

УДК 004.94

DOI 10.31651/2076-5886-2020-1-32-44

PACS 02.70.-c

МОРГУН Микола Геннадійович,
аспірант Черкаського національного
університету імені Богдана Хмельницького
e-mail: mykolamorhun4edu@gmail.com
ORCID 0000-0002-5520-3302

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ГРОМАДСЬКОЇ ДУМКИ У СУЧАСНОМУ СУСПІЛЬСТВІ НА ОСНОВІ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ МОДЕЛІ

У статті представлена вдосконалена мультиагентна модель динаміки громадської думки у сучасному суспільстві. Модель базується на взаємодії індивідів та враховує особливості процесу спілкування між ними, наявність політичних партій, засобів масової інформації, територіальне розміщення та густину населення по регіонах.

З використанням отриманої моделі, було проведено ряд чисельних експериментів за допомогою комп'ютера та зроблено ряд висновків. Чисельні експерименти проводилися для різних конфігурацій суспільства: без наявності політичних сил, з однією політичною партією та двома партіями. Для суспільства без політичних сил було досліджено на скільки відхилення від нейтральної позиції змінює ймовірність приходу суспільства до певної думки. Досліджено розвиток подій у суспільстві з однією політичною партією в залежності від характеристик останньої. Також було досліджено вплив ЗМІ та сучасних засобів комунікації на розвиток подій у суспільстві. Було розглянуто випадок, коли у суспільстві вже сформована деяка позиція, а політична партія намагається переконати суспільство у протилежному. Розглянуто проблему консенсусу та поляризації у суспільстві з двома протилежними політичними силами.

Ключові слова: модель, суспільство, суспільна думка, консенсус.

Вступ

Проблема передбачення динаміки громадської думки у суспільстві є важливою актуальною задачею. Від настроїв у суспільстві значною мірою залежать рішення, які це суспільство приймає, що, в свою чергу, впливає на майбутнє самого суспільства. Тобто маючи можливість передбачити динаміку настроїв у суспільстві можна зробити прогноз щодо його подальшого розвитку. Іншим важливим аспектом є можливість передбачення рівня згуртованості суспільства. Так, якщо у суспільстві присутні суттєві розбіжності в поглядах, то таке суспільство може розділитися або протистояння може вийти за рамки дискусії. Можливість передбачення проблемної ситуації дає змогу прийняти певні дії ще до її початку. Окрім того, маючи таку модель, можна спрогнозувати як та чи інша дія змінить ситуацію.

Питанню динаміки поглядів та консенсусу в суспільстві приділено багато уваги як з боку соціо-політичних наук [1-2], так і у сфері математичного моделювання. Для побудови моделей консенсусу та динаміки поглядів у суспільстві використовуються різні підходи: диференційні рівняння [3], клітинні автомати [4-6], мультиагентні моделі [7-11] та інші.

У статті пропонується модель громадської думки у сучасному суспільстві мультиагентного типу, яка побудована з розрахунком на подальшу комп'ютерну реалізацію. Отримана комп'ютерна модель дозволяє легко задавати різні конфігурації суспільства для його подальшого аналізу.

Мета статті

Вдосконалити модель динаміки громадської думки у сучасному суспільстві [12] та провести чисельні експерименти з нею з метою виявлення закономірностей розвитку суспільної думки при різних початкових умовах.

Виклад основного матеріалу

1. Короткий опис та доопрацювання моделі динаміки громадської думки

Описана нижче мультиагентна модель є удосконаленою версією моделі, отриманої в [12]. Розглянемо коротко основні принципові моменти побудови моделі: об'єкти, їх властивості та способи взаємодії між собою.

Основною складовою суспільства є індивід. У моделі будемо розглядати суспільство як деякий набір індивідів (агентів), кожен з яких має свої особливості. Кожен індивід має свою позицію щодо актуальних питань у суспільстві. Зазвичай, для кожної актуальної проблеми у суспільстві є кілька варіантів її вирішення. Індивіди, як члени суспільства, мають своє ставлення до того чи іншого шляху вирішення проблеми. Таке ставлення будемо називати *поглядом*, а набір поглядів – *системою поглядів*. Визначимо, що значення погляду змінюється в межах $[-1, 1]$, де $+1$ – це повна підтримка, 0 – нейтральне ставлення, -1 – повна незгода зі шляхом вирішення даної проблеми.

Якщо деяке число індивідів має спільні погляди, вони можуть утворювати групи однодумців – політичні партії. Якщо індивід входить до політичної партії, то таке членство спричиняє додатковий вплив на індивіда. Так, член політичної партії буде намагатися більше спілкуватися із однопартійцями та більше довіряти партійній пропаганді ніж інші члени суспільства.

Невід'ємним атрибутом сучасного суспільства є засоби масової інформації (ЗМІ). Вони доносять деяку інформацію до членів суспільства чим можуть впливати на їхні погляди. Усі ЗМІ поділимо на дві групи: залежні та незалежні. До залежних будемо відносити такі ЗМІ, які утворені та фінансуються деякою політичною партією. Відповідно, залежне ЗМІ дозволяє виходити в ефір здебільшого лише членам цієї партії, які будуть агітувати суспільство за свої партійні ідеї. Якщо ЗМІ є незалежним, то таке ЗМІ дозволяє висловлювати будь-яку точку зору, тобто, теоретично, будь-який член суспільства може доносити свою думку через нього. Характерною рисою будь-якого ЗМІ є односторонність його дії. Оскільки індивід не може прислухатися до всіх ЗМІ, то покладемо, що існує певна ймовірність того, що індивід сприйме інформацію від деякого ЗМІ. Причому, ймовірність того, що партійний індивід буде сприймати інформацію зі ЗМІ партії вища за ймовірність сприймання інформації з незалежного ЗМІ, і тим більше ЗМІ іншої партії.

Як згадувалося вище, кожен індивід має свої погляди, які можуть змінюватися з часом. Зміна поглядів відбувається за рахунок впливу індивідів один на одного. Індивіди спілкуються зі своїми безпосередніми сусідами, деяким колом віддалених індивідів (цьому сприяє розвиток інформаційних технологій у сучасному суспільстві), а також спілкуються з випадковими індивідами. Розглянемо процес спілкування індивідів детальніше. Покладемо, що якщо два індивіди спілкуються між собою, то вони обмінюються своїми поглядами, чинячи вплив один на одного. Дія впливу (на відміну від попередньої моделі) спрямована лише у бік значення погляду агітатора. Проте, величина впливу, який один індивід чинить на іншого, залежить від поточних значень поглядів обох співрозмовників, причому цей вплив нелінійний. Таку нелінійність добре описує косинус-функція. В результаті, у запропонованій моделі вплив агітатора на співрозмовника описується такою функцією:

$$f(a,b) = \frac{|b-a|}{2} \cdot \left(1 - \frac{\cos(\pi a) + 1}{2}\right) \cdot \frac{\cos(\pi b) + 1}{2} \cdot k \quad (1)$$

де $f(a,b)$ – величина впливу, a – значення погляду індивіда що агітує, b – значення погляду індивіда якого агітують, k – коефіцієнт впливу.

