

Катуніна О.С., к.е.н., доцент

доцент кафедри економіко-математичного моделювання,

Вітлінський В.В., д.е.н., професор, завідувач кафедри

економіко-математичного моделювання, ДВНЗ “Київський

національний економічний університет імені Вадима Гетьмана”

Katunina O.S., Ph.D., associate professor

Associate Professor of the Department of Economics

and Mathematical Modeling

Vitlinsky V.V., Doctor of Economics, Professor

Head of the Department of Economic and Mathematical Modeling,

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДГРУНТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЗНАНЬ

EVALUATION OF THE LEVEL OF ECONOMIC SECURITY ON THE BASIS OF KNOWLEDGE MODELING

АНОТАЦІЯ. Розглянуто питання розроблення методології та математичного інструментарію моделювання економічної безпеки. Доведено, що в інформаційному суспільстві предиктивні модельні технології є зростаючим ресурсом безпеки. Розглянуто передумови заміни усталеної інтеграційної концепції оцінювання, аналізу, моделювання, управління та адміністрування економічної безпеки, що базується на загрозоорієнтованому підході до визначення безпеко-протекторів, на інформаційно-знаннєву. Запропоновано концепцію створення бази моделей економічної безпеки на підґрунті інструментарію глибокого машинного навчання, в тому числі комплексу моделей динамічного факторного аналізу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Економічна безпека, безпеко-протектори, знання, машинне навчання, глибоке навчання, динамічний факторний аналіз

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены вопросы разработки методологии и математического инструментария моделирования экономической безопасности. Доказано, что в информационном обществе предиктивные модельные технологии являются возрастающим ресурсом безопасности. Рассмотрены предпосылки замены существующей интеграционной концепции оценивания, анализа, моделирования, управления и администрирования экономической безопасности, основанной на подходе, ориентированном на угрозы, к определению протекторов безопасности, на информационно-знаниевую. Предложена концепция создания базы моделей экономической безопасности на основе инструментария глубокого машинного обучения, в том числе комплекса моделей динамического факторного анализа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Экономическая безопасность, протекторы безопасности, знания, машинное обучение, глубокое машинное обучение, динамический факторный анализ

ABSTRACT. The questions of development of methodology and mathematical tools for modeling economic security are considered. It has been proved that in the information society, predictive model technologies are a growing security resource. The prerequisites for replacing the established integration concept of

evaluation, analysis, modeling, management and administration of economic security, based on a threat-oriented approach to the definition of security-protectors, are considered on the basis of informational-knowledge. The educational concept of creating a database of economic security models based on the tools of deep machine learning, including a set of models of dynamic factor analysis, is proposed.

KEY WORDS: *Economic security, safety protectors, knowledge, machine learning, in-depth machine learning, dynamic factor analysis*

Вступ. Розбудова інфраструктури інформаційного суспільства в Україні, що наразі активно відбувається в теоретичному та прикладному напрямках, зокрема, спрямовує потужний гносеологічний потенціал ризик-менеджменту до економічної безпеки та екосистейту. Передумовами є прискорена інформатизація економічних процесів, набуття математичним моделюванням статусу метанауки та інтелектуального ядра нової економіки знань, стрімке збільшення інтенсивності потоків даних, запровадження відкритих платформ великих даних Big Data і технологій Data Science.

Для підприємств та економічних систем різних рівнів актуалізується проблема агрегування великих обсягів інформації – результатів моніторингу найрізноманітніших аспектів активності зовнішнього середовища. Останні суттєво змінюють вхідні параметри моделей управління, можуть мати дестабілізуючий вплив, а, отже, зумовлювати збільшення невизначеності ситуації і, як наслідок, нестійкості економічної системи.

Зазначені ефекти, що донедавна розглядались як чинники ризику, в даний час одержують новітнє – безпекологічне – тлумачення. Фокус уваги вчених з “економічної” спільноти та бізнесу зміщується на проблеми безпеки, а на тлі тяжіння до активного впровадження ідей Big Data з боку науковців та практиків з IT- і модельного секторів, безпекологія стає науковою сферою формування теоретико-методологічного підґрунтя, триває розроблення теорії безпекологічних досліджень, моделей ефективного безпеко-операційного менеджменту та відповідної інфраструктури на рівні мікро- та мезоекономічних систем.

Підприємства, що зацікавлені у збільшенні стабільності власного бізнесу та передбачуваності траєкторій розвитку, оцінюють як міру концептуальної переваги ступінь інформованості про тенденції та закономірності процесів у зовнішньому середовищі. Саме такого – адресного безпекопротекторного сенсу набуває економічний ризик в умовах інформаційної економіки, а відповідна зміна управлінської та модельної парадигми обґрунтовується історично та методологічно [1–3].

Аналіз публікацій. Узагальнюючи наукові результати з безпекології [4, 6, 8, 10], зауважимо, що в даний час домінуючою концепцією оцінювання, аналізу, моделювання, управління та адміністрування безпеки економічної діяльності є **інтеграційна**. Результати моніторингу широкої сукупності економічних чинників, нормативної бази, попиту тощо, дозволяють надійно оцінити профіль підприємства не лише за традиційними вимірювачами економічної ефективності, але й позиціонувати його в просторі конкурентоспроможності, інвестиційної привабливості, інноваційній сфері, щодо іміджу тощо. Отже, за принципом сумісного врахування низки складових, економічна безпека наразі інтенсивно операціоналізується створенням широкого спектру технологій, методик, процедур оцінювання.

