

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.51(075)

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ТА ЖИТТЄЗДАТНОСТІ СИСТЕМ І КОНТРАГЕНТІВ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

© 2018 ВІТЛІНСЬКИЙ В. В., КАТУНІНА О. С.

УДК 330.51(075)

Вітлінський В. В., Катуніна О. С.

Методологічні аспекти моделювання розвитку та життєздатності систем і контрагентів цифрової економіки

Метою статті є дослідження та узагальнення методологічних підходів до моделювання економічного розвитку та життєздатності економічних систем із урахуванням ризику, змінення їхніх цілей, статусу та поведінки в цифровій економіці. Запропоновано визначення категорій економічного розвитку та життєздатності, обґрунтовано напрями їхнього дослідження засобами математичного моделювання. Проаналізовано систему ознак і маркерів зовнішнього економічного середовища в умовах цифровізації економічної діяльності. Розглянуто теоретичні засади та методологію математичного моделювання процесів розвитку економічних систем, забезпечення їхньої життєздатності та безпеки в умовах розбудови інфраструктури інформаційного суспільства та цифрової економіки на засадах інформаційно-знаннєвого підходу. Доведено, що в інформаційному суспільстві предиктивні модельні технології є зростаючим ресурсом безпеки. Розглянуто передумови заміни усталеної інтеграційної концепції оцінювання, аналізу, моделювання, управління й адміністрування економічного розвитку, котра ґрунтується на загрозо-орієнтованому підході до визначення безпеко-протекторів, на інформаційно-знаннєву. Запропоновано концепцію створення бази моделей для дослідження тенденцій та закономірностей економічного розвитку, що, на відміну від традиційних трендових моделей динаміки, ідентифікує та ітеративно концептуалізує процеси за сукупністю знаннєвих предикторів в підґрунті використання інструментарію інтелектуального аналізу даних, машинного навчання, в тому числі глибокого навчання.

Ключові слова: цифрова економіка, розвиток, життєздатність, ризик, безпеко-протектори, інтелектуальний аналіз даних, машинне навчання, глибоке навчання.

Бібл.: 24.

Вітлінський Вальдемар Володимирович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіко-математичного моделювання, Навчально-науковий інститут інформаційних технологій в економіці Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (просп. Перемоги, 54/1, Київ, 03057, Україна)

E-mail: wite101@meta.ua

Катуніна Ольга Сергіївна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіко-математичного моделювання, Навчально-науковий інститут інформаційних технологій в економіці Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (просп. Перемоги, 54/1, Київ, 03057, Україна)

E-mail: prommet@ukr.net

УДК 330.51(075)

UDC 330.51(075)

Витлинский В. В., Катунина О. С. Методологические аспекты моделирования развития и жизнеспособности систем и контрагентов цифровой экономики

Vitlinsky V. V., Katunina O. S. Methodological Aspects of Modeling Development and Viability of Systems and Counterparties in the Digital Economy

Целью статьи является исследование и обобщение методологических подходов к моделированию экономического развития и жизнеспособности экономических систем с учетом риска, изменения их целей, статуса и поведения в цифровой экономике. Предложено определение категорий экономического развития и жизнеспособности, обоснованы направления их исследования средствами математического моделирования. Проанализирована система признаков и маркеров внешней экономической среды в условиях цифровизации экономической деятельности. Рассмотрены теоретические основы и методология математического моделирования процессов развития экономических систем, обеспечения их жизнеспособности и безопасности в условиях внедрения инфраструктуры информационного общества и цифровой экономики на принципах информационно-знанийного подхода. Доказано, что в информационном обществе предиктивные модельные технологии являются возрастающим ресурсом безопасности. Рассмотрены предпосылки замены традиционной интеграционной концепции оценивания, анализа, моделирования, управления и администрирования экономического развития, основанной на угрозо-ориентированном подходе к определению протекторов безопас-

