

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ БІЗНЕСУ, ЕКОНОМІКИ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
Кафедра економічної кібернетики

ПРОТОКОЛ

наукового семінару кафедри економічної кібернетики

від 29.10.2021

№ 1

Голова: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор.
Секретар: Порошина В.В., фахівець I кат

Присутні: д.е.н. професори: Олійник В.М.; д.е.н., доценти: Бойко А.О., Яровенко Г.М.;
к.е.н., доценти: Боженко В.В.; к.т.н., доценти: Гриценко К.Г., Яценко В.В.; к.ф.-м.н.,
доцент Коломієць С.В.; к.е.н. старший викладач: Койбічук В.В., Діденко І.В.; асистенти:
Миненко С.В., Кушнерьов О.С.; викладачі-стажисти: Колотіліна О.В., Каща М.О.; технік:
Грек К.А.

Засідання кафедри проводилось онлайн за допомогою Google-meet

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

1. Особливості процедур фінансового моніторингу в розрізі країн світу

СЛУХАЛИ: Койбічук Віталія Василівна, к.е.н., старший викладач

Процеси технологізації фінансових інструментів, стрімке впровадження інноваційних інформаційних технологій в бізнес-процеси національних економік, банківську сферу, соціально-політичну сферу, освітні системи з одного боку сприяють соціальному розвитку, економічному зростанню, процвітання та конкурентоспроможності країн на світовій арені, а з іншого – викликають зростання масштабів транскордонної економічної злочинності, збільшення та розповсюдження різноманітних схем кіберзлочинності, збільшення кількості обсягів нелегально отриманих доходів, що супроводжується вдосконаленням механізмів відмивання кримінальних коштів. Легалізація кримінальних доходів чинить деструктивний вплив як на стійкість окремо взятої фінансової установи, так і на стабільність фінансової системи країни, її інвестиційну привабливість, а також на довіру з боку міжнародних партнерів та організацій. За аналітичними даними провідної компанії «Cybersecurity Ventures» [1], що займається дослідженням глобальної кіберекономіки, статистикою кібербезпеки, у 2021 р. збитки від кібершахрайств складають: 6 трильйонів дол. США на рік, 500 млн. дол. США – на місяць, 115,4 млн дол. США – на тиждень, 16, 4 млн. дол. США – на день, 684,9 млн. дол. США – на годину, 11, 4 млн. дол. США – на хвилину, 190 тис. дол. США – на секунду. Атаки на бізнес у 2021 році будуть здійснюватися кожні 11 секунд, порівняно з 40 секундами у 2016. Якщо провести аналогію поняття «кіберзлочинність» з поняттям «економіка країни», то кіберзлочинність є третьою за величиною економікою світу після США та Китаю. У міру того, як інформаційні технології все більше інтегруються в операції з фізичною інфраструктурою, зростає ризик масштабних подій або наслідків, які можуть завдати шкоди або порушити роботу послуг, від яких залежить економіка країн та повсякденне життя мільйонів громадян. Отже, надзвичайно важливим та актуальним є питання вивчення передових практик світу в розрізі

організації та особливостей процедур фінансового моніторингу, систем кібербезпеки з метою посилення стійкості національних економік до викликів кібершахрайств.

Формування безпечного та сучасного цифрового середовища, здатного забезпечити надійну, економічно вигідну та безпечну інфраструктуру та послуги, в ногу з новими методами роботи та спільної роботи, що узгоджуються із очікуваннями персоналу, громадян, бізнесу та зацікавлених сторін, запропоновано Європейською комісією, яка є вищим органом виконавчої влади Європейського союзу (відповідає за підготовку законопроектів, виконання рішень Європарламенту та Ради, здійснює контроль за дотриманням договорів ЄС та інших правових актів та поточних справ союзу), здійснювати наступним алгоритмом дій та процедур.

Відліковою точкою є стандартний набір правил Європейської системи фінансового нагляду [4] для регулювання та нагляду за банківською діяльністю у всіх країнах ЄС, адже саме банківська система є найбільш вразливою для використання великої кількості різноманітних витончених шахрайських схем із залученням всіх учасників фінансових операцій: клієнтів банку (фізичних чи юридичних осіб), співробітників банків, економічних агентів (підприємства, фірми), держава. Європейський банківський орган (ЕБА) є незалежним органом ЄС, який працює над забезпеченням ефективного та послідовного рівня пруденційного регулювання та нагляду в усьому європейському банківському секторі. Його загальні цілі – підтримка фінансової стабільності в ЄС та забезпечення цілісності, ефективності та впорядкованого функціонування банківського сектору. Крім того, ЕБА є частиною Європейської системи фінансового нагляду (ESFA), до складу якої входять також наглядові органи: Європейський орган з цінних паперів і ринків (ESMA) та Європейський орган страхування та пенсійного забезпечення (EIOPA). Система також включає Європейську раду з системних ризиків (ESRB), а також Спільний комітет європейських наглядових органів та національних наглядових органів. Отже ЕБА встановлює рекомендації щодо нагляду за фінансовими установами та виявляє порушення законодавства ЄС.

В Європі станом на січень 2020 р. активно функціонували 5411 банківських установ. Це потужна кількість в порівнянні з переліком інших соціально-економічних об'єктів. Та значний внесок в розвиток фінансових систем країн Європи здійснює саме банківська система. Кількість банків у Німеччині – 1531, у Польщі – 627, в Австрії – 522, в Італії – 485, у Франції – 406, у Великобританії – 401, в Ірландії – 312, у Фінляндії – 241, в Іспанії – 196, у Швеції – 154, у Португалії – 147, у Люксембурзі – 127, у Данії – 100, у Нідерландах – 93, у Бельгії – 84, у Литві – 83, у Румунії – 75, у Чехії – 58, у Латвії – 54, в Угорщині – 46, в Естонії – 38, у Греції – 35, у Словаччині – 27, на Мальті – 25, у Болгарії – 25, у Хорватії – 24, у Словенії – 17.

Так, динаміку стану банківської системи країн ЄС на основі значень банківських структурних показників, що характеризують якість банківської системи, а саме кількості акцій 5 найбільших кредитних установ в загальному обсязі активів (C15) за минуле десятиліття наведено в таблиці 1, яку сформовано на основі статистичних даних, що офіційно публікуються Європейським центральним банком [5].

Таблиця 1. Банківські структурні індикатори: частка 5 найбільших кредитних установ у загальних активах (CR5, відсотки)

Країна ЄС/Рік	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	Спарклайн
Австрія	38,52	36,01	36,02	36,07	34,45	35,76	36,84	36,72	36,49	38,38	35,87	
Бельгія	75,3	73,98	73,4	68,8	66,19	65,45	65,79	63,99	66,35	70,77	74,86	
Болгарія	67,1	62,51	59,69	56,48	58,03	57,64	55,03	49,85	50,38	52,58	55,17	
Кіпр	86,48	85,7	86,92	84,16	65,78	67,51	63,4	64,06	62,55	60,68	64,23	
Чехія	65,26	64,77	64,49	63,68	63,89	62,51	60,86	62,04	61,38	61,9	62,63	
Німеччина	34,03	31,22	29,1	29,71	31,35	30,56	32,12	30,59	33,01	33,55	32,6	
Данія	67,1	66,2	64,5	65,65	68,33	67,78	68,08	68,38	65,61	66,3	64,42	
Естонія	93,73	92,95	90,97	90,3	88,04	88,63	89,85	89,71	89,6	90,64	92,26	
Іспанія	66,43	67,42	68,53	63,73	61,8	60,2	58,3	54,4	51,4	48,1	44,3	
Фінляндія	80,07	80,36	81,61	73,46	80,52	88,02	89,73	87,11	85,95	86,9	89,17	
Франція	49,17	48,66	47,73	45,38	45,95	47,23	47,64	46,74	44,62	48,27	47,4	
Велика Британія	31,05	31,21	31,82	36,88	35,49	36,99	38,85	43,67	42,82	43,55	42,52	
Греція	97,03	97,35	96,83	96,98	97,28	95,23	94,06	94,01	79,47	71,99	70,64	
Хорватія	80,52	79,79	79,42	72,79	73	72,65	72,27	72,85	73,94	72,13	71,05	
Угорщина	50,09	52,72	50	49,64	49,83	49,38	49,3	51,89	54,02	54,63	54,64	
Ірландія	55,68	49,71	46,13	45,51	44,27	45,93	47,56	47,83	46,4	46,72	49,88	
Італія	49,34	47,88	45,59	43,43	43	41	41	39,6	39,68	39,46	39,84	
Литва	91,85	90,44	90,93	90,13	87,1	86,85	85,7	87,1	83,63	84,75	78,83	
Люксембург	31,6	27,68	26,31	26,18	27,63	31,27	31,95	33,72	33,08	31,21	31,11	
Латвія	87,77	83,18	80,93	73,6	66,6	64,58	63,6	64,13	64,05	59,57	60,43	
Мальта	74,81	75,14	77,52	80,85	80,27	81,32	81,49	76,48	74,44	71,96	71,28	
Нідерланди	84,32	84,71	84,67	83,84	84,72	84,59	85,01	83,83	82,07	83,56	84,2	
Польща	54,28	49,8	49,51	47,51	47,73	48,63	48,31	45,24	44,4	43,69	43,37	
Португалія	73,56	73,34	72,95	73,12	71,2	72,32	69,23	70,26	69,95	70,76	70,86	
Румунія	62,4	62,6	61,6	59,5	59,1	57,4	54,2	54,4	54,7	54,6	52,7	
Швеція	55,15	54,83	54,28	58,17	56,28	57,83	58,54	58,26	57,42	57,81	57,78	
Словенія	67,34	60,93	60,79	61,53	60,99	59,15	55,61	57,08	58,35	59,33	59,27	
Словаччина	76,78	75,69	75,57	74,54	72,72	72,3	70,69	70,32	70,72	72,23	72,03	

Далі органи нагляду за боротьбою з відмиванням грошей контролюють, на скільки добре зобов'язані суб'єкти виконують свої завдання. Такими зобов'язаними організаціями є фінансові установи, визначені нефінансові підприємства та професійні спілки. Також здійснюється перевірка операцій в ЄС та третіх країнах через банківських юристів, бухгалтерів.

Перш ніж допустити проведення транзакцій в країнах EU або через країну чи декілька країн здійснюється ретельна перевірка клієнтів: моніторинг з боку зобов'язаних суб'єктів, які повинні переконатися, що вони знають, хто є їхнім клієнтом [6]. Якщо підозріла операція ідентифікована, то зобов'язана організація надсилає звіт до відділу фінансової розвідки (FIU) відповідної держави-члену ЄС. Відділ фінансової розвідки має спеціальні інструменти для здійснення якісного аналізу. Такими інструментами є доступ до реєстрів бенефіціарних власників, де зазначається, хто є справжнім бенефіціаром компанії чи тресту, а також доступ до реєстрів рахунків Центрального банку з відображенням детальної інформації у кого який рахунок і де він розміщується. Якщо аналіз щодо небезпечності фінансових транзакцій підтверджується, то відділ фінансової розвідки надсилає його до правоохоронних органів, наглядового чи іншого компетентного органу.

Особливо ретельно здійснюються зобов'язаними суб'єктами фінансових установ моніторинг транзакцій, які проводяться через країни із високим рівнем ризику, які мають стратегічні недоліки у своїх режимах протидії відмиванню коштів та фінансуванню тероризму, та які становлять значну загрозу для фінансової системи Євросоюзу. Перелік цих країн згідно діючої 5 Директиви Євросоюзу щодо відмивання коштів станом на 2020 р. наступний [7]: Багамські острови, Барбадос, Ботсвана, Камбоджа, Гана, Ямайка, Маврикій, М'янма, Нікарагуа, Панама, Зімбабве. При цьому такі країни як Афганістан, Корейська Народно-Демократична Республіка (КНДР), Іран, Ірак, Сирія, Уганда, Вануату, Ємен знаходяться у списку високоризикованих з 2016 року, а Пакистан, Тринідад і Тобаго – з 2018 року.

Переходячи до питання організації кібербезпеки фінансових систем країн зупинимося на діючих державних системах кібербезпеки в розрізі окремих країн та країн-членів ЄС. Так, якщо розглядати діяльність державних органів країн Євросоюзу, які здійснюють фінансовий моніторинг та мають забезпечувати кіберзахист як фінансового сектору, так і ІТ сектору, що безпосередньо є ключовим ланцюгом при здійсненні цифрових транзакцій, то, наприклад, в Німеччині з 2011 року створено Національний центр

кібербезпеки (NCAZ), основними задачами якого є збір інформації та упередження кібератак на ІТ-системи на ранній стадії [8].

Стратегічним документом у постійному процесі дій урядової адміністрації на 2017-2022 роки, спрямованих на підвищення рівня кібербезпеки Польщі є Національна рамка політики кібербезпеки [9]. Основною його метою є забезпечення високого рівня безпеки державного та приватного секторів, а також громадян у процесі надання або використання основних послуг та цифрових послуг. Крім того, положення Національної рамки політики кібербезпеки спрямовані на збільшення спроможності до національно скоординованих дій щодо запобігання, виявлення, боротьби та мінімізації впливу інцидентів, які ставлять під загрозу безпеку інформаційно-комунікаційних технологій, життєво важливих для функціонування держави; посилення спроможності протидіяти кіберзагрозам; підвищення національного потенціалу та компетенції у сфері безпеки у кіберпросторі; побудову міцних міжнародних позицій в галузі кібербезпеки. Зокрема, між Польщею та НАТО підписано угоду в сфері кібербезпеки в липні 2019 року, яка є правовою нормативною базою для можливого використання альянсом команд та швидкого реагування на загрози в кіберпросторі [10].

В Україні у 2017 році створено Центр кіберзахисту Національного банку України, який поєднує та координує зусилля у сфері забезпечення кібербезпеки та кіберзахисту в банківському та фінансовому секторах України. З 2018 року у складі Центру кіберзахисту Національного банку України функціонує команда реагування на кіберінциденти в банківській системі (CSIRT-NBU). У серпні 2019 року Центр кіберзахисту Національного банку України та Державний центр кіберзахисту Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України підписали Меморандум про взаємодію та співробітництво в сфері кібербезпеки та кіберзахисту, спрямовану на попередження, виявлення, ефективне реагування та протидію актуальним кіберзагрозам, підвищення рівня інформаційної безпеки та ситуаційної обізнаності у сфері кібербезпеки та кіберзахисту.

Агентство кібербезпеки та безпеки інфраструктури (CISA), створене наприкінці 2018 року, є федеральною агенцією США та оперативним компонентом Міністерства внутрішньої безпеки [11]. Основною метою діяльності Агентства кібербезпеки та безпеки інфраструктури є надання оперативної довідкової інформації зацікавленим сторонам про конкретні кібер- або фізичні загрози для певної критичної інфраструктури країни на основі даних розвідувальних служб США, проведення операцій з управління інцидентами та ризиками з використанням програмного інструментарію, технічних послуг, регуляторного забезпечення (якщо це дозволено на законодавчому рівні), надання оцінки вразливості інформації, а також розроблення комплексного набору заходів щодо упередження можливих кібератак чи фізичних загроз, а у випадку їх настання – розроблення стратегій щодо пом'якшення наслідків. Наразі в Україні у вересні 2021 року розпочато співпрацю з Агентством з кібербезпеки та безпеки інфраструктури США, що є надзвичайно важливим кроком у посиленні національної безпеки України [12]. В розрізі даної співпраці до кінця року буде укладено угоду, де передбачається: здійснити побудову платформи взаємообміну інформацією про кіберінциденти в інтересах системи управління інцидентами та відновлення після них; здійснювати спільні дії щодо захисту об'єктів критичної інформаційної інфраструктури та надання сторонам-партнерам відповідної інформації для покращення системи реагування на кіберінциденти; здійснювати обмін досвідом у рамках системи управління ризиками, що дозволить забезпечити національну стійкість України; використання досвіду США з організації взаємодії у сфері кібербезпеки з приватним сектором; формування кадрового потенціалу з кібербезпеки шляхом проведення навчальних курсів на базі CISA, тренінгів, спільних навчань.

У 2016 р. з метою забезпечення захисту конфіденційних даних при здійсненні трансатлантичних операцій при передачі персональних даних з Європейської економічної зони (ЄЕЗ) до США Міністерством торгівлі США, Європейською комісією та Швейцарською адміністрацією було розроблено програму Privacy Shield. У січні 2017 року

Федеральний уряд Швейцарії оголосив про схвалення даної програми як дійсний юридичний механізм для дотримання швейцарських вимог під час передачі персональних даних зі Швейцарії до Сполучених Штатів [13]. Програма Privacy Shield надає ряд важливих переваг організаціям США та їх партнерам в Європі: вимоги щодо відповідності фінансових транзакцій регламентуючим документам чітко викладені та економічно ефективні, що особливо має приносити користь малим та середнім підприємствам. Також гарантується, що організації-учасники забезпечують «адекватний» захист конфіденційності, в тому числі з використанням технологій блокчейн [14]. Детальні рекомендації про заходи, які доповнюють інструменти передачі для забезпечення відповідності рівню захисту персональних даних ЄС були розроблені Європейською радою із захисту даних (GDPR) у 2020 та прийняті до використання у 2021. Комплексний опис подано алгоритмом щодо дотриманням 6 кроків: «Знати, що передається», «Ідентифікувати інструменти передачі, до яких є довіра», «Оцінити, чи ефективний інструмент передачі відповідно до статті 46 GDPR, до якого є довіра», «Застосувати додаткові заходи», «Здійснити процедурні дії, якщо визначено ефективні додаткові заходи», «Повторно оцінювати через відповідні проміжки часу».

Отже, в результаті проведеного макропруденційного аналізу наведено тенденції розвитку та змісту провідних систем фінансової кібербезпеки та кіберзахисту інформації. Контент-аналіз нормативно-регуляторного забезпечення процедур фінансового моніторингу фінансових транзакцій дозволив визначити їх особливості в розрізі економіко-політичного забезпечення для протидії відмивання кримінальних доходів та організації кібербезпеки фінансово-інформаційної сфери. Безпечна співпраця вимагає, щоб сторони, які співпрацюють, застосовували правильні політики для своєї взаємодії. Отримані результати щодо організації якісно розробленої дорожньої карти фінансового моніторингу на прикладі країн Євросоюзу слугують підґрунтям в коротко- та довгостроковій перспективі кіберкультури модифікаціям як для економічних агентів, так і держави.

