}\}$  – безліч контрольованих параметрів;  $u_{ii}$  – керуючі змінні, причому  $u \in U; \{\xi_{ii}\}, \{\eta_{ii}\}$  – мультиплікативні й адитивні стохастичні процеси із заданими імовірнісними характеристиками.

Для нестационарної нелінійної моделі на основі МАС потрібно також урахувати залежності:  $\beta_i = \beta_i(t)$ ,  $\gamma_{ij} = \gamma_{ij}(t)$ .

Моделі соціально-політичного й еколого-економічного керування, у яких ураховуються вплив стохастичних впливів, повинні відбивати ступінь, з якого ці ендогенні й екзогенні сили можуть вплинути на кінцеві результати моделювання. Функціонування й розвиток складної системи в умовах нестабільного зовнішнього середовища й конкуренції залежить від причин, прогнозувати які з абсолютною точністю не представляється можливим. Такі причини звичайно описуються як флюктуючі (стохастичні) впливу (шуми). Таким чином, узагальнену динамічну нелінійну модель можна представити у вигляді мультиплікативно-адитивної стохастичної моделі з розподіленими змінними й з хаотичною поведінкою, тобто[1]:

$$\dot{x}_i = \left[ \xi_i(t) x_i(r, t) \left( 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) x_j(r, t) \right) + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i(r, t)}{\partial r_l^2} + w_i(t) \right] + u_i(t), \quad i = 1, \dots, n, \quad (14)$$

де  $x_i = x_i(r, t)$  – координати вектора стану,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $r = (r_1, r_2, r_3)$  – вектор просторового розподілу;  $\xi_i(t)$  й  $w_i(t)$  – стохастичний вплив, що обурює, із заданими імовірнісними характеристиками,  $\xi_i(t)$  причому може відігравати роль "малого" мультиплікативного керуючого впливу для контролю хаотичної поведінки системи  $a_{ij}(t)$ ; – екзогенні змінні (параметри), що визначають нестационарний вплив зовнішнього середовища на дану систему  $d_{il}$ ; – коефіцієнти дифузії  $u_i$ ; – зовнішні керуючі впливи,  $u_i \in U_i$  причому,  $U_i$  де – область припустимих керувань. Дискретну модель еволюції системи, що полягає з багатьох взаємодіючих підсистем (наприклад, фірм, підприємств), що відповідає (3), можна представити як наступний ітераційний процес:

$$x_i(k+1) = \left[ \xi_i(k) x_i(k) \left( 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}(k) x_j(k) \right) + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i(k)}{\partial r_l^2} + w_i(k) \right] + u_i(k),$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, \quad i = 1, \dots, n.$$

Отже, запропоновані різні нелінійні моделі аналізу динаміки складних процесів, а також нелінійна стохастична мультиплікативно-адитивна модель системи з хаотичною поведінкою, які можуть бути використані для аналізу процесів у соціально-політичних і еколого-економічних системах.

**Висновки й перспективи досліджень.** У даній роботі вперше зроблена спроба вивчення й наведені деякі попередні міркування по проблемі аналізу й моделювання соціально-політичної ситуації глибокої кризи у формі суперсистеми типу «Майдан». Розглянутий метод відносної ентропії соціуму для опису соціально-політичної суперсистеми в динаміку, використовуючи показники, що є індивідуальними характеристиками елементів, що входять у систему – їх ранги. Безсумнівно, ранг є ще й показником соціально-політичних взаємодій, і це його якість створить можливість використання його в якості інтегрального показника при формалізації вистав про функціонування соціосистем в умовах системної кризи.

Запропонований загальний підхід побудови інтегральної нелінійної динамічної моделі взаємодій (взаємин) складної багатоагентної (багатосуб'єктної) системи, який може бути використаний для опису нелінійної динаміки синергетичних систем типу суперсистеми «Майдан».

У даній роботі представлені деякі загальні міркування по дослідженню й моделюванню процесів, що відбуваються в умовах турбулентностей і хаотичностей на прикладі гіперсистеми типу «Майдан», однак даний напрямок досліджень слід розбудовувати більш глибоко з використання міждисциплінарних і інтегральних методів на основі сучасної теорії нелінійної динаміки й синергетики.

