

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА»**

**КОНОНОВА КАТЕРИНА ЮРІЇВНА**



УДК 330.4: 330.34.01:004

**МОДЕЛЮВАННЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ  
В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ЕКОНОМІЦІ**

Спеціальність 08.00.11 – математичні методи, моделі  
та інформаційні технології в економіці

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора економічних наук

**Київ – 2017**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий консультант: доктор економічних наук, професор,  
**Меркулова Тамара Вікторівна**  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,  
завідувач кафедри економічної кібернетики  
та прикладної економіки

Офіційні опоненти: доктор економічних наук, професор  
**Макшишко Наталія Костянтинівна,**  
Запорізький національний університет,  
завідувач кафедри економічної кібернетики

доктор економічних наук, доцент  
**Соколовська Зоя Миколаївна,**  
Одеський національний політехнічний університет,  
завідувач кафедри економічної кібернетики  
та інформаційних технологій

доктор економічних наук, професор  
**Черняк Олександр Іванович,**  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка,  
завідувач кафедри економічної кібернетики

Захист дисертації відбудеться «31» березня 2017 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.006.07 у ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» Міністерства освіти і науки України за адресою: 03057, м. Київ, пр. Перемоги, 54/1, ауд. 203.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» Міністерства освіти і науки України за адресою: 03113, м. Київ, вул. Дегтярівська, 49 - Г, к. 601.

Автореферат розісланий «28» лютого 2016 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат економічних наук, доцент



С. С. Ващаєв

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Починаючи з другої половини ХХ ст., економічний розвиток супроводжується прискореним зростанням наукового знання та його значущості для забезпечення добробуту суспільства, структурними зрушеннями від видобувного та обробного секторів до сфери послуг та інформації, інтенсивною інформатизацією бізнес-процесів і суспільства в цілому, глобалізацією економіки та переходом від ієрархічних до мережевих структур. Для опису цих та інших феноменів, що відповідають новому етапу розвитку економіки та суспільства, було розроблено ряд концепцій, серед яких: інформаційне суспільство, економіка знань, постіндустріальне суспільство, індустріально-технологічне суспільство, інформаційна економіка, мережева нація, техноекономіка та ін. Великий внесок у розвиток перелічених концепцій інформатизації внесли Д. Белл, Е. Іонеску, М. Кастельс, Д. Ламбертон, Дж. Мартін, Ф. Махлуп, Ф. Найт, І. Нінілутто, А. Норман, М. Порат, Т. Стоун'єр, О. Тоффлер, М. Турофф, Т. Умесао, Ю. Хаяші, Т. Хелві, С. Хілтц, Ж. Еллюль.

Методологічним підґрунтям дослідження феноменів інформаційної економіки обрано еволюційну економічну теорію, адже інформація та аналіз явищ, із нею пов'язаних, є центральним елементом еволюційної теорії. Її основи закладені в роботах А. Алчіана, В. Баумоля, Т. Веблена, П. Девіда, Д. Коммонса, Д. Марча, К. Менгера, Л. Мізеса, Р. Сайерта, Г. Саймона, Ф. Хаєка, Д. Ходжсона, Й. Шумпетера. Великий внесок у розвиток інструментарію еволюційного мікроекономічного моделювання внесли Р. Нельсон і С. Вінтер, які ввели поняття рутини для опису стереотипів поведінки економічних агентів і запропонували еволюційну модель поведінки фірм. Розвиток їхніх ідей представлено в роботах Дж. Досі, Д. Меткалфа та П. Савіотті з еволюції технологій, В. Квасницького, який запропонував еволюційну модель промислової динаміки, Д. Сільверберга з досліджень еволюційного хаосу, породжуваного коливаннями в шумпетеріанській моделі «штормів творчого руйнування». Розвиток неінституціональних передумов моделі поведінки економічних агентів представлено в роботах Т. Меркулової. Серед макроекономічних досліджень у сфері еволюційної економіки відзначимо праці В. Маєвського, який запропонував концепцію макрогенерацій, А. Гриценко з інституціональної архітектоники та еволюції, В. Геєця з макроекономічного моделювання, технологічного прогнозування та інноваційної політики, В. Вітлінського з математичного моделювання економічних систем і процесів в умовах невизначеності, В. Данича з моделювання швидких соціально-економічних процесів, А. Матвійчука з аналізу економічних систем з використанням методів аналізу даних та штучного інтелекту, М. Скрипниченко з макроекономічного прогнозування та побудови розширеної виробничої функції, З. Соколовської з комп'ютерного моделювання складних економічних систем та О. Черняка з методології формування композиційних індикаторів інформаційного суспільства. Мережеві ефекти інформаційної економіки досліджені в роботах Л. Адамик, яка провела ґрунтовний аналіз веб-статистики, С. Маурера та Б. Хубермана, які розробили еволюційну модель конкурентної динаміки сайтів, Н. Максишко з

прогнозування етапів життєвого циклу інтернет-проектів із застосуванням клітинних автоматів.

Сучасна школа еволюціонізму пропонує велику різноманітність моделей економічного розвитку на рівні окремих фірм і технологій, але моделюванню макроекономічної еволюції приділено недостатньо уваги. Зв'язок макроекономічних характеристик системи з результатами взаємодії економічних агентів на мікрорівні з урахуванням впливу їх інноваційних стратегій на характер і темпи макроекономічної динаміки в умовах інформаційної економіки залишається відкритим питанням. Беручи до уваги, що з 80-х рр. минулого століття уряди різних країн звернулися до практичної реалізації заходів з інформатизації, задача теоретичного обґрунтування пропонованих заходів набуває все більшої актуальності. У цілому, зміна структури виробництва та зайнятості, поява нових галузей економіки, реалізація програм інформатизації у країнах світу актуалізували необхідність оновлення теорії та методології аналізу нового етапу розвитку економіки та суспільства.

Актуальність проблеми, її теоретичне та практичне значення зумовили вибір теми дослідження, його мету та завдання.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Основні наукові результати дослідження отримані впродовж 2007–2016 рр. відповідно до тематики науково-дослідних робіт кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна та безпосередньо пов'язані з такими темами: «Застосування еволюційного підходу і генетичних алгоритмів в моделюванні економічних процесів» (№ ДР 0107U004489) – здобувачем виконано критичний аналіз досвіду використання еволюційного підходу в моделюванні поведінки економічних агентів, зроблені висновки щодо можливостей застосування цих методів для вирішення практичних завдань, розроблений комплекс економіко-математичних моделей у рамках еволюційної парадигми; «Застосування еволюційного підходу в моделюванні інформаційної економіки» (№ ДР 0110U000590) – здобувачем проаналізовано теоретичні аспекти розвитку інформаційної економіки, розроблено методологічні засади статистичної оцінки стадій її розвитку, побудована та проаналізована еволюційна модель зміни макрорегенерацій, розроблений комплекс моделей конкурентної взаємодії агентів онлайнових соціальних мереж; «Моделювання інноваційного розвитку з використанням біхевіористичного підходу» (№ ДР 0113U001402) – здобувачем представлено концепцію моделювання еволюції популяції економічних агентів як носіїв технологій, побудовано відповідну мультиагентну модель.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розроблення концепції та комплексу взаємопов'язаних економіко-математичних моделей еволюційних процесів в інформаційній економіці, обумовлених зміною характеру взаємодії між суспільством, бізнесом та державою в умовах структурно-технологічних зрушень, переходу від ієрархічних до мережових структур, впровадження інформаційно-комунікаційних технологій та технологій електронного управління. Для досягнення цієї мети в роботі поставлені та вирішені такі завдання:

– проаналізувати концепції інформаційної економіки; виявити специфічні особливості моделей інституціалізації інформаційної економіки на підставі дослідження досвіду інформатизації країн світу;

- провести критичний аналіз гіпотез постсинтетичної теорії еволюції;
- провести порівняльний аналіз методологічних підходів та методів моделювання економічних процесів у рамках еволюційної парадигми;
- розробити концепцію моделювання еволюційних процесів в інформаційній економіці;
- розробити комплекс макроекономічних моделей еволюції на підставі концепції макрогенерацій та дослідити на його основі процес формування інформаційної економіки;
- розробити мультиагентну модель еволюції популяції економічних агентів; провести аналіз чутливості еволюційного процесу до варіації параметрів моделі, виявити еволюційні режими системи;
- розробити інструментарій аналізу статистичних профілів інформаційної економіки з урахуванням зміни характеру взаємодії між суспільством, бізнесом та державою в умовах впровадження технологій електронного управління; проаналізувати сценарії її формування та перспективи розвитку;
- удосконалити комплекс аналітичних та мультиагентних моделей взаємодії користувачів соціальних мереж як феномена інформаційної економіки;
- запропонувати комплекс моделей прогнозування індикаторів ринку з урахуванням мережевих ефектів інформаційної економіки.

*Об'єктом дослідження є еволюційні процеси в інформаційній економіці.*

*Предметом дослідження є методи аналізу та моделі еволюційних процесів в інформаційній економіці.*

*Методи дослідження.* Для вирішення поставлених завдань у роботі використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи. Зокрема, системний підхід дозволив критично осмислити практику застосування еволюційної парадигми для моделювання економічних процесів, а також проаналізувати міжнародний досвід інституціалізації інформаційної економіки (розділ 1). Для побудови та параметризації комплексу еволюційних моделей зміни макрогенерацій були використані елементи теорії виробничих функцій та економетричні методи (розділ 2). Еволюційна модель взаємодії економічних агентів була побудована з використанням мультиагентного підходу (розділ 3). Для розробки інструментарію ідентифікації стадій розвитку інформаційної економіки були використані графові моделі (розділ 4, § 4.3), статистичні методи (розділ 4, § 4.1), засоби штучного інтелекту (розділ 4, § 4.2). При побудові комплексу моделей конкурентної взаємодії агентів онлайн-соціальних мереж використовувалися методи нелінійної динаміки (розділ 5, § 5.1) та мультиагентний підхід (розділ 5, § 5.2). Для прогнозування індикаторів ринку з урахуванням настроїв користувачів Інтернету використано статистичні методи та інструментарій нейромережевого моделювання (розділ 5, § 5.3).

*Інформаційну базу дослідження склали роботи вітчизняних і зарубіжних учених у галузі інформаційної економіки та еволюційного моделювання. В основу інформаційно-фактологічної бази лягли законодавчі та нормативно-правові акти з питань побудови інформаційної економіки, дані Державної служби статистики України, офіційна інформація міжнародних організацій про динаміку основних показників соціально-економічного розвитку країн світу, набори е-індикаторів, а також статистика використання Інтернету.*

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що на відміну від існуючих підходів до моделювання еволюційних процесів в економіці, у процесі дослідження отримано такі наукові результати:

*вперше:*

- розроблено концепцію моделювання еволюційних процесів в інформаційній економіці, яка системно поєднує положення економічної теорії еволюції, постсинтетичної теорії еволюції та теорії інформаційної економіки, що поглиблює методологічні засади аналізу, оцінки та прогнозування розвитку інформаційної економіки, її протиріч і тенденцій та розширяє можливості моделювання еволюційних процесів в економіці;

- розроблено еволюційну мультиагентну модель, у якій реалізовані механізми технологічних мутацій та дифузії інновацій, що дозволяє на основі аналізу чутливості еволюційного процесу до варіації параметрів розміру популяції, негативного та позитивного відбору, цінкових факторів, описати еволюційні режими системи, які відрізняються характером динаміки популяції;

- розроблено комплекс моделей еволюції макроренерацій, який включає модель аналізу дрейфу параметрів виробничої функції, модель життєвого циклу макроренерації та модель оцінки параметрів макроренерацій на основі емпіричних даних, що дає можливість обґрунтувати періодизацію стадій інформаційної економіки, виявити особливості її розвитку в країнах світу та ідентифікувати проблеми формування інформаційної економіки в Україні;

- розроблено інструментарій аналізу статистичних профілів інформаційної економіки з використанням технологій штучного інтелекту, який включає нейронні мережі Кохонена для ідентифікації її стадій та графову модель, що формалізує взаємодію між економічними агентами відповідно до виявлених стадій формування інформаційної економіки;

*удосконалено:*

- метод аналізу індексів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), який ґрунтується на виділенні стабільного ядра часткових показників із множини індексів ІКТ, що дозволяє обґрунтувати вибір індикаторів для моніторингу та побудови статистичних профілів інформаційної економіки;

- аналітичну модель взаємодії користувачів соціальних мереж, яка на відміну від наявних, враховує нелінійну динаміку конкурентного середовища, що дає змогу прогнозувати перспективи розвитку та оцінювати можливості капіталізації соціальних мереж як феномену інформаційної економіки;

- модель динаміки користувачів соціальних мереж, у якій за рахунок застосування мультиагентного підходу формалізовано поведінкові режими агентів, що дозволяє оцінювати вплив антагоністичної, конкурентної та змішаної взаємодії користувачів на стратегію мереж;

*дістали подальшого розвитку:*

- економічна інтерпретація гіпотез загальної теорії еволюції щодо мінливості та адаптаціонізму економічних агентів, прогресу, градуалізму, уніформізму еволюційних процесів, а також структур, ними породжуваних, що ґрунтується на системі наукових положень постсинтетичної теорії еволюції та дає змогу оцінювати

можливості розвитку та прогнозувати перспективи інформаційної економіки як нового етапу економічної еволюції;

– комплекс моделей прогнозування індикаторів ринку, який поєднує алгоритми парсінгу концептуального та фактуального інтернет-контенту; алгоритми формування екзогенних змінних на основі аналізу тональності текстів та латентно-семантичного аналізу; сукупність багатoshарових нейронних мереж, що дозволяє суттєво підвищити якість прогнозу шляхом урахування мережевих ефектів інформаційної економіки.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у використанні та системній реалізації розробленої концепції та комплексу еволюційних економіко-математичних моделей для обґрунтування й ухвалення рішень щодо формування заходів з розвитку інформаційної економіки органами державного управління, при розробці стратегій інформатизації на підприємствах.