УХВАЛИЛИ: інформацію прийняти до відома.

Головуючий

О.В. Кузьменко

Секретар

В.В. Порошина

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ БІЗНЕСУ, ЕКОНОМІКИ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
Кафедра економічної кібернетики

ПРОТОКОЛ

наукового семінару кафедри економічної кібернетики

від 17.12.2022

№ 2

Голова: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор.
Секретар: Порошина В.В., фахівець I кат

Присутні: д.е.н. професори: Олійник В.М.; д.е.н., доценти: Бойко А.О., Яровенко Г.М.;
к.е.н., доценти: Боженко В.В.; к.е.н.; к.т.н., доценти: Гриценко К.Г., Яценко В.В.; к.ф.-м.н.,
доцент Коломієць С.В.; к.е.н. старший викладач: Койбічук В.В., Діденко І.В.; асистенти:
Миненко С.В., Кушнерьов О.С.; викладачі-стажисти: Колотіліна О.В., Каща М.О.; технік:
Грек К.А.

Засідання кафедри проводилось онлайн за допомогою Google-meet

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

1. Оцінювання рівня фінансової інклюзії населення

СЛУХАЛИ: Діденко Ірина Вікторівна, к.е.н., старший викладач

Фінансова інклюзія є важливою складовою економічного розвитку та зниження загального рівня бідності в країні, а також може бути засобом запобігання явищу соціальної ізоляції. Право людини на використання офіційних фінансових продуктів та послуг має бути пріоритетом у процесі організації фінансової системи. Однак, коли мова заходить про фінансову інклюзію, вона не може обмежуватися її стосунками з фінансовим сектором. Відповідно до ключових принципів, що лежать в основі нової концепції державного управління, визначеної в 1993 р. В одній з публікацій ОЕСР [**Error! Reference source not found.**] (публічні функції делегуються приватним організаціям за контрактними угодами або на основі партнерських відносин; оперативне та гнучке реагування на потреби споживачів та користувачів громадськості послуги; максимальне задоволення їх запитів; децентралізація управління фінансами, персоналом, якістю роботи; делегування повноважень та відповідальності від центрального до нижчих рівнів державного управління; діяльність місцевих органів влади та неурядових організацій у розробці та впровадженні стратегічних цілей державної політики; встановлення через систему оцінки результатів особистої відповідальності за якість управління; наділення низових повноважень ефективно приймати рішення та вирішувати місцеві проблеми; працівники, підвищуючи відповідальність організацій за досягнення результатів; функціонування держави і установи в ринкових умовах через конкуренцію, вибір клієнтів за допомогою тендерів тощо; розширення зони відповідальності; широке впровадження стратегічного планування та інших нововведень), заохочується здатність населення бути активними фінансовими суб'єктами та сприяє вільному розвитку державного сектору та ділового середовища. Ці вектори соціального життя поєднують у собі рівень фінансової включеності населення, рівень реалізації концепції нового державного управління та оцінку ділового

середовища [Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.]. Ці категорії є складними, тому вони, як правило, формуються в результаті комплексної оцінки досліджуваного явища. Характер управління фінансовою системою складний і неоднорідний. Інклюзивна фінансова система потребує особливого заохочення у використанні фінансових послуг усіма групами суспільства в умовах добре організованого державного та ділового середовища.

Сьогодні існує чітке розуміння поняття "фінансова інклюзія" як передумови стійкого скорочення бідності та економічного зростання. Однак взаємозв'язок між фінансовою інклюзією та вже традиційною концепцією стійкого нового державного управління та індексом розвитку бізнес-середовища ще не вивчений і не розглянутий в єдиному контексті. Ця ситуація почала покращуватися і стала особливо актуальною у післякризовий період, коли дослідження цих питань могли допомогти зрозуміти причини негативних фінансових та адміністративних структурних змін.

УХВАЛИЛИ: інформацію прийняти до відома.

Головуючий
Кузьменко

О.В.

Секретар

В.В. Порошина

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ БІЗНЕСУ, ЕКОНОМІКИ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
Кафедра економічної кібернетики

ПРОТОКОЛ

наукового семінару кафедри економічної кібернетики

від 18.02.2022

№ 3

Голова: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор.
Секретар: Порошина В.В., фахівець I кат

Присутні: д.е.н. професори: Олійник В.М.; д.е.н., доценти: Бойко А.О., Яровенко Г.М.; к.е.н., доценти: Боженко В.В.; к.т.н., доценти: Гриценко К.Г., Яценко В.В.; к.ф.-м.н., доцент Коломієць С.В.; к.е.н. старший викладач: Койбічук В.В., Діденко І.В.; асистенти: Миненко С.В., Кушнерьов О.С. Колотіліна О.В.; викладачі-стажисти: Каща М.О.; технік: Грек К.А.

Засідання кафедри проводилось онлайн за допомогою Google-meet

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

1. Оцінювання рівня ризику використання фінансової операції з метою легалізації кримінальних доходів із використанням апарату нечіткої логіки

СЛУХАЛИ: Гриценко Костянтин Григорович, к.т.н., доцент

Популярним підходом до оцінювання ризику легалізації кримінальних доходів із використанням фінансових операцій є застосування індикаторів ризику в процесі моніторингу фінансових операцій. До індикаторів ризику легалізації можна віднести такі: один клієнт контролює декілька банківських рахунків; багато операцій із рахунком проводиться за короткий проміжок часу (наприклад, відкриття рахунку – переказ коштів із рахунку – закриття рахунку, відкриття рахунку – отримання коштів на рахунок – зняття коштів із рахунку – закриття рахунку).

Використання теорії нечітких множин має низку переваг порівняно з іншими методами оцінювання, а саме:

- враховує вплив суб'єктивного чинника на процес ухвалення рішень, водночас невпевненість аналітика під час класифікації рівня показника моделюється функцією приналежності, носієм якої є допустима множина значень показника;
- не потребує значної кількості даних для аналізу;
- надає максимально точну оцінку, яка враховує всі відтінки значень як окремих показників, так і підсумкового показника.

Нечіткі описи під час аналізу ризику з'являються у зв'язку з невпевненістю експерта, яка виникає під час різних класифікацій. Наприклад, експерт не може провести межу між «середнім» і «низьким» рівнем індикатора ризику, або не може чітко розмежувати поняття «високого» і «дуже високого» рівня ризику. Нечіткі описи дозволяють експерту найкраще формалізувати його нечіткі уявлення, трансформувавши лінгвістичні описи в мову кількісних оцінок. Застосування нечітких описів означає таке:

- будується лінгвістична змінна з терм-множиною та кількісною шкалою значень;

– кожному терму лінгвістичної змінної ставлять у відповідність функцію належності. Загальновживаними функціями під час аналізу економічного ризику є трикутні та трапецієподібні функції належності.

Використання апарату нечіткої логіки у процесі побудови математичної моделі оцінювання ризику легалізації кримінальних доходів дає можливість застосувати лінгвістичні оцінки, формалізувати їх та отримати чіткий математичний результат оцінювання.

Розглянемо один із можливих варіантів побудови нечіткої експертної системи для оцінювання ризику легалізації кримінальних доходів під час здійснення фінансових операцій. Структура такої системи зображена на рисунку 1, а база правил логічного виведення – на рисунку 2.

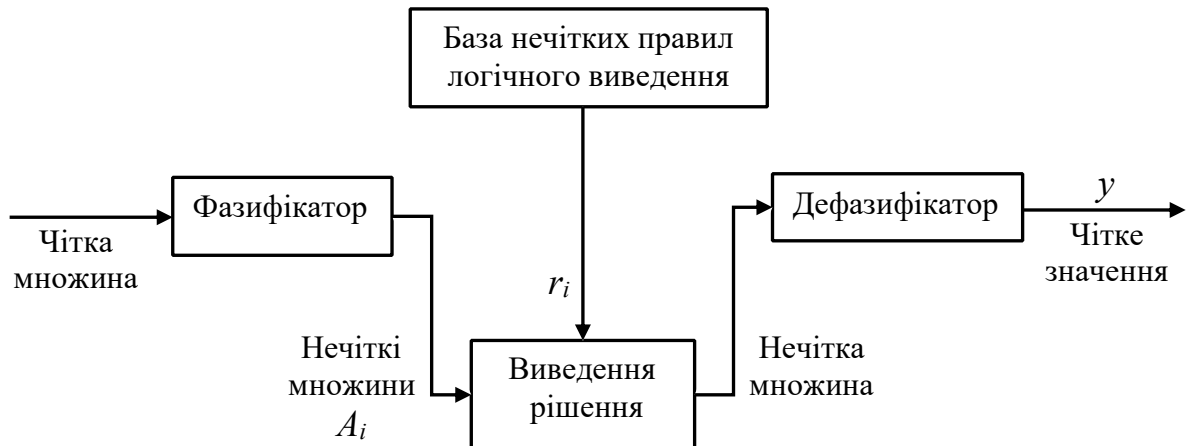


Рисунок 1 – Структура нечіткої експертної системи Мамдані

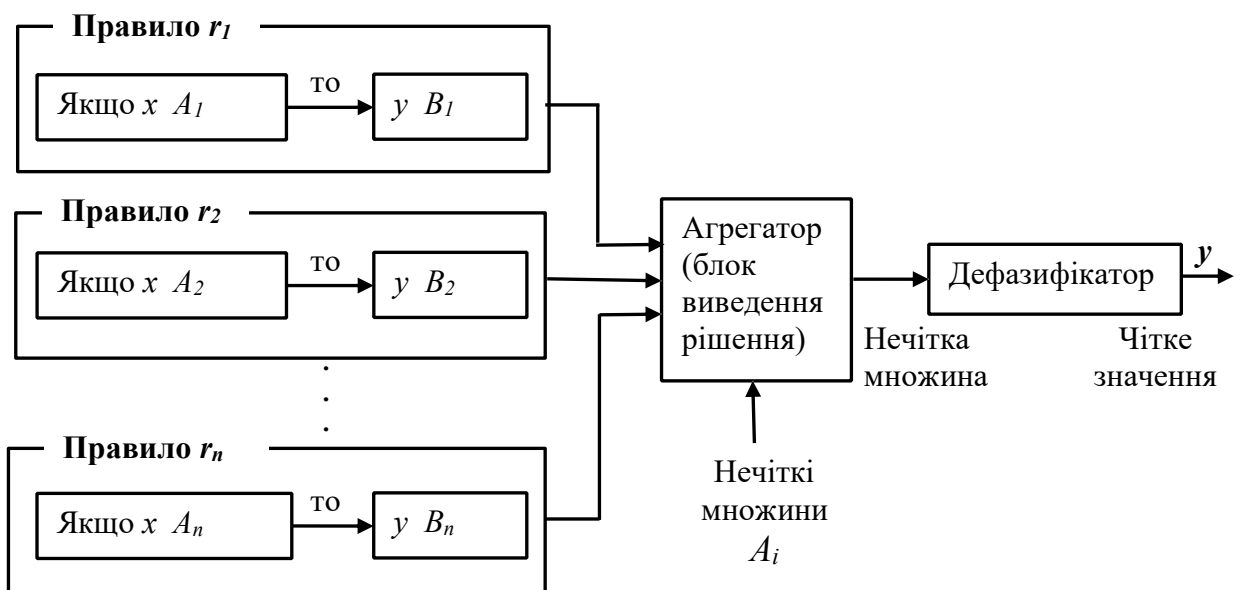


Рисунок 2 – База правил виведення нечіткої експертної системи Мамдані

Фазифікатор (див. рис. 1) перетворює чітку множину вхідних змінних $x \in X$ на нечіткі множини A_i , $i = \overline{1, n}$ (n – кількість нечітких термів) за допомогою функцій належності нечітких множин $\mu_{A_i}(x)$, тоді як дефазифікатор розв’язує обернену задачу – він формує чітке значення y щодо нечіткої множини на виході блоку виведення рішення, який реалізує правила виведення. Оскільки використовують базу нечітких правил r_i логічного виведення, то у блоці виведення рішення реалізовано агрегування у вигляді логічного суматора. Дефазифікація аналогічна знаходженню характеристик положення випадкових величин (математичного сподівання, моди, медіани) у теорії ймовірностей.

Розглянута нечітка експертна система називається нечіткою системою логічного виведення Мамдані. Згідно з алгоритмом Мамдані імплікація моделюється мінімумом, а агрегація – максимумом, використано мінімаксну композицію нечітких множин. На етапі фазифікації значення вхідних змінних є нечіткими. Визначають ступінь істинності, тобто значення функцій належності для лівих частин кожного правила виведення (антецедентів). Нечітке виведення формується так: спочатку визначають рівні «відсікання» для лівої частини кожного правила, далі знаходять «усічені» функції належності. Наступним етапом алгоритму Мамдані є композиція отриманих «усічених» функцій. Останній етап алгоритму Мамдані – процес дефазифікації (приведення до чіткості), зокрема центроїдним методом (формула (1)).

$$y = \frac{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} y \cdot \mu_B(y) dy}{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu_B(y) dy}, \quad (1)$$

де $\underline{y}$, $\bar{y}$ – нижня і верхня межа діапазону значень вихідної змінної y відповідно.

Установимо такі індикатори ризику. Будемо вважати рахунок клієнта підозрілим, якщо:

- 1) на нього надходять великі кошти (наприклад, більше ніж 100 тис. грн);
- 2) після надходження кошти швидко знімаються із рахунку (протягом 3 діб).

Кожний індикатор ризику (вхідну змінну) подамо у вигляді лінгвістичної змінної виду (формула (2))

$$\langle \beta, T, X, G, M \rangle, \quad (2)$$

де β – найменування лінгвістичної змінної;

T – множина її значень (терм-множина), що є найменуванням нечітких змінних, областю визначення кожної з яких є універсальна множина X ;

G – синтаксична процедура, яка дозволяє оперувати елементами терм-множини T ;

M – семантична процедура, яка дозволяє сформувати відповідну нечітку множину.

Терми лінгвістичних змінних можуть бути подані за допомогою нечітких множин у такому вигляді (формула (3)):

$$T = \{(x, \mu_T(x) \mid x \in X, \mu_T(x) \in [0, 1])\}, \quad (3)$$

де $\mu_T(x)$ – функція належності нечіткої множини T .

Опис лінгвістичних змінних наведений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Лінгвістичні змінні

Найменування змінної	Позначення змінної	Терм-множина, T	Універсальна множина
«Сума отриманих на рахунок коштів»	x_1	Мала, a_1	$[0, +\infty)$, тис. грн
		Середня, a_2	
		Велика, a_3	
«Рівень відповідності отриманих і знятих із рахунку коштів»	x_2	Низький, b_1	$[0, 100]$, %
		Середній, b_2	
		Високий, b_3	
«Рівень ризику легалізації кримінальних доходів»	y	Дуже низький, c_1	$[0, 1]$
		Низький, c_2	
		Середній, c_3	
		Високий, c_4	
		Дуже високий, c_5	

Значення лінгвістичних змінних x_i ($i = 1, 2, 3$) та y (див. табл. 1) формалізуються за допомогою нечітких множин із узагальненою трикутною функцією належності (формула (4))

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \leq a \text{ або } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{якщо } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{якщо } b \leq x \leq c \end{cases}, \quad (4)$$

де (a, c) – носій нечіткої множини (песимістична оцінка нечіткого числа);
 b – координата максимуму (оптимістична оцінка нечіткого числа),
та узагальненою трапецієподібною функцією належності (формула (5))

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \leq a \text{ або } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{якщо } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{якщо } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{якщо } c \leq x \leq d \end{cases}, \quad (5)$$

де (a, d) – носій нечіткої множини (песимістична оцінка нечіткого числа);
 (b, c) – ядро нечіткої множини (оптимістична оцінка нечіткого числа). Верхня основа трапеції (b, c) відповідає повній впевненості експерта в правильності класифікації, а нижня (a, d) – впевненості в тому, що жодні інші значення x не потрапляють до обраної нечіткої підмножини.

Функції належності лінгвістичної змінної x_1 подані на рисунку 3.



Рисунок 3 – Функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Сума отриманих на рахунок коштів»

Функції належності лінгвістичної змінної x_2 подані на рисунку 4.



Рисунок 4 – Функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Рівень відповідності отриманих і знятих із рахунку коштів»

Функції належності лінгвістичної змінної u подані на рисунку 5.



Рисунок 5 – Функції належності вихідної лінгвістичної змінної
 “Рівень ризику легалізації кримінальних доходів”

Кожному нечіткому терму T_1 = «Дуже низький», T_2 = «Низький», T_3 = «Середній», T_4 = «Високий», T_5 = «Дуже високий», лінгвістичної змінної y («Рівень ризику легалізації кримінальних доходів») відповідає функція належності $\mu_{T_j}(y)$, $j = \underline{1,5}$, наведена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Шкала визначення рівня ризику легалізації кримінальних доходів

Інтервал значень y	Класифікація рівня ризику легалізації	Ступінь оцінної впевненості експерта (функція належності)
$0 \leq y \leq 0,15$	Дуже низький, T_1	1
$0,15 < y < 0,25$	Дуже низький, T_1	$\mu_{T_1}(y) = 10 \cdot (0,25 - y)$
	Низький, T_2	$\mu_{T_2}(y) = 1 - \mu_{T_1}(y)$
$0,25 \leq y \leq 0,35$	Низький, T_2	1
$0,35 < y < 0,45$	Низький, T_2	$\mu_{T_2}(y) = 10 \cdot (0,45 - y)$
	Середній, T_3	$\mu_{T_3}(y) = 1 - \mu_{T_2}(y)$
$0,45 \leq y \leq 0,55$	Середній, T_3	1
$0,55 < y < 0,65$	Середній, T_3	$\mu_{T_3}(y) = 10 \cdot (0,65 - y)$
	Високий, T_4	$\mu_{T_4}(y) = 1 - \mu_{T_3}(y)$
$0,65 \leq y \leq 0,75$	Високий, T_4	1
$0,75 < y < 0,85$	Високий, T_4	$\mu_{T_4}(y) = 10 \cdot (0,85 - y)$
	Дуже високий, T_5	$\mu_{T_5}(y) = 1 - \mu_{T_4}(y)$
$0,85 \leq y \leq 1,0$	Дуже високий, T_5	1

На рисунку 5 так звані вузли $\{t_j\} = \{0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\}$ ($j = \underline{1,5}$ – кількість нечітких термів) рівномірно віддалені один від одного на 01 носіїві та симетричні щодо вузла $t_3 = 0,5$. У цих вузлах значення відповідної функції належності $\mu_{T_j}(y)$ дорівнює одиниці, а значення всіх інших функцій належності дорівнюють нулю. Тобто вузли $\{t_j\}$ є абсцисами максимумів відповідних функцій належності $\mu_{T_j}(y)$ на 01 носіїві. Ступінь оцінної впевненості експерта в класифікації y спадає (зростає) лінійно з віддаленням від вузла (з наближенням до вузла, відповідно), водночас сума функцій належності у всіх точках носія дорівнює одиниці. Визначена на 01 носіїві лінгвістична змінна в сукупності з набором вузлів називається п'ятирівневим 01 класифікатором. Перевагою такого опису є його задоволення вимог «сірої» шкали Поспелова, що являє собою полярну (опозиційну) шкалу, у якій перехід від властивості T^+ до властивості T^- (наприклад, від властивості «середній рівень» до властивості «високий рівень» лінгвістичної змінної «Рівень ризику легалізації кримінальних доходів») відбувається плавно, поступово. Подібні шкали задовольняють умовам: взаємної компенсації між властивостями T^+ і T^- (чим більшою мірою проявляється T^+ , тим в меншій мірі проявляється T^- , і навпаки); наявності нейтральної точки T^0 , що інтерпретується як точка найбільшого протиріччя, в якій обидва властивості присутні в рівній мірі. Звісно, такому комплексу вимог задовольняють не тільки трапецієподібні нечіткі числа, але лінійний вид відповідної функції належності $\mu_{T_j}(y)$ є найбільш раціональним.