У формулі (1) перший множник характеризує залежність впливу від різниці поглядів індивідів (що не було враховано у попередній моделі), другий відповідає за вплив агітатора на співрозмовника (чим більше агітатор впевнений у своїх поглядах, тим сильніше він агітує), третій – за сприйнятливність індивіда, якого агітують (чим менше індивід впевнений у своїй позиції, тим простіше змінити його думку). На рис. 1 зображено залежність величини впливу від поглядів співрозмовників.

Окрім зміни поглядів у результаті спілкування та під впливом ЗМІ, індивіди можуть дещо змінювати свої погляди у результаті деяких своїх міркувань.

Щодо розміщення на території, кожне суспільство має свої географічні особливості. Окрім певного розташування регіонів суспільства потрібно також враховувати густину населення, домінування певних поглядів чи політичних партій у різних регіонах та межі їх спільного дотику. Для врахування вищезазначеного у моделі, пропонується територію, що займає суспільство, розбити на необхідну кількість квадратних областей, кожна з яких характеризується густиною населення, кількістю прихильників кожної з досліджуваних політичних партій, наявністю та активністю ЗМІ. Розмір такої області залежить від того, наскільки точно потрібно апроксимувати територію в моделі.

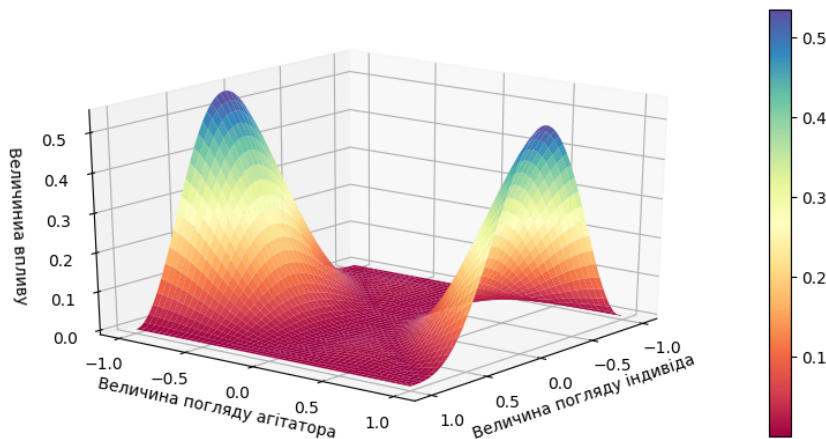


Рис. 1. Залежність величини впливу агітатора на співбесідника від величин їх поглядів ($k=1$)

Алгоритм роботи моделі складається з трьох етапів:

- Обробка вхідних даних та ініціалізація моделі.

Задаємо:

- кількість та взаємне розташування регіонів в яких розташоване модельоване суспільство
- питання системи поглядів
- загальну кількість населення та його розподіл по регіонах
- кількість політичних партій, їх погляди та кількість прихильників в кожному з регіонів
- середнє квадратичне відхилення від заданого значення погляду для кожної з політичних партій та безпартійних
- кількість та типи ЗМІ, частоту їх виходу в ефір
- кількість індивідів у колі спілкування кожного з індивідів (кількість сусідів, віддалених та випадкових зв'язків)

На основі вище заданої конфігурації:

- розміщуємо індивідів по території (вибираємо координати), відповідно до заданої конфігурації
- визначаємо кількість прихильників кожної з партій та безпартійних для кожного регіону
- знаходимо відповідну кількість найближчих сусідів кожного індивіда
- задаємо постійні зв'язки кожного індивіда з віддаленими
- ініціалізуємо систему поглядів кожного з індивідів, враховуючи що у суспільстві значення кожного погляду розподіляється за Гаусом (нормальним розподілом)
- Моделювання. На кожній ітерації:
 - проводимо обмін поглядами для кожного індивіда
 - враховуємо вплив засобів масової інформації
 - проводимо флуктуацію поглядів кожного індивіда
 Ітерації продовжуємо до досягнення певного моменту в часі.
- Інтерпретація отриманих результатів. Аналізуємо динаміку поглядів у кожному з регіонів та суспільстві в цілому. На основі отриманих даних інтерпретуємо отримані результати.

Оскільки в модель включені стохастичні елементи, то для отримання достовірного результату необхідно провести моделювання деяку кількість разів та усереднити отримані результати. Емпіричним шляхом було визначено, що таких запусків повинно бути не менше 20.

2. Дослідження моделі

2.1 Суспільство без наявності політичних сил

Задамо, що у суспільстві відсутні будь-які політичні сили та початковий середній погляд рівний 0. Промодельюємо ситуацію 100 разів, кожен раз генеруючи початкову конфігурацію (рис. 2). Як видно із результатів моделювання, суспільство може рівно ймовірно прийти як до одного так і до іншого висновку щодо досліджуваного питання. Хоча, на початковий момент часу, у суспільстві немає сформованої думки, проте позиції членів суспільства дещо, хоч і не значно, відрізняються від повністю нейтрального значення. А за рахунок обміну поглядами між індивідами суспільство схиляється на той чи інший бік, приходячи до консенсусу.

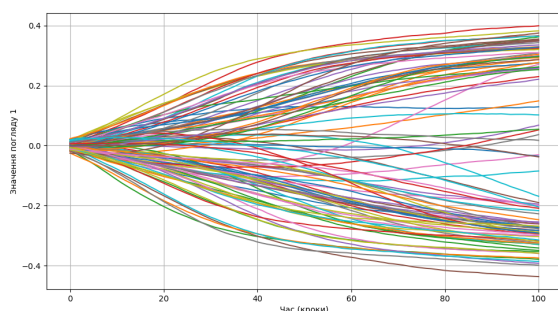


Рис. 2. Зміна середнього погляду у суспільстві з часом при відсутності політичних сил. Математичне очікування середнього значення погляду у суспільстві рівне 0.