Наукові дослідження з економічної безпеки систем макро- (економічна безпека держави – екосистейт) та мікроекономічного рівня (підприємства), охоплюють, за узагальненням авторів, зокрема, такі напрями:

- ієрархічна декомпозиція та відокремлене оцінювання видів економічної безпеки: глобальної, міжнародної, національної, регіональної та економічної безпеки підприємства [10];

- визначення фінансової стійкості підприємства за ресурсним підходом (капітал, устаткування, персонал, технології, інформація тощо), аналіз внутрішніх та зовнішніх загроз, та напрямки їх елімінування [14];

- ризик, що відрізняє наявність кількісної оцінки можливих збитків та оцінки ймовірності можливих загроз, займає ключове місце в системі безпеки, динамічне співставлення рівня та траскторії поточних і прогнозованих загроз з вразливістю системи, визначення її пристосованості [8];

- сценарний аналіз для встановлення простору загроз та ідентифікації чинників, що визначають шляхи досягнення цільового рівня безпеки [5];

- теоретико-множинні моделі рівня безпеки, наприклад, модель Клементса з повним перекриттям, що охоплює об'єкти захисту, загрози, засоби підтримки безпеки, проблемні та “вузькі” місця в економічній системі, шляхи проникнення в систему, множину бар'єрів, точки, що потребують здійснення захисту в системі, з подальшим інтегруванням складових у синтетичний вимірювач та визначення числової оцінки ступеня захищеності системи;

- нові інтегровані показники безпеки, наприклад, показник економічної дієвості для співставлення фактичних і цільових параметрів досягнення мети;

- безпека – синтетичний вимірник ступеня економічної захищеності, що відтворює “депо” надійності для економічної системи, яка потерпає від негативного впливу низки дестабілізуючих чинників;

- опис причин і механізмів переходу від бі- до мультиполярності в інтересах, ступенях впливовості, між центрами концентрації управління тощо;

- безпека – наслідок глобалізації економічних процесів, зміщення пріоритетів до глобальних загроз у контексті міжнародної безпеки [4];

- безпека для підприємства – міра гармонізації, збалансованості у часі та просторі економічних інтересів підприємства з інтересами пов’язаних із ним суб’єктів зовнішнього середовища [9];

- економічна безпека – “складна цілісність й одночасно роздільність різних взаємопов’язаних підсистем і елементів, що взаємодіє з середовищем як єдине ціле і відокремлене від нього”, є “поліскладною системою з багаторівневою і багатоаспектною структурою”, у ній домінують суперечності між стабільністю та розвитком: стабільна система неспроможна розвиватись, оскільки вона руйнує будь-які відхилення від свого стану для переходу до якісно нового стану система обов’язково повинна певною мірою пройти стан нестійкості [8];

- економічна безпека – “стан підприємства, що має властивості неавтокерованості та ентропійності”; зовнішнє середовище має ознаки динамічності, мінливості, турбулентності та агресивності; проактивне реагування на актуалізовані загрози за сприятливого інституційного середовища дозволяє підприємству перекласти частину безпекологічної діяльності на державні органи; розглядається привабливість підприємства для потенційних рейдерів [9];

- управління безпекою на базі стратегій доступу, наприклад, моделей дискреційного доступу, мандатного управління доступом, ролевої моделі контролю доступу на основі активностей у системі тощо.

Постановка проблеми. Підсумовуючи викладене, зауважимо, що більшість авторів пропонують загрозо-орієнтований підхід до визначення безпекопротекторів. Водночас традиційне знаходження суми складових безпеки є не повною мірою адекватним щодо потоків нової інформації, в яких статистичні показники є слабо інформативними. Дослідження, що навіть за усталеним економетричним підходом охоплюють все більшу кількість змінних, “захлинуються” в одержуваному різноманітті окремих моделей, але на підставі прикладної статистики принципово не можуть використати потужний знанневий ресурс, що міститься у Big Data.

Останній доцільно попередньо “видобути”, інтерпретувати та застосувати як новітні інформативні виміри безпекологічного простору. Отже, в даний час сформовано об’єктивні передумови для заміни інтеграційної парадигми безпекології на інформаційно-знаннєву, а розроблення методології та інструментарію оцінювання економічної безпеки є затребуваним науковим напрямом і сферою великої зацікавленості реального сектору економіки.

Економічна безпека є інтегрованим поняттям, що, окрім оціненого за об’єктивною інформацією рівня загроз, містить вагому суб’єктивну складову: по-перше, мають враховуватись когнітивні ознаки та обмеження сприйняття децидентом ступеня напруженості ситуації, зокрема з урахуванням очікувань; по-друге, зростання концептуальної переваги як ступеня інформованості, збільшення рівня “володіння” проблемою, впевненості у майбутньому, зменшення невизначеності, редукції ризику тощо. Оскільки “навчальний” підхід дозволяє на підґрунті новітнього інструментарію машинного навчання об’єднати інформацію з трьох блоків: економічного, соціально-демографічного та агентного, можна констатувати, що теоретико-методологічний базис та інструментарій безпекології наразі фактично розбудовується за знаннєвою концепцією.