Нечітка експертна система, що оцінює ризик легалізації, має дві вхідні змінні (див. табл. 1): x_1 – «Сума отриманих на рахунок коштів»; x_2 – «Рівень відповідності отриманих і знятих із рахунку коштів». Для розрахунку x_2 визначимо проміжну змінну $x_3 \in [0, 100]$ – «Показник залишку коштів на рахунок», яку розрахуємо як різницю між x_1 і x_4 у відсотках (формула (6)).

$$x_3 = \left| \frac{x_1 - x_4}{x_1} \right| \cdot 100\%, \quad (6)$$

де x_4 – «Сума знятих із рахунку коштів».

Будемо вважати зв'язок між x_3 і x_2 лінійним (рис. 6).

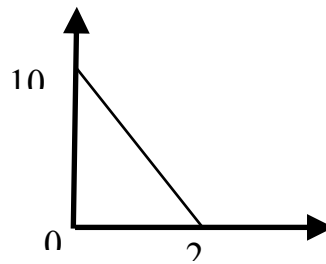


Рисунок 6 – Ілюстрація лінійного зв'язку між змінними x_3 («Показник залишку коштів на рахунку») і x_2 («Рівень відповідності отриманих і знятих із рахунку коштів») (авторська розробка)

Подамо його у вигляді рівняння прямої у відрізках (формула (7)).

$$x_2 = \left(1 - \frac{x_3}{25}\right) \cdot 100. \quad (7)$$

Для врахування розміру часового вікна зняття коштів із рахунку (за 1, 2 або 3 доби) використаємо коефіцієнт t . Якщо зняття коштів відбулося протягом однієї доби після їхнього надходження, то $t = 1$, протягом двох днів – $t = 2$, трьох днів – $t = 3$.

Для розрахунку x_2 скоригуємо формулу (1.8). Отримаємо формулу (8)

$$x_2 = \begin{cases} \text{якщо } x_3 \leq 25, \text{ то } x_2 = \left(1 - \frac{x_3}{25}\right) \cdot 100 \cdot 0,9^{t-1} \\ \text{якщо } x_3 > 25, \text{ то } x_2 = 0 \end{cases} \quad (8)$$

Коригуюча складова $0,9^{t-1}$ у формулі (8) враховує розмір часового вікна зняття коштів із рахунку. Унаслідок цього x_2 зменшується залежно від розміру часового вікна, яке описано коефіцієнтом t . Наприклад, якщо зняття коштів із рахунку відбулося не в день їхнього надходження, а протягом двох днів ($t = 2$), то x_2 буде зменшено на 10 %, а якщо протягом трьох днів – на 19 %.

Сконструюємо правила логічного виведення r_i для системи (див. рис. 1) у вигляді «IF-THEN rule»

$$\begin{aligned} r1: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_1) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_1) \text{ THEN } (y \text{ is } c_1). \\ r2: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_1) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_2) \text{ THEN } (y \text{ is } c_2). \\ r3: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_1) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_3) \text{ THEN } (y \text{ is } c_3). \\ r4: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_2) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_1) \text{ THEN } (y \text{ is } c_2). \\ r5: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_2) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_2) \text{ THEN } (y \text{ is } c_3). \\ r6: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_2) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_3) \text{ THEN } (y \text{ is } c_4). \\ r7: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_3) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_1) \text{ THEN } (y \text{ is } c_3). \\ r8: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_3) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_2) \text{ THEN } (y \text{ is } c_4). \\ r9: & \text{ IF } (x_1 \text{ is } a_3) \text{ and } (x_2 \text{ is } b_3) \text{ THEN } (y \text{ is } c_5). \end{aligned} \quad (9)$$

Проілюструємо роботу цієї нечіткої експертної системи на прикладі аналізу підозрілих фінансових операцій, використовуючи пакет Fuzzy Logic Toolbox програмного середовища Matlab.

Розглянемо перший сценарій. Якщо сума отриманих на рахунок коштів $x_1 = 160$ тис. грн («Велика») і рівень відповідності отриманих і знятих із рахунку коштів $x_2 = 100$ %

(«Високий»), бо сума отриманих коштів дорівнює сумі знятих із рахунку коштів, а зняття коштів відбулося протягом доби після їх надходження ($t = 1$), то згідно із сконструйованими правилами логічного виведення рівень ризику легалізації $y = 0,9$ («Дуже високий»). Ілюстрацію роботи нечіткої експертної системи подано на рисунку 7.

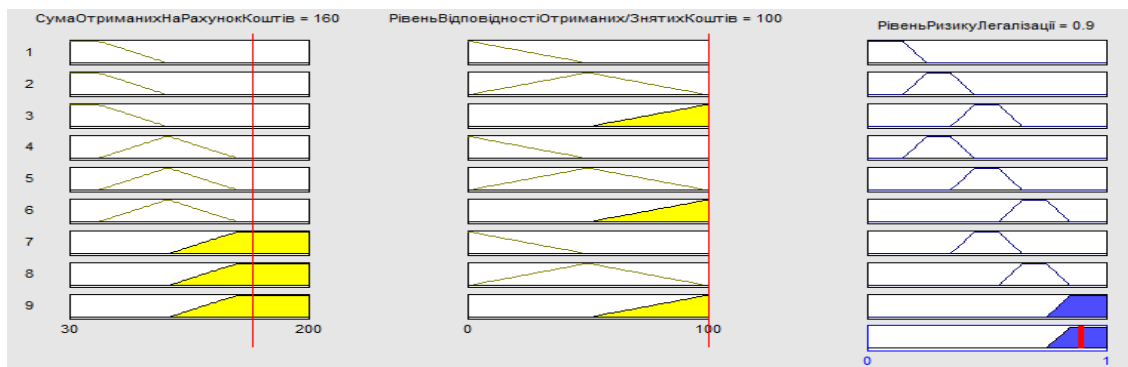


Рисунок 7 – Ілюстрація роботи нечіткої експертної системи (сценарій 1)

Розглянемо другий сценарій. Якщо сума отриманих на рахунок коштів $x_1 = 160$ тис. грн («Велика») і рівень відповідності отриманих і знятих із рахунку коштів $x_2 = 60 \cdot 0,9 = 54\%$ («Середній»), бо сума отриманих коштів на $x_3 = 10\%$ більше ніж сума знятих із рахунку коштів, а зняття коштів відбулося протягом двох днів після їхнього надходження ($t = 2$), то згідно із сконструйованими правилами логічного виведення рівень ризику легалізації $y = 0,714$ («Високий»). Ілюстрація роботи нечіткої експертної системи подана на рисунку 8.

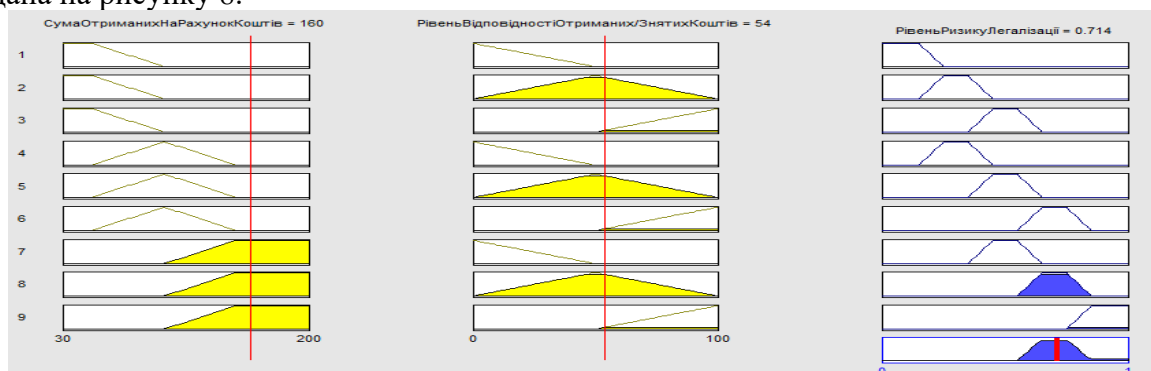


Рисунок 8 – Ілюстрація роботи нечіткої експертної системи (сценарій 2)

Ми репрезентували підхід, який використовує нечітку логіку для виявлення шаблонів легалізації кримінальних доходів у підозрілих фінансових операціях.

УХВАЛИЛИ: інформацію прийняти до відома.

Головуючий

О.В. Кузьменко

Секретар

В.В. Порошина

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ БІЗНЕСУ, ЕКОНОМІКИ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
Кафедра економічної кібернетики

ПРОТОКОЛ

наукового семінару кафедри економічної кібернетики

від 25.03.2022
4

№

Голова: к.т.н., доценти: Гриценко К.Г.,
Секретар: Порошина В.В., фахівець I кат

Присутні: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор; д.е.н. професори: Олійник В.М.; д.е.н., доценти: Бойко А.О., Яровенко Г.М.; к.е.н., доценти: Боженко В.В.; к.е.н.; к.т.н., доценти: Яценко В.В.; к.ф.-м.н., доцент Коломієць С.В.; к.е.н. старший викладач: Койбічук В.В., Діденко І.В.; асистенти: Миненко С.В., Кушнерьов О.С., Колотіліна О.В.; викладачі-стажисти: Каща М.О.; технік: Грек К.А.

Засідання кафедри проводилось онлайн за допомогою Google-meet

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

1. Прогнозування ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів на період 2021-2025 рр.

СЛУХАЛИ: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор

Проведене ранжування банків за ризиком залучення в схемні операції для легалізації незаконних доходів, серед яких виділено 10 найкращих та 10 найгірших для подальшого детального дослідження. З допомогою методів експоненційного згладжування (з використанням експоненційного тренду, лінійної моделі Хольта та затухаючого тренду) здійснене прогнозування значень релевантних факторів-складових ризику за 2021-2025 рр. Побудовані нейромережеві моделі залежності ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів від ключових факторів його формування з використанням багатошарового персептрону MLP-архітектури з використанням алгоритму BFGS та шляхом визначення радіальних базисних функцій RBF-архітектури з використанням алгоритму RBFT. На основі побудованих нейронних мереж здійснене прогнозування ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів на період 2021-2025 рр.

1 етап. Ранжування обраних для дослідження 65 банків України за показником $\bar{R}_j$ – оцінка ризику залучення j-того банку в схемні операції для легалізації незаконних доходів $[0;1]$, отримана методом гравітаційного моделювання. Результати ранжування наведемо в табличному вигляді (таблиця 1). 10 кращих (1-9, 23 банки) та 10 гірших (35, 36, 38, 42, 43, 51, 52, 54, 58, 60 банки) згідно проведеного ранжування обрано для подальшого дослідження, тобто прогнозування як значень факторів-складових ризику, так і інтегральної оцінки з 2020 по 2025 рр.

Таблиця 1 – Ранжування банків України за ризиком залучення в схемні операції для легалізації незаконних доходів станом на 2019 рік

Р а н г	$\bar{R}_j$	Р а н г	$\bar{R}_j$	Р а н г	$\bar{R}_j$	Р а н г	$\bar{R}_j$	Р а н г	$\bar{R}_j$	Р а н г	$\bar{R}_j$	Р а н г	$\bar{R}_j$
1	0,0055	11	0,2047	21	0,4589	31	0,5547	41	0,5749	51	0,6015	61	0,6773
2	0,0146	12	0,2386	22	0,4816	32	0,5548	42	0,5790	52	0,6018	62	0,6878
3	0,0308	13	0,2826	23	0,4837	33	0,5548	43	0,5813	53	0,6050	63	0,7244
4	0,0633	14	0,2963	24	0,4980	34	0,5599	44	0,5859	54	0,6107	64	0,7744
5	0,0842	15	0,3172	25	0,4996	35	0,5642	45	0,5865	55	0,6204	65	0,8001
6	0,1001	16	0,3495	26	0,5084	36	0,5645	46	0,5876	56	0,6300		
7	0,1346	17	0,3499	27	0,5298	37	0,5686	47	0,5906	57	0,6315		
8	0,1531	18	0,4053	28	0,5367	38	0,5689	48	0,5921	58	0,6341		
9	0,1571	19	0,4097	29	0,5397	39	0,5699	49	0,5927	59	0,6438		
10	0,1834	20	0,4346	30	0,5460	40	0,5731	50	0,5986	60	0,6655		

2 етап. Прогнозування методом експоненційного згладжування значень релевантних факторів-складових формування інтегральної $\bar{R}_j$ оцінки ризику залучення j-того банку в схемні операції для легалізації незаконних доходів [0;1]. До цих показників належать: П1 – питома вага фінансових операцій, які мають ознаки легалізації доходів за внутрішнім фінансовим моніторингом; П3 – доля доходу у вигляді комісій від розрахунково-касових операцій, який припадає на одного клієнта банку; П5 – кількість вчинених порушень Закону України «Про запобігання та протидію легалізації (відмивання) доходів, одержаних злочинним шляхом, фінансуванню тероризму та фінансуванню розповсюдження зброї масового знищення»; П6 – кількість порушень Закону України «Про банки і банківську діяльність»; П9 – обсяг виданої готівки на закупівлю сільськогосподарської продукції, який припадає на одного клієнта банку; П10 – обсяг виданої готівки з рахунків за вкладами фізичних осіб, який припадає на одного клієнта банку; П11 – обсяг виданої готівки на інші цілі, який припадає на одного клієнта банку; П12 – доля зарахувань готівкових коштів у загальній сумі грошових надходжень; П13 – доля зарахувань безготівкових коштів у загальній сумі надходжень; П14 – частка видатків готівкових коштів за вкладами фізичних осіб від загальної суми видатків фізичних осіб; П16 – сума операцій з переказу іноземної валюти до країни, яка належить до офшорної зони; П17 – кількість операцій з переказу за кордон іноземної валюти без наявності зовнішньо-економічного контракту; П18 – сума переказів за кордон іноземної валюти, яка була здійснена без наявності зовнішньо-економічного контракту. Незначущими в рамках даного дослідження після проведення перевірки на мультиколінеарність виявились 5 із 18 показників: П2 – питома вага фінансових операцій, відносно яких було прийнято рішення не надсилати до Державної служби фінансового моніторингу у всіх фінансових операціях, які були зареєстровані за ознаками внутрішнього фінансового моніторингу; П4 – загальна кількість порушень банком Постанов Правління Національного банку України; П7 – доля клієнтів, які не здійснювали фінансових операцій, яка припадає на одного клієнта банку; П8 – доля виданої готівки з цільовим призначенням на закупівлю сільськогосподарської продукції, видачі готівки з

рахунків за вкладами фізичних осіб та видачі на інші цілі, яка припадає на одиницю загальної кількості виданої готівки; П15 – кількість здійснених операцій з переказу іноземної валюти до країни, яка належить до офшорної зони. Результати проведених обчислень за допомогою інструментарію Statistica, Statistics, Advanced Linear/Nonlinear Models, Times Series/Forecasting

Систематизуємо математичні методи, використані в розрізі інструментарію експоненціального згладжування, за 20 обраними для дослідження банками в таблиці 4.

Таблиця 4 – Методи прогнозування факторів-складових формування інтегральної оцінки ризику залучення банків в схемні операції для легалізації незаконних доходів за 2021-2025 рр

Банк / Показник	П1	П3	П5	П6	П9	П10	П11	П12	П13	П14	П16	П17	П18
1	ЕТ	ЕТ	МХ	-	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	-	МХ	ЗТ
2	МХ	МХ	МХ	МХ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	МХ	-	-	-
3	МХ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ
4	ЗТ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	ЗТ	МХ	МХ	-	МХ	МХ
5	МХ	МХ	-	-	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ
6	МХ	МХ	-	-	МХ	МХ	ЗТ	ЗТ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ
7	ЕТ	ЕТ	-	-	МХ	ЗТ	ЗТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	-	МХ	МХ
8	ЗТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЕТ	ЗТ	ЗТ	ЕТ	ЗТ	ЕТ
9	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	ЗТ	МХ	МХ	ЗТ
23	МХ	МХ	МХ	-	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	-	ЗТ	МХ
35	МХ	МХ	МХ	-	-	МХ	МХ	ЕТ	МХ	ЕТ	-	-	-
36	МХ	МХ	МХ	ЗТ	-	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	-	-	-
38	МХ	ЗТ	ЗТ	-	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	-	-	-
42	ЗТ	ЗТ	-	-	-	ЗТ	ЗТ	ЗТ	МХ	МХ	-	-	-
43	МХ	ЗТ	-	-	-	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	-	-	-
51	МХ	МХ	-	-	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	-	-	-
52	МХ	МХ	-	-	-	МХ	ЗТ	МХ	МХ	МХ	-	-	-
54	ЕТ	МХ	-	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	МХ	-	-	-
58	МХ	МХ	-	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	ЗТ	МХ	ЗТ	-	-	-
60	-	-	ЗТ	-	-	ЕТ	ЕТ	ЗТ	ЕТ	ЕТ	-	-	-

ЕТ - Експоненційний тренд

МХ - Лінійний тренд (метод Хольта)

ЗТ - Затухаючий (damped) тренд

3 етап. Побудова нейромережових моделей залежності ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів від ключових факторів його формування з використанням багатошарового персептрону MLP-архітектури з використанням алгоритму BFGS та шляхом визначення радіальних базисних функцій RBF-архітектури з використанням алгоритму RBFT.