The aim of the article is to study and generalize methodological approaches to modeling economic development and viability of economic systems with consideration for risk, changing their goals, status, and behavior in the digital economy. The definition of categories of economic development and viability is offered, the directions of their research by means of mathematical modeling are grounded. The system of characteristics and markers of the external economic environment under conditions of digitalization of economic activity is analyzed. The theoretical foundations and methodology for mathematical modeling of development of economic systems as well as ensuring their viability and security under conditions of introducing infrastructure of information society and digital economy on the principles of the information and knowledge approach are considered. It is proved that in an information society, predictive model technologies are a growing safety resource. There studied prerequisites for replacing the traditional integration concept of evaluation, analysis, modeling, management, and administration of economic development based on a threat-oriented approach to the definition of security protectors, information, and knowledge. There proposed a concept of creating a database of models for examining trends and patterns of economic development, which, unlike traditional trend models of dynamics, identifies and

ности, інформаційно-знанцевої. Предложена концепція створення бази моделей для дослідження тенденцій і закономірностей економічного розвитку, котра, в отличие від традиційних трендових моделей динаміки, ідентифікує і ітеративно концептуалізує процеси по сукупності знаних предикторів на базі використання інструментарія інтелектуального аналізу даних, машинного навчання, в тому числі глибокого навчання.

Ключевые слова: цифрова економіка, розвиток, життєспособність, ризик, протектори безпеки, інтелектуальний аналіз даних, машинне навчання, глибоке навчання.

Библ.: 24.

Витлинский Вальдемар Владимирович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіко-математичного моделювання, Учебно-научний інститут інформаційних технологій в економіці Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (просп. Перемоги, 54/1, Київ, 03057, Україна)

E-mail: wite101@meta.ua

Катуніна Ольга Сергеевна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіко-математичного моделювання, Учебно-научний інститут інформаційних технологій в економіці Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана (просп. Перемоги, 54/1, Київ, 03057, Україна)

E-mail: prommet@ukr.net

iteratively conceptualizes processes based on a set of knowledgeable predictors based on the use of data mining and machine learning tools, including in-depth training.

Keywords: digital economy, development, viability, risk, safety protectors, data mining, machine learning, in-depth training.

Bibl.: 24.

Vitlinsky Valdemar V. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Department of Economic and Mathematical Modeling, Scientific-Educational Institute Information Technologies in Economics of the Kyiv National Economic University named after V. Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, 03057, Ukraine)

E-mail: wite101@meta.ua

Katunina Olga S. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Mathematical Modeling, Scientific-Educational Institute Information Technologies in Economics of the Kyiv National Economic University named after V. Hetman (54/1 Peremohy Ave., Kyiv, 03057, Ukraine)

E-mail: prommet@ukr.net

Вступ. Сфера наукових досліджень економічних систем у даний час характеризується бурхливою зміною критеріально-оптимізаційної парадигми управління на когнітивно-знанцеву. Результатом синергетичного поєднання новітніх механізмів мережевої взаємодії контрагентів, віртуалізації більшості функцій адміністрування та бізнес-процесів, бурхливої розбудови інфраструктури інформаційного суспільства є активне впровадження модельних та інформаційних технологій на підґрунті розподілених сховищ даних, принципів навчання, майнінгу знань тощо.

Для нового технологічного устрою, яким науковцями визнається цифрова економіка, актуалізуються моделі та методи врахування новітніх ефектів багатомірності об'єктів і процесів, багатоаспектності розвитку, багатфакторності предикторних і критеріальних просторів, багаторівневої афільованості контрагентів, розпливчастості та суб'єктоцентрованості оцінювання та прогнозування інвестиційної привабливості, ефективності, майнового статусу й інших аспектів економічної діяльності.

Впровадження в процеси цифрового управління технологій блокчейну, математичного та модельного інструментарію Business Intelligence, Data Mining, Data Science, Machine Learning, Artificial Intelligence зумовлюють необхідність суттєвої зміни теоретичної бази та методології досліджень в економіці, зокрема, щодо трактування закономірностей розвитку, процесів цілепокладання та обґрунтування рішень. Так, ефективні донедавна підходи до проактивного та антикризового управління потребують заміни інструментами прогнозного моделювання адаптивних механізмів і траєкторій розвитку, адресного налаштування індивідуальних моделей поведінки економічних систем та управління їхньою життєздатністю. Зростає затребуваність ефективних модельних технологій, які мають потужний потенціал

аналізу передісторії для виявлення зароджуваних тенденцій, структурування предикторів, концептуалізації та узагальнення джерел і складових розвитку, трактування та відтворення причинно-наслідкових зв'язків і факторних взаємообумовленостей, врахування асиметричних, зокрема, опосередкованих зв'язків тощо.

