

Рада національної безпеки і оборони України
Інститут проблем національної безпеки

Горбулін В.П., Додонов О.Г., Ланде Д.В.

**ІНФОРМАЦІЙНІ ОПЕРАЦІЇ
ТА БЕЗПЕКА СУСПІЛЬСТВА:
ЗАГРОЗИ, ПРОТИДІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ**

Монографія

Київ
Видавництво «Інтертехнологія»
2009

УДК 681.3+519.83
ББК 60.56+32.81
Г67

Схвалено до друку
Вченою радою Інституту проблем національної безпеки
(протокол № 5 від 11 листопада 2009 року)

Рецензенти: А.Б. Качинський - *доктор технічних наук,*
О.В. Литвиненко - *доктор політичних наук*

Горбулін В.П.

Г67 Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання: монографія / В.П. Горбулін, О.Г. Додонов, Д.В. Ланде. – К.: Інтертехнологія, 2009. – 164 с. – Бібліогр.: с. 153-162.

ISBN 978-966-1648-12-7

Монографія присвячена питанням моделювання та аналізу інформаційних операцій як компоненти інформаційних протистоянь. Наведено приклади розвитку окремих інформаційних операцій. Розглянуті засоби математичного моделювання та аналізу соціальних процедур. Основна увага приділена динамічним і багато-агентним моделям, що набули нині великого поширення у зв'язку з розвитком засобів комп'ютерної техніки, можливостями розподілених обчислень. Поряд із прикладами відомих реалізованих індивідуум-орієнтованих моделей інформаційних операцій у монографії розглядаються декілька оригінальних моделей, створених на основі концепції клітинних автоматів.

Книга призначена як для аналітиків у сфері інформаційної безпеки, інформаційних технологій, так і для науковців, викладачів, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться цими питаннями.

Інститут проблем
національної безпеки
03186, Україна, м. Київ,
Чоколівський бульвар, 13,
www.nbu.gov.ua

ISBN 978-966-1648-12-7

УДК 681.3+519.83
ББК 60.56+32.81

© Горбулін В.П., 2009
© Додонов О.Г., 2009
© Ланде Д.В., 2009
© Інститут проблем
національної безпеки

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ОПЕРАЦІЇ	12
1.1. Поняття «інформаційні операції».....	12
1.2. Інформаційні операції як соціальні процедури.....	15
1.3. Інформаційний вплив.....	17
1.4. Етапність інформаційних операцій.....	18
РОЗДІЛ 2. ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР	22
2.1. Сучасні підходи до моделювання.....	22
2.1.1. Синергетичний підхід.....	22
2.1.2. Багатоагентне моделювання.....	25
2.1.3. Теоретико-ігровий підхід.....	26
2.1.4. Екстремальні підходи.....	30
2.2. Особливості моделювання інформаційних операцій.....	34
2.3. Мережні структури в інформаційних операціях.....	36
РОЗДІЛ 3. НЕЛІНІЙНІ МОДЕЛІ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ	50
3.1. Нелінійні динамічні моделі.....	50
3.2. Взаємодія електоральних популяцій.....	60
3.3. Динаміка типу «Конкуренція».....	62
3.3.1. Рівноважне співіснування сил у власних політичних нішах.....	62
3.3.2. Повне придушення однієї сили іншою.....	63
3.3.3. Рівноважне співіснування за рахунок інформаційної операції.....	64
3.4. Динаміка типу «Хижацтво».....	66
3.4.1. Динаміка типу поглинання.....	66
3.4.2. Вплив інформаційної операції.....	67
3.5. Динаміка типу «Симбіоз».....	68
РОЗДІЛ 4. БАГАТОАГЕНТНІ МОДЕЛІ	70
4.1. Принципи побудови багатоагентних моделей.....	70
4.2. Моделювання багатоагентних систем.....	70
4.2.1. «Штучні суспільства».....	71
4.2.2. Модель типу «теплових жуків».....	71
4.2.3. Модель переваг груп людей.....	72
4.3. Імітаційні моделі.....	74
4.4. Індивідуум-орієнтовані моделі.....	75
4.5. Системи клітинних автоматів.....	79

РОЗДІЛ 5. ПРИКЛАДИ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР.....	86
5.1. Модель, що враховує вплив оточення.....	87
5.2. Модель, що враховує «далекі зв'язки».....	92
5.3. Модель, що враховує вплив ззовні.....	95
5.4. Модель, що враховує внутрішній вплив.....	95
5.5. Модель із нерівномірним початковим розподілом.....	98
5.6. Модель дифузії інформації.....	102
РОЗДІЛ 6. ДЕЯКІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ.....	110
6.1. Кореляційний аналіз.....	111
6.2. Вейвлет-аналіз.....	112
6.3. Фрактальний аналіз: R/S-аналіз.....	115
6.4. Фрактальний аналіз: відхилення від лінійного тренда.....	119
6.5. Візуалізація на основі ΔL -аналізу.....	120
6.6. Мультифрактальний аналіз.....	122
РОЗДІЛ 7. МОНІТОРИНГ ТА АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ..	125
7.1. Сучасний інформаційний простір.....	125
7.2. Динаміка інформаційних потоків.....	125
7.3. Інформаційні операції у веб-середовищі.....	130
7.4. Кроки протидії інформаційним операціям.....	137
7.5. Значення контент-моніторингу.....	139
РОЗДІЛ 8. ДЕЯКІ РЕАЛІЗОВАНІ МОДЕЛІ.....	141
8.1. Політика закритих режимів.....	142
8.2. Інституціоналізація ідентичності.....	142
8.3. Формування націй.....	143
8.4. Моделювання соціального насильства.....	143
8.5. Придушення повстання та соціального насильства.....	143
8.6. Перехід від демонстрацій до революції.....	145
8.7. Боротьба з корупцією.....	145
8.8. Об'єднання територій.....	146
8.9. Об'єднання між націями і в межах націй.....	146
8.10. Асиміляційна динаміка населення.....	146
ВИСНОВКИ.....	148
ГЛОСАРІЙ.....	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	153

ПЕРЕДМОВА

Термін «інформаційні операції», що набув значного поширення на початку нового тисячоліття, дає змогу точніше, ніж традиційний термін «інформаційні війни», дослідити місце та роль інформаційного протистояння як компоненти глобальних протистоянь. Інформаційні операції – це більш вузьке поняття, зміст якого охоплює та розкриває інформаційний вплив на масову свідомість (як на ворожу, так і на дружню), вплив на інформацію, доступну супротивникові та необхідну йому для прийняття рішень, а також на інформаційно-аналітичні системи супротивника. Загалом інформаційні операції охоплюють також дії, спрямовані на фізичне ураження (знищення) автоматизованих систем, виведення з ладу засобів комп'ютерно-телекомунікаційної інфраструктури тощо.

Однак останній напрямок виходить за рамки дослідження цієї монографії, яка більше зорієнтована на змістовну складову інформаційного середовища, а саме на моделювання інформаційних операцій, пов'язаних з інформаційним впливом. Оскільки інформаційні операції за своєю природою є соціальними процедурами, формально задачі моделювання інформаційних операцій можуть бути віднесені до напрямку моделювання соціальної динаміки, що бурхливо розвивається.

Під час написання даної роботи були розглянуті різні підходи, у тому числі динамічне та теоретико-ігрове моделювання. Однак через велику кількість факторів (параметрів), що впливають на інформаційні операції, в тому числі соціально-психологічних, які важко піддаються формальному математичному опису, основну увагу приділено багатоагентному моделюванню. За вже усталеною традицією воно також називається моделюванням, яке базується на агентах (англ. – *Multiagent Modelling* або *Agent-based Modelling*). У зв'язку з цим слід зазначити, що запозичене слово «агент» не завжди застосовується зі звичним змістом як «особа, що діє від імені іншої особи», найчастіше цей термін у даній сфері використовується для позначення індивідууму (як живого, так і штучного, програмного). При цьому ближче всього до моделювання інформаційних операцій виявляється напрямок індивідууморієнтованого моделювання (англ. *Individual-based Modelling*), яке, у свою чергу, є компонентою багатоагентного моделювання. У роботі наведено декілька оригінальних моделей, побудованих на основі клітинних автоматів, найбільш доступного інструмента в рамках індивідууморієнтованого моделювання. «Клітинні» моделі, із-за своєї простоти, можуть сприйматись як абстрактні іграшки, що дають лише якісні результати, які лише віддалено нагадують реальність. Однак, як зауважують багато дослідників, при коректному застосуванні правил функ-

ціонування клітинних автоматів вони нерідко дають більш реалістичні результати, ніж інші моделі.

Відомо, що відповідність результатів реальності - це нагальна проблема будь-якого моделювання. При моделюванні соціальних процедур, у тому числі й інформаційних операцій, особливість полягає в тому, що модель неможливо перевірити в «тестовому» режимі. Інформаційна операція може виявитися або вдалою, або невдалою. Найчастіше повторна спроба проведення подібної операції виявляється неможливою. Тому основний метод перевірки адекватності в цьому випадку – ретроспективний аналіз, тобто знаходження аналогів, операцій, що вже відбулися, вдалих або невдалих. У якості сховища відомостей про вже здійснені інформаційні операції може розглядатися інформаційний простір, зокрема веб-середовище, на серверах якого нині вже розміщено понад трильйон документів. Очевидно, що для одержання ефективного доступу до сховища такого обсягу (або навіть його окремої частини) необхідні спеціальні технології. За допомогою доступної авторам системи моніторингу та інтеграції новинної інформації з Інтернет InfoStream були отримані дані, які відображають деякі інформаційні операції, що вже відбулися. Це дає змогу детально вивчити їхнє планування, етапність, динаміку реалізації, наслідки. Виявилось, наприклад, що відображення інформації про інформаційні операції цілком узгоджуються із представленою в книзі моделлю дифузії інформації. Крім оригінальних моделей, у роботі наведено огляд відомих багатоагентних моделей інформаційних операцій, що одержали визнання експертів.

Монографія орієнтована передусім на фахівців у галузі інформатики, інформаційної та національної безпеки. Вона буде корисна і для соціологів, політологів, аналітиків, які займаються моделюванням і прогнозуванням соціальних процедур. Сподіваємося, що книга виявиться також корисною для викладачів при підготовці спеціальних навчальних курсів з питань інформаційної безпеки, для студентів, аспірантів і всіх тих, хто цікавиться цією проблематикою.

ВСТУП

У сучасному світі внаслідок постійного зростання значення інформації індустрія її одержання, обробки, реєстрації, передачі та поширення стає однією з провідних галузей діяльності людства, куди з кожним роком вкладають усе більші кошти. Інформація стає найважливішим стратегічним ресурсом, брак якого призводить до істотних втрат у всіх сферах життя.

На жаль, сьогодні як ніколи є актуальним поняття «інформаційна війна». Всі ми мимоволі стаємо свідками та учасниками різних інформаційних протиборств - чи то передвиборних перегонів, чи то спроб рейдерських атак, чи то просто просування деяких товарів і послуг у конкурентному середовищі. У класичному розумінні інформаційна війна - це одна з форм інформаційного протиборства, комплекс заходів щодо інформаційного впливу на масову свідомість для зміни поведінки людей і нав'язування їм цілей, які не відповідають їхнім інтересам, а також, природно, захист від подібних впливів.

Як відомо, інформаційна війна - це дії, розпочаті для досягнення інформаційної переваги шляхом завдання шкоди інформації та процесам, що базуються на інформації та інформаційних системах ворога при одночасному захисті власної інформації та процесів, що базуються на інформації та інформаційних системах. Основні методи інформаційної війни - блокування або перекручування інформаційних потоків і процесів прийняття рішень супротивником.

Раніше вважалося, що інформація всього лише забезпечує поінформованість людей про події й факти в навколишньому світі. Інформація сприймалася як корисний ресурс, призначений для розширення людських можливостей. У сучасних умовах інформаційна війна розглядається військовими теоретиками як якісно новий вид бойових дій, активна протидія в інформаційному просторі, а інформація при цьому - як потенційна зброя та зручна ціль. Інформаційна війна розглядає інформацію як окремий об'єкт або зброю, що не завдає фізичної шкоди але може призвести до війни реальної. Інформаційна зброя, як правило, не спрямована на досягнення втрат у живій силі супротивника. Вона не знищує фізично й не руйнує людські, матеріально-технічні та інші ресурси, а підриває основи дії механізмів організації та управління.

Зазначимо також, що війни в інформаційному середовищі в сучасній науці та військових доктринах, на відміну від журналістської практики, зазвичай прийнято називати інформаційними операціями [1], наголошуючи, що вони є лише елементами «реальних» багатоаспектних протистоянь. Інформаційні операції є компонентами та супроводом більш загальних процесів. Ареною інформаційних операцій є інформаційний простір.

Можна констатувати, що така частина інформаційного простору, як веб-середовище, більшою мірою є місцем інформаційних протиборств, а меншою – середовищем відображення реальних бойових дій. Це підтверджується, наприклад, дослідженнями масивів веб-публікацій з тематики російсько-грузинського збройного конфлікту в серпні 2008 року [2].

Таким чином, термін «інформаційна операція», який останнім часом застосовується усе ширше, відповідає компоненті інформаційних протистоянь, зміст якої спрямовано на реалізацію попередньо спланованих інформаційно-психологічних впливів на ворожу, дружню або нейтральну аудиторію шляхом впливу на установки та поведінку для досягнення заздалегідь визначених цілей.

Основна задача інформаційних операцій полягає в маніпулюванні масовою свідомістю з такими цілями, як, наприклад:

- внесення в суспільну свідомість і свідомість окремих людей визначених ідей і поглядів;
- дезорієнтація людей та їхня дезінформація;
- ослаблення визначених переконань людей, основ суспільства;
- залякування мас.

Очевидно, немає потреби доводити, що інформаційні аспекти багатьох соціальних явищ винятково важливі для розуміння, проведення та протидії інформаційним операціям. Справді, важко уявити, наприклад, виборців, які голосують поза інформаційним контекстом виборчої кампанії або просування продукції без активного впливу на потенційних покупців.

Хоча поняття «інформаційні операції» явно не вживається в нормативних документах багатьох держав, включаючи Україну та Росію, однак такі операції повсюдно здійснюються для забезпечення політичних, економічних та інших інтересів урядів, політичних партій і політичних рухів, для реалізації влади та забезпечення національних інтересів як на території своїх, так і чужих держав. Серед потенційних загроз в інформаційній сфері в Законі України «Про основи національної безпеки України» [3] (стаття 7) відзначаються й ризики інформаційних впливів: «прагнення маніпулювати суспільною свідомістю, зокрема, шляхом поширення недостовірної, неповної або упередженої інформації». 25 травня 2009 року Рада національної безпеки та оборони України схвалила проект Доктрини інформаційної безпеки України, яку увів у дію Президент України указом від 8 липня 2009 р. №514/2009. У цьому документі серед основних реальних і потенційних загроз інформаційній безпеці країни у внутрішньополітичній сфері названі «деструктивні інформаційні впливи, у тому числі із застосуванням спеціальних засобів, на індивідуальну, групову та суспільну свідомість», а також «поширення суб'єктами інформаційної діяльності перекручувань, недостовірної та упередженої інформації».

Фундаментом технологій сучасних інформаційних операцій є принципи синергетики, концепції емерджентності, урахування «системних ефектів». Передбачається, що запуснені в результаті спеціальних кампаній інформаційні впливи повинні саморозвиватися, лавиноподібно розширюватися, приводячи їхніх ініціаторів до бажаних результатів. Синергетичні підходи базуються на розгляді суспільства як надзвичайно складної системи, кожен елемент якої має багато ступенів свободи, тому ці підходи гарантують коректність результатів моделювання лише на якісному рівні.

Інформаційні операції дуже різні та найчастіше вельми складні за своєю природою, тому важко піддаються моделюванню й аналізу, що, серед іншого, пов'язане із двома групами факторів:

- суб'єктивними, пов'язаними зі свідомою, цілеспрямованою діяльністю людей, які беруть участь в інформаційних операціях;
- об'єктивними, пов'язаними з тим, що в соціальній системі, яка складається з великої кількості елементів, діють «системні ефекти», статистичні закономірності.

У соціальних системах, серед багатьох інших характеристик, найбільше чітко проявляється цілісність, тобто наявність таких властивостей, які не притаманні жодному елементу, що складають систему, узятому окремо. Ця властивість, яку називають «емерджентністю», є результатом виникнення між елементами системи особливих синергетичних зв'язків. Під терміном «емерджентність», уперше введеному в науковий ужиток Дж. Г. Льюїсом, розуміється те, що у фізичних системах ціле є найчастіше більшим, ніж сума частин [4], тобто на кожному рівні складності виникають нові, часто непередбачені якості, які не властиві окремим складовим.

Наприклад, якщо в якості системи розглядати годинник - прилад, що показує поточний час, то жодна з його деталей час показувати не зможе. Вона не може показувати, образно кажучи, навіть «частину часу». Властивість показувати час з'являється в усіх деталей разом, причому після того, як вони будуть певним чином зібрані в єдиний комплекс і, тим самим, вступають один з одним у певну взаємодію [5].

Емерджентність соціальної системи не дає можливості обмежитися вивченням її елементів і зв'язків між ними, а припускає цілісний аналіз усієї системи. До кінця ХХ століття при аналізі складних, у тому числі й соціальних систем, в основному використовувався редукціоністський підхід, що мав на меті пояснити множину властивостей складних систем властивостями їхніх елементів – «атомів» або «молекул». Внаслідок розвитку системного аналізу, появи науки про складність, завдяки технологічному прориву в обчислювальних можливостях ситуація різко змінилася. Нині набули розвитку такі напрямки, як теорії хаосу, складних мереж, нелінійних систем і систем, що самоорганізуються. Виявилось, що багато власти-

востей складних систем не можуть бути виведені із заздалегідь визначеного набору динамічних рівнянь. Навпаки, рівняння можуть бути отримані тільки в результаті чисельного моделювання.

Разом з тим, очевидно, що неможливо розробити й застосовувати на практиці деяку універсальну методику моделювання інформаційних операцій. Це в першу чергу пов'язане зі слабкою формалізацією багатьох понять і факторів, насамперед суб'єктивних. У кожному окремому випадку доводиться довіряти поінформованості та інтуїції аналітиків, що професійно займаються питаннями аналізу інформаційних операцій. Іноді їм вдається точно прогнозувати окремі закономірності процесів, параметри, які чітко проявляються на рівні суспільної практики.

З об'єктивними факторами зовсім інакше. Вони цілком піддаються аналізу на статистичному рівні й допускають кількісні оцінки, які можуть використовуватися для побудови обґрунтованих прогнозів. Сучасні методи прикладної статистики, аналізу часових рядів включають великий арсенал детально розроблених та апробованих методів. Однак статистика дає змогу описувати лише формальні аспекти явищ, які вивчаються, залишаючи за бортом змістовні аспекти. Тому існує необхідність розширення набору інструментальних засобів, що використовуються при аналізі та моделюванні інформаційних операцій. Одним із найбільш перспективних напрямків тут є математичне моделювання. Сьогодні математичне моделювання широко застосовується в багатьох галузях науки й техніки, разом з тим, моделювання соціальних процедур (саме до таких відносяться інформаційні операції) залишається відкритою проблемою. Головне достоїнство математичного моделювання - можливість одночасного врахування як формальних, так і змістовних аспектів, що визначають динаміку процесів, які досліджуються. Дійсно, структура обґрунтованої моделі завжди відображає ту частину змісту процесу, яка є доступною розумінню її авторів. Крім того, адекватні моделі будуються за допомогою апробованих методів, що забезпечують їхню формальну строгість.

Стосовно інформаційних операцій перспективним є моделювання, зумовлене деякими реалістичними правилами поведінки окремих елементів системи, що уточнюються деякими параметрами, які змінюються при моделюванні. У цьому випадку велику цінність отримує також і зворотна задача – за реальною поведінкою деякої залежності оцінити величину параметрів моделі. Знання загальної поведінки стійких рішень дає змогу прогнозувати розвиток інформаційних операцій навіть у тому випадку, коли не існує точного уявлення про конкретні механізми, що визначають перебіг подій, причому такі прогнози можуть виявитися більш точними, ніж отримані традиційними експертними методами. Якщо ж рішення виявляються нестійкими, то із цього також може бути отримана важлива

інформація про систему. Це дає змогу в окремих випадках прогнозувати, в який бік може бути спрямований розвиток процесів, що породжуються системою.

Спроби моделювання інформаційних операцій здійснювалися вже давно, але вони гальмувалися обчислювальними труднощами, особливо у випадку необхідності опису динаміки систем зі зворотними зв'язками. Нині є досить багато можливостей для ефективної комп'ютерної обробки даних, що дає змогу, з одного боку, готувати набори вхідних параметрів на підставі аналізу результатів статистичних досліджень, а з іншого – вирішувати формалізовані задачі з достатнім ступенем точності та у припустимий час. Все це дає підстави думати, що найближчим часом математичне моделювання стане основним інструментальним засобом планування інформаційних операцій та протидії їм.

Викладені міркування демонструють складність і багатогранність задачі моделювання та аналізу соціальних процесів і процедур. Нас, однак, цікавитимуть лише такі часткові питання, як технології аналізу та моделювання інформаційних операцій, інформаційних впливів, інформаційних потоків. Будуть розглянуті деякі моделі інформаційних процесів у мережі Інтернет, які, з одного боку впливають на інформаційні операції, визначають середовище їхнього проведення, а з іншого – є полігоном для їхнього ретроспективного аналізу.

РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ОПЕРАЦІЇ

1.1. Поняття «інформаційні операції»

Останніми роками, особливо після оприлюднення численних документів і публікацій Департаменту оборони США, став популярним термін «інформаційні операції». Очевидно, це спостерігається насамперед тому, що інформаційні технології відіграють роль, яка постійно збільшується у воєнних операціях. При цьому інформаційні операції визначаються як «акції, спрямовані на вплив на інформацію та інформаційні системи супротивника, на захист власної інформації та інформаційних систем» [1]. Інформаційні операції розглядаються як об'єднання основних можливостей радіоелектронної війни, комп'ютерних мережних операцій, психологічних операцій, воєнних дій та операцій по забезпеченню безпеки з метою впливати, руйнувати, спотворювати інформацію, необхідну для прийняття супротивником рішень, а також захищати власну інформацію. Інформаційні операції охоплюють цілий комплекс процесів, що здійснюються в найрізноманітніших сферах. При цьому необхідно зазначити, що інформаційні операції – істотна і традиційна складова бойових операцій. Вони відігравали важливу роль ще при Олександрі Македонському, Атилли та Чингіз Хані. Відомі спроби впливу на цивільне населення за допомогою радіопередач під час Другої світової війни. В'єтнам був першою телевізійною війною, коли факти війни в повному «кольорі» побачили телеглядачі всього світу. Останні конфлікти на Балканах, у Сомалі, Афганістані, Іраку та Грузії засвідчили використання Інтернету для залучення до інформаційних операцій всесвітньої аудиторії. Незважаючи на те, що формальне визначення інформаційних операцій в документах Департаменту оборони США орієнтоване на військові аспекти, воно може бути використане і для майже будь-якої сфери життя.

Інформація є відображенням вкладеного в неї змісту, а інформаційні системи обробляють інформацію, критичну для прийняття рішень. Тому нині інформація перетворилася з абстрактного терміна в об'єкт, мету й засіб інформаційних операцій, стала критичним поняттям у проблематиці

безпеки. Колишній міністр оборони США Вільям Коен 18 березня 1999 р. заявив: «Здатність армії використовувати інформацію, щоб домінувати в майбутніх боях, дасть США новий ключ до перемог протягом багатьох років, якщо не протягом декількох поколінь» [6].

При моделюванні та здійсненні інформаційних операцій необхідно враховувати значення цінності інформації для осіб, які приймають рішення. Цінність інформації включає її своєчасність, точність, «аналітичність». З практичної точки зору цінність інформації також може бути визначена як її значимість або застосованість, придатність до використання. Під застосованістю інформації розуміють забезпечення доступу особам, які приймають рішення, до готової для використання інформації. Стандарт ISO 9241 (ISO - Міжнародна організація з питань Стандартизації) визначає застосованість у термінах ефективності й задоволення потреб зазначеного набору користувачів для вирішення зазначеного набору задач у специфічному оточенні. На практиці більша частина корисної інформації надходить особам, які приймають рішення, від інформаційно-аналітичних систем, що забезпечують розуміння ситуації та підтримку прийняття рішень. Відповідно до польового статуту військового відомства США «інформаційні операції» (FM 100-6) визначаються як «орієнтація в ситуації», причому така, яка означає комбінацію ясного уявлення про диспозиції своїх і ворожих сил з «оцінкою ситуації та намірів з боку командування».

Інформаційні операції здійснюються в деякому соціальному середовищі, відповідно, для успішного їхнього проведення необхідно адаптуватися до цього середовища, перебороти певний бар'єр не дуже сильної уваги до інформаційного впливу [7-9]. Цей бар'єр виникає завдяки так званій імунній системі середовища, що може не пропустити інформаційні впливи, якщо вона досить потужна та/або вже навчилася захищатися від подібних впливів. До підготовчих дій для здійснення інформаційних операцій може відноситися створення «імунодефіциту» соціального середовища шляхом впливу через інформаційний простір, наприклад, за допомогою матеріалів у ЗМІ. Дуже часто інформаційні впливи використовують механізми «вірусного маркетингу», наприклад, у вигляді чуток, коли сенсаційно подана дезінформація поширюється з величезною швидкістю. Саме імунна система протидіє подібним інформаційним операціям. Дуже часто з імунною системою суспільства ототожнюють державу, яка покликана забезпечувати безпеку всього суспільства. Таким чином, за наявності сильного державного апарату ймовірність успіху антисуспільних інформаційних операцій істотно знижується. Спеціальні служби держави мають бути стабілізуючим, стрижневим важелем, який здійснює ключовий вплив на всі види безпеки [10], у тому числі й на інформацій-

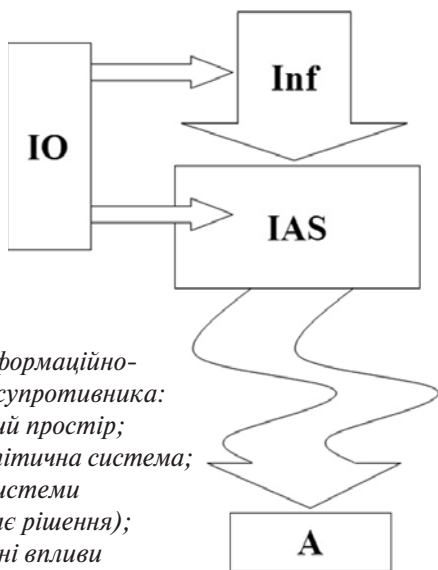
ну. При розробці стратегії національної безпеки [11] фахівці значну увагу приділяють питанням інформаційної безпеки, які безпосередньо відносяться до протидії інформаційним операціям.

Читачі зі стажем пам'ятають, як відбувалася протидія подібним інформаційним операціям у тоталітарних державах. У демократичному суспільстві, природно, тоталітарні методи не можуть застосовуватись. У цьому випадку імунітет досягається за рахунок «навчання», тобто демократичне суспільство повинне пройти через велику кількість інформаційних атак, впливів, стереотипів, щоб виробити необхідний імунітет.

Рівень готовності до проведення інформаційних операцій нині вважається ключовим фактором успіху проведення будь-якої соціальної процедури, кампанії.

Особливою метою при проведенні інформаційних операцій є інформаційно-аналітичні системи суб'єкта впливу [12, 13]. Здійснюючи вплив на такі системи, можна домогтися того, що особи з табору супротивника, які приймають рішення, зроблять неадекватні висновки, і необхідний соціальний процес змінить траєкторію в напрямку, необхідному для сторони, що впливає (рис. 1).

У цьому випадку до безпосередніх інформаційних впливів може бути віднесене розміщення в інформаційному просторі документів, що компрометують протилежну сторону, містять власну рекламу (у тому числі приховану) своїх переваг, перекручені дані про зовнішнє середовище, перекручену інформацію про наміри тощо.



*Рис. 1. Вплив на інформаційно-аналітичну систему супротивника:
 Inf - інформаційний простір;
 IAS - інформаційно-аналітична система;
 А - абонент системи
 (особа, що приймає рішення);
 IO - інформаційні впливи*

Інформаційним операціям властиві такі основні особливості:

- інформаційні операції - це міждисциплінарний набір методів і технологій у таких областях, як інформатика, соціологія, психологія, міжнародні відносини, комунікації, військова наука;
- дотепер не існує стандартів проведення інформаційних операцій;
- у розвитку технологій інформаційних операцій зацікавлені не тільки оборонні відомства, а й багато урядових і комерційних організацій;
- завдання формування наукового підходу до інформаційних операцій є нагальним та актуальним.

При проведенні інформаційних операцій суттєвим є виявлення змісту (знань), який вкладається в інформацію, з урахуванням найрізноманітніших аспектів - соціальних, політичних, релігійних, історичних, економічних, психологічних, ментальних, культурних, притаманних різним верствам суспільства. Тому нині є сенс розглядати інформаційні операції ширше, як операції, що базуються на знаннях (англ. Knowledge Operations) [14].

1.2. Інформаційні операції як соціальні процедури

Соціальні процедури та процеси, як правило, складно оцінювати й моделювати, тому що їхні результати відносяться до психологічних і соціологічних, а не фізичних. Саме цей факт також визначає проблематичність прогнозування результатів моделювання інформаційних операцій. Крім того, експериментування з інформаційними впливами в рамках інформаційних операцій складніше та небезпечніше, ніж при моделюванні фізичних процесів. Для впливу на процеси ухвалення рішення супротивником іноді необхідно вживати заходи протягом вельми тривалого часу, щоб вони зрештою стали ефективними.

Один з основних компонентів інформаційних операцій - соціальний вплив, що охоплює всю різноманітність процесів впливу. Істотні зміни в переконаннях або ставленні людей до деякої проблеми чи явища, як очікується, приведуть до зміни в поведінці, пов'язаній із цією проблемою.

У 1948 році Лассвел (Lasswell) [15] запропонував модель трансмісії комунікацій, яка складається з п'яти компонентів:

- джерело - персона, що впливає або переконує інших персон;
- повідомлення - за допомогою чого джерело пробує переконати цільову персону;
- ціль - людина, на яку джерело пробує впливати;
- канал - метод доставки повідомлень;
- вплив - реакція цілі на повідомлення.

Незважаючи на те, що Лассвел насамперед цікавився масовою комунікацією, його модель передачі інформації може застосовуватися в між-

особистісній комунікації типу циркулярних моделей Шеннона-Вівера (Shannon-Weaver) і Осгуда-Шрамма (Osgood-Schramm). Вони включають петлі зворотного зв'язку у процесі комунікацій, стверджуючи, що комунікація є циркулярним, а не лінійним процесом [16, 17].

Моделювання об'єктивних факторів соціального впливу вимагає міждисциплінарних підходів, що мають відношення до інформатики, маркетингу, політології, соціальної психології. Найвідоміші моделі формування суспільної думки та соціального впливу базуються на теорії динамічного соціального впливу Латеїна (Latane) [18, 19], розвинутій такими авторами, як Новак (Nowak), Зцамрей (Szamrej) [20], Левенштейн (Lewenstein) [21], Касперський (Kasperski), Холіст (Holyst) [22] і Собкович (Sobkowicz) [23, 24].

Намагаючись обґрунтувати механізм соціального впливу повідомлень, Латеїн [18] підкреслив важливість трьох ознак відносин джерела та цілі:

- сила - соціальна сила, імовірність, або рівень впливу на індивідуумів;
- безпосередність - фізична або психологічна відстань між індивідуумами;
- число джерел - кількість джерел, що відносяться до цілі.

Сучасний стан моделювання інформаційних операцій характеризується рядом відкритих проблем, основні з яких відносяться до розуміння понять інформаційного впливу.

Універсальними характеристиками об'єкта є його стан і можливість управління іншими об'єктами. Реалізація можливості управління вимагає певних умов, які прийнято називати впливом. При цьому об'єкт, який може здійснювати свою волю, називають суб'єктом, а управлінням прийнято називати вплив стосовно об'єкта, що застосовується з певною метою.

Коли індивідуум є метою впливу одного або більшої кількості джерел, динамічна соціальна теорія впливу стверджує, що рівень соціального впливу на індивідуума може бути представлений наступним рівнянням, яке є основою так званої індивідуум-орієнтованої моделі [25]:

$$I_i = -S_i \beta - \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{S_j O_j O_i}{d_{ij}^\alpha}$$

де I_i – величина (кількість) соціального тиску на індивіда i , ($-\infty < I_i < \infty$). O_i представляє думку індивідуума (± 1) стосовно актуального питання, де $+1$ та -1 представляють підтримку або заперечення щодо даного питання, відповідно. S_i представляє силу індивіда i або вплив ($S_i > 0$), β – опір індивідуума до змін ($\beta > 0$), d_{ij}^α – відстань між індивідуумами i та j ($d_{ij}^\alpha \geq 1$), α – показник скорочення відстані ($\alpha \geq 2$), N – загальна кількість агентів (індивідуумів, що складають суспільство). Значення β – тенденція зберігати власну думку або чинити опір зміні, визначає те, що індивідууми в рамках моделі

можуть вимагати більших або менших обсягів соціального тиску для зміни їхньої думки. Великі рівні значення α відповідають ефекту збільшення відстані між джерелом і цілью, що впливає на обсяг соціального тиску на ціль.

На основі введених термінів формулюється поняття «інформаційного поля об'єкта» [26], описуються його характеристики. Це дає можливість визначити інформаційний вплив як вплив на інформаційне поле об'єкта. Досліджуючи інформаційні поля об'єктів і суб'єктів соціальних систем, можна визначити інформаційні впливи та управління. При цьому інформація може розглядатися і як об'єкт, і як засіб впливу. Використання інформації як засобу впливу вимагає в процесі управління здійснити підготовку даних, виробництво відповідної інформації, а лише потім реалізовувати створену інформацію у вигляді впливу.

1.3. Інформаційний вплив

Одним з основних методів ведення інформаційних операцій є інформаційний вплив, що надається з метою інформаційного управління. Під інформаційним управлінням у цьому випадку розуміється механізм управління, коли керуючому впливу притаманний неявний, непрямий інформаційний характер і об'єкту управління надається певна інформаційна картина, під впливом якої він формує лінію своєї поведінки. Таким чином інформаційне управління - це спосіб впливу, що спонукає людей до впорядкованої поведінки, виконання необхідних дій.

Відповідно до [26, 27] процес інформаційного впливу одного об'єкта на інші доцільно декомпонувати на такі етапи:

- генерація джерелом впливу даних, інформаційних елементів та інформаційних сукупностей;
- передача інформації джерелом впливу;
- прийом інформації реципієнтом;
- генерація сукупності даних, інформаційних елементів і нових сукупностей об'єкта впливу;
- відповідні активні дії об'єкта впливу.

Інформаційні впливи на елементи систем можна класифікувати за такими ознаками, як джерела виникнення, тривалість впливу, природа виникнення тощо.

Для вибору конкретних способів реалізації інформаційного управління необхідно конкретизувати задачі, які вирішуються за допомогою інформаційного впливу, провести аналіз процесу формування інформаційних операцій і виробити критерії їхньої оцінки. Інформаційне управління розглядають як процес, що охоплює такі три взаємопов'язані напрямки:

- управління обміном даними між реальним світом і віртуальним світом суб'єкта впливу;

– управління віртуальним світом суб'єктів впливу, механізмами прийняття рішень;

– управління процесом перетворення рішень у дії суб'єкта впливу в реальному світі.

Інформаційний вплив може бути двох основних видів:

– зміна в необхідний бік даних, які використовує інформаційно-аналітична система об'єкта впливу при прийнятті рішень;

– безпосередній вплив на процес ухвалення рішення об'єкта впливу, наприклад, на процедури ухвалення рішення або окремих осіб, що приймають рішення.

Найважливіше значення для проведення інформаційних операцій мають навколишнє середовище, стан об'єктів інформаційного впливу, їхній взаємний вплив. Зокрема, якщо в якості об'єктів інформаційних операцій вибирається деяке електоральне поле, то важливо враховувати всі електоральні популяції, що входять у це поле, які представляють прихильників (або супротивників) тих або інших політичних сил. Незважаючи на те, що надалі розглядатимуться в тому числі й деякі моделі, в яких у явному виді постулюється однорідність середовища, у загальному випадку про відношення до інформаційних операцій навколишнє середовище може складатися з областей:

– домінуючого сприйняття;

– підвищеної чутливості;

– індиферентності до відповідних інформаційних впливів.

1.4. Етапність інформаційних операцій

Зупинимось окремо на етапності інформаційних операцій. Очевидно, не існує єдиного «стандартного» плану проведення як наступальних, так і оборонних інформаційних операцій. Можна лише розглянути зразкову, отриману шляхом узагальнення деяких уже реалізованих інформаційних операцій, послідовність дій при їхньому здійсненні.

На практиці інформаційна операція як процес інформаційного впливу на масову свідомість, як правило, реалізується так: у результаті попередньої розвідки розробляється план наступного етапу - оперативного управління та плануються відповідні заходи оперативної розвідки, які є наближеною моделлю рішення, після чого реалізується оперативне управління супротивником. На етапі оперативної розвідки визначається рівень відхилення первісної моделі від реальності, і якщо воно незначне, то реалізується первісний план. У протилежному випадку будується новий план оперативного управління та управління супротивником. Далі цикл повторюється доти, доки оперативна розвідка не підтвердить модель. При цьому остаточне рішення приймається з певним оперативним ризиком. У такий спосіб процес інформаційного впливу охоплює такі основні етапи [28]

(рис. 2), як попередня розвідка (PI) (виявлення поточної обстановки, стан супротивника (Op), визначення тенденцій управління), управління супротивником (M) (інформаційний вплив на супротивника з метою передачі йому відомостей відповідно до нашого задуму), оперативна розвідка (OI) (перевірка результатів рефлексивного керування), оперативне управління (OM) - дії наших власних сил для досягнення необхідної мети.

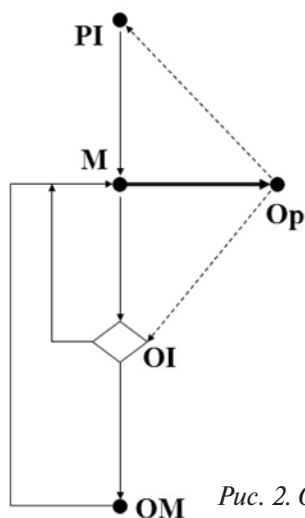


Рис. 2. Основні етапи інформаційних операцій

При плануванні або моделюванні соціальних процесів, зокрема інформаційних операцій, завжди необхідно враховувати, що загальну поведінку соціальних систем неможливо визначити, оперуючи винятково рафінованими математичними моделями. Це головним чином обумовлене тим, що такі процеси великою мірою залежать від соціально-психологічних факторів.

Розрізняють два основних типи інформаційних операцій - наступальні та оборонні. Однак на практиці більшість інформаційних операцій є змішаними. Крім того, більшість процедур інформаційних операцій відносяться одночасно до наступальних та оборонних. Кожний з типів інформаційних операцій, включаючи наведені вище основні етапи, припускає деякі особливості й уточнення.

Особливістю наступальних інформаційних операцій (інформаційних атак) є те, що об'єкти впливу таких операцій визначені й планування ґрунтується на досить точній інформації про ці об'єкти. Інформаційна атака найчастіше вимагає знаходження або створення інформаційного приводу (для оборонних інформаційних операцій приводом може бути сама інформаційна атака супротивника), розкручування цього приводу, тобто

пропаганда (на відміну від заходів контрпропаганди при оборонних інформаційних операціях), а також необхідність застосування заходів щодо перешкоди інформаційній протидії.

Таким чином, план типової інформаційної операції включає співпадаючі на верхньому рівні для інформаційних операцій обох типів етапи, а саме такі, як оцінка, планування, виконання та завершальна фаза. Наведемо детальніший перелік компонентів інформаційних операцій.

У наступальних інформаційних операціях можна виділити такі основні фази:

- **Оцінка** необхідності проведення операції:
 - Визначення мети, прогноз досяжності, ступеня впливу;
 - Збір інформації.
- **Планування;**
- **Виконання** інформаційних впливів:
 - Знаходження або створення інформаційного приводу;
 - Розкручування інформаційного приводу (пропаганда);
 - Оперативна розвідка;
 - Оцінка впливу;
 - Перешкода інформаційній протидії;
 - Коригування інформаційного впливу;
- **Завершальна фаза;**
 - Аналіз ефективності;
 - Використання позитивних результатів інформаційного впливу;
 - Протидія негативним результатам.

Типова оборонна інформаційна інформація охоплює такі основні етапи:

- **Оцінка:**
 - Аналіз можливих вразливостей (цілей);
 - Збір інформації про можливі операції;
 - Визначення можливих «замовників» інформаційних впливів:
 - *визначення сфер спільного інтересу об'єкта і потенційних «замовників»;*
 - *ранжирування потенційних замовників за їхніми інтересами;*
- **Планування:**
 - Стратегічне планування оборонної операції (явне або неявне):
 - *Визначення критеріїв інформаційних впливів;*
 - *Моделювання інформаційних впливів з урахуванням:*
 - зв'язків об'єкта;
 - динаміки впливу;
 - «особливих» (критичних) точок впливу;
 - *Прогнозування наступних кроків;*
 - *Розрахунок наслідків;*

- Тактичне планування контроперацій;
- **Виконання – реалізація інформаційного впливу:**
 - Виявлення та «згладжування» інформаційного приводу;
 - Контрпропаганда;
 - Оперативна розвідка;
 - Оцінка інформаційного середовища;
 - Коригування інформаційної протидії;
- **Завершальна фаза:**
 - Аналіз ефективності;
 - Використання позитивних результатів інформаційного впливу;
 - Протидія негативним результатам;

Оперативне управління інформаційними операціями з використанням інформаційно-аналітичних систем можна проілюструвати за допомогою діаграми, представленої на рис. 3.

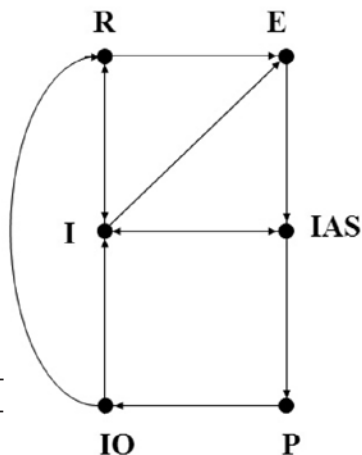


Рис. 3. Діаграма оперативного управління з використанням інформаційно-аналітичних систем

Відповідно до наведеної діаграми інформація з реального світу (R) надходить в інформаційний простір, зокрема, у засоби масової інформації (I) або безпосередньо експертам (E), також через засоби масової інформації. Від експертів або безпосередньо з інформаційного простору (наприклад, за допомогою засобів контент-моніторингу) інформація надходить в інформаційно-аналітичну систему (IAS). Інформаційно-аналітична система передає особам, які приймають рішення (P), дані, що визначають заходи інформаційного впливу на інформаційний простір і безпосередньо на об'єкти реального світу (людей, навколишнє середовище, комп'ютерні системи тощо).

РОЗДІЛ 2.

ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР

2.1. Сучасні підходи до моделювання

2.1.1. Синергетичний підхід

Досвід свідчить, що в основному соціальним явищам властива скоріше непрогнозована поведінка, ніж прогнозування стану. Під впливом зовнішнього середовища система може переходити до непередбаченої поведінки - хаосу. Але іноді виникають зворотні переходи - від хаосу до порядку (можна навести приклад з фізики - лазер, який після досягнення деякого порога починає генерувати когерентне світлове випромінювання).

Неупорядковану, непрогнозовану, випадкову поведінку системи пов'язують із недетермінованим хаосом, при якому неможливо вивести закономірності визначення майбутнього стану, знаючи її попередній стан. Сьогодні все більша увага вчених приділяється детермінованому хаосу, що породжується не випадковою поведінкою великої кількості елементів системи, а внутрішньою сутністю нелінійних процесів. Поведінка соціальних систем повною мірою відповідає визначенню детермінованого хаосу. Для складних систем, якими, безумовно, є соціальні системи, рівняння, що описують їхню поведінку, виявляються настільки складними, що не можуть вирішуватися аналітичними методами. Тому їхнє дослідження зазвичай проводиться засобами комп'ютерного моделювання.

При вирішенні нелінійних задач стан системи та ступінь її організованості зображують за допомогою так званого фазового простору, координатами в якому є параметри, що характеризують систему. Наприклад, для опису систем у механіці як координати фазового простору використовуються положення окремих точок та їхніх швидкостей. У цьому випадку детермінований хаос відображається безперервною траєкторією, що часом може поступово заповнювати весь фазовий простір (будь-який малий окіл точки у фазовому просторі перетинатиме безліч фазових траєкторій). Ця властивість детермінованого хаосу приводить до поняття фракталів, фрактальної розмірності, наприклад, хаусдорфова розмірність траєкторії, яка щільно покриває площину, не може бути цілим числом. Дробова розмірність - це одна з основних ознак фракталів.

Ключовими поняттями синергетики є «біфуркації» та «атрактори» [27]. Під точкою біфуркації зазвичай розуміють стан системи, після якого припустима деяка множина варіантів її розвитку. Та траєкторія, або та множина траєкторій, по яких можливий розвиток системи після точки біфуркації і які відрізняються від інших відносною стійкістю, називаються атракторами. Тобто атрактор нібито притягає до себе множину траєкторій, можливих після точки біфуркації. Властивості точок біфуркації та атракторів вивчаються в теорії складних систем, де встановлюються закономірності розвитку таких систем, переходи від хаосу до порядку та навпаки.

Дійсно, біфуркація може привести до хаосу. Опишемо абстрактний, але досить переконливий приклад, каскад біфуркацій М. Фейгенбаума (М. Feigenbaum), один із типових сценаріїв переходу від простого періодичного режиму до складного аперіодичного при нескінченному подвоєнні періоду [30]. Послідовність Фейгенбаума має самоподібну, фрактальну структуру - збільшення якої-небудь області демонструє подібність виділеної ділянки з усією структурою.

Фейгенбаум в основному аналізував логістичне рівняння

$$X_{n+1} = CX_n - CX_n^2,$$

де C - зовнішній параметр. Звідки випливає, що при деяких обмеженнях у всіх подібних рівняннях відбувається перехід від рівноважного стану до хаосу.

Логістичне рівняння, що, як відомо, має два стійких рішення, зазвичай трактується як умова популяційної динаміки й допускає наступне трактування: передбачається, що ізольовано проживає популяція осіб чисельністю X_n . Через рік з'являється потомство чисельністю X_{n+1} . Зростання популяції описується першим членом правої частини рівняння (CX_n), де коефіцієнт C визначає швидкість зростання і є визначальним параметром. Зменшення числа тварин (за рахунок перенаселеності, неоліку їжі тощо) визначається нелінійним членом (CX_n^2). Результати розрахунків (рис. 4) показують, що:

- при $C < 1$ популяція зі зростанням вимирає;
- в області $1 < C < 3$ чисельність популяції наближається до постійного значення $X_0 = 1 - 1/C$, що є областю стаціонарних, фіксованих рішень. При значенні $C=3$ точка біфуркації стає відштовхуючою фіксованою точкою;
- у діапазоні $1 < C < 3.57$ починають з'являтися біфуркації - розгалуження кожної кривої на дві (дійсно, логістичне рівняння має два стійких класи рішень). Чисельність популяції коливається між двома значеннями, які лежать у цих областях. Спочатку популяція різко зростає, на наступний рік виникає перенаселеність і через рік чисельність знову зменшується;

- при $C > 3.57$ відбувається перекриття різних областей і поведінка системи стає на вигляд хаотичною.

Таким чином, заключним станом фізичних систем, що еволюціонують, є стан динамічного хаосу.

За допомогою теорії біфуркацій можна прогнозувати характер поведінки, що проявляється при переході системи в якісно інший стан, а також область існування системи та оцінити її стійкість.

Біфуркації дуже часто виникають при переході системи від стану видимої стабільності й рівноваги до хаосу. За допомогою хаосу не тільки не можна побудувати або уточнити прогноз, а й, відповідно, перевірити його. Однак це не свідчить про невірність теорії хаосу, підтверженої як у математичних розрахунках, так і в житті. Нині ще не існує математично точного застосування теорії хаосу для соціальних досліджень, разом з тим, ця теорія вже сьогодні здатна передбачити переходи моделей систем, представлених в аналітичному вигляді, в хаотичний стан. Очевидно, це справді один із найперспективніших напрямків прикладних досліджень соціальних процесів.