Основна частина. Акцентуємо увагу на важливих аспектах формування концептуальних засад безпекології:

1) визнання тенденції одночасного тяжіння економічних систем як до “безпечного” (стабільного, захищеного, тобто здебільшого детермінованого) функціонування та розвитку, так і протилежного ньому «ризиконасиченого» функціонування. Внаслідок актуалізації конкуренції, змінюваності, відбору збільшується нестійкість та індетермінованість економічних систем у процесі еволюції [27]. Історичний шлях розвитку математичного моделювання за вектором урахування зростаючої невизначеності було “підтримано” напрямками стохастики, нелінійної динаміки, нечіткої логіки тощо, а новітньою концепцією «зняття невизначеності» є наразі активно поширювана галузь штучного інтелекту – машинне навчання;

2) диверсифікація джерел інформації для моніторингування, оцінювання та управління економічною безпекою та підтримки її економічно оптимального рівня здійснюватиметься в напрямку врахування таких властивостей економічної безпеки, як складність, синтетичність, багатоаспектність, інерційність, значна варіативність тощо. Наголосимо на значну схильність оцінюваного рівня безпеки до впливу суб’єктивної складової. На підґрунті

навчальної концепції когніто- та психографічні дослідження безпеки враховуватимуть мотивації, уподобання, пріоритети та очікування, навіть певною мірою інтерпретуватимуть емоції та інші суб'єктивні особливості сприйняття економічної ситуації та моделі цілепокладання ОПР. У моделях економічної безпеки має бути відображено нестійкість особистих уподобань, мотивацій і пріоритетів, доволі поширені ефекти когнітивних дисонансів і “розриву” шаблонів поведінки, що фіксують зростання напруження у економічних системах. Отже “поверхні” безпеки будуються майже в режимі реального часу, неперервно коригуючись у процесі навчання за змінюваними цілями управління;

3) значно поглиблюється не лише суб'єктивність, а й індивідуалізація у сприйнятті економічної безпеки та оцінюванні її рівня. Все більшою мірою поведінки децидентів зумовлюється специфічними проявами нетранзитивності, відхиленнями від раціональності та асиметричністю переваг. Даний аспект безпеки охоплює індивідуальне позиціонування особи, її персоналізоване сприйняття обсягу та глибини загроз з одночасним індивідуальним оцінюванням їх у вимірниках побоювання, непевності, можливо, як наслідків впливу низки глибинних стереотипів поведінки особистості, набутих власним досвідом, та інформаційного простору. Останні можуть бути ефективно враховані саме за концепцією навчання;

4) соціальний аспект безпеки акцентує увагу на ефектах поширення інформації в мережах, що доволі частіше формує цільові “коридори” суспільного поведінки та сприйняття здійснюваного управління. Відображення та першопричина часто змінюються місцями, тому поведінки соціальних угруповань, проходження інформаційних хвиль, само ідентифікація рівня безпеки в межах попередньо виявлених кластерів і типологій, є актуальними об'єктами моделювання;

5) посилюється проконкурентна функція безпеки як інструменту нагляду за дотриманням антимонопольного законодавства та прозорості й рівної доступності умов ринкової діяльності, а підтримка певного регульованого рівня економічної небезпеки є прийнятним для держави та бізнесу;

6) структуру теоретичного базису безпекології доцільно розглянути за складовими ідентифікації (аналізу та оцінювання), інтерпретації (моделювання та оптимізації), позиціонування (кластеризації за сукупністю маркерів) та персоніфікації (безпеко-менеджменту);

7) поглиблюється тенденція зрощування бізнес-аналітики з моделюванням економічної безпеки, зокрема, функція монітори-

нгу стає модельно-оснащеною, використовуються моделі прогнозування впливів, засоби візуалізації, відтворення просторових відношень і типологій;

8) новітньою сферою застосування та функцією безпекології є здійснювана на основі навчання “імітація уявлень” про причини, механізми, наслідки поведінки економічних систем;

9) процес навчання, що методологічно є схожим на міграцію в пошуках кращих умов для природніх популяцій, дозволяє поетапно актуалізувати економічно оптимальний рівень безпеки: за аналогією з природньою еволюцією, між полюсами руйнації та вимирання, з одного боку, та повної захищеності, що породжує ізолюваність внаслідок відсутності конкуренції, і, як наслідок, неминучу деградацію, з другого;

10) безпека операціоналізується в збільшення та адресність пристосованості до сукупності умов, що потребує посилення внутрішніх безпеко-протекторів, наприклад, якості продукції через стандартизацію та сертифікацію, розбудови технологій інженерії вимог тощо;

11) у теорії безпекології внаслідок визнання значущості впливу суб’єктивної складової, має місце відхилення від абсолютної цілісності охоплення всієї низки аспектів безпеки, відсутній остаточний та єдиний принцип сприйняття, оцінювання, інтерпретації загроз, ризику та безпеки. Наразі домінує заперечення єдиного спрямування процесів змін, розвитку, зокрема, внаслідок їх суттєвої схильності до самоорганізації, визнається не лінійність і суперечливість багатьох тенденцій і закономірностей;

12) актуалізується проблема “викрадання” штучного інтелекту, зокрема, реверс-інжиніринг моделей машинного навчання, що породжує нео-загрози, які, до речі, можуть бути ідентифіковані та усунуті саме на підґрунті навчальних технологій.

Розглянемо деякі аспекти створення бази моделей безпекології [22, 23].

Застосування знанневого підходу на основі інструментарію машинного навчання, що має тяжіння до стратегічного планування, надаватиме можливість конструювання та ідентифікації безпеко-протекторів через виявлення латентних шаблонів. Машинне навчання є новітнім підходом до прийняття рішень: на відміну від “когнітивної” децидентоорієнтованої концепції класичної ТПР у даний час відбувається “навчальна” трансформація парадигми, що орієнтується на створення на даних власних моделей поведінки.

Економічна безпека, як одна із системних складових і параметрів, є динамічним процесом, що характеризується зростанням

складності, багатоаспектністю, наявністю суб'єктивної складової та системи динамічно змінюваних параметрів. На думку авторів, економічну безпеку доцільно розглядати не лише як інтегрування складових тетради “загроза-ризик-вразливість-пристосованість”, а врахувати її двоїсту сутність як системну характеристику в економіці та як самостійну складну систему. Остання може оцінюватись у реальному часі шляхом моніторингу значної сукупності чинників та аспектів поведінки економічної системи. Важливо, що рівень набуття нових знань про безпеку, або концептуалізація (заглиблення), можливість інтерпретації та узагальнення, є багатоетапним.