Наукові розробки автора й отримані результати використані в роботі Комітету Верховної Ради України з питань промислової політики та підприємництва в законотворчій діяльності щодо оцінки та аналізу ефективності впровадження електронних технологій державного менеджменту (довідка № 04-30/14-96/39821 від 20.02.2017 р.); Комітету Верховної Ради України з питань податкової та митної політики при обґрунтуванні заходів з удосконалення податкового адміністрування (довідка № 11-103-02 від 07.02.2017 р.); Департаменту економіки й міжнародних відносин Харківської обласної державної адміністрації при розробці інноваційних проектів у галузі інформаційно-комунікаційних технологій у рамках Програми сприяння розвитку малого та середнього підприємництва на 2016–2020 рр. (довідка № 06-27/1445 від 30.03.2016 р.); Департаменту у справах сім'ї, молоді та спорту Харківської міської ради з метою сприяння нормативній та програмній підтримці підприємств, закладів, установ та організацій (довідка № 67 від 15.02.2016 р.). Основні теоретичні положення дисертаційної роботи використано на підприємствах різної форми власності, зокрема: ТОВ «Сінгуларекс» при формуванні портфеля проектів компанії (довідка № 1124 від 26.05.2016 р.), ТОВ «Кода» для аналізу можливостей розвитку підприємства з урахуванням стратегій інших компаній в умовах зростаючої конкуренції (акт № 09-15/4327 від 03.09.2015 р.), ТОВ «Антарес» при розробці плану інформатизації фінансових потоків підприємства та його кадрової політики (акт № 03-43/158 від 16.03.2015 р.), ТОВ «Вестлабс» для обґрунтування рішення щодо закупки технологічного обладнання (акт № 15-11/351 від 11.11.2015 р.), ТОВ «Турум-Бурум» при розробці комплексу заходів щодо інформатизації технологічних процесів підприємства (довідка № 11-45/01 від 25.02.2014 р.). Результати дослідження були впроваджені в навчальний процес і використовувалися при розробці та проведенні лекційних і практичних занять для студентів спеціальностей «Економічна кібернетика» та «Прикладна економіка» економічного факультету Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна в курсах «Економічна кібернетика» та «Інтелектуальні системи аналізу даних» (довідка № 0202-18 від 19.05.2016 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є самостійною завершеною роботою здобувача, яка містить науково обґрунтовані теоретичні положення та практичні рекомендації щодо моделювання еволюційних процесів в

інформаційній економіці, що відкриває нові перспективи вирішення актуального завдання побудови інформаційного суспільства в нашій країні. Усі результати отримані безпосередньо здобувачем і знайшли відображення в опублікованих роботах. У дисертації здобувач використовував власні ідеї, викладені, у тому числі, у спільно опублікованих роботах.

**Апробація результатів роботи.** Матеріали дослідження було представлено на таких конференціях: Проблеми трансформаційної економіки (Кривий Ріг, 2009), Проблеми економічної кібернетики (Харків, 2009), The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world, EBEEC 2010 (Греція, Кавала, 2010), Рефлексивні процеси управління в економіці (Херсон, 2010), Моніторинг, моделювання та менеджмент емерджентної економіки (Черкаси, 2010), The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world, EBEEC 2011 (Румунія, Пітешті, 2011), Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем (Харків, 2011, 2012), International Conference on Applied Economics (Швеція, Упсала, 2012), The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world, EBEEC 2012 (Болгарія, Софія, 2012), Математика и экономика в трудах В.В. Новожилова (Росія, Санкт-Петербург, 2012), Актуальні проблеми стабілізації соціально-економічного розвитку в сучасних умовах (Харків, 2013), Стан і перспективи розвитку соціальної відповідальності економічних суб'єктів в сучасному світі (Харків, 2013), The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world, EBEEC 2013 (Туреччина, Стамбул, 2013), Міжнародна конференція Асоціації штучного інтелекту (Іспанія, Барселона, 2013), Институциональная трансформация экономики: условия инновационного развития (Росія, Новосибірськ, 2013), Актуальні проблеми економіки України: тенденції, ризики, стимули (Дніпропетровськ, 2013), Научное наследие В.И. Вернадского – фундаментальная основа научно-технологической и образовательной революции XXI века и стратегии глобального устойчивого развития (Росія, Санкт-Петербург, 2013), 14th EBES Conference (Іспанія, Барселона, 2014), Туган-Барановський: творча спадщина та сучасна економічна наука (Харків, 2015), The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world, EBEEC 2015 (Кавала, Греція, 2015), Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment, HAICTA 2015 (Кавала, Греція, 2015), International Conference PEES 2016 (Бухарест, Румунія, 2016), The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world, EBEEC 2016 (Спліт, Хорватія, 2016), Економіко-математичне моделювання (Київ, 2016).

**Публікації.** Основні положення дисертації опубліковані в 58 наукових працях загальним обсягом 41,3 д.а., з них: 1 – одноосібна монографія, 1 – розділ у навчальному посібнику, 6 – розділів у колективних монографіях, 13 статей – у наукових фахових виданнях України, 7 статей – у наукових фахових виданнях України, які зареєстровані в міжнародних наукометричних базах, 4 статті – в зарубіжних періодичних виданнях, 26 публікацій – в інших виданнях.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 385 сторінок. Робота містить 135 рисунків на 63 сторінках, 68 таблиць на 30 сторінках, 18 додатків на 65 сторінках. Список використаних джерел містить 506 найменувань.



## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета та завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет, відображена наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У розділі 1 – «**Методологічні засади моделювання еволюційних процесів в інформаційній економіці**» – описані феномени інформаційної економіки; проаналізований міжнародний досвід інституціалізації інформаційної економіки; проведено ретроспективний аналіз формування еволюційної теорії, досліджено основні положення синтетичної теорії еволюції, узагальнено досвід моделювання еволюційних процесів в економіці.

У роботі запропоновано використовувати термін «інформаційна економіка» (ІЕ) для опису нового етапу економічної еволюції, на якому інформація набуває статус блага та стає, наряду з традиційними, важливим ресурсом економічного зростання, обумовлюючи структурні зрушення в економіці та подальшу її глобалізацію за рахунок інформатизації та переходу від ієрархічних до мережевих структур.

Аналіз статистичних даних показав, що структурні зрушення, які зумовлено збільшенням продуктивності праці в матеріальних секторах економіки, призвели до зростання сектора послуг, частка якого в розвинених країнах перевищує 75% (в Україні – 60%). Рівень інформатизації більшості країн світу вже досяг насичення, перевищивши позначку в 90%. Розвиток Інтернету (проникнення якого в країнах Європи та Америки перевищує 70%) вплинув на способи ведення бізнес-процесів (більше половини яких здійснюється з його використанням), у разі збільшилася швидкість транзакцій. Змінилася структура зв'язків в економіці: стався зсув від ієрархічних структур промислових корпорацій у бік мережевої організації, що дозволяє успішно виживати малому та середньому венчурному бізнесу.

Дослідження міжнародного досвіду інституціалізації інформаційної економіки дозволило виділити та описати ключові особливості трьох основних моделей: японської, американської та європейської. Показано, що незважаючи на істотні відмінності за ключовими позиціями, сьогодні спостерігається універсалізація наведених моделей інформатизації, уніфікація законодавчої бази, лібералізація ринку комунікаційних технологій, стандартизація технологічних рішень.

У якості теоретичного підґрунтя дослідження процесів формування інформаційної економіки обрано положення еволюційної економічної теорії, насамперед, шумпетеріанської школи. Її найважливішим елементом є концепція «штормів творчого руйнування», що створюються підприємцями-новаторами, які впроваджують нові продуктивні та торгові комбінації, щоб отримати прибуток за рахунок тимчасового монопольного становища. У рамках напрямку передбачається, що економічними аналогами генетичної спадковості, мутації та природного відбору є імітація, інновація та позитивний прибуток, а розвиток та взаємодія економічних агентів задається набором рутин. Еволюційна економічна теорія пропонує не лише актуальну методологію, але й сучасний математичний інструментарій, придатний до використання в умовах децентралізації більшості економічних процесів, а саме методи нелінійної динаміки, штучного інтелекту, мультиагентного моделювання.

У результаті критичного аналізу процесів інформатизації економіки, положень економічної теорії еволюції та узагальнення методологічних підходів і методів моделювання економічних процесів у рамках еволюційної парадигми, у роботі запропоновано концепцію моделювання еволюційних процесів в інформаційній економіці, яка системно поєднує положення економічної теорії еволюції, постсинтетичної теорії еволюції та теорії інформаційної економіки, що поглиблює методологічні засади аналізу, оцінки та прогнозування розвитку інформаційної економіки та розширяє можливості моделювання еволюційних процесів в економіці. Концептуальну схему моделювання наведено на рис. 1.

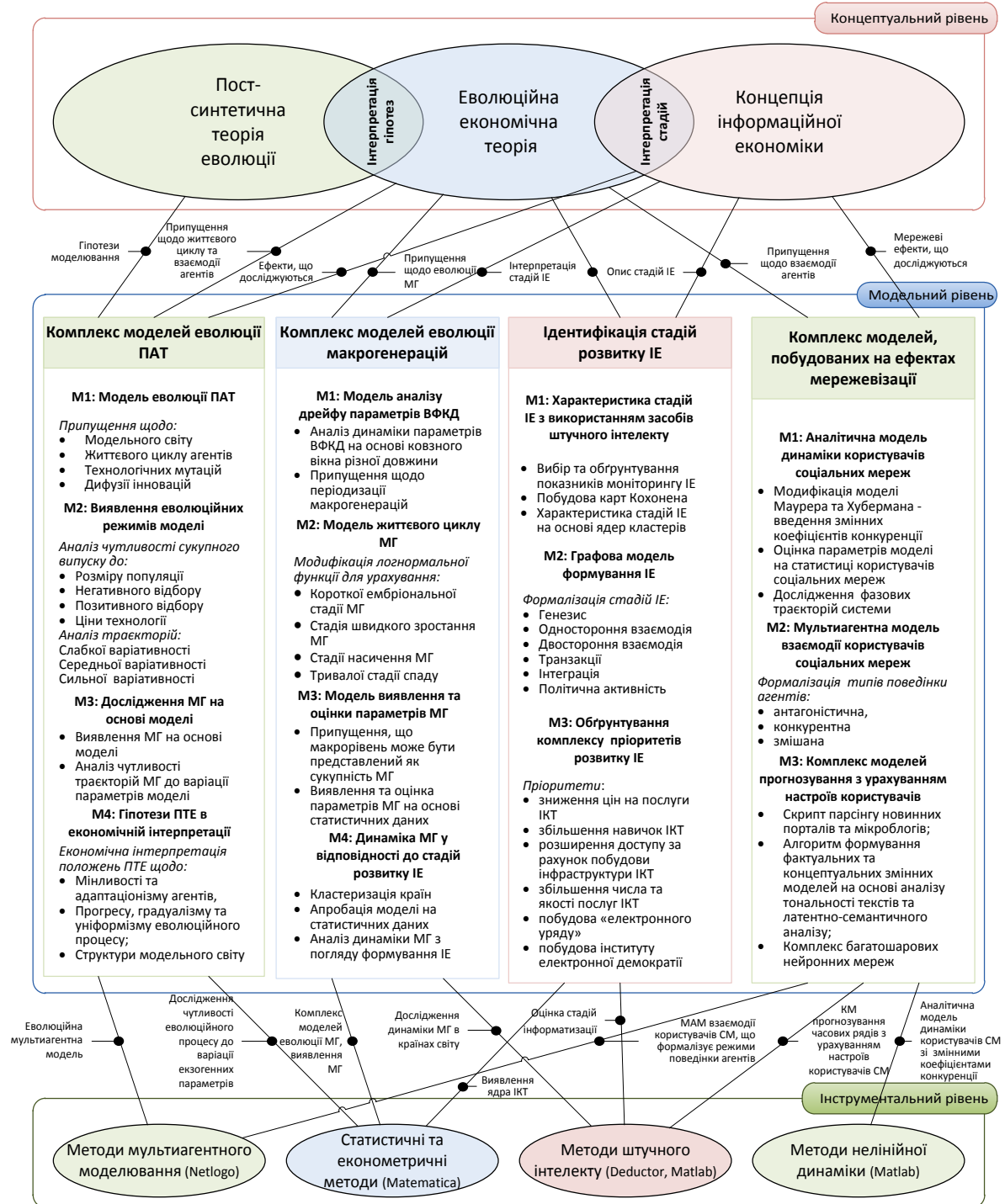


Рис. 1 – Концепція моделювання еволюційних процесів в інформаційній економіці  
[авторська розробка]

У розділі 2 – «Концепція макроренерацій у моделюванні економічної еволюції» представлено комплекс моделей зміни макроренерацій, що включає модель аналізу дрейфу параметрів виробничої функції, модель життєвого циклу макроренерації та модель оцінки параметрів макроренерацій на основі статистичних даних європейських країн і США.

Під макроренерацією (МГ) будемо розуміти сукупний випуск економічних агентів, що об'єднані кластером споріднених технологій.

Для обґрунтування кількості та моментів виникнення МГ було виконане дослідження дрейфу параметрів неокласичної двофакторної виробничої функції (НДВФ) такого вигляду:

$$Y = A(t)K^\alpha L^{1-\alpha}, \quad (1)$$

де  $Y$  – валовий внутрішній продукт,  $K$  – капітал,  $L$  – трудові ресурси,  $\alpha$  – коефіцієнт еластичності капіталу,  $A(t)$  – технологічний коефіцієнт.

Оцінка параметрів НДВФ була проведена на основі статистичних даних про розвиток економіки США з використанням ковзного вікна різної довжини. На рис. 2 бачимо, що в динаміці параметрів НДВФ спостерігається виражена циклічність; параметри  $\alpha$  та  $A$  змінюються в протифазі; у всіх експериментах параметр  $\alpha$  на деяких інтервалах набуває негативних значень. Для пояснення отриманих результатів з точки зору еволюційної теорії було припущено, що на тих інтервалах, де НДВФ не в змозі адекватно описати економічну ситуацію, відбувається зміна макротехнологій, коли кардинально зрушується співвідношення між витратами капіталу та трудових ресурсів.