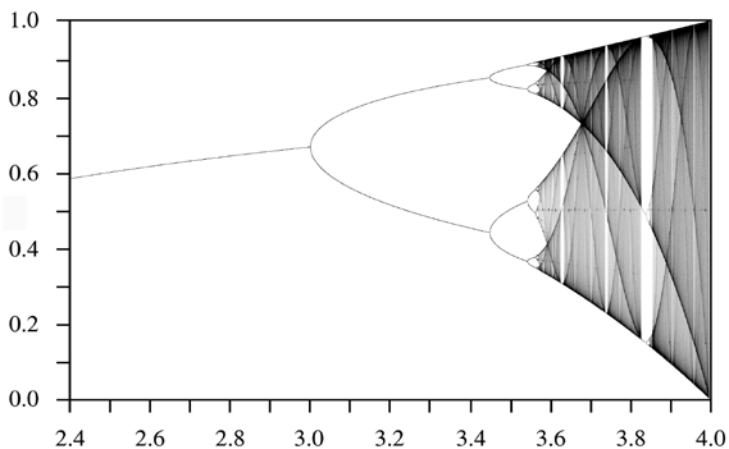


Рис. 4. Каскад біфуркацій (послідовність Фейгенбаума): вісь абсцис – значення параметра C , вісь ординат - значення X_n

У синергетиці строго доводиться, що ніякими зовнішніми впливами неможливо «нав'язати» системі бажану кому-небудь поведінку - можна лише вибрати найбільш підходящу траєкторію з потенційно закладених [31].

Таким чином, при плануванні та моделюванні інформаційних операцій одним з основних завдань є пошук точок біфуркації соціальних процесів

і формування флуктуацій, що приводять до вибору необхідної траєкторії еволюції (атрактора).

Як відомо, у математиці катастрофами називаються стрибкоподібні зміни, які виникають у вигляді відповіді системи на плавну зміну зовнішніх умов. Соціальні процедури можуть викликати процеси, які найкраще описуються в рамках теорії катастроф: «Біля точок біфуркації в системах можна спостерігати значні флуктуації. Такі системи начебто коливаються перед вибором одного з декількох шляхів еволюції. Невелика флуктуація може служити початком еволюції в повністю новому напрямку, що різко змінить всю поведінку макроскопічної системи» [32]. Це твердження пояснює, чому так важко боротися з катастрофою, коли її ознаки стали вже помітними: швидкість її наближення безмежно зростає в міру наближення до катастрофи [33].

Якщо розглядати суспільство як складну систему, то інформаційні операції можна розглядати як впливи на цю систему, як уже було показано, з метою вибору певних шляхів розвитку. Отже, моделі інформаційних операцій є частиною більш загальних соціальних моделей.

2.1.2. Багатоагентне моделювання

Багатоагентне моделювання охоплює також концепцію клітинних автоматів - математичних об'єктів, що є дискретною динамічною системою. Уперше клітинні автомати були введені в науковий обіг фон Нейманом у 1940-их роках як формальний апарат для дослідження складних розподілених систем [34].

Система клітинних автоматів є однорідною сіткою, кожен осередок якої (клітинний автомат) може перебувати в одному з можливих станів. Стани кліток синхронно обновлюються на кожному кроці моделювання відповідно до визначених правил переходу, у загальному випадку таких правил може бути незліченна кількість (множина потужності континуум), що відповідає кількості підмножин зліченної множини. Новий стан клітки визначається залежно від попереднього стану та стану околу (сусідніх кліток) [35].

Останнім часом у рамках концепції складних систем інтенсивно розробляються так звані природні обчислення (англ. - *Natural Computing*). Вони поєднують математичні методи, в які закладені принципи прийняття рішень, аналогічні до реалізованих у природі механізмів. Імітація самоорганізації мурашиної колонії (або колонії термітів) становить основу так званих мурашиних алгоритмів оптимізації [36], одного з перспективних методів природних обчислень, у яких колонія мурах розглядається як багатоагентна система, де кожний агент функціонує автономно за досить простими правилами. На противагу примітивній поведінці агентів, поведінка всієї сис-

теми виявляється дуже складною, наближеною до розумного. Мурашині алгоритми засновані на імітації самоорганізації соціальних комах за допомогою використання динамічних механізмів, що забезпечують досягнення системою глобальної мети в результаті низькорівневої взаємодії її елементів за умови використання елементами системи тільки локальної інформації, крім централізованого управління. Нині отримані добрі результати мурашиної оптимізації таких складних комбінаторних завдань, як завдання комівояжера, оптимізації маршрутів транспорту, розфарбування графа, оптимізації мережних графіків, календарного планування, оптимізації процесів у розподілених нестационарних системах, наприклад трафіків у телекомунікаційних мережах.

2.1.3. Теоретико-ігровий підхід

Характерною рисою багатьох соціальних процедур, інформаційних операцій є та обставина, що їх актори (від англ. *actor* – учасник акту, діюча особа) перебувають у стані конфлікту інтересів і при цьому діють в умовах відсутності повної інформації про наміри один одного. Зокрема, при аналізі електоральних процесів майже завжди доводиться аналізувати конфліктні ситуації, в яких стикаються інтереси двох або більше конкуруючих сторін, що переслідують різні цілі. Математичною теорією, що присвячена вивченню конфліктних ситуацій, є теорія ігор. Таким чином, уявляється цілком природним спробувати застосувати для вивчення соціальних систем і впливу на них інформаційних операцій теорію ігор. В узагальненій грі (як гра, наприклад, може розглядатися перебіг виборчої кампанії або деяка сукупність інформаційних операцій протиборчих сил) можуть зіштовхнутися інтереси двох або декількох супротивників. При цьому гравці можуть утворювати коаліції, у цьому випадку гра стає коаліційною.

Структура будь-якої гри описується трьома блоками:

- 1) припустимі множини ходів або стратегій учасників;
- 2) мета учасників;
- 3) тип поведінки та інформованості учасників.

У теорії ігор ігри класифікуються як кооперативні (коаліційні) й некооперативні.

У кооперативних іграх учасники можуть об'єднуватись у групи, беручи на себе деякі зобов'язання перед іншими гравцями та координуючи свої дії. Цим вони відрізняються від некооперативних ігор, у яких кожний зобов'язаний грати сам за себе. Некооперативні ігри описують ситуації в дрібних деталях і видають точніші результати. Кооперативні розглядають процес гри в цілому.

Далі зупинимося на некооперативних іграх. Формально некооперативною грою називається трійка $\Gamma = \langle I, X_i, H_i \rangle$, де I – множина учасників гри; X_i –

множина стратегій учасника $i \in I$; H_i - функція виграшу учасника $i \in I$, визначена на множині ситуацій (конкретних реалізаціях стратегій усіх учасників гри), що відображає його на множину дійсних чисел.

Некооперативна гра припускає наступний порядок розігрування:

1. Гравці одночасно й незалежно один від одного вибирають із множини X_i свої стратегії. Вектор стратегій $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ усіх гравців являє собою ситуацію в грі.

2. Кожен учасник одержує виграш, обумовлений значенням функції $H_i(x)$, на цьому взаємодія між гравцями припиняється.

Аналіз гри полягає в умінні прогнозувати рішення гри – множину можливих ходів та їхні результати. Важливими поняттями в теорії ігор є також оптимальна стратегія, ціна гри, середній виграш. Зокрема, стратегії P^* першого гравця й Q^* другого гравця називаються оптимальними, а число – ціною гри, якщо для будь-яких стратегій P першого гравця й Q другого гравця виконуються нерівності [37]:

$$M(P, Q^*) \leq V \leq M(P^*, Q),$$

де $M(P, Q)$ – математичне очікування виграшу першого гравця, який вибрав стратегію, за умови, що другим обрана стратегія Q .

У багатьох задачах з теорії ігор невизначеність викликана не протидією супротивника, а недостатньою поінформованістю гравця про умови, в яких діють сторони, наприклад, про інформаційні операції проти нього, інформаційні впливи. Такі ігри прийнято називати «іграми із природою», при рішенні яких використовують так звані матриці ризиків. У рамках даного підходу дії інтелектуального агента, що приймає рішення (intelligent rational decision-maker), визначаються його інформованістю про стан навколишнього середовища та уяви опонентів [28]. Елементом інформаційного впливу при цьому можуть бути як передані агентом відомості про навколишнє середовище, так і про уяви опонентів. Інформація, передана агентом з метою інформаційного впливу, може являти собою [38]:

- «сухі» факти;
- логічно обґрунтовані висновки, аналітичні судження, що спираються на визначений набір фактів;
- емоційно забарвлені твердження.

У якості даних агентом може передаватися також прогноз, що залежить від невизначеного параметра та дій самого агента. Кожен агент на підставі «активного прогнозу» може «відновити» інформацію про навколишнє середовище та використати її при прийнятті рішень (наприклад, для обчислень рівноважних дій).

Вирішуючи завдання в умовах невизначеності, коли ймовірності окремих часток результатів невідомі, виникають труднощі при математичному моделюванні. У таких випадках теорія прийняття рішень, зокрема, рекомендує застосовувати підхід, що базується на відомій теоремі Байєса. Стратегія оптимізації в таких випадках будується на основі байєсівської теорії прийняття рішень. При цьому прийнята в теорії ігор функція втрат розглядається як узагальнення імовірності помилки. Відповідно, передбачається вибирати рішення, які мінімізують функцію втрат. Байєсівський підхід до оцінки ймовірнісних зв'язків відіграє вирішальну роль у теорії прийняття рішень за умови невизначеності наслідків цих рішень або в умовах протидії з боку природи чи конкуренції. У цих умовах ключовою є стратегія управління, заснована на апостеріорній (післядослідній) імовірності події. Обов'язковою умовою коректності такого підходу є постійне навчання системи. Стратегія управління спочатку будується на базі певних уявлень про ймовірності подій, а в міру функціонування системи реалізується корекція управління - використання накопиченого досвіду шляхом перерахунку варіантів стратегій з урахуванням значень імовірностей, які змінилися.

Слід зазначити, що застосування теорії ігор має два різних аспекти: по-перше, вона може бути використана з метою оптимізації механізмів прийняття рішень протиборчими сторонами і, по-друге, для вироблення принципів їхньої організації. Зокрема, у другому випадку вельми актуальним стає питання про стійкість гри (за допомогою якої описується процес, що досліджується) у розумінні Неша [37, 39]. У випадках, коли свої очікування про поведінку партнера кожен гравець будує за минулим досвідом подібних ігор, стійке в якомусь сенсі рішення гри називають рівновагою цієї популяції. У цих випадках особливого значення набуває рівновага за Нешем - профіль стратегій, від якого нікому не вигідно відхилитися, якщо партнери не відхиляються, тобто гра називається стійкою у розумінні Неша, якщо жоден із гравців не може збільшити свій виграш тільки за рахунок своїх власних дій. Нешевська рівновага (NE) - це точка, з якої жодному гравцеві немає користі йти при поточних ходах партнерів, а строга Нешевська рівновага (SNE) - точка, з якої невигідно йти. Коли кожен гравець $i \in I$ вибирає стратегію x_i з вектора стратегій $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, гравець одержує виграш $H_i(x)$. При цьому виграш i -го учасника гри залежить від усього профілю стратегій: не тільки від стратегії, обраної самим гравцем i , а й від чужих стратегій. Вектор стратегій x^* є рівновагою за Нешем, якщо зміна своєї стратегії не вигідна жодному гравцеві, тобто для будь-якого справедливо:

$$H_i(x^*) \geq H_i(x_i, x_{-i}^*) .$$

Тут x_i, x_i^* - вектор, складений із всіх координат вектора, крім i -ої, яка відповідає значенню x_i .

Гра може мати рівновагу Неша в чистих стратегіях або в змішаних (тобто при виборі чистої стратегії стохастично з фіксованою частотою). Неш довів, що якщо дозволити змішані стратегії, тоді в кожній грі n гравців буде хоча б одна рівновага за Нешем.

При аналізі соціальних процесів часто розглядаються ситуації несиметричних умов для різних гравців. У таких випадках має сенс розглянути рівновагу Штакельберга [40], яка на відміну від симетричних умов, припускає різні принципи формування очікувань різних гравців. Перший гравець (лідер) орієнтується на оптимальні відповіді партнерів, знаючи їхні переваги, а інші грають, як у випадку Нешевської рівноваги, лише реагуючи на його хід і на ходи один одного. Рівновага Штакельберга може виникати, наприклад, коли один із гравців робить свій вибір раніше інших і знає їхні цілі. Або коли він один, а однотипних ведених гравців досить багато, щоб кожний не намагався прораховувати загальні наслідки свого ходу. Розглянемо окремих випадок моделі Штакельберга – боротьбу двох партій за електоральні переваги. Нехай існують дві партії, одна з яких «лідер», інша – «послідовник». Нехай витрати на виборчу кампанію є лінійною функцією загальної кількості електорату Q :

$$P(Q) = a - bQ$$

Припустимо також, що витрати партій (реклама, локальні інформаційні операції тощо) на одного прихильника постійні й рівні c_1 та c_2 відповідно. Тоді умовний «прибуток» першої партії буде визначатися формулою:

$$П_1 = P(Q_1 + Q_2) \times Q_1 - c_1 Q_1$$

а кількість голосів другої, відповідно:

$$П_2 = P(Q_1 + Q_2) \times Q_2 - c_2 Q_2$$

Відповідно до моделі Штакельберга, перша партія - лідер - на першому кроці домагається кількості своїх прихильників Q_1 . Після цього друга партія - послідовник - аналізуючи дії лідера, домагається кількості прихильників Q_2 . Метою обох партій є максимізація умовного прибутку.

Рівновага Неша в цій грі визначається методом зворотної індукції. Розглянемо передостанній етап гри - хід другої партії. На цьому етапі партія 2 знає оптимальну кількість прихильників першої партії Q_1^* . Тоді завдання визначення оптимальної кількості своїх прихильників Q_2^* зводяться до ви-

рішення завдання знаходження точки максимуму функції прибутку другої партії. Максимізуючи функцію Π_2 по змінній Q_2 , вважаючи Q_1 заданим, знаходимо, що оптимальна кількість прихильників другої партії становить (будемо вважати, що $c_1 = c_2 = c$):

$$Q_2^* = \frac{(a - bQ_1^* - c)}{2b}.$$

Це найкраща відповідь партії-послідовника на вибір лідером значення Q_1^* . Партія-лідер може максимізувати свою функцію прибутку, враховуючи вигляд функції Q_2^* . Точка максимуму функції Π_1 по змінній Q_1 при підстановці Q_2^* буде:

$$Q_1^* = \frac{(a - c)}{2b}.$$

Підставляючи це у вираз для Q_2^* , одержимо:

$$Q_2^* = \frac{(a - c)}{4b}.$$

Таким чином, при рівновазі партія-лідер повинна придбати у два рази більше прихильників, ніж партія-послідовник.

Варто мати на увазі, що моделі теорії ігор меншою мірою, ніж ті, що розглядатимуться далі, можуть бути використані для більш-менш точних розрахунків і прогнозів. Скоріше тут можна говорити про добре обгрунтовану методологію, яка може істотно підвищити ефективність дій учасників соціальних процесів. Ці моделі, по суті, є наборами рекомендацій, які дають помітні переваги тим, хто їх використовує [28].

2.1.4. Екстремальні підходи

Екстремальні підходи в моделюванні поведінки складних систем широко застосовуються в природничих науках [41, 42], останнім часом найбільшого розвитку набули на стику екології та біології [43], де вони з успіхом застосовуються для вивчення популяційної динаміки - розвитку окремих популяцій і структури співтовариств.

Дослідження, що проводяться в цій сфері, майже без технічних змін можуть застосовуватися для вивчення людських співтовариств, соціальних процесів, динаміки електоральних популяцій, зокрема, під впливом інформаційних операцій.

Відповідно до екстремальних підходів у моделюванні реалізуються лише ті стани систем, які відповідають екстремумам деякої цільової функції (що описується рівняннями) при певних граничних умовах. Найбільші питання при цьому - це принципи складання рівнянь, які у випадку дослідження

інформаційних операцій (як, утім, і в інших галузях) ґрунтуються на досвіді експертів, аналогіях, неповних емпіричних закономірностях.

При моделюванні інформаційних операцій можуть застосовуватися підходи, що ґрунтуються на логістичних рівняннях зростання популяцій [44], одержаних у результаті вирішення оптимізаційних задач, на принципах стаціонарного стану відкритих систем [45], максимальної розмаїтості популяції [46]; максимальної узагальненої ентропії [47], максимуму мальтузіанського параметра [48] тощо.

Зупинимося докладніше на деяких з існуючих підходів.

Принцип виживання

При дослідженні динаміки популяції (наприклад, прихильників деяких політичних партій, рухів, кандидатів) у якості критерію оптимальності можна використати принцип виживання цієї популяції (збереження електоральної популяції), використовуючи математичний апарат, запропонований в [49].

Передбачається, що динаміку складної системи, в яку входить деяка електоральна популяція, адекватно описує система рівнянь, у якості параметрів яких виступають деякі соціальні умови, а також структурно-функціональні параметри всіх популяцій системи. Виділяється s -я популяція та деякий структурний або функціональний параметр α_{S_k} цієї популяції. Роблять припущення про те, що популяція складається із двох підпопуляцій, що відрізняються величиною деякого фенотипічного параметра (характеристики, притаманної членам на певній стадії розвитку популяції). Нехай $x_S^{(1)}$, $x_S^{(2)}$, $\alpha_{S_k}^{(1)}$, $\alpha_{S_k}^{(2)}$ — чисельності та величини фенотипічного параметра двох підпопуляцій.

Моделювання системи, в яку внесені відповідні зміни, що враховують розходження даного фенотипічного параметра у члена s -ої популяції, дає можливість аналізувати асимптотичні властивості чисельності підпопуляцій. Один із можливих варіантів поведінки — витиснення другої підпопуляції першою, коли параметр $\alpha_{S_k}^{(1)}$ має перевагу порівняно з $\alpha_{S_k}^{(2)}$ у заданих електоральних умовах, тобто:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_S^{(1)} > 0, \lim_{t \rightarrow \infty} x_S^{(2)} = 0.$$

Оптимальною величиною параметра $\alpha_{S_k}^{(1)}$ з точки зору витиснення другої підпопуляції є така величина $\alpha_{S_k}^*$, при якій для будь-якого відмінного від цього значення параметра $\alpha_{S_k}^{(1)} \neq \alpha_{S_k}^*$ виконуються наведені вище умови для будь-яких початкових станів системи. У деяких випадках популяція може не мати такого оптимального значення параметра, тобто популяція може стабільно існувати при будь-якому значенні цього параметра α_{S_k} , що відноситься до області, яка відповідає умові стабільного існування популяції,

навіть при значенні, не рівному оптимальному. Оптимальне ж значення встановлюється в результаті конкуренції осіб з різними значеннями розглянутого структурно-фенотипічного параметра. Саме внаслідок цієї конкуренції особи з неоптимальними значеннями параметра $\alpha_{S_k} \neq \alpha_{S_k}$ залишають електоральну популяцію [50].

Використовуючи критерій відбору, у розглянутому випадку необхідно враховувати обмеження, зумовлені соціальними закономірностями процесу. Для подальшого моделювання критерієм оптимальності може бути найпростіша вимога максимуму відносної швидкості зростання чисельності електоральної популяції:

$$k = \frac{d \ln x}{dt} = \max .$$

Цей критерій може бути застосований для визначення оптимальних величин структурно-функціональних параметрів, якщо відносна швидкість зростання чисельності представлена у вигляді функції цих параметрів [50].

Принцип максимальної несподіванки

Один із шляхів дослідження динаміки біологічних популяцій – вивчення “дарвінівських систем”, що описують динаміку природного відбору. Розглянемо, як він може застосовуватися для моделювання соціальних процесів. У роботі Є.В. Євдокімова [51] наведено спосіб опису дарвінівських систем (ДС) за М. Ейгеном. Такі системи є відкритими, складаються з одиниць різних видів, які самокопіюються з невеликою кількістю помилок і використовують для свого розмноження вільну енергію живильних компонентів, що надходять ззовні. У випадку електоральних процесів у якості такого зовнішнього енергетичного впливу можна розглядати інформаційні, економічні, соціальні впливи, в тому числі й інформаційні операції. При даному підході обмеженням може бути сталість сумарної чисельності елементів системи (обсягу електорального поля). Для опису ДС використовують диференціальне рівняння:

$$\dot{x}_i = x_i(A_i Q_i - \Delta_i) + \sum_{j \neq i}^w u_{ij} x_j - F_i,$$

яке спрощується до наступного виразу:

$$\dot{y}_i = y_i(\mu_i(s) - D),$$

де $i, j = 1, 2, \dots, w$ ($w = const$) – кількість електоральних популяцій у системі, $s = \{s^1, s^2, \dots, s^m\}$ – концентрації «живильних компонентів» (обсяги впливів), $\mu_i(s)$ – питома швидкість збільшення i -ої популяції, D – швид-

кість протікання в системі. Залежно від накладених обмежень розрізняють ДС із постійною організацією – у яких сума $\sum_{j=1}^w y_j$ й концентрація s постійні, та ДС із постійним протіканням, що характеризуються умовою $D = const$.

Для вирішення проблеми неповноти наведених вище рівнянь і важкодоступності інформації на мікрорівні пропонується використати постулат [51], який полягає в тому, що «процес еволюції ДС протікає найменш несподіваним способом» (принцип мінімальної несподіванки протікання еволюції). У якості цільової функції використовується функція несподіванки еволюції ДС із постійною організацією:

$$I(P_i(t)/P_{i0}) = P_i(t) \log (P_i(t)/P_{i0}),$$

де $P_i(t) = P_{\mu}(\mu = \mu_i, t)$ – імовірність того, що випадково обрана в момент t електоральна популяція i ($i = 1, 2, \dots, w$) має мальтузіанський параметр μ_i ; $P_{i0} = P_i(t)|_{t=0} = y_i / \sum_{k=1}^w y_{k0}$ значення y_{k0} задаються експериментально.

У цьому випадку варіаційна задача формулюється таким чином:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^w I(P_i(t)/P_{i0}) \rightarrow \min; \\ \delta[I(P_i(t)/P_{i0})] = 0. \end{cases}$$

Рішення отримується методом невизначених множників Лагранжа:

$$P_i(t) = \frac{P_{i0} e^{\mu_i t}}{\sum_{k=1}^w P_{k0} e^{\mu_k t}},$$

причому доведено, що воно відповідає рішенням наведеної вище системи рівнянь для \dot{y}_i . Надаючи множнику Лагранжа $\lambda_0 = \log \sum_{k=1}^w P_{k0} e^{\mu_k t}$ інформаційний зміст, можна одержати «основу теорему природного відбору» Фішера, яка пов'язує питому швидкість зростання популяції $\langle \mu \rangle$ з її дисперсією σ_{μ}^2 .

$$\frac{d\langle \mu \rangle}{dt} = \sigma_{\mu}^2.$$

Крім того доведено, що множник λ_0 пропорційний «енергоспоживанню» популяції.

Таким чином, виходячи з евристичного принципу мінімальної несподіванки протікання еволюційного процесу, отримані результати, що описують динаміку відбору в дарвінівських системах, які повністю ідентичні рівнянням, виведеним з кінетики розмноження й конкуренції, а множники Лагранжа, що використовуються для вирішення варіаційної задачі, цілком осмислені та мають прогностичну цінність.

Принцип максимуму параметра Мальтуса

Нехай електоральне поле складається з електоральних популяцій. Електоральне поле може бути описане чисельністю популяцій, що його складають. Нехай $x = \sum_{i=1}^w x_i$ – сумарна чисельність електорального поля. Також нехай протягом деякого локального інтервалу часу i -а популяція характеризується мальтузіанським параметром $\mu_i(t)$ з рівняння $dx_i/dt = \mu_i x_i$. Нехай $p_i = x_i/x$ – відносна частка i -ої популяції в електоральному полі. Тоді набір $p = \{p_1, p_2, \dots, p_w\}$ називається структурою співтовариства; величина $\langle \mu \rangle = (\mu, p)$ – середнім мальтузіанським параметром співтовариства $((\mu, p) = \mu_1 p_1 + \mu_2 p_2 + \dots + \mu_w p_w)$, а динаміка розвитку чисельності електорального поля описується рівнянням $dx/dt = \langle \mu \rangle x$.

В основі даного підходу постулюється принцип максимуму середнього мальтузіанського параметра, тобто те, що співтовариство взаємодіючих популяцій еволюціонує таким чином, що його середній мальтузіанський параметр завжди зростає, досягаючи в стійкій рівновазі свого максимуму [48]. У цій роботі дається розподіл структур на ймовірні та малоімовірні, а також визначені умови, за яких у процесі адаптації із співтовариства елімінуються всі популяції, крім однієї, або жодна з популяцій не залишає співтовариства (наприклад, електорального поля).

2.2. Особливості моделювання інформаційних операцій

Моделювання можна розглядати як один із способів вирішення проблем, що виникають у реальному світі, зокрема, при плануванні та проведенні інформаційних операцій. Найчастіше моделювання застосовується у випадках, якщо експерименти з реальними об'єктами неможливі або надто витратні. Моделювання охоплює відображення реальної проблеми у світ абстракції, вивчення, аналіз та оптимізацію моделі й відображення оптимального рішення назад у реальний світ.

При моделюванні існує два альтернативних підходи - аналітичне та імітаційне моделювання. Ідеальні аналітичні моделі допускають строге аналітичне рішення, або, щонайменше, постановку, наприклад у вигляді систем диференціальних рівнянь. Однак аналітичні рішення не завжди досяжні. Тому, особливо останнім часом, і особливо при вирішенні завдань із сфери соціальної динаміки все частіше застосовуються методи імітаційного моделювання (англ. - Simulation Modeling). Імітаційне моделювання є могутнім і практично незамінним засобом аналізу соціальних процедур. Імітаційну модель можна розглядати як множину правил, що визначають майбутній стан системи на підставі поточного. При цьому процес моделювання полягає в спостереженні відповідності еволюції системи даним правилам в часі, та, відповідно, оцінки адекватності моделі, коли це можливо.

Найперспективнішим напрямком моделювання інформаційних операцій є математичний опис самоорганізації середовища сприйняття та поширення інформації з урахуванням сформованих у сучасний момент умов. Середовища, що самоорганізуються, для яких відсутній центральний механізм управління, а розвиток відбувається за рахунок множини локальних взаємодій, вивчаються теорією складних систем. Ця теорія охоплює такі галузі знань, як нелінійна фізика, термодинаміка нерівноважних процесів, теорія динамічних систем. Взаємодії між окремими елементами складних систем визначають виникнення складної поведінки при відсутності централізованого управління. Для досліджень подібної поведінки застосовуються найсучасніші методи, що охоплюються міждисциплінарною основою сучасної методології - концепцією складності. Нині до теоретичних і технологічних основ цієї концепції відносяться теорії детермінованого хаосу й складних мереж, синергетика, фрактальний і хвильовий (вейвлет-) аналіз, багатоагентне моделювання, теорія самоорганізованої критичності (що вивчає динамічний розвиток до критичного стану, який характеризується сильними просторово-часовими флуктуаціями, без зовнішнього управління [52]), теорія перколяції (англ. *Percolation* - протікання) тощо.

Моделювання соціальних процедур (інформаційні операції, безумовно, відносяться до таких) передбачає проведення обчислювальних експериментів, оскільки найчастіше виникають істотні обмеження, що утруднюють проведення «польових» натуральних експериментів.

При моделюванні інформаційних операцій обчислювальний експеримент дає змогу скоротити операції з уточнення обмежень, підбору вихідних даних, вибору правил функціонування компонентів моделі тощо. У цьому випадку з'являється можливість урахування випадків, які важко реалізуються на практиці, використовуючи реальні дані лише для ідентифікації параметрів математичної моделі. Разом з тим математичне моделювання має свої обмеження, реальний світ виявляється складним для моделювання з достатнім рівнем деталізації й точності, тобто більш-менш достовірні математичні моделі настільки складні та багатопараметричні, що не піддаються аналізу та оцінкам точними методами.

Відпрацювати математичні моделі при плануванні інформаційних операцій можна лише в процесі моделювання конкретних процедур, постійно зіставляючи їх із реальністю.

Виражена мета методології оцінки інформаційних операцій полягає в тому, щоб забезпечити своєчасний і точний аналіз можливих невідповідностей між запланованою операцією і фактичним впливом. У разі виявлення істотних розходжень, що впливають на ймовірності успіху операції, аналітична система повинна сповіщати про це особам, які при-

ймають рішення, для того, щоб відкоригувати поточні плани та рішення. Разом з тим, при плануванні інформаційних операцій не можна діяти методом спроб і помилок, тому необхідно розвивати методи, що дають змогу узагальнювати ретроспективні дані, і на їхній основі перевіряти адекватність моделей.

В основу успішних моделей інформаційних операцій закладаються синергетичні підходи. Дійсно, суспільство є складною системою, кожна компонента якої характеризується множиною ознак, має множину ступенів свободи. При цьому важливою властивістю цієї системи є самоорганізація, що є результатом взаємодії таких компонентів, як випадковість, багаторазовість, позитивний і негативний зворотний зв'язок [27].

Особливістю математичного моделювання інформаційних операцій варто вважати порівняльну простоту інтерпретації одержуваних результатів. Такі поняття як «чисельність електорату», «політична вага» і т. д. сприймаються на інтуїтивному рівні навіть без знайомства з точними (наскільки вони в цьому випадку можливі) визначеннями. А це дозволяє робити подібний аналіз актуальних ситуацій предметом широкого обговорення.

У силу того, що деякі рішення є нестійкими відносно своїх параметрів, значення таких параметрів необхідно визначати з високою точністю. Для цього потрібен комплекс методик, заснованих не тільки на обробці великих обсягів статистичних даних, а й на різнобічних соціологічних дослідженнях.

Нині реалістичною виглядає постановка задачі, яка полягає у використанні математичних моделей для прогнозування можливих сценаріїв динаміки соціальних процесів на якісному рівні. У такому формулюванні моделювання динаміки займає начебто проміжний рівень між тим, що викладено нижче, і точним прогнозуванням. І все-таки потрібно здійснити вибір значень параметрів, які б у деякому розумному наближенні відповідали ситуації, що досліджується, причому в більшості випадків продуктивним виявляється використання відносних величин. Так, звичайно, неможливо одержати достовірні дані про майбутній розвиток подій, але, швидше за все, можна скласти більш-менш адекватну картину того, що і як може відбутися. А це вже не мало.

Для досягнення успіху при цьому окремі інформаційні впливи необхідно розглядати як частини єдиної інформаційної операції, точно так само, як артобстріл або авіаційні атаки можна розглядати як погоджені частини військової операції.

2.3. Мережні структури в інформаційних операціях

При розгляді питань моделювання інформаційних операцій та інформаційних впливів не можна обійти такий важливий напрямок, як теорія

складних мереж (англ. - *Complex Networks*) [53]. Нині мережні інформаційні структури виступають, з одного боку, як джерела, а з іншого - як об'єкти інформаційного впливу.

Майже кожна інформаційна операція сьогодні є мережною, причому, на відміну від традиційних поглядів на мережні структури, у випадку інформаційних операцій при моделюванні необхідно враховувати ряд особливостей [54]:

- ребра мережного графа не обов'язково розглядаються як канали передачі інформації, вони можуть являти собою відбиття особливих соціальних відносин (наприклад, при моделюванні терористичних мереж у якості ребер можуть використовуватися властивості схожості, об'єднання навколо певних ідей, згадування в одних і тих же джерелах тощо);

- ребра (зв'язку в мережі) не є статичними в часі, вони можуть розвиватися на декількох рівнях, у тому числі прихованих, латентних;

- реальні мережі не є чітко ієрархічними, вони є еластичними комунікаційними системами;

- межі мереж визначаються за допомогою нечітких критеріїв (наприклад, деяка особа може мати контакти із представниками таємної мережі, але до певного часу не бути її членом);

- реальні мережі можуть роз'єднуватися (залежно від реальних умов), при цьому відділені підмережі можуть функціонувати як повнофункціональні.

Саме теорія складних мереж вивчає не тільки характеристики мереж, обумовлених їхньою топологією, а й статистичні феномени, розподіл ваги окремих вузлів і ребер, ефекти протікання й провідності в таких мережах, динаміку їхнього розвитку.

Незважаючи на те, що в розгляд теорії складних мереж потрапляють різні мережі – електричні, транспортні, інформаційні, найбільший внесок у розвиток цієї теорії було зроблено дослідженням соціальних мереж. Термін «соціальна мережа» означає множину соціальних об'єктів, які можна розглядати як мережу, вузли якої - об'єкти, а зв'язки - соціальні відносини. Цей термін був уведений у науковий обіг у 1954 році соціологом «Манчестерської школи» Дж. Барнсом (J. Barnes) у роботі «Класи і збори в норвезькому острівному приході». У теорії соціальних мереж набув розвитку такий напрямок, як аналіз соціальних мереж (Social Network Analysis, SNA). Сьогодні термін «соціальна мережа» означає поняття, що виявилось ширше свого традиційного нетехнологічного соціального аспекту, воно включає багато інформаційних мереж, у тому числі, наприклад, соціальні мережі в Інтернет (рис. 5).

У теорії складних мереж виділяють такі основні напрямки, як дослідження статистичних властивостей, які характеризують поведінку мереж;

створення моделі мереж; прогноз поведінки мереж при зміні структурних властивостей. У прикладних дослідженнях зазвичай застосовують такі типи для мережного аналізу характеристики, як розмір мережі, мережну щільність, ступінь центральності тощо.

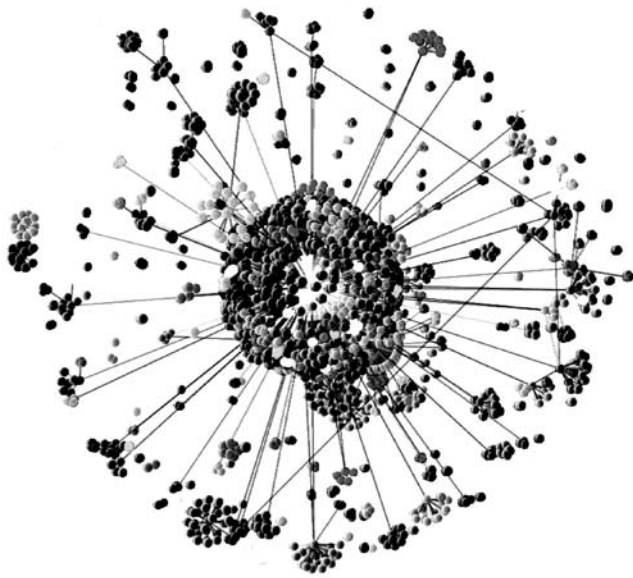


Рис. 5. Візуалізація складної мережі

Важливою характеристикою мережі є функція розподілу ступенів вузлів $P(k)$, яка визначається як імовірність того, що вузол i має ступінь $k_i = k$. Мережі, які характеризуються різними $P(k)$, демонструють досить різну поведінку. $P(k)$ у деяких випадках може бути, наприклад, розподілом Пуассона ($P(k) = e^{-m} m^k / k!$, де m - математичне очікування), експонентним ($P(k) = e^{-k/m}$) або показовим ($P(k) \sim 1/k^\gamma$, $k \neq 0$, $\gamma > 0$).

Мережі з показовим розподілом ступенів вузлів називаються безмасштабними (*scale-free*). Саме безмасштабні розподіли найчастіше спостерігаються в реально існуючих складних мережах. Зокрема, в [55] показано, що безмасштабні мережі можна розглядати як базу для моделювання терористичних мереж і прогнозування сценаріїв можливих інформаційних операцій, інших атак. Висока ймовірність виникнення безмасштабних мереж, на противагу добре вивченим рівномірно розподіленим випадковим мережам, виникає завдяки групі факторів, у тому числі:

- швидке зростання мережі створює переваги для перших нових членів;
- чим довше діє вузол, тим більша кількість його зв'язків.

Значення переваги перших членів дуже важливе – наприклад, в інформаційних мережах з надлишком інформації люди схильні звертатися до вузлів, які легше знайти - тому «перші» вузли сильно зв’язані.

Розглянемо деякі інші важливі для подальшого викладу параметри складних мереж. Відстань між вузлами розглянутих мереж визначається як кількість кроків, які необхідно зробити, щоб по існуючих ребрах дістатися від одного вузла до іншого. Природно, вузли можуть бути з’єднані прямо або опосередковано. Шляхом між вузлами називається найкоротша відстань між ними. Для всієї мережі можна ввести поняття середнього шляху, як середню по всіх парах вузлів найкоротшу відстань між ними:

$$l = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i>j} d_{ij},$$

де n - кількість вузлів, d_{ij} – найкоротша відстань між вузлами i й j . Деякі мережі можуть виявитися незв’язаними, тобто існують вузли, шлях між якими виявиться нескінченним. Для врахування таких випадків вводиться поняття середнього інверсного шляху між вузлами, що розраховується за формулою:

$$il = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i>j} \frac{1}{d_{ij}}.$$

Мережі також характеризуються таким параметром як діаметр або максимальний найкоротший шлях, що дорівнює максимальному значенню з усіх d_{ij} .

Ще один важливий параметр як окремих вузлів, так і всієї мережі - це посередництво (betweenness). Для вузла цей параметр показує, скільки найкоротших шляхів проходить через вузол. Ця характеристика відображає роль даного вузла у встановленні зв’язків у мережі. Вузли з найбільшим посередництвом (комутатори) відіграють головну роль у встановленні зв’язків між іншими вузлами в мережі. Посередництво вузла визначається за формулою:

$$b_m = \sum_{i \neq j, i \neq m, j \neq m} \frac{B(i,m,j)}{B(i,j)},$$

де $B(i,j)$ - загальна кількість найкоротших шляхів між вузлами i й j , $B(i,m,j)$ - кількість найкоротших шляхів між вузлами i та j , які проходять через вузол m . Для всієї мережі можна підрахувати середній рівень посередництва.

Складні соціальні мережі характеризуються наявністю так званої структури співтовариства, про яку говорять, коли існують групи вузлів, які мають високу щільність ребер між собою, при тому, що щільність ре-

бер між окремими групами - низька. Традиційний метод для виявлення структури співтовариств - кластерний аналіз. Існують десятки прийнятних для цього методів, які базуються на різних мірах відстаней між вузлами, зважених шляхових індексах між вузлами тощо. Зокрема, для великих соціальних мереж наявність структури співтовариств виявилася невід'ємною властивістю.

При визначенні параметрів мережі важливе значення має таке поняття, як кліки (clique). Під клікою розуміються підмережі, в яких у кожній з пар вузлів існує ребро між ними. Під розміром кліки розуміють число вузлів, які містить ця кліка. Менш жорсткі умови пред'являються до так званих N -клік (N -clique) – множин вузлів, що знаходяться один від одного на відстані, яка не перевищує значення N . Кліку, до якої не можна додати жодного вузла з вихідної мережі, не порушивши названої вище властивості кліки, називають максимальною.

Поняття N -кліки не вимагає, щоб вузли, що входять до неї, були зв'язані через вузли, що також входять до неї. У свою чергу N -кланом (N -clan) називається така N -кліка, в якій усі вузли зв'язуються через вузли, що існують у цій N -кліці.

Підмножина вузлів мережі називається K -плексним (K -plex), якщо в ньому кожний з вузлів має принаймні $N - K$ ребер з іншими вузлами (N - кількість вузлів у мережі). Множина вузлів у мережі називається K -ядерною (K -core), якщо у кожного з вузлів, що входять у цю множину, є ребро щонайменше до K інших вузлів цієї множини.

Існує кілька актуальних завдань дослідження складних мереж, серед яких можна виділити наступні основні:

- визначення клік у мережі (відомо, що складність цього завдання має експонентний характер, тому для його практичного вирішення для реальних великих мереж не підходять традиційні методи з теорії графів);
- виділення компонентів (частин мережі), які зв'язані всередині й не зв'язані між собою;
- знаходження блоків і перемичок. Вузол називається перемичкою, якщо при його вилученні мережа розпадається на незв'язані частини;
- виділення угруповань - груп еквівалентних вузлів (які мають максимально схожі профілі зв'язків);
- виявлення прихованих (латентних) зв'язків [36];
- вилучення незначних (шумових) зв'язків;
- визначення й урахування динаміки розвитку мережі.

Д. Уоттс (D. Watts) і С. Строгатц (S. Strogatz) у 1998 році визначили такий параметр мереж, як коефіцієнт кластерності [56], що відповідає рівню зв'язності вузлів у мережі. Цей коефіцієнт характеризує тенденцію до утворення груп взаємозалежних вузлів - клік. Крім того, для конкретного

вузла коефіцієнт кластерності показує, скільки найближчих сусідів даного вузла є також найближчими сусідами один для одного.

Коефіцієнт кластерності для окремого вузла мережі визначається наступним чином. Нехай з вузла виходить k ребер, які з'єднують його з k іншими вузлами, найближчими сусідами. Якщо припустити, що всі найближчі сусіди з'єднані безпосередньо один з одним, то кількість ребер між ними становила б $1/2k(k-1)$. Тобто це число, що відповідає максимально можливій кількості ребер, якими могли б з'єднуватися найближчі сусіди обраного вузла. Відношення реальної кількості ребер, що з'єднують найближчих сусідів даного вузла до максимально можливого (такого, при якому всі найближчі сусіди даного вузла були б з'єднані безпосередньо один з одним) називається коефіцієнтом кластерності вузла $i - C(i)$. Природно, ця величина не перевищує одиниці.

Нині досить успішно вивчаються масштабовані, статичні, “малі світи” й інші мережі, досліджуються їхні фундаментальні властивості, такі як стійкість до деформацій і перколяція (протікання), еластичність, відновлюваність. Деякі властивості реальних мереж не укладаються в рамки традиційних моделей. До таких властивостей відносяться і так звані слабкі зв'язки. Аналогом слабких соціальних зв'язків є, наприклад, відносини з далекими знайомими й колегами. У деяких випадках ці зв'язки є ефективнішими, чим зв'язки «сильні». Так, групою дослідників з Великої Британії, США й Угорщини був отриманий концептуальний висновок у галузі мобільного зв'язку, який полягає в тому, що «слабкі» соціальні зв'язки між індивідуумами є найважливішими для існування соціальної мережі [57].

Для дослідження були проаналізовані дзвінки 4.6 млн. абонентів мобільного зв'язку, що становить близько 20% населення однієї європейської країни. Це був перший випадок у світовій практиці, коли вдалося одержати й проаналізувати таку велику вибірку даних, які відносяться до міжособистісної комунікації.

У соціальній мережі з 4.6 млн. вузлів було виявлено 7 млн. соціальних зв'язків, тобто взаємних дзвінків від одного абонента іншому й навпаки, якщо зворотні дзвінки були зроблені протягом 18 тижнів. Частота й тривалість розмов були використані з метою визначення міцності кожного соціального зв'язку.

Було виявлено, що саме слабкі соціальні зв'язки (один-два зворотних дзвінки протягом 18 тижнів) зв'язують в одне ціле велику соціальну мережу. Якщо ці зв'язки проігнорувати, то мережа розпадеться на окремі фрагменти. Якщо ж не враховувати сильних зв'язків, то зв'язність мережі порушиться (рис. 6). З'ясувалося, що саме слабкі зв'язки є тим феноменом, який зв'язує мережу в єдине ціле. Слід вважати, що даний висновок справедливий і для веб-простору, хоча досліджень у цій галузі дотепер не проводилося.

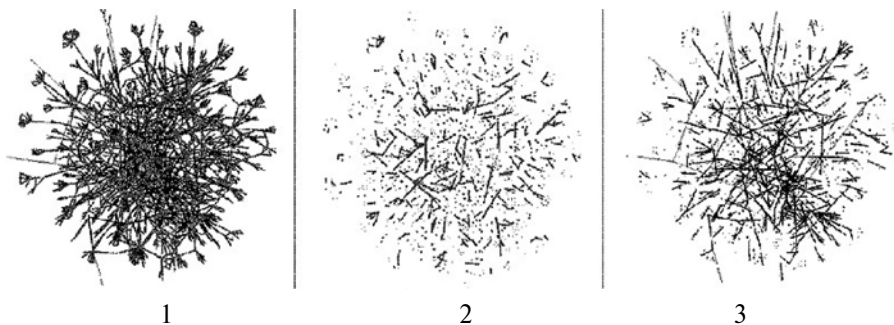


Рис. 6. Структура мережі: 1) повна карта мережі соціальних комунікацій; 2) соціальна мережа, з якої вилучені слабкі зв'язки; 3) мережа, з якої вилучені сильні зв'язки: структура зберігає зв'язність

Незважаючи на величезні розміри деяких складних мереж, у багатьох з них (і в WWW зокрема) існує порівняно короткий шлях між двома будь-якими вузлами – геодезична відстань. У 1967 р. психолог С. Мілгран у результаті здійснених масштабних експериментів вирахував, що існує ланцюжок знайомств, у середньому довжиною шість, практично між двома будь-якими громадянами США [58].

Д. Уоттс і С. Строгатц виявили феномен, характерний для багатьох реальних мереж, названий ефектом малих світів (Small Worlds) [56]. При дослідженні цього феномену ними була запропонована процедура побудови наочної моделі мережі, якій властивий цей феномен. Три стани цієї мережі представлені на рис. 7: регулярна мережа - кожен вузол якої з'єднаний із чотирма сусідніми (а), та ж мережа, у якій деякі «ближні» зв'язки випадково замінені «далекими» (б) - саме в цьому випадку виникає феномен «малих світів», і випадкова мережа, в якій кількість подібних заміни перевищила деякий поріг (в).

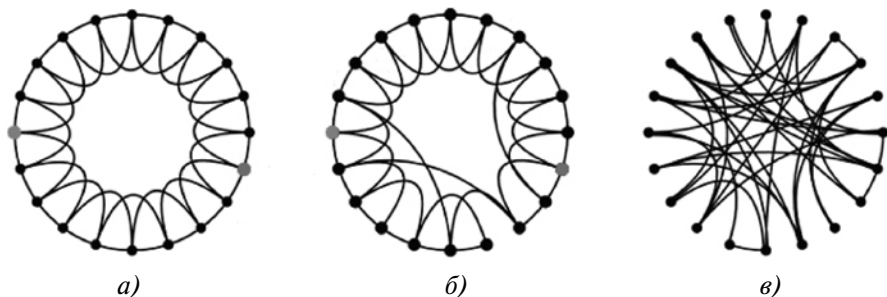


Рис. 7. Модель Уоттса-Строгатца

На рис. 8 наведені графіки зміни середньої довжини шляху й коефіцієнта кластерності штучної мережі Д. Уоттса і С. Строгатца від імовірності встановлення «далеких зв'язків» (у напівлогарифмічній шкалі).

Реально виявилось, що саме ті мережі, вузли яких мають одночасно деяку кількість локальних і випадкових «далеких» зв'язків, демонструють одночасно ефект «малого світу» і високий рівень кластерності.

Наприклад, WWW є мережею, для якої також підтверджений феномен «малих світів». Аналіз топології веб, здійснений Ши Жоу (S. Zhou) і Р. Дж. Мондрагоном (R.J. Mondragon) із Лондонського університету, показав, що вузли з великим ступенем вихідних гіперпосилань мають більше зв'язків між собою, ніж із вузлами з малим ступенем, тоді як останні мають більше зв'язків з вузлами з великим ступенем, ніж між собою. Цей феномен був названий «клубом заможних» (rich-club phenomenon). Дослідження показало, що 27% всіх з'єднань мають місце між усього 5% найбільших вузлів, 60% доводиться на з'єднання інших 95% вузлів з 5% найбільших і тільки 13% – це з'єднання між вузлами, які не входять у лідируючі 5%.

Ці дослідження дають підстави думати, що залежність WWW від більших вузлів значно більша, ніж передбачалося раніше, тобто вона ще більш чутлива до зловмисних атак. З концепцією «малих світів» пов'язаний також практичний підхід, названий «мережною мобілізацією», що реалізується над структурою «малих світів». Зокрема, швидкість поширення інформації завдяки ефекту «малих світів» у реальних мережах зростає на порядки

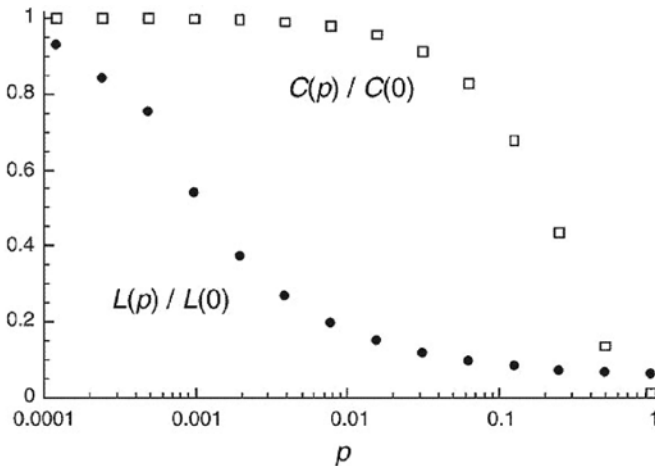


Рис. 8. Динаміка зміни довжини шляху та коефіцієнта кластерності в моделі Уоттса-Строгатца в напівлогарифмічній шкалі. Вісь OX – імовірність заміни ближніх зв'язків далекими, вісь ординат – відносні значення показника кластерності $C(p)/C(0)$ та довжини шляху $L(p)/L(0)$.

порівняно з випадковими мережами, адже більшість пар вузлів реальних мереж з'єднані короткими шляхами.

Практикою доведено [59], що терористичні мережі найчастіше не тільки безмасштабні, але також демонструють властивості «малих світів», тобто те, що наявність тісно зв'язаних кластерів (груп тісно зв'язаних вузлів) забезпечує локальний зв'язок навіть у випадках вдалих атак, коли концентратори (найбільші посередники) виходять із ладу.