За означеним підходом, моделювання процесів безпекологічного спектру можна подати як поетапну концептуалізацію, ітеративне “розпізнання” та побудову ієрархії рівнів узагальнення (концептуалізації), а також уособлення абстрактних уявлень, що породжують-ся суб'єктивізм оцінювання безпеки. Ітеративне заглиблення у сутність досліджуваних процесів реалізовує глибоке навчання, що дає можливість об'єднати аналіз Big Data [13, 14], концептуалізацію об'єктів, що можуть видобуватись: закономірностей, тенденцій, класифікацій, типологій, сегментацій та інших видів угруповань, асоціацій, та інших видів знань і семантичних концептів.

Зауважимо, що економічна безпека має суттєву властивість інерційного відображення: дозволяє проектувати предикторні згущення до системи вищого рівня (наприклад, від підприємства до галузі) та, в протилежному напрямку, має тяжіння до відтворення якості ознак своєї “надсистеми”.

“Володіння” безпекою, за концепцією навчання, є багатошаровим і передбачає багатоетапне ітеративне заглиблення. За принципом глибокого навчання [17], реалізовуватиметься динамічна фіксація та переміщення центрів управління, що зможуть оперативно ідентифікуватись. Трансформується і внутрішньомодельний базис досліджень з безпекології на основі видобування знань засобами машинного навчання. Останні є ефективним інструментом системної редукції ризику у процесах прийняття рішень, що стають “збагаченими” знаннями про тенденції та закономірності розвитку та, за принципом самонавчання, інтерпретують ієрархію глибоких рівнів концептуалізації безпеки.

Упроваджувана даталогія [11, 13, 15] є дієвим ресурсом безпеки. Насичені набори даних, бази даних, що насичені семантикою, моделі сенсів, малі дані тощо не лише є варіантами різноманіття “сировини” для технологій машинного навчання, але їхнім стратегічним ресурсом для перспективних новітніх рівнів заглиблення у глибокому навчанні. Окрім названих інструментів, стрімко

зростаюча затребуваність data-журналістики, еко-системи Big Data, є не лише джерелом інформації в ІТ-суспільстві, а й науково-методологічним ресурсом безпеки. На відміну від економічної розвідки, що концентрує зусилля на вивченні дій конкурентів і донедавна вважалась дієвим інструментом підтримки безпеки, глибоке навчання на Big Data є ознакою та напрямом фактичного змінення наукової парадигми безпекології.

Для оцінювання рівня безпеки та синтезу стратегій ефективного управління нею, а також їхньої подальшої декомпозиції для безпеко-адміністрування, доцільно на підґрунті найширшого врахування інформації про складові (ресурси економічної системи, поточний стан – ситуацію, загрози у зовнішньому та внутрішньому просторах тощо), у реальному часі згенерувати або актуалізувати мету системи з її декомпозицією на цілі нижчих рівнів, яку вже можна конвертувати у операційний менеджмент для функціональних підсистем. Попередньо, саме як результат глибокого навчання, визначатимуться пріоритети та критерії. На відміну від традиційного статистичного визначення вагових значень останніх на підґрунті частотного аналізу звернень, або експертним опитуванням, з урахуванням суттєвих недоліків цих давно відомих процедур, що не усуваються, по-суті, підтримкою перехресних процедур опитувань типу ЗАПРОС, “навчальний” підхід забезпечуватиме, на нашу думку, принципове збільшення адекватності моделей безпеки.

Затребуваним і перспективним є науковий напрямок досліджень у безпекології, що пов’язаний з пошуком і відтворенням простору чинників, які впливають на безпеку, зростає актуальність побудови “профілю безпеки” та обґрунтування рішень з управління нею [16, 18].

На думку авторів, доцільно запропонувати таку ознаку економічної безпеки, як нарративність, що дасть можливість методологічно узагальнити плинність, процесуальність, відсутність апріорно усталених сенсів у розумінні загроз, ризику, співставленні їх з ресурсами, а також єдність економічної діяльності та її відображення й осмислення. На відміну від зумовленості оцінки рівня безпеки низкою традиційних складових, що мають усталені алгоритми подальшого врахування, нарративні властивості безпеки відкриватимуть ширші можливості до прийняття існування багатьох рівнів концептуалізації поняття безпеки. Отже, для побудови ієрархії (мережі) сутностей і тлумачення безпеки і подальшої інтерпретації логіки та взаємообумовленості її рівнів, найадекватнішою стає знаннева парадигма.

Вважаємо, що для оцінювання економічної безпеки ефективно сконцентрувати увагу на інструментарії моделювання знань на базі глибокого навчання [18–20]. У моделях безпекології послідовно збільшуватиметься рівень заглиблення в сутність процесів і, відповідно, рівень абстрагування, здійснюватиметься навчання концепцій, які подаватимуться у вигляді ієрархії вкладених концепцій. У даний час у багатьох, переважно, технічних сферах інструментарій глибокого навчання має вагому історію застосувань, зокрема, поширеними додатками навчальних технологій є обробка природних мов, розпізнання мови, комп'ютерний зір, онлайнові рекомендаційні системи, біоінформатика, відеоігри тощо.

Проблеми, що розв'язуються інструментами машинного навчання у сфері безпекології, можна об'єднати в блоки, що реалізують навчання уявлень, зокрема, автокодування, ідентифікація, агрегування та диференціація чинників варіативності, виокремлення високорівневих абстрактних ознак із початкових даних, застосовується ієрархічний принцип подання складних представлень, які виражені в термінах інших, простіших представлень, у глибоких імовірнісних моделях, наприклад, фіксується глибина графу, що описує зв'язки концепцій [18, 19]. Здійснюватиметься проектування ознак або алгоритмів навчання ознак з метою виокремлення чинників варіативності та знаходження ефективних предикторів, що пояснюють початкові дані, які безпосередньо спостерігаються. Дослідження онтологічної сутності таких чинників дає дослідникові корисне спрощене пояснення або логічно обгрунтовані причини даних-спостережень.