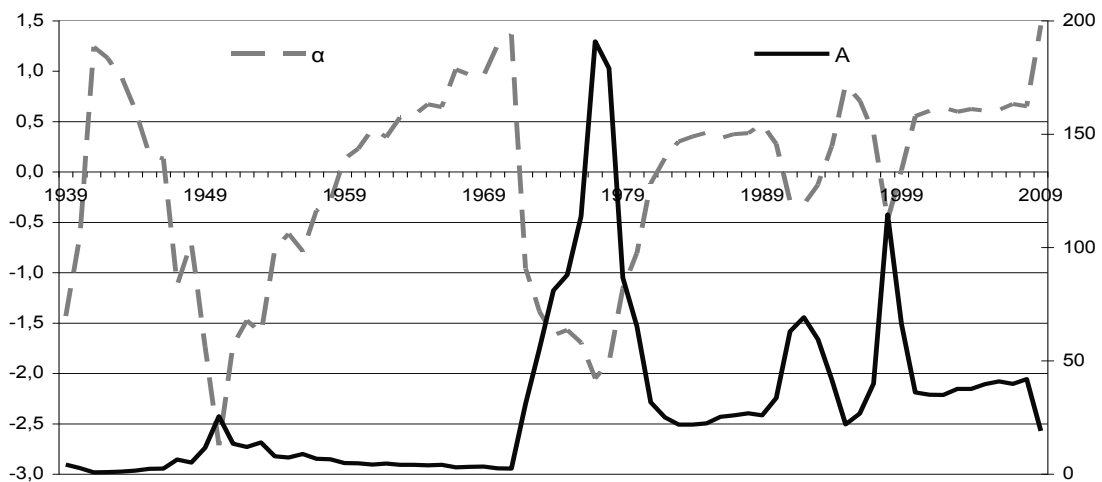


Рис. 2 – Дрейф параметрів  $\alpha$  (основна) та  $A$  (допоміжна вісь) [авторська розробка]

Для моделювання життєвого циклу макроренерацій обрано логнормальну функцію, у яку, для розширення можливостей параметричної настройки, були введені додаткові параметри:

$$s(t) = \begin{cases} \frac{M}{(t-\tau)} e^{-\frac{(\ln(t-\tau)-\mu)^2}{2\sigma^2}}, & t \geq \tau \\ 0, & t < \tau \end{cases} \quad (2)$$

де параметр  $\tau$  задає початок ембріональної фази,  $\mu$  та  $\sigma$  описують технологічний потенціал окремої МГ, коефіцієнт  $M$  коригує амплітуду функцій.

Для оцінки параметрів МГ на основі емпіричних даних було зроблено припущення, що макрорівень економіки може бути представлений як сукупність МГ, що беруть участь у створенні ВВП. Для вирішення завдання оцінки параметрів МГ використано критерій мінімізації суми квадратів відхилень значень модельного ряду від фактичних даних:

$$z(\tau, M, \mu, \sigma) = \sum_{t=1}^{80} (f(t, \tau, M, \mu, \sigma) - y_t^*)^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

де  $y_t^*$  –  $t$ -е спостереження вихідного статистичного ряду ВВП.

Порівняльний аналіз дрейфу коефіцієнта еластичності капіталу  $\alpha$  (рис. 2) і динаміки макрорегенерацій (рис. 3) показує, що:

- 1) фазі росту  $i$ -ї макрорегенерації відповідає зростання параметра  $\alpha$ ;
- 2) фазі насичення  $i$ -ї макрорегенерації – локальний максимум  $\alpha$ ;
- 3) появи  $(i+1)$ -ї макрорегенерації відповідає спад  $\alpha$ ;
- 4) переходу від  $i$ -ї до  $(i+1)$ -ї генерації – локальний мінімум  $\alpha$ .

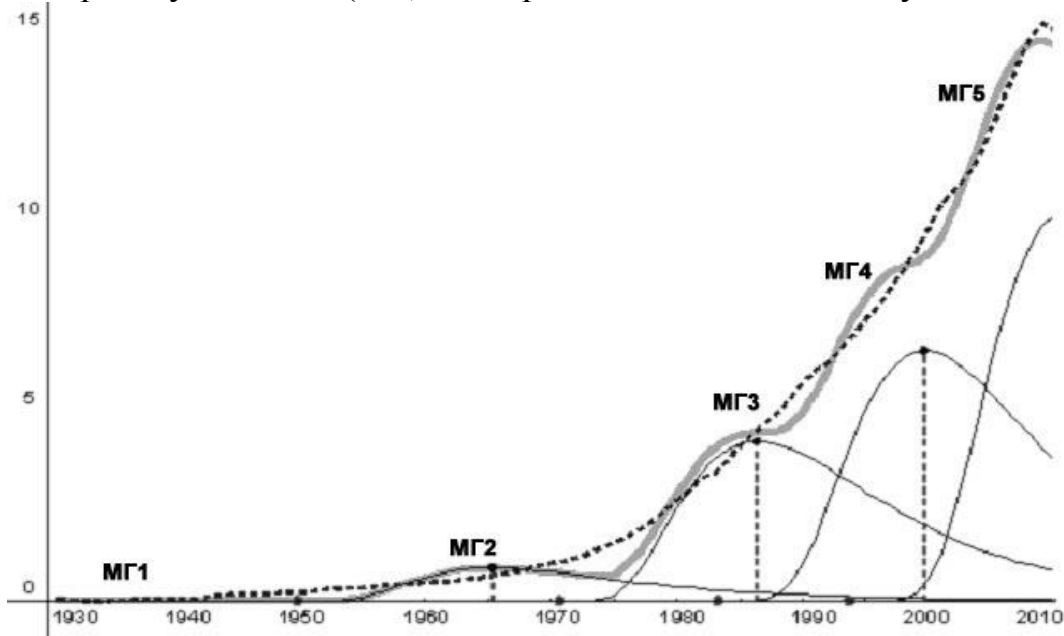


Рис. 3 – Наближення ряду ВВП набором макрорегенерацій [авторська розробка]

Експериментальні результати з високим рівнем достовірності ( $R^2 = 0,97$ , рис. 3) підтвердили припущення моделі про моменти виникнення та динаміку МГ, а саме: МГ з'являються в околиці максимуму своїх попередників і проходять усі фази життєвого циклу; на відрізках, де еластичність капіталу набуває негативних значень, відбувається зміна МГ, у фазі зростання МГ насичується капіталом; потужність МГ з часом зростає, а інтервали між їх появою та тривалість скорочуються.

Апробація моделі на статистичних даних західних країн показала (рис. 4), що в США та країнах Західної Європи моменти зародження МГ дуже близькі, у той час як у країнах постсоціалістичного простору спостерігається деяке запізнювання останніх МГ (при істотному потенціалі перших). Потужність МГ США та країн Західної Європи з часом зростає, але зміна суспільного устрою негативно відбилася на МГ, що зародилися в цей період у постсоціалістичних країнах. При цьому частина з них змогла успішно подолати кризу, але в Україні спостерігається подальше зниження техніко-економічного потенціалу.

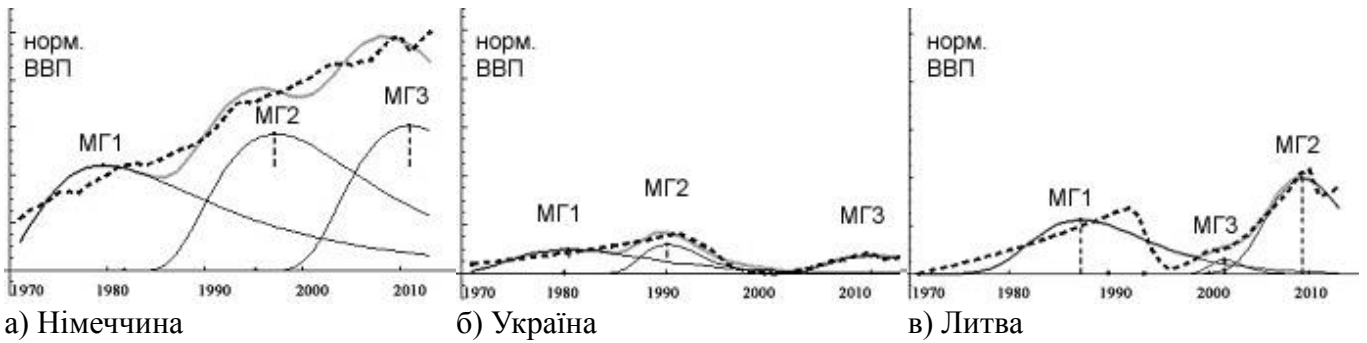


Рис. 4 – Динаміка МГ європейських країн [авторська розробка]

Аналізуючи динаміку виявлених МГ з погляду формування інформаційної економіки, слід зазначити, що в усіх проаналізованих країнах процес інформатизації почався приблизно в один час і хронологічно збігся з моментом зародження другої МГ, яка відповідає етапу росту наукового знання та його значущості для забезпечення економічного розвитку. Третя та четверта МГ, що приходяться на 1970–2000 рр., відповідають стадії структурних зрушень від виробничого сектора в бік сфери послуг, п'ята – етапу поширення інформаційно-комунікаційних технологій. Саме цей, останній етап в Україні не тільки загальмувався кризою 1990-х рр., але й практично повернувся назад в 2000-і рр., що призвело до значного відставання країни у розвитку інформаційної економіки.

У розділі 3 – «Мультиагентна модель економічної еволюції» – представлена мультиагентна модель еволюції популяції економічних агентів (ЕПЕА); виявлено її еволюційні режими; описано макроренерації, що виникають у результаті взаємодії економічних агентів; виконана перевірка адекватності гіпотез постсинтетичної теорії еволюції в економічній інтерпретації.

З огляду на результати Кембриджської дискусії при розробці моделі ЕПЕА було вирішено відмовитися від агрегованих показників, тому для дослідження макроеволюції системи одиницею моделювання обрано окремого економічного агента, сукупність яких складає популяцію. Для збереження спадкоємності та можливості порівняння результатів, отриманих в попередньому розділі, при моделюванні випуску агента використано НДВФ. Припущення мультиагентної моделі ЕПЕА були згруповані в чотири блоки:

1. *Модельний світ* представлений популяцією економічних агентів. Екзогенними параметрами модельного світу є початковий розмір популяції, тиск негативного (умови банкрутства) та позитивного (умови прибутковості) відбору, цінові фактори.

$$World = f(K_{max}, K_{min}, agents, price) \quad (4)$$

$$Population = \{agent_i(t) \dots agent_n(t)\}$$

2. *Агенти* описуються своїми виробничими функціями; економічний агент може породити нащадка, при цьому предок передає нащадку технологію та частину факторів виробництва; неефективні агенти залишають модельний світ.

$$agent_i(t) = Y_i(t) = A_i(t)K_i^\alpha(t)L_i^{1-\alpha}(t)$$

$$\alpha_0 \in [0; 1], A_0 \in [0; 3], K_0 \in [0; 1000], L_0 \in [0; 1000]$$

$$Y(t+1) = \begin{cases} 0, & K \leq K_{\min} \\ Y(t), & K_{\min} \leq K \leq K_{\max} \\ \text{norm}(A, k_1 \times K_{\max})(k_1 \times K)^\alpha L^{1-\alpha}, & K > K_{\max}, p_1 = 0.1, k_1 \leq 1 \\ \{k_2 Y(t), (1-k_2)Y(t)\}, & K > K_{\max}, p_2 = \frac{K - K_{\max}}{K_{\max}}, k_2 \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

3. *Технологічні мутації*: технологічний параметр агентів-інноваторів схильний до випадкових мутацій, варіативність яких пропорційна вкладенням.

$$A(t+1) = \begin{cases} A(t), & K_{\min} \leq K \leq K_{\max} \\ \text{norm}(A(t), k_1 \times K_{\max}), & K > K_{\max}, p_1 = 0.1, k_1 \leq 1 \end{cases} \quad (6)$$

4. *Дифузія інновацій*: агент може придбати та використовувати технологію одного з сусідів; вартість технології пропорційна технологічному розриву між покупцем і продавцем.

$$A_j(t+1) = \begin{cases} A_j(t), & A_j(t) \geq A_i(t), i, j \in \text{neighborhood}, \text{neighborhood} = k_3 A_j(t), k_3 \leq 1 \\ A_i(t), & A_j(t) < A_i(t), i, j \in \text{neighborhood}, \text{neighborhood} = k_3 A_j(t), p_{ij} = \max_i \left\{ \frac{A_i(t) - A_j(t)}{A_j(t)}, 0 \right\} \end{cases}$$

$$K_j^* = K_j - \text{price} \times (A_i - A_j)$$

$$K_i^* = K_i + \text{price} \times (A_i - A_j) \quad (7)$$

На основі цих припущень було розроблено алгоритмічну модель (рис. 5), реалізовану у вигляді мультиагентної моделі в програмному середовищі NetLogo.

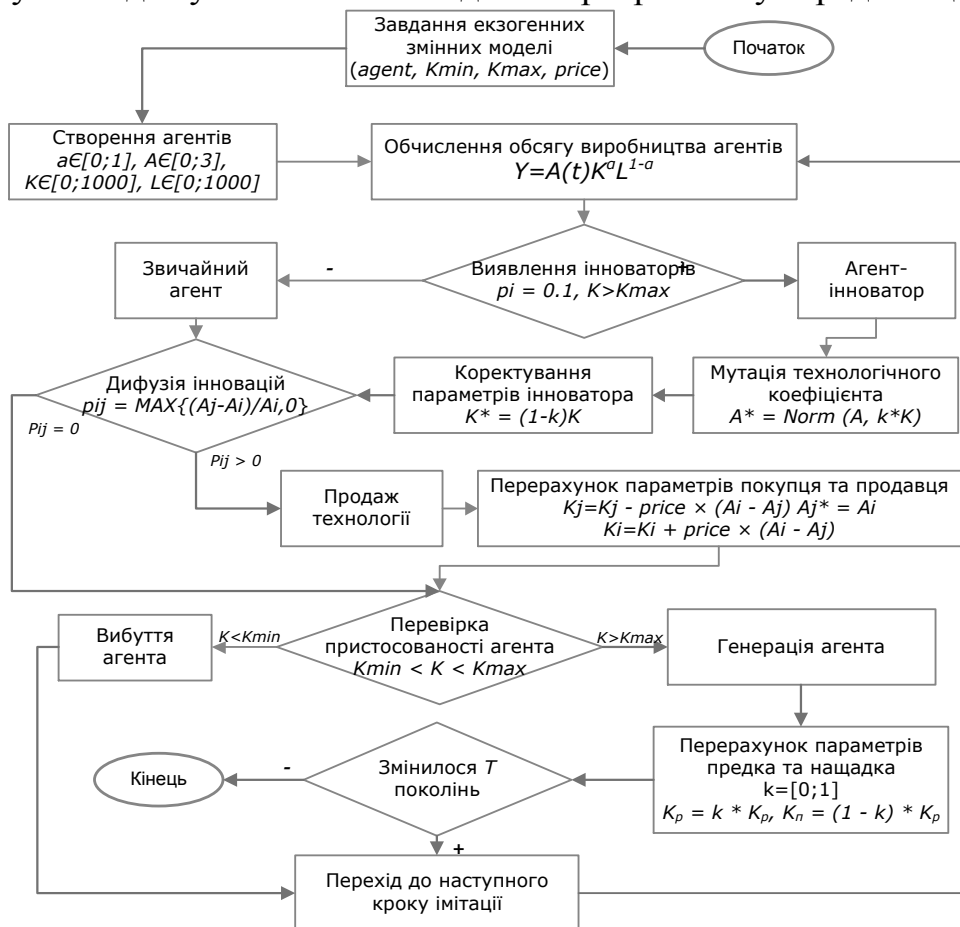


Рис. 5 – Алгоритмічна модель ЕПЕА [авторська розробка]

У результаті експериментування з моделлю були визначені допустимі межі зміни екзогенних параметрів, які далі варіювалися в десяти точках всередині допустимого діапазону. Кожен експеримент включав 100 прогонів моделі, початкові параметри економічних агентів задавалися випадковим чином, у результаті був отриманий набір із чотирьох тисяч траєкторій.

