

УДК 004.942

**Є. Ю. Лактіонов,
М. В. Скрипцін,
Н. М. Порватова**

МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЛОТКИ-ВОЛЬТЕРРИ

Анотація. У статті розглядаються питання моделювання соціальних процесів, зокрема, побудова моделі корупційних процесів у суспільстві з використанням моделі Лотки-Вольтерри. Визначається набір параметрів математичної моделі, і на цій основі розробляється програмна модель. Виконується аналіз різних варіантів розвитку процесів — залежно від значень ключових параметрів.

Ключові слова: математичне моделювання, комп'ютерне моделювання, моделі біологічних і соціальних процесів, модель Лотки-Вольтерри.

Summary. The article examines the social processes of modeling questions, in particular, the construction of models of processes of corruption in society using Lotka-Volterra modeling. It defines a set parameter memory of the mathematical model and on this basis, the programming model is developed. Some cases of processes evolution according to different values of key parameters are described.

Key words: mathematical modeling, computer simulation, biological and social processes modeling, Lotka-Volterra modeling.

Постановка проблеми. «Що було, воно й буде, і що робилося, буде робитись воно, і немає нічого нового під сонцем», — так сказав Екклезіаст [1, с. 51]. Але наступило XXI століття і раптом показало, що Екклезіаст все-таки поми-

лявся, бо життя людства у цьому столітті стало якісно іншим, новим порівняно з попередніми століттями. Уся попередня історія була історією держав і воєн між цими державами, історією розвитку науки і техніки для посилення зброї для

© Є. Ю. Лактіонов, М. В. Скрипцін, Н. М. Порватова, 2018

Бібліографія ДСТУ:

Лактіонов Є. Ю. Моделювання соціальних процесів на основі математичної моделі Лотки-Вольтерри / Є. Ю. Лактіонов, М. В. Скрипцін, Н. М. Порватова // Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. — 2018. — № 2 (42). — С. 44–53.

References (APA):

Laktionov, Ye. Yu., Skrypitsyn, M. V., Porvatova, N. M. (2018). *Modeliuvannia sotsialnykh protsesiv na osnovi matematychnoi modeli Lotky-Volterry* [Social processes modeling using a Lotka-Volterra mathematical modeling approach]. *Visnyk Berdianskoho universytetu menedzhmentu i biznesu*, 2 (42), 44–53 (in Ukr.).

цих воєн, історією зростання народонаселення для збільшення чисельності військ, історією розвитку сільського господарства та інших галузей господарства для зростання народонаселення. У ХХІ столітті настала глобалізація, світ став єдиним. Максимально можливе, із залученням усіх ресурсів, військове протистояння між головними конкурентами в світі стало неможливим, бо стало смертельним для усього світу цілком. І фізика із хімією, колишні найбільш затребувані — для посилення щита і меча, раптом втратили свою чільну роль. Але це не означає, що наука перестала розвиватися, просто на вістрі розвитку встали інші її галузі. Боротьба між світовими силами не зникла, вона стала більш прихованою, непомітною, але не менш запеклою. Якщо не можна перемогти силою зброї, то ж можна отруїти, залякати, заплутати, обдурити, взяти в полон хитрістю. І на перший план вийшли науки про людину: біологія, психологія, соціологія, тобто все те, що дозволяє ефективно маніпулювати як окремою людиною, так і масами людей.

Основною метою науки є не чисте пізнання, головним її завданням є прогнозування — точний розрахунок поведінки досліджуваного об'єкта при зміні параметрів об'єкта або середовища. А точний розрахунок — це прерогатива математики, тому в ХХІ столітті надзвичайно швидкими темпами розвивається застосування математичних моделей в біологічних і соціальних науках.

У зв'язку з цим викликає подив ще один примітний факт: традиційні методи математики не здатні вирішити проблеми біологічних і соціальних наук, проте до того моменту, коли математика стала затребуваною в цій сфері, вже раптово опинилися готовими до застосування значною мірою розвинені методи комп'ютерної математики, а також необхідна комп'ютерна інфраструктура.

Математичне моделювання соціальних процесів має низку характерних особливостей, які значно відрізняють його від моделювання фізичних процесів.

По-перше, соціальні процеси і системи характеризуються значною кількістю параметрів і гігантськими потоками даних, які в теперішній час ще не піддаються структуризації і формалізації [2, с. 14]. По-друге, такі системи мають самосвідомість і самоорганізацію, результати дії яких практично неможливо враховувати при моделюванні. По-третє, в таких системах в широких масштабах неможлива експериментальна перевірка на реальних об'єктах. Таким чином, специфіка моделювання соціальних процесів полягає в тому, що соціальні системи виявляються занадто складними для того, щоб їх можна було описати досить точно. Кількість елементів, що взаємодіють між собою, виявляється величезною і має

великий набір параметрів, значення яких, до того ж, постійно змінюються. Усе це робить завдання моделювання соціальних процесів складними і нетривіальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на слабке формалізування понять і об'єктів соціальних процесів і складність їх моделювання останнім часом досягнуто певних успіхів в галузі створення відповідних моделей. Можна назвати три групи моделей, що розрізняються за призначенням і способам створення:

— концептуальні моделі, засновані на виявленні загальних історичних і соціальних закономірностей. Вони наведені у виді понятійних моделей, які описують взаємозв'язок між глобальними чинниками, що впливають на соціальне життя (Дж. Голдстайн, І. Валлерстайн, Л. Н. Гумільов, Н. С. Розов та ін.). Такі моделі мають дуже високий ступінь узагальнення, і, в основному, являють собою не математичні, а логічні моделі;

— приватні імітаційні моделі, призначені для опису конкретних процесів. Такі моделі, як правило, охоплюють невеликі тимчасові або географічні зони (Л. Бородін, Ю. Н. Павловський, Д. Медоуз, Дж. Форрестер та ін.), їх неможливо узагальнити і розширити на досить довгі історичні періоди;

— математичні моделі — проміжні між значеними вище типами. Такі моделі описують певні класи соціальних процесів без детального опису конкретних особливостей окремих випадків. Вони розробляються для виявлення базових характеристик відповідних процесів, і тому такі моделі називаються базовими і становлять найбільший інтерес для моделювання та аналізу соціальних процесів.

