

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики

Кафедра моделювання складних систем

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня бакалавра

за спеціальністю 113 Прикладна математика

на тему:

Нечітка модель дезагрегованої змішаної економіки

Виконала студентка 4-го курсу

Ніколаєва Олена Володимирівна

Науковий керівник:

професор, доктор фізико-математичних наук

Волошин Олексій Федорович

Київ-2021

Реферат

Обсяг роботи 33 сторінки, 5 ілюстрацій, 9 джерел посилань, 3 додатки.

ЕГАЛІТАРИЗМ, МАТЕМАТИЧНА ЕКОНОМІКА, МОДЕЛІ, МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ, НЕЧІТКІ МНОЖИНИ, ТРИКУТНІ ЧИСЛА, УТИЛІТАРИЗМ.

Метою роботи є розгляд моделі Демократичного Капіталізму, її модифікація та фазифікація, показати, як працювати з даними в умовах нечіткості. Підхід з нечіткими даними у задачах розподілу доходу/витрат є рішенням сучасних проблем в математичній економіці. Він допомагає охопити більше можливих варіантів вирішення, спостерігати, як змінюються результати в залежності тих чи інших даних.

Зміст

Вступ	4
1 Математична економіка	5
2 Розгляд по нечіткості	7
3 Модель економіки Демократичного Капіталізма	9
4 Метод поділу	13
5 Статистика заробітних плат	15
6 Приклад з нечіткими даними на основі статистики України	17
7 Утилітаризм та егалітаризм. Задача розподілу витрат	19
Висновки	24
Джерела	25
Додатки	26

Вступ

Теорія нечітких множин є корисним інструментом для опису ситуацій, коли дані неточні або розпливчасті. Нечіткі множини обробляють такі ситуації, присвоюючи ступінь, до якого певний об'єкт належить набору. У реальному житті, однак, людина може припустити, що об'єкт "x" певною мірою належить до множини A, але можливо, що він не так впевнений у цьому. Іншими словами, можуть виникнути сумніви або невизначеність щодо ступеня членства "x" у A. Можливим рішенням є використання нечітких множин з інтервальним значенням, визначених Самбуком у 1975 р., або інтуїтивних нечітких множин, визначених Атанасовим у 1983 р.. Нечіткі множини, а також інтуїтивні нечіткі множини дають можливість моделювати сумніви та невизначеність за допомогою додаткового ступеня.

Дана дипломна робота є розглядом моделі Демократичного Капіталізму, її модифікації та фазицікації. Метою роботи є показати, як працювати з нечіткими даними взятих з реальної статистики нашої країни. Розв'язати задачу розподілу витрат. Також дослідити, як працює егалітаризм та утилітаризм з нечіткими числами, як за допомогою них можна варіювати даними та отриманими результатами. Дана робота може розглядатися у сучасному світі, адже питання розподілу стоїть дуже гостро.

1 Математична економіка

Математична економіка відноситься до економічної моделі, яка використовує принципи та методи математики для створення економічних теорій та аналізу економічних дилем. Математика допомагає економістам проводити кількісні експерименти та створювати моделі для прогнозування майбутнього економічного зростання.

Досягнення обчислювальної потужності, техніки великих обсягів даних та інших передових математичних технологій зіграли важливу роль у перетворенні кількісних методів у фундаментальний аспект економіки. Всі ці елементи підтримуються науковими методами, що сприяють вивченню економіки.

Синтез статистичних методів, математики та економічних принципів створив цілу нову галузь економетрики. Математична економіка - це спеціалізація в галузі економетрики.

Для того, щоб довести, спростувати або спрогнозувати економічну поведінку, математична економіка залежить від статистичних спостережень. Незважаючи на те, що упередженість дослідника сильно впливає на економічну дисципліну, математика дає змогу економістам описати спостережуване явище та пропонує основу для теоретичного тлумачення.

Був період, коли економіка значною мірою спиралася на анекдотичні докази чи ситуаційні теорії, намагаючись зробити економічні явища значущими. На той час математична економіка була відправною точкою в тому сенсі, що вона запровадила формули для кількісної оцінки економічних змін. Це вилилося в економіку в цілому, і більшість економічних теорій зараз містять певні статистичні дані.

Математична економіка відкрила шлях до справжнього економічного мо-

делювання. Завдяки включенню математики теоретичні економічні моделі стали корисними інструментами для повсякденного формування економічної політики.

Економетрика в цілому має на меті перевести якісні твердження (наприклад, «зв'язок між двома або більше змінними є позитивним») у кількісні (наприклад, «витрати на споживання зростають на 95 центів за кожен доларовий приріст наявного доходу»).