Дослідження з безпекології на початковому рівні формуватимуть синтезовані показники економічної безпеки, наприклад, такі як економічна дієвість (здатність досягати поставленої мети), продуктивність, фінансова стабільність (коефіцієнти автономії та ефективності підприємництва тощо), платоспроможність (коефіцієнти покриття, ліквідності тощо), маневреність та ін. Після масштабування та фільтрації застосовуватимуться модельні технології глибокого навчання: глибокі мережі прямого поширення, регуляризація, алгоритми оптимізації, згорткові мережі, моделювання послідовностей. У подальшому, на нашу думку, ефективним буде дослідження, верифікація, інтерпретація та, зокрема, перша концептуалізація попередньо побудованої системи безпеко-протекторів. На наступних ітераціях глибокого навчання насичуватиметься багатомірний безпекологічний простір.

Прикладне глибоке навчання в безпекології, на думку авторів, доцільно зорієнтувати на застосування моделей видобування знань

із даних, зокрема, знаходження прихованих повторювальних образів і структур у даних, виявлення шаблонів у даних різних типів, зокрема неструктурованих, на підґрунті модельних технологій глибокого навчання: лінійних факторних моделей, автокодувальників, навчання уявлень, структурних імовірнісних моделей, методів Монте-Карло, статистичної суми, наближеного виведення, глибоких породжуючих моделей тощо. Застосовуватимуться заходи щодо запобігання недо- та перенавчанню. Активно будуть використовуватись традиційні складові аналізу даних: регресія, класифікація, бутстреп-створення повторюваних вибірок, регуляризація, дерева рішень, машини опорних векторів, кластеризація тощо. Конвеєр побудови комплексу орієнтованих на знання моделей безпекологічних досліджень включатиме етапи оцінювання та оптимізації моделей, зокрема, циклічний ковзний контроль, вимірювання продуктивності та регулювання параметрів. Здійснюватиметься конструювання простору гіпотез, застосовуватимуться новітні методи оцінювання моделі та “витончене” настроювання параметрів.

Ефективною є ансамблева концепція моделювання [20, 23], побудова конвеєрів для об’єднання моделей у ланцюги та інкапсуляції робочого потоку, що передбачає комбінування моделей і використовує багтинг і випадкові ліса, карти ансамблевого ландшафту тощо. Ефективними є технології побудови ансамблів моделей на підґрунті інструментарію розв’язання дилеми зміщення-дисперсії. Для відтворення безпекологічного простору, окрім індуктивного концептуального навчання, доцільним є застосування динамічного навчання, зокрема, неперервне перенавчання.

У напрямку обґрунтування новітньої “навчальної” концепції у безпекології, розглядатимемо динамічний аспект, враховуючи, що безпека має об’єктивну багаточасовість сутності, займаючи проміжне місце між поточним (сталим) і потенційним (предиктивним) станом економічної системи, а, отже, “розгортатиме” зароджувані тенденції лише в майбутньому. Пропонуємо використання модельної технології видобування знань на основі комплексу моделей динамічного факторного аналізу (ДФА) [21, 29]. Модель ДФА для досліджуваної системи, поведінки якої описується сукупністю часових рядів, містить блоки рівнянь факторів, динамічні рівняння факторів за авторегресійною схемою та апроксимації початкових часових рядів через ідентифіковані фактори. Для моделювання поведінки системи використовуються гнучкі інструменти та кілька напрямів налаштування та варіантної ідентифікації динамічних тенденцій і закономірностей для реалізації сценарного підходу та одержання знань. Наприклад, побудова першого динамічного

фактору дозволяє висунути попередні припущення про загальну закономірність еволюції системи або тренду. Виразивши початкові часові ряди через динамічні фактори, що акумулюють інформацію про поведінку всієї системи, та варіюючи кількість факторів, глибину запізнення та імітуючи за допомогою вагових індикаторів ступені активності широкого спектру ефектів, що мають місце або зароджуються у досліджуваній системі, дослідник може реалізувати ефективний пошук знань у режимі ручного керування або автоматизованому. Результат кожного кроку одержання інтерпретованої моделі є рівнем ієрархії концепцій, що вибудовується за принципом навчання [24, 25].

Висновки. Підсумовуючи викладене зазначимо, що необхідність розбудови інструментарію моделювання та управління економічною безпекою від на сьогодні домінуючих інтеграційних підходів і сценарного аналізу до концепції навчання, є затребуваною сучасним етапом розвитку суспільства в напрямку інформаційної економіки, новітніми досягненнями в технологіях аналізу Big Data, Data Science, машинного навчання тощо. Активно запроваджувана дослідницька інфраструктура, що складається з теорії, модельного інструментарію та технологій глибокого навчання, конвертуватиме “великі дані” моніторингу поведінки економічної системи у безпекопротекторну стратегію управління.

Предиктивні технології (прогнозна аналітика) стають зростаючим ресурсом безпеки, зокрема, й завдяки їхньому потужному потенціалу щодо впливу на соціальні групи людей, інвесторів, споживачів, підприємців та інших контрагентів економічної діяльності. На думку авторів, навчальний модельний підхід на підґрунті побудови модельної ієрархії, котра відтворюватиме багаторівневу вкладеність концепцій та аспектів безпеки, є перспективним і потужним інструментом для діагностичного управління нею. Моделі глибокого навчання у безпекології можна використовувати як гнучкий інструмент для подальшої сегрегації безпекопротекторів, ідентифікації чинників ризику та подій-“тригерів”, а, отже, підвищення адресності та ефективності заходів, що убезпечать економічну систему.