З точки зору класифікації моделей соціальні системи відносяться до широкого класу багатокомпонентних нелінійних динамічних систем розподіленого виду. Такі системи давно відомі науці і вивчаються в біології, фізиці, екології і т. д. У соціальних науках вони з'явилися значно пізніше, у їх розвиток внесли свій внесок такі філософи і вчені, як Г. Гегель, Е. Кант, К. Лінней, Г. Спенсер, Ч. Дарвін.

Роботи з математичного моделювання соціальних процесів в широкому обсязі стали з'являтися лише з початку сімдесятих років ХХ століття. Це були роботи переважно радянських і американських математиків, таких як В. М. Глушков, Т. Н. Блауберг, Є. Г. Юдін, Т. Л. Сааті, Л. Блумфілд.

Велику роль у проникненні методів математичного моделювання в дослідження соціальних процесів зіграв науково-технічний прогрес в галузі комп'ютерних технологій і комп'ютерних наук. У 90-х роках минулого століття з'явилась велика

кількість робіт з моделювання соціальних систем з використанням комп'ютерів і комп'ютерних технологій (В. В. Василькова, Т. І. Заславська, Ю. М. Плотинський, А. А. Самарський, Е. В. Шишкін, А. Г. Чхарташвілі).

Одним із найбільш цікавих підходів у сучасному моделюванні соціальних процесів є підхід нового наукового напрямку, що одержав назву «кліодінаміка» (П. В. Турчин). Кліодінаміка — це перспективний міждисциплінарний напрямок, який можна охарактеризувати як теоретичну або математичну історію. Кліодінаміка бачить своє завдання в дослідженні історичних закономірностей на основі аналізу довготривалих соціальних процесів. Своїми досягненнями творці нової науки вважають розробку математичних моделей довгострокових («вікових») соціально-демографічних циклів і створення ефективних математичних моделей довгострокового розвитку різних регіонів світової системи [3].

«Для Петра Турчина, який вивчає популяційну динаміку в Університеті Коннектикуту в Сторрс, поява трьох піків політичної нестабільності в США з інтервалом в приблизно 50 років, починаючи з Громадянської війни, зовсім не є простим збігом. Турчин працює над цією темою протягом останніх 15 років. Взнявши за основу математичні методи, він одного разу зміг обчислити складні, характерні для лісових екосистем цикли «хижак — жертва» і застосував їх до історії людства. Зробивши аналіз історичних документів, що відображають економічну діяльність, тенденції демографічного розвитку та спалахи насильства в США, Турчин дійшов висновку про те, що країну очікує нова хвиля масових заворушень. На його думку, пік збурень доведеться на 2020 рік і придбає масштаб, подібний хвилюванню 1970 року. При цьому Турчин сподівається, що безлад не придбає масштаб подій 1970 р.» [3].

Основними особливостями математичної історії є такі підходи:

— перетворення логічних (словесно сформульованих) концепцій в математичні моделі;

— отримання кількісних прогнозів — результатів перевірки декількох альтернативних моделей;

— перевірка результатів на наявних історичних даних і з'ясування того, яка з моделей є найбільш адекватною.

Такі підходи давно і успішно застосовуються в природознавстві і, на думку математиків та істориків — творців кліодінаміки, повинні успішно працювати у процесі дослідження тривалих соціальних процесів.

Мета статті полягає в розгляді питань моделювання соціальних процесів. Досліджується можливість моделювання корупційних процесів

у суспільстві з використанням математичних моделей, побудованих на базі математичної моделі Лотки-Вольтерри. Визначається набір параметрів такої моделі, і на цій основі розробляється програмна модель. Проводиться аналіз різних варіантів розвитку процесів залежно від значень ключових параметрів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до низки досліджень, які проводилися, для пострадянського суспільства характерна так звана «двохгорба» соціально-економічна структура накопичень [4]. Перший горб цієї структури — це горб бідняків, до якого належить більшість населення (до 80 %). Другий горб — це горб багатіїв, яким належить велика частина грошових і матеріальних ресурсів. Між цими горбами знаходиться невеликий за чисельністю середній клас. Така структура неминуче породжує масштабну корупцію, панування ситуацій, в яких закон діє не для всіх. Ефективність будь-якої соціальної системи і ефективність держави визначається тим, наскільки ефективно ключові посади займаються людьми зі здібностями, що відповідають цим посадам. Корупційні процеси просуваються на всі важливі пости не найбільш підходящих, а своїх, «зручних» людей, і це вкрай згубно позначається на суспільстві.

До сфер діяльності, які найбільшою мірою схильні до корупції, відносяться [4]:

— митні служби: пропуск через кордон забронених до перевезення товарів; повернення конфіскованих товарів і валюти; заниження митних зборів; заниження митної вартості товарів; необгрунтовані відстрочки митних платежів;

— медичні організації: закупівля обладнання і ліків за завищеними цінами; видача невідповідних дійсності медичних висновків; пріоритетне обслуговування одних громадян за рахунок інших;

— автоінспекції: необгрунтоване надання ліцензій (водійських прав, довідок про проходження техогляду); відсутність законного покарання для порушників правил користування дорогами; фальсифікація відомостей і висновків про дорожньо-транспортні пригоди на користь зацікавлених осіб;

— судові органи: упереджений розгляд обставин справи; прийняття неправосудних рішень; порушення процесуальних норм; протилежні рішення різних судів у одній і тій же справі; використання судів як інструмент рейдерства;

— податкові органи: нестягнення податків в повному обсязі; повернення ПДВ; викликана конкурентами перевірка і зупинка виробництва;

— правоохоронні органи: порушення і припинення кримінальних справ, а також направлення їх на додаткове розслідування; відсутність законного покарання за правопорушення різної тяжкості;

- ліцензування та реєстрація підприємницької діяльності;
- видача дозволів на розміщення та проведення банківських операцій з бюджетними коштами;
- отримання кредитів;
- отримання експортних квот;
- конкурси на закупівлю товарів/послуг за рахунок бюджетних коштів;
- будівництво і ремонт за рахунок бюджетних коштів;
- нотаріальне посвідчення угод;
- контроль за дотриманням умов ліцензування;
- нагляд за дотриманням правил полювання і рибальства;
- звільнення від призову на військову службу в Збройні Сили;
- прийом в державні вищі навчальні заклади (в основному юридичної та економічної спеціальностей);
- державна реєстрація, атестація та акредитація недержавних вищих навчальних закладів;
- прийом в спеціалізовані загальноосвітні школи та дошкільні виховні заклади;
- прийом на службу, що дозволяє мати значний незаконний дохід від посади в державних і муніципальних установах;
- формування партійних виборчих списків.