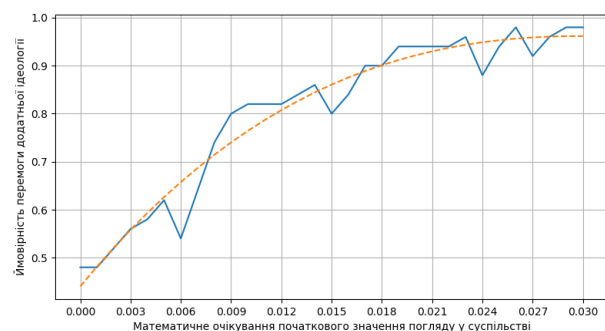


Рис. 3. Залежність ймовірності перемоги додатного погляду від початкового математичного очікування значення погляду в суспільстві.

Тепер дослідимо як зміна початкового середнього погляду у суспільстві буде впливати на ймовірність прийняття суспільством рішення. Для цього будемо

моделювати ситуацію, змінюючи середнє значення погляду в додатній бік (рис. 3). На графіку пунктиром позначена апроксимація поліномом третього степеня.

Як видно з рис. 3, навіть невелика зміна початкового значення середнього по суспільству погляду схиляє суспільство в той чи інший бік. Так, при математичному очікуванні середнього значення погляду у суспільстві 0.03, ймовірність прийняття суспільством саме цього рішення складає близько 0.95. Тобто, для того щоб схили нейтральне суспільство у якийсь бік достатньо досить незначно подіяти на нього.

2.2 Суспільство з однією політичною партією

Покладемо, що члени суспільства рівномірно розподілені по території, тобто для опису достатньо задати одну область. Проаналізуємо як впливає наявність партії на погляди у суспільстві. Для спрощення аналізу, будемо розглядати лише один погляд.

Нехай партійний погляд рівний 0.8 із середньоквадратичним відхиленням 0.033, а чисельність партійців складає 30% від загальної кількості населення. Суспільство складається із 1000 індивідів, кожен з яких спілкується з 10-ма найближчими, 5-ма віддаленими та 4-ма випадковими індивідами. Для членів партії: серед десяти найближчих – 6 партійців, а серед 5 віддалених – 3 є членами партії. Партійці також спілкуються з 4-ма випадковими індивідами. ЗМІ в суспільстві відсутні.

Змоделюємо таку ситуацію та проаналізуємо динаміку погляду в суспільстві. Результати моделювання представлені на рис. 4, з яких видно, що погляди як партійців, так і безпартійних змінюються в бік зближення позицій і рано чи пізно дійдуть до консенсусу, але зміна партійного погляду від його початкового значення є значно меншою ніж у безпартійних, незважаючи на чисельну перевагу останніх. Це пояснюється більш високим рівнем ідейності членів партії.

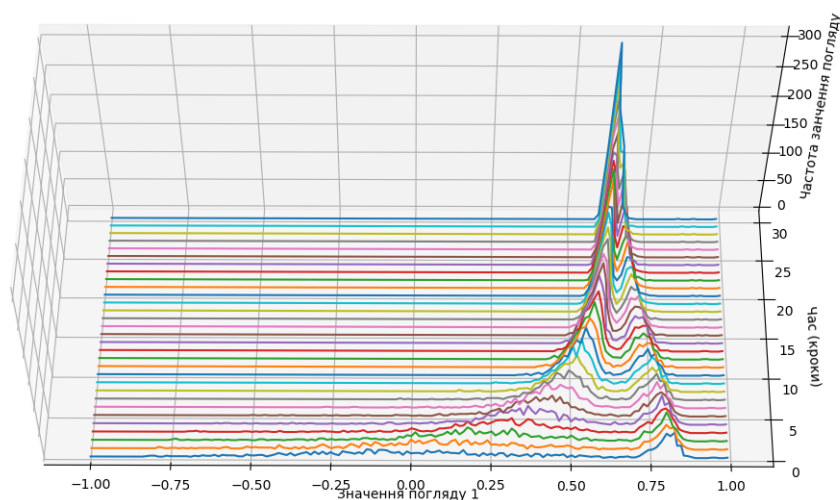


Рис. 4 Динаміка досліджуваного погляду у суспільстві з однією політичною партією

Розглянемо ситуацію, коли члени партії зосереджені в лише одному регіоні та прослідкуємо динаміку погляду на всій території модельованого суспільства. Також проаналізуємо вплив сучасних засобів комунікації на динаміку досліджуваного погляду. Для цього покладемо, що суспільство рівномірно розміщене у 8 горизонтально розташованих областях. Партія *A* присутня у крайній лівій області, величина її погляду рівна +0.9, а чисельність складає 80% від населення цієї області. Нехай в індивідів немає можливостей спілкуватися з віддаленими співбесідниками, а також відсутні ЗМІ. Такими умовами виключаємо можливість використання сучасних засобів зв'язку. Згідно алгоритму моделі початковий стан (перед початком моделювання) генерується випадковим чином. Результати моделювання представлені на рис. 5 та рис. 6.