Аналіз чутливості сукупного випуску до варіації параметрів розміру популяції, негативного та позитивного відбору, цінних факторів показав, що недостатня кількість економічних агентів у системі та жорсткі умови їх виживання призводять до того, що технології по модельному світу практично не поширюються, тому зростання випуску за рахунок технологічного прогресу не відбувається (рис. 6 а). При цьому, оскільки можливостей для екстенсивного зростання не передбачено, розвитку системи в цілому також не спостерігається.

Збільшення числа економічних агентів призводить до прискорення дифузії інновацій та забезпечує інтенсивний ріст системи, однак сильний тиск позитивного відбору (жорсткі вимоги до розміру агентів, здатних породити нащадка та/або стати джерелом інновацій) гальмує розвиток (рис. 6 б).

М'які умови середовища, що дозволяють виживати навіть дрібним агентам, призводять до зростання загального їх числа, збільшення каналів передачі інформації та, як наслідок, до зростання швидкості поширення нових технологій та розвитку модельного світу високими темпами (рис. 6 в). Цікаво, що такі результати характерні також для граничних значень ціни передачі технології (рис. 6 г).

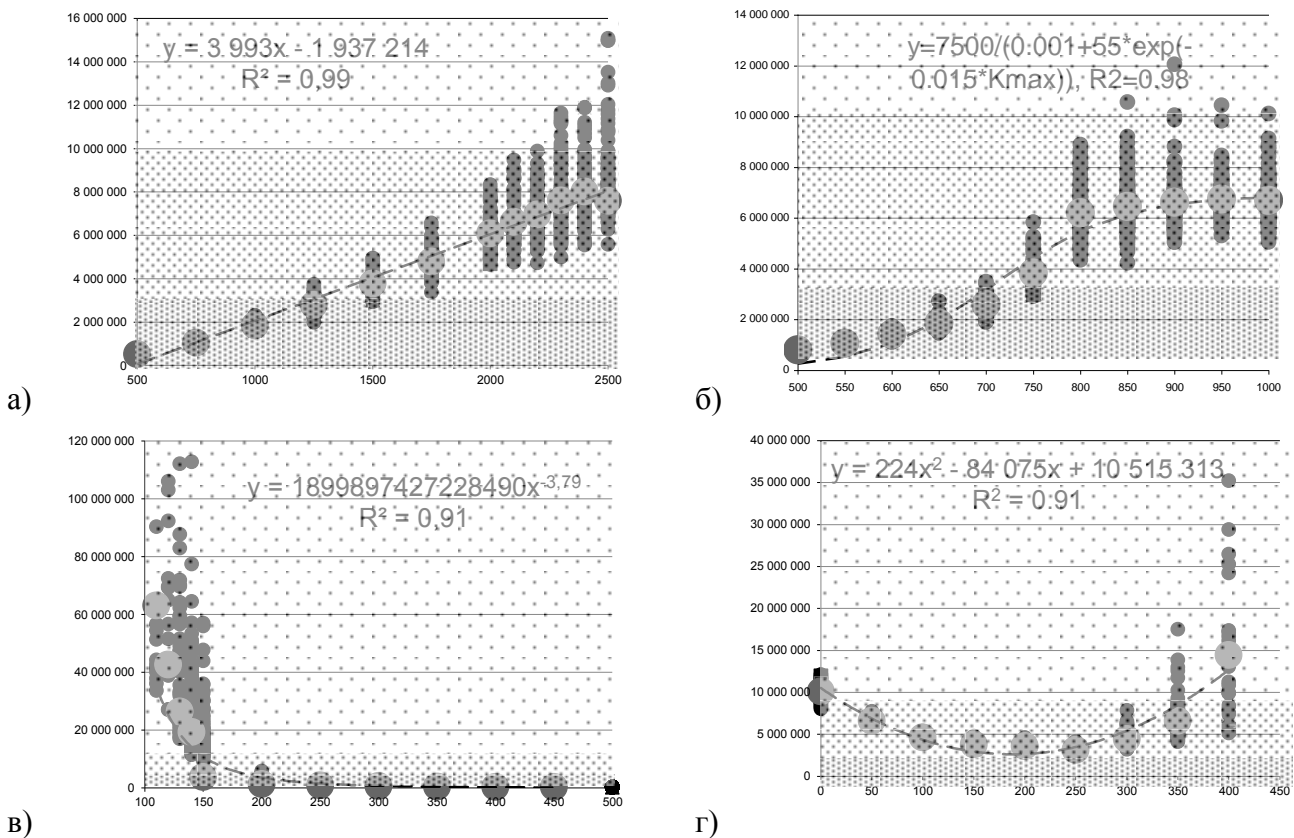


Рис. 6 – Вплив варіації параметрів моделі на сукупний випуск [авторська розробка]

Дослідження варіативності траєкторій показало, що можна виділити три групи рядів, які характеризуються однорідною варіативністю: слабка варіативність –  $v \leq 0,25$ ; середня варіативність –  $0,25 < v \leq 0,60$ ; сильна варіативність –  $v > 0,60$ .

Результати тесту Дікі-Фуллера та подальший аналіз показали, що:

- 1) траєкторії зі слабкою варіативністю являють собою сукупність тренд-стаціонарних рядів, які можуть бути описані співвідношенням:

$$x_t = 0.98x_{t-1} + 62.15t + 1785441 + \varepsilon_t \quad (8)$$

- 2) траєкторії з середньою варіативністю є інтегрованими першого порядку, вони можуть бути описані співвідношенням:

$$\Delta x_t = 0.92\Delta x_{t-1} + 5249.68 + \varepsilon_t \quad (9)$$

- 3) сильно варіативні траєкторії – сукупність інтегрованих рядів другого порядку, які можуть бути описані співвідношенням:

$$\Delta^2 x_t = -0.46\Delta^2 x_{t-1} + 2417164 + \varepsilon_t \quad (10)$$

Аналіз чутливості сукупного випуску до варіації параметрів моделі та результати дослідження варіативності траєкторій дозволили описати такі еволюційні режими (табл. 1): 1) стагнація, 2) сталий розвиток, 3) швидкий нестійкий розвиток.

Таблиця 1

Еволюційні режими мультиагентної моделі [авторська розробка]

траєкторії / випуск	Низький темп	Середній темп	Високий темп
<b>Слабка варіативність</b>	<b>Стагнація</b> Середня ціна Сильний негативний відбір Слабий позитивний відбір Мала популяція	<b>Сталий розвиток</b> Висока або гранично низька ціна	<b>Швидкий нестійкий розвиток</b> Безкоштовні технології Незначний негативний відбір Максимальна ціна
<b>Середня варіативність</b>	Помірний негативний відбір Помірний позитивний відбір Середня популяція	Висока ціна Сильний позитивний відбір Середня популяція	
<b>Сильна варіативність</b>		Гранично висока ціна Слабий негативний відбір Велика популяція	

Аналіз еволюційних режимів моделі свідчить, що:

- 1) мала популяція економічних агентів приречена на стагнацію в умовах поєднання сильного негативного та слабого позитивного відбору (коли слабкі агенти і легко гинуть, і легко розмножуються);
- 2) у популяції середнього розміру спостерігається сталий розвиток в умовах помірного негативного в поєднанні з сильним позитивним відбором (коли невеликі економічні агенти мають шанс вижити, але розмножуються переважно кращі);
- 3) швидкий нестійкий розвиток характерний для великих популяцій з низьким тиском негативного відбору (шанс на виживання отримують навіть дрібні економічні агенти) в умовах, коли технології передаються або безкоштовно, або гранично дорогі. Саме остання комбінація параметрів є характерною для інформаційної економіки.

Дослідження модельних траєкторій також показало, що розвиток системи може бути описаний у термінах макрогенерацій, які в даному випадку виникають у



результаті взаємодії економічних агентів (рис.7). Аналіз впливу параметрів моделі на траєкторії МГ свідчить, що для слабоваріативних систем виконуються припущення щодо економічного циклу МГ (див. траєкторії на рис. 7 а), однак зі зростанням варіативності життєвий цикл МГ порушується, їх фази стають все менш вираженими, деякі мають кілька піків (рис. 7 б). Ця особливість знаходить підтвердження в складнощах, з якими стикаються аналітики при аналізі структури криз, властивих інформаційній економіці, та прогнозуванні їх динаміки.

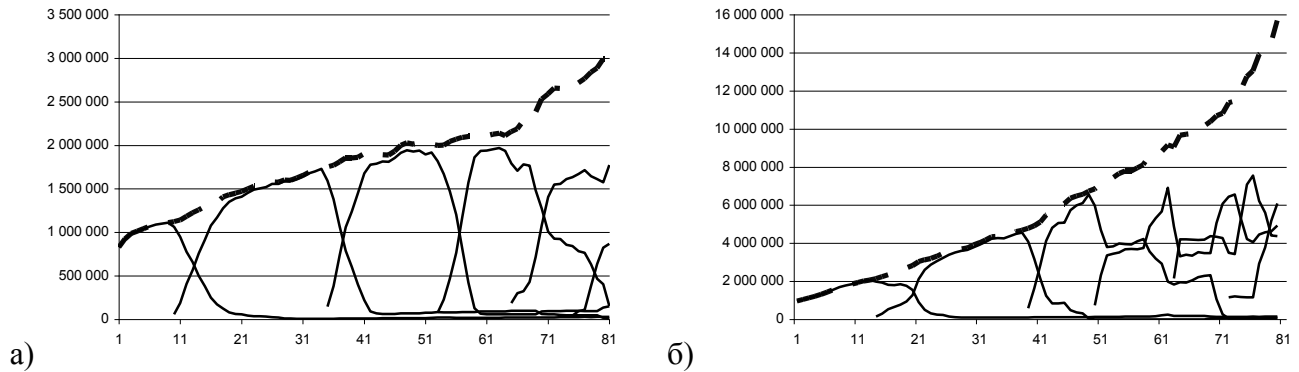


Рис. 7 – Динаміка випуску системи як сукупність випусків агентів, об'єднаних кластером технологій (а – середня, б – сильна варіативність) [авторська розробка]

На завершальному етапі експериментування було проведено економічну інтерпретацію гіпотез постсинтетичної теорії еволюції та їх експериментальну перевірку:

- *Гіпотеза мінливості*: основним джерелом мінливості є інновації, які мають випадковий характер і не завжди є вдалими (економічно ефективними).
- *Гіпотеза адаптаціонізму*: домінуючими в економічній еволюції є нейтральні процеси в поєднанні з негативним відбором (банкрутство), а позитивний відбір (спрямований на максимізацію прибутку) є важливим, але не першорядним чинником економічної еволюції.
- *Гіпотеза прогресу*: ускладнення економічних систем відбувається, у першу чергу, не за рахунок адаптації до умов середовища, що змінюються, а як результат слабого тиску негативного відбору.
- *Гіпотеза слабого градуалізму*: економічна еволюція відбувається шляхом накопичення малих змін (враховуючи безперервне вдосконалення технологій), що спричиняють зміну макрогенерацій.
- *Гіпотеза уніформізму*: макроекономічні характеристики еволюційного процесу є наслідком поведінки окремих економічних агентів.
- *Гіпотеза структури*: еволюційний процес, поряд з ієрархічними, породжує мережеві структури взаємодії економічних агентів.

На основі результатів другого та третього розділів доведено можливість зіставлення макроекономічних характеристик системи з результатами взаємодії економічних агентів на мікрорівні: показово, що існують набори параметрів моделі, за яких розвиток модельного світу добре співвідноситься з результатами апроксимації фактичного ряду ВВП набором макрогенерацій (рис. 8).

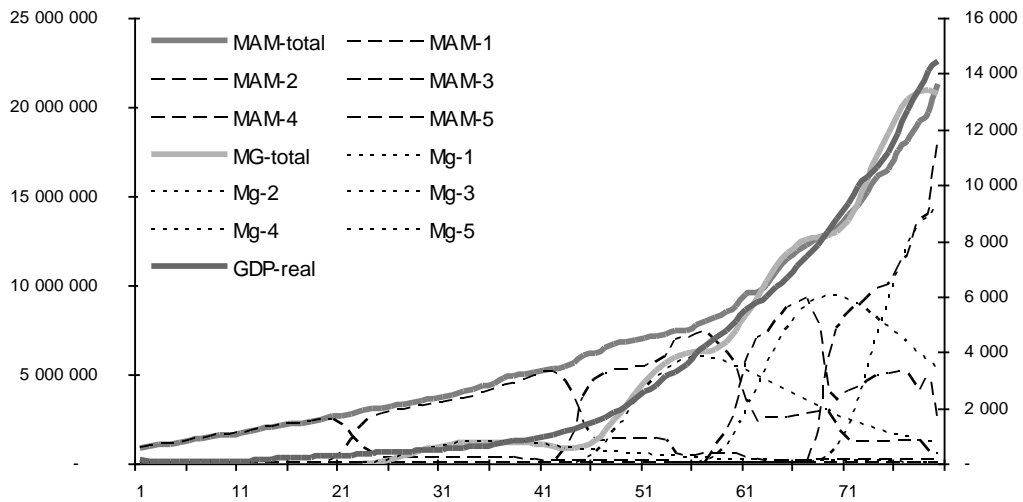


Рис. 8 – Динаміка МГ мультіагентної (основна вісь) та економетричної (допоміжна вісь) моделей [авторська розробка]

У розділі 4 – «Ідентифікація стадій розвитку інформаційної економіки» – представлено розроблений автором інструментарій аналізу статистичних профілів інформаційної економіки (АСПЕ); досліджено показники її розвитку в країнах світу; проаналізована ситуація в Україні.

Запропонований у роботі інструментарій АСПЕ включає: вибір та обґрунтування показників моніторингу сучасного етапу розвитку інформаційної економіки, ідентифікацію стадій її формування з використанням засобів штучного інтелекту, формалізацію процесу розвитку інформаційної економіки у вигляді графової моделі, обґрунтування комплексу специфічних для кожної стадії пріоритетів для аналізу сценаріїв формування та перспектив розвитку інформаційної економіки.