Враховуючи, що в даний час до науковців зростає кредит довіри з боку бізнесу, який зацікавлений у знаходженні ефективних безпеко-протекторів і визнає математичне моделювання, Big Data, Data Science та машинне навчання своїм стратегічним обладнанням, не заперечує долучитись до досліджень з безпекології, а інтелектуальні центри з моделювання економічної безпеки все активніше “дрейфують” до аналітичних підрозділів підприємств,

розроблення методологічного забезпечення та модельного базису є затребуваним та перспективним науковим напрямом для вчених зі сфери комп'ютерингу.

Література

1. *Геєць В.М.* Моделювання економічної безпеки: держава, регіон, підприємство / В.М. Геєць, М.О. Кизим, Т.С. Клебанова, О.І. Черняк. – Х.: ВД “Інжек”, 2006. – 240 с.
2. Современные подходы к моделированию социально-экономических систем: [монография] / В.С. Пономаренко, Т.С. Клебанова, А.И. Черняк, С.А. Рыбальченко и др. Под ред. В.С. Пономаренко, Т.С. Клебановой, Н.А. Кизима. – Харьков: ИД „ИНЖЭК”, 2011. – 280 с.
3. *Вітлінський В.В., Піскунова О.В.* Математичні моделі та методи ринкової економіки / В.В. Вітлінський, О.В. Піскунова // – К.: КНЕУ, 2010. – 531 с.
4. *Вахлакова В.В.* Економічна безпекологія: становлення науки / В.В. Вахлакова // Проблеми економіки. – 2017. – № 1. – С. 290–296.
5. *Зачко О. Б.* Моделі та методи безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем: методологічний підхід / О. Б. Зачко, І. Г. Зачко // Вісник Нац. техн. ун-ту “ХПІ”: зб. наук. пр.; Темат. вип. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами = Bulletin of National Technical University ;KhPI; ; coll. of sci. papers. Ser. : Strategic management, portfolio, program and project management. – Харків : НТУ ; ХПІ, 2016. – № 2 (1174). – С. 86–90.
6. *Козаченко Г.В.* Естиметологічний аспект в економічній безпекології / Г.В. Козаченко // Проблеми економіки. — 2016. — №1. — С. 167–173.
7. *Стеценко С.П.* Закономірності формування мезоекономічного рівня економічної безпеки / С.П. Стеценко // Ефективна економіка. – 2013, №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2495>.
8. *Чубукова О.Ю., Воронкова Т.Є.* Система економічної безпеки (екосистейт): сутність, структура / О. Ю. Чубукова, Т. Є. Воронкова // Ефективна економіка. – 2014. – № 2. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2014_2_82
9. *Ілляшенко О.В.* Побудова системи економічної безпеки підприємства: принципові положення / О.В. Ілляшенко // Електронне наукове фахове видання “Ефективна економіка”. – №11. – 2015.
10. *Кириченко О.Я.* Методологічні основи економічної безпеки суб’єктів господарювання в трансформаційній економіці / О.А. Кириченко, Ю.Г. Кім // Актуальні проблеми економіки. – 2008. – №12. – С. 53–65.
11. *Джеймс Г., Уиттон Д., Хасті Т.* Введение в статистическое обучение с примерами на языке R / Пер. с англ. С.Э. Мاستицкого. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 450 с.
12. *Ю. Лесковец, А. Раджараман.* Анализ больших наборов данных / Пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 498 с.

13. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям / Н.Б. Паклин, В.И. Орешков / учебн. пособ. – СПб.: Питер, 2010. – 704 с.
14. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Принятие решений в условиях неопределенности / Л.А., Демидова, В.В. Кираковский, А.Н. Пылькин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 283 с.
15. Мاستицкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С.Э. Мастицкий, В.К. Шитиков. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 496 с.
16. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / пер. с англ. А.А. Слипкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
17. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слипкина. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 652 с.
18. Силен Д., Мейсман А., Али М. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
19. Бринк Х., Ричардс Дж., Феверолф М. Машинное обучение. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
20. Рашка С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А.В. Логюнова. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.
21. Кольвах Д.В. Разработка и исследование метода прогнозирования сложных процессов на основе комбинированных рядов / Д.В. Кольвах // Автореф. дис. канд. техн. наук. 2004, Владикавказ. Научная библиотека диссер. и автореф. <http://tekhnosfera.com/razrabotka-i-issledovanie-metoda-prognozirovaniya-slozhnyh-protseessov-na-osnove-kombinirovannyh-ryadov>
22. Вітлінський В.В., Катуніна О.С. Модельноцентрична концепція формування освітніх програм в інформаційно-знаннєвій економіці / В.В. Вітлінський О.С. Катуніна // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Моделювання соціально-економічних процесів: регіональні та галузеві аспекти” Дрогобич: ВД Дрогобицького державного педагогічного університету імені І.Франка, 2016”. – С. 163–166.
23. Вітлінський В.В., Катуніна О.С. Тенденції розвитку економіко-математичного моделювання / В.В. Вітлінський О.С. Катуніна // Матеріали першої національної конференції “Економіко-математичне моделювання”. – К.: КНЕУ, 2016. – С. 54–56.
24. Вітлінський В.В., Катуніна О.С. Моделювання динаміки формування асортименту продукції промислових підприємств / В.В. Вітлінський, О.С. Катуніна // Сучасні концепції прогнозування розвитку складних систем.. Монографія / Бердянський національний університет. – Бердянськ, 2014. – С. 38–52.
25. Катуніна О.С. Прогнозування процесів насичення ринку на базі динамічних факторних моделей / О.С. Катуніна // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – К.: КНЕУ, 2014. – Вип.90. – С. 106–125.
26. Вітлінський В.В., Катуніна О.С. Моделювання суб’єктивних просторів якості життя у прогнозуванні попиту / В.В. Вітлінський, О.С. Катуніна // Сучасні концепції прогнозування розвитку складних систем: Монографія. – Бердянськ, 2013. – С. 38–52.