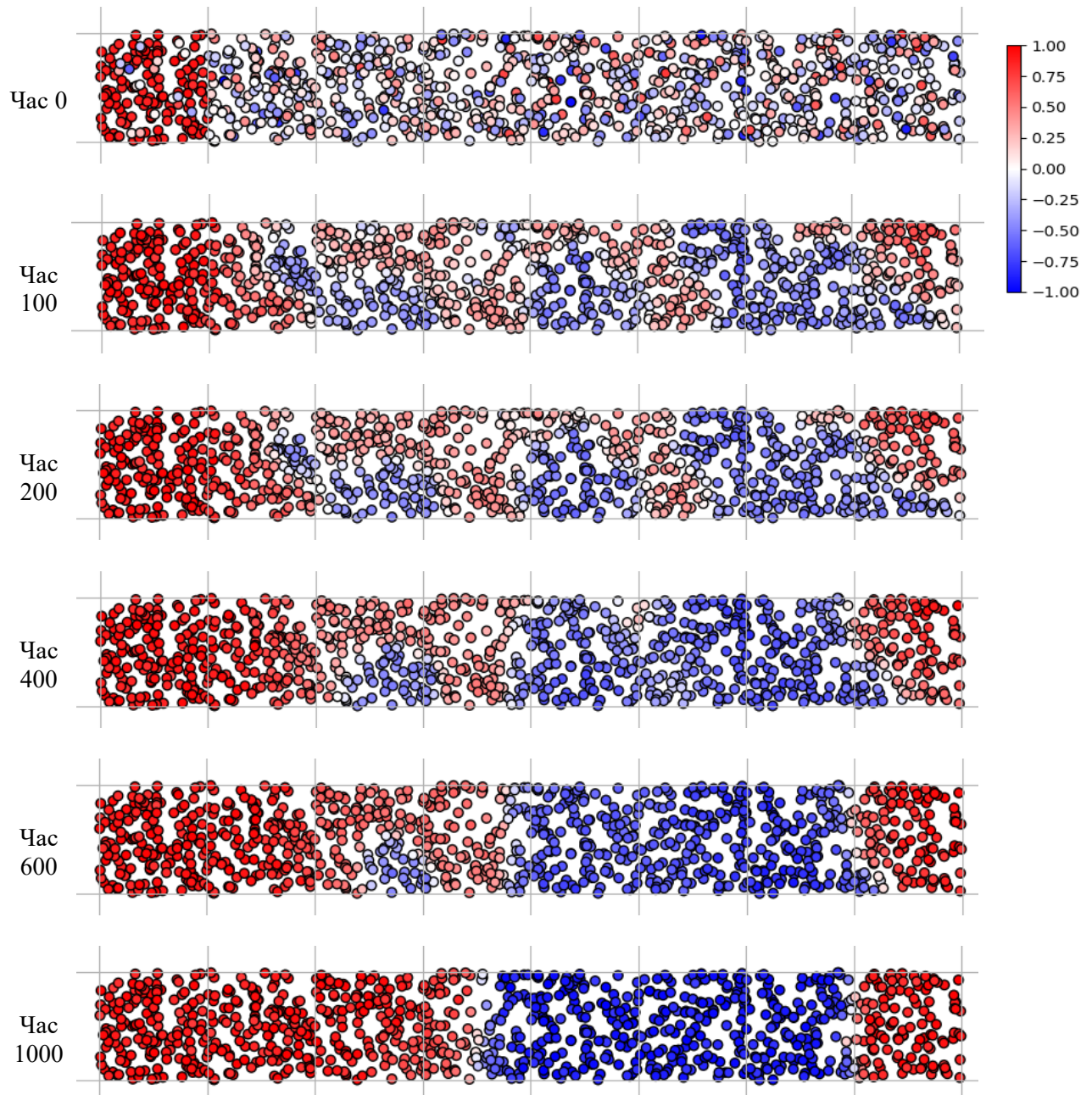


Рис. 5. Динаміка розподілу величини погляду в суспільстві по областях при відсутності віддалених зв'язків

Із результатів моделювання видно, що зміна в поглядах відбувається за час близько 1000 кроків, а потім ситуація стабілізується. Партійна ідея поширилась через умовні кордони перших двох сусідніх областей. А у віддалених областях ситуація може скластися по-різному: майже нейтральні в середньому погляди можуть перерости в протилежні – все залежить від випадкового скупчення однодумців, яке стверджує впевненість цієї групи в правоті своєї ідеї. Це може стати причиною зародження нової партії. Цікавою є також ситуація в області 4: в середньому по області (рис. 6) величина погляду встановлюється близькою до 0 (майже нейтральна позиція), але, як видно з рис. 5, насправді в цій області відбувається поляризація суспільства, що пояснюється впливом сусідніх областей з протилежними поглядами.

Отже, за відсутності засобів для віддаленої комунікації між членами суспільства, у віддалених від партійного осередку областях ситуація з досліджуваним поглядом може розвиватись непередбачувано. І межі ідеологічного протистояння можуть проходити незалежно від кордонів областей. А така розрізненість ідеологій може призвести до розколу держави за ідеологічною ознакою. Наведений вище дослід проводився неодноразово. І щоразу розповсюдження партійної ідеології зупинялося на якійсь межі, оскільки до того часу у віддалених областях стохастичним чином уже була сформована протилежна позиція.

Якщо ж при моделюванні врахувати наявність віддаленого спілкування, то, як показують чисельні експерименти, ситуація кардинально змінюється – партійна ідея доноситься до всіх членів суспільства і, з часом, партійна ідеологія поширюється на все суспільство в цілому.

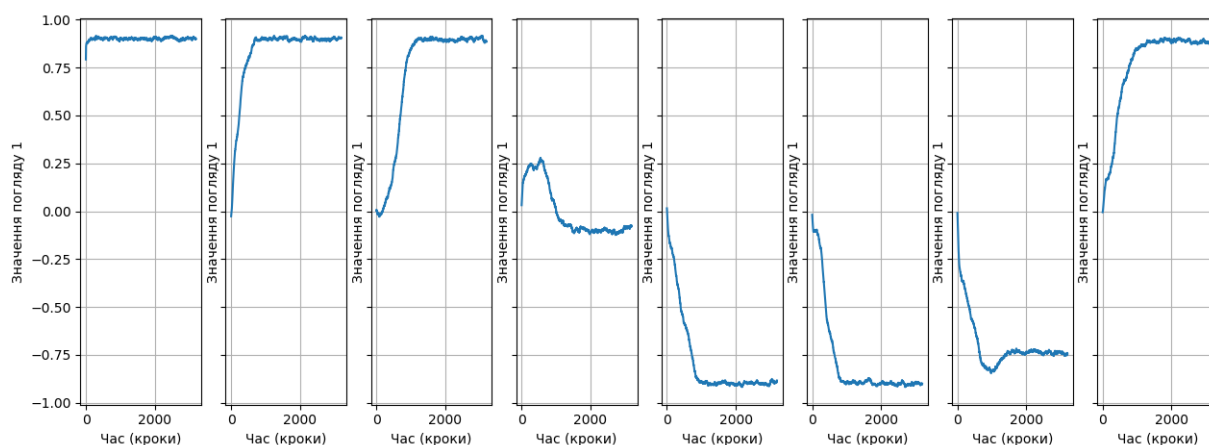


Рис. 6. Динаміка середнього значення погляду по областях при відсутності віддалених зв'язків

Дослідимо ситуацію з однією партією у суспільстві з метою визначення оптимального шляху її розвитку. Для цього проведемо серію експериментів, варіюючи як кількість членів партії, так і величину партійного погляду. Результати моделювання зобразимо у вигляді теплової карти (рис. 7), на якій побудуємо градієнтні криві з метою визначення оптимальних шляхів розвитку партії. Вважатимемо метою партії максимальне поширення своєї ідеології у суспільстві.