Для побудови моделей нейронних мереж використано інструментарій програмного пакету Statistica: Statistica, Automated Neural Networks. Вхідними даними для побудови нейронних мереж двох типів (багатошарового персептрону MLP-архітектури та радіальних базисних функцій RBF-архітектури) виступають не лише фактичні дані в розрізі обраних факторів-складових ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів, але і фактичні значення ризику, обчислені методом гравітаційного моделювання (посилання на статтю), представлені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Фактичні значення ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів на період 2021-2025 рр.

Рік/	Банк 1	Банк 2	Банк 3	Банк 4	Банк 5	Банк 6	Банк 7
------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Банк							
2015	0,005616	0,0141	0,017957	0,10411	0,070838	0,098683	0,088431
2016	0,007006	0,008272	0,013551	0,071947	0,060395	0,102261	0,087777
2017	0,005948	0,014624	0,023955	0,103341	0,093407	0,141956	0,143715
2018	0,005591	0,015602	0,023947	0,089922	0,092625	0,123133	0,135825
2019	0,005463	0,014608	0,030765	0,063295	0,08421	0,100131	0,157116

Рік/ Банк	Банк 8	Банк 9	Банк 23	Банк 35	Банк 36	Банк 38	Банк 42
2015	0,090285	0,190944	0,103387	0,526551	0,624525	0,556539	0,670132
2016	0,081374	0,161389	0,081867	0,478384	0,735659	0,567178	0,714012
2017	0,146652	0,217386	0,141334	0,5471	0,786031	0,581781	0,729473
2018	0,14654	0,214581	0,13654	0,541735	0,804855	0,624951	0,720225
2019	0,153127	0,183423	0,134627	0,631458	0,800143	0,643769	0,724358

Рік/ Банк	Банк 43	Банк 51	Банк 52	Банк 54	Банк 58	Банк 60
2015	0,556195	0,68892	0,637177	0,802855	0,630992	0,677157
2016	0,581534	0,694636	0,654524	0,795531	0,653003	0,651999
2017	0,593774	0,703172	0,678387	0,807051	0,687684	0,649221
2018	0,605135	0,688362	0,65974	0,775193	0,683923	0,627534
2019	0,62995	0,67732	0,665507	0,774419	0,6878	0,634063

Для кожного банку на основі фактичних даних ризику та факторів-складових його формування було побудовано 11-12 моделей, серед яких за показниками продуктивності (навчання, тестової і контрольної), похибки (навчання, тестової і контрольної), коефіцієнтів кореляції фактичних та прогнозних значень, статистичних показників передбачених значень та описових статистик, чутливості було обрано одну, найбільш ефективну, представлену в таблиці 6.

Таблиця 6 – Обрані нейромережеві моделі для подальшого прогнозування ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів на період 2021-2025 рр.

Рік/ Банк	Банк 1	Банк 2	Банк 3	Банк 4	Банк 5	Банк 6	Банк 7
Модель	6 модель RBF 11- 5-1	7 модель RBF 10- 4-1	6 модель RBF 13- 5-1	4 модель RBF 12- 4-1	3 модель MLP 11- 4-1	7 модель MLP 11- 6-1	9 модель MLP 10- 7-1
Алгоритм навчання	RBFT	RBFT	RBFT	RBFT	BFGS 10000	BFGS 21	BFGS 17
Продуктивність	1,0000	1,0000	1,0000	0,9944	1,0000	1,000	0,9997
Рік/ Банк	Банк 8	Банк 9	Банк 23	Банк 35	Банк 36	Банк 38	Банк 42
Модель	9 модель RBF 13- 4-1	6 модель RBF 13- 5-1	3 модель RBF 11- 4-1	6 модель RBF 8- 5-1	4 модель MLP 9- 9-1	11 модель MLP 9- 4-1	6 модель MLP 7- 6-1
Алгоритм навчання	RBFT	RBFT	RBFT	RBFT	BFGS 421	BFGS 60	BFGS 53
Продуктивність	1,0000	0,9997	1,0000	1,0000	1,0000	1,000	1,0000
Рік/ Банк	Банк 43	Банк 51	Банк 52	Банк 54	Банк 58	Банк 60	

Модель	1 модель RBF 7-4-1	3 модель MLP 8-5-1	8 модель MLP 7-6-1	6 модель MLP 9-8-1	7 модель RBF 9-5-1	5 модель MLP 6-4-1
Алгоритм навчання	RBFT	BFGS 0	BFGS 25	BFGS 2	RBFT	BFGS 42
Продуктивність	1,000	0,3252	0,9148	0,5644	1,0000	0,9103

Математичну модель шостої нейронної мережі з архітектурою RBF 11-5-1 (загальна кількість шарів 11, кількість прихованих шарів 5) ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів в розрізі 1-го банку у загальному вигляді можна представити в наступному вигляді:

$$\begin{aligned}
 sn_1^{(2)} &= f(v_{11}^{(1)} p_1 + v_{13}^{(1)} p_3 + \dots + v_{117}^{(1)} p_{17} + v_{118}^{(1)} x_{18} + s_1^{(1)}) \\
 sn_2^{(2)} &= f(v_{21}^{(1)} p_1 + v_{23}^{(1)} p_3 + \dots + v_{217}^{(1)} p_{17} + v_{218}^{(1)} x_{18} + s_2^{(1)}) \\
 sn_3^{(2)} &= f(v_{31}^{(1)} p_1 + v_{33}^{(1)} p_3 + \dots + v_{317}^{(1)} p_{17} + v_{318}^{(1)} x_{18} + s_3^{(1)}) \\
 sn_4^{(2)} &= f(v_{41}^{(1)} p_1 + v_{43}^{(1)} p_3 + \dots + v_{417}^{(1)} p_{17} + v_{418}^{(1)} x_{18} + s_4^{(1)}) \\
 sn_5^{(2)} &= f(v_{51}^{(1)} p_1 + v_{53}^{(1)} p_3 + \dots + v_{517}^{(1)} p_{17} + v_{518}^{(1)} x_{18} + s_5^{(1)}) \\
 \tilde{R} = h^{(3)} &= f(v_1^{(2)} sn_1^{(2)} + v_2^{(2)} sn_2^{(2)} + v_3^{(2)} sn_3^{(2)} + v_4^{(2)} sn_4^{(2)} + v_5^{(2)} sn_5^{(2)} + s^{(2)})
 \end{aligned} \tag{5}$$

де $f(-)$ – специфікація функції активації прихованих нейронів, в нашому випадку гаусіанівська функція;

$sn_1^{(2)}$ – вихід першого прихованого нейрону в розрізі другого шару нейронної мережі, входи якого є приховані нейрони першого шару $v_{11}^{(1)} p_1, v_{13}^{(1)} p_3, \dots, v_{117}^{(1)} p_{17}, v_{118}^{(1)} p_{18}$ та $s_1^{(1)}$. Інші $sn_1^{(2)}, sn_2^{(2)}, sn_3^{(2)}, sn_4^{(2)}, sn_5^{(2)}, sn_6^{(2)}, sn_7^{(2)}$ – аналогічно;

$sn^{(3)}$ - вихід прихованих нейронів в розрізі третього шару нейронної мережі; входами для даних виходів є зважені виходи прихованих нейронів другого шару нейронної мережі $sn_1^{(2)}, sn_2^{(2)}, sn_3^{(2)}, sn_4^{(2)}, sn_5^{(2)}$.

В якості специфікації функції активації виходу нейронної мережі в нашому випадку є тотожна функція:

$$OUT = net \tag{6}$$

де OUT – виходи прихованих нейронів нейронної мережі в розрізі третього шару $sn^{(3)}$;

net – сума вхідних сигналів, зважених на відповідні вагові коефіцієнти для другого шару, наприклад $sn_1^{(2)} = f(v_{11}^{(1)} p_1 + v_{13}^{(1)} p_3 + \dots + v_{117}^{(1)} p_{17} + v_{118}^{(1)} x_{21} + s_1^{(1)})$ для $h_1^{(2)}$.

Переходячи до опису моделі (4) на основі реальних даних отримаємо:

$$\begin{aligned}
 sn_1^{(2)} &= f(0,1351p_1 + 0,1351p_3 + 0,1351p_5 + 0,1351p_9 + 0,1351p_{10} + 0,1351p_{11} \\
 &\quad + 0,1351p_{12} + 0,1351p_{13} + 0,1351p_{14} + 0,1351p_{17} + 0,1351x_{18} \\
 &\quad + 0,4482) \\
 sn_2^{(2)} &= f(p_1 + p_3 + p_5 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12} + p_{13} + p_{14} + p_{17} + x_{18} + 0,2678) \\
 sn_3^{(2)} &= f(4,4712) \\
 sn_4^{(2)} &= f(0,9193p_1 + 0,9193p_3 + 0,9193p_5 + 0,9193p_9 + 0,9193p_{10} + 0,9193p_{11} \\
 &\quad + 0,9193p_{12} + 0,9193p_{13} + 0,9193p_{14} + 0,9193p_{17} + 0,9193x_{18} \\
 &\quad + 0,2678)
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
sn_5^{(2)} &= f(0,9193p_1 + 0,9193p_3 + 0,9193p_5 + 0,9193p_9 + 0,9193p_{10} + 0,9193p_{11} \\
&\quad + 0,9193p_{12} + 0,9193p_{13} + 0,9193p_{14} + 0,9193p_{17} + 0,9193x_{18} \\
&\quad + 0,2678) \\
\tilde{R} = h^{(3)} &= f(-3,7621sn_1^{(2)} - 0,0040sn_2^{(2)} + 4,4712sn_3^{(2)} - 0,0127sn_4^{(2)} \\
&\quad + 0,0113sn_5^{(2)} + 0,3913)
\end{aligned}$$

Математичну модель четвертої нейронної мережі з архітектурою MLP 9-9-1 (загальна кількість шарів 9, кількість прихованих шарів 9) ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів у загальному вигляді можна представити в наступному вигляді:

$$\begin{aligned}
sn_1^{(2)} &= f(v_{11}^{(1)}p_1 + v_{13}^{(1)}p_3 + \dots + v_{113}^{(1)}p_{13} + v_{114}^{(1)}x_{14} + s_1^{(1)}) \\
sn_2^{(2)} &= f(v_{21}^{(1)}p_1 + v_{23}^{(1)}p_3 + \dots + v_{213}^{(1)}p_{13} + v_{214}^{(1)}x_{14} + s_2^{(1)}) \\
sn_3^{(2)} &= f(v_{31}^{(1)}p_1 + v_{33}^{(1)}p_3 + \dots + v_{313}^{(1)}p_{13} + v_{314}^{(1)}x_{14} + s_3^{(1)}) \\
sn_4^{(2)} &= f(v_{41}^{(1)}p_1 + v_{43}^{(1)}p_3 + \dots + v_{413}^{(1)}p_{13} + v_{414}^{(1)}x_{14} + s_4^{(1)}) \\
sn_5^{(2)} &= f(v_{51}^{(1)}p_1 + v_{53}^{(1)}p_3 + \dots + v_{513}^{(1)}p_{13} + v_{514}^{(1)}x_{14} + s_5^{(1)}) \\
sn_6^{(2)} &= f(v_{61}^{(1)}p_1 + v_{63}^{(1)}p_3 + \dots + v_{613}^{(1)}p_{13} + v_{614}^{(1)}x_{14} + s_6^{(1)}) \\
sn_7^{(2)} &= f(v_{71}^{(1)}p_1 + v_{73}^{(1)}p_3 + \dots + v_{713}^{(1)}p_{13} + v_{714}^{(1)}x_{14} + s_7^{(1)}) \\
sn_8^{(2)} &= f(v_{81}^{(1)}p_1 + v_{83}^{(1)}p_3 + \dots + v_{813}^{(1)}p_{13} + v_{814}^{(1)}x_{14} + s_8^{(1)}) \\
sn_9^{(2)} &= f(v_{91}^{(1)}p_1 + v_{93}^{(1)}p_3 + \dots + v_{913}^{(1)}p_{13} + v_{914}^{(1)}x_{14} + s_9^{(1)}) \\
\tilde{R} = h^{(3)} &= f(v_1^{(2)}sn_1^{(2)} + v_2^{(2)}sn_2^{(2)} + v_3^{(2)}sn_3^{(2)} + v_4^{(2)}sn_4^{(2)} + v_5^{(2)}sn_5^{(2)} + v_6^{(2)}sn_6^{(2)} \\
&\quad + v_7^{(2)}sn_7^{(2)} + v_8^{(2)}sn_8^{(2)} + v_9^{(2)}sn_9^{(2)} + s^{(2)})
\end{aligned} \tag{7}$$

де $f(-)$ – специфікація функції активації прихованих нейронів, в нашому випадку гіперболічна функція;

$sn_1^{(2)}$ – вихід першого прихованого нейрону в розрізі другого шару нейронної мережі, входи якого є приховані нейрони першого шару $v_{11}^{(1)}p_1, v_{13}^{(1)}p_3, \dots, v_{113}^{(1)}p_{13}, v_{114}^{(1)}x_{14}$ та $s_1^{(1)}$. Інші $sn_1^{(2)}, sn_2^{(2)}, sn_3^{(2)}, sn_4^{(2)}, sn_5^{(2)}, sn_6^{(2)}, sn_7^{(2)}, sn_8^{(2)}, sn_9^{(2)}$ – аналогічно;

$sn^{(3)}$ – вихід прихованих нейронів в розрізі третього шару нейронної мережі; входами для даних виходів є зважені виходи прихованих нейронів другого шару нейронної мережі $sn_1^{(2)}, sn_2^{(2)}, sn_3^{(2)}, sn_4^{(2)}, sn_5^{(2)}, sn_6^{(2)}, sn_7^{(2)}, sn_8^{(2)}, sn_9^{(2)}$.

В якості специфікації функції активації виходу нейронної мережі в нашому випадку є функція експоненційна функція:

$$OUT = \exp(net) \tag{8}$$

де OUT – виходи прихованих нейронів нейронної мережі в розрізі третього шару $sn^{(3)}$;

net – сума вхідних сигналів, зважених на відповідні вагові коефіцієнти для другого шару, наприклад $sn_1^{(2)} = f(v_{11}^{(1)}p_1 + v_{13}^{(1)}p_3 + \dots + v_{117}^{(1)}p_{17} + v_{118}^{(1)}x_{21} + s_1^{(1)})$ для $h_1^{(2)}$.

Переходячи до опису моделі (1) на основі реальних даних отримаємо:

$$\begin{aligned}
sn_1^{(2)} &= f(2,9260p_1 + 2,8879p_3 + 2,8110p_5 + 2,8564p_6 + 2,8574p_{10} + 2,8540p_{11} \\
&\quad + 2,8884p_{12} + 2,7917p_{13} + 2,7996p_{14} + 1,3515)
\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
sn_2^{(2)} &= f(0,8277p_1 + 0,8061p_3 + 0,7950p_5 + 0,7946p_6 + 0,7983p_{10} \\
&\quad + 0,7755p_{11} + 0,7876p_{12} + 0,7809p_{13} + 0,8084p_{14} - 0,0012) \\
sn_3^{(2)} &= f(-1,5814p_1 - 1,5970p_3 - 1,5895p_5 - 1,5909p_6 - 1,5821p_{10} \\
&\quad - 1,4648p_{11} - 1,5630p_{12} - 1,5696p_{13} - 1,5233p_{14} - 0,0932) \\
sn_4^{(2)} &= f(-0,4963p_1 - 0,4874p_3 - 0,5341p_5 - 0,4882p_6 - 0,4992p_{10} \\
&\quad - 0,5335p_{11} - 0,5130p_{12} - 0,5552 - 0,5037p_{14} - 0,0518) \\
sn_5^{(2)} &= f(-4,2394p_1 - 4,2457p_3 - 4,1700p_5 - 4,1700p_6 - 4,1460p_{10} \\
&\quad - 4,2286p_{11} - 4,2177p_{12} - 4,2313p_{13} - 4,1796p_{14} - 0,3955) \\
sn_6^{(2)} &= f(6,3942p_1 + 6,3520p_3 + 6,3808p_5 + 6,3934p_6 + 6,3228p_{10} \\
&\quad + 6,3822p_{11} + 6,3155p_{12} + 6,3764p_{13} + 6,3877p_{14} - 0,7124) \\
sn_7^{(2)} &= f(0,5129p_1 + 0,5126p_3 + 0,5544p_5 + 0,4729p_6 + 0,4775p_{10} \\
&\quad + 0,5058p_{11} + 0,4949p_{12} + 0,5252p_{13} + 0,5301p_{14} - 0,0151) \\
sn_8^{(2)} &= f(0,6517p_1 + 0,7410p_3 + 0,63990p_5 + 0,5891p_6 + 0,6636p_{10} \\
&\quad + 0,6731p_{11} + 0,7275p_{12} + 0,6581p_{13} + 0,6723p_{14} - 0,2772) \\
sn_9^{(2)} &= f(-0,0130p_1 + 0,0219p_5 - 0,0001p_6 + 0,0131p_{10} + 0,0140p_{11} \\
&\quad - 0,0100p_{12} - 0,0164p_{13} - 0,0088p_{14} + 0,0240) \\
\tilde{R} = h^{(3)} &= f(-7,1785sn_1^{(2)} - 2,1895sn_2^{(2)} + 2,7843sn_3^{(2)} + 4,0501sn_4^{(2)} \\
&\quad - 11,9282sn_5^{(2)} + 2,1587sn_6^{(2)} - 1,7474sn_7^{(2)} + 7,0218sn_8^{(2)} \\
&\quad - 12,0050sn_9^{(2)} - 2,8903)
\end{aligned}$$

4 етап. Прогнозування ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів на період 2021-2025 рр. Використовуючи наведені на 3 етапі обрані нейромережеві моделі проведемо обчислення прогнозних значень ризику, беручи до уваги спрогнозовані на 2 етапі значення факторів-складових. Таблиця 7 – Прогнозні значення ризику використання фінансових посередників України для легалізації кримінальних доходів на період 2021-2025 рр.