При вивченні «малих світів» визначився цікавий підхід, логічно пов'язаний з поняттям перколяції (протікання) [60, 61]. Виявляється, що багато питань, які виникають при аналізі мережної безпеки в Інтернеті, безпосередньо відносяться до цієї теорії. Найпростіше, очищене від усіх фізичних і математичних нашарувань формулювання задачі теорії перколяції має такий вид: «Дана мережа, випадкова частина ребер якої проводить сигнал, а інша частина - не проводить. Основне запитання - чому дорівнює мінімальна концентрація провідних зв'язків, при якій ще існує шлях через всю мережу?». До задач, які вирішуються в рамках теорії перколяції та аналізу мереж, відносяться такі як визначення граничного рівня провідності, зміни довжини шляху та його траєкторії при наближенні до граничного рівня провідності, кількості вузлів, які необхідно вивести з ладу, щоб порушити зв'язність мережі.

Нещодавно було показано, що найбільшу інформаційну провідність має особливий клас мереж, так званих заплутаних (entangled networks). Вони характеризуються максимальною однорідністю, мінімальною відстанню між будь-якими двома вузлами й дуже вузьким спектром основних статистичних параметрів. Вважається, що заплутані мережі можуть знайти широке застосування в галузі інформаційних технологій, зокрема в нових поколіннях веб, дозволяючи істотно знизити обсяги мережного трафіку.

Важливою характеристикою складних мереж є еластичність, яка відноситься до розподілу відстаней між вузлами при вилученні окремих вузлів. Еластичність мережі залежить від її зв'язності, тобто існування шляхів між парами вузлів. Якщо вузол буде вилучений з мережі, типова довжина цих шляхів збільшиться. Якщо цей процес продовжувати досить довго, мережа перестане бути зв'язаною.

Чимало дослідників [55, 53] єдині в думці, що багато з терористичних мереж мають властивості безмасштабності, тому їх можна розглядати з урахуванням цієї властивості для аналізу і прогнозування сценаріїв інформаційних операцій та інших атак. Було виявлено, наприклад, що безмасштабні мережі досить толерантні щодо випадкових помилок. У випадковій мережі (мережі з рівномірним розподілом ступенів вузлів) невелика кількість випадкових помилок може зруйнувати мережу. Великомасштабна мережа може поглинати випадкові помилки, що охоплюють

до 80% її вузлів, і лише потім мережа розпадається. Причина такої стійкості полягає в тому, що помилки більш імовірні у відносно невеликих вузлах. Разом з тим, позамасштабні мережі дуже уразливі з точки зору навмисних атак на їхні концентратори. Атаки, які одночасно знищують всього лише 5-15% концентраторів великомасштабних мереж, можуть зруйнувати всю мережу.

Безмасштабні мережі також досить схильні до впливу епідемій (у випадках мережних інформаційних операцій у якості «інфекції» можуть розглядатися ідеологічні впливи, технічні інновації тощо). У випадковій мережі епідемія повинна перебороти деякий критичний поріг (кількість заражених вузлів), і тільки тоді вона може поширюватися на всю систему. Нижче цього порога епідемія зникає. Дані, наведені в роботі [62], показують, що в безмасштабній мережі поріг для епідемії сягає нуля.

Р. Ротенберг [59] відзначив, що властивість безмасштабності реальних терористичних мереж вступає в протиріччя зі вказівками щодо комунікаційної інфраструктури, наведеними в навчальному посібнику Аль-Каїди [63]. Тому можна стверджувати, що безмасштабна природа таких мереж не є предметом цілеспрямованого планування, а результатом природного приведення мережі до певного порядку.

Терористичні мережі часто характеризуються як клітинні - створені з майже незалежних клітин (рис. 9). Оскільки це нетрадиційна організаційна конфігурація, була створена спеціальна модель терористичних мереж [59, 64]. Формальне визначення клітинних мереж було дане в [65] у тер-

мінах мережних компонентів і властивостей. Клітинні мережі мають такі властивості, як надмірність, наявність тісно зв'язаних клітин (4-6 чоловік), відсутність управління вертикальним способом (нечіткі директиви), відсутність планування (формування за рахунок локальних обмежень), можливість еволюціонування у відповідь на антитерористичну діяльність [66].

Для дослідження складних мереж з показовим розподілом була побудована модель, що охоплює 100 персон, які згадуються в мережних ЗМІ у 2000

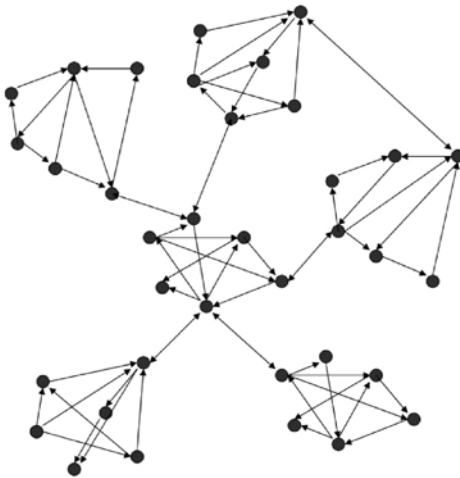


Рис. 9. Фрагмент «клітинної мережі»

статтях з тематики, пов'язаної з тероризмом (ця модельна мережа виявилася безмасштабною, що є дуже важливим для досліджень). Персона в цій моделі вважалися зв'язаними, якщо вони згадувалися в одних і тих же документах. Сила зв'язку (вага ребер мережі) у цій моделі визначається кількістю документів, де одночасно згадуються два вузли (тобто дві перони, відповідних цим вузлам). Якщо з мережі вилучати вузли (нейтралізувати окремих терористів), то для збереження її структури вирішальне значення мають вузли з найбільшим ступенем і з найбільшим показником посередництва (так звані концентратори). Для відповіді на запитання, які ж із двох наведених типів вузлів мають найбільше значення, був проведений експеримент. З мережі послідовно по одному видалялися вузли (і відповідні їм ребра) з найбільшими значеннями відповідних показників, після чого розраховувалися показники середнього інверсного шляху. Виявилось, що вузли з великими значеннями показника посередництва мають для зв'язності мережі найбільше значення. При послідовному вилученні таких вузлів зв'язність мережі втрачається вже на 7-му кроці, тоді як при вилученні вузлів з максимальним ступенем (кількістю зв'язків) мережа втрачає зв'язність на 26-му кроці. Результати цього моделювання наведені на рис. 10. Із цього експерименту можна зробити висновок, що дослідження еластичності подібних складних мереж варто здійснювати шляхом вилучення вузлів з максимальними показниками посередництва.

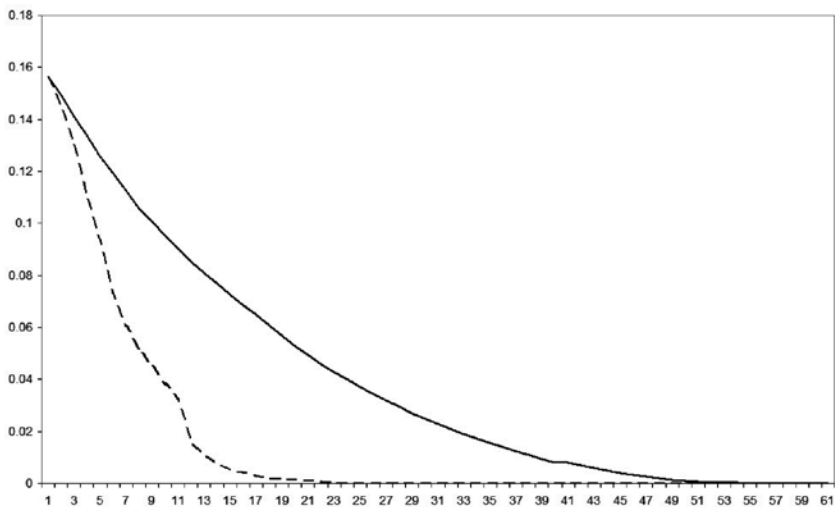


Рис. 10. Зміна середнього інверсного шляху в мережі (вісь ординат) при зміні кількості вилучених вузлів з найбільшим показником посередництва (пунктирна лінія) і найбільшим ступенем (безперервна лінія)

На рис. 11 представлені зміни структури мережі, яка досліджується, при послідовному вилученні зазначеної кількості вузлів з найбільшими показниками посередництва. Як бачимо, у цій моделі видалення лише 8% таких вузлів призводить до повного руйнування її структури.

Виходячи з результатів наведеного моделювання здається, що руйнування будь-якої терористичної мережі є відносно нескладною задачею - досить вилучити ключові елементи - вузли та відповідні зв'язки. Разом з тим, у реальному житті здійснюються дещо інші процеси. Терористичні мережі мають властивість відновлення після атак, залучення невідомих раніше прихованих (латентних) зв'язків. На рис. 12 наведена схема відновлення

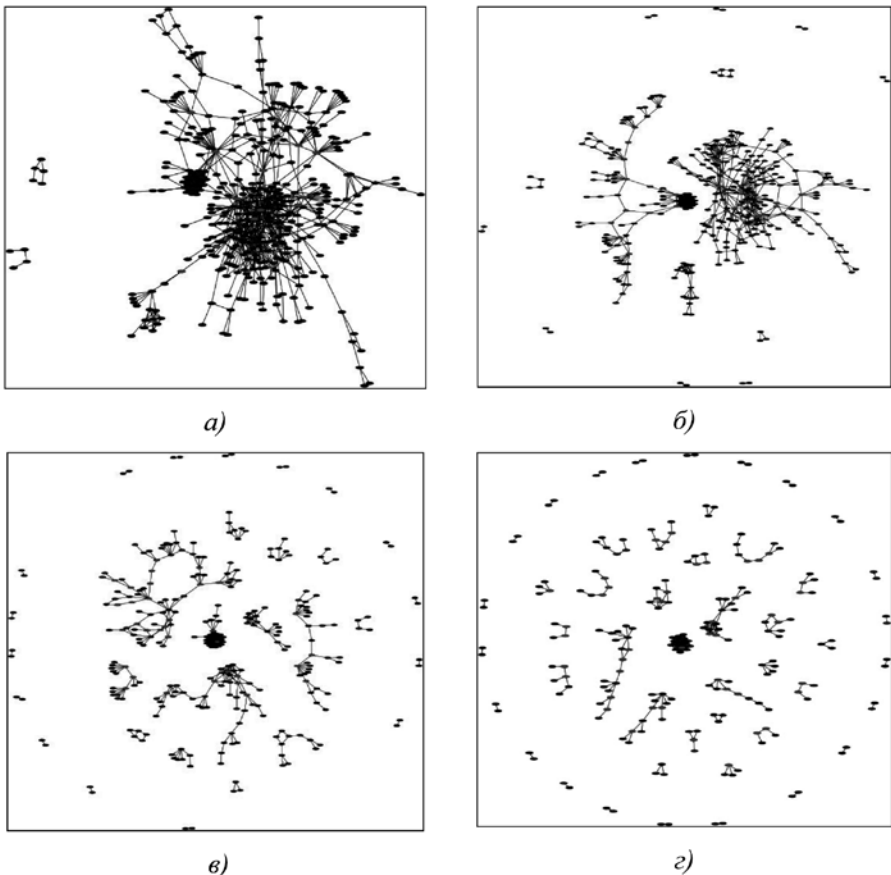


Рис. 11. Руйнування структури мережі при вилученні відповідної кількості вузлів - найбільших посередників: а) - 0; б) - 30; в) - 60; г) - 90

зв'язків у мережі після вилучення вузла-концентратора [67]. Після того, як терористична мережа розділяється на ізольовані осередки, вона продовжує використовувати свої латентні ресурси та швидко відновлює втрати.

Процес відновлення заснований на використанні прихованих контактів з членами інших осередків без комутатора. Однак для успішності відновлення зв'язки повинні бути загальними - обидві сторони повинні містити взаємні приховані зв'язки.

Возз'єднання частин мережі не відбудеться, якщо жодна з пар агентів не зможе знайти взаємну реферативну інформацію одна про одну. У цьому випадку вплив роз'єднання на показники діяльності мережі залежить від того, чи зможуть знову роз'єднані частини мережі одержати взаємні зв'язки, брак яких спостерігається у цій частині мережі. Якщо частина ме-

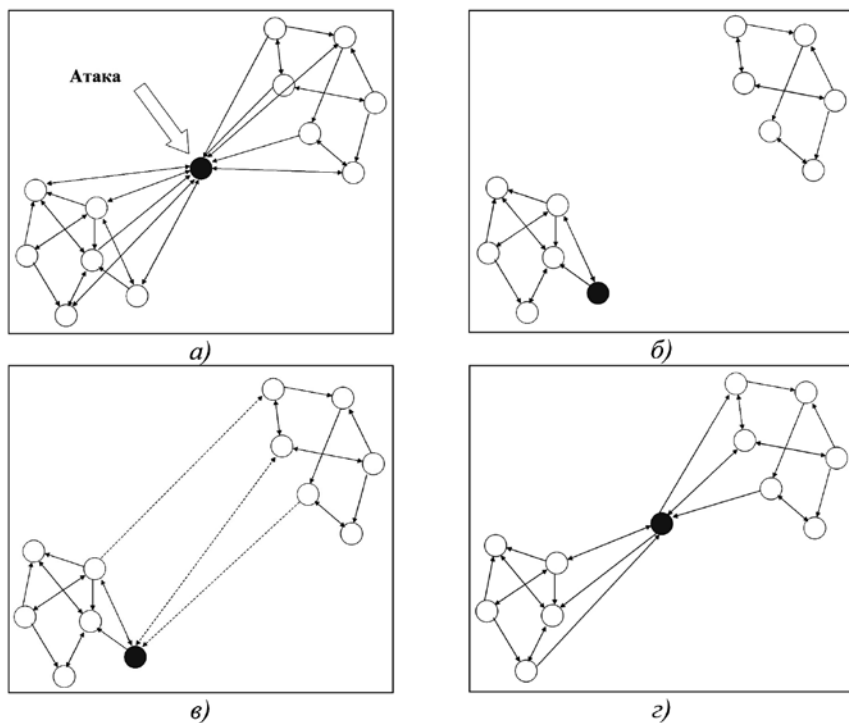


Рис. 12. Відновлення структури мережі шляхом вибору нового посередника (комутатора): а) - атака на мережу; б) - незв'язна мережа з вилученим посередником; в) - відродження прихованих (латентних) зв'язків; г) - зв'язність мережі відновлено

режі була близькою до самодостатності, то вона продовжує функціонувати самостійно. У протилежному випадку частина мережі припиняє функціонування доти, поки не сформується новий зв'язок.

Якщо одне з возз'єднань виявляється успішним, то його ініціатор стає новим комутатором, який поєднує дві частини мережі.

Саме завдяки наведеним механізмам складним динамічним мережам властива самовиліковність. Як приклад можна вказати, що атаки на тренувальні табори терористів у Центральній Азії практично не зруйнували їхньої мережі більш-менш значною мірою. Тому пріоритет у дослідженні дестабілізації терористичних мереж віддається пошуку ключових осіб, нейтралізація (усунення) яких розділить мережу на окремі фрагменти. Проте, експерименти показують, що після того, як терористична мережа розділяється на ізольовані осередки, вона продовжує використовувати свої приховані ресурси та швидко відновлює втрати. Одночасність атак на концентратори в цьому випадку дуже важлива.

Аналізуючи зв'язки в мережі, можна виявити багато важливих властивостей, наприклад, визначити наявність кластерів, їхній склад, розходження у зв'язності усередині та між кластерами, ідентифікувати ключові елементи, які зв'язують кластери між собою тощо. Разом з тим, серйозною перешкодою під час аналізу мереж є неповна інформація щодо зв'язків між її окремими вузлами. Нещодавно група дослідників з Інституту Санта Фе (Santa Fe Institute) представила алгоритм, з допомогою якого стає можливим автоматичне одержання інформації щодо ієрархічної структури подібних мереж [68].

Так, знаючи, наприклад, лише про половину зв'язків між терористами в безмасштабній мережі, можна з високою імовірністю відновити відсутні ланки всього ланцюжка. Навіть не маючи повного опису системи, можна одержувати репрезентативну вибірку зв'язків і по ній намагатися добудувати всю мережу. Аналіз отриманого графа дає змогу виявити потенційно важливі зв'язки, які не вдалося виявити іншими засобами. Маючи інформацію лише про половину контактів терористів між собою, можна з імовірністю 0,8 прогнозувати ті зв'язки, про які спочатку нічого не було відомо.

Таким чином, властивості складних мереж визначають тактику їхнього руйнування, яка передбачає такі етапи як аналіз і планування, практично одночасну нейтралізацію вузлів-концентраторів, послідовне знищення інших вузлів у порядку зменшення відповідних їм показників посередництва.

РОЗДІЛ 3. НЕЛІНІЙНІ МОДЕЛІ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1. Нелінійні динамічні моделі

Відомо, що якщо стан системи не змінюється в часі, її називають статичною, у протилежному випадку - динамічною. При вивченні інформаційних впливів на соціальні системи основний інтерес становлять саме динамічні системи: в першу чергу нас цікавлять зміни, що відбуваються навколо, а статичні системи ніяких змін не породжують. У свою чергу, динамічні системи розділяються на два класи: лінійні та нелінійні. Лінійними називають системи, характеристики яких не залежать від зміни станів цих систем. Навпаки, характеристики нелінійних систем залежать від таких змін.

Дуже часто нелінійні соціальні системи проявляють себе насамперед нерозмірністю відгуку на зовнішній вплив. Добре відомо, що такі системи можуть різко легко і без наслідків витримувати важкі потрясіння, однак миттєво «піти в рознос» від малозначимої події або впливу. Саме інформаційні операції можуть розглядатись як подібний вплив або дія.

Моделі, які використовуються при дослідженні нелінійних систем, також називають нелінійними, тому що модель - це теж система, і вона, природно, може бути нелінійною. Нелінійність моделі може бути формально виражена у структурі рівнянь, що використовуються, а знаходження їхніх розв'язків, щонайменше, у чисельному вигляді, в деяких випадках може бути цілком здійсненою задачею.

Основну увагу при побудові нелінійних конкурентних моделей нині приділяють аналізу принципів внутрішніх взаємодій динамічних систем на основі логістичних моделей. Моделювання динаміки розвитку на основі диференціальних логістичних рівнянь широко використовується для моделювання найрізноманітніших як природних, так і соціальних процесів.

Природно, перед застосуванням математичних моделей необхідно обґрунтувати їхню адекватність. Для цього використовуються добре відомі методики, зокрема, ретроспективний аналіз.

Найчастіше для моделювання складних систем застосовують диференціальні рівняння, які описують динаміку зміни станів таких систем. Як правило, це система рівнянь першого порядку, що має вигляд [69]:

$$dx_i/dt = f_i(X, a),$$

де $X = (X_1, \dots, X_n)$ - вектор змінних, які характеризують стан соціальної системи, a - вектор параметрів системи, t - час.

Рішення наведеної системи рівнянь зазвичай представляють у вигляді траєкторій у фазовому просторі. Якщо фіксувати значення всіх параметрів, тобто вибрати точку в параметричному просторі, то рішення наведеної системи диференціальних рівнянь будуть залежати тільки від початкових умов. Однак для якісного підходу важливі не стільки часткові рішення, скільки, по можливості, найбільш повний опис поведінки системи в усьому динамічному просторі [70]. Ця загальна точка буде переважно залежати від значень, до яких спрямовуються рішення при $t \rightarrow \infty$ або при $t \rightarrow -\infty$. Найбільш важливими для предметної області, що розглядається в цій книзі, асимптотичними розв'язками такого типу є стаціонарні точки та граничні цикли. При цьому найбільший інтерес становить спеціальний вид стійкості системи - стійкість стосовно змін параметрів системи. Система, загальний динамічний характер якої не змінюється при малих змінах параметрів, називається грубою або «жорсткою» (від англ. - hard). У протилежному випадку системи називаються «м'якими».

Першим кроком при дослідженні наведеної вище системи диференціальних рівнянь є визначення стаціонарних точок, тобто розв'язок системи рівнянь:

$$f_i(X, a) = 0.$$

Другим кроком досліджень є визначення характеру особливих точок. Для цього переходять до нових змінних - відхилень від координат стаціонарної точки:

$$u_i = x_i - x_i^0.$$

Поблизу стаціонарної точки праві частини вихідних рівнянь системи можна розкласти в ряд Тейлора:

$$\dot{u}_i = \left. \frac{\partial f_i}{\partial x_j} \right|_{x_m^0} u_j + \left. \frac{\partial^2 f_i}{\partial x_k \partial x_l} \right|_{x_m^0} u_k u_l + \dots$$

Оскільки поблизу x_i^0 виконується: $u_i \ll 1$, то у багатьох випадках можна обмежитися дослідженням лінійної системи:

$$\dot{u}_i = \left. \frac{\partial f_i}{\partial x_j} \right|_{x_m^0} u_j = a_{ij} u_j.$$

У якісній теорії це дослідження зводиться до визначення власних значень матриці $\|a_{ij}\|$.

У випадку, коли всі власні значення λ_i ($i = 1, 2, \dots, n$) різні та мають відмінні від нуля дійсні частини ($\text{Re } \lambda_i$), існує «груба» стаціонарна точка. Якщо всі $\text{Re } \lambda_i$ не дорівнюють нулю, то застосовуються наступні теореми:

1. Якщо всі $\text{Re } \lambda_i < 0$, то стаціонарна точка асимптотично стійка.
2. Якщо хоч одне $\text{Re } \lambda_i > 0$, то стаціонарна точка нестійка.

Питання про стійкість стаціонарної точки можна вирішити також на підставі критерія Гурвіца, без безпосереднього обчислення власних значень. Для цього характеристичне рівняння переписується у вигляді:

$$a_0 \lambda^n + b_0 \lambda^{n-1} + a_1 \lambda^{n-2} + b_1 \lambda^{n-3} + \dots = 0,$$

де $a_0 = 1$.

Матрицею Гурвіца називається матриця n -го порядку:

$$H = \begin{vmatrix} b_0 & b_1 & b_2 \dots b_{n-1} \\ a_0 & a_1 & a_2 \dots a_{n-1} \\ 0 & b_0 & b_1 \dots b_{n-2} \\ 0 & a_0 & a_1 \dots a_{n-2} \\ 0 & 0 & b_0 \dots b_{n-3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{vmatrix}$$

Мінори матриці H (від першого до n -го порядку), називаються визначниками Гурвіца. Критерій Гурвіца полягає в наступному: для того щоб для всіх λ_i виконувалось $\text{Re } \lambda_i < 0$, необхідною і достатньою умовою є позитивність усіх визначників Гурвіца. У результаті загальне дослідження характеру особливих точок вихідної системи може базуватися на приведенні її матриці до Жорданової форми.

У найпростішому випадку для системи другого порядку вихідне рівняння може бути записане у вигляді:

$$\lambda^2 - \sigma \lambda + \Delta = 0,$$

$$\text{де } \sigma = a_{11} + a_{22}, \Delta = a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}$$

Тоді:

$$\lambda_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 - 4\Delta}$$

У даному найпростішому прикладі обмежимося розглядом лише грубих стаціонарних точок. Якщо жоден з параметрів σ , Δ не дорівнює нулю, то якісна картина фазового простору в околі стаціонарної точки залежить тільки від лінійних членів і стаціонарна точка є грубою. Існують три грубі стани рівноваги (рис. 13):

1. Стаціонарна точка типу «вузол» (рис. 13 а): власні значення λ_i - дійсні, одного знаку, $0 < \Delta < \frac{\sigma^2}{4}$, $\sigma \neq 0$.

При $\sigma < 0$ вузол стійкий; при $\sigma > 0$ - нестійкий.

2. Стаціонарна точка типу «сідла» (рис. 13 б): власні значення λ_i - дійсні, різних знаків, $0 < \Delta$, $\sigma \neq 0$.

3. Стаціонарна точка типу «фокус» (рис. 13 в): власні значення λ_i - комплексні, $\Delta > \frac{\sigma^2}{4}$, $\sigma \neq 0$. При $\sigma < 0$ - стійкий фокус, руху біля стаціонарної точки притаманний характер загасаючих коливань. При $\sigma > 0$ - фокус нестійкий, виникають коливання з наростаючою амплітудою.

Аналіз фазових траєкторій дає змогу зробити висновок про характер еволюції системи, визначати області її детермінованої поведінки та області бі-фуркацій (тобто області значень параметрів, при яких виникає нестійкість і відбувається зміна виду розв'язків рівняння, що описує поведінку системи).

Складні системи часто мають кілька стійких станів (атракторів), до одного з яких вони рано чи пізно потрапляють. У цих випадках можливий лише визначений набір шляхів еволюції, які відповідають атракторам (рис. 14). При цьому переходи від одного атрактора до іншого не можуть відбутися мимоволі, для цього необхідна зміна зовнішніх умов або властивостей системи. Саме з цією метою застосовуються інформаційні операції в соціальних системах.

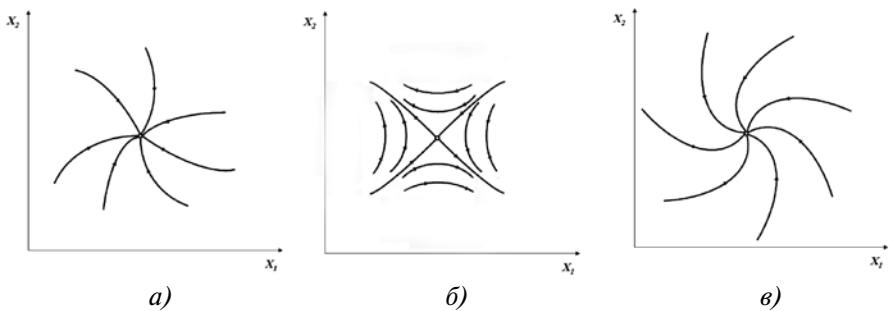


Рис. 13. Фазові портрети грубих особливих точок

Із синергетики відомо, що перехід системи з одного стану в інший відбувається через хаос, при ослабленні структуроутворюючих процесів. У соціальних системах хаос забезпечує систему первісним набором варіантів подальшого розвитку - атракторами. У періоди хаосу в соціальних системах, криз, коли виникають можливості різноманітного розвитку, інформаційні операції відіграють вирішальну роль. У ці періоди соціальна система найбільш вразлива відносно інформаційних впливів, які можуть відіграти вирішальну роль у подальшому розвитку подій [69], виборі того або іншого атрактора.

Таким чином, можна констатувати, що на різних стадіях еволюції соціальні системи мають різну чутливість та уразливість до зовнішніх впливів - інформаційних операцій, які стають найнебезпечнішими в періоди хаосу - криз. У цих випадках навіть не надто інтенсивні інформаційні впливи можуть задати напрямку розвитку системи та вплинути на характер її наступної еволюції. Безумовно, як для ефективного управління соціальною системою, так і для проведення інформаційних операцій необхідно знати структуру наявних атракторів, а також володіти набором прийомів переведення системи від одного атрактора до іншого.

Розглянемо конкретні нелінійні моделі динаміки соціальних систем, починаючи з найпростішої моделі зростання. Ця модель ($\dot{x} = kx$), була за-

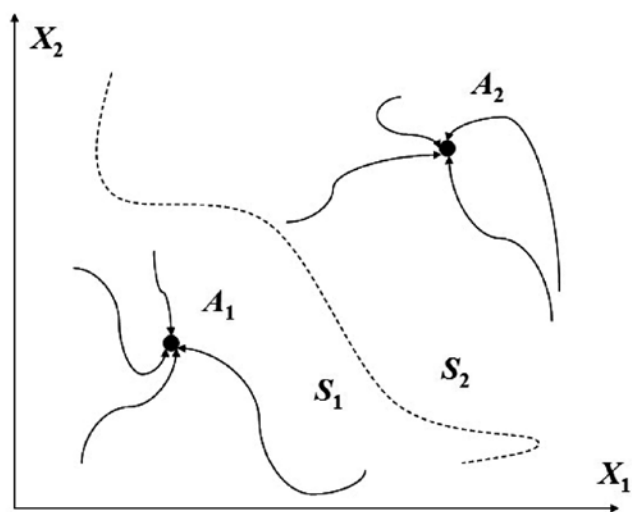


Рис. 14. Приклад фрагмента фазового простору динамічної системи (площинний зріз за двома координатами - X_1 і X_2 , A_1 і A_2 - атрактори, S_1 і S_2 - відповідні області притягання атракторів)

пропонована Мальтусом для розрахунку динаміки кількості населення Землі. Вона веде, як добре відомо, до експонентного (тобто дуже швидко) збільшення населення x у часі. Ця модель може бути застосована, наприклад, до збільшення кількості прихильників нової політичної сили на початковому етапі.

Типове завдання інформаційних операцій як соціальних процедур – збільшення або зменшення кількості прихильників тієї або іншої політичної сили, особливо в періоди виборчих кампаній. Тому, не обмежуючи спільності, у якості своєрідного полігону для моделювання інформаційних операцій розглядатимемо електоральні популяції (ЕП) [5], аналізуючи можливості впливу на їхню динаміку.

Вивчаючи динаміку електоральної популяції, вестимемо мову про її чисельність, маючи на увазі, що насправді мова може йти також і про її політичну вагу. Розрізнятимемо ці два поняття тоді, коли точне формулювання потрібне для розуміння механізмів процесу.

Аналогії між біологічними та електоральними популяціями дозволяють застосовувати досить розвинений інструментарій для побудови математичних моделей. Зокрема, в основі моделі Мальтуса лежить уявлення про те, що швидкість зміни чисельності популяції в кожний момент часу пропорційна її поточній величині. Тоді для чисельності популяції маємо рівняння:

$$\frac{dn(t)}{dt} = kn(t) \quad ,$$

$$n(0) = n_0,$$

де n_0 – початкова чисельність популяції, а коефіцієнт відповідає швидкості зростання.

Для динамічної електоральної популяції з повною підставою можемо стверджувати, що кожен її індивідуум здійснює вплив на своє оточення, а також на інші електоральні популяції, що впливає на їхню чисельність.

Розв'язком наведеного вище рівняння, як відомо, є експонента:

$$n(t) = e^{kt}.$$

Очевидно, жоден реальний процес, ні фізичний, ні суспільний, не може розвиватися за експонентним законом необмежений час. Дійсно, починаючи з якогось моменту, залежність надто швидко прагне до нескінченності, що у природі, за зрозумілих причин, не реалізується. Отже, доводиться визнати, що рано чи пізно, і скоріше рано, чим пізно, відбудеться деяка катастрофа, що змінить характер залежності та поверне її в рамки припустимого інтервалу значень.

У більш-менш стабільних соціальних системах завжди присутній елемент самопогодженості, у силу чого на значних проміжках часу залежність динаміки їхнього розвитку описується складнішими рівняннями, які містять зворотні зв'язки. Тому характер залежності згодом змінюється, причому зміни відбуваються не тривіально. У результаті виникають наступні типові випадки:

- залежність досягає насичення, і система переходить у статичний (або, можливо, гомеостатичний) стан;
- залежність має локальний максимум, за яким відбувається зменшення (у тому числі й до нуля);
- встановлюється коливальний режим (зазвичай загасаючий, але можливо й автоколивальний);

У реальному житті, як правило, динамічні системи мають досить ефективні зворотні зв'язки, які дозволяють коригувати характер процесів, що відбуваються в них, і тим самим утримувати їх у певних рамках. Інформаційні операції, коригуючи ці зворотні зв'язки в певні періоди еволюційного процесу, можуть досить ефективно вплинути на характер поведінки всієї системи.

Найпростішим узагальненням закону Мальтуса, що дає змогу вирішити (принаймні, принципово) проблему необмеженого зростання розв'язку, є заміна постійного коефіцієнта k деякою функцією часу $k(t)$. Природно, ця функція повинна бути обрана так, щоб дотримувалися наступні умови:

- розв'язок рівняння мав би прийнятну поведінку;
- структура функції мала б певний зміст з погляду на явище, яке досліджується.

Далі розглядається узагальнення закону Мальтуса, яке широко застосовується, відоме як логістична модель. Найпростіший спосіб обмежити зростання експонентної залежності розв'язку наведеного вище рівняння полягає у введенні для неї граничного значення. Для цього виберемо $k(t)$ такого вигляду [71]:

$$k(t) = k_0[N - n(t)],$$

де N – максимально можливе значення чисельності популяції, а k_0 – коефіцієнт пропорційності. Причому передбачається, що завжди $n_0 \leq N$. Тоді замість першого рівняння маємо:

$$\frac{dn(t)}{dt} = k_0 n(t)[N - n(t)],$$

$$n(0) = n_0.$$

Розв'язок цього рівняння має такий вигляд:

$$n(t) = \frac{Ne^{at}}{b + e^{at}},$$

$$a = k_0 N, \quad b = \frac{N}{n_0} - 1.$$

Ми бачимо, що в міру наближення чисельності популяції $n(t)$ до N , швидкість її зміни спрямовується до нуля.

Модель, що заснована на наведеному вище рівнянні, називається логістичною. Незважаючи на уявну простоту, подібне узагальнення закону Мальтуса аж ніяк не є примітивним. Навпаки, воно дозволяє явно включити в опис динаміки популяцій винятково важливий зворотний зв'язок, роль якого в оточуючому нас світі важко переоцінити. Логістичне рівняння, власне кажучи, варто вважати феноменологічним: ми не знаємо, як діють конкретні механізми, що знижують у міру зростання чисельності популяції швидкість її зміни. І це в даному випадку є серйозною перевагою, оскільки в історично доступному для огляду майбутньому ми, швидше за все, навіть не наблизимося до розуміння таких механізмів, тобто про створення повноцінної теорії популяційних процесів поки що не йдеться.

Існує два класи розв'язків логістичного рівняння, які, залежно від значень коефіцієнтів k_0 і n_0 , описують зростання та убування залежності $n(t)$. Їхня типова поведінка зображена на рис. 15. Як видно, логістична модель, на відміну від закону Мальтуса, описує досягнення системою деякого рівноважного стану.

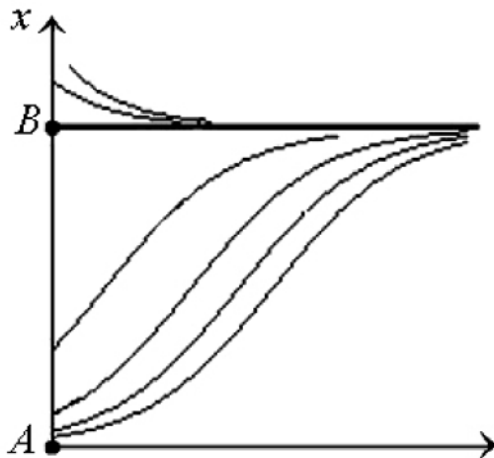


Рис. 15. Узагальнена логістична модель

Наведене вище логістичне рівняння має два рівноважних розв'язки: $n(t) = 0$ і $n(t) = N$. З формальної точки зору перший з них хиткий, тому що при малих значеннях $n(t)$ його відхилення від нуля приводить до зростання. Однак у практичному плані це не зовсім так. Справа в тому, що реальні популяції є дискретними множинами, і якщо в якийсь момент $n(t)$ набуває значення, меншого за одиницю, то зрости воно вже не зможе. Тому у випадку опису того, що відбувається в реальності, розв'язок $n(t) = 0$ також варто вважати рівноважним.

Друге ж рішення $n(t) = N$ є рівноважним у будь-якому сенсі. Дійсно, при $n(t) > N$ включаються механізми спаду залежності, а при $n(t) < N$ – відповідно зростання.

Розглянемо поведінку динаміки електорату, обсяг якого визначається логістичним рівнянням. Необхідно підкреслити, що висновки, які будуть зроблені далі, залишаються (з точністю до числових значень констант) справедливими також при будь-яких значеннях коефіцієнтів і навіть для широкого класу моделей з різними функціями обмеження експонентного зростання.

На рис. 15 зображена результуюча залежність чисельності електорату від часу при різних початкових умовах. У точках A і B швидкість зміни чисельності електорату спрямовується до нуля: це стаціонарні стани. Між A і B швидкість позитивна (чисельність електорату зростає), а вище точки B – негативна (чисельність убыває).

Модель передбачає, що згодом встановлюється стаціонарний режим B , що виглядає цілком природно: більший електорат зменшується, менший – збільшується.

Логістична модель задовільно описує численні явища насичення. Поблизу A , коли чисельність електорату мала, вона дуже близька до мальгузіанської моделі. Але при досить великих x спостерігається різка відмінність від мальгузіанського зростання: замість спрямування x до нескінченності, чисельність електорату наближається до стаціонарного значення B .

Розглянемо, як логістична модель може застосовуватися під час аналізу виборчих процесів, а саме визначення точної мінімальної початкової квоти виборців (яку можна, наприклад, виділити для затвердження та використання). Нехай x – кількість прихильників визначеного кандидата. На динаміку цього електорату здійснюється вплив інших політичних сил, які відбирають у нього своїх прихильників, що описується так:

$$\dot{x} = x - x^2 - c.$$

Обчислення показують, що поведінка системи різко змінюється при деякому критичному значенні квоти c (рис. 16).

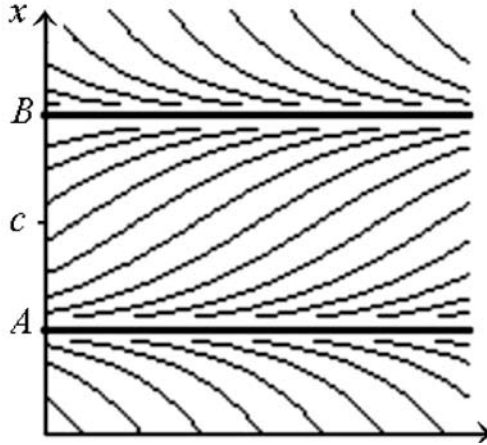


Рис. 16. Дві постійні точки логістичної моделі

Якщо квота c мала, то зміни (порівняно з відсутністю конкуренції, коли $c = 0$) полягають у наступному. Система, модель поведінки якої зображена на рис. 17, має два рівноважних стани, які відповідають станам A і B на рис. 16. Стан B стійкий: чисельність електорату в цьому випадку трохи менша, ніж при неконкурентній ситуації. Ця чисельність відновлюється при малих відхиленнях від рівноважного значення B .

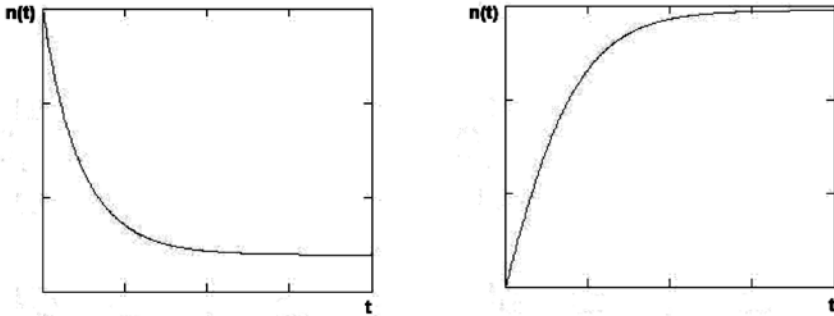


Рис. 17. Два класи рішень логістичної моделі: а) - зменшення популяції, б) - зростання популяції

Стан A нестійкий: якщо внаслідок будь-яких причин (скажімо, політичних переслідувань, незаконного адміністративного впливу тощо) чисельність електорату впаде нижче рівня A , то надалі електоральне поле (хоча й повільно, якщо відмінність від A невелика) буде зведене нанівець за цілком скінченний час.

Очевидно, що при наявності сприятливих зовнішніх умов (при деякій щільності ресурсу) чисельність електорату одного кандидата зростає вільно, що сприяє логістичному зростанню. У цьому випадку навіть більш складні моделі повинні давати результати, подібні наведеним. Водночас це означає, що основні параметри (електоральний потенціал кандидата, ємність виборчої компанії, виборча квота) для конкретизації загальної моделі можуть визначитися в результаті аналізу наведеної спрощеної логістичної моделі. Як правило, дані про логістичне зростання електорату стають відомими досить точно за результатами спостережень за виборчою кампанією.

Отже, логістична модель успішно описує досягнення популяцією деякого рівноважного стану.

3.2. Взаємодія електоральних популяцій

Логістичне рівняння описує динаміку однієї популяції, яка взаємодіє лише з навколишнім середовищем.

У реальному світі подібні ситуації виникають у край рідко та не представляють особливого інтересу. Як правило, різні популяції співіснують одна з одною і при цьому активно взаємодіють між собою, найчастіше виступаючи в протистоянні.

У теорії популяційної динаміки розроблена класифікація різних форм такої взаємодії [72-74]. До числа основних класів належать такі:

- нейтралізм (відсутність прямого впливу популяцій однієї на одну);
- конкуренція (взаємне придушення популяцій);
- аменсалізм (однобічне придушення однієї популяції);
- хижацтво (знищення представниками однієї популяції представників іншої);
- симбіоз (продуктивне співіснування популяцій).

У динаміці взаємодіючих популяцій виділяються дві категорії впливів, що відрізняються часовим характером:

- фазові (однократні);
- параметричні (постійні).

Логістична модель дає змогу цілком задовільно описувати і динаміку взаємодіючих між собою популяцій. У загальному випадку це здійснюється за допомогою наступної системи рівнянь:

$$\frac{dn_i(t)}{dt} = n_i(t)[p_i - \sum_{j=1}^M q_{ij}n_j(t)],$$

$$n_i(0) = n_{0i}$$

Тип процесу, який описується цією системою рівнянь, визначається величиною і знаком коефіцієнтів p_i та q_{ij} . Варто також мати на увазі, що у кожному рівнянні діагональні члени $n_i(t)n_i(t)$ описують внутрішньовидову взаємодію, а перехресні $n_i(t)n_j(t)$ — міжвидову.

Інакше кажучи, діагональні члени описують вплив на популяцію зовнішнього середовища, у тому числі вичерпання доступних ресурсів, а перехресні – вплив однієї популяції на іншу (позитивні значення відповідають сприятливому впливу, негативні – несприятливому). Коефіцієнти p_i мають сенс швидкостей зростання відповідних популяцій при відсутності взаємодії.

Важливим моментом є також поведінка популяції при заданих значеннях параметрів та при відсутності взаємодії (наприклад, коли її зростання обмежене само по собі).

Наведена вище система рівнянь у принципі може описувати широкий спектр залежностей, і це, у певному сенсі, є проблемою, тому що при бажанні з її рішень можна «витягти» усе, що завгодно. Тому робота з цією системою рівнянь вимагає зваженого й відповідального відношення.

Однак розв'язки, що характеризують реальні процеси, зазвичай відносяться до одного з наступних режимів:

- стаціонарний;
- автоколивальний;
- квазістохастичний.

Як правило, ці режими повною мірою проявляють себе на досить великих (не обов'язково нескінченних) проміжках часу. Але перехідні процеси, які передують встановленню певного режиму, винятково поліморфні, їхня поведінка може багато в чому визначати подальшу динаміку. Саме ці процеси можуть розглядатись як основний об'єкт інформаційних операцій у випадку планування соціальних процедур.

Наведена система рівнянь дає змогу описувати динаміку будь-якого числа популяцій, як взаємодіючих між собою, так і тих, що перебувають в ізоляції. Але для розуміння основних закономірностей у цих випадках достатньо обмежитися невеликим числом популяцій. Навіть вивчення поведінки двох взаємодіючих популяцій дозволяє простежити загальні закономірності їхньої динаміки, принаймні якісні. Практика показує, що для загальних прогнозів уже цього цілком достатньо.

Далі досліджується динаміка трьох електоральних популяцій (ЕП). З них дві вважаються основними в тому розумінні, що їхня поведінка повинна ілюструвати моменти, які цікавлять нас. А третя (додаткова) введена для демонстрації ролі, яку у цьому випадку може відігравати політичний контекст. При цьому вивчаються три основних варіанти взаємодії політичних сил: конкуренція, хижацтво і симбіоз.

Оскільки аналітичні рішення наведеної вище системи рівнянь у випадках, коли вони можуть бути побудовані, виявляються громіздкими і погано піддаються аналізу, з самого початку застосовуються чисельні методи, тим більше, що графічна форма представлення результатів у цьо-

му випадку найбільш зручна та наочна. Оскільки нас цікавить якісна поведінка залежностей, то наведені дані результати будуть представлені в умовних одиницях.

3.3. Динаміка типу «Конкуренція»

Конкуренція є формою взаємодії популяцій, при якій вони взаємно придушують одна одну (у розглянутій спрощеній моделі через обмеженість загальної ресурсної бази). Головною особливістю конкуренції є те, що конкуруючі популяції не здійснюють один на одного безпосереднього впливу. Взаємодія реалізується опосередковано, шляхом витиснення однієї іншою з області обмежених ресурсів. При цьому можливе повне придушення однієї з популяцій, у результаті чого вона зникає. Саме конкурентні відносини є реальною небезпекою для ЕП (як, утім, і для будь-яких популяцій).

Саме конкурентні відносини найхарактерніші для основних учасників соціальних процесів, в яких описуються інформаційні протистояння.

Залежно від умов, у яких перебувають взаємодіючі популяції, і значень, що визначають динаміку параметрів, можливі як різні рівноважні стани системи, так і механізми їхнього досягнення.

Дослідження стійкості соціальних систем, зокрема популяцій, до зовнішніх впливів проводяться на основі моделювання конкурентної боротьби, якій присвячено багато публікацій. Зокрема, в [75] наведена система нелінійних диференціальних рівнянь, що описують зміну співвідношення сил протидіючих сторін у результаті конкурентної боротьби.

У цій моделі було показано, що характер еволюції та самоорганізації соціальних систем вирішальною мірою залежить від таких обставин (умов):

- стаціонарність функціонування системи;
- замкнутість або відкритість системи;
- ресурсна забезпеченість системи.

Далі розглядаємо найхарактерніші, на наш погляд, випадки динаміки популяцій при конкурентних відносинах. Конкуренції у цих випадках відповідає вже представлена система логістичних рівнянь із позитивними значеннями коефіцієнтів q_{ij} .

3.3.1. Рівноважне співіснування сил у власних політичних нішах

Вважатимемо, що взаємодія між двома основними силами, з одного боку, і третьою силою, з іншого, в основному зводиться до взаємного обмеження ресурсної бази. Головна конкуренція розгортається між основними силами.

При досить малих значеннях коефіцієнтів q_{ij} , що описують вплив однієї конкуруючої популяції на іншу, і досить великих значеннях швидкостей

їхнього зростання кожна популяція досягає рівноважного стану і стабілізується в ньому. Залежно від значень інших параметрів і початкової чисельності популяція в процесі досягнення цього стану може як зростати, так і скорочуватися.

Як бачимо на рис. 18, обидві основні ЕП досягають рівноважного значення, однак при цьому одна з них збільшується, а інша скорочується. Зрозуміло, при виборі інших значень параметрів обидві популяції можуть і зростати, і скорочуватися.

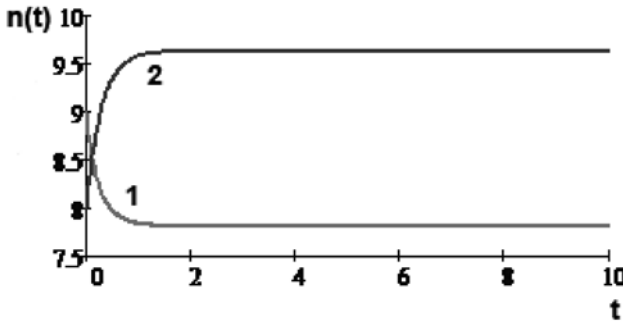


Рис. 18. Рівноважне співіснування сил у власних політичних нішах

На перший погляд, наведені результати виглядають зовсім очевидними, але насправді, якщо врахувати, що йдеться про конкурентні відносини, вони аж ніяк не тривіальні. Виявляється, що обидві конкуруючі ЕП можуть опинитись у рівноважному стані, з якого вони самі по собі не зможуть вийти за жодних умов.

3.3.2. Повне придушення однієї сили іншою

При значній величині q_{ij} чисельність однієї з популяцій скорочується до нуля (рис. 19). Якщо значення коефіцієнтів q_{12} і q_{21} близькі, то ситуація стає нестійкою в тому сенсі, що можливість подавлення популяції залежить від малих відхилень у значеннях інших параметрів.

Придушення однієї з конкуруючих ЕП іншою - сценарій, який більшістю населення сприймається як природний і закономірний. Тому наведені результати самі по собі не представляють особливого інтересу. Цікаве інше: при обраних умовах популяція, яка перемогла, не вичерпала «ресурси, що звільнилися». Її зростання незначні порівняно із втратами ЕП, що програла.

Таким чином, ми приходимо до важливого висновку. Перемога в конкуренції не означає автоматичної підтримки з боку електорату конкурента.