Для успішної боротьби з корупцією необхідний глибокий і детальний аналіз корупційних процесів. Важливу роль в такому аналізі покликані зіграти математичні моделі корупції, дати кількісні оцінки, прогноз можливого розвитку та заходів щодо їхнього обмеження. Більшість сучасних досліджень спирається не на точні дані, не на кримінальну статистику, а на результати соціологічних досліджень, тому більшість моделей важко зіставити з реальними даними і практична користь від них поки що невелика. Проте на основі аналізу математичних моделей корупційних процесів можна оцінити масштаби і шкоду від корупційної діяльності та запропонувати напрямок рішень щодо обмеження корупції.

Математичні моделі корупції широко використовують різні розділи математики, такі як теорія ігор, методи потоків у мережах, багатоагентні моделі, імітаційне моделювання.

Для опису корупційних процесів успішно продовжують використовуватися методи побудови моделей в задачах популяційної біології та соціальної самоорганізації, які розглядають взаємовідносини між біологічними видами і соціальними групами. Корупційна система може бути вивчена як елемент системи «влада — суспільство». Розвиток процесу корупції в часі може бути наведений у першому наближенні логістичною

залежністю. Такою ж залежністю описуються і експериментальні дані в деяких моделях для живих систем і соціальних груп. Корупційна система може бути розглянута і як захворювання або як біологічне співтовариство, яке є, наприклад, хижакom відносно до соціальної спільноті.

У [4] розглянуто динамічну модель корупції в демократичній державі (під демократичною розуміється така держава, в якій політична еліта не впливає на розслідування корупційних злочинів). Вже згадана система має такий вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = m \left(\frac{ax}{b+x} \right) - mwyz, \\ \frac{dy}{dt} = ex - wz - p, \\ \frac{dz}{dt} = dwy - q, \end{cases} \quad (1)$$

де x — характеризує суспільну підтримку влади; y — описує кошти, отримані корупційним шляхом; z — описує вартість розслідування корупційних злочинів.

Параметри, що визначають поведінку інститутів влади і політичні стратегії, визначаються невід'ємними константами в правій частині. При різних значеннях параметрів у системі можуть спостерігатися складні періодичні коливання, відповідні підйому і спаду інтересу суспільства до переслідування корупції.

Побудова математичної моделі корупційних процесів на основі моделі Лотки-Вольтерри. Одним із перекладів слова corruption (корупція) є значення — «розкладання». Процес корупції в суспільстві, дійсно, схожий на процес забруднення природного середовища, на процес проникнення вірусів у організм. Тобто моделі, розглянуті нами раніше, цілком можуть бути відправною точкою для побудови моделі корупційних процесів.

При подальшому аналізі стає ясно, що найбільш придатною вихідною моделлю буде модель вірусного захворювання. У цьому процесі є:

- «віруси» — носії корупції;
- «антитіла» — представники організацій, що борються з корупцією;

— носії і виробники антитіл — частина населення, яка, в принципі, може брати участь в корупційних і антикорупційних процесах.

Слід зауважити, що повного збігу з моделлю інфекційного захворювання в моделі корупції немає. Зокрема, виробники антитіл є також і виробниками «вірусів». Так що наша модель буде дещо відрізнятися від (1).

Отже, чинники корупційних і антикорупційних процесів можна, по аналогії з простою вірусною моделлю, математично описати таким чином:

- концентрація корупціонерів $V(t)$;
- концентрація «антикорупціонерів» $F(t)$, що борються з корупцією;
- чисельність працездатного населення, що має можливість брати участь в корупційних процесах $C(t)$. Це середовище, з якого вербуються корупціонери і антикорупціонери;
- ступінь ураження суспільства корупцією, за якої суспільство в соціальному і державному сенсі повністю деградує. Такого параметра в рівнянні немає, але це — експертне значення, порівняно з яким можна оцінювати життєздатність суспільства.

Найпростіша система рівнянь, що описує корупційні процеси в суспільстві, матиме такий вид:

$$\begin{cases} \frac{dV}{dt} = bV - \gamma FV, \\ \frac{dF}{dt} = pC - (m + n\gamma V)F, \\ \frac{dC}{dt} = -bV - pC + aC, \end{cases} \quad (2)$$

де b — коефіцієнт збільшення числа корупціонерів (характеристика суспільства); V — число корупціонерів; γ — ймовірність нейтралізації корупціонерів борцями з корупцією в процесі взаємодії (характеристика органів антикорупції); F — число антикорупціонерів; p — коефіцієнт збільшення числа антикорупціонерів (характеристика владних структур суспільства); C — чисельність населення, з якого мобілізуються корупціонери і антикорупціонери. Це чисельність працівників у сферах діяльності, які схильні до корупції, але не є корупціонерами або борцями з корупцією; m — коефіцієнт вибуття антикорупціонерів (вихід на пенсію, перехід на іншу роботу і т. д.); n — ймовірність нейтралізації антикорупціонерів корупціонерами в процесі взаємодії (характеристика суспільства і органів антикорупції); a — коефіцієнт приросту чисельності середовища корупційних процесів C (характеристика суспільства).

Вираз bV в рівнянні (2) описує швидкість приросту корупціонерів за рахунок залучення нових осіб, вираз γFV описує число корупціонерів, що нейтралізується органами боротьби з корупцією F в одиницю часу.

Вираз aC описує швидкість приросту чисельності середовища корупційних процесів.

Уся система диференціальних рівнянь цілком описує взаємодію і зміну чисельності корупціонерів, антикорупціонерів і середовища, з якого вони мобілізуються, з плином часу t .

Розглянемо два граничних випадки протікання такого процесу. Якщо боротьба з корупцією не проводиться, тобто $F(t) = F_0 = 0$ для всіх $t \geq 0$ і $\rho = 0$, то з (2) випливає, що

$$\frac{dV}{dt} = bV, \quad uV(t) = V_0 \cdot e^{bt}, \quad (3)$$

де V_0 — початкова концентрація носіїв корупції при $t = 0$.