Рік/ Банк	Банк 1	Банк 2	Банк 3	Банк 4	Банк 5	Банк 6	Банк 7
Модель	6 модель RBF 11- 5-1	7 модель RBF 10- 4-1	6 модель RBF 13- 5-1	4 модель RBF 12- 4-1	3 модель MLP 11- 4-1	7 модель MLP 11- 6-1	9 модель MLP 10- 7-1
Ефективність	1,0000	1,0000	1,0000	0,9944	1,0000	1,000	0,9997
2020	0,006028	0,027553	0,029034	0,066602	0,076735	0,097477	0,117444
2021	0,006066	0,035399	0,027695	0,083379	0,071023	0,096549	0,112108
2022	0,006067	0,036745	0,027225	0,102033	0,067189	0,096225	0,100761
2023	0,006067	0,036816	0,027651	0,113641	0,064715	0,096112	0,079903
2024	0,006067	0,036819	0,028751	0,118360	0,063144	0,096073	0,064233
2025	0,006067	0,036820	0,030224	0,119677	0,062151	0,096059	0,142801

Продовження таблиці 7

Рік/ Банк	Банк 8	Банк 9	Банк 23	Банк 35	Банк 36	Банк 38	Банк 42
Модель	9 модель RBF 13- 4-1	6 модель RBF 13- 5-1	3 модель RBF 11- 4-1	6 модель RBF 8-5- 1	4 модель MLP 9- 9-1	11 модель MLP 9- 4-1	6 модель MLP 7- 6-1
Ефективність	1,0000	0,9997	1,0000	1,0000	1,0000	1,000	1,0000
2020	0,235309	0,178785	0,176955	0,555566	0,786678	0,647084	0,727534

2021	0,328971	0,184734	0,180541	0,568438	0,778338	0,648106	0,730134
2022	0,372774	0,194389	0,180578	0,570665	0,772430	0,648539	0,732368
2023	0,382199	0,200636	0,180578	0,566978	0,767723	0,648769	0,734394
2024	0,383090	0,203054	0,180578	0,559892	0,763630	0,648914	0,736272
2025	0,383124	0,203668	0,180578	0,551011	0,759868	0,649017	0,738019

Продовження таблиці 7

Рік/ Банк	Банк 43	Банк 51	Банк 52	Банк 54	Банк 58	Банк 60
Модель	1 модель RBF 7-4-1	3 модель MLP 8-5-1	8 модель MLP 7-6-1	6 модель MLP 9-8-1	7 модель RBF 9-5-1	5 модель MLP 6-4-1
Ефективність	1,000	0,3252	0,9148	0,5644	1,0000	0,9103
2020	0,625087	0,689277	0,665867	0,788050	0,693299	0,634956
2021	0,610490	0,689916	0,665057	0,787761	0,700612	0,641141
2022	0,591260	0,690247	0,664075	0,787478	0,708347	0,647668
2023	0,572567	0,690336	0,663047	0,787200	0,715132	0,653603
2024	0,557722	0,690250	0,662043	0,786930	0,720232	0,658540
2025	0,547757	0,690047	0,661100	0,786666	0,723565	0,662434

УХВАЛИЛИ: інформацію прийняти до відома.

Головуючий

К.Г Гриценко

Секретар
Порошина

В.В.

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ БІЗНЕСУ, ЕКОНОМІКИ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
Кафедра економічної кібернетики

ПРОТОКОЛ

наукового семінару кафедри економічної кібернетики

від 31.03.2022

№ 5

Голова: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор.
Секретар: Порошина В.В., фахівець I кат

Присутні: д.е.н. професори: Олійник В.М.; д.е.н., доценти: Бойко А.О., Яровенко Г.М.; к.е.н., доценти: Боженко В.В.; к.е.н.; к.т.н., доценти: Гриценко К.Г., Яценко В.В.; к.ф.-м.н., доцент Коломієць С.В.; к.е.н. старший викладач: Койбічук В.В., Діденко І.В.; асистенти: Миненко С.В., Кушнерьов О.С., Колотіліна О.В.; викладачі-стажисти: Каша М.О.; технік: Грек К.А.

Засідання кафедри проводилось онлайн за допомогою Google-meet

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

1. Оцінювання зміни рівня ефективності системи протидії легалізації під впливом процесів діджиталізації

СЛУХАЛИ: Миненко Сергія Володимировича, асистент кафедри

Постановка проблеми. Формування високого рівня конкурентного середовища на національному фінансовому ринку вимагає від його учасників та держави створення умов для зародження та подальшого розвитку різного роду інновацій. В той же час, справедливо зазначити, що в сучасних умовах розвитку економіки 4.0 інновації тісно переплітаються з фінансовими, й особливо, кібернетичними злочинами [3]. Так як постає питання захисту інноваційних розробок та їх результатів від посягань шахраїв, то для запобігання та протидії сучасним фінансовим та кібернетичним загрозам, необхідно використовувати відповідні передові методики та моделі, які ефективно розкривають взаємозв'язок та взаємний вплив інновацій та пов'язаних з ними злочинів [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості фінансових та кібернетичних злочинів досліджують багато як зарубіжних, так і вітчизняних вчених. Серед них такі економісти, як Унван, Ю.А. [38], який акцентує вагу на сутності фінансових злочинів; Ле Нгуен К. [26] описує транснаціональні фінансові злочини; Тихонова О. В., Холостенко А. В., Герасименко Л. В., Шевчук О. О., Акімов М. О. [37] проводять порівняльний аналіз боротьби з економічними та фінансовими злочинами в Україні та ЄС. Проблема кібернетичних злочинів присвячені праці Юніс Х., Ат-Тавиль Т.Н. [40] щодо взаємозв'язку законодавчої бази про кіберзлочинність та захист громадян й бізнесу (на прикладі Об'єднаних Арабських Еміратів); Пейн Б. К., Хаджидімова Л. [33] щодо міждисциплінарності досліджень кіберзлочинності; Панделіч І.Л. [32] щодо феномену кіберзлочинності.

Висвітлення інноваційних процесів та запровадження інновацій розкривають у своїх роботах такі науковці як Карро-Суарес Дж., Сарм'єнто-Паредес С., Розано-Ортега Г.,

Гарніка-Гонсалес Дж., Вега-Лебрун К. А. [8], ними визначені інновації як визначальний фактор сталого розвитку організацій; Сцеррі М. [35] досліджує життєздатність систем інновацій; Хілмерссон Ф. П., Хільмерссон М. [21] зосереджують увагу на мережі для пришвидшення темпів SME інновацій. Специфічні питання FinTech інновацій можна побачити у таких науковців, як Анагностопулос І. [2], що описує вплив FinTech та RegTech на діяльність банків; Зарурук, Х., Гак, Т.Е., Бакхоуче, А. [41], які вивчають економічні та технологічні детермінанти успіху та зростання стартапів FinTech в Об'єднаних Арабських Еміратах; Клибер А., Бедовска-Сайка Б., Рутковска А., Сержинская К. [24], що описують тригери та перешкоди для розвитку сектора FinTech у Польщі та ін.

Ряд вчених, досліджуючи певні питання та проблеми за різними напрямками, використовують інструмент моделювання. Так, наприклад, Деві Прасад Гош [12] пропонує застосування B2B моделі оптимізації поєднання маркетингу в соціальних мережах; Грима-Корниш Дж. Н., Грима Дж., Аттард Д. [18] використовує математичне моделювання при подоланні розриву між аналітичними моделями та спостереженнями; Альварес М.М., Гонсалес-Гонсалес Е., Трухільо-де Сантьяго Г. [1] використовує моделювання епідемії COVID-19 для забезпечення точності прогнозів еволюції пандемії; та ін.. Досить цікавим є один з різновидів моделей - сплайн-моделювання, яке зустрічається, наприклад, у Хасанзаде Ф. [19] - згладжуюча сплайн-модель для мультимодальних та викривлених кругових відкликів; Грей Дж., Салліван Т., Латімер Н. Р., Солтер А., Соріч М. Дж., Уорд Р. Л. та Карнон Дж. [17] - стандартні параметричні моделі та гнучкі параметричні сплайн-моделі при екстраполяції кривих виживання; Реуцкий С., Линь Дж., Чжэн Б., Тонг Дж. [34] - метод b-сплайну для моделювання транспортних задач в анізотропних неоднорідних середовищах; та ін.

Мета статті полягає у визначенні детермінант кібершахрайств, фінансових злочинів та легалізації кримінальних доходів в умовах діджиталізації економіки України.

Виклад основного матеріалу. На ряду з тим, що з питань впровадження фінансових інновацій, дослідження фінансових та кібернетичних злочинів, вже здійснено ряд вагомих внесків як зарубіжними, так і вітчизняними науковцями, але проблеми їх взаємозв'язку залишаються актуальними і сьогодні, та потребують запровадження сучасних ефективних методів їх вивчення та врегулювання.

Одним із таких методів можна виділити сплайн-моделювання - один з найефективніших сучасних способів побудови багатокомпонентних математичних функцій та рівнянь, тривимірних 3D моделей, де сплайни представляють собою компонентні математичні функції, базові тривимірні криві, певний фундаментальний будівельний матеріал для побудови різноманітних складних функцій, тривимірних моделей. Створення сплайн-моделі передбачає побудову відповідного сплайн-каркасу, який далі виступає основою для формування почастинок заданої функції, сукупності декількох функцій, що задані множинністю значень, тривимірної геометричної поверхні, дуже складних тривимірних геометричних форм і об'єктів, тривимірних моделей [4]. Самі сплайн-лінії визначаються тривимірною сукупністю контрольних позицій точок у просторі, що задають форму та гнучкість кривої. Базовими інструментами сплайн-моделювання є алгебраїчні многочлени, математичні змінні, найпростіші функції, сплайн-примітиви (найпростіші об'єкти, з яких формується сплайн-модель), такі як: Arc, Circle, Donut, Ellipse, Helix, Line, NGon, Rectangle, Section, Star, Text та інші більш складні сплайн-елементи [27, 29]. Сплайн-моделювання характеризується рядом переваг: універсальність, широке застосування, можливість використання у різноманітних обчислювальних програмних комплексах, комп'ютерному моделюванні, високі обчислювальні спроможності, наявність апроксимативних властивостей, велика точність, у випадку необхідності масштабування у будь-яких межах якість сплайн-об'єкту не погіршується, гнучке налаштування, на будь-якому етапі є можливість зміни форм сплайн-об'єктів, простота реалізації обчислювальних функцій [42].

Для досягнення мети дослідження пропонується виконати три етапи.

На першому етапі науково-методичного підходу до застосування багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів до визначення впливу факторів фінансових технологій, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на біржі на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення та на легалізацію кримінальних доходів формується вхідна інформаційна база дослідження. Вона містить п'ять регресорів: X1 - Показник розвитку фінтех, який представлений питомою вагою кількості абонентів мережі інтернет в чисельності населення України [11], X2 - Кількість повідомлень про підозрілі операції, взятих на облік Держфінмоніторингом [10, 36], X3 - Загальний обсяг торгів на біржі за період, X4 - Показник діяльності страхових компаній, X5 - Показник діяльності банків [13, 16]; та три регресанти: Y1 - Кількість кримінальних правопорушень за статтями 222 (Шахрайство з фінансовими ресурсами) та 222-1 (Маніпулювання на фондовому ринку України) Кримінального кодексу України, досудове розслідування у яких проводилося у звітному періоді, Y2 - Кількість кримінальних правопорушень за статтями 361 (Несанкціоноване втручання в роботу електронно-обчислювальних машин (комп'ютерів), автоматизованих систем, комп'ютерних мереж чи мереж електрозв'язку), 361-1 (Створення з метою використання, розповсюдження або збуту шкідливих програмних чи технічних засобів, а також їх розповсюдження або збут), 361-2 (Несанкціоновані збут або розповсюдження інформації з обмеженим доступом, яка зберігається в електронно-обчислювальних машинах (комп'ютерах), автоматизованих системах, комп'ютерних мережах або на носіях такої інформації), 362 (Несанкціоновані дії з інформацією, яка оброблюється в електронно-обчислювальних машинах (комп'ютерах), автоматизованих системах, комп'ютерних мережах або зберігається на носіях такої інформації, вчинені особою, яка має право доступу до неї), 363 (Порушення правил експлуатації електронно-обчислювальних машин (комп'ютерів), автоматизованих систем, комп'ютерних мереж чи мереж електрозв'язку або порядку чи правил захисту інформації, яка в них оброблюється), 363-1 (Перешкоджання роботі електронно-обчислювальних машин (комп'ютерів), автоматизованих систем, комп'ютерних мереж чи мереж електрозв'язку шляхом масового розповсюдження повідомлень електрозв'язку) Кримінального кодексу України, досудове розслідування у яких проводилося у звітному періоді, Y3 – Кількість кримінальних правопорушень за статтею 209 (Легалізація (відмивання) доходів, одержаних злочинним шляхом) Кримінального кодексу України, досудове розслідування у яких проводилося у звітному періоді [20]. Для дослідження пропонується побудувати окремо сплайн-модель в розрізі кожного із зазначених регресантів, беручи в якості регресорів один і той же набір показників. В якості часового діапазону дослідження запропоновано обрати квартальні дані з 1 кварталу 2013 р. по четвертий квартал 2020 р.

На другому етапі науково-методичного підходу до застосування багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів до визначення впливу факторів фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення, легалізація кримінальних доходів проводиться дослідження динаміки поведінки як регресора, так і факторів [39, 31, 28]. Для реалізації даного етапу побудуємо відповідні діаграми за допомогою інструментарію Statistics, Advanced Linear/Nonlinear Models, Time Series/Forecasting, Time Series ARIMA dialog [25]. Даний етап виступає підготовчим для проведення безпосереднього сплайн-моделювання в розрізі визначення специфікації шуканої функціональної залежності.

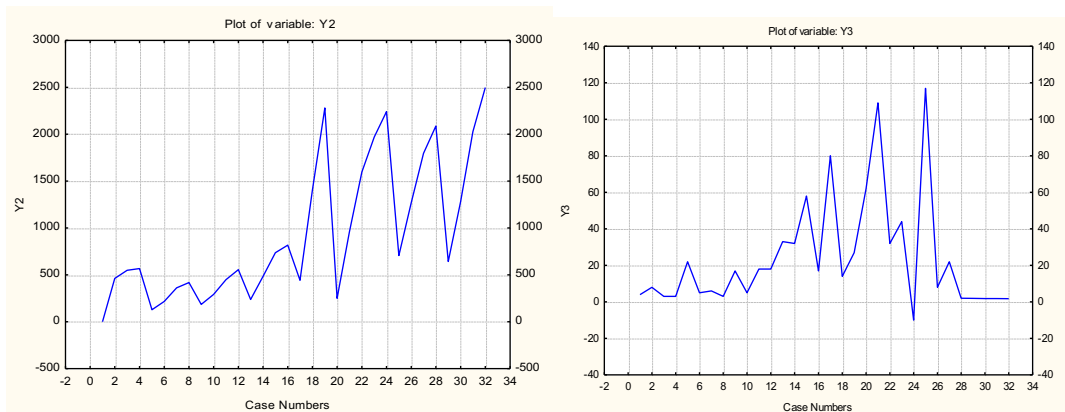
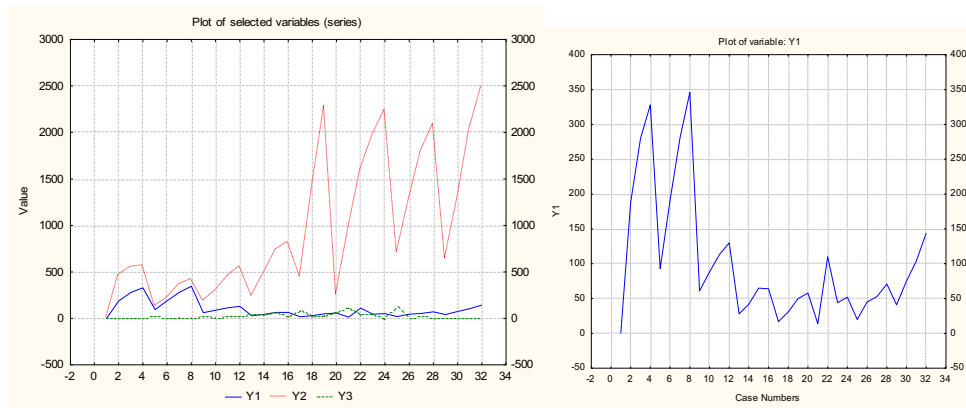
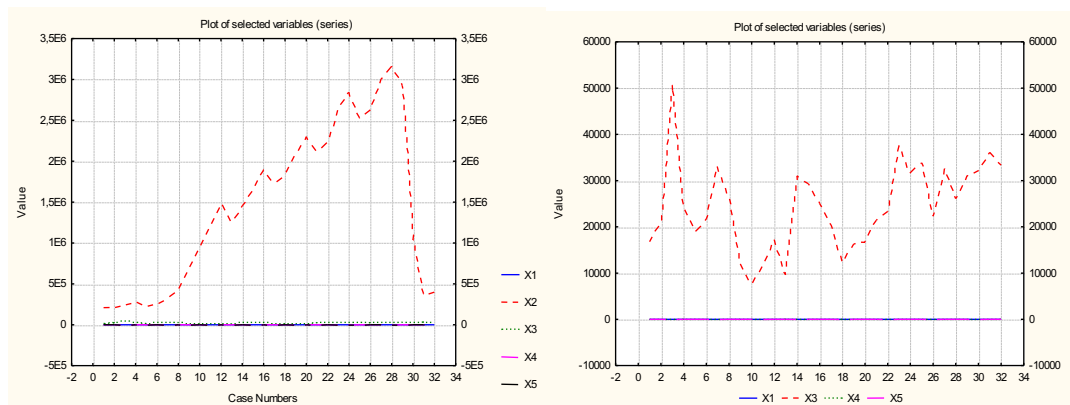


Рисунок 1 – Графіки динаміки регресандів визначення впливу факторів фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення, легалізація кримінальних доходів



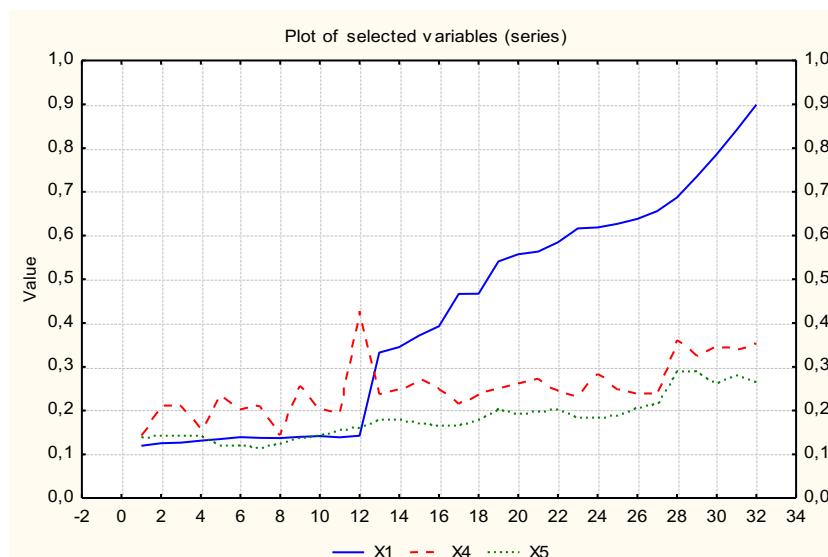


Рисунок 2 – Графіки динаміки регресорів визначення впливу факторів фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення, легалізація кримінальних доходів

На третьому етапі науково-методичного підходу до застосування багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів до визначення впливу факторів впливу факторів фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення, легалізацію кримінальних доходів безпосередньо проводиться сплайн-моделювання [13].