Із отриманих результатів можна зробити декілька корисних для партійних лідерів висновків:

- При кількості членів партії, меншій за деяку межу (в даному випадку близько 3%), ідеологія цієї партії не може суттєво впливати на погляди у суспільстві.
- Для максимального поширення партійної ідеології в суспільстві, партії вигідніше зміцнювати свою ідеологічну складову, ніж збільшувати кількість членів партії.
- Чим більша величина партійного погляду та чим більша кількість її членів, тим швидше вона досягає своєї мети.
- Орієнтуючись на градієнтні криві керівництву партії можна визначити оптимальний шлях її розвитку, виходячи зі стану партії на даний момент (кількості її членів та рівня ідеології в даний час).

У попередніх експериментах безпартійна частина суспільства мала погляд у середньому рівний нулю. Змоделюємо ситуацію, коли перед початком моделювання середнє значення суспільного погляду рівне -0.5 , погляд членів партії A має величину $+0.8$, а середньоквадратичні відхилення цих поглядів – 0.33 та 0.033 відповідно.

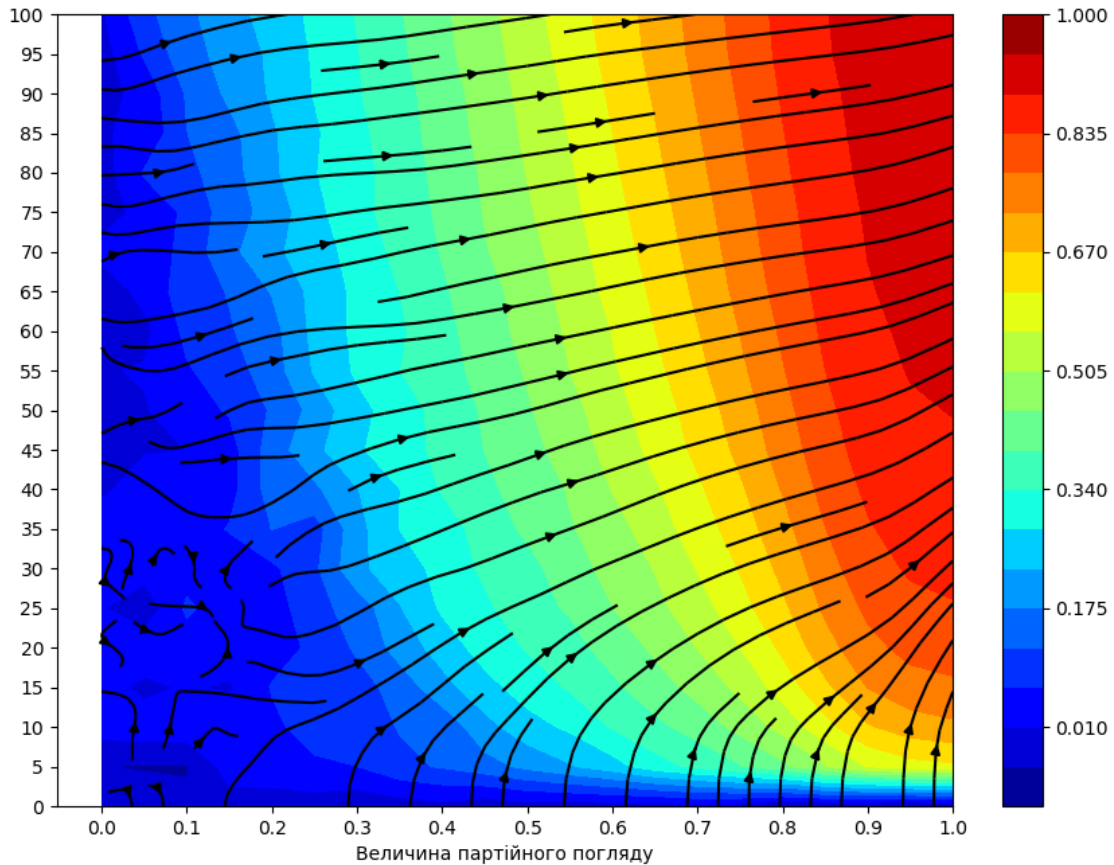


Рис. 7. Теплова карта залежності величини середнього погляду у суспільстві від співвідношення величини партійного погляду до кількості членів цієї партії.

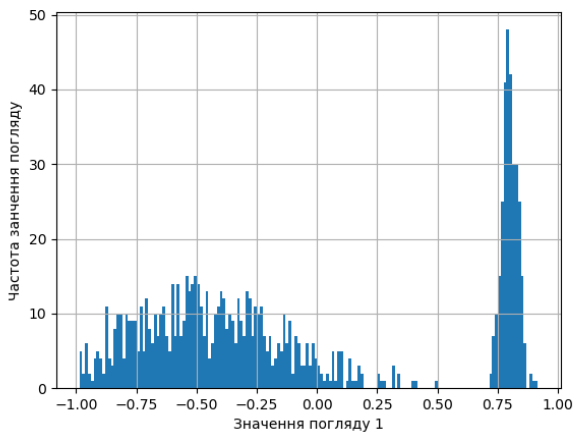


Рис. 8. Розподіл поглядів у суспільстві перед початком моделювання

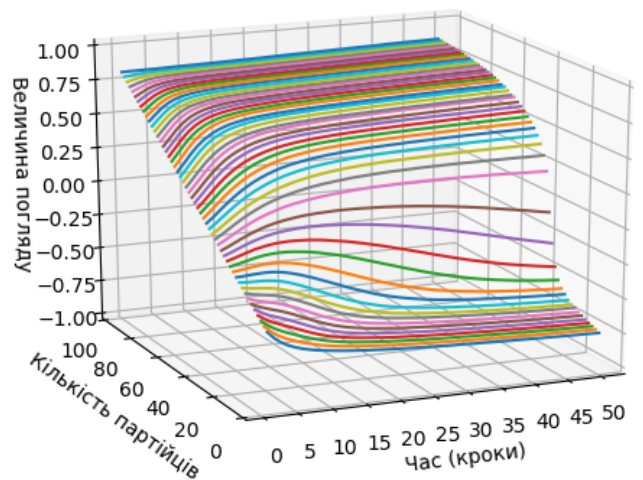


Рис. 9. Динаміка погляду в суспільстві при різній кількості партійців

Прослідкуємо динаміку середнього по суспільству погляду в залежності від кількості членів партії A . На рис. 8, для прикладу, зображено гістограму початкового розподілу погляду у суспільстві, коли чисельність партійців складає 30%. А на рис. 9 – результат моделювання (криві проведені з кроком 2% для кількості партійців).