Математична економіка особливо корисна при вирішенні проблем оптимізації, коли, наприклад, політик шукає найкращих змін із різноманітних змін, що впливають на конкретний результат.

2 Розгляд по нечіткості

Цей розділ вносить необхідне розуміння матеріалу, що розглядається в даній роботі.

Нечіткість - це поняття, абсолютно відмінне від імовірності. Імовірність описує об'єктивну невизначеність, отриману на основі великої кількості спостережень. Нечіткість описує невизначеність, яка має суб'єктивне значення. Нечіткі поняття описують ступінь володіння даною властивістю. Популярність теорії нечітких множин при вирішенні завдань управління виникає з її здатності обробляти деякі ситуації, з якими важко впоратися класичною теорією управління. Нечіткі множини використовуються для управління погано визначеними, складними, нелінійними системами. Є два аспекти цього явища. Перший аспект стосується описової здатності нечітких множин. Другою важливою особливістю є можливість застосування нечітких множин для роботи з неповною, суперечливою і суб'єктивною інформацією. Теорія нечітких множин стає все більш важливим інструментом в нових дисциплінах штучного інтелекту, що швидко розвиваються: експертних системах і нейронних мережах.

У математиці нечітких множин (так званих невизначених наборів) кілька, як наборів, чиї елементи мають ступені членства. Нечіткі множини були введені незалежно Лотфі А. Заде і Дітером Клауен в 1965 році як розширення класичного поняття безлічі. У той же час Салій (1965) визначив більш загальний вигляд структури, названий L-ставленням, який він вивчав в абстрактному алгебраїчному контексті. Нечіткі відносини, які використовуються зараз в різних областях, таких як лінгвістика (De Cock, Vodenhofer and Kerre 2000), прийняття рішень (Kuzmin 1982) і кластеризація (Bezdek 1978) є окремими випадками L- відносин, коли L - одиничний інтервал $[0, 1]$.

У класичній теорії множин членство елементів в наборі оцінюється в бінарних термінах відповідно до бівалентної умови - елемент або належить, або не належить множині. На відміну від цього, теорія нечітких множин дозволяє поступово оцінити належність елементів до безлічі; це описується за допомогою функції приналежності, що оцінюється в інтервалі дійсних одиниць $[0, 1]$. Нечіткі множини узагальнюють класичні безлічі, оскільки індикаторні функції (або характеристичні функції) класичних множин є окремими випадками функцій належності нечітких множин, якщо останні ухвалюють значення тільки 0 або 1. Теорія нечітких множин може використовуватися в широкому діапазоні областей, в яких інформація є неповною або неточною.

3 Модель економіки Демократичного Капіталізма

За минулі 50 років капіталістична система не стала «більш капіталістичною». Особливо це стосується ринкових економічних систем, які виникли в останні 20 років в результаті розпаду Радянського Союзу, що відповідають «дикому» (олігархічному) капіталізму. Тому побудова математичних моделей Демократичного Капіталізму (надалі ДК) актуально, як ніколи. У даній роботі робиться спроба формалізації в рамках математичної моделі «змішаної економіки» [6] принципів і конкретних пропозицій авторів ДК.

Виконання принципів участі забезпечується шляхом надання домогосподарствам субсидій у вигляді пакетів акцій підприємств. Виконання принципу перерозподілу - шляхом встановлення системи податків і субсидій і використання методів поділу. Виконання принципу обмеження - шляхом визначення рівня «монополістичного» доходу. При цьому різниця між доходом споживача після сплати податків і «монополістичним» рівнем доходу підлягає повторному оподаткуванню. Ставка повторного оподаткування визначається на основі балансового рівняння бюджету.

Особливу вагу в цій роботі приділяється проблемі розподілу, оскільки сама по собі проблема (землі, енергоресурсів, фінансів, сфер впливу, квот на викиди парникових газів і т.п.) в даний час є однією з актуальних проблем людства, що лежить в основі конфліктів (міждержавних, внутрішньодержавних, міжособистісних і т.д.). Зокрема, ця проблема виникає при дослідженні моделі ДК, яка розглядається в даній роботі.

Слід зазначити, що до певної математичної моделі Ерроу - Дебре [6] наявність ненульового початкового капіталу є одним з основних принципів (однією

з основних аксіом).

В якості базової моделі використовується модель «дезагрегованої змішаної» економіки [6] з споживачами і підприємствами. Модель модифікується з метою задоволення основних принципів, які пропонують автори «капіталістичного Маніфесту».