При побудові регресивних MAR-сплайнів отримаємо наступні параметри (рисунок 3): кількість незалежних змінних – 5, кількість залежних змінних – 1, кількість термів – 5, кількість базисних функцій – 5, порядок взаємодії (кількість складових добутку базисних функцій) – 2, а також кількість звернень до факторів-регресорів: найбільша – 2 до X1, X2, далі 1 – X3, крім того незначущими виявлено фактори X2 та X5.

Model specifications	Model Summary
	Value
Independents	5
Dependents	1
Number of terms	5
Number of basis functions	5
Order of interactions	2
Penalty	2,000000
Threshold	0,000500
GCV error	3153.123

Dependents	Number of References
	References (to Basis Functions)
X1	2
X2	0
X3	1
X4	2
X5	0

Рисунок 3 – Параметри специфікації моделі та кількість звернень до релевантних факторів-регресорів

Coefficients, knots and basis functions	Model coefficients (Spreadsheet9.sta)					
	NOTE: Highlighted cells indicate basis functions of type max(0, independent-knot), otherwise max(0, knot-independent)					
	Coefficients Y1	Knots X1	Knots X2	Knots X3	Knots X4	Knots X5
Intercept	-15,34					
Term.1	-2200,14				0,239473	
Term.2	0,23			7464,630	0,239473	
Term.3	330,14	0,557544				
Term.4	250,80	0,371405				

Рисунок 4 – Коефіцієнти моделі та терми моделі впливу впливу факторів фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів

Таким чином, враховуючи представлені вище коефіцієнти, терми та параметри модель впливу фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення, легалізація кримінальних доходів у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів набуває вигляду:

$$Y1 = -1,53418216810049e+001 - 2,20013777098280e+003 * \max(0; 2,39473128974892e-001 - X4) + 2,28135475716692e-001 * \max(0; X3 - 7,46462968235000e+003) * \max(0; 2,39473128974892e-001 - X4) + 3,30135483180817e+002 * \max(0; 5,57544361572743e-001 - X1) + 2,50799012955197e+002 * \max(0; X1 - 3,71405276737145e-001) \quad (1)$$

Аналізуючи рівняння 1, робимо висновок, що діяльність страхових компаній веде до зменшення фінансових кримінальних правопорушень, за умови що показник діяльності страхових компаній буде менший за 0,2395, в іншому випадку, окремо діяльність страхових компаній не буде мати впливу. Мультиплікативний додатний ефект на фінансові правопорушення будуть мати загальний обсяг торгів на біржі з діяльністю страхових компаній, якщо обсяг торгів буде перевищувати 7464,63, а показник діяльності страхових компаній буде меншим за 0,2395. Додатний вплив на кількість фінансових правопорушень буде мати рівень розвитку фінтех, при тому, якщо значення показника буде від 0,3714 до 0,5575 то вплив буде у вигляді підсумку двох термів, а якщо перевищить значення у 0,5575 одиниць, то тільки одного.

В цілому, на кількість фінансових злочинів, по яких велось провадження в сторону зменшення впливає лише діяльність страхових компаній. Варто зазначити, що кількість переданих до держфінмоніторингу повідомлень та показник діяльності банків взагалі не мають впливу.

Адекватність побудованої моделі у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів підтверджено: мінімальним значенням загального критерію якості моделі – узагальненого ковзного середнього помилки (GCV error), яке приймає значення 3153,12 (рисунок 3); коефіцієнт детермінації набуває значення 0,803, що свідчить про високу якість моделі (рисунок 5); несуттєве відхилення фактичних та прогнозних значень кількості фінансових правопорушень, по яких було провадження у звітному періоді.

Regression statistics (Spreads)	
Regression statistics	Y1
Mean (observed)	100,8125
Standard deviation (observed)	92,3770
Mean (predicted)	100,8125
Standard deviation (predicted)	82,7772
Mean (residual)	0,0000
Standard deviation (residual)	41,0055
R-square	0,8030
R-square adjusted	0,7651

Рисунок 5 – Регресивні статистики залежності фінансових правопорушень від факторів у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів

Переходячи до практичної реалізації моделі в розрізі залежності кібернетичних правопорушень від 5 факторів у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів отримаємо наступні параметри (рисунок 6): кількість незалежних змінних – 5, кількість залежних змінних – 1, кількість термів – 8, кількість базисних функцій – 14,

порядок взаємодії (кількість складових добутку базисних функцій) – 3, а також кількість звернень до факторів-регресорів: найбільша – 5 до X1, далі 4 – X3, 3 – X2, 2 – X5, крім того незначущим виявлено фактор X4.

Model specifications	Model Summary (Spreadsheet9.sta)		Dependents	Number of References to Each Predictor (Spreadsheet9.sta)	
	Value			References (to Basis Functions)	Number of times each predictor is referenced (used)
Independents	5		X1	5	
Dependents	1		X2	3	
Number of terms	8		X3	4	
Number of basis functions	14		X4	0	
Order of interactions	3		X5	2	
Penalty	2,000000				
Threshold	0,000500				
GCV error	218725,7				
Prune	Yes				

Рисунок 6 – Параметри специфікації моделі та кількість звернень до релевантних факторів-регресорів

Coefficients, knots and basis functions	Model coefficients (Spreadsheet9.sta) NOTE: Highlighted cells indicate basis functions of type max(0, independent-knot), otherwise max(0, knot-independent)					
	Coefficients Y2	Knots X1	Knots X2	Knots X3	Knots X4	Knots X5
Intercept	397,1					
Term.1	33871,6	0,371405				
Term.2	110777,2					0,183132
Term.3	-0,0	0,371405	1836938			
Term.4	0,0	0,371405	1836938	7464,63		
Term.5	-0,0		209449	7464,63		0,183132
Term.6	-1,8	0,371405		7464,63		
Term.7	-1,4	0,371405		26173,17		

Рисунок 7 – Коефіцієнти моделі та терми моделі впливу факторів фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на кібернетичні правопорушення у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів

Таким чином, враховуючи представлені вище коефіцієнти, терми та параметри модель впливу фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення, легалізація кримінальних доходів у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів набуває вигляду:

$$\begin{aligned}
 Y2 = & 3,97130455471352e+002 + 3,38716423357658e+004 * \max(0; X1 - 3,71405276737145e-001) + 1,10777191998577e+005 * \max(0; X5 - 1,83132301034698e-001) - 3,44120331174238e-002 * \max(0; X1 - 3,71405276737145e-001) * \max(0; X2 - 1,83693800000000e+006) + 2,11976578551327e-006 * \max(0; X1 - 3,71405276737145e-001) * \max(0; X2 - 1,83693800000000e+006) * \max(0; X3 - 7,46462968235000e+003) - 2,15529085157748e-006 * \max(0; X2 - 2,09449000000000e+005) * \max(0; X3 - 7,46462968235000e+003) * \max(0; X5 - 1,83132301034698e-001) - 1,78240383752107e+000 * \max(0; X1 - 3,71405276737145e-001) * \max(0; X3 - 7,46462968235000e+003) - 1,37560299832438e+000 * \max(0; X1 - 3,71405276737145e-001) * \max(0; 2,61731749103700e+004 - X3) \quad (2)
 \end{aligned}$$

Аналізуючи детермінанти кіберзлочинів, констатуємо наступне. Показник розвитку фінтех буде мати додатний вплив у випадку набуття значення більше 0,3714. При цьому, показники розвитку фінтех та кількості повідомлень про підозрілі операції в сукупності будуть впливати на зменшення результуючої ознаки, якщо перший буде більше 0,3714 а

другий – більше 1836938. В разі до попередньої умови кількість торгів на біржі перевищить 7464,6297, то мультиплікативний ефект трьох показників буде впливати на зростання результуючої ознаки. Показник діяльності банків буде впливати на збільшення кіберзлочинів, якщо перевищить значення 0,1813. Мультиплікативний ефект одночасно показників X2, X3 та X5 за визначених умов буде впливати на зменшення кількості кіберзлочинів.

Адекватність побудованої моделі у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів підтверджено: мінімальним значенням загального критерію якості моделі – узагальненого ковзного середнього помилки (GCV error), яке приймає значення 218725 (рисунок 7); коефіцієнт детермінації набуває значення 0,886, що свідчить про високу якість моделі (рисунок 8); несуттєве відхилення фактичних та прогнозних значень кіберзлочинів [23, 22, 30, 5].

Regression statistics	Regression statistics (Spreads	
	Y2	
Mean (observed)	935,0938	
Standard deviation (observed)	746,4649	
Mean (predicted)	935,0937	
Standard deviation (predicted)	702,4872	
Mean (residual)	0,0000	
Standard deviation (residual)	252,4312	
R-square	0,8856	
R-square adjusted	0,8459	

Рисунок 8 – Регресивні статистики залежності фінансових правопорушень від факторів у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів

Переходячи до практичної реалізації моделі в розрізі залежності обсягів легалізації кримінальних доходів від 5 факторів у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів отримаємо наступні параметри (рисунок 6): кількість незалежних змінних – 5, кількість залежних змінних – 1, кількість термів – 3, кількість базисних функцій – 3, порядок взаємодії (кількість складових добутку базисних функцій) – 2, а також кількість звернень до факторів-регресорів: найбільша і однакова – 1 до X1, X2, X3, незначущими виявлено фактори X4 та X5.

Model specifications	Model Summary (Spreadsheet9.sta			Number of References to Each Predictor (Spreadsh	
	Value			Number of times each predictor is referenced (used)	
Independents	5			References	
Dependents	1			(to Basis	
Number of terms	3			Functions)	
Number of basis functions	3		Dependents		
Order of interactions	2		X1	1	
Penalty	2,000000		X2	1	
Threshold	0,000500		X3	1	
GCV error	767,7323		X4	0	
Prune	Yes		X5	0	

Рисунок 9 – Параметри специфікації моделі та кількість звернень до релевантних факторів-регресорів

Coefficients, knots and basis functions	Model coefficients (Spreadsheet9.sta) NOTE: Highlighted cells indicate basis functions of type max(0, independent-knot), otherwise max(0, knot-independent)					
	Coefficients Y3	Knots X1	Knots X2	Knots X3	Knots X4	Knots X5
Intercept	32,92918					
Term.1	-0,00002		1836938			
Term.2	15,03185	0,557544		22330,43		

Рисунок 10 – Коефіцієнти моделі та терми моделі впливу факторів фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на кібернетичні правопорушення у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів

Таким чином, враховуючи представлені вище коефіцієнти, терми та параметри модель впливу фінтех, фінансового моніторингу як банків так і страхових компаній, обсягів торгів на фінансові правопорушення, кібернетичні правопорушення, легалізація кримінальних доходів у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів набуває вигляду:

$$Y3 = 3,29291807569567e+001 - 1,77427285069972e-005 * \max(0; 1,83693800000000e+006 - X2) + 1,50318465753288e+001 * \max(0; X1 - 5,57544361572743e-001) * \max(0; 2,23304254185900e+004 - X3) \quad (3)$$

На кількість правопорушень з метою легалізації кримінальних доходів від'ємний вплив має кількість повідомлень про підозрілі операції, якщо вони менші за 1836938 одиниць, натомість додатний вплив буде мати мультиплікативний ефект фінтех та обсягів торгів на біржі, за умови що перший показник буде мати значення більше 0,5575 а другий – менше 22330,4254. Вплив інших показників не доведений [6, 7, 14, 15].

Адекватність побудованої моделі у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів підтверджено: мінімальним значенням загального критерію якості моделі – узагальненого ковзного середнього помилки (GCV error), яке приймає значення 767 (рисунок 9); коефіцієнт детермінації набуває значення 0,405, що свідчить про високу якість моделі (рисунок 11); несуттєве відхилення фактичних та прогнозних значень кількості правопорушень з метою легалізації кримінальних доходів.

Regression statistics	Regression statistics (Spreads)	
	Y3	
Mean (observed)	23,95273	
Standard deviation (observed)	30,78833	
Mean (predicted)	23,95273	
Standard deviation (predicted)	19,58905	
Mean (residual)	-0,00000	
Standard deviation (residual)	23,75269	
R-square	0,40481	
R-square adjusted	0,34104	

Рисунок 11 – Регресивні статистики залежності обсягів легалізації кримінальних доходів від факторів на у вигляді багатомірних адаптивних регресивних MAR-сплайнів

Проведене моделювання виокремлює тенденції взаємозв'язків кіберзлочинів, фінансових правопорушень та легалізації кримінальних доходів з узагальненими характеристиками розвитку фінтех, кількості поданих до держфінмоніторингу повідомлень про підозрілі операції та рівня розвитку ключових сфер фінансової діяльності: банків, страхових компаній та бірж цінних паперів.

Було визначено, що на фінансові злочини не мають впливу кількість переданих до держфінмоніторингу повідомлень про підозрілі операції та діяльність банківських установ.

Натомість було визначено мультиплікативний вплив торгів на біржах цінних паперів та діяльності страхових компаній.

На кіберзлочини не має впливу діяльність страхових компаній, натомість з показником фінтех всі інші показники мали мультиплікативний ефект, в тому числі потрійний. Це вказує на те, що рівень цифровізації, розвитку фінтех стимулює інші сфери фінансової діяльності та надає нові можливості для кіберзлочинців.

Кількість злочинів з метою легалізації кримінальних доходів пояснюється кількістю поданих до держфінмоніторингу повідомлень про підозрілі операції та мультиплікативним впливом торгів на біржі і рівнем фінтех, що свідчить про значну кількість схем легалізації кримінальних доходів з використанням цінних паперів.

Висновки. Отже, сучасний світ однієї сторони покладає великі надії на інновації, пов'язуючи з ними з покращення добробуту суспільства, посилення конкурентоздатності, прискорення темпів економічного зростання, а з іншого потерпає від активізації протиправних дій кіберзлочинців. Для перешкоджання та протидії фінансовим і кібернетичним злочинам, їх негативним наслідкам, необхідно постійно вживати певний комплекс ефективних регулюючих заходів. Серед них вагоме місце відводиться аналітичним процесам, що ґрунтуються на використанні моделювання фінансово-економічних процесів та тенденцій.

В свою чергу, сплайн-моделі такої взаємозалежності FinTech інновацій та фінансових і кібернетичних злочинів є досить гнучкими, та виступають достойною альтернативою стандартним математичним моделям, що можуть застосовуватись фінансовими посередниками для перешкоджання настання негативних наслідків для економічної системи. Сплайн-моделі надають гарні, точні кінцеві результати, прогнози по досліджуваним даним, демонструють одні з найкращих співвідношень вивчаємих функцій. Застосування на практиці сплайн-моделі взаємозалежності FinTech інновацій та фінансових та кібернетичними злочинами за посередництва фінансових установ принесе користь і самим фінансовим посередникам, і користувачам фінансової системи, і державним регулюючим, наглядовим органам. Така модель може бути корисною та цікавою міжнародним організаціям, інвесторам, розробникам нормативних стандартів, банківським установам, іншим вченим, що проводять дослідження в цій сфері.

Роботу виконано в межах науково-дослідної теми «Data-Mining для протидії кібершахрайствам та легалізації кримінальних доходів в умовах цифровізації фінансового сектору економіки України» (номер державної реєстрації 0121U100467) та держбюджетної науково-дослідної роботи № 0121U109559 «Національна безпека через конвергенцію систем фінансового моніторингу та кібербезпеки: інтелектуальне моделювання механізмів регулювання фінансового ринку».

УХВАЛИЛИ: інформацію прийняти до відома.

Головуючий

О.В. Кузьменко

Секретар

В.В. Порошина

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ БІЗНЕСУ, ЕКОНОМІКИ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
Кафедра економічної кібернетики

ПРОТОКОЛ

наукового семінару кафедри економічної кібернетики

від 29.04.2022

№ 6

Голова: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор.
Секретар: Порошина В.В., фахівець I кат

Присутні: д.е.н. професори: Олійник В.М.; д.е.н., доценти: Бойко А.О., Яровенко Г.М.;
к.е.н., доценти: Боженко В.В.; к.е.н.; к.т.н., доценти: Гриценко К.Г., Яценко В.В.; к.ф.-м.н.,
доцент Коломієць С.В.; к.е.н. старший викладач: Койбічук В.В., Діденко І.В.; асистенти:
Миненко С.В., Кушнерьов О.С., Колотіліна О.В.; викладачі-стажисти: Каша М.О.; технік:
Грек К.А.