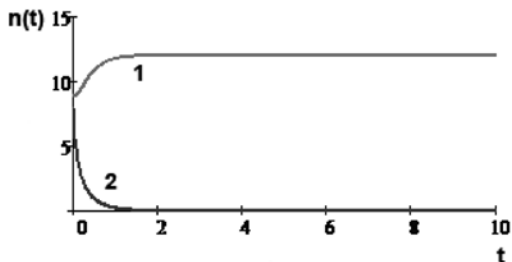


Рис. 19. Повне придушення однієї сили іншою

3.3.3. Рівноважне співіснування за рахунок інформаційної операції

У попередніх випадках ми нехтували безпосереднім впливом третьої сили (що, мабуть, еквівалентне урахуванню інформаційної операції) на основні. Однак, якщо третя сила тим або іншим способом «підживлює» одну з основних, тобто є інформаційною операцією першої сили проти другої, то їхня динаміка може кардинально змінитися (рис. 20). Наприклад, можливий сценарій співіснування.

Рівноважне співіснування основних конкуруючих ЕП, що виникає за рахунок позитивного впливу на одну з них додаткової сили, ілюструє таку

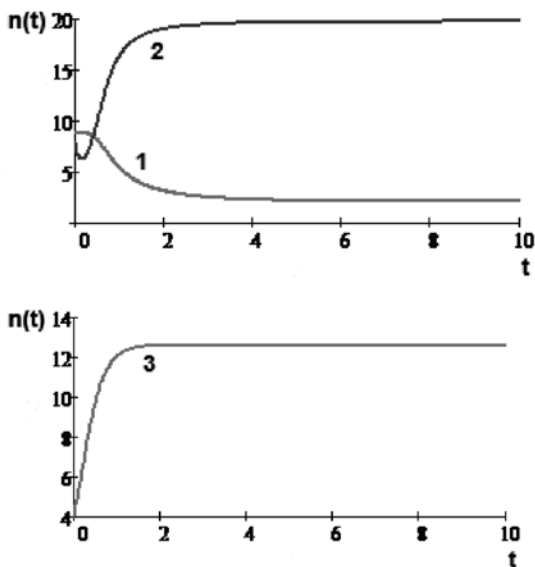


Рис. 20. Рівноважне співіснування за рахунок впливу третьої сили

вкрай важливу річ, як вплив на ЕП, що взаємодіють, політичного контексту, який може бути як позитивним, так і негативним. І в тому, і в іншому випадку такий вплив здатний ефективно компенсувати сильні та слабкі сторони основних конкурентів, приводячи до, здавалося б, несподіваних сценаріїв.

Одним із ключових питань є стійкість рішень відносно чисельних значень параметрів. У ряді випадків поведінка, у тому числі і якісна, розв'язків системи рівнянь дуже сильно залежить від них. Проілюструємо це на прикладі залежності рішень від швидкості зростання (рис. 21).

Наведені графіки відрізняються значеннями коефіцієнта p_2 . Ми бачимо, що в цьому випадку поведінка наведених кривих відрізняється не тільки кількісно, але і якісно. Більш наочно це видно на відповідних фазових портретах (рис. 22).

Таким чином, динаміка ЕП може істотно залежати від малих змін швидкості їхнього зростання. Це означає, що політична сила може перемогти через малу перевагу в цій характеристиці.

Відзначимо нетривіальну поведінку першої залежності: спочатку домінує друга популяція, а перша придушена, але потім вони міняються місцями. Таким чином, можливі ситуації, при яких конкуренція двох політичних сил у присутності третьої приводить до того, що та з них, яка спочатку була незаперечним лідером, згодом витісняється на периферію.

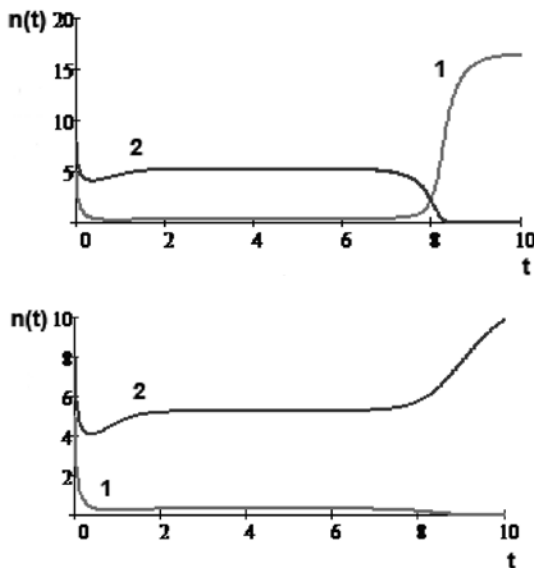


Рис. 21. Залежність чисельності популяцій від швидкості їх зростання

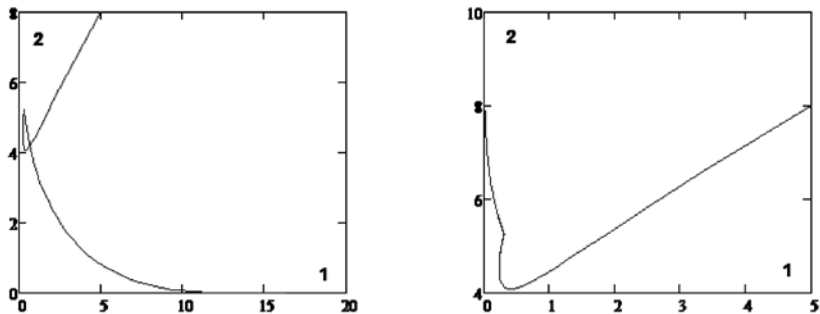


Рис. 22. Фазові портрети залежностей чисельності популяцій від швидкості їхнього зростання

3.4. Динаміка «Хижацтво»

3.4.1. Динаміка типу поглинання

Хижацтво часто розглядають як різновид конкуренції, при якій представники однієї популяції безпосередньо поглинають представників іншої. На відміну від випадку звичайної конкуренції, тут взаємини популяцій асиметричні: одна відіграє роль хижака, інша - жертви, причому їх не можна поміняти місцями.

Відносини «хижак-жертва» самі по собі ніколи не приводять до придушення однієї популяції іншою: хижаки не можуть відтворювати свою популяцію без жертв - своєї їжі (як у буквальному, так і переносному сенсі). Скорочення популяції жертв, у свою чергу, викликає скорочення популяції хижаків, тому що частина з них залишається без ресурсів для існування. Але, з іншого боку, скорочення числа хижаків приводить до зниження зовнішнього тиску на жертви, і вони починають відновлюватися. Таким чином, для даного випадку характерні різноманітні коливальні режими.

Цілком природно, що вплив третьої сили може істотно змінити типову картину.

Цей вид взаємодії політичних сил є найскладнішим і, разом з тим, найцікавішим. Головна причина цього полягає в тому, що тут основну роль відіграють механізми другої групи.

Дійсно, у випадку взаємодії біологічних видів скорочення чисельності жертв, починаючи з деякого моменту, веде до скорочення чисельності хижаків, тому що тим самим скорочується їхня ресурсна база (доступні обсяги їжі). У політичній боротьбі на рівні чисельності популяцій нічого схожого не відбувається. Навпроти, представники однієї політичної сили, «з'їдені» іншою політичною силою, механічно збільшують чисельність «хижаків», причому без будь-яких обмежень. Партія, що поглинула інші

партії, стає політичним монополістом, як це зробили, наприклад, у 1918 році більшовики.

Тому механізми першої групи самі по собі в цьому випадку можуть приводити лише до тривіальних ефектів механічного розширення однієї сили за рахунок іншої.

З механізмами другої групи ситуація набагато складніша. Часто політична вага однієї популяції заснована на експлуатації ресурсів, у першу чергу інтелектуальних, другої. Наприклад, пропаганда конкуруючих сил може бути побудована на протилежностях, які виключають одна одну, але одночасно й надають одна одній змісту. Так, безідейно пропагувати сині кольори там, де всі предмети сині. Партія, що висуває гасла ринкових відносин, не викличе інтересу в суспільстві, побудованому на основі ліберальної економіки. У таких випадках для підтримки активності необхідний супротивник, з яким варто було б полемізувати. Реальна «політична вага» визначається перевагою в цій полеміці. Інший приклад - використання «постаті ворога».

Також можлива систематична експлуатація однією силою ідейних напрацювань, створених іншою. До них можуть відноситись ідеологи, програмні положення, методи критики загальних супротивників тощо.

При таких сценаріях цілком можливо говорити про відносини «хижак-жертва» між політичними силами. Проаналізуємо декілька ситуацій, характерних для відносин хижацтва. Хижацтву відповідає наведена вище система рівнянь із негативними значеннями коефіцієнтів p_i та q_j для хижака і позитивними для жертви.

3.4.2. Вплив інформаційної операції

Якщо третя сила (інформаційна операція першої сили проти другої, наприклад, шляхом створення «технічного кандидата» при проведенні виборчої кампанії) слабо впливає на основні сили (не бере участі у споживанні відповідних ресурсів), то маємо звичайну картину хижацтва (рис. 23).

Спостерігаються типові коливання чисельності обох ЕП, причому загасаючи. При досить великих проміжках часу обидві залежності спрямовуються до стану деякої рівноваги, але амплітуда коливань ніколи не дорівнює нулю.

Залежно від значень параметрів криві можуть мати різні співвідношення фаз, що іноді приводить до цікавих ефектів, однак це тема окремого дослідження.

З міркувань наочності зробимо рівними початкові чисельності обох основних популяцій. Коливальний режим, характерний для відносин «хижак-жертва», у динаміці політичних сил дійсно спостерігався в низці соціологічних досліджень.

Наступні дві залежності показують нам, як на динаміці хижака і жертви може позначитися вплив третьої сили (рис. 24). Наведені розв'язки від-

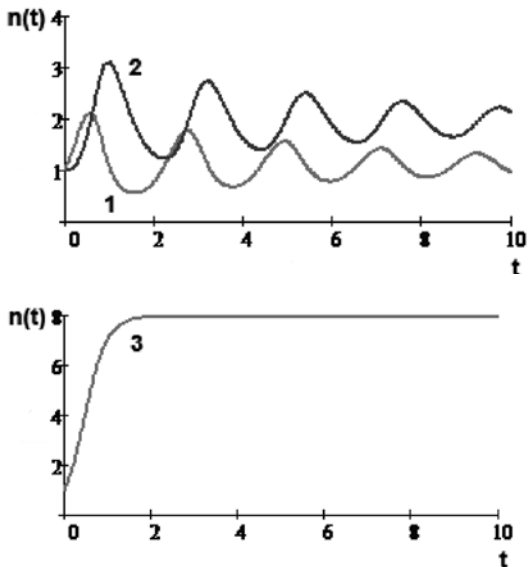


Рис. 23. Слабкий вплив третьої сили

різняються один від одного значенням коефіцієнта q_{ij} . Він дорівнює -1 у першому випадку (позитивний вплив на першу з основних популяцій) і 1 у другому (негативний вплив на неї).

При позитивному впливі третьої сили також спостерігаються істотні зміни характеру коливальних процесів, зокрема, зростає їхня частота, але при цьому скорочується час загасання (зовнішній стабілізуючий вплив). Важливою також є та обставина, що популяції можуть багаторазово мінятися місцями за величиною своєї чисельності. З погляду стороннього спостерігача такий процес може виглядати дивним і тривожним, викликаючи думки про політичний хаос та «ситуації абсурду». Однак він швидко нормалізується і переходить у (квазі) рівноважний стан.

3.5. Динаміка типу «Симбіоз»

Симбіоз політичних сил виникає в тому випадку, коли за якихось обставин вони або не заважають одне одному, або один одного підтримують. У такому випадку найчастіше відсутня необхідність проведення інформаційних операцій, а втручання третьої сили виявляється неефективним.

У ряді випадків популяції, що перебувають у відносинах симбіозу, позитивно впливають одна на одну, допомагаючи вижити у жорсткій боротьбі з іншими популяціями. Однак не слід думати, що симбіоз завжди є мирним

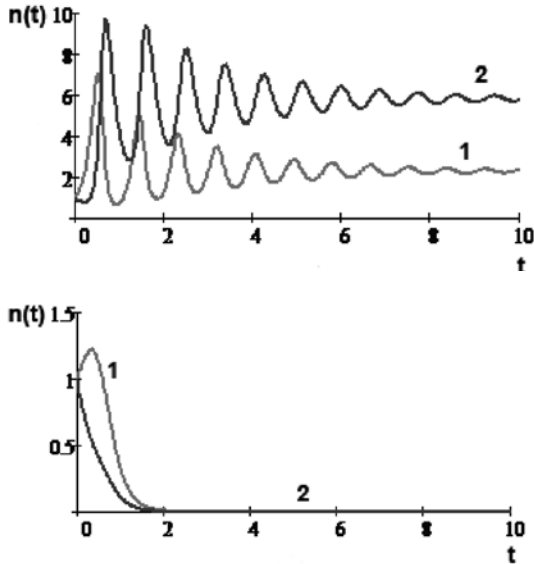


Рис. 24. Вплив третьої сили

і дружнім співіснування у політичному плані. Насправді відносини можуть бути жорсткими й навіть антагоністичними. Просто такі ЕП не мають реальної можливості впливати одна на одну за допомогою електоральних механізмів. Адже, як уже зазначалося, характер відносин між політичними силами визначається не тільки суб'єктивними факторами, що породжуються свідомою діяльністю їхніх представників, а й суто об'єктивними, пов'язаними з колективними суспільними процесами.

Симбіоз, мабуть, найменш цікавий як у теоретичному, так і в прикладному плані. Дійсно, динаміка популяцій, що перебувають у відносинах симбіозу, мало чим відрізняється від динаміки популяцій, які не взаємодіють. Однак важливий сам факт, що взаємодіючі популяції можуть перебувати в такому стані. Проте, для повноти викладу він включений нами у загальну картину.

Симбіоз припускає, що для всіх популяцій, які беруть участь у ньому, коефіцієнти p_i позитивні, а q_{ij} - негативні.

Відзначимо також, що ЕП, між якими діють відносини симбіозу, швидко й практично одночасно досягають свого рівноважного стану. Таким чином, цей вид взаємодії ЕП можна назвати найбільш статичним.

РОЗДІЛ 4. БАГАТОАГЕНТНІ МОДЕЛІ

4.1. Принципи побудови багатоагентних моделей

Ідея багатоагентного (*Agent-based*) моделювання виникла в середині ХХ століття. Відповідно до неї агент - це деяка абстрактна сутність, що володіє активністю, автономною поведінкою, може приймати рішення відповідно до деякого набору правил, може взаємодіяти з оточенням та іншими агентами, а також може сама еволюціонувати. Сьогодні багатоагентні моделі широко застосовуються для аналізу децентралізованих систем, закономірності динаміки функціонування яких вивчені недостатньою мірою. Багатоагентні моделі використовуються з метою отримання уявлення щодо загальної поведінки таких систем, виявити правила функціонування систем з урахуванням припущень про індивідуальну поведінку її окремих компонентів (агентів).

Мета багатоагентного моделювання може бути сформульована як створення комп'ютерних мікросвітів, у яких агенти взаємодіють, реагуючи на умови зі свого оточення та здійснюючи зміни.

Відповідно до визначення К. Лангтона [76] моделювання складних адаптивних систем часто ґрунтується на наступних принципах:

- модель складається з популяції простих агентів;
- не існує єдиного агента (центру), що направляє інших агентів;
- кожен агент докладно розглядає способи, якими здійснюється проста реакція на локальні зміни в оточенні, включаючи контакти з іншими агентами;
- не існує єдиного правила в системі, яке б описувало глобальну поведінку.

Відповідно до цих принципів будь-яка поведінка на рівні, вищому за індивідуальний, є емерджентною, породженою взаємодіями локальних агентів. Тобто прості правила можуть викликати складну поведінку та структури.

4.2. Моделювання багатоагентних систем

Багатоагентні моделі, на відміну, наприклад, від динамічних моделей є децентралізованими. При цьому складна глобальна поведінка системи є

результатом діяльності великої кількості агентів, кожен з яких функціонує за простими правилами, оточений іншими агентами і взаємодіє з ними та із середовищем. Багатоагентні моделі дають змогу досліджувати досить широке коло проблем, для яких суворі аналітичні методи виявляються неефективними.

4.2.1. «Штучні суспільства»

Якщо, наприклад, розглядати агентну модель динаміки населення країни, то один з аспектів поведінки агента в ній визначатиметься картою станів, а модель середовища включатиме місця проживання та роботи, транспортну інфраструктуру тощо.

У багатьох випадках багатоагентні моделі реалізуються у вигляді так званих штучних суспільств (англ. — *Artificial Societies*) - комп'ютерних моделей суспільства реального. У такий спосіб штучне суспільство є підкласом багатоагентних моделей. Агенти штучного суспільства поведуться автономно: приймають рішення, діють самостійно та взаємодіють з іншими агентами. У літературі описані такі області застосування агентських моделей, як, наприклад, вибір юрисдикції для проживання, голосування за політичні партії, економічну політику, створення або модифікацію юрисдикцій, прийняття рішень щодо участі у співтовариствах тощо.

Дж. Епштейн [77] виділив наступні основні характеристики багатоагентних моделей:

- неоднорідність. Агенти чимось відрізняються один від одного, що принципово відрізняє ці моделі від більшості індивідуум-орієнтованих моделей.

- автономія - агенти діють незалежно один від одного;

- простір, у якому діють агенти, задано або описано задалегідь у явному вигляді;

- наявність локальних взаємодій;

- обмежена раціональність, яка властива агентам;

- наявність динаміки системи, крім випадків досягнення рівноваги.

Завдяки взаємодії між агентами можуть моделюватися соціальні процеси та процедури, саме тому штучне суспільство може розглядатися як деякий клас орієнтованих моделей.

4.2.2. Модель типу «теплових жуків»

Моделювання агентів і багатоагентних систем із використанням сучасних засобів моделювання (наприклад, AnyLogic) є досить нескладною процедурою. Так, у роботах [78, 79] розглядається як приклад проста модель колективної поведінки, названа моделлю «теплових жуків» (англ. - *Heat Bugs*) [80], відповідно до якої в дискретному середовищі, розбитому на

клітки, рухаються «жуки», які виділяють тепло, що поширюється в середовищі. Для кожного окремого жука існує власна «ідеальна» температура середовища, в якій він бажає перебувати, і має сенсор, за допомогою якого він може визначити, в якому напрямку температура середовища ближче до його «ідеальної» температури. Це допомагає жукові знайти той напрямок, у якому він повинен рухатися, щоб досягти клітки з температурою, яка його влаштовує. Середовище має такі характеристики:

1) тепло поширюється рівномірно в усіх напрямках зі швидкістю, пропорційною різниці температур у сусідніх клітках;

2) тепло «зменшується» в кожній клітці пропорційно кількості тепла, яку має клітка.

«Світ жуків» є динамічним і важко передбачуваним. Наприклад, навіть перебуваючи в клітці з «ідеальною» для нього температурою, жук нагріває її, виділяючи тепло, тому згодом він може попрямувати до більш комфортної для себе клітки, оскільки стан середовища змінюється.

Анімація моделі «світу теплових жуків» здійснюється шляхом позначення температури в кожній клітці певними кольорами. У результаті моделювання видно, що жуки збираються в групи, зігріваючи один одного. Модель дає змогу простежити поведінку кожного конкретного жука, визначити його параметри, координати, ідеальну температуру. Експерименти з цією моделлю показують, як зміни локальних параметрів впливають на глобальну поведінку всієї системи.

4.2.3. Модель переваг груп людей

У якості ілюстрації застосування багатоагентних систем розглянемо ще одну модель - Аксельрода та Хаммонда [81]. Відповідно до цієї моделі досліджувалися переваги груп людей. При цьому спочатку передбачалося, що групи розрізняються тільки за етнічною приналежністю. Однак побудована модель може також урахувати будь-які інші типи розходження, в яких індивідуальне членство у групі є видимим і стійким.

У моделі Аксельрода-Хаммонда агент - це індивід. Кожен агент «фарбується в кольори», що може інтерпретуватися як його етнічна приналежність або інша ознака членства у групі. Кожен агент також має стратегію, що складається із двох частин. Перша частина стратегії визначає, чи співробітничав агент (чи ні) із сусідом, що має ті ж кольори. Друга частина стратегії агента визначає, чи співробітничав агент із сусідом, що має відмінний від нього колір. Як і в усіх багатоагентних моделях, спочатку встановлюються правила взаємодії агента, а потім застосовується комп'ютерне моделювання для того, щоб простежити історію еволюції. Передусім мета проекту полягала в тому, щоб зрозуміти умови, при яких населення в остаточному підсумку поставить при владі таких людей, які будуть піклуватися

лише про членів власної групи, і відмовляться надавати допомогу членами інших груп.

Оскільки мета моделі була евристичною, головний критерій проекту, а також опис моделі були простими. Розглядається поле 50x50 кліток, кожна з яких має 4 сусідів – окіл фон Неймана. У цій моделі агенти можуть також інтерпретуватися як невеликі групи сімейств типу сіл із тільки однією етнічною приналежністю. Розглядається 2000 кроків ітерації, впродовж яких можуть виконуватися наступні дії:

1. Іміграція. Агент з випадковими генами, який імігрує, з'являється на випадковій порожній ділянці.

Агент має три гени:

- ознака: одна з чотирьох кольорів;
- вибір при зустрічі агента з тими ж кольорами: чи допомога, чи ні;
- вибір при зустрічі агента з іншими кольорами: чи допомога, чи ні.

2. Взаємодія. Кожен агент починає період з потенціалом відтворення (PTR) = 12 %. Кожна суміжна пара агентів вирішує «однокрокову дилему ув'язненого»:

- якщо агент надає допомогу: PTR зменшується на 1%;
- якщо агент одержує допомогу: PTR збільшується на 3%.

3. Відтворення. У випадковому порядку, кожен агент із імовірністю PTR відтворює в суміжну порожню клітку, якщо вона доступна, з мутацією/геном = 0.5%.

4. Смерть. Кожен агент має 10-відсотковий шанс померти.

Один із результатів, отриманий за підсумками аналізу роботи моделі, показав, що найчастіше здатність агентів розрізняти коло осіб зі спільними інтересами і групами веде до більш високого рівня співробітництва, ніж тоді, коли б агенти «страждали дальтонізмом».

При застосування моделі для вирішення реальних проблем Аксельрод і Хаммонд ініціювали її простір, враховуючи географічні та історичні дані Середньої Азії. Для цього використовувалася карта розподілу етнічних груп, які «прив'язувалися» до карти моделі. Модель застосовувалась у тих місцях, де очікувалися етнічні конфлікти. Оскільки модель дуже проста, не очікувалася висока ступінь точності в її «прогнозах», однак вона становить певний інтерес при ідентифікації деяких потенційних зон конфліктів.

Відома адаптація наведеної моделі для дослідження деяких аспектів сучасності, наприклад, динаміки збільшення кількості засобів масової інформації. Це могло бути зроблене шляхом додавання до моделі механізму, який дає змогу враховувати вплив на агента та його сусідів ЗМІ різного радіусу дії. За допомогою такої моделі можна з'ясувати, чи стануть провінційні ЗМІ досить сильними, щоб кинути виклик пануванню загальнонаціональних ЗМІ.

За допомогою запропонованої моделі можна також досліджувати потенційні ефекти множинних і кроскультурних зв'язків типу багатих/бідних, міських/сільських, християнських/мусульманських розходжень.

4.3. Імітаційні моделі

Імітаційні моделі, в тому числі й багатоагентні, є зручними для постановки питань типу «що буде, якщо?» [82]. Фактично завдяки тому, що такі моделі, як правило, містять імовірнісний елемент, управляючи моделюванням багато разів, часто можна одержати повний розподіл ситуацій, що виникають.

Для того, щоб перевести наукові проблеми на мову комп'ютера, необхідне формальне моделювання. Моделювання на базі застосування агентів (або багатоагентне моделювання) — це така орієнтована на використання комп'ютерів методологія, яка дає змогу дослідникам проєктувати, аналізувати і досліджувати формальні моделі, представлені як деякі «штучні світи», населені агентами, які взаємодіють один з одним на підставі наперед заданих відносно простих правил. Багатоагентні моделі значно варіюються за своїми правилами, однак усі вони складаються з множини автономних, короткозорих одиниць. Ці одиниці можуть моделювати взаємодії держав, індивідуумів, корпорацій, етнічних груп, сіл, кланів тощо. Одиниці в середовищі багатоагентного моделювання відповідно до правил адаптуються до навколишнього середовища. Хоча індивідуальні дії агентів повністю визначені на мікрорівні, у той час, коли функціонує велика кількість таких агентів, їхню взаємодію формує макрорівень, який не завжди передбачуваний.

Останнім часом у зв'язку з бурхливим розвитком комп'ютерних технологій важливим і перспективним, з погляду застосування на практиці математичного моделювання, є клас так званих імітаційних моделей. Така модель є алгоритмом, за допомогою якого комп'ютер генерує набори даних, що описують задані характеристики реальної системи, що представляє інтерес. При цьому операції, що виконуються машиною, не мають ніякого відношення до природи та властивостей системи, яка досліджується. Відзначимо, що сам по собі факт з'ясування можливості застосування імітаційного моделювання є чималим досягненням сучасної науки. Дійсно виявляється, що структура реального процесу відомою мірою не залежить від його природи і, так сказати, матеріальної основи. Числа, що одержуються в результаті маніпулювання іншими числами за певними абстрактними правилами, можуть точно відповідати числам, що описують конкретні процеси, які відбуваються в реальному світі.

Зрозуміло, при розробці імітаційної моделі беруться в розрахунок властивості явища, яке досліджується, але на рівні не внутрішніх механізмів,

які або невідомі, або занадто складні для явного використання, а загальних характеристик протікання відповідних процесів.

У плані практичного застосування імітаційні моделі добрі тим, що дають змогу проводити так звані машинні експерименти, метою яких є вивчення зміни поведінки об'єкта дослідження залежно від змін внутрішніх параметрів або (і) зовнішніх умов. Такі методики дають можливість визначати перебіг розвитку подій, які за тих або інших причин неможливо реалізувати у реальному житті. Наприклад, як будуть розподілятися потоки біженців у випадку затоплення Каліфорнії. Зрозуміло, що для з'ясування цього неможливо реально здійснити подібну катастрофу. Імітаційне ж моделювання (за наявності задовільних моделей) дає змогу одержати дані на цілком прийнятному рівні точності.

Побудова імітаційних моделей є досить складним завданням, яке вимагає, крім знання предметної області, ще й високого професіоналізму у сфері програмування. Однак у випадку успіху результати окуплять витрати.

4.4. Індивідуум-орієнтовані моделі

Один із різновидів багатоагентного моделювання - індивідуум-орієнтоване моделювання (від англ. *Individual-Based Modeling*) - відносно молодий напрямок. Перші роботи з цієї тематики з'явилися у 80-их роках ХХ століття. Індивідуум-орієнтоване моделювання можна розглядати, з одного боку, як різновид багатоагентного моделювання, а з іншого - як логічний розвиток кількісної екології популяцій, початок якому було покладено в роботах Дж. Форрестера (зокрема, його моделлю «Світової динаміки» [83]). Він уперше побудував і розрахував моделі великої розмірності за допомогою імітаційного моделювання з використанням комп'ютерів.

Індивідуум-орієнтовані моделі — це багатоагентні імітаційні моделі, в яких інтегральні характеристики популяції є результатом множини локальних взаємодій агентів (індивідуумів). Модель складається з опису середовища, в якому відбуваються взаємодії, та набору індивідуумів, для яких визначені правила поведінки та характеристичні параметри, які також можуть змінюватись у процесі еволюції. Індивідуум-орієнтований підхід у моделюванні передбачає створення імітаційних моделей, що враховують деякі властивості окремих індивідуумів та їхньої локальної взаємодії для побудови інтегральних моделей цілих популяцій, сформованих з множини індивідуумів. Індивідуум у рамках цих моделей розглядається як унікальна, дискретна одиниця, в якій є деякий набір характеристик, що змінюються впродовж життєвого циклу. Моделі, засновані на даному підході, будують знизу догори, починаючи з «частин» системи (індивідів), описуючи в підсумку всю популяцію. Метою вивчення часто є дослідження того, як властивості системи виникають із взаємодії між частинами [84].

Побудова моделі на рівні опису окремого індивідуума зумовлює ряд таких переваг, як прозорість стосовно об'єктивних природних механізмів, можливість описувати об'єкт, що досліджується, з великим ступенем деталізації, здобувати більше корисної інформації з результатів моделювання.

Індивідуум-орієнтоване моделювання - це один із розділів теорії складних систем, що має за мету забезпечити дослідників інструментами моделювання для розв'язку задач, які не піддаються розгляду традиційними методами.

Перші індивідуум-орієнтовані моделі мали відношення винятково до конкретних задач у галузях біології та екології і їм не був притаманний системний характер. Як буде показано далі, вони цілком логічно переносяться на сферу вивчення соціальних процесів і процедур.

Безумовно, побудова інтегральної моделі системи на основі приблизного опису правил поведінки окремого індивідуума може виявитися досить далекою від реальності, однак у цьому випадку багато що залежить від рівня опису цих правил, властивостей окремих індивідуумів і передбачуваної динаміки популяції. Індивідуум-орієнтоване моделювання надає ряд таких переваг, як простота опису окремих індивідуумів та їхньої локальної взаємодії, можливість деталізації цих описів у процесі моделювання, а також прозорість зворотного зв'язку «правила - модель - реальність».

Однією з найпопулярніших моделей штучного суспільства в рамках індивідуум-орієнтованого моделювання є так звана цукрова модель Дж. Епштейна та Р. Акстеля [85]. Незважаючи на свою простоту, вона є потужним інструментом аналізу соціальних процесів. Нині ця модель має безліч модифікацій, навіть самі творці знайшли варіант опису цієї ж моделі у формалізмі клітинних автоматів.

Тут опишемо оригінальну версію цукрової моделі. Простором у ній є двовимірний сітка з рівними клітками - квадратами. У кожен момент часу t існує постійне кінцеве число агентів, розташованих у просторі. У момент часу t кожна клітка (x,y) може містити агента $a(a(x,y) = a)$, тобто агент a перебуває в клітці (x,y) , або не містить агента ($a(x,y) = \emptyset$). Кількість «цукру» у клітці (x,y) в момент часу (x,y) становить $r_i(x,y)$.

Агент з'являється на поле (народжується) з двома параметрами: зір (кількість кліток у клітках, що він може бачити) і рівень метаболізму (кількість цукру, яку він з'їдає за одиницю часу для виживання). Агент може переносити будь-яку кількість цукру. Якщо в агента немає належної кількості цукру для їжі, то він помирає. Одночасно зі «смертю» одного агента «народжується» інший агент із випадково обраними параметрами та розташуванням у просторі. Таким чином, чисельність усієї популяції агентів - величина постійна. Правила поведінки агентів наступні:

- агент вивчає окіл свого бачення (чотири або вісім напрямків кліток) і визначає вільну клітку, що має найбільшу кількість цукру;
 - після цього агент переміщується у цю клітку та збирає весь цукор.
- На рис. 25. представлено різні етапи еволюції цукрової моделі.

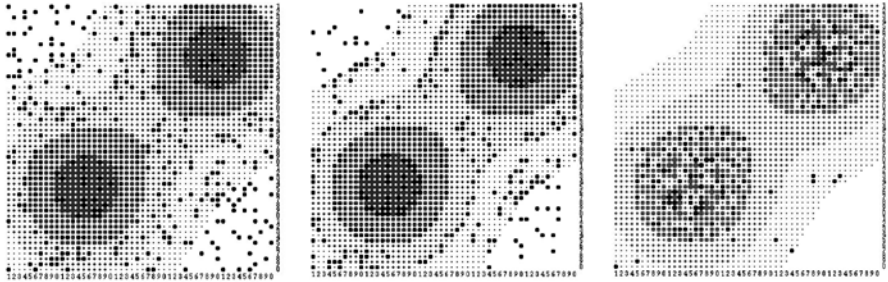


Рис. 25. Еволюція найпростішої цукрової моделі

На основі цукрової моделі автори одержали результати, що цілком відповідають звичайній соціальній поведінці людей. Уже на найпростішій версії моделі, без явних взаємодій між агентами, автори досліджують питання щодо можливостей боротьби з концентрацією населення, зокрема, у зв'язку із проблемою забруднення навколишнього середовища. З цією метою в модель вводиться забруднення середовища як результат збирання та споживання цукру. Тобто в цьому випадку кожна клітка містить цукор і деякий рівень забруднення. За новими правилами агент пересувається у вільну клітку, де співвідношення (цукор/рівень забруднення) максимальне. Введення цих додаткових умов приводять до докорінних змін в еволюції моделі: збільшується кількість смертей, а розподіл популяції стає більш рівномірним.

У пізніших модифікаціях цукрової моделі розглядаються різні види взаємодій між агентами, а також інші ускладнення. Це дає змогу аналізувати більш широке коло соціальних процесів і процедур.

У рамках цукрової моделі досліджуються наступні питання:

- розподіл багатства між агентами;
- розподіл агентів за віком;
- міграція агентів;
- введення в модель нових властивостей, наприклад забруднення середовища, і відповідна модифікація правил;
- введення нових властивостей агентів, наприклад поділ агентів за статтю;
- зміна правил народження нових агентів;
- введення правил спадкування, наприклад, коли багатство померлого агента рівномірно розподіляється між його нащадками;

- введення множини продуктів, наприклад цукру та меду;
- введення правил обміну продуктами між агентами (торгівлі) тощо.

Індивідуум-орієнтоване моделювання дає можливість описувати наступні властивості об'єкта моделювання (особливо важливі для моделювання соціальних процесів):

- урахування просторових аспектів;
- урахування впливу матеріальних засобів і ЗМІ;
- урахування соціальних аспектів та індивідуальних особливостей;
- урахування індивідуальних особливостей.

Урахування просторових аспектів. Індивідуум-орієнтоване моделювання охоплює просторово-розподілені моделі (англ. - *Spatially-explicit Mobile*), в яких кожен індивідуум асоційований з певним положенням у просторі. Для повноцінного моделювання електоральних полів, як правило, бажана просторова розподіленість, урахування переміщень у просторі. Наприклад, при моделюванні можливих фальсифікацій виборів за відкріпними талонами.

Урахування впливу матеріальних засобів і ЗМІ. Як відомо, електоральні процеси істотно залежать від матеріальних засобів і впливу засобів масової інформації, що використовуються під час виборчих кампаній.

Моделі, що враховують інформаційні потоки, називаються інформаційними. У цих моделях опис зміни стану індивідуумів базується на правилах, заснованих як на аналізі стану сусідніх індивідуумів, так і на аналізі інформаційних потоків.

Урахування соціальних аспектів та індивідуальних особливостей. Для моделювання електоральних процесів особливо важливий опис усієї системи на рівні окремих індивідуумів. Соціальні механізми відіграють тут дуже важливу роль, тому електоральні поля - це типові соціальні мережі. Якщо модель спрямована на дослідження соціальних механізмів, вимагає врахування індивідуальних розходжень і навчання індивідуумів, необхідно вибрати даний підклас моделей.

Як відомо, індивідуальна мінливість - основний принцип еволюції. Разом з тим уведення цього фактора найчастіше істотно ускладнює моделі, тому часто не враховуються, зокрема, у розглянутому далі методі клітинних автоматів.

Рівень деталізації. Властивості моделі істотно залежать від її просторово-часового масштабу. Моделі також розрізняються за кількістю індивідуумів, що розглядаються. Від масштабу задачі прямо залежить обсяг обчислень. Цей факт доводиться враховувати при виборі масштабу моделі та її реалізації.

Слід зазначити, що *індивідуум-орієнтовані* моделі вимагають більшого обсягу обчислень, ніж аналітичні. Разом з тим у багатьох областях, у

тому числі при дослідженні електоральних полів, розробка індивідуум-орієнтованих моделей виправдана у зв'язку з тим, що:

- даних реальних спостережень параметрів, які досліджуються, найчастіше не вистачає для ідентифікації аналітичної моделі;
- необхідне врахування просторових аспектів;
- необхідне врахування соціальних механізмів популяції, індивідуальних розходжень, навчання.

4.5. Системи клітинних автоматів

Великий клас моделей соціальних процесів і процедур, зокрема розподілу електоральних полів, побудований на основі концепції клітинних автоматів, яку вперше запропонував понад півстоліття тому Дж. фон Нейман [34] і яку розвинув С. Вольфрам [35, 86]. Прості при реалізації моделі систем клітинних автоматів найчастіше висвітлюють такі проблеми, аналіз яких іншими методами утруднений.

Клітинні автомати є корисними дискретними моделями для розділів теорії динамічних систем, які вивчають характерні колективні явища.

Ці моделі найчастіше реалізуються з використанням двомірної сітки квадратних кліток. Різні стани кліток представляються на моніторі комп'ютера різними кольорами. Еволюція системи клітинних автоматів демонструється як послідовність зміни станів окремих кліток, які відповідно до певних правил поновлюються на кожному часовому такті системи клітинних автоматів. Відповідні правила враховують стан кожної клітки, а також її околу. У моделях клітинних автоматів можливі різні типи околів.

Дискретність моделі, точніше, можливість представити модель у дискретній формі, нині відноситься до істотних переваг, оскільки відкриває широкі можливості використання комп'ютерних технологій. Еволюція системи клітинних автоматів може бути представлена як дискретна послідовність кроків, при цьому зміни на кожному кроці визначаються змінами на попередньому. Часто безперервні за своєю природою процеси цілком прийнятно апроксимуються відповідними дискретними конструкціями, але для цього модель, як правило, повинна містити велику кількість дискретних елементів, а еволюція відбуватися за велику кількість тактів.

Головним достоїнством клітинних автоматів є їхня абсолютна сумісність із алгоритмічними методами вирішення задач. Тому останніми роками у зв'язку з бурхливим розвитком комп'ютерних технологій вони широко застосовуються в найрізноманітніших галузях науки і техніки. Клітинні автомати за своєю суттю є просторово-необільними дискретними індивідуум-орієнтованими моделями. У традиційній системі клітинних автоматів усі клітки рівноправні (простір однорідний), тоді як в індивідуум-орієнтованій, крім опису кліток, існує поняття індивідуума,

що може займати різні клітки (або кілька різних індивідуумів можуть займати одну клітку). Таким чином, у клітинному автоматі клітки змінюють свій стан синхронно, і цикл моделювання є перебором станів кліток. В індивідуум-орієнтованих моделях цикл може складатися з перебору станів індивідуумів. Тобто у клітинному автоматі моделювання засноване на розбивці простору на однорідні ділянки, а в індивідуум-орієнтованих моделях описуються сутності, які змінюють положення в просторі. Звичайно, клітки в клітинному автоматі можуть перебувати в різних станах, і за допомогою визначення складних станів можна моделювати наявність індивідуумів у клітках та їхнє переміщення між клітками. Але це можливе лише при істотних обмеженнях.

Клітинний автомат є дискретною динамічною системою, сукупністю однакових кліток, певним чином з'єднаних між собою. Всі клітки утворюють мережу (сітку) клітинних автоматів. Стан кожної клітки визначається станом кліток, що входять у її локальний окіл, - найближчих сусідів [86]. Околом клітинного автомата з номером j називається множина його найближчих сусідів. Стан j -го клітинного автомата в момент часу $t+1$, таким чином, визначається так:

$$y_i(t+1) = F(y_j(t), O(j), t),$$

де F - деяке правило, яке можна виразити, наприклад, мовою булевої алгебри. У багатьох задачах вважається, що сама клітка відноситься до своїх найближчих сусідів, тобто $y_j(t) \in O(j)$, у цьому випадку формула спрощується: $y_i(t+1) = F(O(j), t)$. Клітинні автомати в традиційному розумінні задовольняють таким правилам:

- зміна значень усіх кліток відбувається одночасно (одиниця виміру - такт);
- мережа клітинних автоматів є однорідною, тобто правила зміни станів для всіх кліток однакові;
- на клітку можуть вплинути лише клітки з її локального околу;
- множина станів клітки скінченна.

Теоретично клітинні автомати можуть мати будь-яку розмірність, однак найчастіше розглядають одномірні та двовимірні системи клітинних автоматів.

Запропоновані далі моделі є двовимірними, тому подальший формалізм відноситиметься до даного випадку. У двовимірному клітинному автоматі сітка реалізується двовимірним масивом. Тому в цьому випадку зручно перейти до двох індексів, що цілком коректно для скінченних сіток.

У випадку двовимірних сіток, елементами яких є квадрати, найближчими сусідами, що входять в окіл елемента (клітки) $y_{i,j}$, можна вважати або

тільки елементи, розташовані догори-вниз і вліво-вправо від нього, так званий окіл фон Неймана:

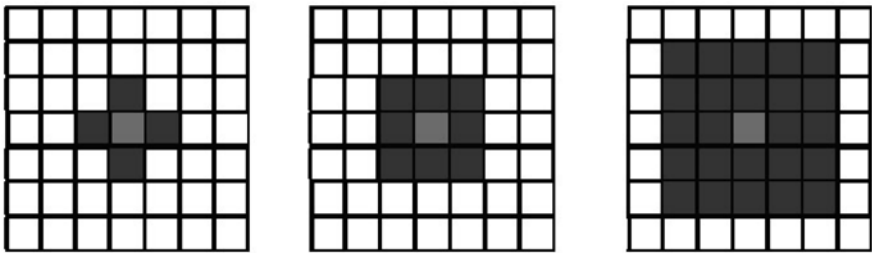
$$(y_{i-1,j}, y_{i,j-1}, y_{i,j}, y_{i,j+1}, y_{i+1,j}),$$

або додані до них ще й діагональні елементи окіл Мура (G. Moore):

$$(y_{i-1,j-1}, y_{i-1,j}, y_{i-1,j+1}, y_{i,j-1}, y_{i,j}, y_{i,j+1}, y_{i+1,j-1}, y_{i+1,j}, y_{i+1,j+1}).$$

У моделі Мура кожна клітка має вісім сусідів, у розширеній моделі - двадцять чотири (рис. 26).

Для усунення крайових ефектів сітка топологічно «згортається в тор» (рис. 27), тобто перший рядок вважається продовженням останнього, а останній – попереднім до першого. Те саме стосується й стовпців.



Околи:
фон Неймана

Мура

Розширений
окіл Мура

Рис. 26. Околи двомірних клітинних автоматів

Сказане дає змогу визначати загальне співвідношення значення клітки на кроці $t + 1$ порівняно із кроком t [87-89]:

$$y_{i,j}(t+1) = F(y_{i-1,j-1}(t), y_{i-1,j}(t), y_{i-1,j+1}(t), y_{i,j-1}(t), y_{i,j}(t), y_{i,j+1}(t), y_{i+1,j-1}(t), y_{i+1,j}(t), y_{i+1,j+1}(t)).$$

С. Вольфрам, класифікуючи різні клітинні автомати [35], виділив ті, динаміка яких істотно залежить від початкового стану. Підбираючи різні початкові стани, можна одержувати найрізноманітніші конфігурації й типи поведінки. Саме до таких систем відноситься класичний приклад - гра «Життя», винайдена Дж. Конвеєм, відома широкому колу читачів завдяки публікації в книзі М. Гарднера [90] (рис. 28). Правила варіанта гри «Життя» такі. Клітка перебуває в одному із двох станів - живому і неживому (чорно-

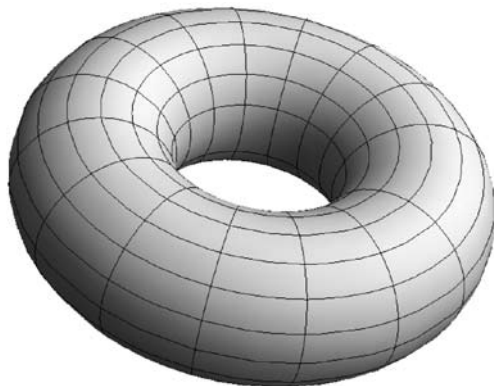


Рис. 27. Прямокутна область, згорнута в тор

му і білому. Якщо в околі клітки менше двох або більше трьох чорних кліток, то на наступному кроці вона зафарбовується в білі кольори (вмирає). Якщо сусідами клітки є рівно три чорних клітки, то на наступному кроці вона зафарбовується в чорні кольори (народжується). Поведінка систем клітинних автоматів у загальному випадку може бути зведена до динаміки складних нелінійних систем [91], однак це досить складна наукова задача для кожної конкретної системи клітинних автоматів.

Останнім часом здійснюються численні спроби типізації систем клітинних автоматів. Приведемо одну з найкращих. До систем клітинних автоматів першого типу відносяться такі системи, в яких незалежно від початкового стану за кінцеве число кроків здійснюють перехід до однорідного стану - всі автомати набувають стану спокою. У процесі еволюції клітинних автоматів другого типу система переходить до локалізованих стаціонарних або періодичних рішень. Картини активності системи клітинних автоматів третього типу є аперіодичними, тобто ці системи демонструють хаотичну поведінку. Динаміка систем клітинних автоматів четвертого типу істотно залежить від початкового стану. Підбираючи різні початкові стани, можна одержувати найрізноманітніші конфігурації.

У літературі є численні приклади застосування моделей клітинних автоматів для вирішення прикладних задач при аналізі та моделюванні соціальних процесів і процедур. Так, у роботах Т. Брауна [92] розглядається ряд контекстуальних моделей електорального процесу, в яких передбачається, що виборчі пріоритети індивідуума визначаються уподобаннями його найближчого оточення.

В одній з «бінарних» моделей передбачається, що індивідуум приймає рішення щодо голосування в момент $t + 1$ як одну з двох альтернатив: за

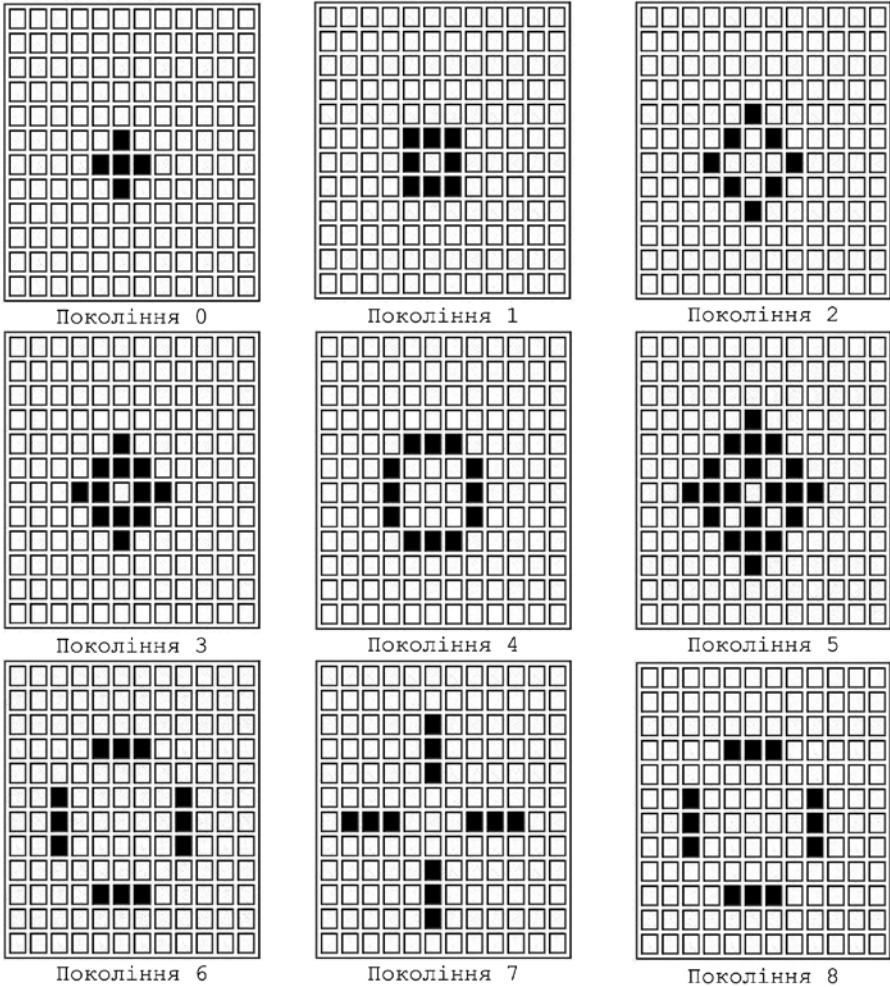


Рис. 28. Покоління гри «Життя» із заданою початковою конфігурацією

республіканців або демократів відповідно до правил простої більшості свого оточення - найближчих сусідів. Якщо з дев'яти чоловік п'ятеро або більше підтримують демократів, то індивідуум також голосує за демократів. Якщо більшість є республіканці, то індивідуум також розділяє точку зору більшості. У цьому випадку клітинний автомат має два стани: 1 - голосування за республіканців; 0 - голосування за демократів.

Деякі різновиди клітинних автоматів, які застосовуються в задачах соціології, наведені в [88, 89]. Зокрема, описується модель процесу расової сегрегації при виборі місця проживання [93].

У розглянутому прикладі передбачається, що кожна расова група воліє мати певний відсоток сусідів з тим самим кольором шкіри. Якщо ця умова не виконується, то родина перебирається до найближчого будинку, де процентний склад сусідів є прийнятним. У [93] застосовувалася модель клітинних автоматів з простими правилами та околom Мура. Побудована модель цілком реалістично описала процес поділу регіону на кілька расово-однорідних областей.

Подібна модель була запропонована в [94]. У рамках цієї моделі реалізуються такі правила взаємодії існуючих двох типів агентів. Агент бажає жити в оточенні собі подібних, тобто переміщається в область, де подібних йому агентів більше. У результаті формується структура, схожа на індійські касти.