27. Вітлінський В.В., Катуніна О.С. Еволюційні моделі оцінювання та прогнозування стратегій розвитку галузей промисловості України / В.В. Вітлінський О.С. Катуніна / Актуальні проблеми прогнозування поведінки складних соціально-економічних систем: Монографія, розділ 1.2. / За ред. О.І. Черняка, П.В. Захарченка. – Бердянськ: Видавець Ткачук О.В., 2016. – 512 с. – С. 25–38.

References

1. Geyecz V.M. Modelyuvannya ekonomichnoyi bezpeky: derzhava, region, pidpry'emstvo [Modeling of economic security: state, region, enterprise]. V.M. Geyecz, M.O. Ky'zy'm, T.S. Klebanova, O.I. Chernyak. – X.: VD "Inzhek", 2006. – 240 s.
2. Sovremennyye podkhody k modelyrovaniyu sotsyal'no-ekonomicheskoykh sistem [Modern approaches to modeling social and economic systems]. V.S. Ponomarenko, T.S. Klebanova, A.Y. Chernyak, S.A. Rybal'chenko y' dr. Pod red. V.S. Ponomarenko, T.S. Klebanovoj, N.A. Ky'zy'ma. – Xarkov: Y'D „Y'NZhEK”, 2011. – 280 s.
3. Vitlinsky V.V., Piskunova O.V. Matematychni modeli ta metody ry'nkovoyi ekonomiky [Mathematical Models and Methods of a Market Economy]. V.V. Vitlinsky, O.V. Piskunova. – K: KNEU, 2010. – 531 s.
4. Vaxlakova V. V. Ekonomichna bezpekologiya: stanovlennya nauky [Economic security science: the formation of science]. V.V. Vaxlakova // Problemy ekonomiky. – 2017. - # 1. – S. 290–296.
5. Zachko O. B. Modeli ta metody bezpeko-orijentovanogo upravlinnya proektamy rozvytku skladnykh sistem: metodologichnyj pidxid [Models and methods of security-oriented project management of complex systems development: a methodological approach]. O. B. Zachko, I. G. Zachko // Visnyk Nacz. tehn. un-tu "XPI": zb. nauk. pr. Temat. vy'p. : Strategichne upravlinnya, upravlinnya portfelyamy, programamy ta proektamy = Bulletin of National Technical University "KhPI" : coll. of sci. papers. Ser. : Strategic management, portfolio, program and project management. – Xarkiv : NTU "XPI", 2016. – # 2 (1174). – S. 86–90, 20166. Kozachenko G.V. Estymetologichnyj aspekt v ekonomichnij bezpekologiyi [The estimetological aspect in economic safetyology]. G.V. Kozachenko // Problemy ekonomiky. – 2016. — #1. — S. 167–173.
7. Stecenko S.P. Zakonomirnosti formuvannya mezoekonomichnogo rivnya ekonomichnoyi bezpeky [Patterns of formation of the mesoeconomic level of economic security]. S.P. Stecenko // Efektyvna ekonomika. – 2013, #3. – Rezhym dostupu: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2495>.
8. Chubukova O.Yu., Voronkova T.Ye. Sy'stema ekonomichnoyi bezpeky (ekosejte): sutnist', struktura [System of economic security (ecosystems): essence, structure]. O.Yu. Chubukova, T.Ye. Voronkova // Efektyvna ekonomika. – 2014. – # 2. – Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2014_2_82
9. Ilyashenko O.V. Pobudova sy'stemy ekonomichnoyi bezpeky pidpry'emstva: pry'ncy'povi polozhennya [Construction of the system of

economic security of the enterprise: the basic provisions]. O.V. Illyashenko// Elektronne naukovye faxove vy`dannya "Efekty`vna ekonomika". #11. – 2015.

10. Ky`ry`chenko O.Ya. Metodologichni osnovy` ekonomichnoyi bezpeky` sub`yektiv gospodaryuvannya v transformacijnij ekonomici [Methodological bases of economic safety of economic entities in the transformational economy]. O.A. Ky`ry`chenko, Yu.G. Kim // Aktual`ni problemy` ekonomiky`. – 2008. – #12. – S.53–65.

11. Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R* Springer-Verlag New York, 2013. 426p. (Russ. ed.: Dzheym G., Uiton D., Hasti T., Vvedenie v statisticheskoe obuchenie s primerami na yazyike R / Per. s angl. S.E. Mastitskogo. – M.: DMK Press. 2016. – 450 s.).

12. Yu. Leskovets, A. Radzharaman Analiz bolshih naborov dannyih. [Analysis of large datasets]. Per. s angl. Slinkin A.A. – M.: DMK Press. 2016. – 498 s.

13. Paklin N.B., Oreshkov V.I. Biznes-analitika: ot dannyih k znaniyam: Ucheb. posobie [Business Analytics: From Data to Knowledge: Tutorial. allowance]. N.B. Paklin, V.I. Oreshkov // uchebn. posob. – SPb.: Piter, 2010. – 704 s.

14. Demidova L.A., Kirakovskiy V.V., Pyilkin A.N. Prinyatie resheniy v usloviyah neopredelennosti [Making decisions in uncertainty]. L.A., Demidova, V.V. Kirakovskiy, A.N. Pyilkin. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2015. – 283 s.