Засідання кафедри проводилось онлайн за допомогою Google-meet

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

1. Оцінка динаміки біфуркаційних трансформацій в економіці

СЛУХАЛИ: Колотіліна Олена Василівна, викладач-стажист, аспірант

Загострення політичних протиріч, хаотичність економічної динаміки і посилення на цій основі незадоволення населенням своїм матеріальним становищем є результатом відсутності системних змін у країні, а також нездатністю знайти адекватні відповіді на виклики сьогодення. Бажані трансформаційні зміни в функціонування національної економіки не можуть відбуватися лише на основі дії ринкового механізму, а потребують проведення виваженої та науково-обґрунтованої державної політики. Оскільки економіка, політика та соціум є складними та багатопрограмними процесами, тому для прийняття ефективних управлінських рішень у сфері державотворення на шляху розбудови процвітаючої національної економіки крім глибокого аналізу кожної із складових необхідно досліджувати їх взаємозв'язки. У зв'язку з цим першочергово значення набуває розробка науково-методичного підходу до оцінювання показника стійкості соціо-політико-економічного розвитку України.

Дослідження теоретичних засад трансформацій в економічній, соціальній та політичній сферах суспільства розглядалися в працях вітчизняних та закордонних вчених, а саме: А. Гальчинський [1], Л. Потравка, О. Карташова [2], Н. Попадюк [3], О. Костик [4], К. Телен [1] та інші. Окрім цього оцінюванням взаємозв'язку між економікою, політикою та соціальним життям займалися такі науковці як І. Терлецька [5], Н. Задорожнюк [6], Е. Лібанова [7], І. Любімов [8], А. Алесіна [2] та інші. Зокрема, П. Уалтлі [3] досліджував взаємозв'язок між соціальним капіталом та економічним зростанням у вибірці 34 країн за період з 1970 по 1992 рік у рамках модифікованої неокласичної моделі економічного зростання. Результати його дослідження засвідчили, соціальний капітал відіграє важливу роль у поясненні як ефективності політичних інститутів, так і економічних показників сучасних суспільств.

Мета доповіді є визначення рівня стійкості соціо-політико-економічного розвитку країни на основі теорії біфуркації.

Для оцінювання рівня біфуркаційних трансформацій в соціальному, економічному та політичному розвитку країни розроблено науково-методичний підхід, що складається з 5-х основних етапів.

Перший етап. Формування інформаційної бази дослідження. Інформаційна база дослідження сформована на основі показників Світового банку (The World Bank), які характеризують соціальну сферу та економіко-політичний стан України. Індикатори оцінювання стану і динаміки розвитку країни взяті з 2000 року по 2017 рік. Побудова системи індикаторів, що оцінюють економічну складову нараховує: темп зростання ВВП, обсяг експорту товарів та послуг, обсяг імпорту товарів та послуг, обсяг ВВП, валова економія, обсяг валової доданої вартості за коефіцієнтною вартістю. До складу показників впливу на соціальну сферу віднесемо: обсяг державних видатків на систему освіти, обсяг робочої сили, рівень безробіття, кількість населення віком 15-64 років, рівень народжуваності, населення біженця країною або територією притулку. Політичний стан України описують такі індикатори як: обсяг державних доходів, без урахування грантів, обсяг державного боргу, обсяг військових витрат, питома вага жінок в національному парламенті, обсяг загальних резервів, портфельний капітал.

Другий етап. Перевірка інформаційної бази дослідження на аномальність та визначення релевантних індикаторів впливу. Досліджуючи часові ряди, можна помітити значення, що значно відхиляються від загальної тенденції розвитку соціо-політико-економічної складової України. Для виявлення аномальних значень застосуємо метод Ірвіна, що порівнює сусідні числові дані часового ряду. Розраховані результати показали аномальність індикаторів у 2005 році, а саме: обсяг доходу, без урахування грантів, темп зростання ВВП, обсяг експорту товарів та послуг; 2017 рік – обсяг робочої сили.

Визначимо релевантні індикатори впливу на соціо-політико-економічну складову країни. Застосуємо метод головних компонент, який ілюструє основну ідею факторного аналізу. Побудуємо графік каменистого осипу для знаходження потрібної кількості факторів впливу на досліджувані індикатори. Аналіз даного етапу дослідження показав, що найбільш релевантними для України є індикатори: зростання ВВП, частка місць, якими володіють жінки в національних парламентах, експорт товарів та послуг, робоча сила, валова економія, населення віком 15-64 років, загальні резерви, кількість біженців.

Третій етап. Проведення нормалізації та побудова інтегральних показників. Проведемо нормалізацію показників соціо-політико-економічної складової країни за методом Харрінгтона. Суть цього методу полягає в перетворенні розміру індикаторів, зведенні всіх вимірів від 0 до 1. Механізм перетворення потребує розглянути функцію Харрінгтона

$d_i = \exp(-\exp(-Y_i))$, де Y_i - показник, що характеризує соціо-економіко-політичний розвиток, у нормальному вигляді.

Наступний крок передбачає побудову інтегральних показників соціальної сфери, політичного стану, економічної складової України на основі згортки нормалізованих показників. Для даного етапу застосуємо методику обчислення середньо геометричного значення індикаторів. Розрахуємо радіус описаного кола за формулою:

$$R_t = \frac{n_{et} n_{st} n_{pt}}{(n_{et} + n_{st} + n_{pt})(-n_{et} + n_{st} + n_{pt})(n_{et} - n_{st} + n_{pt})(n_{et} + n_{st} - n_{pt})}, \quad (1)$$

де R_t – радіус описаного кола соціо-політико-економічного стану країни (в даний період часу t); n_{et}, n_{st}, n_{pt} – нормалізовані узагальнені показники економічного, політичного та соціального розвитку країни.

Інтегральні показники соціо-політико-економічного складової та радіуса описаного кола (R_t) України, обчислюючи за наведеною методикою, представимо в (табл.1).

Таблиця 1. Інтегральні показники соціо-політико-економічного складової та радіуса описаного кола (R_t) України

Україна	Економічна складова	Політична складова	Соціальна складова	R (радіус описаного кола)
2000	0,636	0,427	0,539	0,322
2001	0,622	0,438	0,526	0,316
2002	0,612	0,411	0,524	0,310
2003	0,645	0,433	0,514	0,323
2004	0,687	0,411	0,502	0,346
2005	0,616	0,453	0,522	0,315
2006	0,546	0,510	0,520	0,304
2007	0,530	0,591	0,591	0,331
2008	0,517	0,587	0,638	0,339
2009	0,485	0,563	0,636	0,330
2010	0,496	0,592	0,595	0,327
2011	0,525	0,583	0,526	0,316
2012	0,460	0,590	0,480	0,302
2013	0,415	0,571	0,494	0,293
2014	0,426	0,540	0,479	0,282
2015	0,458	0,583	0,455	0,297
2016	0,485	0,595	0,422	0,301
2017	0,517	0,619	0,392	0,311

Джерело: розраховано авторами

Четвертий етап. Оцінювання стійкості на основі застосування апарату диференціального числення. В даному дослідженні розглянемо функції, на основі яких будуть побудовані диференціальні рівняння для визначення показника стійкості розвитку України. Для побудови розглянемо деякі основні елементарні функції: степеневу функцію $y = x^\alpha$, де $\alpha \in R$, а саме: квадратична функція ($y = x^2$) та кубічна ($y = x^3$); логарифмічну функцію з основою e ($y = \ln(x)$); тригонометричні функції ($y = \cos x$, $y = \sin x$); показникову функцію ($y = a^x$, де $a > 0, a \neq 1$), а саме показникову функцію з основою e ($y = e^x$) та обернену пропорційність ($y = \frac{k}{x}$, де $k \neq 0$), окремий випадок коли $k = 1$.

Результати знаходження значення кожної функції, де аргументом є інтегральні показники соціо-політико-економічної складової, представимо на прикладі економічного розвитку України. Значення елементарних функцій деякої змінної величини (інтегральних показників економічної складової) покажемо в (табл. 2). Аналогічно знайдемо значення від зазначених раніше функцій для соціальної сфери та політичного стану України.

Таблиця 2. Значення елементарних функцій інтегральних показників економічної складової України

Україна	Економічна складова	$y = x^2$	$y = x^3$	$y = \ln(x)$	$y = \sin(x)$	$y = \cos(x)$	$y = e^x$	$y = \frac{1}{x}$
2000	0,636	0,404	0,257	-0,453	0,594	0,805	1,889	1,572
2001	0,622	0,387	0,241	-0,475	0,583	0,813	1,863	1,608
2002	0,612	0,374	0,229	-0,492	0,574	0,819	1,843	1,635
2003	0,645	0,416	0,268	-0,439	0,601	0,799	1,906	1,551
2004	0,687	0,472	0,324	-0,376	0,634	0,773	1,987	1,456

2005	0,616	0,379	0,233	-0,485	0,577	0,816	1,851	1,625
2006	0,546	0,299	0,163	-0,604	0,520	0,854	1,727	1,830
2007	0,530	0,280	0,149	-0,636	0,505	0,863	1,698	1,888
2008	0,517	0,268	0,138	-0,659	0,494	0,869	1,677	1,933
2009	0,485	0,235	0,114	-0,724	0,466	0,885	1,624	2,062
2010	0,496	0,246	0,122	-0,701	0,476	0,880	1,642	2,016
2011	0,525	0,275	0,145	-0,645	0,501	0,865	1,690	1,906
2012	0,460	0,212	0,098	-0,776	0,444	0,896	1,585	2,172
2013	0,415	0,172	0,071	-0,880	0,403	0,915	1,514	2,411
2014	0,426	0,181	0,077	-0,854	0,413	0,911	1,531	2,350
2015	0,458	0,209	0,096	-0,782	0,442	0,897	1,580	2,185
2016	0,485	0,235	0,114	-0,725	0,466	0,885	1,623	2,064
2017	0,517	0,267	0,138	-0,660	0,494	0,869	1,677	1,934

Джерело: побудовано авторами

Враховуючи дані (табл.2), побудуємо багатофакторну регресію та проаналізуємо коефіцієнт детермінації (R^2), що дає змогу оцінити вірогідність отриманої моделі (табл.3).

Результати даного аналізу $R^2 \approx 0,84$, вказують на досить високу точність побудованої регресії, тобто модель є прийнятною. Проаналізуємо отримані значення *t-Statistic*, даний коефіцієнт дає змогу виявити функцію, яка найкраще описує показник, який вибраний у якості залежної змінної. Таким чином, тісний зв'язок (*t-Stat* – 2,89) виявлено із кубічною

функцією ($y = x^3$), яка суттєво описує економічну складову України. Аналогічна процедура пошуку зв'язку між досліджуваними функціями та соціальною сферою, політичним станом країни дозволяє зробити висновок, що за умови критерію вибору багатофакторної регресії найкращим чином політичну складову України характеризує квадратична функція ($y = x^2$); соціальну сферу – кубічна функція ($y = x^3$).

Таблиця 3. Багатофакторний регресійний аналіз економічної складової України та деяких елементарних функцій

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,91
R Square	0,84
Adjusted R Square	0,49
Standard Error	0,01
Observations	18,00

ANOVA

	df	SS	MS	F
Regression	8,00	0,00	0,00	11,31
Residual	11,00	0,00	0,00	
Total	19,00	0,00		

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	10588,52	3869,21	2,74	0,02
Economic component	0,00	0,00	65535,00	-
x^2	6661,46	2468,81	2,70	-
x^3	866,54	299,57	2,89	0,01
ln(x)	2754,09	993,98	2,77	0,02
sin(x)	0,00	0,00	65535,00	-
cos(x)	0,00	0,00	65535,00	-
exp(x)	-6818,44	2496,75	-2,73	-
1/x	394,41	140,96	2,80	0,02

Джерело: побудовано авторами

Для визначення ступеня зв'язку між даними показниками, функціями, які описують економічну, соціальну та політичну сфери України побудуємо багатофакторну регресію (табл.4). За допомогою отриманих значень, коефіцієнта детермінації $R^2 \approx 0,99$, можна стверджувати адекватність моделі та статистичну значимість розглянутих функцій, які слугують для подальшої побудови системи диференціальних рівнянь.

Таблиця 4. Багатофакторний регресійний аналіз функцій, які описують соціо-політико-економічну складову України

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

Multiple R	0,99
R Square	0,99
Adjusted R Square	0,98
Standard Error	0,00
Observations	18,00

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4,00	0,00	0,00	276,56	0,00
Residual	13,00	0,00	0,00		
Total	17,00	0,00			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%
Intercept	0,16	0,01	26,49	0,00	0,15
x^3	0,47	0,03	15,61	0,00	0,41
x^2	0,36	0,03	12,42	0,00	0,30
x^3	0,42	0,04	10,11	0,00	0,33
x1x2x3	-0,64	0,11	-5,91	0,00	-0,87

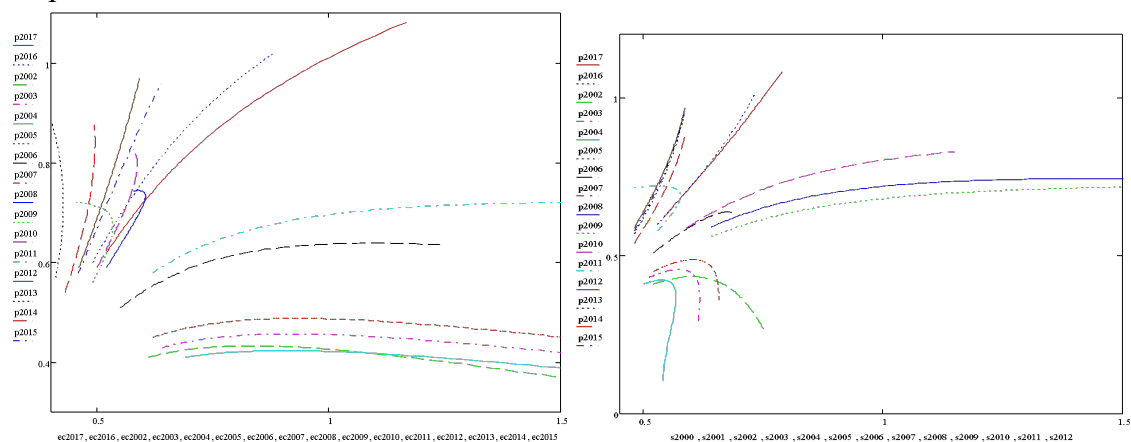
Джерело: побудовано авторами

П'ятий етап. Побудова «фазових портретів» показника стійкості. Побудуємо систему диференціальних рівнянь, для подальшого визначення показника стійкості соціо-політико-

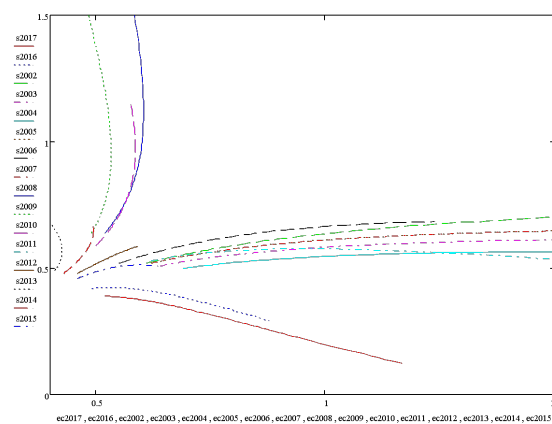
економічного стану України. На основі розглянутих функцій, змодулюємо нелінійні диференціальні рівняння. Такі рівняння встановлюють зв'язки між незалежними змінними (ec, p, s – економічна, політична, соціальна складова), функцією ($R(ec), R(p), R(s)$), де R_t – радіус описаного кола соціо-політико-економічного стану країни (в даний період часу t) та її похідною ($\frac{d}{dt}ec, \frac{d}{dt}p, \frac{d}{dt}s$). Складемо систему з трьох диференціальних рівнянь, яка характеризує поведінку динамічної системи показника стійкості України (2).

Нелінійний підхід, заснований на теорії біфуркації, дає змогу побудувати «фазовий портрет» показника стійкості соціально-економічної, соціально-політичної та економічно-політичної складової України, тобто відобразити фазові траєкторії на вибрану площину фазового простору. Фазовий портрет на основі диференціальних рівнянь можна побудувати за допомогою математичного програмного забезпечення MathCad. Згідно теорії біфуркації та різновидності типів фазових портретів двовимірного простору (сідло, пучок, фокус) охарактеризуємо показник стійкості соціо-політико-економічного стану України.

Рис. 1 «Фазовий портрет» показника стійкості соціо-політико-економічного стану України



а) політико-економічний «фазовий портрет» б) політико-соціальний «фазовий портрет» України



в) соціально-економічний «фазовий портрет» України

Джерело: побудовано авторами

Тепер дослідимо політико-економічний «фазовий портрет» (рис.1(а)), який демонструє тип біфуркації «стійкий пучок» з елементами «сідло». Дана динамічна система описує траєкторію політичної та економічної складової України на вибрану площину фазового простору, протягом 18 років (з 2000 року по 2017 рік). Даний тип біфуркації свідчить про стійкий, устаткований політико-економічний стан системи, тобто при суттєвій зміні параметра і фіксованому значенні іншого параметра дана система знаходиться в рівноважному стані. Проаналізуємо тенденцію розвитку політико-соціальної складової України, біфуркаційний графік (рис.1(б)) вказує на тип біфуркації «пучок» з яскраво вираженим типом «сідло». Що характеризує дану динамічну систему нестабільною для

подальшого розвитку. При впливі різних чинників з навколишнього середовища, показник стійкості знаходиться в нерівноважному стані та має схильність до зміни тенденції розвитку. Представимо графічну інтерпретацію соціально-економічного «фазового портрету» України (рис.1(в)). Згідно теорії біфуркації, «фазовий портрет» даної динамічної системи описує тип біфуркації «стійкий пучок» з елементами типу «сідло». Що безумовно свідчить про стійкий стан показника стійкості соціально-економічної складової України. При дії певних зовнішніх факторів на досліджуваний процес, динамічна система перебуватиме в стані рівноваги та буде продовжувати розвиток за набутою тенденцією.

Отже, аналізуючи соціо-політико-економічний показник стійкості України, можна стверджувати, що досліджувана система країни за трьома складовими, перебуває в умовах рівноваги та має стійкий розвиток в подальшому існуванні.

Розглянута методика аналізу показника стійкості соціо-політико-економічної складової України, яка враховує динаміку стану соціальної, політико-економічної сфери, відкриває можливості формалізованого опису таких динамічних систем, що дає змогу відслідковувати показник стійкості функціонування досліджуваних складових країни у даний період часу.