Клітинні автомати з успіхом застосовуються також при моделюванні процесів поширення новин, інновацій [95].

У роботі Т. Брауна [92] розглядається модель електорального процесу. Він вважає, що виборчі переваги індивідуума визначаються уподобаннями його найближчого оточення, тобто індивідуум приймає рішення голосувати в момент $t + 1$ за республіканців або демократів відповідно до уподобань простої більшості. Враховуються погляди індивідуума та чотирьох його найближчих сусідів у момент t (окіл фон Неймана). Модель досліджувалася на великому часовому масштабі - до 20 000 тактів. Виявилось, що партійна боротьба приводить до дуже складних конфігурацій, які істотно залежать від вихідного розподілу.

Інша, створена ще в 1956 р. і відома як модель Тібу [96], розглядає людей, розташованих у кінцевій кількості районів міста. У рамках даної моделі кожен мешканець приймає рішення щодо юрисдикції свого проживання: залишатись або переїхати в інший район з метою максимізації значення своєї функції корисності. Агент приймає рішення на підставі аналізу набору локальних суспільних благ і рівня оподаткування. Існує багато чисельних результатів, пов'язаних з існуванням рівноваги моделі Тібу та її оптимальними властивостями.

Модель значно ускладнюється введенням додаткових умов політичних виборів і, відповідно, політичних партій. У результаті даного ускладнення модель Тібу стає схожою на штучне суспільство [97]. У цій модифікації агенти пересуваються з однієї юрисдикції в іншу та голосують за ту чи іншу політичну партію або за те чи інше питання.

У модифікованій моделі розглядається G районів ($j = 1, 2, \dots, G$), у яких проживає N мешканців. У всіх районах діють n партій, кожна з яких $k = 1, 2, \dots, n$

пропонує електорату свою платформу $p_k = (p_{k,1}, p_{k,2}, \dots, p_{k,i})$. Якщо партія виступає за певне питання i , то $p_{k,i} = 1$, у протилежному випадку $p_{k,i} = 0$. У рамках моделі кожен агент a має власну думку з усіх питань, що виражається числом, яке приймає значення в інтервалі $[-1, +1]$. Значення $v_{a,i}$ рівномірно розподілені на цьому інтервалі. Корисність агента за умови реалізації платформи p_k обчислюється за формулою:

$$U_a(p_k) = \sum_i p_{k,i} \times v_{a,i} .$$

У рамках моделі агент голосує за партію, яка пропонує платформу, що забезпечує йому максимальну корисність.

Наявна політична практика охоплює різні підходи до трансформації індивідуальних голосів у політичні рішення, серед яких найактуальнішими є референдум або пряма демократія. Результатом референдуму стає партійна платформа p_i , при якій кількість людей з $v_{a,i} > 0$ більше числа людей із $v_{a,i} < 0$ для кожного i . Модель показує, що у випадку прямої демократії не залишається місця для політичних партій. Люди голосують не за партію, а за конкретні питання.

Інша форма представницької демократії - пряма конкуренція, при якій люди голосують за партії, відтак партія з максимальним числом голосів здобуває владу. Третя форма розглянута в рамках даної моделі - це пропорційне представництво, що відповідає парламентській владі. При цій формі кожна політична партія одержує вплив, пропорційний кількості голосів, що проголосували за неї.

За допомогою формалізації представленої моделі авторами [98, 99] отримані відповіді на запитання:

1. Який режим у термінах агрегованої функції добробуту є найкращим і за яких умов?
2. Яким чином кількість політичних партій впливає на значення функції добробуту?
3. Яким чином число юрисдикцій пов'язане зі значенням функції добробуту?
4. Який тип партійної поведінки є найкращим з погляду функції добробуту та ймовірності виграти або зібрати найбільше число голосів?

Зокрема, обчислення в рамках даної моделі показали, що при одній юрисдикції президентський режим дає кращі результати в термінах значень функції добробуту при невеликій чисельності партій. Якщо ж партій більше двох, то кращим стає парламентський режим. У випадку множини юрисдикцій обидва режими приводять до кращих результатів, якщо юрисдикцій більше, ніж одна.

РОЗДІЛ 5. ПРИКЛАДИ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР

При дотриманні формалізму клітинних автоматів стає можливим дослідження достатньо складних соціальних процедур, типів колективної поведінки [100]. Спеціальні системи клітинних автоматів можуть бути використані для пояснення групової поведінки. Члени групи можуть переслідувати різні цілі, мати різні мотивації (економічні, соціальні, політичні).

У роботі [101] побудована та досліджена модель еволюційного виникнення цілеспрямованої поведінки, обумовленої мотиваціями, продемонстровано, що мотивації відіграють важливу роль у формуванні адаптивної поведінки. Відомо, що мотивація - це один із важливих факторів цілеспрямованої поведінки. Роль мотивації - формування мети та підтримка цілеспрямованих форм поведінки, тобто мотивація може розглядатись як активна рушійна сила, що стимулює знаходження такого рішення, яке адекватне потребам суб'єкта. Розуміння основних механізмів цілеспрямованої поведінки відкриває можливості для їхнього використання при розробці штучних адаптивних систем. Основні припущення розглянутої моделі полягають у наступному:

1. Є популяція агентів, що мають природні потреби (енергія, розмноження).

2. Кожна потреба характеризується кількісно мотивацією.

Наприклад, якщо енергетичний ресурс агента малий, то є мотивація знайти їжу та поповнити енергетичний ресурс.

Розглянемо популяцію P агентів A , що перебувають в одномірному клітинному середовищі, замкнутому у вигляді тора. У клітках з деякою імовірністю з'являється ресурс, необхідний агентам для активного існування. Модель має наступні основні характеристики:

- в одній клітці може перебувати тільки один агент;
- величина внутрішнього ресурсу r не обмежена;
- агенти не можуть нападати один на одного;
- агент-нащадок може з'явитися тільки в результаті схрещування двох агентів-батьків.

Якщо два агенти в сусідніх клітках здійснюють дію схрещування, то можлива поява нового агента. У цьому випадку батьки передають однакові частини своєї енергії (k) нащадкові, відповідно, їхня енергетика зменшиться на k в кожного, а нащадок одержує початковий ресурс енергії $r_0 = 2k$.

Оптимальний ресурс агента r_0 визначається на три-чотири порядки більше, ніж витрати на виконання будь-якої дії (наприклад, $r_0 = 10^4 k$). Наявність оптимального ресурсу енергії дозволяє агенту існувати кілька тисяч тактів часу. Значення ресурсу r_1 , що визначає мотивацію до схрещування, задавалося як $r_0 = 0,5r_0$.

Основні результати представленого моделювання дали змогу зробити такі висновки:

1. Під час представленого еволюційного процесу має місце ефект цілеспрямованої поведінки: якщо зрівняти популяцію агентів, що мають мотиваційні входи, з популяцією агентів, у яких ці входи штучно «подавлені», то еволюційний процес приводить до того, що перша популяція (з мотиваціями) має значні еволюційні переваги порівняно з другою (без мотивацій).

2. У рамках цієї моделі виникає парадоксальна поведінка агентів: вони не тільки навчаються діяти відповідно до ситуації у зовнішньому середовищі, а й знаходять стратегію недіяння - найчастіше агенти нічого не роблять, вичікуючи зручного моменту, коли ситуація в зовнішньому середовищі зміниться, після чого необхідно буде виконати дію, що приведе до корисного результату.

5.1. Модель, що враховує вплив оточення

У [102] розглядалося узагальнення моделі Брауна на випадок, коли враховуються погляди індивіда та восьми його найближчих сусідів (окіл Мура). При цьому електорат ділиться не на дві, як у Брауна, а на чотири частини, розподілені у різних пропорціях, наприклад, нейтральний (40% - білі клітки) і симпатизуючий трьом партіям із заданим розподілом (наприклад, 25% - чорні клітки, 20% - сірі клітки та 15% - світло-сірі клітки), тобто клітки в розглянутій моделі можуть приймати чотири значення (що, мабуть, не обмежує загальності). Саме поведінка нейтральної частини електорату принципово відрізняє цю модель від інших і дає змогу наблизитися до реалій виборчої кампанії в умовах багатопартійності. Незважаючи на те, що дана модель, яка описує складні соціально-психологічні явища, безумовно, є спрощеною, однак, вона досить точно описує динаміку електоральних полів і дає змогу робити цілком реалістичні прогнози на якісному рівні.

Механізм моделювання соціальної самоорганізації, застосований авторами, може розглядатись як доповнення до традиційних моделей динаміки складних нелінійних систем.

Онлайн-варіант моделі дає змогу спостерігати за сіткою 40 x 40 кліток. На початковому етапі клітки випадково розподіляються по сітці (рис. 29). На кожному наступному такті моделі клітки перефарбовуються в кольори, що відповідають кольорам більшої частини кліток з околу (включаючи її саму), крім одного випадку - виключення. Якщо клітка кольорова, то вона не може перефарбовуватися в білі кольори, а перефарбовується в кольори, що відповідають кольорам більшості «пофарбованих» сусідів. Це виключення відповідає тому факту, що в реальному житті байдужі до політичних процесів люди рідко переконують прихильників тієї або іншої партії.

Формально наведені вище правила можна записати таким чином:

$$y_{i,j}(t+1) = \begin{cases} \arg \max_{k=1,\dots,3} C(k, O(i,j), t), & y_{i,j}(t) \neq 0; \\ \arg \max_{k=0,\dots,3} C(k, O(i,j), t), & y_{i,j}(t) = 0. \end{cases}$$

Тут $O(i,j)$ – окіл клітки з індексами i,j ; $C(k, O(i,j), t)$ – кількість елементів зі значенням k в околі $O(i,j)$ в момент часу t .

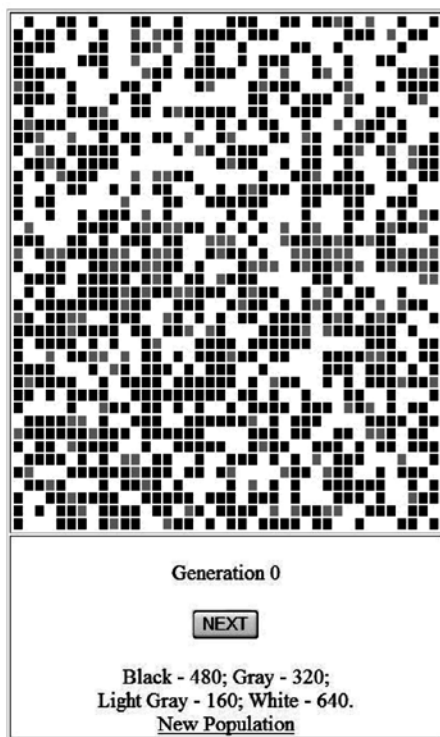


Рис. 29. Варіант вихідного стану таблиці клітинних автоматів

Авторами були виконані дослідження моделі, які цілком може повторити читач. Це свідчить про те, що процес досить швидко стабілізується (10-40 тактів), приймаючи різноманітні кінцеві стани (рис. 30).

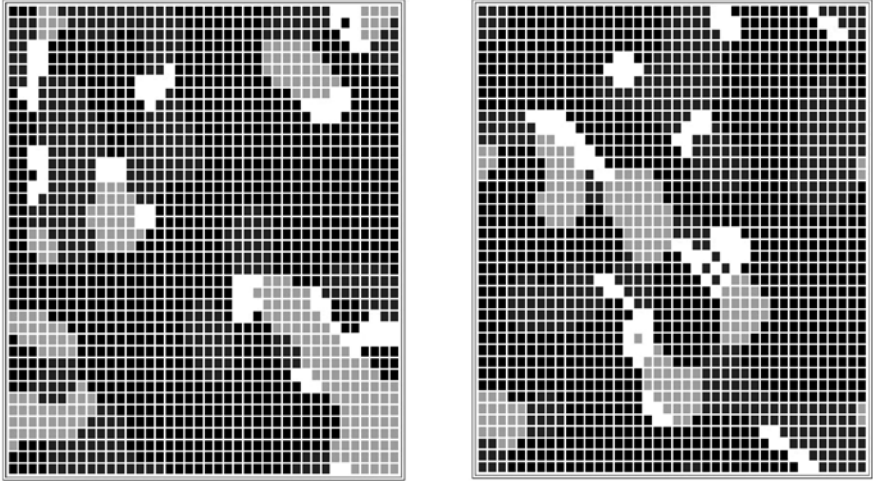


Рис. 30. Варіанти кінцевого стабільного стану клітинних автоматів

На рис. 31 наведена динаміка еволюційних переваг електорату в рамках запропонованої моделі, що дала змогу зробити деякі цілком реалістичні висновки.

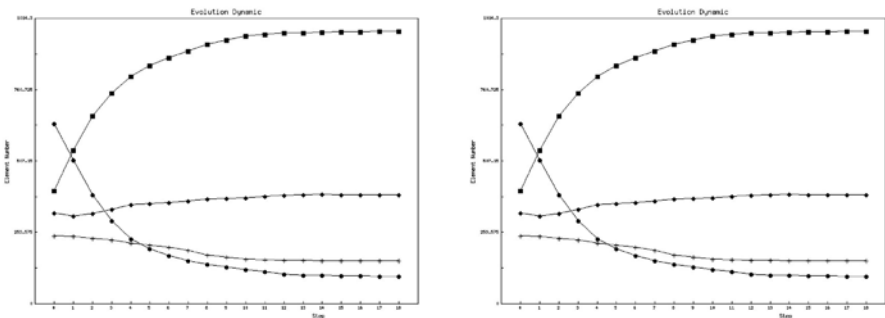


Рис. 31. Приклади динаміки еволюції переваг електорату (вісь Ox – такти моделі, вісь Oy – кількість кліток, що відповідають електоратам):

■ - чорні, ● - білі, ◆ - сірі, + – світло-сірі клітки

Острівці електорату, що відносяться до малих партій, найчастіше гинуть, залишаючись існувати лише у двох випадках: коли їхня конфігурація стабільна (наприклад, утворить квадрат із зрізаними кутами), або коли вони перебувають у безпосередній близькості до електорату інших партій, які взаємно компенсують свій вплив.

Розглянута модель також дає змогу виявити деякі загальні властивості, які цілком можуть застосовуватися під час оцінки можливих результатів виборчих кампаній:

- висока збіжність - повна стабілізація відбувається за 10 - 40 тактів;
- при стабілізації відсоток електорату лідируючої партії зростає з 25% до 55-65%;
- частка людей, що симпатизують партії з мінімальним електоратом, незначно знижується до 5-8%;
- частка другої за кількістю електорату партії залишається стабільною;
- основний приріст прихильників лідируючої партії відбувається за рахунок нейтральної частини електорату.

Покажемо, як може бути здійснений перехід від наведеної базової моделі системи клітинних автоматів до системи звичайних диференціальних рівнянь.

Позначимо:

x — кількість чорних кліток у розглянутій системі;

y — кількість сірих кліток;

z — кількість світло-сірих кліток;

w — кількість білих кліток;

t — час;

c_x, c_y, c_z, c_w - нормуючі константи;

N - кількість кліток у системі клітинних автоматів.

Аналізуючи логіку розглянутої вище системи клітинних автоматів, можна припустити, що на швидкість приросту числа чорних кліток позитивно впливає кількість чорних і білих кліток. Кількість сірих і світло-сірих кліток, очевидно, негативно впливає на швидкість приросту кількості чорних кліток. Зазначене твердження можна записати у вигляді диференціального рівняння:

$$\frac{dx}{dt} = c_x x - c_y y - c_z z + c_w w.$$

Аналогічні міркування можна привести для сірих і світло-сірих кліток. На швидкість приросту кількості сірих кліток позитивно впливає кількість сірих і білих кліток. Кількість чорних і світло-сірих кліток, очевидно, негативно впливає на швидкість зростання сірих кліток. Відповідно, на швидкість приросту кількості світло-сірих кліток позитивно впливає кількість

світло-сірих і білих кліток і негативно - кількість чорних і сірих кліток. Запишемо висловлені припущення у вигляді ще двох диференціальних рівнянь системи:

$$\frac{dy}{dt} = c_y y - c_x x - c_z z + c_w w;$$

$$\frac{dz}{dt} = c_z z - c_x x - c_y y + c_w w.$$

Крім того, справедлива умова балансу:

$$x + y + z + w = N.$$

Наведені три диференціальних рівняння та умови нормування можна дискретизувати, приводячи до системи з трьох ітераційних рівнянь:

$$\begin{cases} x_{t+1} - x_t = c_x x_t - c_y y_t - c_z z_t + c_w (N - x_t - y_t - z_t); \\ y_{t+1} - y_t = c_y y_t - c_x x_t - c_z z_t + c_w (N - x_t - y_t - z_t); \\ z_{t+1} - z_t = c_z z_t - c_x x_t - c_y y_t + c_w (N - x_t - y_t - z_t). \end{cases}$$

Відповідно:

$$\begin{cases} x_{t+1} = (c_x + 1)x_t - c_y y_t - c_z z_t + c_w (N - x_t - y_t - z_t); \\ y_{t+1} = (c_y + 1)y_t - c_x x_t - c_z z_t + c_w (N - x_t - y_t - z_t); \\ z_{t+1} = (c_z + 1)z_t - c_x x_t - c_y y_t + c_w (N - x_t - y_t - z_t). \end{cases}$$

На рис. 32 представлені криві, що відповідають динаміці зміни значень x , y , z , w від часу t , отримані шляхом чисельного розв'язку відповідної системи рівнянь ітераційних рівнянь із обраними нормуючими константами $c_x = c_y = c_z = c_w = 0.15$, і $N = 1600$:

$$\begin{cases} x_{t+1} = 0.15x_t - 0.15(y_t + z_t) + 0.15(1600 - x_t - y_t - z_t); \\ y_{t+1} = 0.15y_t - 0.15(x_t + z_t) + 0.15(1600 - x_t - y_t - z_t); \\ z_{t+1} = 0.15z_t - 0.15(x_t + y_t) + 0.15(1600 - x_t - y_t - z_t). \end{cases}$$

Представлені залежності цілком відповідають кривим, наведеним на рис. 31. Слід зазначити, що кількість «вільних» нормуючих констант, а також деяка вільність припущень при формулюванні диференціальних рівнянь значно знижують довіру до моделі порівняно навіть із такими підходами, як індивідуум-орієнтоване моделювання або його окремий випадок, представлений клітинними автоматами.

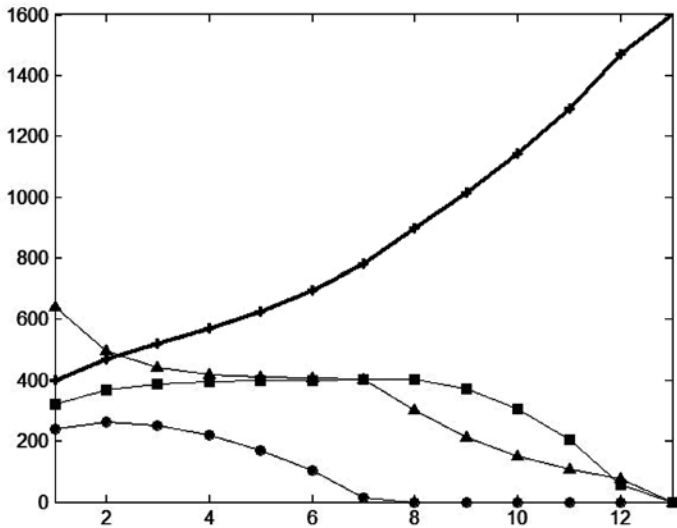


Рис. 32. Залежності, отримані з динамічної моделі, що відповідають системі клітинних автоматів:

⊕ - чорні клітки; ■ - сірі клітки; ● - світло-сірі клітки; ▲ - білі клітки

5.2. Модель, що враховує «далекі зв'язки»

Імовірно, немає потреби доводити, що один із найважливіших факторів суспільних процесів - це комунікації між членами соціуму.

Часто при обговоренні питань інформаційного обміну в суспільній системі згадують легенду про те, як винахідник шахів попросив собі в нагороду за першу клітку одне зерно, за другу - два, за третю - чотири і т. д. Саме так відбувається в реальності, якщо ви повідомите якусь новину двом своїм друзям, кожен з них передасть її двом своїм друзям і т. д. Скільки буде потрібно ітерацій для того, щоб все населення країни виявилось поінформованим? Питання саме по собі не позбавлене інтересу, хоча й має простий розв'язок. Однак у реальному світі людських комунікацій не все так просто. Для початку варто врахувати, що ті двоє, кому ви передаєте повідомлення, можуть його вже знати з альтернативного джерела, а двоє інших громадян, відповідно, залишаться непоінформованими. Існують й інші фактори, не настільки очевидні, а в ряді випадків і просто невідомі. Хоч би як там було, реальні просторово-розподілені процеси комунікації в суспільних системах мають вельми складну поведінку і часто зводяться до несподіваних конфігурацій, наприклад, до утворення не пов'язаних між собою стійких «острівців».

Сказане не вичерпується одним тільки спілкуванням. Усе це є справедливим для будь-яких мережних міжлюдських стосунків, що містять у собі просторовий аспект (у тому або іншому розумінні). І це, як неважко зрозуміти, має безпосереднє відношення до електоральних процесів та інформаційних операцій. Зокрема, у цьому сенсі можна говорити про топологічні властивості електорального простору, що може бути предметом самостійних досліджень.

Слід зазначити, що мережа відносин між людьми, які утворюють електорат, допускає аналогії на змістовному рівні з мережами, утвореними, наприклад, гіперпосиланнями в Інтернеті або цитуваннями в науці. Тому мережі, утворені відносинами електорату, з повним правом є соціальними мережами, досліджувати які можна, базуючись на існуючому підході до аналізу таких мереж - SNA (*Social Network Analysis*).

В рамках дослідження соціальних мереж були розроблені концепції «малих світів» і «далеких зв'язків», з урахуванням яких була вдосконалена наведена вище модель, яка базувалася на системі клітинних автоматів.

Як в описаному вище випадку, електоральне поле спочатку було розділене на 4 частини, у пропорції 40% - нейтральні, 25% - чорні; 20% - сірі й 15% - світло-сірі клітки. Як і раніше враховувалися погляди індивідуума та восьми його найближчих сусідів (окіл Мура). Крім того, для кожної клітки враховувався стан одного або декількох «далеких зв'язків» (їхня кількість вибиралася заздалегідь при запуску моделі).

Модифікований зазначеним чином алгоритм описує реалістичнішу картину. Дійсно, на окрему людину впливають не тільки його близькі, друзі або товариші по службі. Дуже часто існують авторитетні для даної людини особи, наприклад, розсереджені територіально.

Варіант модернізованої моделі дає змогу спостерігати за сіткою клітинних автоматів розміром у 40 x 40 кліток. Формально модифіковані правила можна записати так:

$$y_{ij}(t+1) = \begin{cases} \arg \max_{k=1,\dots,3} C(k, O(i,j) \cup P(i,j), t), y_{ij}(t) \neq 0; \\ \arg \max_{k=0,\dots,3} C(k, O(i,j) \cup P(i,j), t), y_{ij}(t) = 0. \end{cases}$$

Тут $O(i,j)$ – окіл клітки з індексами i, j ; $P(i,j)$ - клітки, що відповідають далеким зв'язкам для клітки i, j ;

$C(k, O(i,j) \cup P(i,j), t)$ – кількість елементів зі значенням k в околі $O(i,j)$ в момент часу t .

Проведені дослідження моделі показали, що на відміну від першої моделі, швидкість збіжності (приходу до стаціонарних станів) виявилася дуже високою (10-30 тактів), при цьому кінцеві стани свідчать про значну кількісну перевагу електорату, що має на початку незначну перевагу (рис. 33). На рис. 34 наведена динаміка переваг електорату в рамках модифікованої моделі.

Розглянута модель показує, що електорат, який представляє малі партії, у підсумку змінює симпатії, причому значно частіше, ніж у базовій моделі, представленій вище. У цьому випадку основний приріст прихильників лідируючих партій відбувається за рахунок електорату партій-аутсайдерів.

Разом з тим, життєва практика показує, що партії-аутсайдери найчастіше з успіхом зберігають і примножують свій електорат. Імовірно ці процеси швидше за все можна пов'язати із впливом деяких зовнішніх факторів.

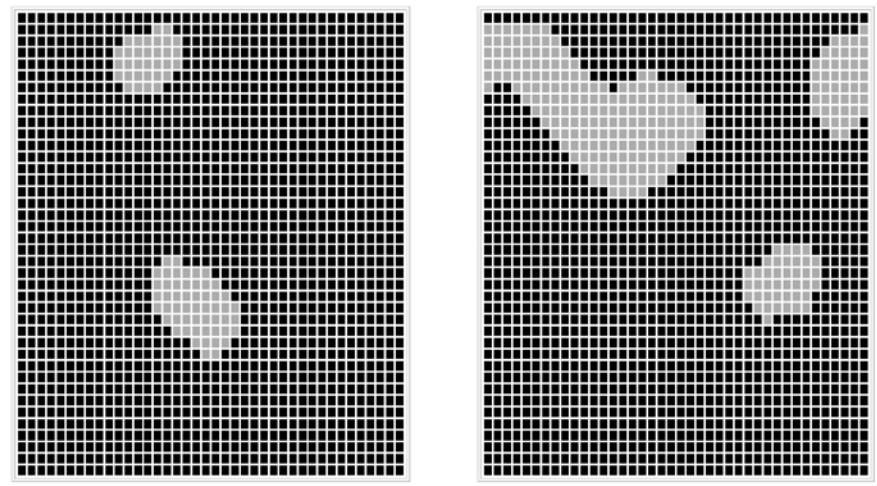


Рис. 32. Варіанти кінцевого стабільного стану модифікованої системи клітинних автоматів з «далекими зв'язками»

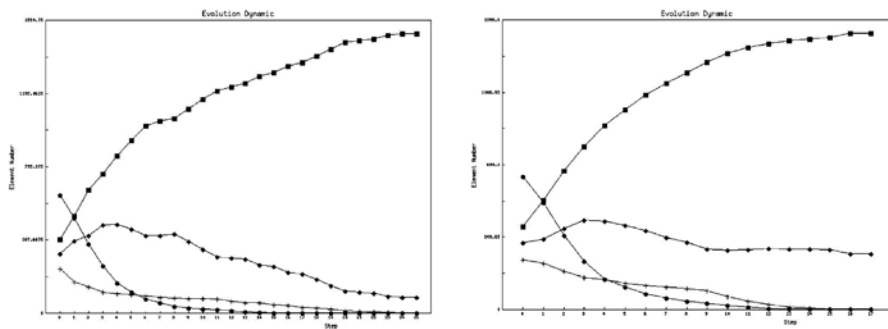


Рис. 33. Приклади динаміки еволюції електорального поля (вісь X – такти моделі, вісь Y – кількість кліток, що відповідають електоратам):

■ - чорні, ● - білі, ◆ - сірі, + – світло-сірі клітки

5.3. Модель, що враховує вплив ззовні

Фактор зовнішнього впливу, що накладається на розглянуту вище базову клітинну модель, полягає в деякій зміні алгоритму потактового перекрашування кліток. Передбачається, що під дією зовнішніх факторів, наприклад, у результаті впливу політичної реклами в ЗМІ, думка виборця залежатиме не тільки від кількості сусідів певної електоральної орієнтації, а й від «коефіцієнта підсилення» їхнього впливу. Формально процес еволюції клітки при цьому можна записати так:

$$y_{ij}(t+1) = \begin{cases} \arg \max_{k=1,\dots,3} C(k(1+v_k), O(i,j), t), y_{ij}(t) \neq 0; \\ \arg \max_{k=0,\dots,3} C(k(1+v_k), O(i,j), t), y_{ij}(t) = 0. \end{cases}$$

Тут $O(i,j)$ – окіл клітки з індексами i, j ; v_k – коефіцієнт зовнішнього впливу фактора k ; $C(k(1+v_k), O(i,j), t)$ – кількість елементів зі значенням k в околі в момент часу t .

Авторами розглядалася модифікована базова модель з параметрами зовнішнього впливу, що вибираються при запуску процесу еволюції.

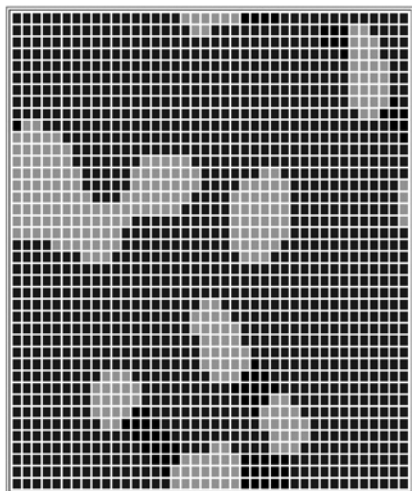
Результати моделювання, наведені на рис. 35, свідчать про вирішальний внесок у динаміку електоральних полів зовнішнього впливу. У цьому випадку блоки з найменшою початковою чисельністю, але які мають мінімальну перевагу в зовнішньому впливі, практично витісняють лідируючі на початку електоральні сили. На рис. 36 показана відповідна динаміка зміни чисельності електорату.

5.4. Модель, що враховує внутрішній вплив

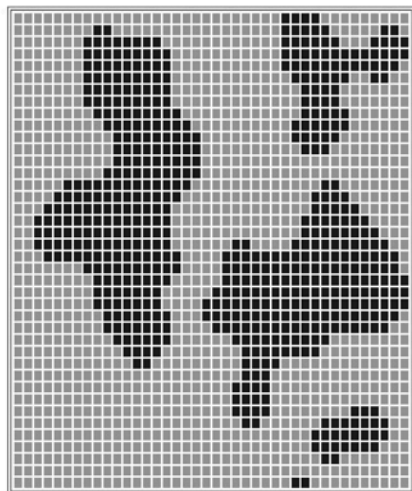
Фактор впливу компромату, що накладається на базову клітинну модель, полягає в деякій зміні алгоритму, зумовленій наступними міркуваннями з теорії масового обслуговування. Припустимо, що кожна сила «виліває» компромат проти інших сил з періодичністю, яка відповідає простому пуасонівському потоку з різними інтенсивностями (можливо нульовими). Якщо в процесі беруть участь три політичні сили, то перша генерує компромат проти другої з інтенсивністю $\lambda_{1,2}$, а проти третьої – з інтенсивністю $\lambda_{1,3}$. Аналогічно, друга сила генерує компромат з інтенсивностями $\lambda_{2,1}$ й $\lambda_{2,3}$, а третя – з інтенсивностями $\lambda_{3,1}$ й $\lambda_{3,2}$.

Якщо припустити незалежність процесів генерації компромату, то звідси витікає, що потік компромату проти кожної окремої сили буде також найпростішим пуасонівським із параметрами – проти першої - $\lambda^{(1)} = \lambda_{2,1} + \lambda_{3,1}$, проти другої - $\lambda^{(2)} = \lambda_{1,2} + \lambda_{3,2}$, проти третьої $\lambda^{(3)} = \lambda_{1,3} + \lambda_{2,3}$.

Вважатимемо, що вплив компромату триває якийсь час (кількість тактів), що також є випадковою величиною з найпростішим пуасонівським розпо-

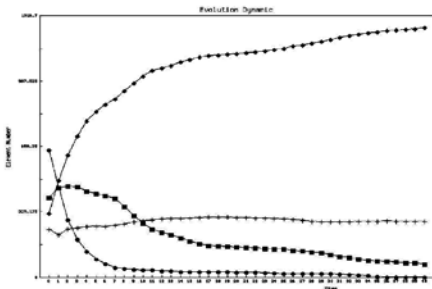


а)

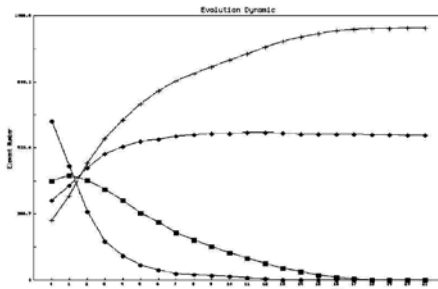


б)

Рис. 35. Підсумкові «картинки» еволюції електоральних полів:
а) - співвідношення коефіцієнтів підсилення: 0 - 0.25 - 0.25; б) 0 - 0.25 - 0.50



а)



б)

Рис. 36. Динаміка еволюції електоральних полів:
а) - співвідношення коефіцієнтів підсилення: 0 - 0.25 - 0.25; б) 0 - 0.25 - 0.50;
■ - чорні, ● - білі, ◆ - сірі, + - світло-сірі клітки

ділом. Параметри цього розподілу $\mu^{(1)}$, $\mu^{(2)}$ і $\mu^{(3)}$ відповідають «уразливості» тієї або іншої сили впливу компромату. У моделі також вважається, що якщо проти деякої сили надійшла чергова порція компромату, а дія попередньої порції не завершилася, то новий компромат відкидається, якщо його прогнозний час дії менше часу дії попередньої порції компромату, який залишився. У протилежному випадку дія попередньої порції припиняється, і починає діяти знову порція, що надійшла.

Тобто передбачається, що під дією компромату, який надходить, думка виборця з приводу тієї сили, на яку спрямований компромат, погіршуватиметься (у моделі сумарна величина, яка залежить від кількості сусідніх кліток, що відповідають цій силі, зменшуватиметься на одиницю протягом усього періоду дії компромату).

Авторами розглядалася модифікована базова модель із параметрами зовнішнього впливу, обраними при запуску процесу еволюції. На рис. 37 показані результати моделювання для реалізації моделі з такими параметрами (потактова динаміка відповідного процесу наведена на рис. 38):

- розмір поля системи клітинних автоматів - 40x40;
- початковий розподіл кліток, що відповідають трьом силам, однаковий - по 447 кліток (~30 %), рівномірно розмішених по полю системи. 159 кліток, що залишилися, не відповідають ніякій силі (білі);
- інтенсивність надходження компромату проти кожної із сил однакова $\lambda^{(1)} = \lambda^{(2)} = \lambda^{(3)} = 0.2$ (в середньому 1 порція за 5 тактів);
- інтенсивність впливу компромату різна – для першої сили вона становить $\mu^{(1)} = 0.2$ (в середньому діє 5 тактів), а для другої $\mu^{(2)} = 0.3$, для третьої $\mu^{(3)} = 0.6$.

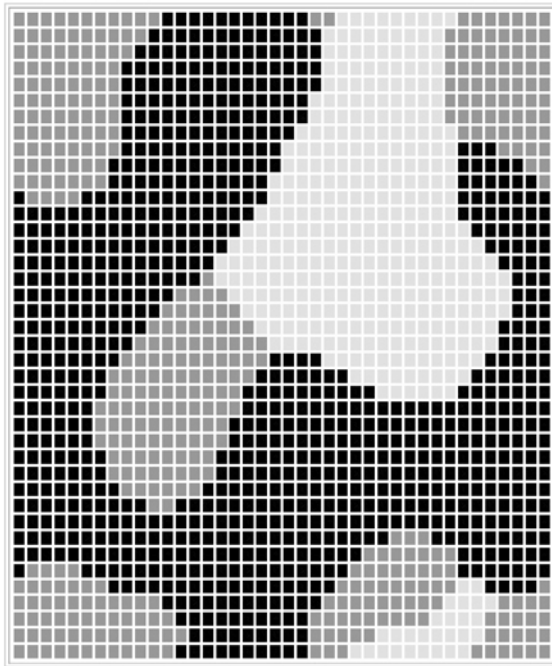


Рис. 37. Приклади підсумкового стану еволюції електорального поля з урахуванням впливу компромату

Наведені вище моделі систем клітинних автоматів мають загальну властивість, яка полягає в простоті правил «життя» кожного окремого автомата. Разом з тим, множина кліток у сукупності показує у результаті еволюції зовсім нетривіальні результати, які на якісному рівні найчастіше виявляються реалістичнішими, ніж у випадку застосування традиційної аналітичної моделі.

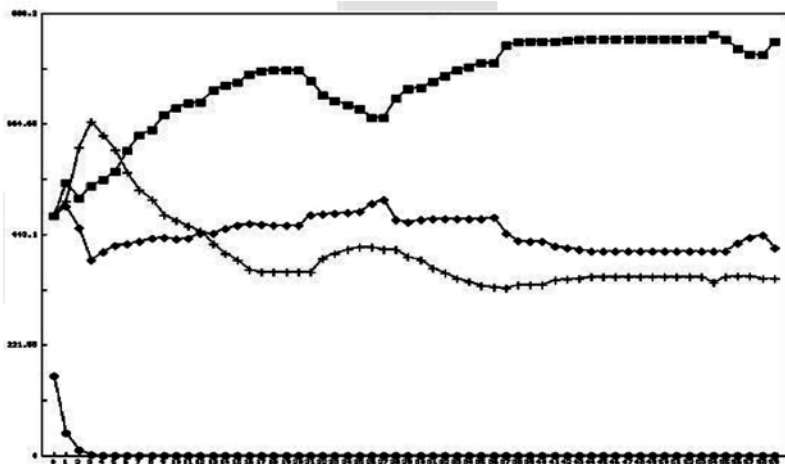


Рис. 38. Динаміка еволюції електорального поля з урахуванням впливу компромату, вісь абсцис — такт системи клітинних автоматів; вісь ординат — кількість кліток відповідного кольору:
● - білі, ■ - чорні, ◆ - сірі, + — світло-сірі клітки

5.5. Модель із нерівномірним початковим розподілом

Всі наведені вище моделі значною мірою залежать від початкового стану, тобто від початкового «розфарбування» поля системи клітинних автоматів. Відповідно, у наведених моделях прикладають спеціальні зусилля (наприклад, додаткові перемішування), щоб розподіл кліток різних кольорів був по можливості наближеним до рівномірного.

Разом з тим, іноді варто спеціально враховувати нерівномірність початкового розподілу кліток - їхнє положення в моделі може асоціюватися, наприклад, з географічним розподілом об'єктів дослідження.

У розглянутій далі моделі, що функціонує аналогічно представлений базовій, фіксується кількість кліток певних кольорів: світло-сірих - 10%, сірих 20%, чорних 30% і білих - 40%. При цьому фіксується початковий стан, представлений у вигляді смуг (рис. 39), після чого відбувається перемішування - різні клітки з випадково обраними позиціями міняються місцями - ця операція виконується задану наперед кількість разів, яка обумовлена

«коефіцієнтом перемішування» (рис. 40), у такий спосіб: якщо розмір поля системи клітинних автоматів становить $N \times N$ кліток, то кількість перемішувань задається формулою: $K = \alpha N^2$, де α - коефіцієнт перемішування.

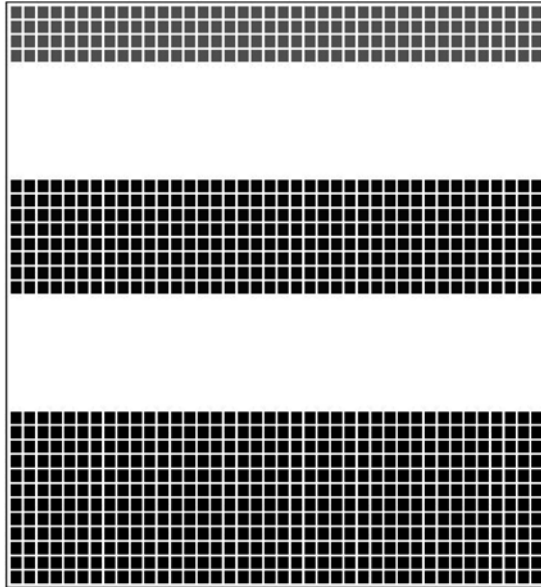


Рис. 39. Початковий «неперемішаний» стан

При моделюванні виявилося, що при $\alpha < 0,5$ у результаті еволюції системи клітинних автоматів співвідношення кліток сірого, світло-сірого та чорного кольорів багато в чому збігається з початковим станом (кількість чорних і сірих кліток збільшується в абсолютному значенні лише за рахунок білих кліток).

На рис. 41 наведено стабілізований стан системи клітинних автоматів з коефіцієнтом перемішування 0.6, початковий стан якої представлено на рис. 40. Можна відзначити, що за наведеним стабілізованим станом ще можна визначити особливості початкового, неперемішаного стану. Динаміка еволюції даної системи клітинних автоматів, що характеризується високим ступенем збіжності, наведена на рис. 42.

Цікаво, що перемішаний стан з коефіцієнтом $\alpha = 0.9$, що у вихідному вигляді створює враження повністю випадкового (рис. 43), також у процесі еволюції приводить до «смугастої» структури, близької до вихідного стану (рис. 44). Лише перемішування з коефіцієнтом, більшим одиниці, приводить до візуально «випадкового» стабілізованого стану системи, що співпадає з наведеним вище базовим випадком.

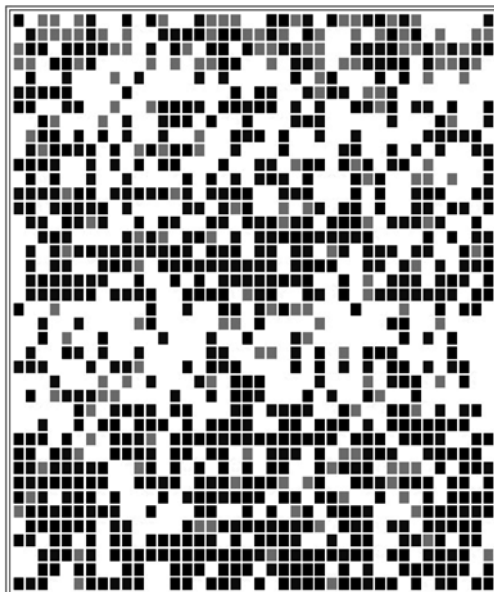


Рис. 40. «Перемішаний» стан. Коефіцієнт перемішування - 0.6

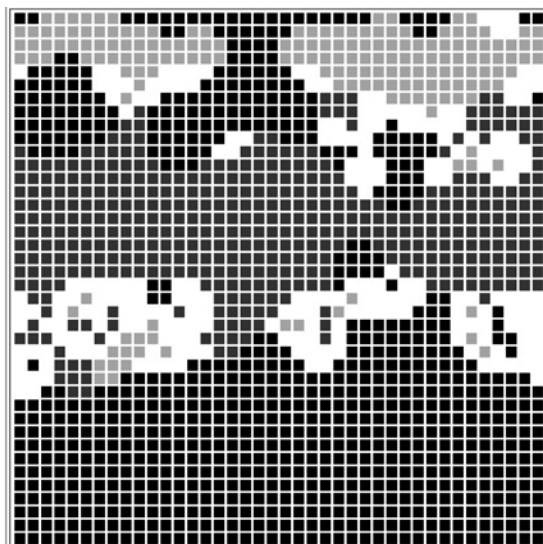


Рис. 41. Стабілізований стан системи з коефіцієнтом перемішування 0.6

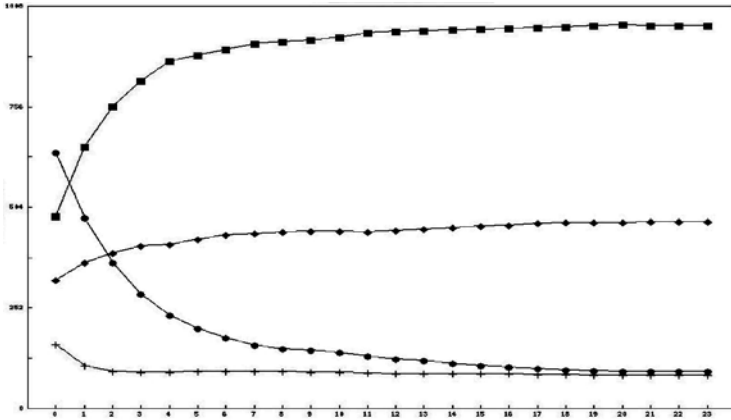


Рис. 42. Динаміка еволюції системи клітинних автоматів із коефіцієнтом перемішування 0,6, вісь абсцис – такт системи клітинних автоматів; вісь ординат – кількість кліток відповідних кольорів: ■ - чорні, ◆ - сірі, ⊕ – світло-сірі клітки

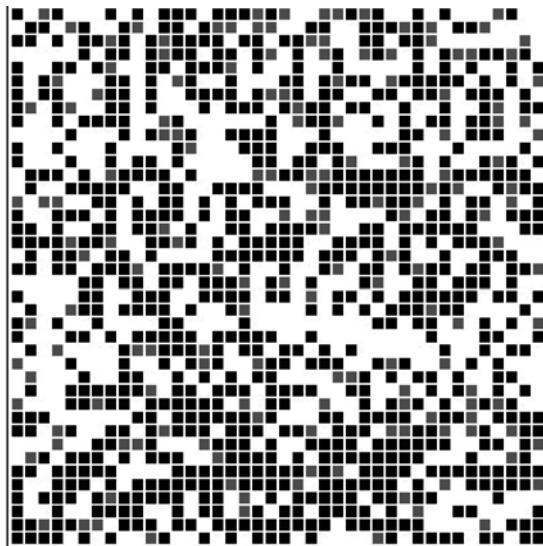


Рис. 43. «Перемішаний» стан. Коефіцієнт перемішування - 0.9

Наведена модель системи клітинних автоматів із нерівномірним початковим розподілом дає змогу зробити висновок про те, що для структурної зміни стану поля клітинних автоматів недостатньо часткового «перемішування» кліток, необхідна майже повна заміна.

Якщо розглядати наведену систему клітинних автоматів як спрощену модель обміну кадрами між регіонами, взаємодії типу «місто-село», переселення народів, то можна зробити висновок про те, що адаптивні можливості індивідів перевищують вплив факторів переселення і загальна структура системи не зазнає глобальних змін. Подібний висновок можна зробити і про вплив можливих спроб «перефарбування» окремих індивідуумів (а не соціальних груп) з боку конкуруючих «колективів», наприклад, шляхом агітації, інформаційного впливу, підкупу тощо.

5.6. Модель дифузії інформації

Механізми, пов'язані з поширенням інформації, відіграють настільки важливу роль в інформаційних операціях, що вивчення їх є однією з ключових задач. Тому проаналізуємо одну з найцікавіших сторін процесів інформаційного обміну.

Як уже зазначалося, однією з головних властивостей інформації із сучасної точки зору є її здатність до руху. Тут звернемося до ще одного напрямку у вивченні процесів, пов'язаних з інформацією. Конкретно, йтиметься про явище, яке часто називають дифузією інформації.

Нагадаємо, що в природничих науках під дифузією розуміють взаємне проникнення однієї до другої речовин, які дотикаються, викликане тепловим рухом їхніх часток. Важливо зазначити, що дифузія відбувається в напрямку падіння концентрації речовини і веде до його рівномірного розподілу по всьому обсязі, який зайнятий.

Для розуміння суті справи треба насамперед зважити, що інформація також у певному сенсі складається з «часток» - документів. І ці «частки» у певних умовах можуть взаємно переміщатися з однієї області інформаційного простору в іншу.

Така постановка питання припускає, що можна надати змісту поняттю межі областей інформаційного простору. Нині загальний розв'язок цієї проблеми відсутній, однак у більшості конкретних випадків межа області інформаційного простору може бути визначена відповідно до поставленої задачі. Так, гарним наближенням може бути виділення територій, населення яких має істотно більший рівень поінформованості, ніж їхнє оточення (міська та сільська місцевість тощо). Тоді межа областей набуває цілком фізичного характеру. Складніша ситуація виникає при контактах різних соціальних груп, по-різному інформованих щодо певних питань. Тут межа областей виникає в умовній зоні комунікацій їхніх представників і тому не

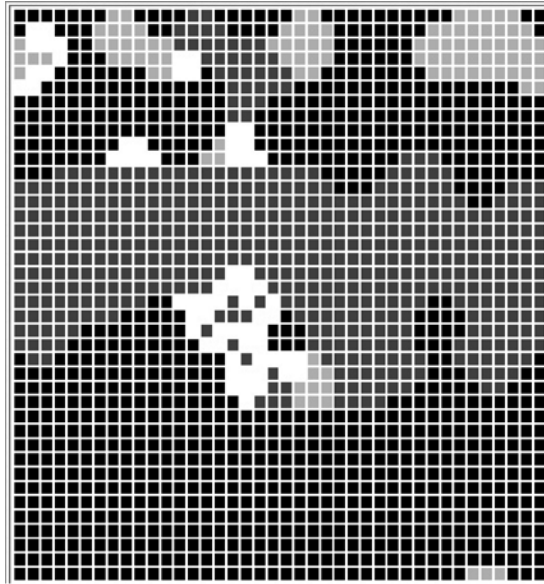


Рис. 44. Стабілізований стан системи з коефіцієнтом перемішування 0.9

має територіального аспекту. Таким чином, вона повинна бути визначена в деякому абстрактному просторі, проте, уявити її в сенсі проявів у механізмі комунікацій не потребує особливих труднощів. Відзначимо також, що чітка межа областей має місце тільки в початковий момент процесу дифузії, тому що він приводить до її розмивання та формування градієнта концентрації, і дифузія триває доти, поки його величина залишається відмінною від нуля.