З метою обґрунтування показників, які можуть бути використані для моніторингу сучасного розвитку інформаційної економіки, було проведено дослідження індикаторів інформатизації. Статистичний аналіз на основі даних по 96 країнах показав, що е-індекси є сильно корельованими (парні коефіцієнти кореляції перевищують 80%) і високо узгодженими (коефіцієнт конкордації Кендалла – 91%). Дослідження структури е-індексів у розрізі часткових показників (кількість яких коливається від 8 до 113) дозволило виділити групу найбільш частотних – «ядро» зведеного е-індексу. Оцінка перетину е-індексів з виділеним «ядром» (що для IDI складає 73%) дозволила обґрунтувати доцільність використання індексу ІКТ (ICT Development Index, IDI), для моніторингу формування інформаційної економіки.

Аналіз статистичних профілів показав, що крім IDI, значення ще двох індикаторів значною мірою впливають на успіхи національних програм інформатизації – це кошик цін на послуги ІКТ і ВНД на душу населення. Тому вони також були обрані для оцінки стадій розвитку інформаційної економіки. На основі значень субіндексів IDI (доступу, використання і навичок ІКТ), кошику цін на послуги ІКТ і ВНД на душу населення по 166 країнах були побудовані карти Кохонена, аналіз яких дозволив виявити та чисельно виміряти шість стадій сучасного розвитку інформаційної економіки (табл. 2).

## Характеристики стадій розвитку інформаційної економіки [авторська розробка]

Стадія	ВНД на д.н.	Використання	Доступ	Навички	Кошик цін ІКТ
6	<b>53 496</b>	7.24	8.53	8.70	0.67
5	<b>18 734</b>	<b>5.36</b>	7.51	8.61	1.38
4	9 737	<b>3.46</b>	<b>6.37</b>	7.65	2.09
3	5 066	2.28	<b>4.72</b>	<b>6.83</b>	3.36
2	2 658	0.86	3.11	<b>4.46</b>	<b>12.6</b>
1	663	0.25	2.21	3.03	<b>46.55</b>

\* Жирним шрифтом виділено показники, що дають максимальний приріст при переході між стадіями

Виявлені з використанням штучного інтелекту стадії розвитку інформаційної економіки були формалізовані шляхом побудови графової моделі (рис. 9).

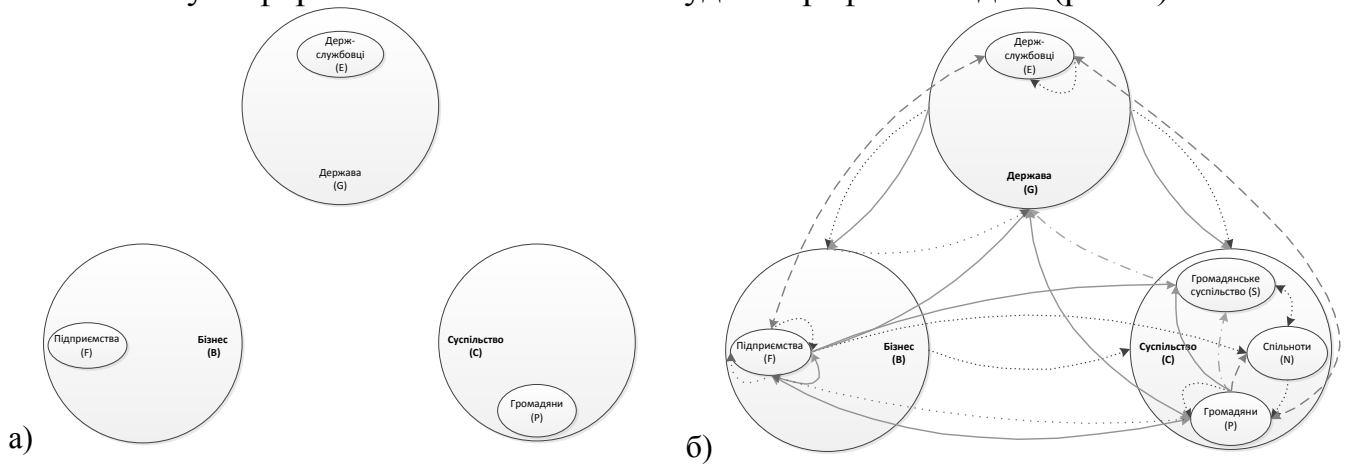


Рис. 9 – Графова модель формування інформаційної економіки: а) перша стадія, б) шоста стадія [авторська розробка]

В основу моделі покладено такі припущення:

1. Про розвиток інформаційної економіки свідчить ступінь впровадження ІКТ у взаємодію між соціально-економічними макроагентами. У термінах трьохсекторної закритої моделі економіки макроагентами є уряд, бізнес і суспільство.

2. Процес формування інформаційної економіки може бути представлений як набір з шести стадій. Кожна стадія може бути описана за допомогою графа специфічних взаємодій агентів.

3. Агенти відображаються у вершинах графа, їх структура ускладнюється в міру розвитку інформаційної економіки. На рис. 9 вершинам графа відповідають:  $B$  – бізнес,  $G$  – держава,  $C$  – суспільство. У середині вершин виділені такі елементи:  $F$  – окремі фірми,  $E$  – держслужбовці,  $P$  – населення,  $S$  – інститути громадянського суспільства,  $N$  – соціальні спільноти.

4. Взаємодія між агентами описується інформаційними потоками, які відображаються на дугах графа (їх структура також ускладнюється з розвитком інформаційної економіки). Дуги між вершинами описують потоки двох типів:  $f$  – фінансові та  $i$  – інформаційні (серед яких виділено:  $d$  – дескриптивні,  $r$  – нормативні,  $c$  – конфіденційні,  $s$  – послуги). Характеристики окремих стадій моделі наведені в табл. 3.

**Характеристики стадій моделі формування інформаційної економіки**  
[авторська розробка]

Стадія	Назва	Характеристика
1	Генезис	Розповсюдження інформаційних технологій, ріст числа ПК в комерційних та державних організаціях
2	Одностороння взаємодія	Компанії та державні структури надають обмежену статичну інформацію онлайн
3	Двостороння взаємодія	Користувачі отримують можливість взаємодії шляхом заповнення форм, скачування документації
4	Транзакції	Компанії продають продукцію онлайн, можливість віддаленого замовлення офіційних документів
5	Інтеграція	Компанії представляють продукцію на спеціалізованих порталах, державні послуги пропонуються в режимі «єдиного вікна»
6	Політична активність	Розвиток інституту електронної демократії

На основі графової моделі (рис. 9) та чисельних характеристик стадій (табл. 2) були обґрунтовані пріоритетні напрямки інформатизації. Зокрема показано, що на першій стадії основним завданням є зниження цін на послуги ІКТ; на другій – збільшення навичок ІКТ; на третій – розширення доступу за рахунок побудови інфраструктури ІКТ та її законодавче оформлення; на четвертій – збільшення числа та якості послуг ІКТ; на п'ятій – побудова «електронного уряду» та розширення спектра послуг ІКТ в цілому; на шостій – побудова інституту електронної демократії (з акцентом не стільки на спектрі послуг, скільки на питаннях безпеки, культурних аспектах, проблемах забезпечення зростання добробуту суспільства).

Аналізуючи процес формування інформаційної економіки в Україні, слід відмітити, що хоча динаміка індексу IDI України в цілому позитивна та знаходиться на середньосвітовому рівні, в останні роки її позиції в рейтингу значно погіршилися – країна перемістилася з 58 місця у 2007 р. на 73 у 2016 р. У рейтингу країн СНД позиції України також ослабли: порівняно з 2007 р., коли країна займала друге після Росії місце, у 2016 р. вона перемістилася на шосте, пропустивши вперед Білорусь, Казахстан, Азербайджан та Молдову. З позитивного слід зазначити, що в Україні ціни на ІКТ трохи нижчі, а рівень IDI вищий, ніж можна було очікувати, враховуючи дохід на душу населення в країні. Досвід розвинених країн показує, що, незважаючи на тісний зв'язок між рівнями розвитку ІКТ та доходів, урядові програми здатні суттєво прискорити впровадження ІКТ, а збалансовані цільові стратегії, розроблені з урахуванням світового досвіду, можуть сприяти інтенсифікації переходу України до інформаційної економіки.

Згідно з результатами моделювання, Україна знаходиться на четвертій стадії розвитку інформаційної економіки, отже, для неї актуалізуються заходи зі створення електронного уряду. Хоча до 2010 р. країна була лідером регіону СНД, в останні роки динаміка індексу електронного урядування (E-Government Development Index, EGDI) демонструвала прискорене падіння. Це призвело до того, що у 2015 р. Україна скотилася в другу половину загального рейтингу з 193 країн і сьогодні її відставання, наприклад від Росії, становить уже 60 пунктів, з 11 країн СНД вона знаходиться на 8

місці. Разом з тим дані показують, що з трьох субіндексів EGDI два (людський капітал і розвиток ІКТ) демонструють достатній потенціал для просування в даному напрямку. Вузким місцем є організація взаємодії державних структур з громадянами, що відображає незадовільна динаміка субіндексу онлайн послуг.

У розділі 5 – «**Моделювання феноменів інформаційної економіки**» – наведені підсумки моніторингу динаміки онлайн соціальних мереж, виявлені джерела їх капіталізації; удосконалена аналітична модель конкурентної взаємодії користувачів соціальних мереж та розроблена відповідна мультиагентна модель; запропоновано комплекс моделей прогнозування індикаторів ринку з урахуванням мережевих ефектів інформаційної економіки.

Соціальні мережі є одним з найприбутковіших бізнесів, унікальних для інформаційної економіки. Їх успіх безпосередньо залежить від кількості користувачів. Для оцінки цієї величини був використаний інструментарій нелінійної динаміки, у якості базової обрано модель Маурера-Хубермана:

$$dx_i / dt = a_i x_i (b_i - x_i) - \sum_{j \neq i, j=1}^{n-1} c_{ij} x_i x_j \quad (11)$$

де  $x_i$  – частка користувачів  $i$ -ої соціальної мережі,  $a_i$  ( $a_i \geq 0$ ) – темп росту  $i$ -ої мережі,  $b_i$  ( $0 \leq b_i \leq 1$ ) – потужність мережі<sup>1</sup>,  $c_{ij}$  ( $c_{ij} \geq 0$ ) – рівень конкуренції між мережами<sup>2</sup>. Апробація базової моделі на статистиці користувачів соціальних мереж (на прикладі Facebook, Twitter і Myspace) показала, що в короткостроковому періоді модель (11) досить добре описує динаміку реальних даних, виконуються основні припущення про співвідношення параметрів. Однак для неперервних динамічних систем з плином часу є характерним дрейф параметрів, тому система з постійними коефіцієнтами не в змозі коректно описати довгострокову перспективу. Для подолання цієї проблеми в роботі було запропоновано моделювати рівень конкуренції між мережами як функцію від частки учасників ринку:  $c_{ij} = \frac{k_1 x_j - k_2 x_j^2 + k_3}{1 + x_i x_j}$ .

Апробація модифікованої моделі була виконана на прикладі двох найбільших гравців ринку<sup>3</sup> – соціальних мереж MySpace і FaceBook. Для цього були зібрані дані про кількість їх унікальних користувачів і вирішена задача ідентифікації невідомих параметрів методом повної дискретизації<sup>4</sup>. Після оцінки параметрів система прийняла вигляд:

$$\begin{cases} \text{facebook: } dx_1 / dt = -0.1752x_1^2 + 0.1752x_1 - \left( \frac{-15.4131x_2 + 18.1424x_2^2 + 3.3011}{1 + x_1 x_2} \right) x_1 x_2 \\ \text{myspace: } dx_2 / dt = -0.2773x_2^2 + 0.2773x_2 - \left( \frac{-15.1372x_1 + 19.528x_1^2 + 3.3145}{1 + x_1 x_2} \right) x_1 x_2 \end{cases} \quad (12)$$

Дослідження показало, що три з п'яти стійких точок (табл. 4) відповідають ситуації співіснування мереж, і тільки для однієї з них FaceBook займає більшу частку ринку, ніж MySpace.

<sup>1</sup> Потужність мережі відповідає потужності сервера, тобто кількості одночасних з'єднань, які він може підтримувати.

<sup>2</sup>  $c_{ij} x_i x_j$  – темп, з яким користувачі припиняють відвідувати  $i$ -й сайт,  $i$ -та мережа сильно конкурує з  $j$ -ю, якщо  $c_{ij} > a_i$

<sup>3</sup> станом на 2009 р.

<sup>4</sup> Метод реалізований у програмі Tomlab PROMPT – пакеті програм на базі Matlab, де використовується псевдоспектральний метод колокацій (з точками Чебишева) для вирішення прикладних завдань оптимального управління та оцінки параметрів динамічних систем.

Точки рівноваги системи (12) [авторська розробка]

Точка рівноваги	Тип точки рівноваги
(0; 0)	Нестійкий вузол
<b>(0; 1)</b>	Стійкий вузол
<b>(1; 0)</b>	Стійкий вузол
( 0.4841; 0.0326)	Сідло
<b>(0.1296; 0.2380)</b>	Стійкий фокус
(0.1856; 0.2462)	Сідло
<b>(0.4608; 0.2868)</b>	Стійкий фокус
(0.4065; 0.5324)	Сідло
<b>(0.3206; 0.5379)</b>	Стійкий фокус
(0.04894; 0.5498)	Сідло

Ситуація «переможець отримує все» можлива для обох конкурентів. Стійкі точки мають свої області тяжіння, залежно від початкових умов система потрапляє в одну з них (рис. 10).

Аналіз рис. 10 свідчить, що перевага мережі Facebook можлива у випадку, якщо її початкові умови не гірші ніж у мережі-конкурента (рис. 10 г), саме ця ситуація спостерігалася на момент розрахунків. Практика підтвердила результати моделювання – сьогодні MySpace вже не становить суттєвої конкуренції FaceBook.