1. Принцип участі

Доходи домогосподарств формуються за допомогою участі у виробництві в якості акціонерів: $K_n = \lambda \sum_{e=1}^E (\alpha_{n,e}, \pi_e)$ - дохід споживача без урахування податків, тут $\alpha_{n,e}$ - частина акцій споживача n в підприємстві e , $\sum_{n=1}^N \alpha_{n,e} = 1$, $(1 - \lambda)$ - ставка оподаткування, π_e - дохід підприємства e , $\pi = \sum_{e=1}^E \pi_e$ - сумарний дохід. Доходи корпорацій не підлягають оподаткуванню і 100% чистого прибутку виплачується власникам акцій в кінці певного періоду (найчастіше - календарного року). Споживачі, які є власниками капіталу, за допомогою покупки акцій тих чи інших корпорацій «голосують» за управлінську діяльність керівництва компаній.

2. Принцип розподілу

Визначається мінімальний рівень доходу μd , де $d = \frac{\sum_{n=1}^N K_n}{N} = \frac{(\lambda \sum_{i=1}^N \sum_{e=1}^E \alpha_{n,e} \pi_e)}{N} = \frac{\lambda \pi}{N}$ - середня величина доходу домогосподарства, і при $\mu d \geq K_n$ n -й споживач отримує субсидію розміром $\mu d - K_n$. Шляхом нарахування субсидій домогосподарствам, які не беруть участі у виробництві через відсутність прав володіння на капітал, буде забезпечуватися можливість їх участі у виробництві. При цьому держава повинна заохочувати домогосподарства вкладати ці кошти в накопичення. Тобто, субсидія $\max\{0, \mu d - K_n\}$ витрачається для накопичення капіталу, який стане

джерелом майбутнього доходу підприємства.

3. Принцип обмеження

Визначається рівень ld такий, що при $K_n \geq ld$ дохід K_n вважається «монополістичним», тобто позбавляє інших споживачів можливості брати участь у виробництві і отримувати життєзабезпечуючий дохід. У цьому випадку різниця $K_n - ld$ вдруге оподатковується за ставкою λ_1 , $\lambda < \lambda_1 \leq 1$.

Таким чином, дохід домогосподарства складає:

$$I_n = K_n + \max\{0, \mu d - K_n\} - \lambda_1 \max\{0, K_n - L_d\}$$

Нехай c , $c \geq 0$ - витрати бюджету на забезпечення суспільних благ (будівництво доріг, освіту, медицину), тоді параметри λ і λ_1 пов'язані співвідношенням:

$$C + \sum_{n=1}^N \max\{0, \mu d - K_n\} = \sum_{n=1}^N \lambda \max\{0, K_n - L_d\} + \sum_{n=1}^N (1 - \lambda) \sum_{e=1}^E \lambda_{n,e} \pi_e$$

$$\begin{aligned} & C + \sum_{n=1}^N \max\left\{0, \mu \frac{\lambda \pi}{N} - \lambda \sum_{e=1}^E \lambda_{n,e} \pi_e\right\} = \\ & = \sum_{n=1}^N \max\left\{0, \lambda \sum_{e=1}^E d_{n,e} \pi_e - L \frac{\lambda \pi}{N}\right\} + (1 - \lambda) \sum_{e=1}^E \pi_e \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & C + \lambda \sum_{n=1}^N \max\left\{0, \mu \frac{\pi}{N} - \sum_{e=1}^E \lambda_{n,e} \pi_e\right\} = \\ & = \lambda_1 \lambda \sum_{n=1}^N \max\left\{0, \sum_{e=1}^E d_{n,e} \pi_e - L \frac{\pi}{N}\right\} + (1 - \lambda) \pi \end{aligned}$$

з якого отримуємо значення λ_1 :

$$\lambda_1 = \frac{C + \lambda \sum_{n=1}^N \max \left\{ 0, \mu \frac{\pi}{N} - \sum_{e=1}^E d_{n,e} \pi_e \right\} - (1 - \lambda) \pi}{\lambda \sum_{n=1}^N \max \left\{ 0, \sum_{e=1}^E \alpha_{n,e} \pi_e - L \frac{\pi}{N} \right\}}$$

4 Метод поділу

Визначивши основний податок, шляхом якого формується бюджет країни, модифікуємо принципи поділу так, щоб вони задовольняли принципам економічної системи «справедливого» капіталізму. Завдання поділу формулюється так [5]: колективний об'єкт має вартість c , $c > 0$ грошових одиниць і приносить дохід b_i , $b_i \geq 0$, кожному користувачеві $i = \overline{1, n}$.