Головна особливість явища дифузії, що дає змогу успішно застосовувати цей термін у розширеному варіанті, в тому числі до суспільних явищ, полягає в тому, що тут кожна частка «діє» поза яким би то не було зв'язком з іншими частками. Навпроти, потоки виникають за наявності якоїсь організуючої сили, що приводить багато часток у погоджений рух. Під цим кутом зору й варто розуміти дифузію інформації. Передбачається, що тут відбувається передача окремих повідомлень від одного суб'єкта процесу до іншого і їй притаманний локальний характер. Такими суб'єктами можуть бути окремі особистості, невеликі колективи, що мають локальну дію, наприклад, інформаційні агентства тощо.

Якщо йдеться про електоральні процеси, поняття повідомлення слід уточнити. Мають на увазі не тільки звичайні інформаційні матеріали, такі як новини, аналітичні огляди тощо, а й специфічні форми впливу на свідомість людей. До них відносяться передусім різні види приватної пропа-

ганди та агітації на індивідуальному рівні, наприклад, за принципом «а ось люди говорять...». За певних умов такі механізми можуть відігравати роль, яка порівнюється із засобами масової агітації, що застосовуються, наприклад, у передвиборчій боротьбі політичними силами.

«Дифузійний» підхід був успішно застосований у процесі аналізу моделі дифузії інновацій, структурно близької до моделі соціальних процесів [103]. Справді, якщо розглядати інновації як елементи деякої дискретної множини, що має певний набір властивостей, то виявиться, що ці властивості в першому наближенні співпадають із властивостями інформаційних повідомлень. У всякому разі, процеси дифузії в обох випадках виглядають подібно. Тому для опису дифузії інформації скористаємося саме основами моделі дифузії інновацій. Ця модель функціонує за наступними правилами: кожен індивідуум, здатний прийняти інновацію, відповідає одній квадратній клітці на двовимірній площині. Кожна клітка може перебувати у двох станах: 1 - новинка прийнята; 0 - новинка не прийнята. Передбачається, що автомат, сприйнявши інновацію один раз, запам'ятовує її назавжди (стан 1 – не може бути змінене). Автомат ухвалює рішення щодо прийняття новинки, орієнтуючись на думку восьми найближчих сусідів, тобто якщо в околі даної клітки (використовується окіл Мура) є m прихильників новинки та p - імовірність прийняття новинки (генерується у процесі роботи моделі), то при $pm > R$ (тут R - фіксоване граничне значення) клітка приймає інновацію (приймає значення 1). Автори моделі дифузії інновацій передбачали, що ймовірність прийняття новинки згодом повинна зменшуватися, тому що ступінь новизни поступово знижується.

Моделювання проводилося на сітці розміром 100 x 100 кліток. Еволюція системи розглядалася на часовому масштабі в 100 тактів, якщо імовірність прийняття новинки $p = 0,1$, і 130 тактів при $p = 0,05$. Для кожного випадку здійснювалося 50 прогонів моделі. Проводилося також дослідження впливу на поведінку моделі початкового розподілу прихильників нововведення. Для кожного часового такту t підраховувалося число автоматів, що прийняли інновацію. Приведені авторами графіки показують добрий ступінь збігу з іншою відомою моделлю - Фішера-Прея [103, 104].

На думку авторів цієї моделі, клітинне моделювання дає змогу будувати значно реалістичніші моделі ринку інновацій, ніж традиційні підходи.

Разом з тим, динаміці поширення інформації притаманні деякі додаткові властивості, які були враховані в представленому далі дослідженні. У рамках дослідження, яке описується, розглядалася розширена модель дифузії інновацій, що відноситься до поширення новин в інформаційному просторі. За тих самих умов до клітинного простору, околу Мура та ймо-

вірного правила прийняття новини, додатково передбачається, що клітка може бути в одному із трьох станів: 1 - «свіжа новина» (клітка зафарбовується в чорний колір); 2 - новина, що застаріла, але збережена у вигляді відомостей (сіра клітка); 3 - клітка не має інформації, яка була передана (клітка біла, інформація не дійшла або вже забута). Правила поширення новин наступні:

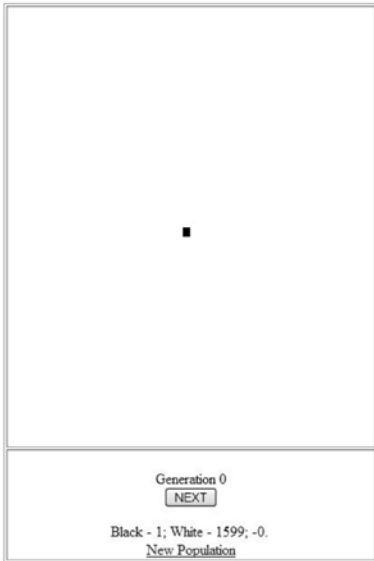
- спочатку все поле складається з білих кліток за винятком однієї, чорної, яка першою «прийняла» новину (рис. 45 а);
- біла клітка може перефарбовуватися тільки в чорні кольори або залишатися білою (вона може одержувати новину або залишатися «непоінформованою»);
- біла клітка перефарбовується, якщо виконується умова, аналогічна умові в моделі дифузії інновацій: $pt > 1$;
- якщо клітка чорна, а навколо неї винятково чорні й сірі, то вона перефарбовується в сірі кольори (новина застаріває, але зберігається як відомості);
- якщо клітка сіра, а навколо її винятково сірі й чорні, то вона перефарбовується в білі кольори (відбувається «девальвація» новини при її загальновідомості).

Описана система клітинних автоматів цілком реалістично відображує процес поширення новин між окремими інформаційними джерелами.

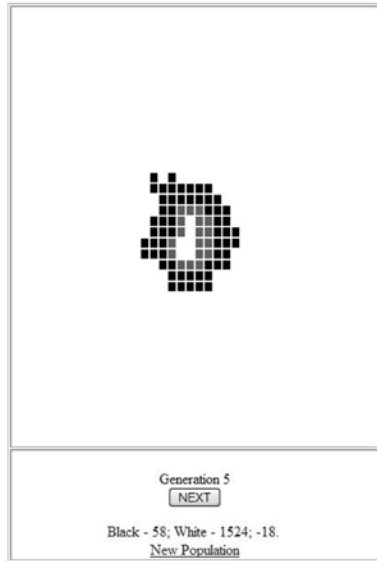
При моделюванні на полі розміром 40 x 40 (розміри були обрані авторами винятково з метою наочності) стан системи клітинних автоматів повністю стабілізується за обмежену кількість тактів, тобто процес еволюції - збіжний. Численні експерименти з даним клітинним автоматом, доступним нині у мережі Інтернет за адресою <http://edu.infostream.ua/newsk.pl>, показує, що період його збіжності становить від 80 до 150 кроків. Приклад роботи моделі наведено на рис. 45.

Типові залежності кількості кліток (послідовності кількості однотипних кліток), що перебувають у різних станах залежно від кроку ітерації, наведені на рис. 46. Під час аналізу наведених графіків варто звернути увагу на такі особливості: 1 - сумарна кількість кліток, що перебувають у всіх трьох станах на кожному кроці ітерації постійна та дорівнює розмірові поля, 2 - при стабілізації клітинних автоматів співвідношення сірих, білих і чорних кліток становить приблизно: 0.75 : 0.25 : 0; існує точка перетину кривих, яка визначається всіма трьома послідовностями (що відповідає рівню 33% для кожної).

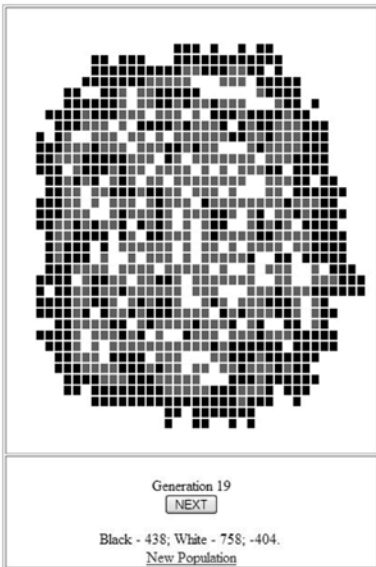
Особливу увагу на графіку варто звернути на залежність, утворену чорними клітками. Вид даної кривої цілком погоджується з «життєвою» динамікою новини. Спочатку вона динамічно поширюється, захоплюючи все нові куточки інформаційного простору, а потім відбувається своєрідне



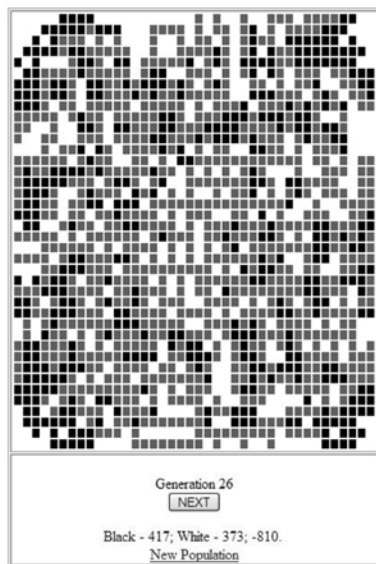
a)



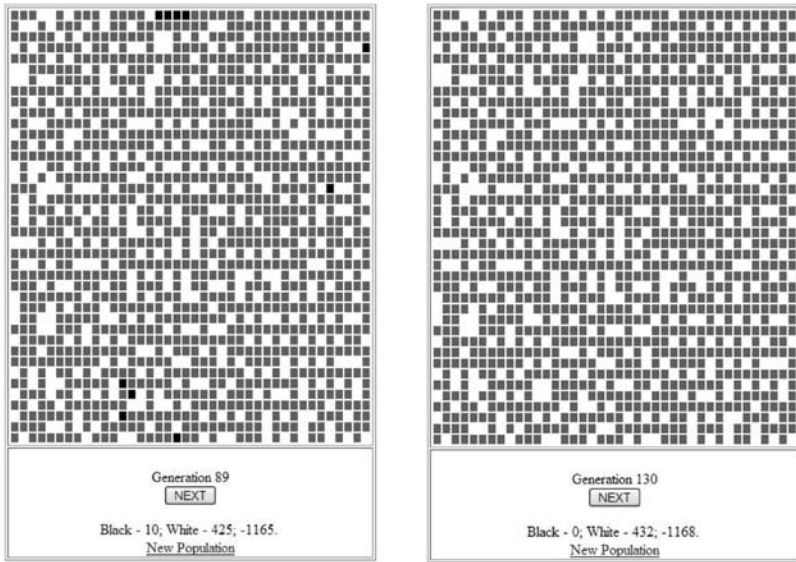
б)



в)



г)



д)

е)

Рис. 45. Процес еволюції системи клітинних автоматів «дифузії новин»: а) - вихідний стан; б-д) - проміжні стани; е) - кінцевий стан

насичення і інформація для більшості реципієнтів перестає бути новиною, переходячи в розряд відомостей або просто забувається.

Детальний аналіз отриманих залежностей дав змогу провести аналогії даної моделі «дифузії інформації» з наступними аналітичними міркуваннями. Результати моделювання дозволяють припустити, що еволюція сірих кліток описується деякою безперервною функцією:

$$x_g = f(t, \tau_g, \gamma_g).$$

де t - час (крок еволюції), τ_g - зсув за часом, що забезпечує одержання необхідного фрагмента аналітичної функції, γ_g - параметр крутизни даної функції.

$$x_w = 1 - f(t, \tau_g, \gamma_g).$$

Відповідно, динаміка білих кліток x_w (кількість кліток у момент t) може моделюватися «переверненою» функцією x_g зі своїми аналогічними параметрами.

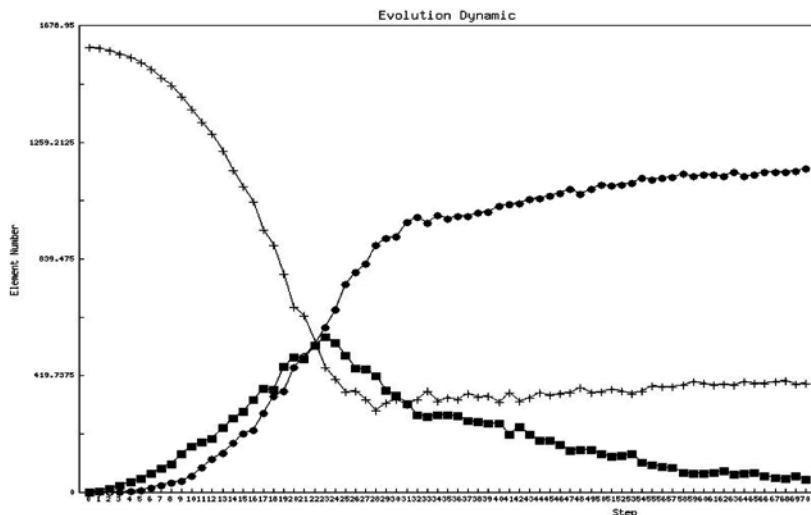


Рис. 46. Кількість кліток кожного кольору залежно від кроку еволюції: білі клітки – (+); сірі клітки – (●); чорні клітки – (■)

Оскільки, як уже було сказано, завжди виконується умова балансу, то загальне число кліток у кожний момент часу завжди постійне, то умови нормування можна записати:

$$x_g + x_w + x_b = 1,$$

де x_w – кількість чорних кліток у момент часу 1.

Таким чином:

$$x_b = 1 - x_g - x_w = f(t, \tau_w, \gamma_w) - f(t, \tau_g, \gamma_g),$$

Вид залежності, представленої на рис. 46, дозволяє припустити, що в якості функції $f(t, \tau, \gamma)$ може бути зображений такий вираз:

де C – деяка нормуюча константа.

На рис. 47 наведено графіки залежностей x_g, x_w, x_b від кроку еволюції системи клітинних автоматів, отримані в результаті аналітичного моделювання, за формулами:

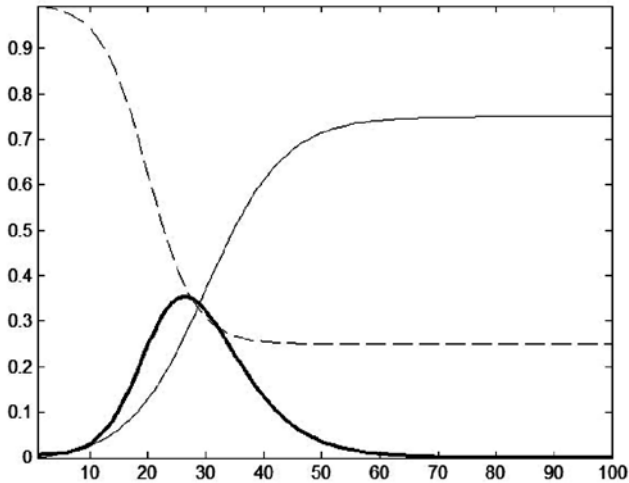


Рис. 47. Безперервні залежності від кроку еволюції, отримані в результаті аналітичного моделювання: суцільна лінія – сірі (x_g); пунктирна лінія – білі (x_w); суцільна жирна лінія – чорні (x_b)

$$x_g = \frac{0.75}{1 + e^{-0.15(t-30)}};$$

$$x_w = \frac{0.75}{1 + e^{-0.25(t-20)}};$$

$$x_b = 0.75 \left(\frac{1}{1 + e^{-0.25(t-20)}} + \frac{1}{1 + e^{-0.15(t-30)}} \right).$$

Слід зазначити, що отримана дзвоноподібна залежність дифузії новин на Інтернет-джерелах (веб-сайтах) добре погоджується з «життєвою» поведінкою тематичних інформаційних потоків, а на локальних часових проміжках з відомими моделями, наприклад експонентною та логістичною [87]. Разом з тим дана модель є реалістичнішою, ніж названі традиційні моделі.

РОЗДІЛ 6. ДЕЯКІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Однією з підстав успішного моделювання соціальних процесів і прогнозування результатів певних соціальних процедур є врахування взаємозв'язку подій з інформаційним середовищем, зокрема з його найбільш динамічною та сучасною частиною – множиною інформаційних ресурсів мережі Інтернет. Задача вивчення властивостей інформаційного простору, зокрема документальних потоків, є багатоплановою, припускає активне використання методів, що дозволяють глибше зрозуміти природу соціальних явищ, специфіку предметної області [106].

Розглянемо можливості сучасних засобів аналізу часових рядів на прикладі дослідження інформаційних потоків веб-публікацій, зібраних з мережі Інтернет системою InfoStream [107]. Ця система забезпечує доступ до унікального ретроспективного фонду, що перевищує 80 млн. записів за 12 років і підтримку аналітичної роботи в режимі реального часу, у тому числі побудову сюжетних ланцюжків, дайджестів, діаграм згадувань понять, їхніх взаємозв'язків тощо. Тематика інформаційного потоку, який досліджується, визначалася запитом до системи InfoStream щодо розвитку кризових явищ у країні [2]:

*(парламентських криз)|(політичних криз)|
(фінансових криз)|(економічних криз).*

Досліджувався інформаційний потік із повідомлень, які надходять з понад тисячі українських мережних інформаційних ресурсів, серед яких лідерами за кількістю релевантних запитам публікацій були такі авторитетні джерела, як Укрінформ, УНІАН, РБК-Україна, Радіо «Свобода», Кореспондент.net, Главред тощо. Ретроспективний період дослідження становив весь 2008 рік, тобто 366 днів. За цей період системою InfoStream було охоплено понад 12 млн. мережних документів. У результаті пошуку за запитом, що враховував усі основні аспекти кризових явищ, було знайдено 57245 релевантних документів. На основі обробки цих даних була отримана повна картина експериментальних даних – часові ряди за заданий період. На рис. 48 наведено графік кількості відповідних тематичних публікацій за днями 2008 року.

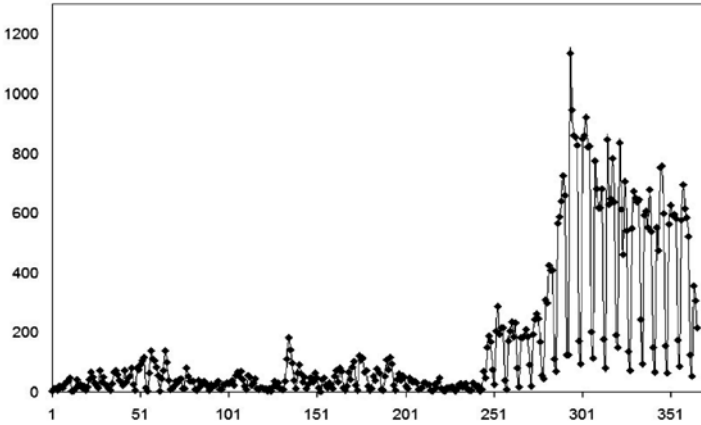


Рис. 48. Динаміка кількості публікацій за першим запитом за днями 2008 року (всього 57245 публікацій)

Наведений графік враховує тижневі коливання (у вихідні дні, наприклад, у мережі публікується значно менше документів, ніж у будні). На наведеному графіку можна бачити, що близько 250-го дня року загальна кількість повідомлень щодо кризової проблематики почала різко збільшуватися (підсилилася парламентська криза).

6.1. Кореляційний аналіз

Одним із перших за часом методів сучасного аналізу рядів вимірів є кореляційний аналіз. Важливими властивостями автокореляційної функції є можливість виявлення гармонічних складових, а також самоподібність вихідного процесу. Зупинимося більш детально на формалізмі кореляційного аналізу.

Якщо позначити через X_t член ряду вимірів (наприклад, кількості електронних повідомлень щодо заданої тематики, які надійшли, наприклад, за день t , $t = 1, \dots, N$), то функція автокореляції для цього ряду X визначається як:

$$F(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-k} (X_{t+k} - m)(X_t - m),$$

де m – середнє значення ряду X . Коефіцієнти автокореляції для рядів вимірів X довжиною N розраховуються за формулою:

$$R(k) = \frac{1}{\sigma^2},$$

де $F(k)$ функція автокореляції; σ^2 - дисперсія.

Відомо, що функція автокореляції має таку властивість, що якщо прихована періодична складова існує, то її значення асимптотично наближуються до квадрата середнього значення вихідного ряду. Крім того, функція автокореляції періодичного ряду також є періодичною, містить основну частоту й гармоніки. Якщо ряд вимірів X є сумою деякої змістовної складової N і синусоїдального сигналу S , то функція автокореляції ряду X містить явно виражену періодичну складову [108].

Графічне представлення коефіцієнта автокореляції для ряду спостережень, який відповідає динаміці тематичного інформаційного потоку веб-публікацій, свідчить про незмінність кореляційних властивостей за днями тижня (рис. 49), а тренд - про можливу самоподібність вихідного часового ряду.

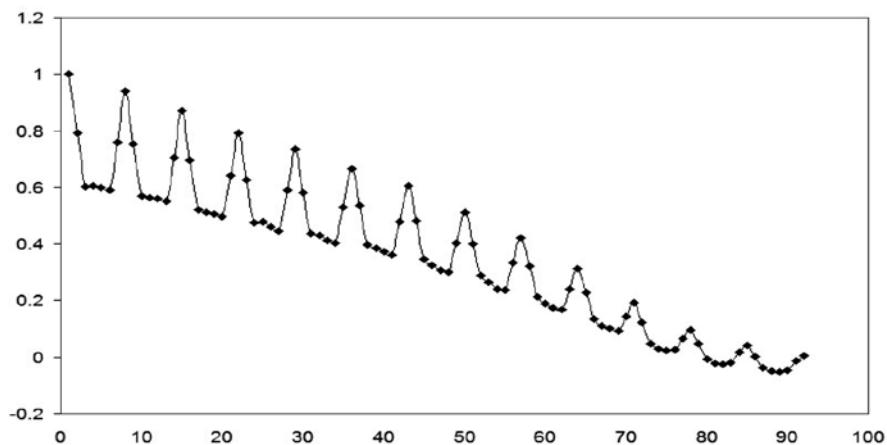


Рис. 49. Коефіцієнти кореляції ряду спостережень $R(k)$ (вісь OY) залежно від k (вісь OX)

6.2. Вейвлет-аналіз

Основою вейвлет-аналізу [109, 110] є вейвлет-перетворення, яке є особливим типом лінійного перетворення, базисні функції якого (вейвлети) мають специфічні властивості. Вейвлетом (малою хвилею) називається деяка функція, яка зосереджена в невеликому околі деякої точки і яка різко убиває до нуля в міру віддалення від неї як у часовій, так і в частотній області. Існують різноманітні вейвлети, що мають різні властивості. Разом з тим, усі вейвлети мають вигляд коротких хвилювих пакетів з нульовим інтегральним значенням, локалізованих на часовій осі, які є інваріантними щодо зсувів і масштабування.

До будь-якого вейвлета можна застосувати дві операції:

- зсуву, тобто переміщення області його локалізації в часі;
- масштабування (розтягання або стискання).

Головна ідея вейвлет-перетворення полягає в тому, що нестационарний часовий ряд розподіляється на окремі проміжки (так звані вікна спостереження), і на кожному з них виконується обчислення скалярного добутку (величини, яка характеризує ступінь близькості двох закономірностей) даних, до досліджуються, з різними зсувами деякого вейвлета на різних масштабах. Вейвлет-перетворення генерує набір коефіцієнтів, за допомогою яких представляється вихідний ряд. Вони є функціями двох змінних: часу та частоти, і тому утворюють поверхню в тривимірному просторі. Ці коефіцієнти показують, наскільки поведінка процесу в даній точці аналогічна вейвлету на даному масштабі. Чим ближче вигляд аналізованої залежності в околі даної точки до вигляду вейвлета, тим більшу абсолютну величину має відповідний коефіцієнт. Негативні коефіцієнти показують, що залежність схожа на “дзеркальне відбиття” вейвлета. Використання цих операцій, з урахуванням властивості локальності вейвлета в частотно-часовій області, дає змогу аналізувати дані на різних масштабах і точно визначати положення їхніх характерних рис у часі.

Технологія використання вейвлетів дає змогу виявляти одиничні та нерегулярні «сплески», різкі зміни значень кількісних показників у різні періоди часу, зокрема обсягів тематичних публікацій в Інтернет. При цьому можуть виявитися моменти виникнення циклів, а також моменти, коли за періодами регулярної динаміки наступають хаотичні коливання.

Часовий ряд, що розглядається, може апроксимуватися кривою, яка, у свою чергу, може бути представлена у вигляді суми гармонійних коливань різної частоти й амплітуди. При цьому коливання, які мають низьку частоту, відповідають за повільні, плавні, великомасштабні зміни значень вихідного ряду, а високочастотні - за короткі, дрібномасштабні зміни. Чим сильніше змінюється величина на даному масштабі, що описується даною закономірністю, тим більшу амплітуду мають складові відповідної частоти. Таким чином, часовий ряд, який досліджується, можна розглядати в частотно-часовій області, тобто йдеться про дослідження закономірностей, які описують процес залежно як від часу, так і від частоти.

Безперервне вейвлет-перетворення для функції $f(t)$ будується за допомогою безперервних масштабних перетворень і переносів обраного вейвлета $\psi(t)$ з довільними значеннями масштабного коефіцієнта a і параметра зсуву b :

$$W(a,b) = (f(t), \psi(t)) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt.$$

Отримані коефіцієнти представляються у графічному вигляді картою коефіцієнтів перетворення, або скейлограмою. На скейлограмі по одній осі відкладаються зсуви вейвлета (вісь часу), а по іншій - масштаби (вісь масштабів), після чого точки отриманої схеми розфарбовуються залежно від величини відповідних коефіцієнтів (чим більший коефіцієнт, тим яскравіші кольори зображення). На скейлограмі видно всі характерні риси вихідного ряду: масштаб та інтенсивність періодичних змін, напрямок і величина трендів, наявність, розташування і тривалість локальних особливостей.

Наприклад, відомо, що комбінація декількох різних коливань може мати настільки складну форму, що виявити їх візуально не уявляється можливим. Періодичні зміни, що відбуваються для значень коефіцієнтів вейвлет-перетворення, на деякій безперервній множині частот виглядають як ланцюжок «пагорбів». Вони мають вершини, розташовані в точках (по осі часу), у яких ці зміни досягають найбільших значень.

Іншим важливим показником є тенденція динаміки часового ряду (тренд) поза залежністю від періодичних коливань. Наявність тренда може бути неочевидною при простому розгляді часового ряду, наприклад, якщо тренд поєднується з періодичними коливаннями. Тренд відображається на скейлограмі як плавна зміна яскравості уздовж осі часу одночасно на всіх масштабах. Якщо тренд зростаючий, то яскравість збільшуватиметься, якщо меншає - зменшуватиметься.

Ще одним важливим фактором, який необхідно враховувати при аналізі часових рядів, є локальні особливості, тобто можливі різкі, стрибкоподібні зміни характеристик вихідного ряду. Локальні особливості представлені на скейлограмі вейвлет-перетворення як лінії різкого перепаду яскравості, які виходять з точки, відповідають часу виникнення стрибка. Локальним особливостям може бути притаманний як випадковий, так і систематичний характер, при цьому вони можуть «маскувати» періодичні залежності або короткотерміновий тренд. Аналіз локальних особливостей дає змогу відновити інформацію щодо динаміки вихідного процесу і в деяких випадках прогнозувати подібні ситуації.

Таким чином, кожний з основних факторів динаміки має своє, характерне відображення на скейлограмі, при цьому вся аналітична інформація представляється в наочному і зручному для вивчення вигляді. Завдяки наочності представлення результатів у вигляді скейлограми іноді досить одного погляду, щоб побачити на ній найбільш істотні фактори [111, 112].

На рис. 50 наведена скейлограма - результат безперервного вейвлет-аналізу (вейвлет Гаусса) часового ряду, який відповідає процесу, що розглядався вище.

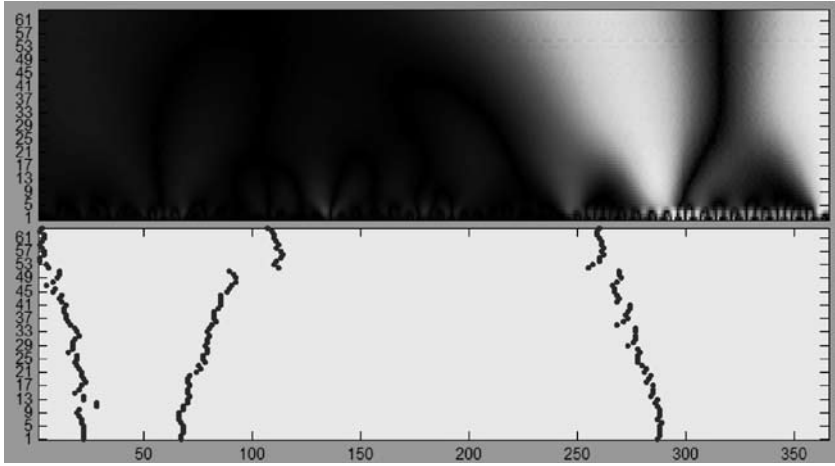


Рис. 50. Результат вейвлет-аналізу (безперервне вейвлет-перетворення): зверху - вейвлет-скейлограма; знизу - лінії локальних максимумів (скелетон)

Наведений приклад показує, що вейвлет-аналіз дає змогу виявляти не тільки очевидні аномалії в ряду, що досліджується, а й критичні значення, приховані за відносно невеликими абсолютними значеннями елементів ряду. Наприклад, на скелетоні найбільші значення відзначені не тільки у 250-ий день, а й показані неявні екстремуми (25-ий та 75-ий дні).

Безумовно, фінансово-економічні фактори мають безпосередній вплив на суспільні процеси. На рис. 51 наведено динаміку зміни наявного курсу продажу долара США в банках України протягом 2008 року.

На рис. 52 наведено приклад застосування вейвлет-аналізу до цього ряду. Зсув останньої лінії локальних трендів на цій скейлограмі порівняно з попередньою свідчить про те, що готівковий курс є похідною від загальнокрізових явищ.

6.3. Фрактальний аналіз: R/S-аналіз

Теорія фракталів [113] широко застосовується як підхід щодо дослідження рядів спостережень, який дає змогу одержувати важливі характеристики відповідних процесів, не вдаючись у детальний аналіз їхньої внутрішньої структури.

Аналіз самоподібності часових рядів може розглядатися як технологія, призначена для здійснення аналітичних досліджень з елементами прогнозування, придатна до екстраполяції отриманих залежностей.

Найважливішою характеристикою рядів, що мають хаотичну поведінку, є, як відомо, фрактальна розмірність, що в багатьох випадках може



Рис. 51. Динаміка зміни курсу наявного долара до гривні протягом 2008 р.

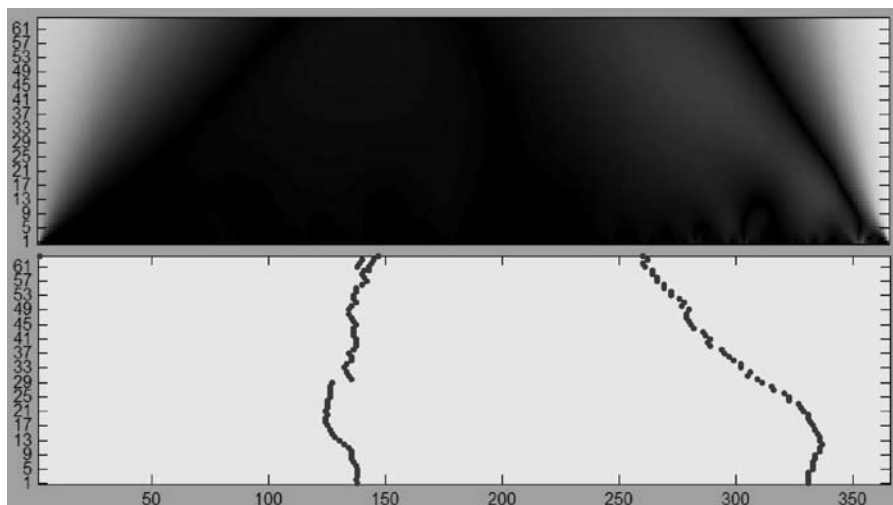


Рис. 52. Результат вейвлет-аналізу ряду курсу наявного долара: зверху - вейвлет-скейлограма; знизу - лінії локальних максимумів (скелетон)

обчислюватися за допомогою так званого R/S -аналізу. Точніше кажучи, обчислюється не сама фрактальна розмірність, а показник Херста, який пов'язаний з нею простим співвідношенням. R/S -аналіз базується на аналізі нормованого розкиду - відносини розкиду значень R ряду, який досліджується, до середньоквадратичного відхилення S [114].

Для вивчення фрактальних характеристик часових рядів $F(n)$, $n = 1, \dots, N$, складених з кількості вибраних тематичних повідомлень, вивчалася значення R/S , де S – стандартне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (F(n) - \langle F \rangle_N)^2},$$

$$\langle F \rangle_N = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F(n),$$

а R – так званий розмах:

$$R(N) = \max_{1 \leq n \leq N} X(n, N) - \min_{1 \leq n \leq N} X(n, N),$$

де:

$$X(n, N) = \sum_{i=1}^n (F(i) - \langle F \rangle_N).$$

Для досить широкого класу рядів залежність R/S має показовий тренд, тобто можна говорити про співвідношення:

$$R/S = \left(\frac{N}{2}\right)^H,$$

де H – показник Херста, який при певних додаткових умовах пов'язаний з хаусдорфовою (фрактальною) розмірністю D простою формулою: $D + H = 2$.

Головна умова, при якій показник Херста пов'язаний з фрактальною розмірністю відповідно до наведеної формули, визначена Е. Федером так: «...Розглядають клітки, розміри яких малі порівняно як із тривалістю процесу, так і з діапазоном зміни функції; тому співвідношення справедливе, коли структура кривої, що описує фрактальну функцію, досліджується з високою розподільною здатністю, тобто в локальній межі». Ще однією важливою умовою є самоафінність функції. Не вдаючись у подробиці, відзначимо, що, наприклад, для інформаційних потоків ця властивість інтерпретується як самоподібність, яка виникає в результаті процесів їхнього формування. Можна відзначити, що названим властивостям відповідають не всі інформаційні потоки, а лише ті, які характеризуються достатньою потужністю та ітеративністю при формуванні.

На рис. 53 представлено співвідношення R/S для ряду кількості публікацій за днями 2008 року, яке відповідає наведеному вище запиту. Очевидно, що характер нормованого розмаху різко змінюється близько 250 дня року, приблизно тоді, коли пролунали перші серйозні заяви на вищому рівні про фінансово-економічну кризу. Тобто маємо фактично два різ-

них ряди - з 1 по 250 та з 251 по 366. Як можна бачити, крива нормованого розмаху для другого ряду (рис. 54) задовільно апроксимується прямою у подвійному логарифмічному масштабі. Нахил цієї прямої відповідає показнику Херста.

Чисельні значення H характеризують різні типи кореляційної динаміки (персистентності). При $H = 0.5$ спостерігається некорельована поведінка значень ряду, а значення $0.5 < H < 1$ відповідають рівню автокореляції ряду. Як можна бачити на рис. 54, значення Херста для інформаційного потоку, який досліджувався, відповідає величині $\sim 0,89$, що підтверджує припущення про самоподібність та ітеративність процесів в інформаційному просторі. Републікації, цитування, гіпертекстові та контекстні посилання тощо породжують самоподібність, наявність високого рівня статистичної кореляції в інформаційних потоках на тривалих часових інтервалах.

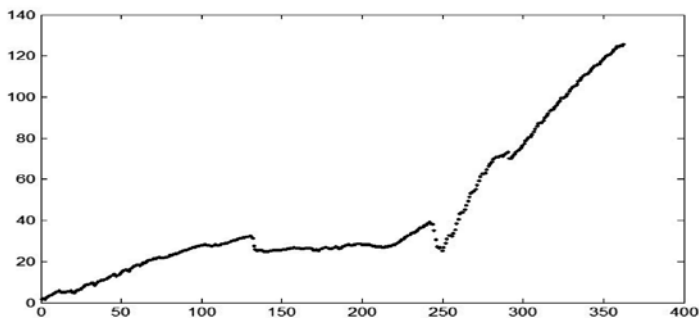


Рис. 53. Показник нормованого розкиду для всього періоду спостережень ряду, який досліджувався

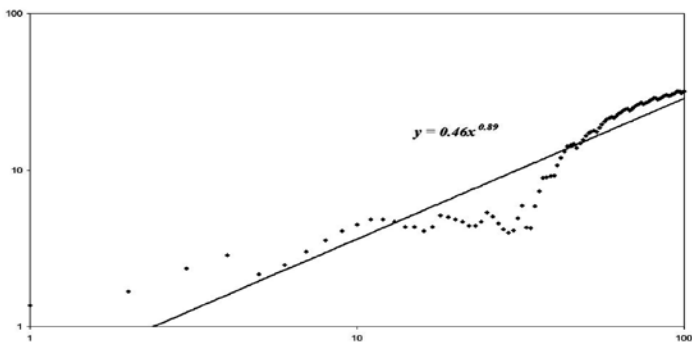


Рис. 54. Показник нормованого розкиду в логарифмічній шкалі за останні 120 днів року

6.4. Фрактальний аналіз: відхилення від лінійного тренда

Метод DFA (Detrended fluctuation analysis) також досить часто використовується для виявлення статистичної самоподібності сигналів [115].

Цей метод є варіантом дисперсійного аналізу одномірних випадкових блукань і дає змогу досліджувати ефекти тривалих кореляцій у рядах, що розглядаються. У рамках алгоритму DFA аналізується середньоквадратична помилка лінійної апроксимації залежно від розміру ділянки апроксимації (вікна спостереження). Нехай є ряд вимірів x_t , $t \in 1, \dots, N$. Позначимо середнє значення цього ряду вимірів:

$$\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k.$$

З вихідного ряду будеється ряд накопичення:

$$X_t = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^t (x_k - \langle x \rangle).$$

Потім ряд X_t розділяється на часові вікна довжиною L , будеється лінійна апроксимація $(L_{j,L})$ за значеннями $X_{k,j,L}$ з $X_{j,L}$ усередині кожного вікна (у свою чергу, $X_{j,L}$ - підмножина X_t , $j = 1, \dots, J$, $J = N/L$ - кількість вікон спостереження) і розраховується відхилення точок ряду накопичення від лінійної апроксимації:

$$E(j,L) = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{k=1}^L (X_{k,j,L} - X_{k,j,L})^2} = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{k=1}^L |\Delta_{k,j,L}|^2},$$

де $L_{k,j,L}$ - значення локальної лінійної апроксимації в точці $t = (j - 1)L + k$.

Тут $|\Delta_{k,j,L}|^2$ - абсолютне відхилення елемента $X_{k,j,L}$ від локальної лінійної апроксимації.

Далі обчислюється середнє значення:

$$F(L) = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J E(j,L)$$

після чого, у випадку $F(L) \propto L^\alpha$, де α деяка константа, робляться висновки щодо наявності статистичної самоподібності та характеру поведінки ряду вимірів, який досліджується.

Цей метод було застосовано до ряду значень кількості публікацій, отриманих за наведеним вище запитом. На рис. 55 представлена залежність середньоквадратичної помилки апроксимації від довжини ділянок апроксимації в подвійному логарифмічному масштабі.

Близькість залежності до лінійної ще раз підтверджує наявність локального скейлінгу (самоподібності) у другому півріччі 2008 року.

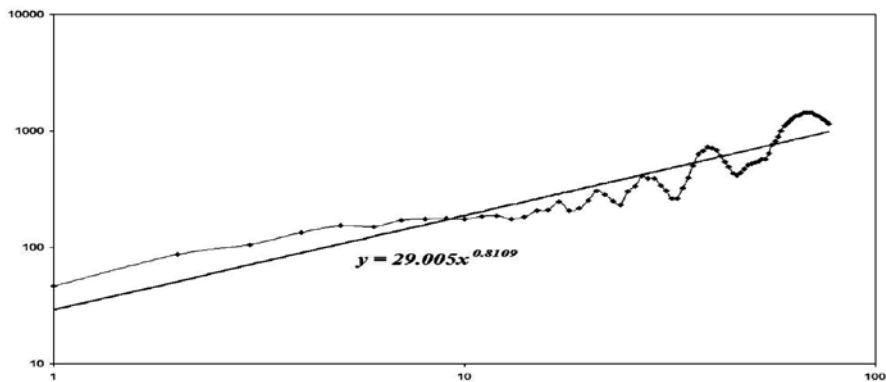


Рис. 55. Залежність середньоквадратичної помилки лінійної апроксимації від довжини вікна спостереження

6.5. Візуалізація на основі ΔL -аналізу

З метою візуалізації та аналізу часових рядів, пов'язаних із публікаціями в інформаційному просторі мережі Інтернет, був розроблений новий метод дисперсійного аналізу [116].

Задачі виявлення та візуалізації трендів, виявлення гармонійних складових, трендів, локальних особливостей часових рядів, фільтрації шуму сьогодні вирішуються методами фрактального, вейвлет- та Фур'є-аналізу.

Як і в методі DFA, розглянемо поведінку відхилення точок ряду накопичення від лінійної апроксимації (але в цьому випадку абсолютне значення) $|\Delta_{k,j,L}|$. Побудова відповідних діаграм значень $|\Delta_{k,j,L}|$, які залежать фактично від двох параметрів - L і $t = (j - 1)L + k$, отримала назву ΔL -методу візуалізації. Така візуалізація у вигляді «рельєфної» діаграми становить певний інтерес для вивчення особливостей процесів, що відповідають вихідним рядам вимірів.

ΔL -метод виявляється досить ефективним для виявлення гармонійних складових ряду, що досліджується. На рис. 56 показана ΔL -діаграма ряду, що відповідає синусоїді ($y(i) = \sin(i\pi/7)$, $i = 1, \dots, 366$). Застосування ΔL -методу до ряду, складеному з кількості публікацій, зібраних системою InfoStream з Інтернет без урахування тематичного розподілу, має явно виражену гармонійну складову (загальна кількість публікацій залежить від дня тижня), що можна бачити на рис. 57. Крім того, на цій діаграмі помітні відхилення від загальної динаміки обсягів публікацій у святкові дні.

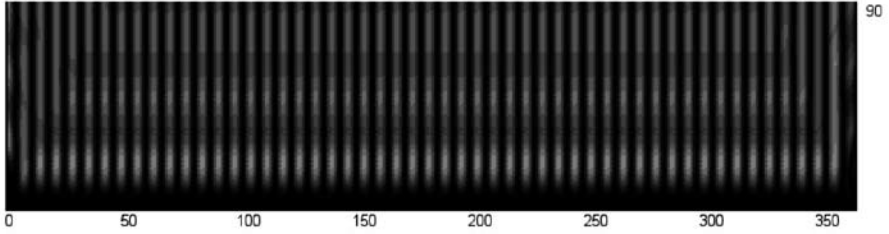


Рис. 56. ΔL -діаграма синусоїди

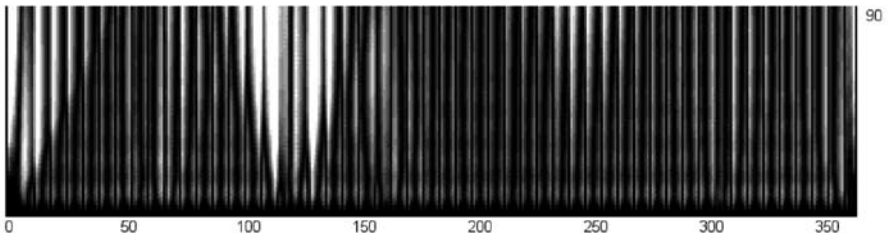


Рис. 57. ΔL -діаграма ряду кількості публікацій, які збирали щодоби системою InfoStream у 2008 році

«Рельєфні діаграми», одержані в результаті ΔL -методу (більш світлі тони відповідають більшим значенням $|\Delta_{k,j,L}|$), нагадують скейлограми, отримані в результаті безперервних вейвлет-перетворень. Варто звернути увагу на те, що темні смуги в центрі багатьох світлих областей свідчать про «стабілізацію» великих значень розглянутого ряду на високому рівні.

ΔL -метод застосовується для реальних часових рядів, наприклад тих, які відображають інтенсивність публікацій за даною тематикою в Інтернеті. На рис. 58 наведено ΔL -діаграму для розглянутого вище часового ряду з

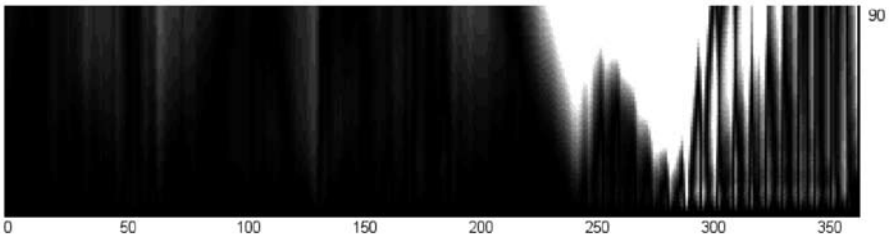


Рис. 58. ΔL -діаграма часового ряду інтенсивності тематичних публікацій (вісь OX - дні року, вісь OY - величина вікна вимірів)

кількості публікацій, повідомлень за обраною тематикою в мережі Інтернет протягом року.

На рис. 59 наведена ΔL -діаграма готівкового курсу долара до гривні впродовж 2008 року. Ще наочніше, ніж у випадку застосування вейвлет-аналізу, можна перекоонатися в тому, що найбільш значні відхилення на діаграмі в цьому випадку наступають із деякою часовою затримкою порівняно з діаграмою публікацій щодо кризової тематики.

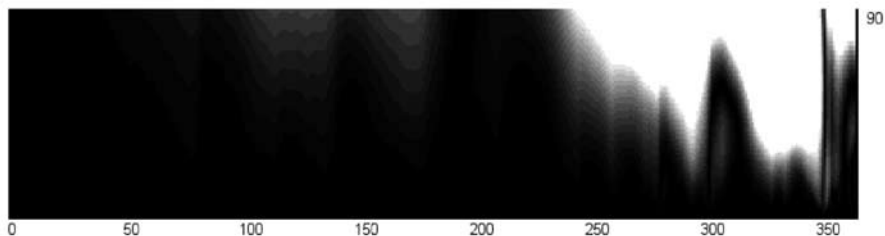


Рис. 59. ΔL -діаграма часового ряду значень готівкових курсів долара в гривнях (вісь OX - дні року, вісь OY - величина вікна вимірів)

Запропонований метод візуалізації абсолютних відхилень ΔL , як і метод вейвлет-перетворень, дає змогу (і як показано на прикладі — не гірше) виявляти одиничні та нерегулярні «сплески», різкі зміни значень кількісних показників у різні періоди часу.

Слід зазначити, що метод вейвлет-перетворень може застосовуватися з використанням різноманітних вейвлетів. У випадку застосування ΔL -методу не має потреби вирішувати складну задачу вибору та обґрунтування застосування відповідного вейвлета; на відміну від методів фрактального аналізу запропонований підхід не вимагає значних обсягів точок ряду вимірів. Цей метод досить простий щодо програмної реалізації та базується на такій потужній теоретичній основі як

к DFA. Він виявився досить ефективним при аналізі часових рядів у таких областях, як економіка і соціологія.

6.6. Мультифрактальний аналіз

Найзагальніший опис природи самоподібних об'єктів дає теорія мультифракталів, який дає змогу охоплювати нескінченну ієрархію розмірностей, а також відрізнити однорідні об'єкти від неоднорідних. Концепція мультифрактального формалізму [117, 118] є ефективним інструментом для вивчення та кількісного опису великого різноманіття складних систем.

Відповідно до цього формалізму носієм мультифрактальної міри є множина L – об'єднання фрактальних підмножин L_α . Тобто мультифрактал можна розуміти як якийсь об'єднання різних однорідних фрактальних підмножин L_α вихідної множини L , кожна з яких має своє власне значення фрактальної розмірності.

Для характеристики мультифрактальної множини застосовують так звану функцію мультифрактального спектра $f(\alpha)$ (спектр сингулярностей мультифракталу), до якої цілком підходить би термін «фрактальна розмірність». Величина $f(\alpha)$ дорівнює хаусдорфовій розмірності однорідної фрактальної підмножини L_α вихідної множини L , яка дає домінуючий внесок у деяку статистичну суму.

Наведені на рис. 60 залежності відносяться до аналізу числового ряду інтенсивностей повідомлень, які відображають проблематику використання антивірусного програмного забезпечення (динаміка публікацій в Інтернет-новинах повідомлень із заданої тематики), а також ряду, отриманого за уточненою тематикою (первісний запит був розширений словом «троянський»).