Очевидно, що це варіант з руйнуванням держави і суспільства, оскільки закони перестають дотримуватися абсолютно, що неминуче веде до краху.

Другий граничний випадок: присутні антикорупційні структури достатні для того, щоб знищити всю корупцію в державі. У цьому випадку в рівнянні (2) $b \ll \gamma F$. Можна вважати величину F постійною, яка визначається нормальним рівнем антикорупції F' . Тоді з рівняння (2) випливає:

$$\frac{dV}{dt} = (b - \gamma F')V, \quad uV(t) = V_0 e^{-(\gamma F' - b)t}. \quad (4)$$

У цьому випадку всі осередки корупції швидко знищуються, що відповідає високому рівню дотримання законності і швидкому розвитку суспільства.

При уважному аналізі системи рівнянь ми бачимо, що поведінка моделі в основному залежить від співвідношення коефіцієнтів b (коефіцієнт «природного» росту числа корупціонерів) і p (коефіцієнт збільшення числа борців з корупцією). Оскільки реально параметром b управляти важко, бо він залежить від морально-етичного стану суспільства, а це величина дуже інертна, то для успішної боротьби з корупцією необхідна наявність значної і стійкої в часі величини параметра p . На практиці це означає, що необхідно постійно оновлювати (і посилювати) склад органів боротьби з корупцією.

Програмна модель корупційних процесів у суспільстві на основі моделі Лотки-Вольтерри. Визначимо функціональні вимоги до розроблюваної програми.

Програма призначена для моделювання корупційних і антикорупційних процесів у суспільстві. Точність моделювання дуже невелика і дозволяє аналізувати тільки найзагальніші фактори розглянутих процесів.

Алгоритм моделювання ґрунтується на модифікації системи рівнянь Лотки-Вольтерри «хижак — жертва» (2). За заданими значеннями параметрів моделі програма повинна визначати розвиток процесу в часі і видавати діаграму (графік) цього процесу.

Вхідними параметрами програми є такі величини:

- t — число інтервалів часу моделювання;
- C_0 — початкове значення чисельності середовища корупційних процесів;
- V_0 — початкове значення чисельності корупціонерів;
- b — коефіцієнт приросту корупціонерів за інтервал часу;

— y — коефіцієнт нейтралізації корупціонерів у процесі взаємодії з антикорупцією за інтервал часу;

— F_0 — початкове значення чисельності антикорупціонерів (професійних борців з корупцією);

— p — коефіцієнт приросту антикорупціонерів за інтервал часу;

— n — коефіцієнт нейтралізації антикорупціонерів у процесі взаємодії з корупцією за інтервал часу;

— m — коефіцієнт природного вибування антикорупціонерів за інтервал часу;

— a — коефіцієнт приросту чисельності корупційного середовища за інтервал часу;

— D — граничне відношення чисельності корупціонерів до чисельності середовища. При перевищенні цієї величини суспільство руйнується.

Визначимо додаткові вимоги до програми:

— програма повинна функціонувати в ОС Windows 7 і вище;

— інтерфейс програми повинен бути стандартним та інтуїтивно зрозумілим;

— спосіб завдання параметрів повинен бути простим і зручним;

— повинна бути передбачена можливість одночасного перегляду ряду діаграм з різними входними параметрами;

— повинна бути передбачена можливість інтерактивної зміни параметрів зі швидкою зміною діаграми;

— можливість виводу на друк діаграми не передбачено. Програма призначена для інтерактивної роботи, у разі необхідності вивід у файл і на друк здійснюється системними засобами (за допомогою захоплення зображення з екрану).

Визначимо вимоги до процесу розробки програми:

— головним критерієм є простота і швидкість розробки;

— інструменти розробки повинні бути безкоштовними;

— повинна бути забезпечена модульність програми і передбачена можливість перенесення її на інші платформи.

Виходячи з означених вимог, вибираємо інструменти розробки і визначаємо інтерфейс і структуру програми.

В якості основного інструментального засобу вибираємо середовище розробки Microsoft Visual Studio Community 2015. Це безкоштовний продукт, з широкими можливостями, комфортний для розробника. Visual Studio Community дозволяє використовувати при розробці різні мови програмування. Зупинимо свій вибір на Visual C#, — це одна з найсучасніших мов програмування. Можливість кросплатформеності забезпечується тим, що платформа NET, до якої прив'язана мова програмування C#, частково перенесена на інші операційні системи, наприклад, на Linux і Mac. Другим, більш витратним варіантом є можливість перепису програми на мові Java, яка дуже схожа на C#.

Для графічного зображення математичної моделі використовуємо класи .NET з простору імен System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting, які призначені для створення діаграм різного виду.

Програма має бути розроблена у виді MDI-інтерфейсу. Меню головного вікна буде реалізувати функціональність системи, дочірні вікна надаватимуть графіки різних варіантів моделювання.

Введення установок і вивід відображення моделі розосереджені в трьох модулях. Розрахунок значень і зображення діаграми ніяк не пов'язані один з одним і можуть бути модифіковані, за необхідності, окремо. Обидва ці модулі пов'язані з модулем, який відповідає за окремий варіант моделі і включає в себе безпосередньо завдання параметрів варіанту. Модуль управління здійснює управління набором варіантів моделей.

Користувач створює варіант моделі, задає параметри і отримує діаграму процесу. За необхідності змінює параметри, поки не досягне потрібного результату. Потім точно таким же чином створює інші варіанти моделі. У кінці сеансу в порядкує діаграми у вікні програми.

Для запуску програми необхідно:

— перенести виконуваний файл МодельКорупції.exe на цільовий комп'ютер;

— на цільовому комп'ютері має бути встановлена платформа Microsoft .NET Framework версії 4.0 або вище.

Після запуску на моніторі з'являється головне вікно програми, як показано на рис. 1.