Створення об'єкта ефективне: $\sum_{i=1}^n b_i > c$

Завдання полягає в справедливому розподілі витрат між учасниками. Різним поняттям принципу справедливості відповідають різні методи поділу. При пропорційному рішенні кожен учасник платить податок, пропорційний своєму доходу

$$x_i = b_i \frac{c}{\sum_{j=1}^n b_j}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Принцип рівності може втілюватися через механізми вирівнювання витрат або вирівнювання чистої економії на витратах. У першому випадку кожен гравець платить $x_i = c / n$, у другому $x_i = b_i - (\sum_{j=1}^n b_j - c) / n$.

Очевидними недоліками двох останніх методів є те, що рішення, отримані з їх застосуванням, можуть не задовольняти умові $0 \leq x_i \leq b_i$; $i = \overline{1, n}$.

Модифікаціями даних методів, які задовольняють цим обмеженням, є рівневий і подушний податки, запропоновані Янгом [7]. Рівневий податок є розподіл (єдиний) витрат (x_1, \dots, x_n) , що є вирішенням завдання:

$$(x_1, \dots, x_n) \in A = \left\{ (y_1, \dots, y_n) \sum_{i=1}^n y_i = c, 0 \leq y_i \leq b_i, \forall i \right\},$$
$$(b_1 - x_1, \dots, b_n - x_n) \text{ LM } (b_1 - y_1, \dots, b_n - y_n),$$

$\forall y \in A$,

де LM - лексімінний порядок на E^n .

Подушний податок є розподіл (єдиний) витрат $(x_1, \dots, x_n) \in A$,
що є вирішенням завдання:

$$(x_1, \dots, x_n) \text{ LM } (y_1, \dots, y_n), \forall y \in A.$$

5 Статистика заробітних плат

Середня заробітна плата — макроекономічний показник, середня величина заробітної плати працівника за певний період часу. Це позначення зустрічається в різних нормативних документах і використовується в різних випадках, але і розраховується по-різному для різних виплат [9].

Мінімальна заробітна плата — це законодавчо встановлений розмір заробітної плати за просту, некваліфіковану працю, нижче якого не може встановлюватися оплата за виконану працівником місячну норму робіт [9].

Розглянемо статистику нашої країни за 2020 рік.

Мінімальна заробітна плата в Україні становить 4723 грн на квітень 2020 року та 5000 грн на вересень. Середня заробітна плата за грудень 2020 року становить 14179 грн. Нижче наведемо таблицю (Рис. 2) [9].

з 01.01.2021 по 30.11.2021	6000
з 01.09.2020 по 31.12.2020	5000
з 01.01.2020 по 31.08.2020	4723
з 01.01.2019 по 31.12.2019	4 173
з 01.01.2018 по 31.12.2018	3 723
з 01.01.2017 по 31.12.2017	3 200
з 01.12.2016 по 31.12.2016	1 600
з 01.05.2016 по 30.11.2016	1 450
з 01.01.2016 по 30.04.2016	1 378

Рис. 1: Мінімальна зарплата в Україні з 2016 по 2021 рр. (місячна).

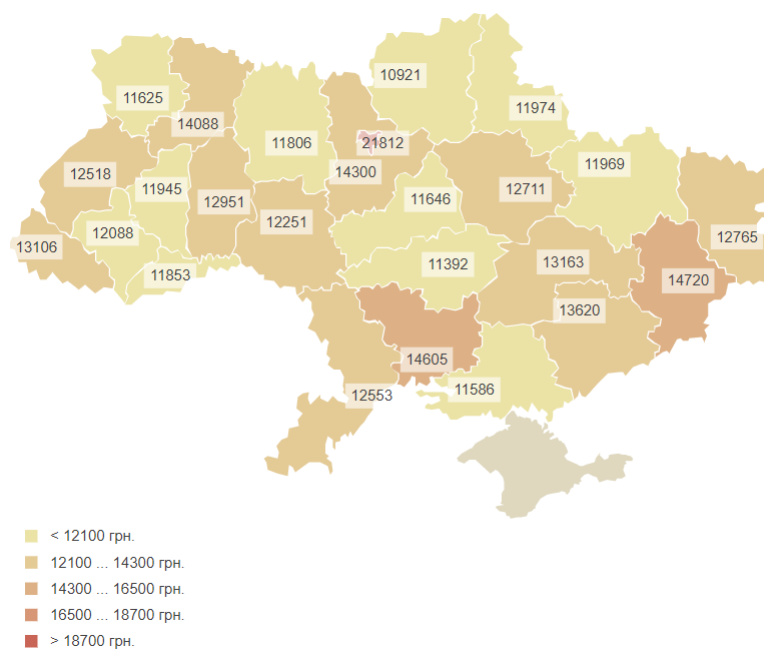


Рис. 2: Середня зарплата в Україні по регіонах за грудень 2020 р.