За концепцією Big Data та новітньої аналітичної парадигми цифрової економіки, змодельовані закономірності мають первинну форму регулярностей у даних та видобуваються з величезних обсягів переважно неструктурованої інформації, наприклад, результатів транзакцій, дослідження профілів і траєкторій мережевої активності учасників ринків. Важливо, що одержувані в результаті знання набувають зростаючої пріоритетності та стають новим ґносеологічним ресурсом економічного розвитку систем різних рівнів і забезпечення життєздатності економічних систем.

Метою статті є дослідження та узагальнення методологічних підходів до моделювання економічного розвитку та життєздатності з врахуванням змін їхньої специфіки в умовах формування цифрової економіки.

Світова соціально-економічна система рухається шляхом розвитку, відновлення та модифікації економічних відносин, які мають створювати умови для подальшого зростання продуктивних сил. Прогресивність соціально-економічної системи визначається темпами розвитку продуктивних сил, що може свідчити, зокрема, й про вдосконалення економічних відносин. У випадку, коли темпи розвитку продуктивних сил уповільнюються або розвиток припиняється й навіть регресує, економічні відносини трансформуються, компенсуючи застарілі механізми [1].

Розвиток – одне із ключових понять (категорій) економічної науки. Розрізняють різні види та типи розвитку, зокрема, екстенсивний та інтенсивний шляхи. Проблемам розвитку присвячено велику кількість наукових праць, зокрема [2].

У світі науковий прогрес, який прискорюється за темпами технологічної сингулярності, зумовив широке впровадження принципів інформаційного суспільства й інфраструктури цифрової економіки. Науковому осмисленню новітньої парадигми інформаційної економіки та проблемам імплементації її механізмів присвячено низку наукових статей, державних програм, про це йдеться, зокрема, в [3]. Зазначимо, що поняття цифрової економіки у 1995 р. ввів у вжиток американський вчений Ніколас Негропonte (Массачусетський університет). На сьогодні цим терміном користуються в усьому світі, його використовують вчені-економісти, політики, соціологи та ін. Йдеться, зокрема, про те, що цифрова економіка виступає як віртуальне середовище, що доповнює нашу реальність, містить такі поняття, як Інтернет речей, Індустрія 4.0, розумне підприємство, мережі зв'язку п'ятого покоління тощо. Можна стверджувати, що, окрім охоплення тих складових, які піддаються формалізації, алгоритмізації, вкладаються у формалізовано-логічні схеми системи виробництва, розподілу, обміну та споживання, «цифровий вимір» економічного розвитку має вагомий інтелектуальний навантаження. Останнє випереджає насичується модельним й інформаційним інструментарієм, водночас усталення методології економіки знань в цей час перебуває в активному розробленні новітніх наукових концепцій.

Розвиток сучасної економіки потребує особливої уваги щодо безпеки на всіх рівнях управління, містить нові види та типи ризиків, звертає увагу на проблеми життєздатності економічних систем.

Якщо йдеться про розвиток соціально-економічних систем, то вибір рівня безпеки та життєздатності, ступеня ризику – це водночас і вибір темпів змін відповідних економічних показників. Можна всі ресурси спрямувати на стабілізацію, забезпечення високого рівня життєздатності, мінімізувавши всі можливі як реальні, так і уявні ризики, але водночас законсервуватись від інновацій, мінімізувавши розвиток. Альтернативою такої консервативній надобережній стратегії є стратегія поведінки «ва-банк», коли лівову частку ресурсів спрямовують на розвиток, не переймаючись питаннями безпеки, життєздатності і, як наслідок, нарощуючи ризики.

Рациональна економічна стратегія має знаходитись між цими двома крайніми стратегіями. Тобто йдеться про управління сталим розвитком економічних систем шляхом створення ефективних механізмів забезпечення життєздатності та цільового рівня безпеки систем.

Зазначимо, що управління розвитком і життєздатністю економічних систем є одним із пріоритетів, однією із ключових функцій і проблем держави, підприємств, організацій, бізнесу. Її вирішення потребує системних і послідовних перетворень на всіх рівнях ієрархії управління. Аналіз наукових розробок стосовно ідентифікації джерел виникнення загроз, описаних у працях [4–6; 11], показує, що однією із системотвірних функцій є впровадження ефективних механізмів гарантування економічної безпеки у стратегічному аспекті. Це стосується також і кібербезпеки.