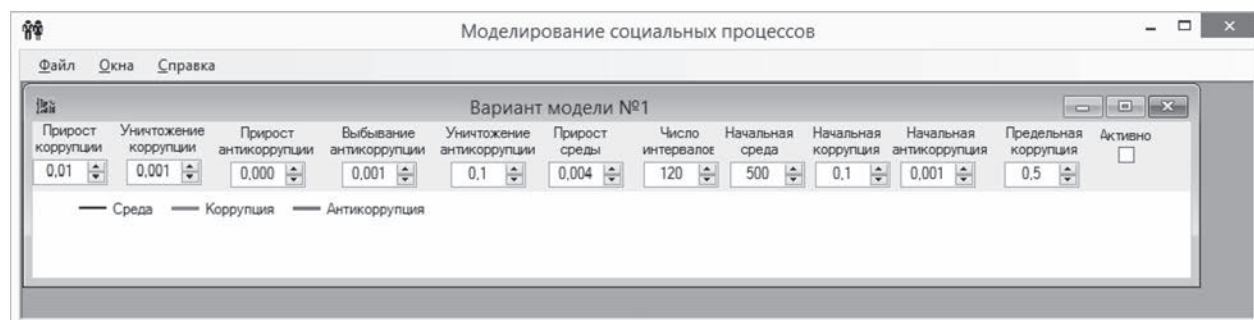


Рис. 1. Головне вікно програми (розробка авторів)

Головне вікно містить стандартне меню і дочірні вікна, призначені для введення параметрів моделі і відображення результатів моделювання.

Значення параметрів вводяться в елементи управління дочірнього вікна, призначені для введення числових даних (NumericUpDown — поле з

лічильником). Після активізації прапорця Активно (в лівому верхньому кутку форми) виконується моделювання — розрахунок даних і виводиться графік зміни числа корупціонерів, антикорупціонерів і чисельності середовища корупційних процесів, як показано на рис. 2.

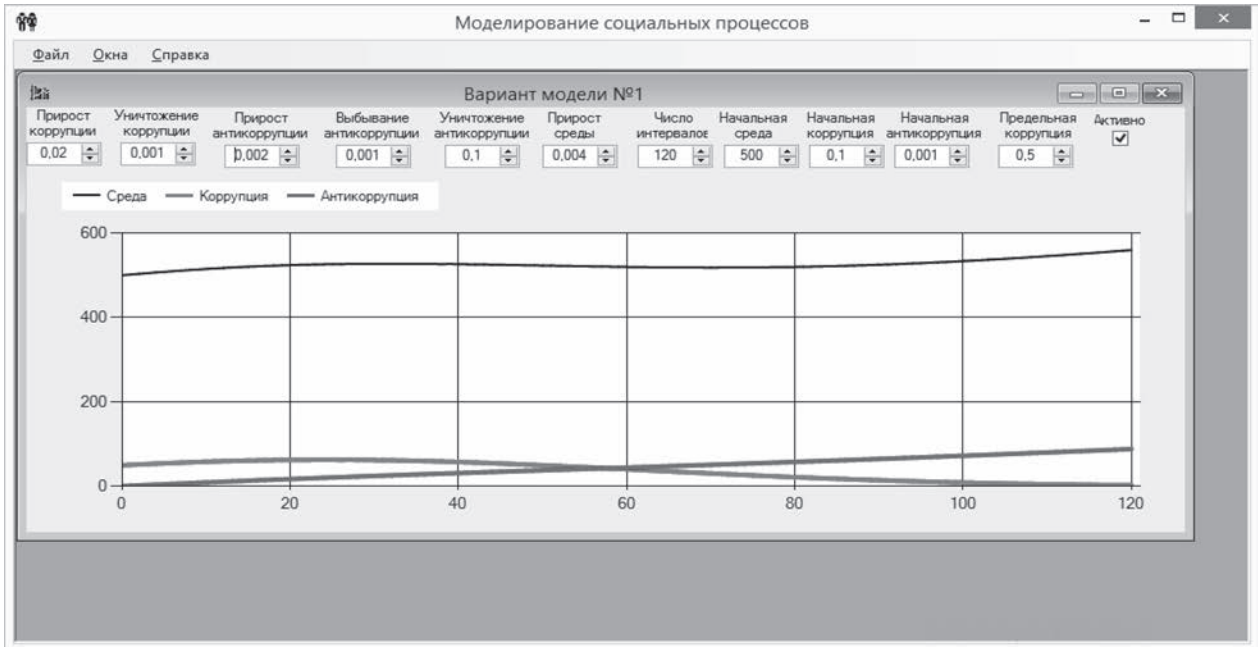


Рис. 2. Зображення моделі (розробка авторів)

Отриману діаграму можна інтерактивно змінювати — при кожній зміні параметрів модель буде перераховуватися і буде виводитися відповідний новим значенням графік.

Якщо в меню Файл вибрати команду Створити варіант моделі, то буде створено нове дочірнє вікно, і в ньому можна побудувати і відредагувати нову модель. Розташування отриманих дочірніх вікон можна впорядкувати за допомогою команд меню Вікна.

Команди меню програми наведено на рис. 3. *Аналіз результатів програмного моделювання.* Як і у випадку з математичною моделлю, оцінимо спочатку крайні варіанти. Якщо боротьба з корупцією не проводиться (приріст антикорупції = 0), то корупція швидко зашкалює (див. рис. 4).

Червоний колір фону форми позначає, що граничне відношення числа корупціонерів до чисельності середовища перевищено.