Як видно з графіків (рис. 9) середній погляд у суспільстві змінюється по-різному в залежності від кількості партійців. Можна виділити три характерних варіанти розвитку

подій: коли величина суспільного погляду лише спадає (характерно для малої кількості членів партії A), коли середня величина суспільного погляду лише зростає (при великій кількості партійців) та коли середній по суспільству погляд спочатку зростає, а потім спадає. Саме в цьому інтервалі величина кількості членів партії суттєво впливає на кінцеву величину погляду в суспільстві. Отже про значущість партії (в сенсі впливу її ідеології на суспільство) можна говорити лише тоді, коли її чисельність перевищить деяке порогове значення. Для конкретної модельованої ситуації, коли безпартійна частина суспільства не поділяє погляду партії, для переконання останніх в правильності партійної ідеології, кількість членів партії повинна перевищувати 30%.

2.3 Суспільство з двома політичними партіями

Доволі поширеною є двопартійна політична система. Тому розглянемо деякі ситуації з двома конкуруючими партіями, які мають протилежні погляди.

У найпростішому випадку, коли суспільство рівномірно розподілене та знаходиться в одному регіоні, з часом, суспільство приходить до консенсусу. Остаточне значення погляду залежить від початкового значення поглядів та кількості прихильників кожної з партій.

Дослідимо, як залежить значення погляду при досягненні консенсусу від співвідношення кількості прихильників партій (назвемо їх A та B). Для цього, зафіксуємо початкове середнє значення погляду для партії A на рівні $+0.8$, а для партії B – на -0.8 , та будемо варіювати кількість прихильників обох партій від 0 до 50%, залишаючи всі інші параметри моделі незмінними. Результати моделювання зображені на рис. 10. Як видно з рис. 10, у випадку значення поглядів на рівні ± 0.8 , для перемоги поглядів партії у суспільстві, цій партії необхідно мати чисельну перевагу хоча б на 7-9%.

Розглянемо ситуацію з іншого боку. Зафіксуємо кількість прихильників кожної з партій на рівні 20% від загальної кількості населення у модельованому суспільстві, та будемо змінювати погляди обох партій. Значення погляду партії A будемо варіювати у межах від 0 до $+1$, а партії B від -1 до 0 (рис. 11).

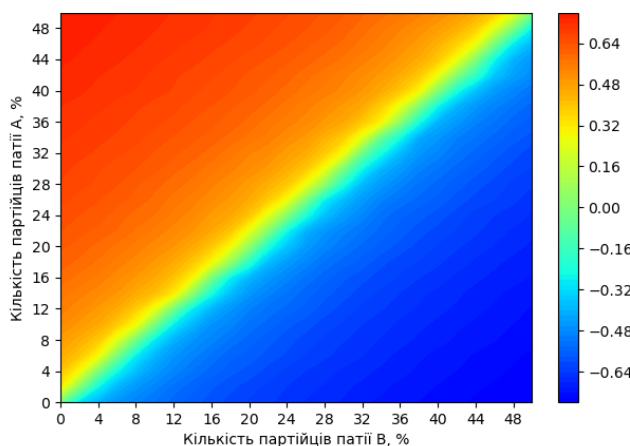


Рис. 10. Залежність величини кінцевого середнього погляду у суспільстві від співвідношення кількості членів партій A та B

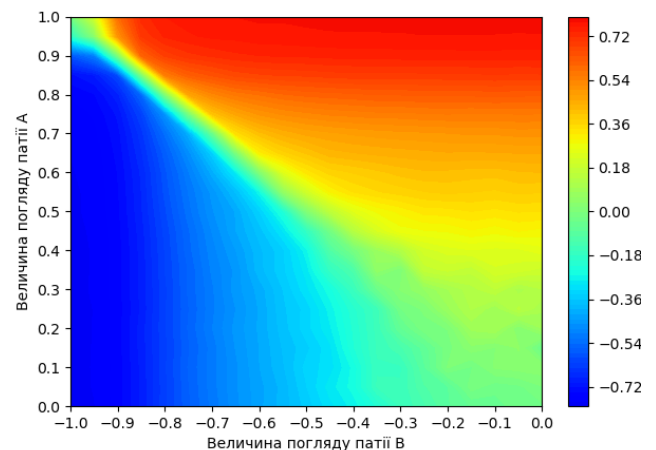


Рис. 11. Залежність величини кінцевого середнього погляду у суспільстві від співвідношення величин поглядів партій A та B

Як видно з рис. 11, для того, щоб погляди партії домінували у суспільстві, партія повинна бути високоідейною (для розглянутої ситуації абсолютне значення погляду

партії повинно бути не меншим 0.8). Проте, якщо партія-конкурент також має високий рівень ідейності, то повністю схилити суспільство на свій бік майже неможливо.

Як показують чисельні експерименти, якщо члени партій A та B , а також безпартійні рівномірно розподілені по суспільству, то таке суспільство не поляризується, а приходиться до консенсусу. У наступному експерименті покладемо, що суспільство складається з двох горизонтально розміщених регіонів. Нехай обидві партії налічують по 30% від загальної кількості членів суспільства, причому прихильники кожної з партій знаходяться в своєму регіоні. Погляди для партій задамо протилежні з абсолютним значенням 0.8. проведемо моделювання такої ситуації 25 разів та виведемо результат кожної спроби на один і той же графік (рис. 12).

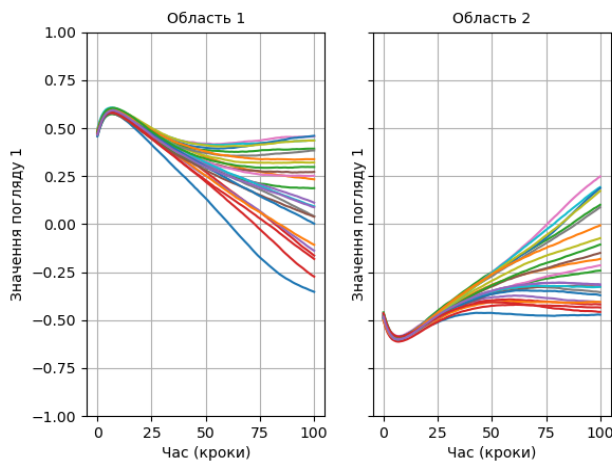


Рис. 12. Динаміка величини досліджуваного погляду по областях, в кожній з яких домінує своя політична партія

Як видно із графіків, кінцевий результат може досить значно варіюватися. Проте всі випадки мають спільну особливість: спочатку суспільство ще більше поляризується, а потім (за умови відсутності зовнішнього впливу чи розпаду на дві частини) поступово починає приходити до якоїсь спільної думки. Додаткові чисельні експерименти показали, що поляризація на початковому етапі відбувається при умові, коли абсолютне значення поглядів обох партій перевищує позначку у 0.55 (за винятком ситуації, коли модельоване суспільство майже не має безпартійних індивідів). Звідси можна зробити висновок, що якщо у суспільстві присутні дві високоідейні політичні сили, кожна з яких займає свою територію, то конфронтація у такому суспільстві неминуча.