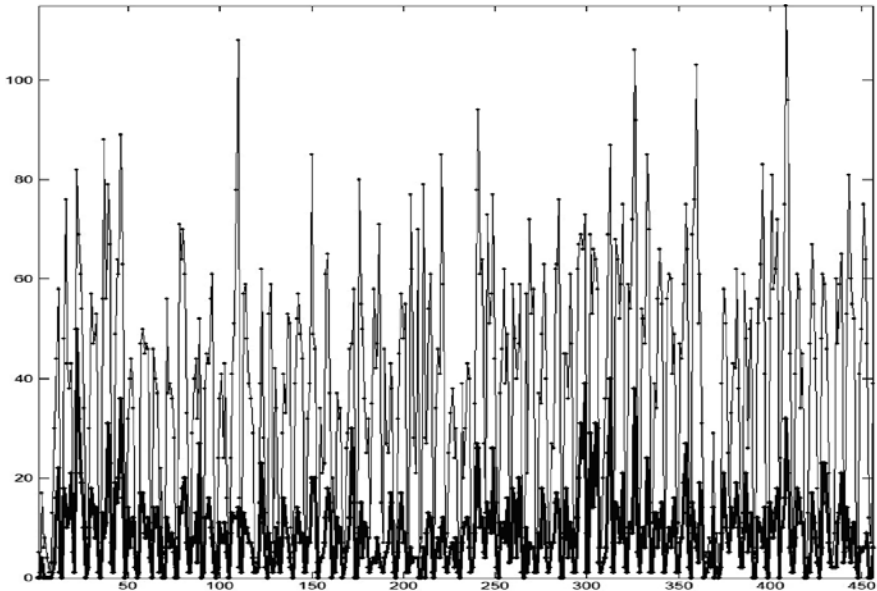


Рис. 60. Діаграми інтенсивності публікацій по основній (тонка з'єднуюча лінія) і уточненій тематичі (жирна лінія): вісь абсцис – порядкові номери днів, вісь ординат – кількість публікацій

Шляхом відповідних розрахунків було показано, що ряди, які відповідають динаміці появи публікацій, у розглянутих випадках мають мультифрактальну природу. Разом з тим відповідні залежності $f(\alpha)$, що відповідають рядам, які досліджуються (рис. 61), мають різні параметри кривиз-

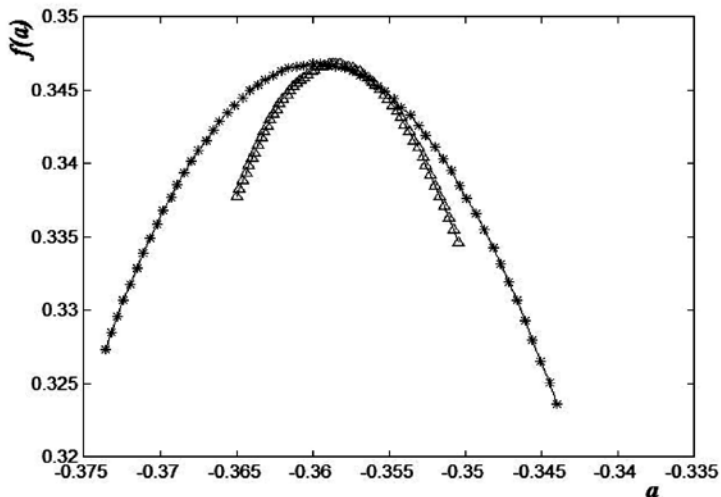


Рис. 61. Порівняння мультифрактальних спектрів рядів, що досліджуються, по основній тематиці (#) і уточненого (*) від індексу сингулярності

ни. Цей факт, характерний для співвідношень тематики та підтематики, свідчить, з одного боку, про те, що ряд, який відповідає підтематичі, менш стабільний, ніж ряд, що відповідає всій тематиці, а з іншого боку, про те, що розглянута підтематика не є репрезентативною для аналізу потоку публікацій по загальній тематиці.

РОЗДІЛ 7.

МОНІТОРИНГ ТА АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ

7.1. Сучасний інформаційний простір

Сучасний інформаційний простір [119] є унікальною можливістю одержувати будь-яку інформацію з визначеного питання за умови наявності відповідного інструментарію, застосування якого дає змогу аналізувати взаємозв'язок можливих подій або подій, які вже відбуваються, з інформаційною активністю певного кола джерел інформації. Разом з тим, при ретроспективному аналізі будь-якого процесу або явища інтерес представляють певні характеристики його розвитку, а саме:

- кількісна динаміка, властива процесу або явищу, наприклад, кількість подій за одиницю часу, або кількість повідомлень, що мають відношення до них;
- визначення критичних, граничних точок, які відповідають кількісній динаміці явища;
- визначення проявів у критичних точках, наприклад, виявлення основних сюжетів публікацій у ЗМІ щодо обраного процесу або явища;
- після виявлення основних проявів явища в критичних точках ці прояви ранжируються, і досліджується динаміка розвитку окремих проявів до і після певних критичних точок;
- здійснюється статистичний, кореляційний і фрактальний аналіз загальної динаміки та динаміки окремих проявів, на основі яких здійснюються спроби прогнозування розвитку явища й окремих його проявів.

7.2. Динаміка інформаційних потоків

Для дослідження взаємозв'язку реальних подій і публікацій щодо них у мережі Інтернет авторами була застосована система InfoStream [120], яка забезпечує інтеграцію та моніторинг мережних інформаційних ресурсів. Тематика інформаційного потоку, який досліджувався, визначалася запитом до системи InfoStream відносно «воєнних дій» в інформаційному просторі країни: *(інформаційних війн & украї)* | *(інформаційних війн & украї)*

Документи, релевантні наведеному запиту, можуть бути представлені двома мовами (українською та російською), містити словосполучення

типу «інформаційна війна» або «інформаційні війни», а також включати назву нашої країни. Наведені запити відповідають поняттю «інформаційні війни», що найчастіше застосовується у веб-середовищі як функціональний синонім «інформаційних операцій». Ретроспективний період дослідження охоплював увесь 2008 рік. У результаті пошуку за найбільш широким запитом було знайдено 6196 документів. На основі обробки цих даних була отримана повна картина експериментальних даних - часовий ряд за заданий період. На рис. 62 наведено графік кількості публікацій за запитом за днями 2008 року.

Представлений графік урахує тижневі коливання (у вихідні дні, наприклад, у мережі Інтернет публікується значно менше документів, ніж у будні).

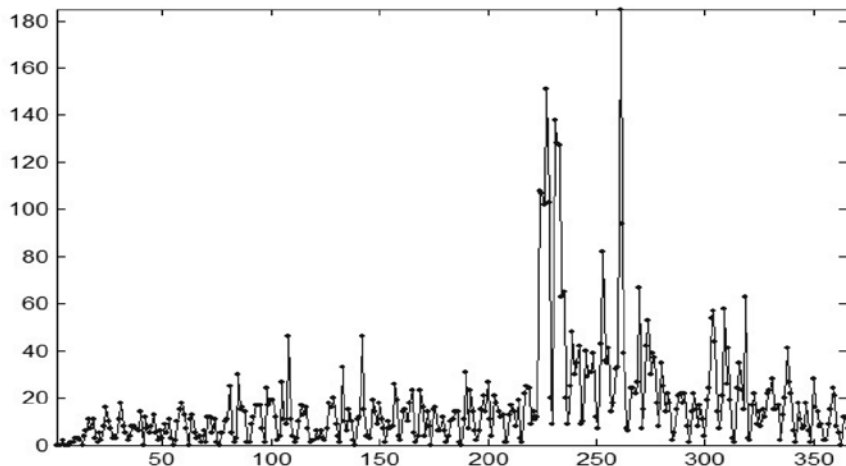


Рис. 62. Динаміка кількості публікацій за запитом за днями 2008 року (разом 6196 публікацій)

Для більш наочного відображення тенденцій подібні графіки згладжуються методом «ковзного середнього» з вікном спостереження у 7 діб. На рис. 63 показано згладжений графік, що відповідає наведеній вище динаміці. Зокрема, можна бачити, що близько 220-го дня року загальна кількість повідомлень за тематикою інформаційних війн різко збільшилася.

На рис. 64-66 наведено узагальнений системою InfoStream зміст повідомлень, які відносяться до деяких пікових значень інтенсивності публікацій упродовж 2008 року.

Задача вивчення статистичних властивостей мережних документальних масивів [105] є багатопланою, допускає активне використання сучасних

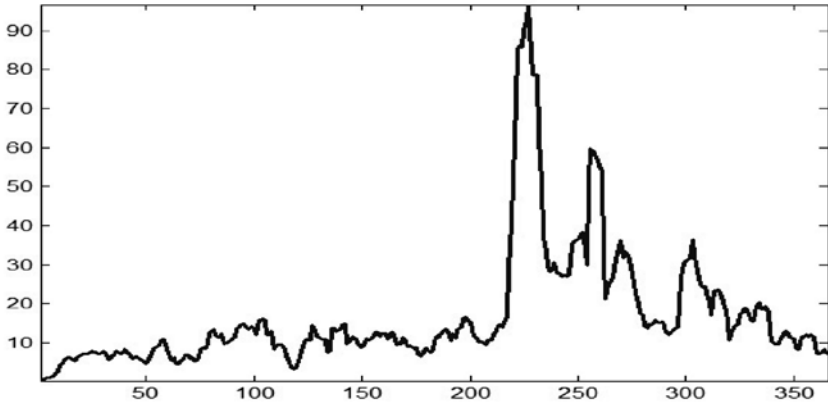


Рис. 63. Згладжений графік кількості публікацій по днях 2008 року

Обзор основных сюжетов
 ((информац-воин & украи) | (информац-воин & укра)) & (2008.04.17) :
 документов - 46, сюжетов - 7

1. Противостояние Ющенко и Тимошенко ослабляет позиции Украины
 Председатель парламентского комитета по вопросам национальной безопасности и обороны Анатолий Гриценко считает, что противостояние между Президентом и правительством ослабляет позиции страны на международном уровне... Как передает корреспондент УНИАН, об этом он заявил журналистам в Киеве. "Противостояние между Президентом и правительством перешло в открыто враждебную фазу."
 Сюжет полностью (28)

2008.04.17 00:14 Борьба Президента и главы правительства за власть разрушает Украину УРА-Информ 28

2008.04.17 19:33 А.Гриценко (НУ): Противостояние между Ющенко Тимошенко перешло в "войну на уничтожение" УкрЛартИнформ

2. Война неизбежна
 Если секретариат президента не прекратит блокировать работу правительства, БЮТ обещает объявить ему информационную войну. Но в силу того что коалиция, малой частью которой руководит Виктор Балого, не может быть изменена, единственным возможным выходом из клича президента и премьера остается отставка Кабмина и переформатирование коалиции. Вчерашнее заявление премьера Юлии Тимошенко в Страсбурге о том, что Украина
 Сюжет полностью (11)

2008.04.17 08:02 Взгляд: Коалиция треснула Корреспондент.net 11

2008.04.17 12:29 Война неизбежна Экономические известия

Рис. 64. Фрагмент основных сюжетів за 17 квітня 2008 року (домінуюча тематика - виступ Прем'єр-міністра України в Страсбурзі)

методів, у тому числі й методів фрактального аналізу [121-123], які дають змогу глибше зрозуміти специфіку предметної області.

На рис. 67 представлено співвідношення R/S для ряду кількості публікацій по днях 2008 року, що відповідає наведеному вище запиту. Нахил цієї прямої відповідає показнику Херста.

Як бачимо, значення показника Херста для інформаційного потоку, який досліджується, відповідає величині $\sim 0,81$, що підтверджує припу-

Обзор основных сюжетов	
((информац-воин & украи) (информац-воин & украй)) & (2008.08.14) ;	
документов - 151, сюжетов - 29	
1. Балтийские пособники кавказской трагедии "Южная Осетия - это очень небольшой регион, и я считаю, что ее воссоединение с Грузией - вопрос нескольких месяцев". Это заявление Михаила Саакашвили примечательно тем, что оно сделано не в начале августа 2008-го, а четыре года назад, в интервью эстонской газете "Постимес" накануне визита президента Грузии в Латвию, Литву и Эстонию. Сюжет полностью (42)	2008.08.14 00:00 Волки и овцы Российская газета 42 2008.08.14 21:01 Кавказский Саддам "2000" Еженедельник
2. "Нас никто не остановит при возвращении на базу в Севастополь" "Новая газета" (Россия) Конфликт вокруг Черноморского флота. Наш собственный корреспондент - из Крыма Во вторник 12 августа президент Украины Виктор Ющенко вновь стоял на Майдане - на площади Свободы в центре Тбилиси, куда он прибыл с коллегами из Польши, Эстонии, Литвы и Латвии. Сюжет полностью (36)	2008.08.14 00:19 Исследование: Украина проиграла информационную войну России в освещении конфликта в Грузии "затра" 36 2008.08.14 21:22 Новые информационные войны Газета "День"
3. Российские хакеры-"миротворцы" напали на украинский портал Портал delo.ua подвергся хакерской атаке из-за сегодняшних публикаций в газете "Дело". Об этом говорится в пресс-релизе киевского издательства "Экономика", поступившем в "Обком": "Сегодня в 11 часов утра по киевскому времени украинский портал delo.ua подвергся DDoS атаке с десятка тысяч компьютеров, расположенных по всему миру. Сюжет полностью (9)	2008.08.14 16:09 Сайт delo.ua атаковали через материалы про российско-грузинскую информационную войну Телекрит 9 2008.08.14 21:34 Русские хакеры атаковали украинский сайт Обзоратель

Рис. 65. Фрагмент основных сюжетів за 14 серпня 2008 року (домінуюча тематика - Російсько-Грузинський військовий конфлікт)

Обзор основных сюжетов	
((информац-воин & украи) (информац-воин & украй)) & (2008.11.14) ;	
документов - 63, сюжетов - 12	
1. Украина могла бы эффективнее защищаться от России в информационной войне Украинское министерство иностранных дел возмущено действиями посла России в Украине Виктора Черномырдина. Он выступил "соорганизатором откровенно провокационной антиукраинской акции", во время которой планировался показ российского фильма "Искусство предательства". В фильме, который так хотело показать украинцам российское посольство, речь идет о российско-грузинском конфликте и якобы участии в нем украинцев. Сюжет полностью (34)	2008.11.14 01:09 Посольство России требует от Киева объяснения за "трубность" Росбалт Украина 34 2008.11.14 21:41 Россия ведет информационную войну относительно Украины Viasat.net
2. Росія проводить інформаційну війну щодо України - експерт Українське міністерство закордонних справ обурене діями посла Росії в Україні Віктора Черномірдіна. Він виступив "співорганізатором відверто провокаційної антиукраїнської акції", під час якої планувалося показ російського фільму "Мистецтво зради". У фільмі, який так хотіло показати українцям російське посольство, йдеться про російсько-грузинський конфлікт та нібито участь у ньому українців. Сюжет повністю (11)	2008.11.14 10:03 Росія веде проти України інформаційну війну Газета по-українськи 11 2008.11.14 19:02 Росія веде проти України інформаційну війну Рух-1

Рис. 66. Фрагмент основних сюжетів за 14 листопада 2008 року (домінуюча тематика - російський фільм «Мистецтво зради»)

шення про самоподібність і ітеративність процесів в інформаційному просторі. Це означає, що резонансні публікації багаторазово дублюються, переказуються, обговорюються. Це також означає, що загальна інформаційна напруженість залишається на високому рівні, як тільки зникає «шлейф» одного сюжету за тематикою інформаційних операцій, йому на зміну виникає новий, найчастіше, як показують тенденції, більш інтенсивний.

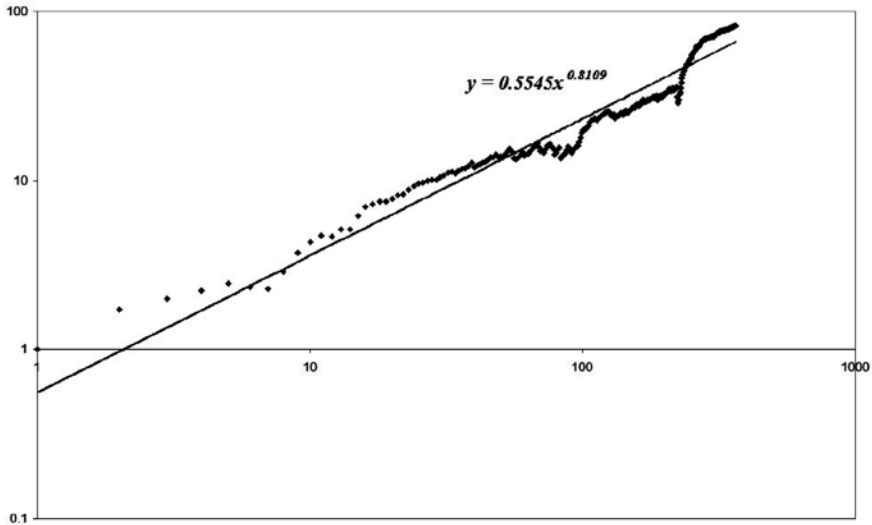
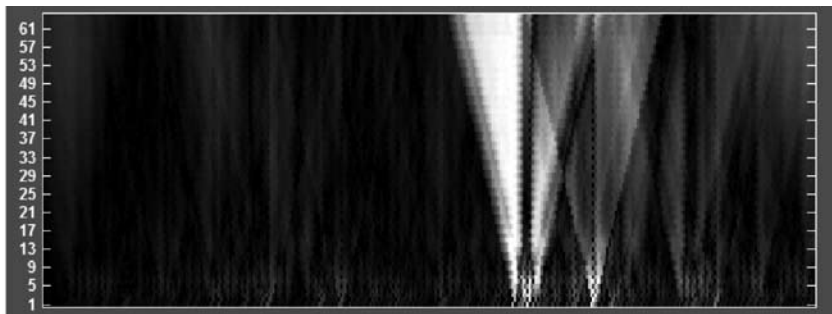


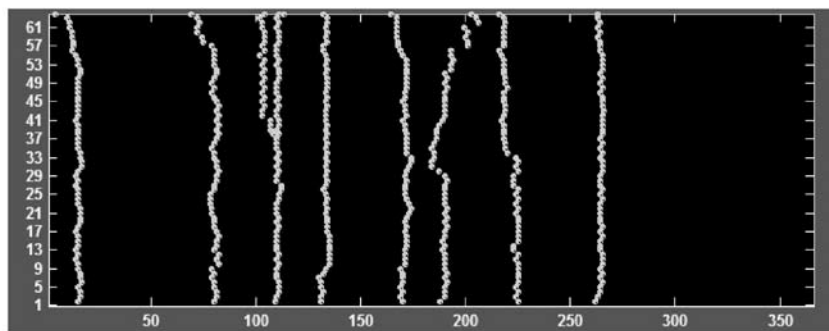
Рис. 67. Показник нормованого розмаху в логарифмічній шкалі для всього періоду спостережень

До найпоширеніших інструментальних засобів математичного моделювання й оцінки рядів спостережень відноситься також вейвлет-аналіз [111, 112]. Кожний з основних факторів динаміки вихідного процесу має своє, характерне відбиття на скейлограмі, при цьому вся аналітична інформація представляється в наочному та зручному для вивчення вигляді. На рис. 68 наведена скейлограма - результат безперервного вейвлет-аналізу (вейвлет Хаара) часового ряду, що відповідає процесу, який досліджувався.

На скелетоні для більшості частот відзначені не тільки 220-ий день, але й неявні екстремуми (105-ий, 130-ий, 200-ий дні тощо). Основне спостереження: публікації за тематикою інформаційних війн викликають лавину републікацій і домислів, які впливають на суспільну думку і, зрештою, на інформаційну безпеку як бізнесу, так і держави.



а)



б)

Рис. 68. Результат вейвлет-аналізу (безперервне вейвлет-перетворення): а) вейвлет-скейлограма; б) лінії локальних максимумів (скелетон)

7.3. Інформаційні операції у веб-середовищі

Звичайна мережна інформаційна атака у веб-середовищі нині здійснюється так: як правило, створюється і якийсь час функціонує веб-сайт (назвемо його «першоджерелом»), при цьому він публікує цілком коректну інформацію. У годину X на його сторінці з'являється документ, зазвичай компромат на об'єкт атаки, достовірний або сфальсифікований. Потім відбувається так зване відмивання інформації. Документ передрукують Інтернет-видання двох типів - зацікавлені в атаці й ті, кому просто не вистачає інформації для заповнення свого інформаційного поля. У випадку претензій всі видання, що передрукують, посилаються на «першоджерело», і, в крайньому випадку, за проханням/вимогою об'єкта атаки видаляють інформацію зі своїх веб-сайтів. Першоджерело при необхідності також знімає інформацію або зовсім ліквідується (після чого виявляється, що воно було зареєстроване в Інтернеті на неіснуючу

особу). Однак інформація вже розійшлася, завдання першоджерела виконане, атака стартувала.

Загальновідома інформаційна кампанія, спрямована проти «Промінвестбанку», почалася наприкінці вересня 2008 р. За допомогою системи контент-моніторингу InfoStream (<http://infostream.ua>) [120], яка сканує всі основні інформаційні веб-сайти України в режимі реального часу, була визначена динаміка публікацій на веб-сайтах повідомлень, у яких згадувався «Промінвестбанк» за три місяці - вересень, жовтень і листопад (рис. 69). Ця динаміка свідчить про невелику кількість публікацій за першу половину вересня, однак потім пішов ряд публікації, які компрометували голову правління В. Матвієнка, що викликало, у свою чергу, відносно невеликий резонанс.

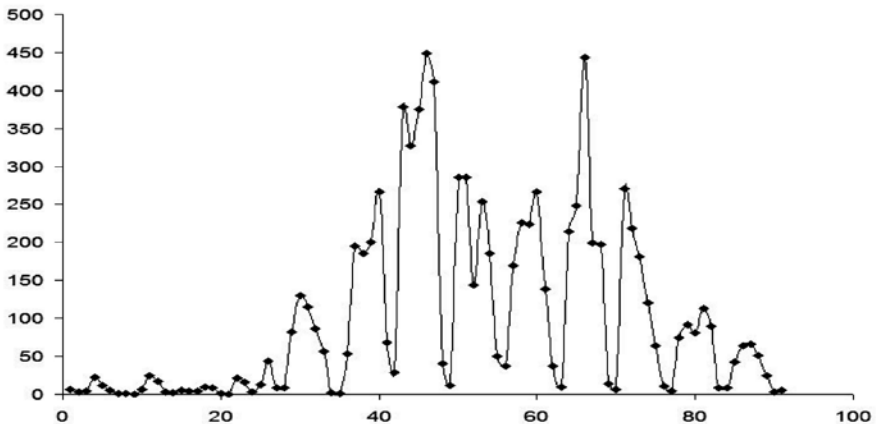


Рис. 69. Динаміка публікацій по темі «Промінвестбанк» за три місяці 2008 р.

Як виявилось згодом, ці публікації були лише «артпідготовкою». 26 вересня з'явилися перші повідомлення про можливе банкрутство банку (рис. 70), кількість яких цілком відповідала лавиноподібному процесу, обмеженому лише числом веб-сайтів, здатних публікувати подібну інформацію. Втім, цей процес вийшов на стабільно-середній рівень до грудня 2008 р.

Не можна стверджувати, що лише інформаційна атака через Інтернет привела банк до сумного стану, однак саме перші тривожні повідомлення підірвали довіру багатьох вкладників, змусили їх масово забирати свої заощадження з банку. 30 вересня з'явилось повідомлення, що для порятунку банку НБУ вирішив виділити «Промінвестбанку» 5 млрд. гривень рефінансування, а 5 грудня з'явилось повідомлення, що в «Промінвестбанку»

з'явився новий власник (рис. 71). Після цього обсяги публікацій про «Промінвестбанк» істотно скоротилися, що свідчить не стільки про його оздоровлення, скільки про системну кризу банківської системи України, яка стала причиною «падіння» багатьох інших кредитних і банківських установ.



Kramatorsk info 2008.09.26 19:35
<http://www.kramatorsk.info/?view&62181>

В Донбасі вошла в активну фазу атака на Промінвестбанк. ПИБ заявляє, що це атака із-за рубежа

Сьогодні в Донецькій області населення організовано вийшло к проходним **Промінвестбанка**.

Вести о том, что народные массы Донбасса штурмуют отделения ПИБа в Донецке, Авдеевке, Волновахе и пр. населенных пунктах Донецкой области, приходят в "Обком" с середины дня.

Никто из опрошенных нами экспертов не может пока сказать что-либо конкретное по данному поводу, кроме банальных констатаций: ПИБ - серьезный банк, он кредитует промышленный сектор Украины, Донецкое облотделение ПИБа - одно из крупнейших, борьба за него началась еще в середине 90-х годов... Ну а баннеры на киевских дорогах против нынешнего (неизменного) руководства ПИБа во главе с г-ном Матвиенко видели многие автомобилисты и пассажиры столичного транспорта.

"Обком" пока не готов сказать что-то определенное по поводу паники, которая охватила сегодня трудовой Донбасс - хотя сведения для определенных умозаключений, в принципе, имеются. Вместо этого мы предлагаем внимаю вкладчиков сообщение, поступившее от пресс-службы ПИБа:

"Промінвестбанк заявляє о стабільній роботі, незважаючи на дезінформацію в ряду СМІ о якості приближающемся банкротстве банка.

Промінвестбанк, по оценкам зарубежных экспертов, стабильный банк и занимает в Украине второе место по надежности.

Массовая газетная атака на **Промінвестбанк** организована рейдерскими (бандитскими) группировками зарубежных агентов с участием высокопоставленных чиновников крупных государственных структур, которые по Конституции должны защищать отечественные предприятия и банки. Ложь, шантаж, направленные против банка, преследуют цель вынудить его к продаже иностранцам за комиссионное вознаграждение... Заявляем: банк не продается... **Промінвестбанк** останется украинским!", - говорится в сообщении.

Служба информационной поддержки **Промінвестбанка** также сообщает, что, несмотря на беспокойство вкладчиков, вызванное негативными публикациями о банке, все обязательства перед клиентами и вкладчиками выполняются, а структурные подразделения банка работают в нормальном режиме.

"Обком"

Рис. 70. Одні з перших тривожних повідомлень

Буквально через тиждень після описаних подій в Україні відбулася ще одна публічна знакова інформаційна атака, цього разу на ринку страхування. Це була дійсно інформаційна операція проти НАСК «Оранта». У цьому випадку першоджерелом компромату виявився не веб-сайт, а інформаційне повідомлення, розіслане електронною поштою тисячам користувачів Інтернету. У результаті застосування спеціальних тех-

нічних прийомів воно розійшлося з позначенням адреси прес-служби об'єкта атаки. Отже, 10 грудня 2008 року близько 11:30 у вигляді спаму було розіслано інформаційне повідомлення, в якому говорилося про те, що страхова компанія «Оранта» заявляє про банкрутство. За попередніми даними, інформація «розлетілася» за 1000 адресами, природно, дані потрапили до конкурентів та у ЗМІ. У повідомленні говорилося, що компанія з 31 грудня 2008 року припиняє виконувати взяті перед клієнтами зобов'язання.

Активная база данных: Система интеграции интернет-ресурсов

Главная Помощь Кабинет Источники Статистика Новости проекта

InfoStream Online

(промінвестбанк)&(2008.11.05)

Период: Другой Убрать дубли Морфология

От: 200809 До: 200811

Найдено документов - 443, страница 1 из 30

Статистика слов: **ПРОМИНВЕСТБАНК** - 26453, 2008.11.05 - 58209

Добавить канал

- Матвиенко поделился "Проминвестбанком" с братьями Клюевыми**
 Политбайт 2008.11.05 22:08
 40% акций "Проминвестбанка" досталось братьям Клюевым. Эту информацию газете "Сегодня" подтвердил источник в руководстве Партии Регионов. По словам информатора, денег за это братья Клюевы не заплатили.
 Похожие документы - Оригинал
- ВЧЕРА ОФИЦИАЛЬНЫЙ И РЫНОЧНЫЙ КУРСЫ ДОЛЛАРА ПОЧТИ СРАВНИВЛИ, И В ОБМЕННИКАХ АМЕРИКАНСКУЮ ВАЛЮТУ ПРОДАВАЛИ ПО 5,85 ГРИВНИ**
 Газета "Факты и комментарии" 2008.11.05 21:30
 А "Проминвестбанк" обрел новых владельцев Роберт ВАСИЛЬ "ФАКТЫ" Национальный банк в среду продолжил свою деятельность по укреплению курса гривны на наличном и межбанковском рынке и параллельно по ослаблению официального курса американской валюты. Курс доллара, установленный Нацбанком, вчера вырос приблизительно на 3,5 копейки и достиг значения 5,8261 гривны за доллар.
 Похожие документы - Оригинал
- "Проминвестбанк" сменил собственника**
 Газета "День" 2008.11.05 21:22
 Правительство утверждает, что не будет расходовать деньги налогоплательщиков на рекапитализацию банка Наталья БИЛУСОВА, "День" Вчера об этом официально сообщил на своем сайте Национальный банк Украины (НБУ).
 Похожие документы - Оригинал
- Кабмин утвердил правила для капитализации банков**
 УРА-Информ 2008.11.05 21:13
 Кабинет министров Украины утвердил порядок участия государства в капитализации банков. Соответствующее постановление от 4 ноября 2008 г. N 960 размещено на сайте правительства.
 Похожие документы - Оригинал
- Дмитрий Фирташ покупает почти 90% банка "Надра"**
 Времетра info 2008.11.05 20:17
 Вчера, 4 октября, украинский предприниматель Дмитрий Фирташ, совладелец швейцарского газового трейдера RosUkrEnergy, подписал предварительное соглашение о покупке 86,7% акций банка "Надра".
 Похожие документы - Оригинал
- У Проминвестбанка поменялся владелец (5.11.2008 18:00)**
 INTV (рус.) 2008.11.05 19:45
 лев У Бас есть видео, которое Вы хотите показать всему миру? Вам сюда В Проминвестбанка изменился владелец. Факт продажи акций банка подтвердили в НБУ. СТБ
 Похожие документы - Оригинал
- Население будет покупать доллары по официальному курсу**
 АМИ Новости-Украина 2008.11.05 19:45
 Национальный банк Украины своим постановлением N353 от 5 ноября обязал коммерческие банки продавать население наличные доллары по курсу не выше официального, сообщают "Українські новини".
 Похожие документы - Оригинал

Информационный портрет

Уточнить запрос

Язиками (1)

Страны источников (1)

Источники (1)

Размер (1)

Цифровая насыщенность (1)

География (1)

Компании (1)

Слова (12)

Классификатор-навигатор

ОБОКМ

ВОЛНОВАХА

АТАКА

ФАЗА

РУБЕЖ

ВКЛАДЧИК

ДОНБАСС

ГОТ

ВОЛНОВАХА

АТАКА

ФАЗА

РУБЕЖ

ВКЛАДЧИК

ДОНБАСС

УМОЗАКЛЮЧЕНИЕ

ВОЛНОВАХА

АТАКА

ФАЗА

РУБЕЖ

ВКЛАДЧИК

ДОНБАСС

ПРОХОДНАЯ

ВОЛНОВАХА

АТАКА

ФАЗА

РУБЕЖ

Рис. 71. Повідомлення, що завершили екстремальну динаміку інтенсивності публікацій по темі «Промінвестбанк»

У зв'язку із зазначеними обставинами НАСК «Оранта» звернулася до правоохоронних органів із проханням розслідувати даний інцидент і покарати винних. Те, що відбулося з «Орантою», дуже нагадувало ситуацію з «Промінвестбанком», із цим погодилися численні експерти. Адже як банківський бізнес, так і страховий ґрунтуються на довірі клієнтів, яка легше всього підривається саме інформаційними атаками. За словами Олега Спілки, голови наглядової ради НАСК «Оранта», «цей захід готувався цілеспрямовано для того, щоб дискредитувати страхову компанію та підірвати її репутацію». Не вдаючись у деталі можливих цілей атаки (зміна власників, боротьба за блокуючий пакет акцій, знищення компанії тощо), за допомогою ретроспективного аналізу простежимо за динамікою публікацій у мережі Інтернет, у яких згадувалася НАСК «Оранта». На рис. 72. наведена щодобова динаміка кількості відповідних публікацій. На цій діаграмі, крім усього іншого, чітко видно спад інтенсивності публікацій за даною темою на початку грудня 2008 р., що цілком можна сприймати як деякий «затишок перед бурею».

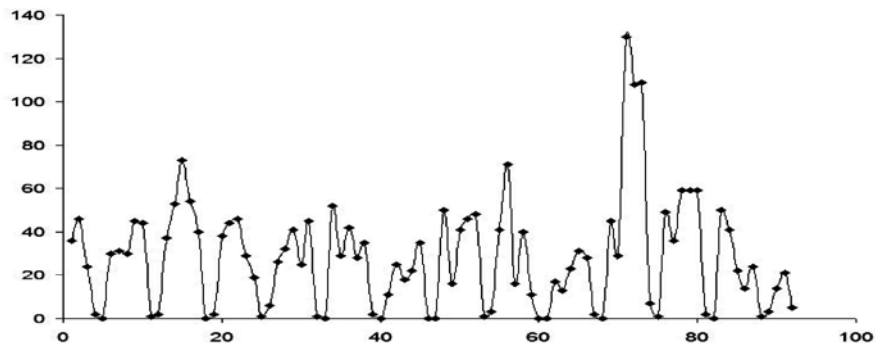


Рис. 72. Інтенсивність публікацій в Інтернет за темою «Оранта»

Для аналізу часових рядів у рамках дослідження авторами застосовувався ΔL -метод. На рис. 73 представлена скейлограма динаміки розглянутого процесу за допомогою методу (ΔL -методу) за друге півріччя 2008 року. Незважаючи на окремі піки в 16 та 55 день кварталу, все-таки найбільший інтерес представляє екстремум, що припав саме на 10-12 грудня.

Більш детальна статистика публікацій за темою «Оранта» за грудень 2008 року була отримана через інтерфейс користувача системи контент-моніторингу InfoStream (рис. 74).

Простежимо за перебігом інформаційної операції, розглядаючи повідомлення, що публікувались у різні проміжки часу.

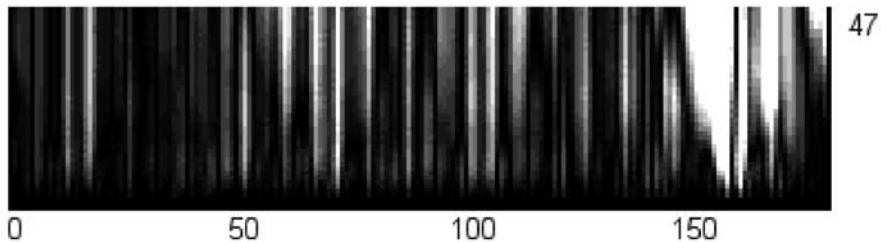


Рис. 73. ΔL -діаграма ряду публікацій за темою «Оранта»

2008.09.14	12567	2	
2008.09.15	55451	5	
2008.09.16	57084	4	
2008.09.17	58559	4	
2008.09.18	57273	10	■
2008.09.19	55888	8	■
2008.09.20	15395	1	
2008.09.21	12126	0	
2008.09.22	55948	21	■
2008.09.23	57232	16	■
2008.09.24	58203	3	
2008.09.25	57520	13	■
2008.09.26	54628	44	■
2008.09.27	16331	9	■
2008.09.28	12572	8	■
2008.09.29	55595	82	■
2008.09.30	57436	130	■
2008.10.01	57117	115	■
2008.10.02	58419	86	■
2008.10.03	56392	56	■
2008.10.04	14930	2	
2008.10.05	11291	1	
2008.10.06	56672	53	■
2008.10.07	59109	195	■
2008.10.08	58352	186	■
2008.10.09	59923	200	■
2008.10.10	57726	267	■
2008.10.11	15692	68	■
2008.10.12	13185	29	■
2008.10.13	57178	378	■
2008.10.14	58234	327	■
2008.10.15	59271	375	■
2008.10.16	58517	449	■
2008.10.17	56452	412	■
2008.10.18	15300	40	■
2008.10.19	11404	12	■
2008.10.20	56814	286	■
2008.10.21	58055	286	■
2008.10.22	58192	144	■
2008.10.23	57697	254	■

Рис. 74. Детальна діаграма інтенсивності публікацій за темою «Оранта»

1. **Крупнейшая страховая компания Украины заявила о своем банкротстве**
 PRO-test 2008.12.10 16:56
 Крупнейшая страховая компания классического страхового рынка Украины НАСК "Оранта" заявила о своем банкротстве. Об этом говорится в письме компании, поступившем в адрес редакции. "В связи с действительными обстоятельствами непреодолимой силы, национальная страховая компания Оранта уведомляет всех своих клиентов о невозможности выполнения взятых на себя обязательств после 31 декабря 2008 года и ограничением выполнения обязательств по случаям, наступившим и (или) наступающим с 1 сентября 2008 года и ограниченным выполнением обязательств по случаям, наступившим и (или) наступающим с 1 сентября 2008 года."
 Похожие документы - Оригинал
2. **Страховая компания "Оранта" объявила о банкротстве**
 ИнтерМедиа Консалтинг 2008.12.10 15:29
 В связи с обстоятельствами, которые нельзя преодолеть, национальная страховая компания "Оранта" сообщает всем своим клиентам о невозможности выполнения взятых на себя обязательств после 31 декабря 2008 года и ограничении выполнения обязательств по случаям, которые наступили и (или) наступают с 1 сентября по 31 декабря 2008 года.
 Похожие документы - Оригинал
3. **"Оранта" говорит, что не объявляла о банкротстве**
 ИнтерМедиа Консалтинг 2008.12.10 15:29
 Сегодня от имени руководителя пресс-службы наблюдательного совета НАСК "Оранта" Елены Куваковой на множество Интернет-адресов было направлено SPAM-сообщение о банкротстве крупнейшей в стране страховой компании "Оранта".
 Похожие документы - Оригинал
4. **Страховая катастрофа: украинская "Оранта" обанкротилась**
 "Дедал" 2008.12.10 15:16
 Крупнейший классический страховщик Украины объявил о своей несостоятельности. Об этом говорится в пресс-релизе, обнародованном украинской компанией. Приводим текст заявления полностью: "Уважаемые клиенты!
 Похожие документы - Оригинал
5. **Страховая катастрофа: украинская Оранта обанкротилась**
 Страхование в России 2008.12.10 15:06
 Крупнейший классический страховщик Украины объявил о своей несостоятельности Об этом говорится в пресс-релизе, обнародованном украинской компанией. Приводим текст заявления полностью: "Уважаемые клиенты!
 Похожие документы - Оригинал
6. **"Оранта" обанкротилась**
 Портал эксклюзивных новостей 2008.12.10 14:39
 Страховая компания "Оранта" обанкротилась. Издание приводит текст пресс-релиза полностью: "Уважаемые клиенты! В связи с действительными обстоятельствами непреодолимой силы, национальная страховая компания Оранта уведомляет всех своих клиентов о невозможности выполнения взятых на себя обязательств после 31 декабря 2008 года и ограниченным выполнением обязательств по случаям, наступившим и (или) наступающим с 1 сентября по 31 декабря 2008 года."
 Похожие документы - Оригинал

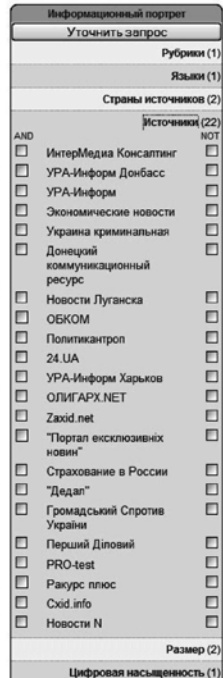


Рис. 75. Перші години атаки. «Найоперативніші» джерела

На рис. 75 наведено перелік публікацій за темою «Оранта» впродовж перших годин атаки. За словами Олега Спілки, протягом двох годин від початку атаки всі поштові сервери НАСК «Оранта» були виведені з ладу, тому спростування в мережі затрималося.

О 12:31 на сайті «Економічні новини» з'являється дивне «оновлене» повідомлення з парадоксальним останнім реченням (рис. 76).

Далі керівництво НАСК «Оранта» опублікувало в Інтернеті перші спростування, не поспішаючи обвинувачувати конкурентів у тому, що відбулося, а потім усе ж таки визнали атаку цілеспрямованою і вигідною третім особам.

На рис. 77 наведено список публікацій, присвячених спростуванню повідомлення про банкрутство за наступний день (11 грудня), а також найбільш активних джерел, що опублікували ці повідомлення. Безумовний інтерес аналітиків викликає порівняння джерел, наведених на рис. 75 та 77.

Подальший спад публікацій за темою НАСК «Оранта» і повернення його на нормальний «середній» рівень свідчить про те, що компанія своїми обережними й точними діями змогла з успіхом протистояти інформаційній операції.



Экономические новости 2008.12.10 12:31
<http://economic-ua.com/articles/46840>

Страховая компания "Оранта" стала банкротом (обновлено)

В Интернете появились сообщения о том, что страховая компания "Оранта" стала банкротом.

"Уважаемые клиенты!

В связи с действием обстоятельств непреодолимой силы, национальная страховая компания **Оранта** уведомляет всех своих клиентов о невозможности выполнения взятых на себя обязательств после 31 декабря 2008 года и ограниченным выполнением обязательств по случаям, наступившим и (или) наступающим с 1 сентября по 31 декабря 2008 года.

В связи с начатой процедурой **банкротства** действие всех страховых полисов ограничивается сроком до 31 декабря 2008 года, вне зависимости от даты, указанной в договоре.

Страховые возмещения по случаям, наступившим с 1 сентября по 1 декабря 2008 года, будут выплачены в период от одного до трех лет, от даты судебного решения о **банкротстве**. С 1 января 2008 года ответственность по полисам НАСК "Оранта" будет переложена на ряд партнерских страховых компаний. Список партнеров будет опубликован на нашем сайте.

Клиентам, у которых срок действия договоров заканчивается позже 31-го декабря, необходимо прибыть в ближайшее отделение компании и перезаключить договор страхования с нашими партнерами. До 31-го декабря на перезаключение договоров по абсолютно всем видам страхования нашими партнерами предоставляются скидки". На официальном сайте компании, данная информация не подтвердился.

Как сообщили "ЭН" в самом НАСК "Оранта", это не правдивая информация.

Рис. 76. Спростування?

7.4. Кроки протидії інформаційним операціям

Розглянуті практичні приклади дали змогу розробити деяку загальну методику проведення оборонної інформаційної операції з використанням системи контент-моніторингу веб-ресурсів. Припустимо, об'єктом агресивної інформаційної операції є компанія «АБВ». Пропонується 12 кроків протидії:

1. Збір інформації з публікаціями в «чужих» (тих, що не мають відношення до «АБВ», неафельованих) ЗМІ про компанію.
2. Побудова графіка - динаміки появи повідомлень про компанію «АБВ» у мережних ЗМІ.
3. Аналіз динаміки з ретроспективою впродовж 6-12 місяців за допомогою методів аналізу часових рядів. Після цього аналізується контент публікацій у граничних точках, визначаються моменти, тривалість, періодичність впливу, прив'язка моментів впливу до інших подій з кола інтересів об'єкта.
4. Визначення джерел, що публікують найбільшу кількість негативу (публікацій з негативною тональністю) про компанію «АБВ».
5. Визначення «першоджерел» публікацій у ЗМІ - тих джерел, які першими опублікували негативну інформацію.
6. Визначення ймовірних «замовників» - власників або осіб, які впливають на видавничу політику окремих ЗМІ.

1. **"Оранта" - не Банкрот**
 Бєрданське вєдомості 2008.12.11 19:49
 Смирнова Єкатєрина В среду, 10 декабря, в интернет-изданиях появилась информация о том, что крупнейшая страховая компания классического страхового рынка Украины НАСК "Оранта" заявила о своем банкротстве и уведомила своих клиентов о невозможности выполнения взятых на себя обязательств после 31 декабря 2008 года.
 Похожие документы - Оригинал
2. **Официальный пресс-релиз НАСК Оранта по поводу мнимого банкротства**
 News.kotras.ua 2008.12.11 17:35
 10 декабря, в 11.30 от имени руководителя пресс-службы наблюдательного совета НАСК Оранта Алены Кулаковой на множество Интернет -адресов было направлено СПАМ-сообщение о банкротстве крупнейшей в стране страховой компании Оранта.
 Похожие документы - Оригинал
3. **Страховая компания "Оранта" подверглась массовой информационной атаке**
 ПростоБанк.ua 2008.12.11 17:07
 Многие интернет-пользователи получили по электронной почте сообщение, в котором якобы от имени руководителя пресс-службы "Оранты" говорилось о том, что страховщик начал процедуру банкротства и с 31 декабря 2008 года прекращает выполнять перед своими клиентами все взятые на себя обязательства.
 Похожие документы - Оригинал
4. **"Оранта" исключает причастность конкурентов к информации о якобы банкротстве компании**
 УНИАН 2008.12.11 16:46
 Руководство национальной акционерной страховой компании (НАСК) "Оранта" исключает причастность конкурентов к распространению через спам-рассылку информации о якобы банкротстве компании.
 Похожие документы - Оригинал
5. **"Оранта" намерена привлечь к ответственности распространителей лже-информации**
 УНИАН 2008.12.11 16:46
 Руководство национальной акционерной страховой компании (НАСК) "Оранта" обратилось в Генеральную прокуратуру, Службу безопасности Украины, а также к премьер-министру Украины с просьбой о расследовании инцидента и привлечении к ответственности распространителей информации о якобы банкротстве компании.
 Похожие документы - Оригинал
6. **"Оранта" просит Генпрокуратуру найти автора спама о банкротстве**
 "Мир домов" 2008.12.11 15:57
 Утром 10 декабря от имени руководителя пресс-службы СК "Оранта" было Елены Кулаковой было отправлено на множество интернет-адресов спам-сообщение о банкротстве страховой компании.
 Похожие документы - Оригинал

Информационный портрет	
Уточнить запрос	
Рубрика (6)	
Языки (2)	
Страны источников (3)	
AND	Источники (19)
NOT	
<input type="checkbox"/>	META - Украина. Пресс-релизы
<input type="checkbox"/>	СТРАХНАДЗОР
<input type="checkbox"/>	PR - это жизнь
<input type="checkbox"/>	TRISTAR.com.ua
<input type="checkbox"/>	Економічна правда
<input type="checkbox"/>	UkrBiz.net
<input type="checkbox"/>	УНИАН
<input type="checkbox"/>	Одесські вісті
<input type="checkbox"/>	forINSURER.com
<input type="checkbox"/>	"Страхование сегодня"
<input type="checkbox"/>	B2Blogger.com
<input type="checkbox"/>	"Коммерсант-Украина"
<input type="checkbox"/>	Pbboom
<input type="checkbox"/>	"Вісник" Калущини
<input type="checkbox"/>	Fin.org.ua
<input type="checkbox"/>	Міністерство економіки України
<input type="checkbox"/>	НАСК "Оранта"
<input type="checkbox"/>	Страхование Украины
<input type="checkbox"/>	Украина деловая
Размер (2)	
Цифровая насыщенность (3)	
Тональность (2)	
География (25)	

Рис. 77. Повідомлення зі спростуванням

7. Визначення сфер спільних інтересів компанії «АБВ» і потенційних «замовників» (шляхом виявлення загальних інформаційних характеристик — перетинань «інформаційних портретів» системи InfoStream, що створюються для об'єкта і «замовника»), ранжирування потенційних «замовників» за їхніми інтересами.

8. Визначення критеріїв інформаційних впливів на основі найбільш рейтингових інтересів.

9. Моделивання інформаційних впливів, для чого знаходять зв'язки «замовника» - найбільш пов'язані з ним персони та організації, аналізується динаміка впливу з боку замовника та формується прогноз цієї динаміки, аналізується контент публікацій у граничних точках кривої динаміки - визначаються критичні точки впливу.

10. Прогнозуються подальші кроки впливу шляхом аналізу аналогічної динаміки публікацій для інших компаній у ретроспективній базі даних системи InfoStream.

11. З урахуванням реалій і публікацій з ретроспективної бази даних оцінюються ймовірні наслідки.

12. Організується інформаційна (і не тільки) протидія. Приклади публікацій у контексті протидії знаходяться у ретроспективній базі даних.

7.5. Значення контент-моніторингу

Якраз системи контент-моніторингу найкраще підходять для оперативного аналізу інформаційної обстановки з трьох причин: по-перше, вони забезпечують оперативність, яку не можуть забезпечити пошукові системи (час індексації мережного контенту навіть кращими з них становить від декількох діб до декількох тижнів), по-друге, спеціалізовані системи контент-моніторингу забезпечують повноту як стосовно джерел, так і подання матеріалів джерел, тоді як звичайні агрегатори новин не завжди забезпечують необхідну повноту, і, по-третє, системи контент-моніторингу містять необхідні аналітичні засоби, які можуть надати користувачеві інформацію про інтенсивність публікацій за заданою тематикою в необхідний період часу.

У плані профілактики інформаційних операцій варто уважно стежити за динамікою публікацій про цільову компанію, якщо є можливість, з урахуванням тональності цих публікацій, користуватися доступними аналітичними засобами, наприклад вейвлет-аналізом. При цьому варто орієнтуватися на можливі моделі інформаційних атак, наприклад, якщо ця модель охоплює фази: «фонові публікації» - «затишок» - «артпідготовка» - «затишок» - «атака» (рис. 78), то вже за першими трьома компонентами можна з великою ймовірністю передбачити майбутні події.