Згідно розглянутої моделі, детально проаналізовано показник стійкості України за трьома складовими, на основі теорії біфуркації. Побудовано «фазовий портрет», який дозволяє проаналізувати подальше поведіння досліджуваної динамічної системи та описати її характер відносно розглянутих типів біфуркації в двохвимірному просторі.

УХВАЛИЛИ: інформацію прийняти до відома.

Головуючий

О.В. Кузьменко

Секретар

В.В. Порошина

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ БІЗНЕСУ, ЕКОНОМІКИ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
Кафедра економічної кібернетики

ПРОТОКОЛ

наукового семінару кафедри економічної кібернетики

від 27.05.2022

№ 7

Голова: Кузьменко О.В., завідувач кафедри економічної кібернетики, професор.
Секретар: Порошина В.В., фахівець I кат

Присутні: д.е.н. професори: Олійник В.М.; д.е.н., доценти: Бойко А.О., Яровенко Г.М.; к.е.н., доценти: Боженко В.В.; к.е.н.; к.т.н., доценти: Гриценко К.Г., Яценко В.В.; к.ф.-м.н., доцент Коломієць С.В.; к.е.н. старший викладач: Койбічук В.В., Діденко І.В.; асистенти: Миненко С.В., Кушнерьов О.С., Колотіліна О.В.; викладачі-стажисти: Каша М.О.; технік: Грек К.А.

Засідання кафедри проводилось онлайн за допомогою Google-meet

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

1. Фрактальний аналіз часових рядів

СЛУХАЛИ: Коломієць С.В, к.ф.-м.н., доцент

Поняття фрактал широко застосовується в сучасному економіко-математичному моделюванні. Слово фрактал походить від латинських слів: *fractus* – зламаний, розбитий, дробовий та відповідного дієслова *frangere* – ламати, розламувати, тобто створювати фрагменти неправильної форми.

З точки зору фрактальної геометрії, фрактал – геометрична фігура, що має властивість самоподібності, тобто об'єкт наближено чи точно збігається з частиною себе. Це означає, що ціле має таку саму форму, як і одна чи більше його частин.

Головна особливість фракталів полягає у тому, що їх розмірність не відповідає звичайним геометричним уявленням. В теорії фракталів використовується спеціальне поняття фрактальної розмірності, введене Ф. Хаусдорфом та А. Безиковичем. Розмірність фракталів не є цілим числом, характерним для звичайних геометричних об'єктів.

Властивість самоподібності характерна лише для регулярних фракталів (штучні математичні об'єкти). Якщо замість детермінованого способу побудови в алгоритм їхнього створення включити деякий елемент випадковості, то виникнуть так звані випадкові фрактали. Основна відмінність випадкових фракталів від регулярних полягає у тому, що властивість самоподібності справедлива тільки після відповідного усереднення за всіма статистично незалежними реалізаціями об'єкту. При цьому збільшена частина фракталу неточно ідентична початковому фрагменту, проте їх статистичні характеристики збігаються [1, с. 61].

Важлива властивість фракталів – їхня дробова розмірність. Евклідова розмірність геометричної фігури – це мінімальне число параметрів, що необхідні для опису положення точки в просторі. Зокрема, положення точки на лінії визначається однією координатою, на площині – двома координатами, у тривимірному просторі – трьома.

Для будь-якої множини можна визначити топологічну розмірність. Загальний підхід до визначення топологічної розмірності [1, с. 59–69]:

- порожній множині приписується розмірність $D_T = -1$;

- розмірність будь-якої не порожньої множини відмінна від -1 . Якщо деяку множину можна розділити на незв'язані одна з одною частини за допомогою множини розмірності D_T , то її топологічна розмірність дорівнює $D_T + 1$. Зокрема, точка має розмірність $D_T = 0$, оскільки можна вважати, що дві точки розділені порожньою множиною. Зчислення множини точок також має розмірність $D_T = 0$. Пряма має розмірність $D_T = 1$, оскільки її можна розділити точкою на дві непересічні частини. Площину можна розділити лінією, тому розмірність площини $D_T = 2$. Топологічна розмірність сфери дорівнює двом, кулі – трьом. Отже, топологічна розмірність може бути лише цілим числом. Топологічна розмірність n -мірного евклідового простору дорівнює $D_T = n$.

Існують інші підходи до визначення розмірності, зокрема геометричний об'єкт характеризується мінімальним числом шаблонів (відрізок, квадрат, круг, тощо), необхідних для покриття об'єкта. Терміном «шаблон» називають будь-який елемент покриття. В цьому випадку розмірність об'єкта – показник степеня у співвідношенні, що зв'язує число шаблонів $N(\delta)$ і характерний розмір шаблону δ (довжина відрізка, сторона квадрату,

діаметр кола тощо): $N(\delta) = \frac{C}{\delta^D}$, де $C = \text{const}$. Розмірність об'єкта – число, що визначає

швидкість зростання кількості шаблонів, які покривають дану множину при зменшенні розміру шаблону.

Якщо застосувати аналогічний підхід до фрактальних об'єктів, при досить малих значеннях δ , отримаємо

$$N(\delta) = \frac{\text{const}}{\delta^D}, \quad (1)$$

де D – фрактальна розмірність (або ємність) множини.

Логарифмуючи співвідношення (1.1) та перейшовши до границі за умови $\delta \rightarrow 0$, отримаємо

$$D = \lim_{\delta \rightarrow 0} \left(\frac{\ln C}{\ln \delta} - \frac{\ln N(\delta)}{\ln \delta} \right) \quad (2)$$

Враховуючи, що $\delta \rightarrow 0$, маємо

$$D = -\lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln N(\delta)}{\ln \delta}. \quad (3)$$

Недолік вказаного підходу до визначення фрактальної розмірності полягає у тому, що покриття фрактальної множини проводиться шаблонами однакового розміру та їх підрахунок є досить грубим засобом вимірювання.

Більш точний спосіб можна отримати, якщо множина покривається шаблонами довільної форми і розміру, з тим обмеженням, що діаметр окремого шаблону не перевищує заданої величини. Вказаний підхід приводить до розмірності Хаусдорфа D_H . Фрактальну

розмірність Хаусдорфа використовують для множин, які складають частину від топологічної множини, на основі дробової міри.

Розмірність Хаусфорда розглядається для множини, розмір якої $N(r)$ визначається кількістю куль радіуса r , які покривають вказану множину. Для обчислення розмірності Хаусфорда використовують формулу

$$D_H = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln N(r)}{\ln(1/r)}, \quad (4)$$

Узагальнення розмірності Хаусфорда на випадок необмеженої множини називається розмірністю Хаусфорда-Безиковича. Досить часто для знаходження розмірності Хаусфорда-Безиковича множину точок покривають не кулями одиничного радіуса, а клітинками, сторона яких дорівнює 1.

З точки зору математичної теорії, під фрактальною розмірністю розуміють дробову розмірність Хаусфорда-Безиковича.

Розмірність Хаусфорда-Безиковича D_{HB} – це критична розмірність, при якій міра множини $N(r)$ змінює своє значення з нуля на нескінченність [2, с.19]

$$N(r) = \begin{cases} 0, & D > D_{HB} \\ \infty, & D < D_{HB} \end{cases}. \quad (1.5)$$

Абстрактне поняття розмірності Хаусфорда-Безиковича має важливе теоретичне значення, але на практиці його не використовують. Це пов'язано як зі складністю обчислення D_{HB} , так із тим, що для окремих фракталів $D = D_{HB}$.

Слід зазначити, що топологічна розмірність і розмірність Хаусфорда-Безиковича відносяться до самого об'єкту, а евклідова розмірність – до простору в котрому розміщено об'єкт.

Розмірність Хаусфорда-Безиковича є дробовим числом і завжди більше за топологічну розмірність. Цю властивість використовував Бенуа Мандельброт для визначення поняття «фрактал». Фрактал – це множина, для якої розмірність Хаусфорда-Безиковича завжди більше топологічної розмірності $D_{HB} > D_T$.

Слід зазначити, що наявність степеневому закону (1.1) є джерелом створення самоподібних структур, зокрема фрактальних множин, оскільки степеневі залежності є масштабно-інваріантними: якщо $g(x) = x^\alpha$, то $g(\lambda x) = (\lambda x)^\alpha = \lambda^\alpha x^\alpha = \lambda^\alpha g(x)$. Отже, при змінюванні одиниць вимірювання функція $g(x)$ залишається незмінною з точністю до множника.

Фрактальні процеси на фінансовому ринку

В 60-70 роках XX століття основними моделями фінансових ринків вважалися модель оптимального інвестиційного портфеля Г. Марковица, модель САМР Шарпа, модель ціноутворення опціонів Блека-Шоулза. Вони базуються на припущенні Луї Башельє, зробленому ще в 1900 році, що динаміка фінансових ринків описується законом нормального розподілу – законом Гаусса. закону нормального або гаусівського розподілу.

Ймовірнісні моделі адекватно моделювали динаміку ринку до обвалу американського ринку 1987 року. На той час аналітики вважали, що це – малоімовірна подія, яка, відповідно до закону Гаусса, наступного разу може з'явитись лише через кілька мільйонів років. Аналітики запевняли, що це рідкісна подія, згідно з нормальним розподілом, наступного разу щось подібне може наступити через кілька мільйонів років. Кризи 1992, 1995, 1998, 2008 років спростували це твердження. Це суперечило всім теоретичним постулатам ймовірнісного підходу. Відповідь на це питання знайшов основоположник теорії фракталів Бенуа Мандельброт, який виявив явище, що назвав «товсті хвости». Його суть полягає в тому, що крива розподілу ймовірностей зміни ринкових котирувань відрізняється від нормальної кривої. Цей результат вчені отримали досліджуючи динаміку цін на бавовну, котирування акцій великих американських компаній та фондових індексів за період понад сто років. Отримані криві розподілу ймовірностей відрізнялися від кривої Гаусса. Мандельброт припустив, що динаміка фондових ринків описується не кривою Гаусса, а деякою степеневою функцією [3].

Фрактальними називають еволюційні процеси, часові ряди показників яких мають довготривалу пам'ять. До їхнього числа здебільшого належать природні часові ряди та часові ряди основних показників еволюційних процесів.

Фрактальний аналіз часових рядів сформувався на базі теорії фрактальних ринків, яка стверджує, що розвиток ринкових процесів у майбутньому залежить від ретроспективних змін. Вважають, що процес ціноутворення загалом глобально детермінований і залежить від початкових умов. Локально цей процес випадковий. Згідно з принципами фрактального аналізу часові ряди мають фрактальну розмірність $1 < D_{HB} < 2$, мають властивості масштабної інваріантності (самоподібності) та пам'ятають свої початкові стани. Під час дослідження часових рядів, які відображають розвиток економічних процесів, роблять припущення, що вони мають фрактальну структуру. Фрактальна розмірність визначає «зазубренність» часового ряду [4].

На практиці фрактальну розмірність заміняють показником Херста, який визначається на основі фрактальної розмірності $H = 2 - D_{HB}$, де Показник Херста пов'язують із коефіцієнтом нормованого розмаху $\frac{R}{S}$, де R – «розмах» часового ряду, – стандартне відхилення. Херст експериментально виявив, що для багатьох часових рядів виконується рівність [5]

$$\frac{R}{S} = (\alpha N)^H, S \quad (6)$$

де H – показник Херста;

S – середньоквадратичне відхилення ряду спостережень;

R – розмах накопиченого відхилення;

N – число періодів спостереження;

α – додатне число.

З формули (6) отримаємо

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(\alpha n)}. \quad (7)$$

Вказаний метод аналізу стійкості тенденції часового ряду називають методом нормованого розмаху (R/S-аналізу). R/S-аналіз (метод нормованого розмаху) – це

сукупність статистичних методів аналізу часових рядів, що дозволяють визначити важливі характеристики рядів, зокрема наявність неперіодичних циклів, пам'яті тощо.

За допомогою R / S - аналізу можна показати, що ефект довготривалої пам'яті існує та є ознакою фрактальності (циклічності, повторюваності) ряду; за цим методом можна відрізнити випадковий ряд від не випадкового, навіть якщо випадковий ряд не є гауссівським. Коефіцієнт Херста H – один з базових показників фрактального аналізу [6].

Показник Херста – це число $H \in [0;1]$, яке характеризує відношення складової функції тренда до білого шуму і може використовуватись для класифікації часових рядів: не випадкових часових рядів зі стійким трендом та випадкових часових рядів (зокрема негауссових).

Завдяки своїй стійкості, показник Херста широко використовується при аналізі часових рядів. Значення показника Херста надають можливість класифікувати часові ряди та розрізняти випадкові (гаусові) та не випадкові ряди. Оскільки показник Херста пов'язаний із фрактальною розмірністю, то він характеризує ступінь згладженості графіка, побудованого на основі часового ряду.

Є три різні класифікації для показника Херста [7]:

- $H = 0,5$ – часовий ряд є випадковим ($H = 0,5$ для броунівського руху), теперішній стан процесу не впливає на майбутній, не буде жодної кореляції між ретроспективними даними і прогнозними;

- $0 \leq H < 0,5$ – часовий ряд є антиперсистентним або ергодичним рядом. Якщо система демонструє «зростання» у попередній період, то, скоріш за все, у наступному періоді почнеться спад. І навпаки, якщо був спад, то ймовірний близький підйом. Стійкість такої антиперсистентної поведінки залежить від того, наскільки показник Херста наближається до нуля. Такий тип систем називають «поверненням до середнього». H

- $0,5 < H < 1$ – часовий ряд є персистентним або трендостійким. Припускається, що події не є випадковими і якщо існує чітка тенденція часового ряду до зростання чи спадання, то вона з великою ймовірністю збережеться і надалі. Чим ближче значення показника Херста наближаються до 0,5, тим менш виражений тренд ряду.

Існує ще одна класифікація Херста: $H > 1$. В цьому випадку розглядають статистику Леві, часовий ряд є рядом з фрактальним часом, існують точки розриву похідної часового ряду. Це означає, що відбуваються незалежні стрибки амплітуди, розподілені за законом Леві, за час, який визначається величиною стрибка і зростає разом зі зростанням величини стрибка.

Методом R/S-аналізу також можна виявити максимальну довжину інтервалу (цикл), на якому значення зберігають інформацію про початкові дані системи (довготривала пам'ять).

Існує декілька алгоритмів для обчислення показника Херста, найпоширенішими є алгоритми запропоновані в роботі [3]. Вказані емпіричні способи не можуть однозначно визначати показник Херста через різні припущення та попередні перетворення початкових даних. Результати можуть відрізнитись у різних дослідників.

Розглянемо часовий ряд $y(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)\}$, де n – кількість рівнів.

1. Необхідно обчислити середнє значення $\bar{y}(t)$ та середньоквадратичне відхилення S .
2. Для кожного рівня ряду обчислити відхилення від середнього значення: $y_i(t) - \bar{y}(t)$.
3. З послідовності отриманих відхилень, за допомогою послідовного накопичення суми, утворити кумулятивний ряд за формулою

$$Z = \sum_{i=1}^n (y_i(t) - \bar{y}(t)). \quad (8)$$

4. Для кумулятивного ряду (1.8) визначити розмах за формулою

$$R = \max Z - \min Z. \quad (9)$$

5. Визначити показник Херста за допомогою логарифмування емпіричної формули

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

$$H = \frac{\log(R / S)}{\log(n / 2)}. \quad (10)$$

Для більшості природних процесів показник Херста H наближено є симетрично розподіленим навколо середнього значення 0,73 з стандартним відхиленням приблизно 0,09.

У роботі будемо використовувати також інший алгоритм розрахунку показника Херста.

1. Знайти логарифмічні відношення наступного значення до поточного, тобто утворити новий ряд $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{n-1}\}$, де

$$z_i = \log \left(\frac{y_{i+1}(t)}{y_i(t)} \right), i = 1, 2, \dots, n-1. \quad (11)$$

2. Розбити вихідний ряд (1.11) на k суміжних інтервалів довжиною $m_1, m_2, \dots, m_k$, де $m_{k+1} = m_k + \Delta$, де Δ – величина інтервалу, $\max m_k \leq \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$. Максимальна величина інтервалу m_k має забезпечити поділ часового ряду $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{n-1}\}$ на два інтервали з однаковою кількістю рівнів. Е. Петерс [5] емпірично визначив, що $m_k \geq 10$, $k \geq 5$ та запропонував обирати лише значення m_k , які є дільниками числа $n-1$, тобто кількість рівнів у інтервалі m_k має бути кратна $(n-1)$.

3. Для кожного інтервалу визначити середнє значення $\bar{z}_k$ та стандартне відхилення S_k .

4. Для кожного інтервалу $z^k(m_k)$ утворюють ряд накопичених відхилень

$$z_k^* = \sum_{j=1}^{m_k} (z_j^k - \bar{z}_k), \quad (12)$$

де $j = 1, 2, \dots, m_k$.

Отже, від кожного рівня z_j^k в інтервалі $z^k(m_k)$ віднімається середнє значення $\bar{z}_k$, і це відхилення додається до суми попередніх відхилень, тобто будується послідовність сум, які є елементами кумулятивного ряду z_k^* для даного інтервалу $z^k(m_k)$.

5. Визначити розмах елементів кумулятивного ряду z_k^* за формулою

$$R_k = \max z_{jk}^* - \min z_{jk}^*. \quad (13)$$

6. Нормувати значення розмаху (1.13) діленням на стандартне відхилення, обчислити середнє всіх k нормованих розмахів

$$\frac{R}{S} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left(\frac{R_k}{S_k} \right). \quad (14)$$

7. Для кожного k обчислюють логарифм довжини інтервалу m_k , який є абсцисою точки $\log(m_k)$, і логарифм нормованого розмаху $\log(R/S)$, який є ординатою точки для побудови графіка регресії $\log(R/S) = f(\log(m_k))$ в подвійних логарифмічних координатах.

8. Розбити початковий ряд $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{n-1}\}$ на декілька інтервалів з іншою кількістю даних m та повторити процедуру.

Параметри рівняння регресії $\log(R/S)_n = \log c + H \log n$ знаходять методом найменших квадратів. Для перевірки значущості рівняння в цілому використовують критерій Фішера, для перевірки значущості показника Херста H використовують критерій Стьюдента.

УХВАЛИЛИ: інформацію прийняти до відома.

Головуючий

О.В. Кузьменко

Секретар

В.В. Порошина