6 Приклад з нечіткими даними на основі статистики України

Надалі ми візьмемо дані заробітних плат за 2020 рік і будемо розглядати наступну задачу. Маємо три агенти: бідний, середній, багатий. У відповідність до кожного поставимо дані заробітних плат нашої країни: бідний має - 5000 грн, середній - 14000 грн (але візьмемо 15000 грн), у багатих середній показник може дуже сильно відрізнятись від правди, тому візьмемо 50000 грн (що є в 10 разів більше, ніж у бідних).

Необхідно відзначити, що рішення задач розподілу доводиться шукати до того, як стають відомі «точні» доходи учасників і колективні витрати, тому в якості вихідних даних використовуються прогнозні значення або експертні оцінки. У даній роботі вони представляються за допомогою нечітких трикутних чисел.

Візьмемо трикутні значення для кожного з агентів та будемо працювати лише зі значеннями тисяч: $b_1 = (4, 5, 6)$, $b_2 = (13, 15, 17)$, $b_3 = (45, 50, 55)$.

Наступним кроком запишемо сумарний дохід агентів, працюючи з сумою трикутних чисел: $b = b_1 + b_2 + b_3 = (4, 5, 6) + (13, 15, 17) + (45, 50, 55) = (4 + 13 + 45, 5 + 15 + 50, 6 + 17 + 55) = (62, 70, 78)$. Бюджет є обмеженим. Оберемо його трикутним числом : $c = (40, 50, 60)$.

Вирівняємо витрати кожного агента за формулою:

$$x_i = c/n, \quad i = \overline{1, n}.$$

Тобто, звідси маємо: $x_i = (40/3, 50/3, 60/3)$, $i = \overline{1, n}$. Вирівняємо прибуток агентів за формулою:

$$\frac{b - c}{n}.$$

Звідси маємо: $(\frac{62-60}{3}, \frac{70-50}{3}, \frac{78-40}{3})$.

Наступним кроком порахуємо пропорційний поділ податків за формулою:

$$x_i = b_i * \frac{c}{b}$$

Тож маємо для кожного агента його податок:

- перший - (4*40/62, 5*50/70, 6*60/78),
- другий - (13*40/62, 15*50/70, 17*60/78),
- третій - (45*40/62, 50*50/70, 55*60/78).

Реалізуємо підрахунок всіх даних у програмі написаній мовою Python (Додаток Б), виконавши всі попередні дії. Отримаємо такі відповіді, зображені на наступному скріншоті (Рис.4).

```
c = 40, 50, 60
Вирівнювання витрат: (13.333333333333334, 16.666666666666668, 20.0)
Вирівнювання прибутку: (0.6666666666666666, 6.666666666666667, 12.666666666666666)
-----
Пропорційне ділення для агента 1: (2.5806451612903225, 3.5714285714285716, 4.615384615384615)
Податки агента 1: (1.384615384615385, 1.4285714285714284, 1.4193548387096775)
-----
Пропорційне ділення для агента 2: (8.387096774193548, 10.714285714285714, 13.076923076923077)
Податки агента 2: (3.9230769230769234, 4.2857142857142865, 4.612903225806452)
-----
Пропорційне ділення для агента 3: (29.032258064516128, 35.714285714285715, 42.30769230769231)
Податки агента 3: (12.692307692307693, 14.285714285714285, 15.967741935483872)
-----
```

Рис. 3: Розв'язок

Тож, можна спостерігати модифіковану модель в дії.

7 Утилітаризм та егалітаризм. Задача розподілу витрат

Класичними принципами вибору в теорії прийняття кооперативних рішень заведено вважати егалітаризм і утилітаризм. Егалітаризм - це прагнення зрівняти індивідуальні корисності агентів коаліції. Утилітаризм - це прагнення максимізувати суму індивідуальних корисностей.

Егалітаризм ґрунтується на принципі справедливості: до рівноправних агентів має бути рівне ставлення. Цікавим фактом є те, що принципи однаковості і рівності можуть бути несумісними, при цьому виникає відома дилема рівність-ефективність. Егалітаризм є рівний розподіл доходу від кооперації, простий і фундаментальний принцип справедливості. Його суть, яку називають максимінною, полягає у тому, щоб обрати таке рішення, яке б максимізувало корисність найменш удачливого агента.