Для подальших перспективних і глибоких досліджень важливе застосування наступних сучасних підходів: імітаційне моделювання соціально-політичних, еколого-економічних і гуманітарних процесів розвитку (регіонів, країн, світового співтовариства і т.д.); методи й моделі глобального моделювання й системної динаміки; методи, моделі й технології нелінійної динаміки й синергетики; методологія суб'єктно-орієнтованої парадигми – гармонізація інерційного й проектного підходів у моделюванні глобального розвитку; імітаційні моделі суб'єктів регіональних і світових процесів і їх взаємодій; методи й моделі кібернетики другого порядку (гуманітарної кібернетики); методи моделювання й керування рефлексивними системами й процесами в соціально-політичній сфері й ін.

При цьому, крім внутрішніх сил і небезпек, суттєво важливо врахувати й фактори зовнішнього впливу на систему й погрози втручання ззовні.

Шановний читач і шановні колеги! Оскільки дана робота є першою спробою дослідження поставленого питання, безсумнівно, у ній є й недоліки. Тому автори буде вдячний за Ваші відкликання, конструктивні зауваження й пропозиції за адресою: [sramazanov@i.ua](mailto:sramazanov@i.ua).

## Література

1. Рамазанов С.К. Инструменты эколого-экономического управления предприятием: монография/ Рамазанов С.К. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008.–351 с.
2. Рамазанов С.К. Инновационные технологии антикризисового управления экономическими системами: монография /С.К. Рамазанов, Г.О. Надьон, Н.І. Кришталь, О.П. Степаненко, Л.А. Тимашова; Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.
3. Рамазанов С.К. Интегральная инновационная модель устойчивого развития мирового сообщества //Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – № 2(173). – С. 7-12.
4. Рамазанов С.К., Бурбело О.А., Вітлінський В.В. и др. Ризики, безпека, кризи і сталий розвиток в економіці: методології, моделі, методи управління та прийняття рішень. Монографія/Під заг. ред. проф. С.К. Рамазанова.– Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2012. – 948 с.
5. Згуровский М.З., Гвишиани А.Д. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005-2007/2008 годы). - К.: Издательство «Политехника», 2008. - 331с.
6. Згуровский М.З. «Зеркало недели» № 47, 13 декабря 2008.
7. Згуровский М.З. Украина добьётся успеха в первой половине XXI века, «Шулявка», 24 июля 2012.
8. Колков А.И. Мир и гармония. - Кемерово, 1995. - 93 с.
9. Богатырёва О.А., Шиллеров А.Е. Энтропия и динамический хаос в социуме: путь формализации представлений о функционировании социальных систем.//Материалы второго Всероссийского постоянно действующего научного семинара “Самоорганизация устойчивых целостностей в природе и обществе”.
10. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. – 3-е изд., доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 128 с.
11. Садовничий В.А. Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. - М.: ИСПИ РАН, 2012. – 359 с.
12. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. - М.: Экономика, 2002. - 399с.
13. Глазьев С.Ю. Экономическая теория технического развития.- М.: Новое издательство, 2003. – 274с
14. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса: монография. М.: Наука, 2012. – 287 с.
15. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. - М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 172 с.
16. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера.- Киев: Изд-во "Техніка", 1997. - 766с.
17. Циклы политического развития: прогностический потенциал (сборник статей)/ Отв. ред. – В.И. Пантин, В.В. Лапкин. – М.: ИМЭМО РАН, 2010. – 103 с.

18. Сагал Д. Технический прогресс: концепция, модели, оценки. – М.: Финансы и статистика, 1985. - 227с.
19. Московкин В. Основы концепции диффузии инновации.// Бизнесинформ, Харьков, 1998, № 17-18. – С. 41-48.
20. Свирежев Ю.М. Нелинейные волны диссипативные структуры и катастрофы в экологии. - М.: Наука, 1987. – 368с.