Розглянемо деякі важливі аспекти методології комплексного аналізу, оцінювання, моделювання, визначення закономірностей та прогнозування процесів розвитку,

життєздатності економічних систем та врахування в системах управління. На думку авторів, доцільно враховувати групування передумов актуалізації проблем розвитку та життєздатності систем як таких, що дедалі рельєфніше виокремлюються та набувають предикторного статусу в моделях цифрової економіки. За інтенсивного впровадження концепції цифрової економіки та її потужного потенціалу мережевого каталізатора (інтегрованого) посилення впливу можна подати низку її ознак і маркерів. По-перше, зумовленість економічних процесів стрімко впроваджуваними системними змінами сутності, формату та низки аспектів поведінки економічного середовища, серед яких виокремимо:

1. Бурхливе збільшення ступеня насиченості середовища новітніми ефектами та маркерами зростання концентрації подій у часі, зокрема:

- суттєва зміна економічного середовища стосовно багатofакторності та мультимодальності;
- об'єктивне нарощування хаотичності, бурхливого зростання складових впливу, що потребує збільшення ступеня структурованості внаслідок насичення багаторівневими м'якими регуляторами, які мають різноманітну природу (просторову, функціональну тощо);
- ускладнення перетину інтересів, сфер впливу, форматів лідерства та контролю, поглиблення протистояння за перерозподіл ресурсів і змінюваність потенціалу контрагентів;
- різноманітність, асиметричність і керованість активування «зон напруженості» та кризових явищ;
- ситуативність, інтенсивна змінюваність пріоритетів, а отже, висока варіабельність цілей та сценаріїв аж до стратегічного статусу контрагентів і партнерів;
- активне маніпулювання дестабілізуючими чинниками, впровадження систем контрольованої нестабільності, обмеженої хаотизації, зокрема, як форм економічного протекціонізму.

2. Трансформація структури «класичної» невизначеності, зокрема, виникнення штучної інтегративної невизначеності як результату багатоваріантності економічної діяльності з притаманними їй невідомістю, несвоечасністю, помилковістю та асиметрією інформації.

3. Збільшення потенційної вимірності системних впливів, ефектів і структурних зрушень у тенденціях та закономірностях розвитку; поступова операціоналізація відповідних досліджень і зростання випереджальної спроможності предиктивних технологій.

4. Зміна структури проявів кризових явищ у поновлюваних складових і стратегіях маркетингу; наближення до вичерпання традиційних технологій стосовно зростання продажу на застарілій базі;

5. Інтенсивна розбудова цифрового суспільства та його інфраструктури, зокрема, глобальних мереж, засобів економічної розвідки тощо.

По-друге, розвиток інструментарію прогнозування на базі інтелектуального математичного апарату та новітніх модельно-інформаційних технологій, спрямованих на поглиблення ступеня передбачуваності подій.

Методологія та інструментарій прогнозування насичуються відносно новими складовими, зокрема, бурхливо розвиваються модельні технології продукування знань, відтворення закономірностей, тенденцій, взаємообумовленостей, зокрема, Big Data, Business Intelligence, Data Mining, Data Science, Machine Learning, Artificial Intelligence тощо.

Важливо наголосити, що інтенсивне впровадження цифрової інфраструктури надаватиме можливість дослідження процесів розвитку, зокрема, через механізми взаємодії дестабілізуючих чинників. Останні можуть бути ідентифікованими за проекціями або інформаційними «ланцюгами» транзакцій у «великих даних», що супроводжують процеси в інформаційній економіці.

По-третє, суттєві трансформації, що відбуваються у реальному секторі економіки та практиці управління складними соціально-економічними системами:

1. Створення внаслідок «глобального проектування» центрів, зон впливів та угруповань, переформатування субрегіональних зон, ієрархії структур управління, визначення перехідних сфер, економічних «буферів», що є відкритими для гібридного впливу.
2. Актуалізація та зростаюча динаміка комплексу мінливих загроз у всіх сферах; різнорівневі кризи; зростання щільності конфліктних ситуацій; зміщення геополітичних акцентів внаслідок активізації стратегій глобального домінування.
3. Закріплення тенденцій та генерування нових форм різнобічної взаємодії; створення багаторівневих союзів і блоків геостратегічних впливів; активізація прокоаліційних стратегій.
4. Виникнення та зростання різнорівневих осередків напруження та протистояння інтересів, розростання зон локальних конфліктів, їхня гібридизація, застосування гуманітарних інтервенцій та принципів «м'якої сили» як форм економічного протекціонізму.
5. Пріоритетний превентивний характер заходів щодо управління, зокрема, врегулювання криз, своєчасних відповідей на виклики в межах оперативного реагування.
6. Спрямованість на підвищення автономності нижчих рівнів управління з урахуванням регіонального позиціонування.
7. Бурхлива ініціалізація та поширення горизонтальних і вертикальних хвиль щодо процесів переформатування в усіх сферах.
8. Підвищення оперативної гнучкості та ситуативної стійкості через утворення багаторівневих інтегрованих об'єднань та асиметричних коаліційних і блокових моделей діяльності.

Суттєво змінюється природа загроз: на відміну від усталених теорією та практикою управління випадкових подій, помилок та інших несистемних стохастичних збурень, приділяється увага системному характеру впливу складних механізмів дестабілізації, виявляється існування внутрішніх закономірностей та тенденцій зростаючого впливу цих процесів. Парадигмою стає «багатоомовна протидія», що

є еволюцією протидії загрозам середовища з урахуванням багатомірності простору цих загроз, зокрема, загострення боротьби за ресурси й домінування, долучення до участі у потокових процесах перерозподілу сировини та товарів, утримання технологічних переваг тощо.

Через системний вплив вищезначених чинників на діяльність підприємств та інших економічних суб'єктів зростає необхідність залучення ефективних інструментів для врахування деструктивних наслідків поведінки середовища та цілої низки викликів із метою знаходження ефективної реакції та обґрунтованих, дієвих контрмір.

Підприємства прагнуть вирішувати проблеми у сприятливому для себе форматі, для чого їм необхідно мати можливість оцінити стан і спрогнозувати зміст, спрямованість і характер заходів для забезпечення власного розвитку й життєздатності. З урахуванням специфіки поточного моменту, для управління розвитком і життєздатністю підприємств у режимі, близькому до реального часу, мають інтенсивно генеруватись нові сценарії вирішення проблем, використовуватись адресні концептуальні підходи, нестандартні асиметричні дії, оскільки просте повторення минулих, навіть вдалих стратегій, у мінливих умовах не завжди є дієвим.

Розвиток є фундаментальною та універсальною властивістю буття і означає процес змінювання: «незворотне, спрямоване, закономірне, доцільне, таке, що характеризується трансформацією якості, переходом до нових рівнів організації, що є більш доцільними» [12]. Процес змін може схилитись до одного із двох типів джерел і бути або зовнішньо скерованим, або таким, що розвивається закономірно. Тобто розвиток є переходом від одного якісного стану до іншого та вимірюється з позицій соціально-економічного результату. Відомо, що не кожна зміна є ознакою розвитку, до якого, зокрема, не належать процеси поточного життя-забезпечення, обслуговування та відтворення інфраструктури тощо.

Тривають наукові дискусії про сутність розвитку, але наразі немає єдиного трактування цієї категорії, а методологія та інструментарій його дослідження, оцінювання та врахування, перебувають у процесі становлення. Часто розвиток асоціюється з будь-яким рухом, наприклад, переміщенням фінансових та інших ресурсів між регіонами.

Онтологія розвитку є багатоаспектною та містить три головних блоки значень: 1) розглядається зміна або перебіг процесу в часі; 2) просторове розширення, збільшення, зростання чи спад, оновлення; 3) еволюція, становлення, що призводять до прогресу або занепаду.

З позицій еволюційного процесу є суперечність, зокрема, між стійкістю та розвитком. Деякі науковці підкреслюють, що, з одного боку, для сталого розвитку є необхідність постійного розширення, тобто розвитку в його просторовому розумінні, а з іншого – наголошують на обмеженості цього розвитку.

Інші науковці також вказують на концептуальні суперечності, вважаючи сталість та розвиток взаємовиключними, доводячи, що розвитку притаманне певне зниження сталості. Деякі учасники дискусії вважають, що сталість не передбачає відсутності зростання. Стала система зацікавлена в якісному розвитку, а не обов'язково у фізичному зрос-

танні. Отже, сталість зумовлює рівновагу, а розвиток потребує постійного виходу системи із рівноважного стану.