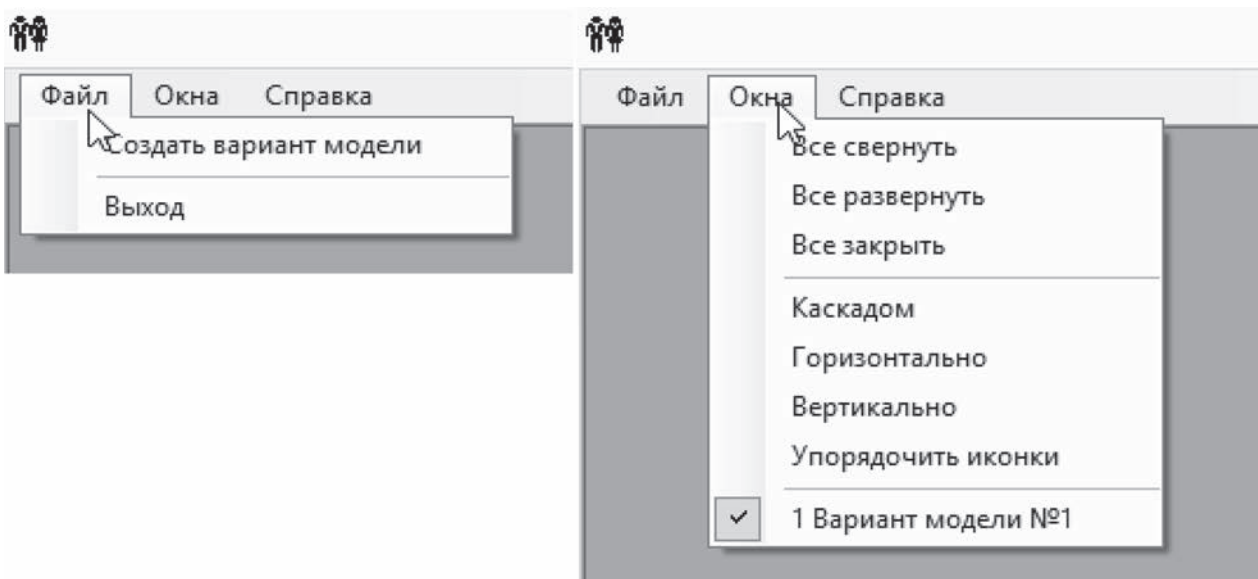


Рис. 3. Команди меню програми (розробка авторів)

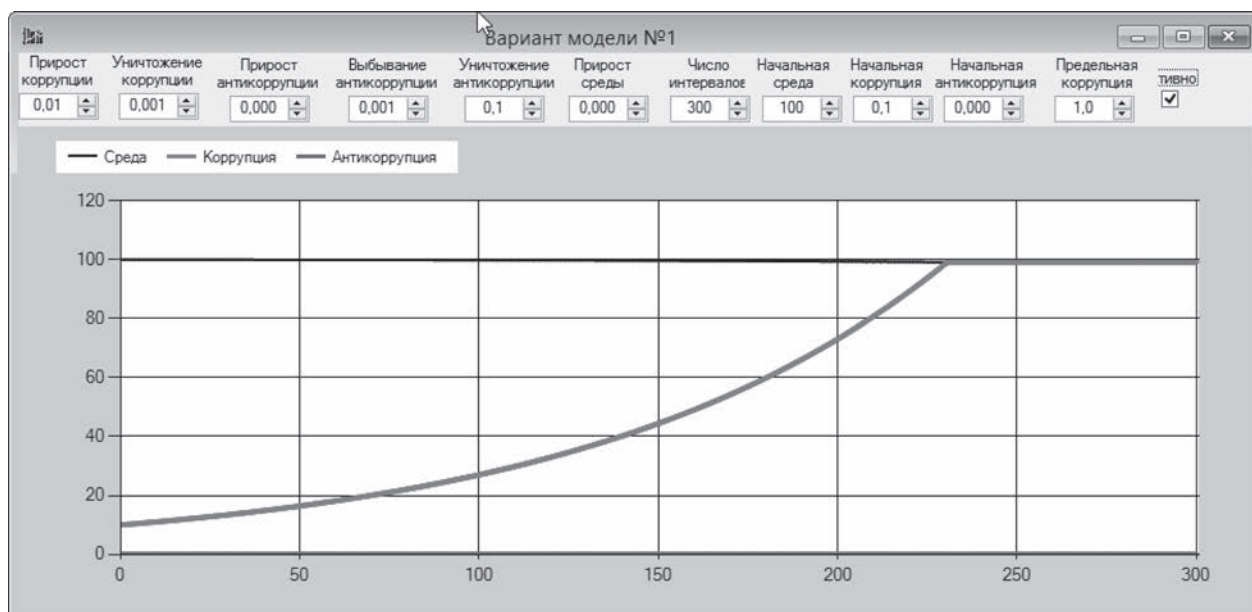


Рис. 4. Модель відсутності боротьби з корупцією (розробка авторів)

Другий граничний випадок: присутні анти-корупційні структури достатні для того, щоб знищити всю корупцію. Це відбувається в разі, якщо

приріст антикорупції стійко перевищує її вибування. Такий варіант наведено на рис. 5.

На рис. 6 наведено результат з'ясування того,

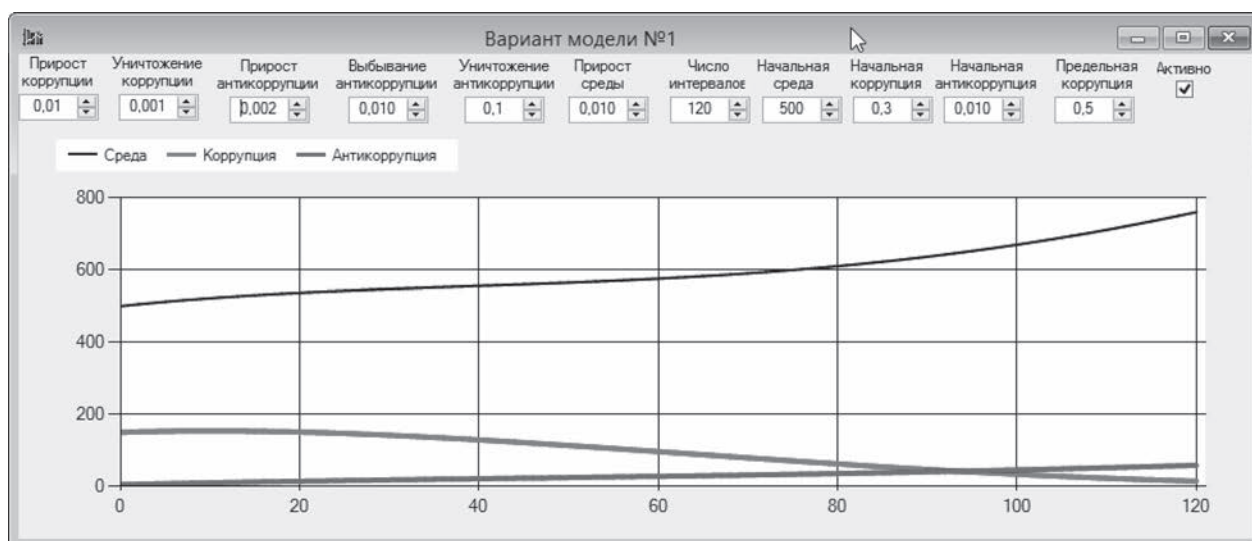


Рис. 5. Модель успішної боротьби з корупцією (розробка авторів)

якою мірою впливають різні параметри на поведінку моделі. З'ясування проводиться шляхом маніпулювання з різними лічильниками. Закономірно виявляється, що найбільш «впливові» параметри — це приріст корупції і приріст антикорупції, тобто менталітет суспільства і організація боротьби з корупцією.