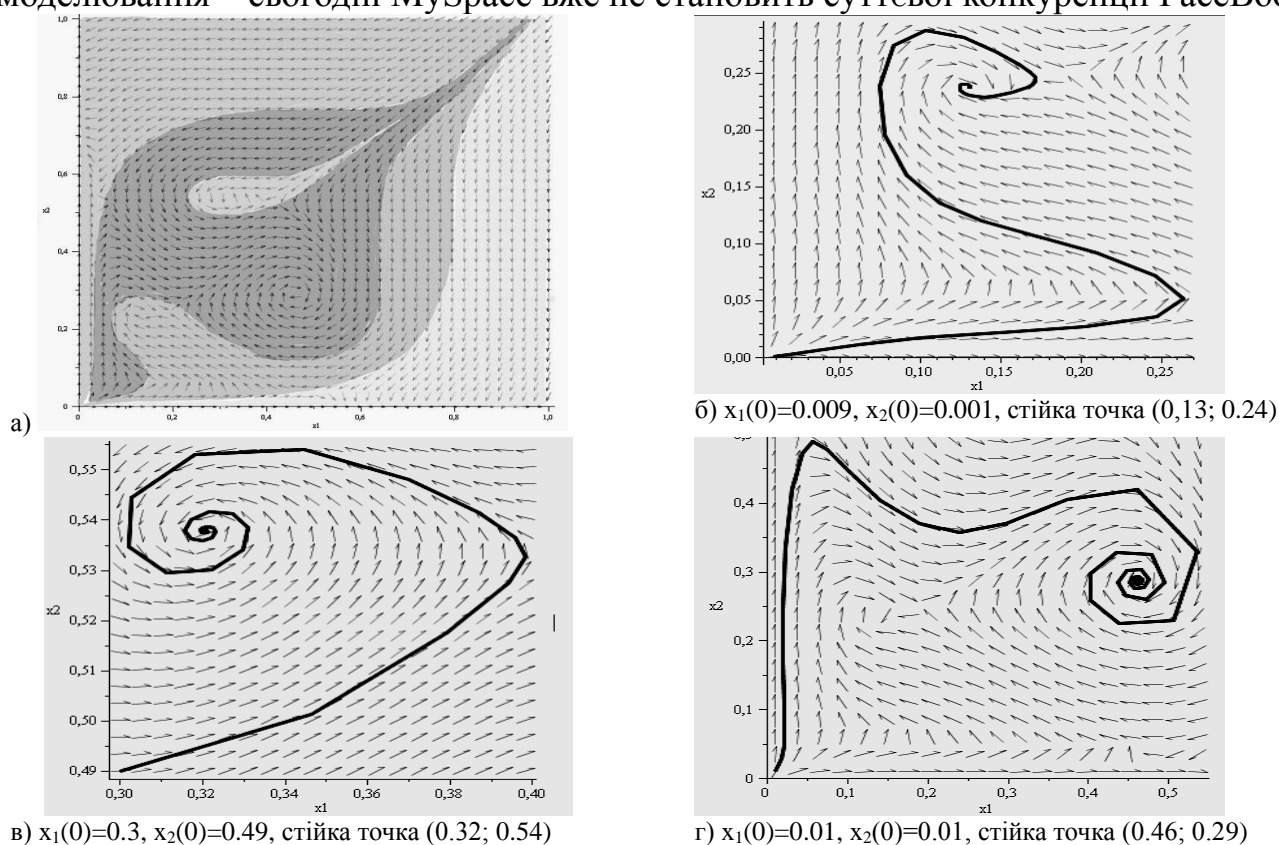


Рис. 10 – а) області тяжіння аттракторів, б–г) фазові траєкторії системи [авторська розробка]

Результати аналітичної моделі було використано при розробці припущень мультиагентної моделі, у якій були формалізовані кілька типів поведінки агентів – антагоністична, конкурентна та змішана (рис. 11).

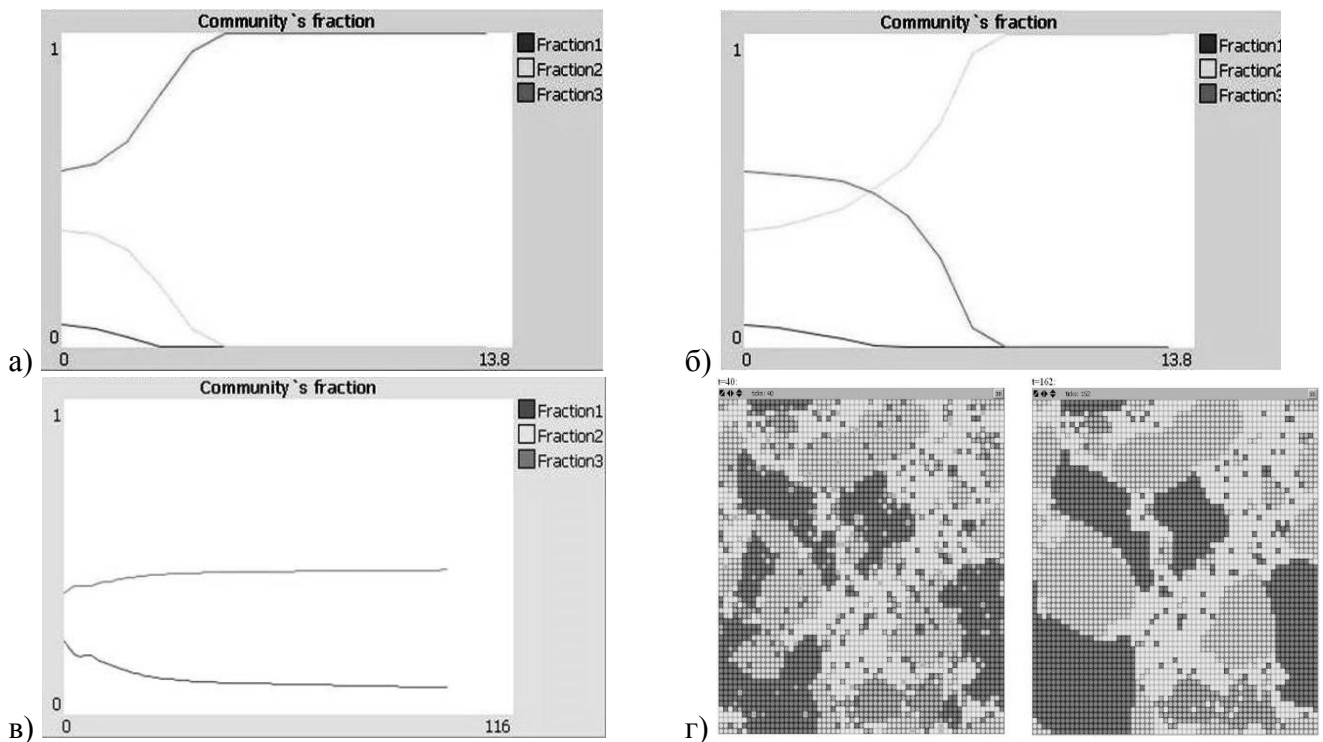


Рис. 11 – Динаміка агентів на конкурентному ринку: а) рівний потенціал, нерівні частки, б) слабкий потенціал лідера, в) сильна конкуренція між лідерами, г) просторовий розподіл агентів [авторська розробка]

Експериментування з моделлю дозволило зробити такі висновки про еволюцію системи: в умовах сильної конкуренції спостерігається монополізація ринку; конкуренція між лідерами ринку дає шанс на розвиток дрібним проектам, орієнтованим на спеціалізовану цільову аудиторію; на кооперативному ринку успіх проекту залежить, у першу чергу, від якості контенту; учасники міноритарних проектів з часом віддають перевагу лідеру в даному сегменті ринку. Важливим висновком також є те, що невеликі соціальні мережі, які пропонують користувачам цікаві сервіси, можуть зайняти свою нішу, незважаючи на присутність на ринку більш потужних конкурентів.

Також у розділі запропоновано комплекс моделей прогнозування індикаторів ринку з урахуванням об'єктивного та суб'єктивного контентів Інтернету. Основу комплексу склали: 1) скрипт парсингу новинних порталів та мікроблогів; 2) алгоритм формування концептуальних та фактуальних екзогенних змінних на основі аналізу тональності текстів та латентно-семантичного аналізу; 3) математичним інструментарієм прогнозування обрано нейронні мережі прямого розповсюдження сигналу, а також рекурентні мережі LSTM.

Для формування фактуальних екзогенних змінних були досліджені групи слів, що використовувались спільно в економічних новинах. Вибірка була досліджена з використанням латентно-семантичного аналізу, у результаті якого виділено 14 однорідних груп слів-маркерів, але згідно з тестом казуальності Гренджера, лише чотири з них виявилися значущими (*infrastructure*, *activity*, *dissemination* та *expect*). Для аналізу концептуального контенту, сформованого на основі бази твітів, був застосований психометричний інструмент POMS, що дозволило оцінити настрої агентів на основі шести емотивних вимірювань. У результаті аналізу казуальності

тільки дві концептуальних змінних – *calm* та *confusion* – виявилися значущими.

Для вирішення завдання прогнозування курсу криптовалюти (bitcoin, BTC) з використанням об'єктивного та суб'єктивного контенту були використані нейронні мережі прямої передачі сигналу та рекурентні мережі LSTM. Порівняльний аналіз різних архітектур нейронних мереж дозволив обґрунтувати доцільність використання інтернет-контенту для прогнозування економічних показників та продемонстрував високу адекватність побудованих моделей (рис. 12).

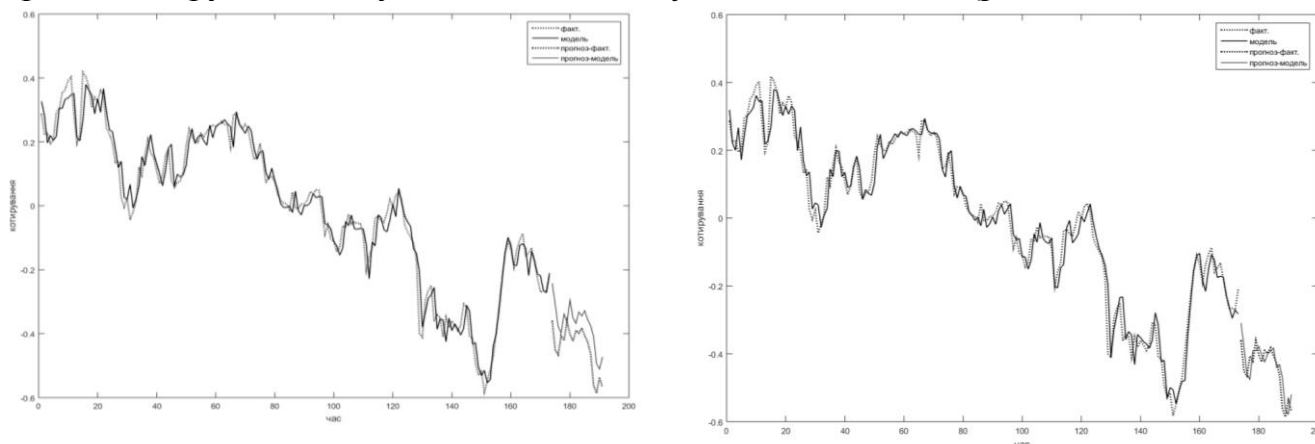


Рис. 12 – Ряди фактичних та змодельованих даних: а) без урахування, б) з урахуванням настроїв користувачів Інтернету [авторська розробка]

## ВИСНОВКИ

У дисертації запропоновано вирішення наукової проблеми щодо аналізу, оцінки та моделювання закономірностей інформаційної економіки як нового етапу економічної еволюції, яке полягає в розробці концепції та комплексу еволюційних моделей, що враховують зміну характеру взаємодії між економічними агентами, обумовлену структурно-технологічними зрушеннями в економіці, її інформатизацією та переходом від ієрархічних до мережевих структур.

Виконане наукове дослідження дало змогу дійти таких висновків:

1. На підставі аналізу концепцій інформаційної економіки та досвіду її інституціоналізації в роботі запропоновано використовувати термін «інформаційна економіка» для опису нового етапу економічної еволюції, на якому інформація набуває статус блага та стає, наряду з традиційними, важливим ресурсом економічного зростання, обумовлюючи структурні зрушення в економіці та подальшу її глобалізацію за рахунок інформатизації та переходу від ієрархічних до мережевих структур.

2. Запропонована економічна інтерпретація гіпотез постсинтетичної теорії еволюції (щодо мінливості та адаптаціонізму економічних агентів, прогресу, градуалізму, уніформізму еволюційних процесів, а також структур, ними породжуваних) дозволила проаналізувати закономірності розвитку інформаційної економіки як нового етапу економічної еволюції.

3. Аналіз наявних методологічних підходів та методів моделювання економічних процесів у рамках еволюційної парадигми дав змогу визначити підґрунтя розробки концепції моделювання еволюційних процесів в інформаційній



економіці, сформулювати теоретичні припущення модельного комплексу та обґрунтувати вибір інструментарію моделювання.

4. На підґрунті положень економічної теорії еволюції, постсинтетичної теорії еволюції та теорії інформаційної економіки розроблено концепцію моделювання еволюційних процесів в інформаційній економіці.

5. Побудовано комплекс моделей зміни макрогенерацій, на основі якого обґрунтовано періодизацію стадій розвитку інформаційної економіки, виявлено особливості її формування в країнах світу та ідентифіковано проблеми переходу до інформаційної економіки в Україні.

6. Апробація моделі зміни макрогенерацій на статистичних даних показала, що в США та країнах Західної Європи моменти зародження макрогенерацій дуже близькі, у той час як у країнах постсоціалістичного простору спостерігається деяке запізнювання останніх макрогенерацій (при істотному потенціалі перших). Крім того, економічна трансформація негативно відбилася на макрогенераціях постсоціалістичних країн, і хоча деякі з них змогли успішно подолати кризу, в Україні спостерігається подальше зниження техніко-економічного потенціалу та відставання в переході до інформаційної економіки.

7. Розроблено мультиагентну модель еволюції популяції економічних агентів. У результаті аналізу чутливості динаміки системи до варіації параметрів розміру популяції, негативного та позитивного відбору, а також цінових факторів, виявлено такі еволюційні режими: 1) стагнація; 2) сталий розвиток; 3) швидкий нестійкий розвиток. Стагнація спостерігається в малих популяціях економічних агентів в умовах поєднання сильного негативного та слабого позитивного відбору. Система розвивається стало в умовах помірного негативного в поєднанні з сильним позитивним відбором. Швидкий нестійкий розвиток спостерігається у великих популяціях з низьким тиском негативного відбору, коли технології передаються або безкоштовно, або гранично дорогі. Саме остання комбінація параметрів моделі є характерною для інформаційної економіки.

8. Дослідження траєкторій мультиагентної моделі еволюції показало, що розвиток системи може бути описаний у термінах макрогенерацій, які виникають у результаті взаємодії агентів. Було виявлено особливості економічного циклу в інформаційній економіці, які виражені в порушенні його монотонності та наявності кількох піків.

9. Інструментарій аналізу статистичних профілів інформаційної економіки з використанням технологій штучного інтелекту дозволив ідентифікувати стадії її формування, провести формалізацію процесу у вигляді графової моделі та обґрунтувати комплекс специфічних для кожної стадії пріоритетів, забезпечивши можливість аналізувати сценарії формування та прогнозувати перспективи розвитку інформаційної економіки. На основі порівняльного аналізу індексів ІКТ виділено «ядро» зведеного е-індексу та обґрунтовано вибір показників для побудови статистичних профілів інформаційної економіки.