Утилітаризм оцінює результат, а не засоби його досягнення. Він гарний лиш для тих, кому утилітаризм у суспільній кооперації збільшує добробут, тобто окремим членам суспільства.

Розглянемо задачу розподілу витрат. Маємо обмежений бюджет c , $c > 0$, кількість агентів i , $i = 1, 2, \dots, n$, які мають b_i , $b_i \geq 0$. Будівництво об'єкта є ефективним, якщо $\sum_{i=1}^n b_i > c$. Знайдемо спочатку егалітарний розподіл витрат. Припустимо, що доступні будь-які розподіли (x_1, x_2, \dots, x_n) , такі, що $\sum_{i=1}^n x_i = c$. Наступний розподіл витрат вирівнює корисності агентів:

$$x_i = b_i - 1/n * \left(\sum_{i=1}^n b_i - c \right). \quad (7.1)$$

Далі розглянемо знаходження максимальної корисності:

$$\min \{b_i - x_i\} \rightarrow \max. \quad (7.2)$$

Для знаходження єдиного розподілу витрат потрібен лексичний порядок (LM). Задача розглядається з LM відносно векторів $(b_1 - x_1, \dots, b_n - x_n)$. Упорядкуємо агентів так, щоб виконувалося $b_1 \leq b_2 \leq \dots \leq b_n$. Тоді x_i знаходяться за формулою:

$$x_i = \begin{cases} 0, i = \overline{1, k}, \\ b_i - \frac{1}{n-k} * \left(\sum_{j \geq k+1} b_j - c \right), i = k + 1, \dots, n, \end{cases} \quad (7.3)$$

де k є єдиним розв'язком:

$$1 \leq k \leq n - 1, b_k \leq \frac{1}{1-k} \left(\sum_{j \geq k+1} b_j - c \right) < b_{k+1}$$

Розглянемо дану задачу на прикладі попередніх агентів. $b_1 = (4, 5, 6)$, $b_2 = (13, 15, 17)$, $b_3 = (45, 50, 55)$, $c = (40, 50, 60)$. Для початку визначимо k у всіх можливих комбінаціях b_i та c . Реалізуємо підрахунок у Додатку Б для автоматизації процесу. Отримаємо наступні результати (Рис.4):

	4.13.45	4.13.50	4.13.55	4.15.45	4.15.50	4.15.55	4.17.45	4.17.50	4.17.55
40	+	+	-	+	+	-	+	+	+
50	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5.13.45	5.13.50	5.13.55	5.15.45	5.15.50	5.15.55	5.17.45	5.17.50	5.17.55
40	+	+	-	+	+	-	+	+	+
50	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6.13.45	6.13.50	6.13.55	6.15.45	6.15.50	6.15.55	6.17.45	6.17.50	6.17.55
40	+	+	-	+	+	-	+	+	+
50	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Рис. 4: Таблиця можливих комбінацій та результатом k

Тобто, окрім шести комбінацій, у всіх інших $k = 1$. А для цих шести $k = 2$. Далі скористаємося формулою (7.3) та виконаємо обчислення у програмі

зазначеній у Додатку В. Отримаємо наступний результат (Рис.5). Лише при одному розподілу не можна задати $x_1 = 0$, тому бідний агент буде брати участь у розподілі витрат. І матиме це наступний результат за формулою (7.1):