15. Mastitskiy S.E., Shitikov V.K. Statisticheskii analiz i vizualizatsiya dannyih s pomoschyu R [Statistical analysis and visualization of data using R]. S.E. Mastitskiy, V.K. Shitikov. – M.: DMK Press. 2015. – 496 s.

16. Flach Peter. *Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data*. Cambridge University Press, 2012. 409 p. (Russ. ed.: Flah P. Mashinnoe obuchenie. Nauka i iskusstvo postroeniya algoritmov, kotoryie izvlekayut znaniya ih dannyih / per. s angl. A.A.Slinkina. – M.: DMK Press, 2015. – 400 s.).

17. Ian Goodfellow. Yoshua Bengio, Aaron Courville *Deep Learning*. The MIT Press, 2016. 800 p. (Russ. ed.: Gudfellow Ya., Bendzhio I., Kurvill A. Glubokoe obuchenie / per. s ang. A.A.Slinkina. – M.: DMK Press, 2017. – 652 s.).

18. Davy Cielen, Arno D.B. Meysman, Mohamed Ali *Introducing Data Science: Big Data, Machine Learning, and more, using Python tools*. Dreamtech Press India Pvt. Ltd, 2016. 320 p. (Russ. ed.: Silen D., Meysman A., Ali M. Osnovy Data Science i Big Data. Python i nauka o dannyih. SPb.: Piter, 2017. – 336 s.).

19. Henrik Brink, Joseph Richards, Mark Fetherolf *Real-World Machine Learning*. Manning Publications Co, 2016. 400 p. (Russ. ed.: Brink H., Richards Dzh., Feverolf M. Mashinnoe obuchenie. – SPb.: Piter 2017. – 336s.).

20. Raschka S. *Python Machine Learning*. Packt Publishing – ebooks, 2015. 454 p. (Russ. ed.: Rashka S. Python i mashinnoe obuchenie / per. s angl. A.V. Logunova. – M.: DMK Press, 2017. – 418 s.).

21. Kolvah D.V. Razrobotka i issledovanie metoda prognozirovaniya slozhnykh protsessov na osnove kombinirovannykh ryadov [Development and research of the method of prediction of complex processes on the basis of combined series]. D.V. Kolvah // Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. 2004, Vladikavkaz. Nauchnaya biblioteka dissertatsiy i avtoreferatov <http://tekhnosfera.com/razrobotka-i-issledovanie-metoda-prognozirovaniya-slozhnykh-protsessov-na-osnove-kombinirovannykh-ryadov>

22. Vitlinskyy V.V., Katunina O.S. Model'nocentry'chna koncepciya formuvannya osvity program v informacijno-znanneviy ekonomici [The model-centered concept of the formation of educational programs in the information-conscious economy]. V.V. Vitlinskyy O.S. Katunina // Materialy' mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi "Modelyuvannya social'no-ekonomichny'x procesiv: regional'ni ta galuzevi aspekty'" Drogo-by'ch: VD Drogo-by'cz'kogo derzhavnogo pedagogichnogo universy'tetu imeni I.Franka, 2016", s.163–166.

23. Vitlinskyy V.V., Katunina O.S. Tendenciyi rozvy'tku ekonomiko-matematy'chnogo modelyuvannya [Trends in the development of economic-mathematical modeling]. V.V. Vitlinskyy O.S. Katunina // Materialy' pershoi nacional'noyi konferenciyi "Ekonomiko-matematy'chne modelyuvannya". K.: KNEU., 2016 – S.54–56.

24. Vitlinskyy V.V., Katunina O.S. Modelyuvannya dy'namiky' formuvannya asorty'mentu produkciyi promy'slovy'x pidpry'emstv [Modeling the dynamics of the production assortment of industrial enterprises]. V.V. Vitlinskyy O.S. Katunina // Suchasni koncepciyi prognozuvannya rozvy'tku skladny'x sy'stem. Berdyans'k 2014. Monografiya. Berdyans'ky'j nacional'ny'j universy'tet. – S. 38–52.

25. Katunina, O.S. Prognozuvannya procesiv nasy'chennya ry'nku na bazi dy'namichny'x faktorny'x modelej [Forecasting processes of saturation of the market based on dynamic factor models]. O.S. Katunina // Modelyuvannya ta informacijni sy'stemy' v ekonomici. – K.: Vy'd-vo KNEU, 2014. – Vy'p.90. – S. 106–125.

26. Vitlinskyy V.V., Katunina O.S. Modelyuvannya sub'yekty'vny'x prostoriv yakosti zhy'ttja u prognozuvanni popy'tu [Modeling of subjective spatial quality of life in the projection requirement]. V.V. Vitlinskyy O.S. Katunina // Suchasni koncepciyi prognozuvannya rozvy'tku skladny'x sy'stem. Berdyans'k. 2013. Monografiya. Berdyans'ky'j nacional'ny'j universy'tet. – S. 38–52.

27. Vitlinskyy V.V., Katunina O.S. Evolyucijni modeli ocinyuvannya ta prognozuvannya strategij rozvy'tku galuzej promy'slovosti Ukrainy. Rozdil 1.2, s. 25–38 [Evolutionary models of estimation and forecasting of strategies of development of industries of Ukraine]. V.V. Vitlinskyy O.S. Katunina // Aktual'ni problemy' prognozuvannya povedinky' skladny'x social'no-ekonomichny'x sy'stem: Monografiya / Za red. O.I. Chernyaka, P.V. Zaxarchenka. – Berdyans'k: Vy'davec'z' Tkachuk O.V., 2016. – 512 s.