Висновки

У статті було вдосконалено мультиагентну модель динаміки громадської думки у сучасному суспільстві. Зокрема, було покращено формулу обміну поглядами між двома індивідами шляхом додання множника, що відповідає за абсолютну різницю між поглядами індивідів. Скориговано напрямок зміни поглядів індивідів при спілкуванні. Додано флуктуації поглядів індивідів, що робить модель більш реальною.

За допомогою отриманої моделі було проведено ряд чисельних експериментів. Було змодельоване суспільство в якому відсутні політичні сили. Результати моделювання показали, що таке суспільство доволі легко може схилитися до певної думки під дією незначного ідеологічного поштовху.

Моделювання суспільства без сучасних засобів комунікації та з однією політичною силою зосередженою географічно далеко від центра суспільства показало, що така політична сила не в змозі донести свої погляди до всього суспільства, яке, в

свою чергу, утворює осередки однодумців. У випадку додання можливості віддаленого спілкування та ЗМІ ситуація кардинально змінюється: розглядувана партія може доносити свої ідеї до всього суспільства, яке згодом приходить до консенсусу.

За допомогою моделі було досліджено ситуацію, коли на суспільство впливає лише одна політична партія. Отримано результати, які показують як буде розвиватися ситуація в залежності від поточних характеристик партії. Також було знайдено, що існує певна межа (близько 3%) кількості прихильників партії, нижче якої така партія не може суттєво впливати на суспільство. Окрім того, моделювання показало, що ідеологічна складова є більш важливою для розвитку партії, ніж її чисельна складова.

Також була змодельована ситуація, коли у суспільстві вже сформована певна думка щодо вибраного питання та присутня політична партія з протилежними, до суспільних, поглядами. Було показано, що існує певна межа кількості партійців, при якій партії вдається переконати суспільство.

Моделювання суспільства з двома політичними партіями протилежних поглядів показало, що якщо ці сили рівномірно розподілені по території суспільства, то таке суспільство завжди приходить до консенсусу. Якщо ж кожна з політичних сил домінує на певній території суспільства, а також політичні сили доволі впевнені у своїй позиції, то таке суспільство поляризується ще більше. Потім, за умови відсутності розпаду, суспільство починає поступово консолідуватися.

За допомогою отриманої моделі можливо проводити моделювання і інших, не описаних у цій статті, ситуацій.

Список використаної літератури:

1. Герасіна, Л. М. Консенсус як стратегія примирення в політико-правових конфліктах / Л. М. Герасіна // Український соціум – 2006 – вип. 6(17) – с. 17-24. Режим доступу: <https://ukr-socium.org.ua/uk/archive/no-6-17-2006/konsensus-jak-strategija-primirennja-v-politiko-pravovih-konfliktah/>
2. Тупиця, О. Л. Політичний консенсус як чинник сталого розвитку сучасного демократичного суспільства / О. Л. Тупиця, К. К. Хабарева // Науково-теоретичний альманах «Грані» – 2018 – Т.21 – No 10 – с. 121-127. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Grani_2018_21_10_16
3. Агаев, Р. П. Об области сходимости дифференциальной модели достижения консенсуса / Р. П. Агаев // Управление большими системами. Вып. 36. М.: ИПУ РАН – 2012 – с.81-92.
4. Rainer, H., Andreas, F. (1998). Understanding Complex Social Dynamics: A Plea For Cellular Automata Based Modelling *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 1, no. 3. Режим доступу: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/1/3/1.html>
5. Monica, S., Bergenti, F. (2014). A Stochastic Model of Self-Stabilizing Cellular Automata for Consensus Formation. 1260.
6. Nowak A., Lewenstein M. (1996). Modeling Social Change with Cellular Automata. In: Hegselmann R., Mueller U., Troitzsch K.G. (eds) Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View. Theory and Decision Library (Series A: Philosophy and Methodology of the Social Sciences), vol 23. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-8686-3_14
7. Zheng, Y., Zhu, Y., Wang L. (2011). Consensus of heterogeneous multi-agent systems *IET Control Theory Appl.* Vol. 5, Iss. 16, pp. 1881-1888.
8. Suo, S., & Chen, Yu. (2008). The Dynamics of Public Opinion in Complex Networks *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 11, no. 4 2. Режим доступу: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/4/2.html>
9. Wen, G., Duan, Z, Yu, W. (2012). Guanrong Chen Consensus in multi-agent systems with communication constraints *International Journal of Robust and Nonlinear Control* vol. 22, pp. 170-182.
10. Агаев Р.П Модели латентного консенсуса / Р.П. Агаев, П.Ю. Чеботарев // Автомат. и телемех. – 2017 – вып. 1, с. 106-120. Режим доступа: <https://publications.hse.ru/en/articles/226537418>
11. Yang, T., Meng, Z., Dimarogonas, D. V., Johansson, K. H. (2014). Global consensus for discrete-time multi-agent systems with input saturation constraints *Automatica* issue 50, pp. 499-506.
12. Моргун М. Г. Моделювання динаміки громадської думки у сучасному суспільстві / Моргун М. Г. // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», 2020, випуск 47, с. 64-75. Режим доступу: <https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/16272>.