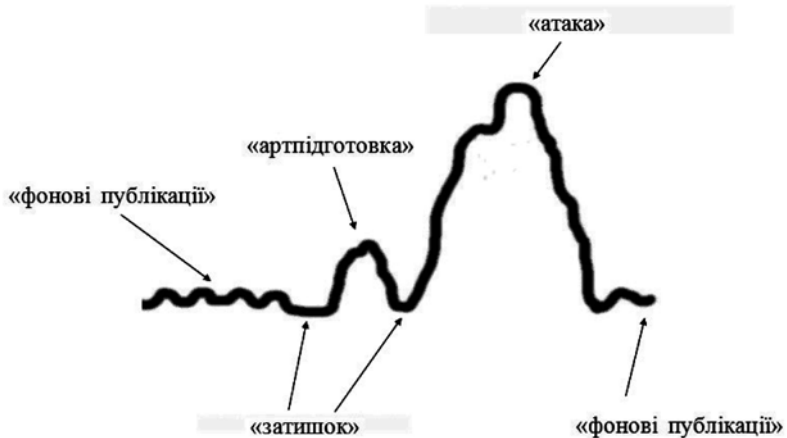


Рис. 78. Типова поведінка рядів інтенсивності тематичних публікацій

Наведений вище план, очевидно, є ідеальним, орієнтованим виключно на дані контент-моніторингу веб-ресурсів. Природно, що на практиці орієнтація лише на єдиний тип джерел може призвести до дефіциту інформації, необхідної для прийняття рішень, до неточностей, а інколи і до дезінформованості. Лише застосування комплексних систем, що базуються на використанні численних джерел і баз даних, поряд із наведеними вище можливостями системи контент-моніторингу, може гарантувати ефективну інформаційну підтримку при протидії інформаційним операціям.

РОЗДІЛ 8. ДЕЯКІ РЕАЛІЗОВАНІ МОДЕЛІ

Використання методології багатоагентного моделювання соціальних процесів і процедур (у тому числі й інформаційних операцій) останнім часом значно розширилося. Створено численні моделі, деякі з яких перелічимо далі.

До реалізованих апробованих індивідуум-орієнтованих моделей можна віднести, наприклад, описану модель дифузії інновацій [95]. На думку індійських учених, клітинне моделювання дає змогу будувати значно реалістичніше моделі ринку, ніж традиційні підходи до дослідження дифузії інновацій. Кожен індивід у цій моделі – клітинний автомат, що відповідає клітці, яка може перебувати у двох станах: 1 - новинка прийнята; 0 - новинка поки що не прийнята. Головне достоїнство цього підходу полягає в можливості емпіричної оцінки фактора p - імовірності прийняття новинки. Для цього можна використати дані соціологічних опитувань і матеріали фокус-груп. Перевага цього підходу полягає в можливості одержання оцінок необхідної кількості прихильників і їхнього просторового розподілу в початковий момент кампанії.

Зрозуміло, що в запропонованій моделі легко ускладнити формулу розрахунку потенціалу, змінити окіл, увести в розрахунок випадкові фактори. Урахування географічних особливостей регіону може змусити відмовитися від простих квадратних сіток. Зовсім необов'язковою є уніфікація правил поведінки автоматів. Наприклад, можна для центральних кліток задати одні правила, а для периферійних - інші. При прийнятті рішень «автомат» може орієнтуватися не тільки на думку своїх сусідів (мікрорівень), а й ураховувати макрозмінні (наприклад, загальну кількість прихильників даної позиції). Очевидно, що, поставивши клітці навіть примітивний штучний інтелект, можна досліджувати все глибші прошарки соціальної реальності.

Досить перспективним напрямком досліджень є клітинне моделювання процесів кооперації та конкуренції з подальшим застосуванням для прийняття рішень разом із моделями, що базуються на теорії ігор [124].

8.1. Політика закритих режимів

На думку розробників моделі політики закритих режимів [125], багато центральноазіатських держав є авторитарними, тому розуміння політики в межах маленької правлячої еліти важливе для того, щоб зрозуміти, що уряд міг би зробити в певній ситуації. Модель закритих режимів була створена на основі багатоагентного підходу. У якості агентів розглядалися члени політичної еліти деякого закритого режиму. Модель має розвинутий користувальницький інтерфейс, що дає можливість аналітикові експериментувати за його допомогою.

У рамках моделі розглядається декілька типів політичних лідерів і відповідно декілька типів їхньої поведінки, наприклад, схильність або несхильність до ризику. Визначальною характеристикою агентів у даній моделі є їхній потенціал (повноваження), що може змінюватися або захоплюватися лідируючими агентами. Несхильні до ризику лідери розташовуються на полі моделювання так, щоб помічати інших потужних агентів, які становлять загрозу їхнім повноваженням. У результаті вони знижують у ранзі агентів, чия влада перевищує певний граничний рівень. Під час експериментів автори дійшли висновку, що якщо агент має повноту влади, не меншу 75% від влади лідера, то лідер намагатиметься скоротити повноваження агента до рівня, який не перевищує 50% від його влади. У результаті такого «зниження» повноважень агента лідер бере ці повноваження собі, підвищуючи свій потенціал.

Закриті політичні режими мають одну з ознак складної системи: одержані результати важко пояснити або простежити, орієнтуючись тільки на вихідні дані. Зокрема, дії лідерів часто здаються незрозумілими, непередбачуваними або навіть нелогічними. Динамічні властивості таких систем не укладаються в рамки звичайних аналітичних методів. Ці властивості базуються на замкнутій природі розглянутих режимів і різноманітності елементів, що входять до них. Стандартні статистичні, динамічні або теоретико-ігрові підходи в цьому випадку малоприматні. Разом з тим, багатоагентне моделювання дає цілком реалістичні результати.

8.2. Інституціоналізація ідентичності

Нині визначення колективної ідентичності є дуже актуальною задачею для багатьох регіонів світу, зокрема, для Середньої Азії. Із самоідентифікацією пов'язані переваги індивідуумів, те, як вони бачать себе. Наприклад, індивідуум може характеризуватися такими «конкуруючими» властивостями як ісламський фундаменталізм, громадянин країни або старший у племені. Важливо знати, які це властивості (альтернативи або доповнення) та їхні «вагові значення» (важливі або мінімальні). Іан Лустік [126] вивчив фактори, які утворюють особисту ідентичність, і встановив значення від-

повідних процесів, побудував багатоагентну модель колективного формування ідентичності. Дана модель базується на аналізі наборів властивостей агентів, які розташовуються і взаємодіють один з одним у двомірному просторі. У рамках даної моделі агенти можуть мати різні повноваження впливу на сусідів і різний діапазон можливих властивостей. У рамках моделі також досліджується ефект ексклюзивності властивостей окремих агентів - індивідуумів.

8.3. Формування націй

Однією з проблем у країнах, що розвиваються, є формування національної ідентичності. Ларс-Ерік Сидерман у 1995 році побудував багатоагентну двовимірну модель розвитку конкуруючих груп індивідуумів до національної єдності [128], яка розвивається активно і нині. Розглядається перехід від комунальної ідентичності - до транскомунальної - національної. Дана модель досліджує відносини периферії і центру, ефект політичної мобілізації, взаємодію між матеріальними та культурними факторами. Крім багатоагентної моделі (і на основі її використання) побудована також аналітична модель - система рівнянь для моделювання цієї ж проблеми.

8.4. Моделювання соціального насильства

У багатоагентних моделях, показаних у дисертаційному дослідженні Раві Бхавнані [129], розглядаються випадки, коли одна етнічна/релігійна група нападає та знищує членів іншої групи такого ж типу. Існуючі приклади - мусульмансько-індуські бунти, які відбуваються у великій кількості індійських міст, різанина в Руанді та Бурунді, «етнічні чистки» в колишній Югославії. Дані моделі призначені для вивчення динаміки подібних видів соціального (комунального) насильства. При цьому перша модель має справу з динамікою мобілізації в межах однієї країни типу Бурунді. Друга модель дає змогу оцінювати імовірність того, як соціальне насильство в одній країні може вплинути на соціальне насильство в сусідніх країнах.

8.5. Придушення повстання та соціального насильства

Джошуа Епштейн побудував дві пов'язані багатоагентні моделі, які імітують придушення насильства в межах націй [130]. Перша модель охоплює динаміку дій центрального уряду, що пробує придушити децентралізоване повстання. Друга - динаміку дій уряду, що пробує придушити насильство між двома етнічними групами. В обох моделях розглядаються дві категорії акторів (агентів) - «прості агенти» - представники населення, які можуть бути активно непокірливими або ні, і «поліцейські» - сили

центральної влади, які шукають і заарештовують активно непокірливих агентів. Прості агенти мають досить гомогенні властивості та функціонують з урахуванням двох основних параметрів - «рівнем потреби» H і «рівнем законності». Сама по собі потреба не викликає активної непокори. Автори моделі відзначали, що ще в російському революційному журналі «Народна Воля» було таке: «Ніяке село ніколи не повставало просто тому, що хотілося їсти». Другий параметр L означає сприйняття населенням законності режиму. Обидва параметри приймають значення в інтервалі $[0, 1]$, а загальний критерій готовності до непокори визначається як їхній добуток:

$$G = H(1 - L).$$

Агент має можливість бачити своє найближче оточення, поле моделі є двовимірною сіткою, відповідно кожен агент бачить деяку кількість найближчих сусідів, розташованих на півночі, півдні, сході і заході.

На поведінку агентів впливає рівень ризику бути арештованими у випадку приєднання до повстання. Цей ризик оцінюється як функція від кількості активних (непокірливих) A і поліцейських C - найближчих сусідів:

$$P = 1 - \exp(kC/A),$$

де k - деяка постійна. Крім того, в остаточному критерії «активізації» агента використовується параметр J - тюремний строк за заколот. У результаті, якщо для агента значення G мінус PJ^α (α - деяка константа, що обирається для моделі) перевищує деякий поріг, він переходить до активного стану.

Правила функціонування поліцейських у цій моделі набагато простіші, ніж правила простих агентів. Кожен поліцейський також має можливість бачити деяку кількість найближчих сусідів у чотирьох напрямках сітки. При огляді доступної для нього частини сітки поліцейський заарештовує випадкового активного агента. У розглянутій моделі поліцейські ніколи не переходять на бік революції.

У результаті багатоагентного моделювання автори зробили ще один крок до розуміння складної динаміки повстань і міжетнічного насильства, що, у свою чергу, може забезпечити більш ефективну політику при вирішенні подібних проблем.

У роботі Рейнольдса та Діксона [131] також представлено ще один опис багатоагентної моделі придушення повстання народних мас.

8.6. Перехід від демонстрацій до революції

Сюзанна Ломанн у 1994 р. побудувала багатоагентну модель, за допомогою якої досліджуються умови, за яких антиурядові демонстрації переростають у революції [132]. Модель базувалася на реальному прикладі - зростанні щотижневих демонстрацій у Лейпцігу, що сприяло поваленню НДР у 1991 році. Модель, як і описана вище, будується на ймовірнісних оцінках ризику бути арештованим, а також на тому, яка кількість людей брала участь у демонстрації минулого разу. Результат моделювання показав, що «інформаційний каскад» може стати настільки великим, тобто включати таку кількість людей, що переконає інших у тому, що ризики демонстрації для них є досить низькими, у можливості приєднатися до наступного раунду. Для вирішення цієї задачі також була запропонована й аналітична модель.

8.7. Боротьба з корупцією

Як відомо, корупція підриває законність і владу в державі, перешкоджає економічному розвитку. Небезпека наркобізнесу та контрабанди в багатьох країнах Азії також обумовлює важливість боротьби з корупцією як проблеми національної безпеки. Росс Хаммонд у 2000 році побудував багатоагентну модель боротьби з корупцією [133, 134]. Модель розглядає в якості агентів людей, які можуть підкуповувати посадових осіб, і поліцію, яка може застосовувати різноманітні тактики, щоб придушити хабарництво. Посадові особи можуть перебувати у двох станах – корумпованому (*C*) і некорумпованому (*NC*).

Робочим полем моделі є статична мережа обраного розміру. Зміст мережі (кількість і стани агентів) вибирається випадково при ініціалізації моделі. Кожен агент збирає інформацію щодо свого оточення, що є важливим для визначення його поведінки. У кожного агента також є пам'ять про минулі взаємодії, в якій зберігаються стратегії, обрані супротивником у кожній з останніх *n* взаємодій. Крім того, в агента (бюрократа) є вроджена схильність до корупції або до чесності (десяткові числа між 0 та 1). Ця схильність випадковим чином розподілена серед агентів.

Під час гри - тобто функціонування моделі, коли обидва гравці (бюрократ і громадянин) переходять у стан «корупція», вони можуть успішно здійснити змову. Схильність до чесності при цьому використовується з метою обчислити розміри «моральної ціни», яку платить більш чесний агент, який вибирає корумповану стратегію.

На думку розробників моделі, її результати обґрунтовують твердження щодо можливостей спонтанного переходу до некорумпованого стану в скінченний час (за досить велику кількість тактів моделі) без залучення зовнішніх впливів.

8.8. Об'єднання територій

У країнах з обмеженими сільськогосподарськими ресурсами конкуренція в боротьбі за землю та воду може бути дуже інтенсивною. Підставами для цієї боротьби можуть бути племінні, етнічні, релігійні або національні інтереси. Багатоагентна модель боротьби за територію, представлена на географічних картах, побудована на основі правил, запропонованих у 2003 році [133].

8.9. Об'єднання між націями і в межах націй

У роботі [135] представлена багатоагентна модель, що передбачає можливість об'єднання різних груп населення (на будь-якому рівні, наприклад, націй або релігійних груп). Розглядається модель формування об'єднань на двох рівнях: міжнаціональному і внутрішньонаціональному. Такі об'єднання могли б набувати форми традиційних союзів щодо забезпечення безпеки, однак, найчастіше міжнаціональні об'єднання не є триваліми та сильними.

Об'єднання на внутрішньонаціональному рівні також важливі, наприклад, деякі місцеві лідери об'єднуються, щоб одержати вирішальний вплив на політичному рівні. Крім того, об'єднання між транснаціональними групами, що працюють у сферах діяльності (наприклад, між виробниками наркотиків або між лідерами ісламських організацій) можуть мати вирішальний вплив на політику та стабільність однієї або багатьох країн.

Так звана пейзажна теорія агрегації базується на ідеї згладжування протиріч між групами агентів, на їхніх можливостях мінімізувати розбіжності з метою протидії загальному супротивникові. Модель базується на урахуванні енергетичного потенціалу окремих агентів і всієї системи (пейзажу). Об'єднання груп агентів приводять до локального мінімуму енергії всієї системи. Дана модель була апробована для двох випадків: об'єднання сімнадцяти європейських націй у Другій світовій війні та членства в конкуруючих союзах дев'яти комп'ютерних фірм, щоб установити норми для комп'ютерних операційних систем типу Unix. Дана теорія може застосовуватися для побудови коаліцій політичних партій у парламентах, ліквідації розколів в окремих державах та організаційних структурах.

8.10. Асиміляційна динаміка населення

Модель асиміляційної динаміки була розроблена консалтинговою компанією Decisio Con-sulting [136] для альянсу великих корпорацій Synthesis Alliance. За опублікованими даними Американського бюро перепису населення (US Census), іспаномовне населення стало найбільшою за розміром

національною меншиною у США. У представленій моделі за допомогою імітаційного моделювання досліджувалися структурні складові, які формують характеристики цієї групи.

У представленій роботі наведена модель іспаномовної групи, рівень асиміляції якої з основним населенням динамічно змінювався залежно від індивідуального вибору. Модель застосовує як багатоагентний, так і системно-динамічний підхід. У рамках моделі іспаномовна група розглядається на рівні індивідумів - агентів. Кожен агент приймає рішення залежно від свого поточного стану та зовнішнього середовища. Поняття «іспаномовність», «асимільованість» визначені в культурних атрибутах особистості та проявляються через міграцію, вибір сусідства та інші механізми. Деякі компоненти стану агента представлені дискретні, деякі - безперервні змінні, що характеризують накопичення та втрату агентом культурних атрибутів. Також визначені глобальні структури зворотних зв'язків, які в остаточному підсумку визначають поведінку на індивідуальному рівні.

Наведена модель допомагає побачити, що система має досить складну динаміку, зокрема з'являються тимчасово стабільні сегменти усередині іспаномовної групи. Методи, застосовані в цій моделі, природно, можуть бути використані також в інших дослідженнях соціальної динаміки.

ВИСНОВКИ

Моделювання та аналіз соціальних процесів є необхідною компонентою як планування і прогнозування будь-яких соціальних процедур, так і для вивчення їхніх наслідків.

Розглянуті в книзі підходи дають змогу будувати компактні моделі, які у певному наближенні дозволяють описувати процеси інформаційного впливу. Подібні моделі придатні для опису загальних тенденцій у динаміці інформаційних процесів. Разом з тим, більш реалістичні моделі можуть бути отримані з урахуванням додаткового набору факторів, більшість із яких не відтворюються в часі. Структура правил, що лежать в основі функціонування більшості з розглянутих моделей, дозволяє вносити відповідні корективи, наприклад, штучно моделювати випадкові відхилення. Відзначимо, що відтворення результатів у часі є найсерйознішою проблемою при моделюванні інформаційних процесів, зокрема інформаційних операцій. Повторюваність явищ, які моделюються, становить основу наукової методології. Нині лише ретроспективний аналіз уже реалізованих інформаційних операцій є відносно надійним способом верифікації результатів.

Сучасні підходи дають змогу розглядати суспільство як складну систему та застосовувати для моделювання цієї системи методи, апробовані насамперед у природничих науках. Слід зазначити, що підходи, які базуються на застосуванні точних методів і математичному формалізмі, а також методів імітаційного моделювання, насправді можуть давати переважно якісні висновки. Це зумовлюється багатопараметричністю моделей, що розглянуті. Разом з тим, навіть такі результати можуть пояснити реальність у багатьох випадках краще, ніж звичайний життєвий досвід. Безумовно, нині існують ефективні соціологічні методи, які не можна протиставляти підходам, що базуються на розглянутих підходах. Лише симбіоз багатьох напрямків може забезпечити реалізацію ефективних науково обґрунтованих соціальних процедур, вибити фундамент під спробами створення суспільних химер і маніпуляцій.

ГЛОСАРІЙ

Багатоагентне моделювання (англ. *Multiagent Modelling* або *Agent-based Modeling*) - моделювання на базі (основі) застосування агентів. Комп'ютерні моделі, в яких атомарними елементами є агенти.

Вейвлети (англ. *wavelet*) - математичні функції, що дають змогу аналізувати різні частотні компоненти даних. Вейвлети локальні в часі й по частоті, всі функції одного сімейства вейвлетів виводяться з однієї за допомогою її зсувів і розтягнень по осі часу. Всі вейвлет-перетворення будь-якої функції розглядають її в термінах коливань, локалізованих за часом і частотою.

Детермінований (динамічний) хаос - явище, при якому поведінка нелінійної системи виглядає випадковою, незважаючи на те, що вона визначається детерміністичними законами. Причиною появи детермінованого хаосу є нестійкість системи відносно початкових умов і параметрів: мала зміна початкової умови приводить до істотних змін динаміки системи.

Електоральна популяція (ЕП) - відносно стійка соціальна група, системоутворюючою ознакою якої є прихильність до певної політичної сили та, відповідно, готовність голосувати за неї на виборах.

Емерджентність (англ. *Emergence* - виникнення, поява нового) у теорії систем - наявність у будь-якій системі особливих властивостей, не властивих її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не зв'язаних особливими системоутворюючими зв'язками; незвідність властивостей системи до суми властивостей її компонентів; синонім - «системний ефект».

Кібервійна (кібертероризм) - напад на комп'ютерні мережі. Використання комп'ютерних мереж (кіберпростору) для здійснення терористичних актів.

Імітаційне моделювання - метод дослідження, при якому досліджувана система замінюється моделлю, яка з достатньою точністю описує реальну систему. З цією моделлю здійснюються експерименти з метою одержання інформації про реальну систему. Імітаційне моделювання - окремих випадок математичного моделювання. Існує клас об'єктів, для яких з різних причин не розроблені аналітичні моделі, або не розроблені методи рішення щодо отриманої моделі. У цьому випадку математична модель замінюється імітатором або імітаційною моделлю - логіко-математичним описом об'єкта.

Індивідуум-орієнтоване моделювання (англ. *Individual-based Modeling*) - один із методів комп'ютерного моделювання складних систем — популяцій. Ідивідуум-орієнтована модель описує механізми взаємодії індивідуу-

мів (програмних агентів) з навколишнім середовищем, а також внутрішньопопуляційні взаємодії на рівні окремих програмних агентів.

Інформаційна війна (англ. - *Information War*) - комплекс заходів щодо інформаційного впливу на масову свідомість для зміни поведінки людей і нав'язування їм цілей, які не входять до числа їхніх інтересів, а також захист від подібних впливів. Цілеспрямовані дії, розпочаті для досягнення інформаційної переваги шляхом завдання збитків інформації, інформаційним процесам та інформаційним системам супротивника при одночасному захисті власної інформації, інформаційних процесів та інформаційних систем [137].

Інформаційний вплив – вплив на масову свідомість аналогічно тому, як психологічний вплив впливає на свідомість індивідуальну. Інформаційний вплив як процес керування - це порушення (гальмування) у керованій системі процесів, що стимулюють бажаний для сторони, що впливає, вибір. Цей спосіб впливу не припускає прямого виведення з ладу частини елементів його системи, але передбачає передачу супротивникові такої інформації, що наштотхне його на вибір необхідного для сторони, що впливає, рішення.

Інформаційне керування - процес вироблення й застосування керуючих впливів, яким притаманний неявний, непрямий, інформаційний характер. Об'єкту керування надається певна інформаційна картина, орієнтовуючись на яку він вибирає лінію своєї поведінки, як йому здається, самостійно, тобто інформаційне керування - це спосіб впливу, що спонукує людей до впорядкованої поведінки, виконання необхідних від них дій.

Інформаційні операції (англ. *Information Operations, Info Ops, IO*) – інформаційний вплив на масову свідомість (як на ворожу, так і на дружню), вплив на інформацію, доступну супротивникові та необхідну йому для прийняття рішень, а також на інформаційно-аналітичні системи супротивника, у тому числі дії, спрямовані на фізичний вплив на інформаційно-аналітичні системи, виведення з ладу засобів комп'ютерно-телекомунікаційної інфраструктури.

Інформаційна перевага (англ. *Information Superiority*) - ступінь панування, що дає змогу певним силам збирати, управляти, експлуатувати та захищати інформацію без ефективної протидії з боку супротивника.

Інформаційний простір - (англ. *Information Space*) - сукупність інформаційних ресурсів, технологій їхнього супроводження та використання, інформаційних і телекомунікаційних систем, що утворюють інформаційну інфраструктуру.

Математичне моделювання - процес побудови й вивчення математичних моделей – математичних представлень щодо реальності.

Моделювання - дослідження об'єктів пізнання на їхніх моделях; побудова та вивчення моделей реально існуючих об'єктів, процесів або явищ з метою одержання пояснень цих явищ, а також для прогнозування явищ, що цікавлять дослідника. Моделювання можна розглядати як процес створення, застосування, використання моделі. Головні функції моделі - спрощення одержання інформації щодо властивостей об'єкта, передача інформації та знань, керування об'єктами та процесами, їхня оптимізація, прогнозування, діагностика.

Природні обчислення (англ. - *Natural Computing*) – науковий напрямок, що поєднує математичні методи, в яких закладені принципи природних механізмів прийняття рішень. До «природних обчислень» відносять наступні розділи: генетичні алгоритми, еволюційне програмування, нейромережні обчислення, клітинні автомати, ДНК-обчислення, мурашині алгоритми.

Психологічний вплив – вплив на психіку окремих людей, що може здійснюватися різними засобами: інформаційними, військовими, економічними, політичними. Психологічний вплив підрозділяється на наступні види: інформаційно-психологічний, психогенний, психоаналітичний, нейролінгвістичний, психотронний, психотропний. У контексті даної роботи особливе значення приділяється **інформаційно-психологічному впливу**. Психологічний вплив такого виду ставить своєю основною метою формування певних соціальних ідей, уявлень, переконань, одночасно він викликає в людей позитивні або негативні емоції, почуття та навіть масові реакції, наприклад паніку. Зміст психологічного впливу реалізується шляхом проведення психологічних операцій або шляхом здійснення різних заходів.

Редукціонізм (від лат. - *Reductio*) - методологічний принцип, відповідно до якого складні явища можуть бути повністю пояснені за допомогою законів, властивих простішим явищам (наприклад, соціологічні явища пояснюються біологічними або економічними законами).

Синергетика (від грецьк. συν - «спільно» і εργος - «діючий») - міждисциплінарний напрямок наукових досліджень, завданням якого є вивчення природних явищ і процесів на основі принципів самоорганізації систем (що складаються з *підсистем*). Синергетика - це наука, що займається вивченням процесів самоорганізації й виникнення, підтримки, стійкості й розпаду структур вслякої природи.

Система клітинних автоматів – сукупність математичних об'єктів, що є однорідною сіткою, кожна клітина якої (клітинний автомат) може перебувати в одному з можливих станів. Стани кліток синхронно обновляються на кожному кроці моделювання відповідно до визначених правил переходу, у загальному випадку таких правил може бути незліченна кількість, що відповідає кількості підмножин зліченної множини.

Системний ефект – незвідність системи до суми властивостей її компонент.

Складні мережі (англ. – *Complex Networks*) - мережі (графи) з нетривіальними топологічними особливостями, які не властиві простим мережам, таким як сітки або випадкові граfi. Дослідження складних мереж - область наукового дослідження, що з'явилася в результаті дослідження мереж реального світу, таких як комп'ютерні та соціальні мережі.

Соціальна процедура - взаємозалежна послідовність дій у соціальному середовищі.

Соціальна система – співтовариство активних суб'єктів, що прагнуть забезпечити собі найкращі умови виживання при обмеженні наявних ресурсів.

Фазова площина - координатна площина, в якій по осях координат відкладаються які-небудь дві змінні (фазові координати), що однозначно визначають стан системи другого порядку. Фазова площина є частковим випадком фазового простору, що може мати більшу розмірність.

Фазовий простір - множина всіх станів системи у фіксований момент часу. Кожному можливому стану системи відповідає точка фазового простору. Зміст поняття фазового простору полягає в тому, що стан будь-якої складної системи представляється в ньому однією єдиною точкою, а еволюція цієї системи - переміщенням цієї точки.

Фрактальний аналіз – метод моделювання даних за допомогою теорії фракталів, що полягає в дослідженні фрактальної розмірності та інших фрактальних властивостей сигналів, наборів даних, об'єктів. Фрактальний аналіз нині широко використовується в усіх галузях науки.

Штучне суспільство – комп'ютерна модель суспільства, яка складається із взаємодіючих між собою агентів (програмних аналогів індивідумів), що діють за визначеними правилами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Information operations roadmap*. – DoD US, 30 october 2003. – 78 p.
2. *Фурашев В.М., Ланде Д.В.* Інформаційні операції крізь призму системи моніторингу та інтеграції Інтернет-ресурсів // *Правова інформатика*. – 2009. – № 2(22). – С. 49-57.
3. *Закон України «Про основи національної безпеки України»* // *Відомості Верховної Ради*, 2003. – № 39. – С. 351.
4. *Luisi P.L.* Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence // *Foundations of Chemistry*, 2002. – N4. – P. 183-200.
5. *Фурашев В.Н., Ландэ Д.В., Брайчевский С.М.* Моделирование информационно-электоральных процессов: Монография. – К.: НИЦПИ АпрН Украины, 2007. – 182 с.
6. *Hill J.M.D., Surdu J.R., Ragsdale D.J., Schafer J.H.* Anticipatory planning in information operations // *Systems, Man, and Cybernetics*, 2000 IEEE International Conference on Volume 4, 2000. – P. 2350-2355.
7. *Додонов А.Г., Горбачик Е.С., Кузнецова М.Г.* Современные технологии и проблемы информационной безопасности // *Інформаційні технології та безпека: Зб. наук. праць*. – Київ: Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, 2006. – В. 9. – С. 51-59.
8. *Додонов А.Г., Горбачик Е.С., Кузнецова М.Г.* Глобализация информационных систем и безопасность // *Інформаційні технології та безпека: Зб. наук. праць*. – Київ, Інститут проблем реєстрації інформації, 2002. – С. 49-53.
9. *Додонов О.Г., Горбачик О.С., Кузнецова М.Г.* Інформаційне суспільство: технології та безпека // *Інформація та відкритість влади як засоби демократизації суспільства: Зб. матеріалів «круглого столу»*. – К.: Альтпрес. – 2003. – С. 119-124.
10. *Біла книга 2007: Служба безпеки та розвідувальні органи України / За заг. ред. В.П. Горбуліна*. – К., 72 с.
11. *Горбулін В.П., Качинський А.Б.* Методологічні засади розробки стратегії національної безпеки // *Стратегічна панорама*. – 2004. – № 3. – С. 15 - 24.
12. *Додонов О.Г., Горбачик О.С., Кузнецова М.Г.* Захист інформації в інформаційно-аналітичних системах державних органів управління // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. – 2000. –Т.2. – №2. – С. 66-72.
13. *Додонов О.Г., Горбачик О.С., Кузнецова М.Г.* Розробка питань інформаційної безпеки при створенні Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. – 2000. –Т.2. – №4. – С. 62-69.

14. *Burke M.M.* Knowledge Operations: above and beyond Information Operations. 6th International Command and Control Research and Technology, June 19 – 21, 2001.

15. *Lasswell H.D.* The structure and function of communication in society // The Communication of Ideas / Ed.: L. Bryson. – New York: Harper and Brothers, 1948.

16. *Schramm W., D.F. Roberts (eds.)* The Process and Effects of Mass Communication. Univ. of Illinois Press, 1974.

17. *Osgood Ch. E.* Psycholinguistics. A Survey of Theory and Research Problems // Supplement to the International Journal of American Linguistics. Vol. 20. No 4. Oct. 1954, mem. 10. Baltimore: Waverly Press, 1954.

18. *Latane B.* The psychology of social impact // American Psychologist, 1981. – 33. – P. 343-356.

19. *Latane B., Nowak A.* Causes of polarization and clustering in social groups. Progress in communication sciences, 1997. – 13. – P. 43-75.

20. *Nowak A., Szamrej J. & Latané B.* From private attitude to public opinion: A dynamic theory of social impact // Psychological Review, 1990. – 97. – P. 367-376.

21. *Lewenstein M., Nowak A., Latane B.* Statistical mechanics of social impact // Physical Review, 1993. – A, 45. – P. 763-776.

22. *Kacperski K., Holyst J.A. Physica A.* Phase transitions as a persistent feature of groups with leaders in models of opinion formation // Statistical Mechanics and its Applications. – Vol. 287, Issues 3-4, 1 December 2000, Pages 631-643.

23. *Sobkowicz P.* (2003a) Effect of leader's strategy on opinion formation in networked societies. URL <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0311566>.

24. *Sobkowicz P.* (2003b) Opinion formation in networked societies with strong leaders, URL <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0311521>.

25. *Кульба В.В., Малюгин В.Д., Шубин А.Н., Вус М.А.* Введение в информационное управление: Учебно-методическое издание. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1999. – 116 с.

26. *Кононов Д.А., Кульба В.В., Шубин А.Н.* Базисные понятия моделирования информационного управления в социальных системах // Труды международной научно-практической конференции «Теория активных систем». – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2003. –Т 2. – С. 125-129.

27. *Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н.* Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. – М.: СИНТЕГ. – 2004. – 296 с.

28. *Чхартишвили А.Г.* Теоретико-игровые модели информационного управления. М.: ЗАО «ПМСОФТ», 2004. – 227 с.
29. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука, 1997. – 288 с.
30. *Feigenbaum M.J.* (1978) Quantitative universality for a class of nonlinear transformations. *J. Stat. Phys.* 19. – P. 25-52.
31. *Потеев М.И.* Электронный учебник по дисциплине: Концепции современного естествознания. – СПбГУ ИТМО, URL: http://de.ifmo.ru/bk_netra/start.php?bn=12
32. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. – М., 1986. – 432 с.
33. *Арнольд В.А.* Теория катастроф. – М.: Наука, 1990. – 128 с.
34. *Нейман Дж.* Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Мир, 1971. – 382 с.
35. *Wolfram S.* *A New Kind of Science.* – Champaign, IL: Wolfram Media Inc., 2002. – 1197 p.
36. *Штовба С.Д.* Муравьиные алгоритмы // Exponenta Pro. Математика в приложениях, 2003. – №4. – С. 70-75.
37. *Коковин С.Г.* Лекции по теории игр и политологии. Часть 1. Введение в теорию игр. – 66 с. (<http://www.math.nsc.ru/~mathecon/Kokovin/mltigran.pdf>).
38. *Рассторгуев С.П.* Философия информационной войны. – М.: Вузовская книга, 2001. – 468 с.
39. *Интриллигатор М.* Математические методы оптимизации и экономическая теория. – М.: Прогресс. – 1975. – 607 с.
40. *Stackelberg H. von.* Marktform und Gleichgewicht. Faksimile der 1934 in Wien und Berlin erschienenen Erstausgabe. Reihe: Klassiker der Nationalökonomie VI, 142 S., Gebunden.
41. *Додонов О.Г., Кузнецова М.Г., Горбачик О.С.* Живучість складних систем: аналіз та моделювання: навч. посіб. У 2-х ч. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 264 с.
42. *Додонов А.Г., Кузнецова М.Г., Горбачик Е.С.* Введение в теорию живучести вычислительных систем. – К.: «Наукова думка», 1990. – 184 с.
43. *Фурсова П.В., Левич А.П., Алексеев В.Л.* Экстремальные принципы в математической биологии // Успехи современной биологии, 2003. – Т. 123. – № 2. – С. 115-117. (http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/fursova_primenenie/fursova_primenenie.htm).
44. *Webb J.N.* Hamilton's variational principle and ecological models // *Ecological Modelling*, 1995. – V.80. – P. 35.

45. Приц А.К. Принцип стационарных состояний открытых систем и динамика популяций. Калининград, 1974. – 123 с.
46. Lurie D., Valls J., Wagensberg J. Thermodynamic approach to biomass distribution in ecological systems // Bull. Math. Biol., 1983. – V.45. – P. 869.
47. Левич А.П. Структура экологических сообществ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 181 с.
48. Свирежев Ю.М. Феноменологическая термодинамика взаимодействующих популяций // Журн. общ. биологии. – 1991. – Т.52. – № 6. – С. 840.
49. Ханин М.А. Энергетика и критерии оптимальности онтогенетических процессов. Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. – 177 с.
50. Ханин М.А., Дорфман Н.Л., Кухаров И.Б., Левадный В.Г. Экстремальные принципы в биологии и физиологии. – М.: Наука, 1978. – 256 с.
51. Евдокимов Е.В. Проблемы регулярного поведения и детерминированного хаоса в основных моделях популяционной динамики (Теория и эксперимент): Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Красноярск, 1999. – 40 с.
52. Bak P. How nature works: The science of self-organized criticality. – Springer-Verlag, New York, Inc., 1996.
53. Newman M.E.J. The structure and function of complex networks // SIAM Review. – 2003. – Vol. 45. – P. 167-256.
54. Stohl C., Stohl M. Networks of Terror: Theoretical Assumptions and Pragmatic Consequences // Communication Theory. – 17 (2007). – P. 93-124.
55. Robb J. Scale-free terrorist networks // 2004, Jef Allbrights Web Files; URL:www.jefallbright.net/node/view/2632.
56. Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamics of “small-world” networks. // Nature. – 1998. – Vol. 393. – P. 440-442.
57. Boyle A. Net not as interconnected as you think. URL: http://news.zdnet.com/2100-9595_22-502388.html.
58. Milgram S. The small world problem, Psychology Today, 1967. – Vol. 2. – P. 60-67.
59. Rothenberg R. From whole cloth: Making up the terrorist network // Connections, 2002. – Vol. 24. – N. 3. – P. 36-42.
60. Broadbent S.R., Hammersley J.M. Percolation processes // I. Crystals and mazes, Proc Cambridge Philos. Soc. –1957. – P. 629-641.

61. *Снарский А.А., Беззуднов И.В., Северюков В.А.* Процессы переноса в макроскопических неупорядоченных средах: От теории среднего поля до перколяции. – М.: УРСС, Изд-во ЛКИ, 2007. – 304 с.
62. *Pastor-Satorras R., Vespignani A.* Epidemic spreading in scale-free networks // *Physics Review Letters*, april 2001. – Vol. 86. – N. 14.
63. *Al quaeda* training manual: Declaration of jihad against unholy tyrants // Al-Qaeda, 2001, URL: <http://www.usdoj.gov/ag/trainingmanual.htm>
64. *Carley K., Lee J., Krackhardt D.* Destabilizing networks // *Connections*, 2002. – Vol. 24. – N. 3. – P. 79-92.
65. *Frantz T., Carley K.M.* A formal characterization of cellular networks // Carnegie Mellon University School of Computer Science Institute for Software Research International, Tech. Rep. CMU-ISRI-05-109, 2005.
66. *Sageman M.* Understanding Terror Networks. University of Pennsylvania Press, 2004.
67. *Цветоват М.* Симуляция человеческих обществ с искусственным интеллектом. Случай террористических сетей // *Ежеквартальный Интернет – журнал «Искусственные общества»*, II квартал 2007. – Т. 2. – № 2. – С. 5-29.
68. *Clauset A., Moore C., Newman M.E.J.* Hierarchical structure and the prediction of missing links in networks // *Nature* 453, 98-101 (1 May 2008).
69. *Малков С.Ю.* Математическое моделирование исторической динамики: подходы и модели. – М.: РГСУ, 2004. – 188 с.
70. *Жаботинский А.М.* Концентрационные колебания. – М.: Наука, 1974. – 179 с.
71. *Арнольд В.И.* «Жесткие» и «мягкие» математические модели // *Математическое моделирование социальных процессов*. – М: МГУ, 1998. – С. 29-51.
72. *Вольтерра В.* Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976. – 288 с.
73. *Гаузе Г.Ф.* Борьба за существование. – М: УРСС, 2002. – 160 с.
74. Гаузе Г.Ф. Экология и некоторые проблемы происхождения видов. В кн.: *Экология и эволюционная теория*. – Л., Наука, 1984. – С. 5-108.
75. *Чернавский Д.С., Чернавская Н.М., Малков С.Ю., Малков А.С.* Математическое моделирование геополитических процессов // *Стратегическая стабильность*, 2002. – № 1. – С. 60-66.
76. *Langton C.* Artificial Life, ser. SFI Studies in the Sciences of Complexity. Red-wood City. – CA: Addison-Wesley, 1989. – P. 1-47.

77. *Epstein J.M.* Remarks on the Foundations of Agent-based Generative Social Science // SEI Working Paper (Santa Fe Institute), DOI: SFI-WP 05-06-024, SFI Working Papers, 2005. URL: <http://www.santafe.edu/sfi/publications/wpabstract/200506024>.

78. *Карпов Ю.Г.* Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 400 с.

79. *Карпов Ю.Г.* Изучение современных парадигм имитационного моделирования в среде AnyLogic // Компьютерные инструменты в образовании. — 2005. — № 4. — С. 3-14.

80. *Борщев А.В.* Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика // Exponenta Pro, 2004. — № 3, 4.

81. *Axelrod R.* Modeling Security Issues of Central Asia // Gerald R. Ford School of Public Policy University of Michigan (Project on “Security in Central Asia” June 2004. US Govt. Contract # 2003*H513400*000).

82. *Lustick I.* PS-I: A User-Friendly Agent-Based Modeling Platform for Testing Theories of Political Identity and Political Stability // Journal of Artificial Societies and Social Simulations, Issue 5, no. 3 (June 2002). (<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/3/7.html>).

83. *Forrester J.W.* System Dynamics and the Lessons of 35 years // A Systems - based approach to Policymaking (ed. by De Green U.B.), Boston, Kluwer, 1995. — P. 199-239.

84. *Grimm V.* Ten years of individual-based modelling in ecology: what have we learned and what could we learn in the future? // Ecological Modelling, 2002, 1999. — Vol. 115 (2-3). — P. 129-148.

85. *Epstein J. M., Axtell R.* Artificial societies and generative social science // Artificial Life and Robotics. — Vol., № 1 / March, 1997. — P. 33-34.

86. *Wolfram S. ed.* Theory and Applications of Cellular Automats. Singapore: World Scientific. — 1986.

87. *Ландэ Д.В., Фурашев В.Н.* Моделирование электоральных процессов на основе концепции клеточных автоматов // Открытые информационные и компьютерные технологии. — Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. — Вып. 36. — С. 123-128.

88. *Плотинский Ю.М.* Модели социальных процессов. — М.: Логос, 2001. — Изд. 2-е. — 296 с.

89. *Плотинский Ю.М.* Математическое моделирование динамики социальных процессов. — М.: Изд-во МГУ, 1992. — 133 с.

90. *Гарднер М.* Математические досуги. — М.: Мир, 2000. — 448 с.

91. *Тоффолу Т., Марголуз Н.* Машины клеточных автоматов. — М.: Мир, 1991. — 280 с.
92. *Brown T.A.* Nonlinear Politics // *Chaos Theory in the Social Sciences* / Eds. L.D. Kiel, E. Elliot. Ann Arbor.: The Univ. Of Michigan Press, 1996. — P. 119-137.
93. *Casti J.L.* Searching for Certainty. — N.Y.: W. Morrow, 1990.
94. *Schelling T.S.* (1969) Models of segregation. *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 59. P. 488-493.
95. *S.C. Bhargava, A. Kumar, A. Mukherjee.* A stochastic cellular automata model of innovation diffusion // *Technological forecasting and social change.* — 1993. — Vol. 44. — № 1. — P. 87-97.
96. *Tiebout, Ch. M.* (1956) A Pure Theory of Local Expenditures. *Journal of Political Economy*, 64, 5: 416-424.
97. *Collman, Ken, John H. Miller and Scott E. Page* (1997) Political Institutions and Sorting in a Tiebout model. *American Economic Review* 87: 977-992.
98. *Данков А.Н. и Макаров В.Л.* Межтерриториальная и межпартийная конкуренция: сравнительный анализ влияния политических институтов. Препринт Российской экономической школы, 2002.
99. *Макаров В.Л.* Коллективные блага в АОМ // *Искусственные общества*, 2007. — Т. 2. — № 1.
100. *Hu Bin, Debing Zhang.* Cellular – Automata Based Qualitative Simulation for Nonprofit Group Behavior // *JASSS*, 2007. — Vol. 10. — № 1.
101. *Бурцев М.С.* Исследование новых типов самоорганизации и возникновения поведенческих стратегий // *Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Диссертация на соискание ученой степени к. ф.-м. н.* — М., 2005. — 120 с.
102. *Ландэ Д.В., Фурашев В.Н.* Моделирование электоральных процессов на основе концепции клеточных автоматов // *Открытые информационные и компьютерные технологии.* — Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. — Вып. 36. — С. 123-128.
103. *Bhargava S.C.* A Generalized Form of the Fisher-Pry Model of Technological Substitution // *Technological Forecasting and Social Change*, 1995. — Vol. 49. — N. 1. — P. 27-33.
104. *Fisher J., Pry R.* A simple substitution model of technological change // *Technological Forecasting and Social Change*, 1971. — N.3. — P. 75-88.
105. *Брайчевский С.М., Ландэ Д.В.* Современные информационные потоки: актуальная проблематика // *Научно-техническая информация*, 2005. — Сер. 1. — Вып. 11. — С. 21–33.

106. Додонов О.Г., Горбачик О.С., Кузнецова М.Г. Державна інформаційна політика і становлення інформаційного суспільства в Україні // Стратегічна панорама, 2002. – № 1. – С. 166-170.
107. Ланде Д.В., Фурашев В.М., Григор'єв О.М. Програмно-апаратний комплекс інформаційної підтримки прийняття рішень: Науково-методичний посібник. – Київ: Інжиніринг, 2006. – 48 с.
108. Хартли Р. Передача информации. Теория информации и ее приложения / под. ред. А.А. Харкевича. – М.: Физматгиз, 1959.
109. Чуи К. Введение в вэйвлеты. – М.: Мир, 2001.
110. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166. – № 11. – С. 1145-1170.
111. Давыдов А.А. Вейвлет-анализ социальных процессов // Социолог. исслед. – 2003. – № 11. – С. 97-103.
112. Давыдов А.А. Системная социология. – М.: КомКнига, 2006. – 192 с.
113. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
114. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
115. Peng C.K. Mosaic organization of DNA nucleotides / Peng C.K., Buldyrev S.V., Havlin S., Simons M., Stanley H.E., Goldberger A.L. // Phys Rev E, 1994. – N. 49 (2) . – P. 1685-1689.
116. Ландэ Д.В., Снарский А.А. Динамика отклонения элементов ряда измерений от локальных линейных аппроксимаций // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. – 2009. – Т. 11. – № 1. – С. 27-32.
117. Mandelbrot B.B. Fractals and Multifractals // Noise, Turbulence and Galaxies, Selecta. – Vol. 1 (Springer-Verlag, New York, 1989).
118. Павлов А.Н., Сосновцева О.В., Зиганшин А.Р. Мультифрактальный анализ хаотической динамики взаимодействующих систем // Изв. вузов: Прикладная нелинейная динамика. – 2003. – Т. 11. – № 2. – С. 39-54.
119. Додонов О.Г., Кузнецова М.Г., Горбачик О.С. Розробка питань інформаційної безпеки при створенні Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 1999. – Т.1. – №1. – С. 84-91.
120. Григорьев А.Н., Ландэ Д.В., Бороденков С.А. та інші. InfoStream. Мониторинг новостей из Интернет: технология, система, сервис: Научно-методическое пособие. – К.: Старт-98, 2007. – 40 с.
121. Van Raan A.F.J. Fractal geometry of Information Space as Represented by Cocitation Clustering // Scientometrics. – 1991. – Vol. 20. – № 3. – P. 439-449.

122. *Иванов С.А.* Стохастические фракталы в Информатике // Научно-техническая информация. – 2002. – Сер. 2. – № 8. – С. 7-18.
123. *Ландэ Д.В.* Фрактальные свойства тематических информационных потоков из Интернет // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. – 2006. – Т. 8. – № 2. – С. 93-99.
124. *Lustick I.S., Miodownik D.* Abstractions, Ensembles, and Virtualizations Simplicity and Complexity in Agent-Based Modeling // Comparative Politics, January 2009. –pp 223-244. URL: <http://plutomail.huji.ac.il/~miodownik/AEV%28LusMio2009CP%29.pdf>.
124. *Riolo R., Bhavnani R., Becker D.* Simulating closed regimes with agent based models // Complexity. – Vol. 14. – N. 1. – September / October 2008. – P. 36-44.
125. *Lustick I.S.* A User-Friendly Agent-Based Modeling Platform for Testing Theories of Political Identity and Political Stability // Journal of Artificial Societies and Social Simulation, October, 2003. – Vol. 5. – № 3 URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/3/7.html>.
126. *Cederman L.E.* Competing Identities: An Ecological Model of Nationality Formation. European Journal of International Relations 1 (September 1995): 331-65.
127. *Cederman L.E.* Agent-Based Modeling in Political Science. Political Methodologist 10 (Fall 2001): 16-22.
128. *Bhavnani, R.* Essays on Intraethnic and Interethnic Violence // Ph.D. Dissertation, Department of Political Science, University of Michigan, Ann Arbor, 2003.
129. *Epstein J.M.* Modeling Civil Violence: An agent-based Computational Approach // Proceedings of the National Academy of Sciences. – Vol. 99 (Suppl. 3): 2002 – P. 7243-7250. URL: http://www.pnas.org/cgi/reprint/99/suppl_3/7243.pdf.
130. *Reynolds W., Dixon D. A.* General Framework for Representing Behavior in Agent Based Modeling // Complex Systems and Policy Analysis: New Tools for a New Millennium, Arlington VA. Sept 27-28, 2000.
131. *Lohmann S.* The Dynamics of Informational Cascades: The Monday Demonstration in Leipzig, East Germany, 1989-91 // World Politics, vol. 47:42-101.
132. *Axelrod R., Hammond R.A.* The Evolution of Ethnocentric Behavior // Paper presented at the annual meeting of the Midwest Political Science Convention, Chicago, IL, April 2003. URL: http://www-personal.umich.edu/~axe/research/AxHamm_Ethno.pdf.

133. *Hammond R.A.* Endogenous Transition Dynamics in Corruption: An Agent-Based Computer Model // Brookings Institution, Center on Social and Economic Dynamics, Working Paper 19, Decem. 2000. URL: <http://brookings.edu/dybdocroot/es/dynamics/papers/ross/ross.pdf>.

134. *Axelrod R., Bennett D.S.* A Landscape Theory of Aggregation // British Journal of Political Science, Vol. 23, 1993, P. 211-33.

135. *Wallis L., Paich M. and Borshchev A.* Agent Modeling of Hispanic Population Acculturation and Behavior//The 3rd International Conference on Systems Thinking in Management (ICSTM 2004), Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2004.

136. *Почепцов Г.Г.* Информационные войны. – М.: «Рефл-бук», К.: «Ваклер», 2000. – 576 с.

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

Горбулін В.П., Додонов О.Г., Ланде Д.В.

**ІНФОРМАЦІЙНІ ОПЕРАЦІЇ
ТА БЕЗПЕКА СУСПІЛЬСТВА:
ЗАГРОЗИ, ПРОТИДІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ**

Монографія

Редактор М.Л. Рубанець

Дизайн і комп'ютерна верстка Ю.В. Радаєвої

Підписано до друку 28.12.2009
Формат видання 60x84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Наклад 300 прим.
Замовлення № 247

Виготовлено в ПП «Інтертехнологія», ТОВ
м. Київ, вул. Сім'ї Сосніних, 3
тел.: 273-66-77; 273-66-64; 494-39-49