10. З використанням інструментарію АСПЕ виявлено 6 стадій розвитку інформаційної економіки: генезис (початок розповсюдження інформаційних технологій), одностороння взаємодія (компанії та державні структури надають обмежену статичну інформацію онлайн), двостороння взаємодія (можливість

взаємодії шляхом заповнення форм, скачування документації), транзакції (компанії продають продукцію онлайн, можливість віддаленого замовлення офіційних документів), інтеграція (компанії представляють продукцію на спеціалізованих порталах, державні послуги пропонуються в режимі «єдиного вікна»), політична активність (розвиток інституту електронної демократії). Було визначено, що Україна знаходиться на четвертій із шести стадій розвитку інформаційної економіки. Аналіз статистичних профілів показав, що хоча в рейтингах IDI та EGDІ позиції країни значно погіршилися, але дослідження за субіндексами свідчить, що людський капітал і навички ІКТ забезпечують достатній потенціал для переходу країни до наступної стадії розвитку інформаційної економіки, вузьким місцем є організація взаємодії державних структур з громадянами, що відображає незадовільна динаміка субіндексу онлайн послуг.

11. Урахування нелінійної динаміки конкурентного середовища в моделі взаємодії користувачів соціальних мереж розширило можливості опису реальних даних: виявлено кілька стійких станів рівноваги, у тому числі такі, що відповідають ситуації співіснування мереж; досліджена чутливість кінцевих станів системи до початкових умов. Апробація моделі на фактичних даних підтвердила її адекватність.

12. Експериментування з мультиагентною моделлю взаємодії користувачів соціальних мереж дозволило розробити рекомендації щодо формування стратегії розвитку інтернет-проектів у залежності від домінуючого на ринку типу взаємодії агентів: на конкурентному ринку конкуренція між лідерами ринку дає шанс на розвиток дрібним проектам, орієнтованим на спеціалізовану цільову аудиторію; на кооперативному ринку успіх проекту залежить від якості контенту; на змішаному ринку учасники міноритарних проектів з часом віддають перевагу лідеру в даному сегменті ринку.

13. Розроблений комплекс моделей прогнозування індикаторів ринку, що включає скрипт парсінгу новинних порталів та мікроблогів; алгоритм формування фактуальних та концептуальних екзогенних змінних моделей на основі аналізу тональності текстів та латентно-семантичного аналізу; сукупність багат шарових нейронних мереж прямого розповсюдження сигналу та рекурентних мереж LSTM, дозволив суттєво підвищити якість прогнозу шляхом урахування мережевих ефектів інформаційної економіки.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Монографії, навчальний посібник:*

1. Кононова К.Ю. Інформаційна економіка: моделювання еволюційних процесів : [монографія] / К.Ю. Кононова. – Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. – 312 с. (16,9 д.а.).
2. Экономико-математическое моделирование : [учебное пособие] / Т.В. Меркулова, Т.В. Биткова, Е.Ю. Кононова. Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2011. – 276 с. (15,8 д.а., особисто автора 5,3 д.а., розділ 5 «Использование средств MS Excel для решения задач оптимизации и построения эконометрических моделей»).
3. Моделирование социально-экономических систем: теория и практика :

[монографія] / В.С. Пономаренко, Т.С. Клебанова, Н.А. Кизим. – Х. : ИД «ИНЖЭК», 2012. – 592 с. (34,4 д.а., особисто автора 0,5 д.а., тема 1.5 «Эволюционные процессы в экономике: моделирование динамики макрогенераций»).

4. Формування сучасних механізмів розвитку інноваційної сфери економіки : [монографія] / І.Ю. Швець. – Сімферополь : ДІАЙПІ, 2013. – 386 с. (22,4 д.а., особисто автора 0,4 д.а., тема 1.5 «Тенденції інноваційного розвитку: аналіз на основі еволюційних моделей»).
5. Иерархия и сети в институциональной архитектонике экономических систем : [монографія] / Т.И. Артемова, А.А. Гриценко, Т.А. Кричевская. – НАН Украины, Ин-т экон. и прогнозир. – К., 2013. – 580 с. (46,4 д.а., особисто автора 0,4 д.а., тема 3.7 «Социальные сети – феномен самоорганизации в информационной экономике»).
6. Balkan and Eastern European Countries in the Midst of the Global Economic Crisis : [monograph] / A. Karasavvoglu, P. Polychronidou. – Greece, Business and Economics, 2013. – 174p. (20,1 д.а., особисто автора 0,8 д.а., тема «Information society: statistical profiles and development stages»).
7. Моделирование и информационные технологии в исследовании социально-экономических систем: теория и практика : [монографія] / В.С. Пономаренко, Т.С. Клебанова. – Бердянск, ФЛП Ткачук А.В., 2014. – 604 с. (30,8 д.а., особисто автора 0,4 д.а., тема 1.2 «Мультиагентная модель эволюции макрогенераций: анализ чувствительности»).
8. Current problems of management of modern organizations in Poland and in Ukraine : [monograph] / A. Stankiewicz-Mróz. – Lodz University of Technology, 2014. – 252 p. (29,1 д.а., особисто автора 0,5 д.а., тема «Techno-economic development: Modeling and control»).

*У наукових фахових виданнях:*

9. Меркулова Т.В. Моделирование динамики социальных сетей / Т.В. Меркулова, К.Ю. Кононова // Бізнес інформ. – 2009. – № 2(1). – С.44–48 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення моделі динаміки користувачів соціальних мереж).
10. Кононова К.Ю. Моделювання міжфірмової взаємодії з позицій еволюційної економіки / К.Ю. Кононова, Г.С. Ястребова // Економіка розвитку. – 2009. – № 2(50). – С. 32–35 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., аналіз моделі міжфірмової взаємодії).
11. Кононова Е.Ю. Моделирование макроэкономических процессов с позиций эволюционной экономики / Е.Ю. Кононова // Бізнес інформ. – 2009. – № 3. – С. 91–94 (0,2 д.а.).
12. Кононова Е.Ю. Оценка числа пользователей социальных сетей / Е.Ю. Кононова // Формування ринкової економіки в Україні. – 2010. – №22. – С. 176–179 (0,3 д.а.).
13. Меркулова Т.В. Моделювання конкурентної взаємодії: динаміка соціальних мереж / Т.В. Меркулова, К.Ю. Кононова // Міжнародний науковий журнал «Економічна кібернетика», № 1–3 (61–63). – Донецьк, 2010. – С. 31–41 (0,5 д.а., особисто автора 0,4 д.а., розроблення моделі динаміки користувачів соціальних

мереж).

14. Меркулова Т.В. Развитие электронного правительства в Украине на фоне мировых тенденций / Т.В. Меркулова, Е.Ю. Кононова // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. – 2010. – № 38-2. – С. 137–146 (0,7 д.а., особисто автора 0,5 д.а., аналіз показників розвитку електронного врядування).
15. Кононова Е.Ю. Исследование конкурентного взаимодействия онлайн-социальных сетей / Е.Ю. Кононова // Вісник Харківського університету. – 2011. – № 935. – С. 159–165 (0,3 д.а.).
16. Кононова К.Ю. Моделирование динамики макрогенераций / К.Ю. Кононова // Бізнес інформ. – 2012. – № 4. – С. 38–40 (0,3 д.а.).
17. Кононова Е.Ю. Статистические профили информационного общества: сравнительный анализ е-индексов [Электронный ресурс] / Е.Ю. Кононова, Э.А. Ковпак // Ефективна економіка. – 2015. – № 5.– Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4111> (0,6 д.а., особисто автора 0,4 д.а., розроблення методики ідентифікації ядра).
18. Кононова Е.Ю. Web evolutionary dynamics / Е.Ю. Кононова // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Економічна серія. – 2015. – № 89. – С. 56–62 (0,5 д.а.).
19. Кононова К.Ю. Концепція моделювання еволюції популяції економічних агентів [Електронний ресурс] / К.Ю. Кононова // Ефективна економіка. – 2016. – № 7. – Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5076> (0,6 д.а.).
20. Кононова К.Ю. Економічна інтерпретація гіпотез пост-синтетичної теорії еволюції [Електронний ресурс] / К.Ю. Кононова // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2016. – № 12. – Режим доступу : <http://global-national.in.ua/issue-12-2016/20-vipusk-12-serpen-2016-r/2359-kononova-k-yu-ekonomichna-interpretatsiya-gipotez-post-sintetichnoji-teoriji-evolyutsiji> (0,5 д.а.).
21. Кононова К.Ю. Взаємодія користувачів соціальних мереж: мультиагентна модель з екзогенними параметрами конкуренції [Електронний ресурс] / К.Ю. Кононова // Економіка та суспільство. – 2016. – № 4. – Режим доступу : <http://economyandsociety.in.ua/journal-4/11-stati-4/331-kononova-k-yu> (0,7 д.а.).

*У зарубіжних виданнях та у наукових фахових виданнях України,  
які включені до міжнародних наукометричних баз:*

22. Кононова К.Ю. Эволюция макрогенераций: мультиагентный подход / К.Ю. Кононова, М.В. Акулов // Бізнес інформ (Ulrichsweb, RePEc, PИHЦ, Index Copernicus, CiteFactor, Academic Journals Database, SIS, Advanced Science, OAJI, GetInfo, BASE, InfoBase, OpenAIRE, WorldCat, SUNCAT, COPAC, Соціонет, Open Access Library, J-Gate, Google Scholar, Research Bible). – 2013. – № 10. – С. 113–117 (0,4 д.а., особисто автора 0,3 д.а., розроблення мультиагентної моделі еволюції макрогенераций).
23. Кононова Е.Ю. Мультиагентная модель экономической эволюции: анализ чувствительности траекторий / Е.Ю. Кононова, Э.А. Ковпак, П.В. Сухомлин // Бізнес інформ (Ulrichsweb, RePEc, PИHЦ, Index Copernicus, CiteFactor, Academic Journals Database, SIS, Advanced Science, OAJI, GetInfo, BASE, InfoBase,

- OpenAIRE, WorldCat, SUNCAT, COPAC, Соціонет, Open Access Library, J-Gate, Google Scholar, Research Bible). – 2015. – № 4. – С. 105–112 (0,6 д.а., особисто автора 0,4 д.а., розроблення мультиагентної моделі економічної еволюції).
24. Меркулова Т.В. Нейросетевой подход к моделированию стратегий поведения: анализ результатов эксперимента «общественное благо» / Т.В. Меркулова, Е.Ю. Кононова // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці (Ulrichsweb, EBSCO, OAJI, Research Bible, Google Scholar, Index Copernicus). – КНЕУ, 2015. – № 4. – С. 113-134 (1,0 д.а., особисто автора 0,5 д.а., побудова та аналіз системи нейронних мереж).
  25. Кононова Е.Ю. Моделирование бизнес-процессов IT-отдела предприятия в информационной экономике / Е.Ю. Кононова, Е.А. Журавель // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Економічна серія (Google Scholar). – 2016. – № 90. – С. 85-91 (0,5 д.а., особисто автора 0,4 д.а., аналіз розрахунків за моделлю бізнес-процесу).
  26. Кононова Е.Ю. Прогнозування фінансових рядів: семантичний аналіз економічних новин / Е.Ю. Кононова, А.О. Дек // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці (Ulrichsweb, EBSCO, OAJI, Research Bible, Google Scholar, Index Copernicus). – КНЕУ, 2016. – № 5. – С. 81-92 (0,5 д.а., особисто автора 0,4 д.а., розроблення методики прогнозування індикаторів ринку).
  27. Кононова К.Ю. Комплекс моделей еволюції макрорегенерацій / К.Ю. Кононова // Інвестиції: практика та досвід (Google Scholar, Index Copernicus). – 2016. – № 15. – С. 13-18 (0,6 д.а.).
  28. Кононова К.Ю. Інформаційне суспільство: графова модель формування / К.Ю. Кононова // Економіка та держава (SIS, Google Scholar, Index Copernicus). – 2016. – № 8. – С. 58-64 (0,7 д.а.).
  29. Kononova K. Anthropocentric Approach, food lifestyles and well-being. Sustainability / K. Kononova, M. De Angelis // Rivista di Studi sulla Sostenibilita (Scopus). – Franco Angeli Edizioni, 2015. – No 2. – pp. 31-44 (0,8 д.а., особисто автора 0,6 д.а., дослідження сучасного етапу розвитку економіки).
  30. Merkulova T. Tax Factors of Sustainable Development: System Dynamics Approach towards Tax Evasion Analyses / T. Merkulova, T. Bitkova, K. Kononova // Rivista di studi sulla sostenibilita (Scopus). – Franco Angeli Edizioni, 2016. – No 1. – pp. 35-47 (0,7 д.а., особисто автора 0,3 д.а., аналіз розрахунків за моделлю сталого розвитку).
  31. Merkulova T. Environmental management: emission control instruments / T. Merkulova, K. Kononova // Quality – Access to Success (Scopus). – Romanian Society for Quality Assurance, 2016. – No 17(S1). – pp. 497-503 (0,5 д.а., особисто автора 0,3 д.а., вибір індикаторів, аналіз їх динаміки).
  32. Kononova K. Green ICTs: impact on the environmental sustainability / K. Kononova, E. Kovpak // International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics (AGRICOLA, CAB Abstracts, Google Scholar). – Inderscience, 2016. – Vol. 2, No. 2/3/4. – pp. 95-109 (0,7 д.а., особисто автора 0,5 д.а., аналіз структури індексів ІКТ, розроблення методики порівняння з індикаторами зеленої економіки).