$$x_1 = (4/5/6) - 1/3 * ((62/63/64) - 60),$$

$$x_2 = 13 - 1/3 * ((62/63/64) - 60),$$

$$x_3 = 45 - 1/3 * ((62/63/64) - 60).$$

	4.13.45	4.13.50	4.13.55	4.15.45	4.15.50	4.15.55	4.17.45	4.17.50	4.17.55
40	0.4.36	0.1,5.38,5	0.0.40	0.5.35	0.2,5.37,5	0.0.40	0.6.34	0.3,5.36,5	0.1.39
50	0.9.41	0.6,5.43,5	0.4.46	0.10.40	0.7,5.42,5	0.5.45	0.11.39	0.8,5.41,5	0.6.44
60	????	0.11,5.48,5	0.9.51	0.15.45	0.12,5.47,5	0.10.50	0.16.44	0.13,5.46,5	0.11.49
	5.13.45	5.13.50	5.13.55	5.15.45	5.15.50	5.15.55	5.17.45	5.17.50	5.17.55
40	0.4.36	0.1,5.38,5	0.0.40	0.5.35	0.2,5.37,5	0.0.40	0.6.34	0.3,5.36,5	0.1.39
50	0.9.41	0.6,5.43,5	0.4.46	0.10.40	0.7,5.42,5	0.5.45	0.11.39	0.8,5.41,5	0.6.44
60	????	0.11,5.48,5	0.9.51	0.15.45	0.12,5.47,5	0.10.50	0.16.44	0.13,5.46,5	0.11.49
	6.13.45	6.13.50	6.13.55	6.15.45	6.15.50	6.15.55	6.17.45	6.17.50	6.17.55
40	0.4.36	0.1,5.38,5	0.0.40	0.5.35	0.2,5.37,5	0.0.40	0.6.34	0.3,5.36,5	0.1.39
50	0.9.41	0.6,5.43,5	0.4.46	0.10.40	0.7,5.42,5	0.5.45	0.11.39	0.8,5.41,5	0.6.44
60	????	0.11,5.48,5	0.9.51	0.15.45	0.12,5.47,5	0.10.50	0.16.44	0.13,5.46,5	0.11.49

Рис. 5: Таблиця розподілу затрат

Отже, як можна спостерігати за результатами, ми максимізували бідного, тому всі затрати перейшли іншим агентам. І таким чином вони порівнялися у "бідності".

Якщо будемо діяти за принципом утилітаризму, то з досить низьким доходом бідний агент стане ще біднішим. Але у нього і так мінімальна заробітна плата. Тобто вираз: "У багатому суспільстві всі, окрім одного, бідні саме про утилітаризм [5]. Тому, доречно у цій ситуації його не використовувати. Утилітаризм максимізує функцію корисності, на множені можливих векторів корисностей:

$$W_* = \sum_{i=1}^n u_i$$

Висновки

У даній дипломній роботі було розібрано, що таке нечіткість, обґрунтовано її важливість у розвитку сучасної науки. Наведено інформацію, як працювати з нечіткими множинами.

У роботі дається короткий огляд монографії Л. Келсо і М. Адлера «Маніфест Капіталізму», де автори, відзначаючи недоліки існуючої капіталістичної системи, пропонують принципи, виконання яких повинно забезпечити «демократизацію» капіталізму. У даній роботі пропонується модифікація економіко-математичної моделі «змішаного» капіталізму [Пономаренко, 2004], яка задовольнить принципам «участі», «розподілу» і «обмеження». Методи розподілу витрат узагальнюються на випадок прийняття рішень в нечітких умовах.

Було показано, як діє модифікована модель з реальними нечіткими даними на прикладі статистики України за 2020 рік.

У роботі розглянута задача розподілу витрат за принципом егалітаризму. Показано, як працювати з нечіткими даними, які допомагають варіювати значеннями, відхиленням від початкових точок. При цьому спостерігати, як змінюється результат у наведених таблицях.

Джерела

- [1] Aumann R. and Mashler M. Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud. - Journal of Economic Theory, 36, 1985, - pp. 195-213.
- [2] Young, H.P. Distributive justice in taxation. - Journ. of Econ.Theory, 1988, - pp. 321-335.
- [3] William Thomson. Axiomatic and game-theoretic analysis of bankruptcy and taxation problems: an update, Working Papers 578, University of Rochester, 2013. – pp.157-182.
- [4] Л.Келсо, М.Адлер, Капиталистический Манифест. – Киев: Орианы, 2004. – 276 с.
- [5] Волошин О.Ф., Мащенко С.О.Моделі та методи прийняття рішень: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. –Киев: ВПЦ "Київський університет 2009.-340с.
- [6] Мулен Э. Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели: - Москва: Мир, 1991, - 464 с.
- [7] Пономаренко О.І., Перестюк М.О., Бурим В.М. Сучасний економічний аналіз. Навчальний посібник: у 2-х част. – К.: Вища школа, 2004. Ч.1. Мікроекономіка. – 262 с.
- [8] Voloshyn O., Mashchenko S. Decision making models and methods.. - К.: «Taras Shevchenko National University of Kyiv», 2010. – 336 с. (in Ukr.).
- [9] [Електронний ресурс] : <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/average/>