Зрозуміло, що в моделі багато недоліків:

- не з'ясовані до кінця всі фактори, що впливають на процеси;
- не визначені адекватні інтервали значень і кроки зміни значень параметрів;
- немає фактичної бази, на якій можна було б перевірити модель.

Але сам напрямок досліджень досить цікавий, і в грубому наближенні можна отримати якісь адекватні результати.

Спробуємо змоделювати стан корупції в нашій країні за останні 10 років і змоделювати її на наступні 10 років.

Вихідні дані (2003–2012 рр.):

- $t = 120$ — число інтервалів часу моделювання, в місяцях;
- $C_0 = 500$ — початкове значення чисельності середовища корупційних процесів, тис. Це значення можна приблизно обчислити, відштовхуючись від чисельності чиновників, силових структур, медпрацівників, викладачів і т. д. [5],

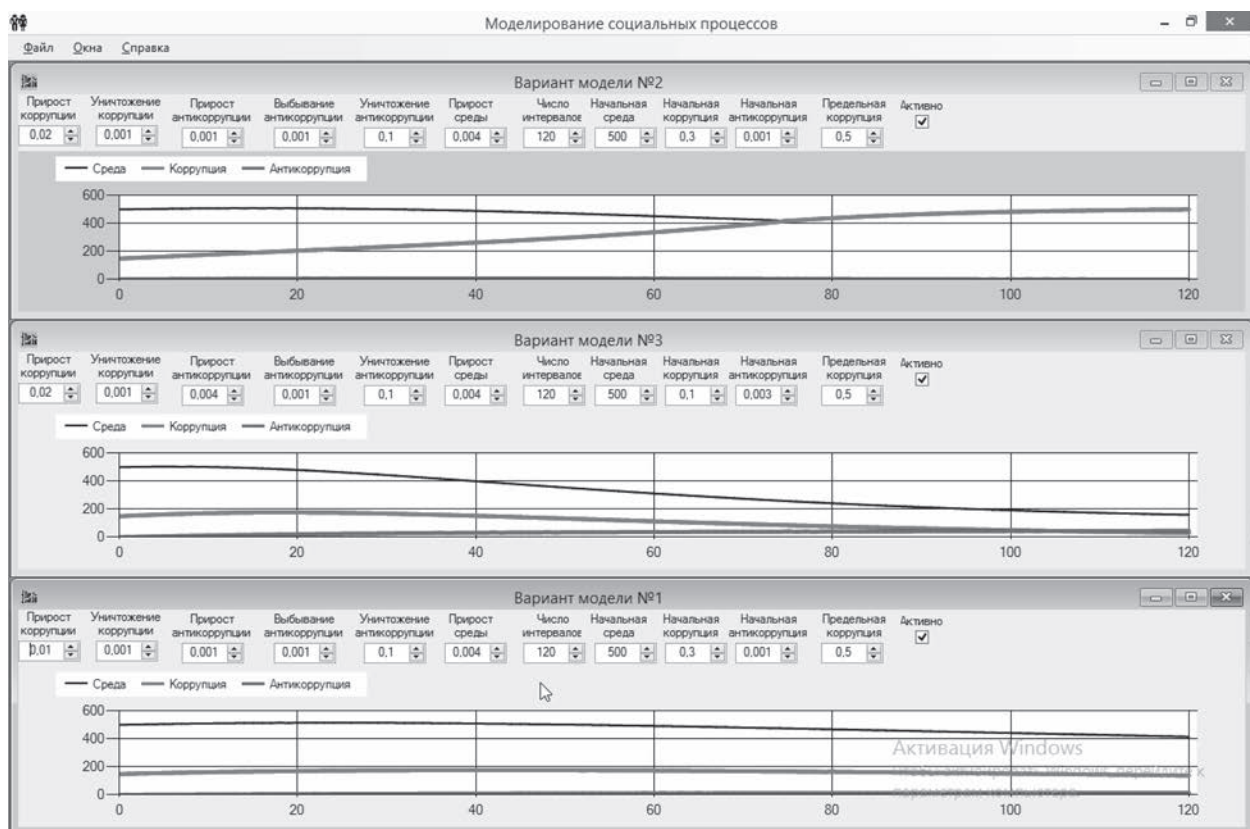


Рис. 6. Порівняння впливу різних факторів на поведінку моделі (розробка авторів)

причому підсумовувати ці значення потрібно з певними коефіцієнтами (корупція серед чиновників, мабуть, більша, ніж серед викладачів);

- $V_0 = 0,1$ — початкове значення, коефіцієнт чисельності корупціонерів від чисельності середовища (беремо, приблизно, — кожен десятий);

- $B = 0,01$ — коефіцієнт приросту корупціонерів за інтервал часу беремо 1 % в місяць;

- $y = 0,001$ — коефіцієнт нейтралізації корупціонерів у процесі взаємодії з антикорупцією за інтервал часу (беремо досить мале значення);

- $F_0 = 0,001$ — початкове значення, коефіцієнт чисельності антикорупціонерів (професійних борців з корупцією) від чисельності середовища (беремо досить мале значення);

- $p = 0$ — коефіцієнт приросту антикорупціонерів за інтервал часу (беремо — відсутня);

- $n = 0,1$ — коефіцієнт нейтралізації антикорупціонерів в процесі взаємодії з корупцією за інтервал часу, беремо досить середнє значення;

- $m = 0,01$ — коефіцієнт природного вибування антикорупціонерів за інтервал часу (беремо досить мале значення);

- $a = 0,04$ — коефіцієнт приросту чисельності середовища за інтервал часу (за ці 10 років число чиновників дуже зросло, беремо значення приросту з урахуванням цього факту);

- $D = 0,5$ — граничне відношення чисельності корупціонерів до чисельності середовища (беремо досить середнє значення).

Результат моделювання відображений на рис. 7, форма Варіант моделі № 1. Корупція без боротьби з нею поступово зростає.