*В інших виданнях:*

33. Кононова Е.Ю. Исследование жизненного цикла социальных сетей / Е.Ю. Кононова // Проблемы трансформаційної економіки : збірник наукових тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Кривий Ріг : КФ ДВНЗ «ЗНУ». – 2009. – С. 137–139 (0,2 д.а.).
34. Кононова Е.Ю. Моделирование эволюционных процессов в интернет-пространстве / Е.Ю. Кононова // Проблемы економічної кібернетики : тези доповідей XIV Всеукраїнської науково-методичної конференції. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2009. – С. 104–106 (0,2 д.а.).
35. Kononova K. Formation of Network Model of public policy in Ukraine / K. Kononova // The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world – EBEEC 2010 : book of abstracts of 2<sup>nd</sup> International Conference. – Kavala, 2010. – p. 37 (0,2 д.а.).
36. Меркулова Т.В. Социальные сети: рефлексивный подход к формированию потребительского выбора / Т.В. Меркулова, Е.Ю. Кононова // Рефлексивні процеси і управління в економіці : тези і матеріали науково-практичної конференції. – Херсон, 2010. – С. 25–27 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення моделі динаміки соціальних мереж).
37. Кононова Е.Ю. Анализ ценности онлайн-социальных сетей / Е.Ю. Кононова // Моніторинг, моделювання та менеджмент емерджентної економіки : зб. наук. пр. II Міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси : Брама-Україна, 2010. – С. 118–119 (0,2 д.а.).
38. Кононова Е.Ю. Формирование модели электронного государственного управления в Украине / Е.Ю. Кононова // Бізнес інформ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем». – 2010. – № 4(2). – С. 166–170 (0,3 д.а.).
39. Kononova K. Formation of Information Society: statistical profiles and development stages / K. Kononova // The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world – EBEEC 2011 : book of abstracts of 3<sup>rd</sup> International Conference. – Pitesti, 2011. – p. 42 (0,2 д.а.).
40. Кононова Е.Ю. Динамические модели взаимодействия и самоорганизации пользователей интернет / Е.Ю. Кононова // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем : тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції. – Х., ВД «ИНЖЕК», 2011. – С. 57–59 (0,2 д.а.).
41. Kononova K. Evolutionary processes in economics: modeling of macrogenerations dynamics / K. Kononova // The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world – EBEEC 2012 : book of abstracts of 4<sup>th</sup> International Conference. – Sofia, 2012. – p. 82 (0,2 д.а.).
42. Меркулова Т.В. Моделирование и анализ макроэкономической динамики на основе эволюции макрогенераций / Т.В. Меркулова, Е.Ю. Кононова // Математика и экономика в трудах В.В. Новожилова (120 лет со дня рождения В.В. Новожилова) : материалы Всерос. науч. конф. – СПб. : СПбГИЭУ, 2012. – 189 с. – С. 83–85 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення та аналіз моделі макрогенераций).
43. Kononova K. Social Networks: Modeling of Competitive Interaction / K. Kononova

- // The International Conference on Applied Economics (ICOAE) : procedia Economics and Finance, Uppsala, Sweden. – Elsevier, 2012. – pp.249–258 (0,5 д.а.).
44. Меркулова Т.В. Еволюційні процеси в економіці: моделювання динаміки макрogenerated / Т.В. Меркулова, К.Ю. Кононова // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Х., ВД «ИНЖЕК», 2012. – С. 60 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., аналіз моделі макрogenerated).
45. Kononova K. Evolution of Macro Generations: Multi-Agent Approach / K. Kononova // The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world – EBEEC 2013 : book of abstracts of 5<sup>th</sup> International Conference. – Istanbul, 2013. – p. 62 (0,2 д.а.).
46. Меркулова Т.В. Информационное общество: приоритеты развития Украины и России / Т.В. Меркулова, Е.Ю. Кононова // Институциональная трансформация экономики: условия инновационного развития : сборник статей по материалам III Международной научной конференции. – Новосибирск : НГТУ, 2013. – С. 498–501 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., порівняльний аналіз моделей інституалізації).
47. Kononova K. Evolutionary Processes in Economics: Multi-Agent Model of Macrogenerations Dynamics / K. Kononova, M. Lopez-Sanchez // Artificial Intelligence Research and Development : proceedings of the 16th International Conference of the Catalan Association for Artificial Intelligence. – IOS Press, Netherlands, 2013. – Vol 256., pp. 311–315. (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення та порівняння мультиагентної моделі та моделі макрogenerated).
48. Кононова Е.Ю. Мобильность рабочей силы в современной экономике / Е.Ю. Кононова, Е.С. Добраница // Актуальні проблеми стабілізації соціально-економічного розвитку в сучасних умовах : тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених. – Х. : ХНУ імені Каразіна, 2013. – С. 334–335 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення методики аналізу мобільності в інформаційній економіці).
49. Кононова Е.Ю. Анализ показателей развития информационного общества / Е.Ю. Кононова, А.В. Складорова // Актуальні проблеми стабілізації соціально-економічного розвитку в сучасних умовах : тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених. – Х. : ХНУ імені Каразіна, 2013. – С. 346–347 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення методики аналізу показників розвитку інформаційної економіки).
50. Кононова Е.Ю. Моделирование конкурентного взаимодействия: аналитический и имитационный подходы / Е.Ю. Кононова, Д.А. Попов // Стан і перспективи розвитку соціальної відповідальності економічних суб'єктів в сучасному світі : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – С. 230–233 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення методики моделювання конкурентної взаємодії в інформаційній економіці).
51. Кононова Е.Ю. Моделирование макроэкономической динамики на основе мультиагентного моделирования / Е.Ю. Кононова, П.В. Сухомлин // Актуальні проблеми економіки України: тенденції, ризики, стимули : тези доповідей Міжвузівської науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ, 2013. –

- С. 191–192 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення мультиагентної моделі еволюції популяції економічних агентів).
52. Меркулова Т.В. Эволюция макрогенераций: теоретические модели и эмпирический анализ / Т.В. Меркулова, Е.Ю. Кононова // Научное наследие В.И. Вернадского – фундаментальная основа научно-технологической и образовательной революции XXI века и стратегии глобального устойчивого развития : сборник статей Международного научного конгресса. – Санкт-Петербург. – 2013 (0,4 д.а., особисто автора 0,3 д.а., моделювання та аналіз динаміки макрогенераций).
  53. Kononova K. Modeling of Evolutionary Processes in Economics: Multi-agent Approach / K. Kononova // Eurasia Business and Economics Society : program and abstract book of 14th conference in Barcelona. – Teknik Basim Tanitim Matbaacilik, 2014. – p. 160 (0,2 д.а.).
  54. Kononova K. Economic Development: an Evolution Model / K. Kononova // The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world – EBEEC 2015 : book of abstracts of 7<sup>th</sup> International Conference. – Kavala, 2015. – p. 10 (0,2 д.а.).
  55. Кононова Е.Ю. Мультиагентная модель взаимодействия экономических агентов: анализ эволюционных режимов / К.Ю. Кононова, М. Лопес-Санчес // Туган-Барановський: творча спадщина та сучасна економічна наука : матеріали міжнародної науково-практичної конференції до 150-річчя з дня народження М.І. Туган-Барановського. – Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. – С. 173–179 (0,5 д.а., особисто автора 0,3 д.а., розроблення моделі та дослідження її еволюційних режимів).
  56. Kononova K. Some Aspects of ICT Measurement: Comparative Analysis of E-Indexes / K. Kononova // Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment : proceedings of the 7th International Conference. – Kavala, 2015. – Vol-1498. – pp. 938–946 (0,4 д.а.).
  57. Кононова Е.Ю. Прогнозирование валютных курсов на основе анализа интернет-контента / К.Ю. Кононова // Економіко-математичне моделювання : збірник матеріалів Першої національної науково-методичної конференції. – КНЕУ, 2016. – С. 192-195 (0,2 д.а.).
  58. Kononova K. M&A in ICT sector: methodology of parameters analysis / K. Kononova, V. Hadetskyi // The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the changed world – EBEEC 2016 : book of abstracts of 8<sup>th</sup> International Conference. – Split, 2016. – p. 10 (0,3 д.а., особисто автора 0,2 д.а., розроблення методики аналізу конкурентної взаємодії в інформаційній економіці).



## АНОТАЦІЯ

**Кононова К. Ю. Моделирование эволюционных процессов в информационной экономике. – Рукопись.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. – ДНВЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», м. Київ, 2017.

Дисертація присвячена розробці концепції та комплексу взаємопов'язаних моделей еволюційних процесів в інформаційній економіці, обумовлених зміною характеру взаємодії між суспільством, бізнесом та державою в умовах структурно-технологічних зрушень, переходу від ієрархічних до мережових структур, впровадження ІКТ та технологій електронного управління. Розроблено концепцію моделювання еволюційних процесів в інформаційній економіці, яка поєднує положення економічної теорії еволюції, постсинтетичної теорії еволюції та теорії інформаційної економіки. Розроблено комплекс моделей еволюції макрорегіонів, що дало можливість обґрунтувати періодизацію стадій ІЕ, виявити особливості її розвитку в країнах світу та ідентифікувати проблеми формування в Україні. Розроблено еволюційну мультиагентну модель, що дозволило на основі аналізу чутливості еволюційного процесу до варіації параметрів розміру популяції, негативного та позитивного відбору, цінкових факторів, описати еволюційні режими системи. Удосконалено метод аналізу індексів ІКТ, що дозволило обґрунтувати вибір індикаторів для моніторингу та побудови статистичних профілів ІЕ. Розроблено інструментарій аналізу статистичних профілів інформаційної економіки з використанням технологій штучного інтелекту, що дозволило ідентифікувати стадії її розвитку та обґрунтувати комплекс специфічних для кожної стадії пріоритетів. Удосконалено аналітичну модель взаємодії користувачів соціальних мереж, що дало змогу прогнозувати перспективи розвитку та оцінювати можливості їх капіталізації, а також мультиагентну модель динаміки користувачів, що дозволило оцінити вплив антагоністичної, конкурентної та змішаної взаємодії агентів на стратегію мереж. Побудовано комплекс моделей прогнозування індикаторів ринку, що дозволило суттєво підвищити якість прогнозу шляхом урахування мережових ефектів ІЕ.

**Ключові слова:** інформаційна економіка; індекси ІКТ; економічна еволюція; постсинтетична теорія еволюції; популяція економічних агентів; технологічні мутації; дифузія інновацій; макрорегіон; мультиагентне моделювання; штучний інтелект; нелінійна модель; графова модель; прогнозування.

## АННОТАЦИЯ

**Кононова Е. Ю. Моделирование эволюционных процессов в информационной экономике. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 08.00.11 – математические методы, модели и информационные технологии в экономике. – ГВУЗ «Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана», г. Киев, 2017.

Диссертация посвящена разработке методологических основ и комплекса взаимосвязанных моделей эволюционных процессов в информационной экономике, обусловленных изменением характера взаимодействия между обществом, бизнесом и государством в условиях структурно-технологических сдвигов, перехода от иерархических к сетевым структурам, внедрения ИКТ и технологий электронного управления. Сформулирована концепция моделирования эволюционных процессов в информационной экономике, основанная на положениях экономической теории эволюции, постсинтетической теории эволюции и теории информационной экономики, в рамках которой получила развитие экономическая интерпретация гипотез общей теории эволюции, что позволяет прогнозировать перспективы информационной экономики как нового этапа экономической эволюции. Разработан комплекс моделей эволюции макрогенераций, что дало возможность обосновать периодизацию стадий информационной экономики, выявить особенности ее развития в странах мира и идентифицировать проблемы формирования в Украине. Апробация модели смены макрогенераций на статистических данных показала, что в США и странах Западной Европы моменты зарождения макрогенераций близки, в то время как в странах постсоциалистического пространства наблюдается запаздывание последних макрогенераций (при существенном потенциале первых); экономическая трансформация негативно отразилась на макрогенерации постсоциалистических стран, и хотя некоторые из них смогли успешно преодолеть кризис, в Украине наблюдается дальнейшее снижение технико-экономического потенциала и отставание в переходе к информационной экономике. Разработана мультиагентная модель эволюции популяции экономических агентов; на основе анализа чувствительности эволюционного процесса к вариации параметров размера популяции, положительного и отрицательного отбора, ценовых факторов, описаны следующие эволюционные режимы системы: стагнация, устойчивое развитие, быстрое неустойчивое развитие. Показано, что стагнация наблюдается в малых популяциях экономических агентов в условиях сочетания сильного отрицательного и слабого положительного отбора; устойчивое развитие наблюдается в условиях умеренного отрицательного в сочетании с сильным положительным отбором; быстрое неустойчивое развитие наблюдается в больших популяциях с низким давлением негативного отбора в условиях, когда технологии передаются бесплатно или предельно дороги. Усовершенствован метод анализа индексов ИКТ, что позволило обосновать выбор индикаторов для мониторинга и построения статистических профилей информационной экономики. Разработан инструментарий анализа статистических профилей информационной экономики с использованием технологий искусственного интеллекта, на основе которого решена задача идентификации стадий современного развития информационной экономики и обоснован комплекс специфических для каждой стадии приоритетов. Учет нелинейной динамики конкурентной среды в аналитической модели взаимодействия пользователей социальных сетей расширил возможности описания реальных данных: обнаружено несколько устойчивых состояний равновесия, в том числе отвечающих ситуации сосуществования сетей. Мультиагентная модель динамики пользователей социальных сетей, в которой формализованы поведенческие режимы агентов, позволила оценить влияние антагонистического, конкурентного и

смешанного взаимодействия пользователей на стратегию сети. Учет сетевых эффектов информационной экономики при прогнозировании индикаторов рынка с использованием алгоритмов парсинга концептуального и фактуального интернет-контента; алгоритмов формирования экзогенных переменных на основе анализа тональности текстов и латентно-семантического анализа; системы многослойных нейронных сетей, позволил существенно повысить качество прогноза.

**Ключевые слова:** информационная экономика; индексы ИКТ; экономическая эволюция; постсинтетическая теория эволюции; популяция экономических агентов; технологические мутации; диффузия инноваций; макрогенерации; мультиагентное моделирование; искусственный интеллект; нелинейная модель; графовая модель; прогнозирование.

## SUMMARY

**Kononova K. Y. Modelling of evolutionary processes in Information Economy.**  
– Manuscript.

The thesis of doctor degree in economics by specialty 08.00.11 – mathematical methods, models and information technologies in economics. – SHEE «Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman», Kyiv, 2017.

The thesis deals with the development of the concept and the set of evolutionary models of economic agents' interaction in the information economy. The modeling concept of evolution of economic agents' population combines the hypothesis of the economic theory of evolution, post-synthetic theory of evolution and the theory of information economics. The economic interpretation of the post-synthetic theory of evolution hypothesis has allowed predicting the prospects of the information economics as a new stage of economic evolution. The model set of macrogenerations evolution includes the analysis of parameters drift of the production function; model of macrogeneration lifecycle; model of macrogenerations identification and their parameters estimation based on empirical data. It has allowed studying the macrogenerations dynamics according to the stages of Information Economy; and identifying features of its development in the world and the problems in Ukraine. The multi-agent model of the evolution of economic agents' population has been developed. Sensitivity analysis of the multi-agent model has allowed describing the evolutionary regimes of the system. The method of ICT indexes analysis has been upgraded. The methodology of Information Economy statistical profiles analysis using artificial intelligence has allowed identifying its developing stages and justifying a set of specific priorities for each stage. Variable coefficients of competition have been added to the model of social networks users' interaction. Multi-agent model of social networks users' interaction formalize antagonistic, competitive, mixed agents' behavior. The set of forecasting models based on internet users' sentiment analysis has been developed.

**Keywords:** information economy; ICT indexes; economic evolution; post-synthetic theory of evolution; population of economic agents; technological mutation; diffusion of innovation; macrogeneration; multi-agent simulation; artificial intelligence; nonlinear model; graph model; prediction.