Додатки

Додаток А

```
class Agent:
    def __init__(self):
        self.number = 0
        self.value = 0
        self.left = 0
        self.right = 0

    def display(self):
        print("value:", self.value)
        print("left:", self.left)
        print("right:", self.right)

def get_agents_input():
    agents_number = int(input('Enter agents number: '))
    agents_input = []

    for i in range(agents_number):
        agent_item = Agent()
        agent_item.value = int(input(f'Enter agent {i+1} value: '))
        agent_item.left = int(input(f'Enter agent {i+1} left: '))
```

```

        agent_item.right = int(input(f'Enter agent {i+1} right: '))
        agent_item.number = i+1
        agents_input.append(agent_item)

return agents_input

def calculate(agents):
    sum_of_values = 0
    sum_of_left = 0
    sum_of_right = 0

    for agent in agents:
        sum_of_values += agent.value
        sum_of_left += agent.left
        sum_of_right += agent.right
    # sum_of_v = sum_of_values - 20
    # sum_of_l = sum_of_left - 20
    # sum_of_r= sum_of_right - 20
    sum_of_v = 50
    sum_of_l = 40
    sum_of_r = 60

    print(f'c = {sum_of_l}, {sum_of_v}, {sum_of_r}')
    n = len(agents)
    print(f'Вирівнювання витрат: ({sum_of_l/n},

```

```

    {sum_of_v/n}, {sum_of_r/n})')
print(f'Вирівнювання прибутку: ({(sum_of_left-sum_of_r)/n},
    {(sum_of_values-sum_of_v)/n}, {(sum_of_right-sum_of_l)/n})')
print('-----')
for agent in agents:
    print(f'Пропорційне ділення для агента {agent.number}:
        ({agent.left*sum_of_l/sum_of_left},
        {agent.value*sum_of_v/sum_of_values},
        {agent.right*sum_of_r/sum_of_right})')
    print(f'Податки агента {agent.number}:
        ({agent.left - agent.left*sum_of_l/sum_of_left},
        {agent.value-agent.value*sum_of_v/sum_of_values},
        {agent.right - agent.right*sum_of_r/sum_of_right})')
    print('-----')
if __name__ == '__main__':
    agents = get_agents_input()
    calculate(agents)

```

Додаток Б

```
import numpy as np

class Agent:

def calculate_max_pi_for_egal(agents):
    k = len(agents)
    agentsMatrix = [
        [agents[0].left, agents[0].value, agents[0].right ],
        [agents[1].left, agents[1].value, agents[1].right],
        [agents[2].left, agents[2].value, agents[2].right],
        [40, 50, 60]]

    print(k)
    # for agent in agents:
    #     agent
    print(agentsMatrix)
    for i in agentsMatrix[0]:
        for j in agentsMatrix[1]:
            for k in agentsMatrix[2]:
                for s in agentsMatrix[3]:
                    res = j + k
                    print(f'{i} <=
                        1/2*({res}({j}+{k}) - {s}) < {j}')
```

```

        res2 = 1/2*(res - s)
        print(res2)
        print('-----')

if __name__ == '__main__':

    agents = []
    agent_item = Agent()
    agent_item.value = 5
    agent_item.left = 4
    agent_item.right = 6

    agent_item.number = 1
    agents.append(agent_item)

    agent_item = Agent()
    agent_item.value = 15
    agent_item.left = 13
    agent_item.right = 17

    agent_item.number = 2
    agents.append(agent_item)

    agent_item = Agent()
    agent_item.value = 50

```

```
agent_item.left = 45
agent_item.right = 55

agent_item.number = 3
agents.append(agent_item)

calculate_max_pi_for_egal(agents)
```

Додаток В

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

def calculate(agents):
    k = len(agents)
    agentsMatrix = [
        [agents[0].left, agents[0].value, agents[0].right ],
        [agents[1].left, agents[1].value, agents[1].right],
        [agents[2].left, agents[2].value, agents[2].right],
        [40, 50, 60]]

    print(k)

    print(agentsMatrix)
    for i in agentsMatrix[0]:
        for j in agentsMatrix[1]:
            for k in agentsMatrix[2]:
                for s in agentsMatrix[3]:
                    res = j + k

                    res2 = k - 1 / 2 * (res - s)
                    print(f'{res2}({i}) =
{k}-1/2*({res}({j}+{k})-{s})')
```

```
res3 = j - 1 / 2 * (res - s)
print(f'{res3}({i}) =
{j}-1/2*({res}({j}+{k})-{s})')

print('-----')
```

```
if __name__ == '__main__':
    agents = []
    agent_item = Agent()
    agent_item.value = 5
    agent_item.left = 4
    agent_item.right = 6

    agent_item.number = 1
    agents.append(agent_item)

    agent_item = Agent()
    agent_item.value = 15
    agent_item.left = 13
    agent_item.right = 17

    agent_item.number = 2
    agents.append(agent_item)
```

```
agent_item = Agent()
agent_item.value = 50
agent_item.left = 45
agent_item.right = 55

agent_item.number = 3
agents.append(agent_item)

calculate(agents)
```