На тому ж рис. 7, на формах Варіант моделі № 2 і Варіант моделі № 3 наведено моделювання на наступні 10 років, відштовхуючись від результатів моделі № 1. Ці варіанти розрізняються значенням тільки одного параметра — приріст антикорупції. У варіанті 2 системна, організована боротьба з корупцією ведеться, у варіанті 3 — як і раніше, не ведеться. Результати відповідні.

Висновки. У статті розглянуто питання моделювання соціальних процесів, різні типи моделей, типи соціальних процесів, методологія моделювання і аналізу моделей.

Детально досліджується можливість моделювання корупційних процесів у суспільстві з використанням математичних моделей, побудованих на базі моделі Лотки-Вольтерри. Визначається набір параметрів такої моделі, і на цій основі розробляється програмна модель. Проводиться аналіз різних варіантів поведінки моделі залежно від значень ключових параметрів.

Показано, що найбільш важливими факторами корупційних і антикорупційних процесів є коефіцієнт приросту числа корупціонерів, пов'язаний з менталітетом суспільства, і коефіцієнт приросту числа антикорупціонерів, пов'язаний з організованою боротьбою з корупцією.

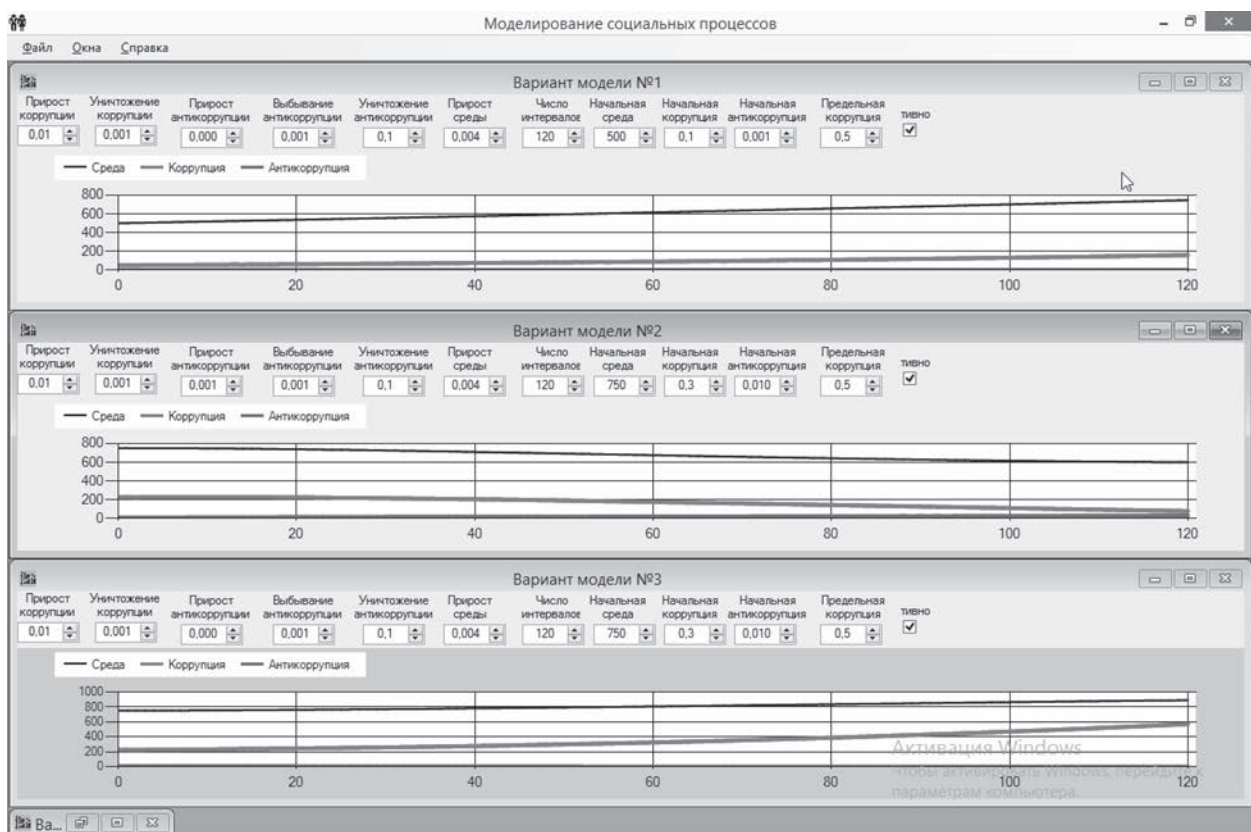


Рис. 7. Моделирование процессов коррупции та антикоррупції (розробка авторів)

Література

1. Книга Екклесиаста [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://biblia.org.ua/bibliya/ekkl.html>.
2. Плотинский Ю. М. Модели социальных процессов: учебное пособие для высших учебных заведений / Ю. М. Плотинский — М. : Логос, 2001. — 206 с.
3. Клиодинамика: история как математическая наука [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.mirprognozov.ru/prognosis/society/kliodinamika-istoriya-kak-matematicheskaya-nauka/ru>.
4. Зенюк Д. А. Социальная модель коррупции в иерархических структурах [Электронный ресурс] / Д. А. Зенюк, Г. Г. Малинецкий, Д. С. Фаллер. — Режим доступа : <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-87>.
5. Население Украины [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://index.minfin.com.ua/people>.

References

1. Kniga Yekklestiasta [The book of Ecclesiastes]. Retrieved from <http://biblia.org.ua/bibliya/ekkl.html> (in Rus.).
2. Plotinskiy, Yu. M. (2001). *Modeli sotsial'nykh protsessov* [Models of social processes]. Moscow, Logos Publ. (in Rus.).
3. Cliodynamics: history as a mathematical science. (2017). Retrieved from <http://www.mirprognozov.ru/prognosis/society/kliodinamika-istoriya-kak-matematicheskaya-nauka/ru> (in Rus.).
4. Zenyuk, D. A., Malinetskiy, G. G., Faller, D. S. (2016). *Sotsial'naya model' korruptsii v iyerarkhicheskikh strukturak*. [Social model of corruption in hierarchical structures]. Retrieved from <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-87> (in Rus.).
5. *Naseleniye Ukrainy* (2017). [Population of Ukraine]. Retrieved from <http://index.minfin.com.ua/people> (in Ukr.).