References:

1. Herasina, L. M. (2006). Consensus as a strategy of reconciliation in political and legal conflicts. *Ukrainskyi sotsium - Ukrainian society* vol. 6(17), pp. 17-24 [in Ukrainian]. Retrieved from: <https://ukr-socium.org.ua/uk/archive/no-6-17-2006/konsensus-jak-strategija-primirennja-v-politiko-pravovih-konfliktah/>
2. Tupytsia, O. L., Khabariva, K. K. (2018). Political consensus as a factor in the sustainable development of modern democratic society. *Naukovo-teoretychnyi almanakh «Hrani» - Scientific and theoretical almanac "Hrani"* vol. 21, No 10, pp. 121-127 [in Ukrainian]. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Grani_2018_21_10_16
3. Ahaev, R. P. (2012). On the area of convergence of the differential model of consensus. *Upravlenye bolshymy systemamy - Management of large systems* vol. 36. – 2012 – pp.81-92. [in Russian]
4. Hegselmann, Rainer & Flache, Andreas (1998). Understanding Complex Social Dynamics: A Plea For Cellular Automata Based Modelling *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 1, no. 3. Retrieved from: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/1/3/1.html>
5. Monica, Stefania & Bergenti, Federico. (2014). A Stochastic Model of Self-Stabilizing Cellular Automata for Consensus Formation. 1260.
6. Nowak, A., Lewenstein, M. (1996). Modeling Social Change with Cellular Automata. In: Hegselmann R., Mueller U., Troitzsch K.G. (eds) *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View. Theory and Decision Library (Series A: Philosophy and Methodology of the Social Sciences)*, vol 23. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-8686-3_14
7. Zheng, Y., Zhu, Y., Wang, L. (2011). Consensus of heterogeneous multi-agent systems *IET Control Theory Appl.* Vol. 5, Iss. 16, pp. 1881-1888.
8. Shuguang, Suo and Yu, Chen (2008). The Dynamics of Public Opinion in Complex Networks *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 11, no. 42. Retrieved from: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/4/2.html>
9. Guanghui, Wen & Zhisheng, Duan & Wenwu, Yu (2012) Guanrong Chen Consensus in multi-agent systems with communication constraints *International Journal of Robust and Nonlinear Control* vol. 22, pp. 170–182
10. Ahaev, R. P., Chebotarev, P. Iu. (2017). Latent Consensus Models. *Avtomatyzatsiya y telemekhanika - Automation and telemechanics* vol. 1, pp. 106-120 [in Russian] Retrieved from: <https://publications.hse.ru/en/articles/226537418>
11. Yang, Tao & Ziyang, Meng & Dimarogonas, Dimos & Johansson, Karl (2014). Global consensus for discrete-time multi-agent systems with input saturation constraints *Automatica* issue 50, pp. 499-506.
12. Morhun, M. G. (2020). Model of public opinion dynamics in modern society. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Mathematical modeling. Information technology. Automated control systems»*, vol. 46, pp.64-75 [in Ukrainian]. Retrieved from: <https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/16272>

MORHUN Mykola,

PhD Student, The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

ANALYZING DYNAMICS OF PUBLIC OPINION IN MODERN SOCIETY USING MULTI AGENT MODEL

Summary. Introduction. Nowadays, the problem of public opinion dynamic in a society has a great scientific interest. There are different types of models and approaches on how to solve the task. In this article the author improves his previously built model and does some situations analysis using created model.

Purpose. The aim of this article is to improve model of public opinion dynamics in modern society [12] and analyze public opinion dynamics under different conditions using the model.

Results. The model of public opinion dynamics in modern society was improved. Opinion exchange mechanism was refined. Opinion fluctuations for model agents were added, which made the model closer to real world.

By using the model, different scenarios within society were simulated. A simulation of a society without political forces showed that such a society could be inclined towards some opinion by a small impetus.

A society without modern communication technologies and mass media was simulated. The society had one political party that was located in a single region. Simulation results showed that such party cannot spread its ideology over whole society, but only to the nearest regions. However, in other regions like-minded groups of individuals started to arise. In the end of the simulation, the society was

divided by several groups. If repeat the simulation with modern communication technologies and mass media enabled, then the result will significantly differ: the party can spread its ideas over whole society and the society finds a consensus.

A case with a single political party which spread over whole society was analyzed with help of the model. It shows how resulting opinion in the society depends on the initial party parameters (number of party members and their initial opinion). The simulation showed that, in general, improving the party ideology is more important than increasing number of party members. However, there is a threshold of party members (near 3% of the society members) below which the party cannot significantly influence the society.

The situation when society already had some opinion and a political party with opposite opinion tried to change society mind was considered. It was shown, that a threshold of party members number which lets the party reach its goal exists.

Numerical experiments with two opposite political parties in a society showed, that if both parties evenly spread over the society, then such society always finds a consensus. But if each party dominates on own territory, then confrontation in the society grows. At some point it reaches its maximum and then, if the society didn't split in two, the society slowly goes towards consolidation.

Finally, obtained model can also be used for different from described in this article scenarios.

Keywords: model, society, public opinion, consensus.

Одержано редакцією 16.03.2020 р.

Прийнято до публікації 18.05.2020 р.

Уточнення до списку літератури (п.12) 24.06.2020 р.

УДК 519.688

DOI 10.31651/2076-5886-2020-1-44-60

PACS 02.70.-c

ПОРУБЛЬОВ Ілля Миколайович,
старший викладач, Черкаський
національний університет імені Богдана
Хмельницького
e-mail: ilya@vu.cdu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-7369-3862

ДЕЯКІ АЛГОРИТМИ ПОШУКУ ЧИСЕЛ З МАКСИМАЛЬНОЮ КІЛЬКІСТЮ ДІЛЬНИКІВ

Розглянуто кілька варіантів постановки та способів розв'язування задачі пошуку чисел, що мають найбільшу кількість дільників серед чисел вказаного проміжку. Аргументовано, чому задачу для проміжку від M до N слід вважати складнішою, ніж для проміжку від 1 до N . Розглянуто узагальнення, коли максимальна кількість дільників шукається не серед усіх чисел проміжку, а лише серед не кратних деякому K . Побудовано кілька варіантів алгоритму розв'язання кількох варіантів цієї задачі, на основі істотних оптимізацій рекурсивного перебору. Наведено порівняльний аналіз швидкодії роботи розглянутих варіантів алгоритму, оцінено переваги та недоліки кожного з варіантів та наведено рекомендації про доцільність застосування розглянутих варіантів при роботі з великими числами.

Ключові слова: кількість дільників, надскладені числа, рекурсивний перебір та його оптимізації.

Вступ

Числа з великою кількістю дільників можуть мати властивості, які, зокрема, істотно впливають на час роботи деяких алгоритмів. Тому і фактичне знаходження таких чисел, і оцінка можливої кількості дільників є цікавими та мають значення.

Оскільки у світі існує дві різні трактовки натурального числа (за однією з них 0 не є натуральним числом, за іншою – є), зафіксуємо, що в цій статті дотримуємося першого варіанту (0 не є натуральним).