Фахівцями все глибше усвідомлюється суперечність: у практичному менеджменті, що стрімко розвиває організаційні форми управління, значною мірою відчувається нестача знань та інструментів для визначення, прогнозування та врахування загальних закономірностей розвитку економічних систем [7–9]. Останні є предметом уваги фахівців з державної безпеки, міжнародників та економістів-кібернетиків, котрі професійно досліджують розвиток, еволюцію, динаміку складних економічних систем, вивчають, зокрема, довгі хвилі та стійкі довготермінові закономірності історичного поведіння макроекономічних систем.

Результати таких досліджень, зазвичай, мають вагоме теоретичне обґрунтування, потужну базу моделей, зокрема, на підґрунті новітніх концептуальних підходів нелінійної динаміки, але в управлінні бізнес-процесами їх використання обмежене, оскільки вони не дають безпосередньої інформації для прийняття раціональних управлінських рішень на короткотермінових часових діапазонах.

Підприємство, розробляючи стратегію діяльності, має адаптуватися до змінюваних умов. Цільові функції управління змінюються, а в умовах підвищення швидкості розвитку процесів, збільшення насиченості часу подіями та можливостями концентрації значних обсягів інформації має місце поступове фокусування підприємств на гнучкому оцінюванні їхньої ефективності та економічного потенціалу щодо адаптації до змін. Останнє часто узагальнюють у категорії життєздатності [10].

Конфлікти інтересів економічних агентів – держави, бізнесу й населення визначають систему потенційних суперечностей (конфліктів) та зумовленого цим ризику, що виявляється також у явищі асиметрії інформації, непередбачуваності реакцій та, як наслідок, зниження ефективності економічної системи через невідповідність умов прийняття та виконання рішень.

Долучення до складу аксіоматики функціонування економічних систем принципу невизначеності та породженого цим ризику дозволяє адекватніше розглядати складні економічні системи як такі, що саморозвиваються, а також вказує на необхідність враховувати, оцінювати й управляти ступенем ризику в системі розвитку й життєздатності.

Нами запропоновано таке означення ризику.

Ризик – це соціально-економічна категорія, що характеризує ступінь загроз, можливого понесення збитків, невдачі, відхилення від цілей, зниження рівня безпеки. Водночас ризик відображає особливості сприйняття зацікавленими суб'єктами економічних відносин невизначеності, конфліктності, загроз, пов'язаних із поточним станом і прогнозованим перебігом подій, які можуть призвести як до позитивного (бажаного), так і до негативного (небажаного) економічного результату, з урахуванням прямих і зворотних зв'язків [11].

Категорія життєздатності попередньо з'явилась у військово-морському флоті, згодом у праці Р. Ешбі [13] у зв'язку з дослідженням закону необхідної різноманітності, а також у праці С. Біра [14]. Значну увагу необхідності оцінювання життєздатності економічних систем та управ-

ління нею приділено українськими науковцями, такими як Т. Клебановою [15], Ю. Лисенком [16; 17] та ін.

На нашу думку, категорія *життєздатності економічної системи* – це здатність існувати, долати кризи, адаптуватися до змін і збурень, мати рефлексію у самоідентифікації, навчанні та потенціал збереження своєї цілісності та функціональності, можливості виконувати профільні завдання (місію), досягати мети, навіть з децю зменшеним рівнем ефективності, за наявності та врахуванні складних типів впливу зовнішнього середовища.

Цю категорію доцільно розкрити через таку послідовність міркувань. Розглядатимемо економічну систему, котра існує за наявності сукупності необхідних і достатніх умов, підтримує свою цілісність, має всі необхідні складові, виконує власні функції, здійснює рух, зокрема, в економічному середовищі та часі за етапами еволюціонування, зародження новітніх форм і переходів до них, подолання екзо- та ендогенних дестабілізуючих впливів тощо. За принципом аналізу перебігу гомеостазу складних систем і подальшого синтезу їхніх латентних предикторів можна дійти висновку про те, що всі вищезазначені складові життєздатності є, зокрема, аспектами прояву адаптивності – системотвірної базової складової, котра, по-перше, визначає дієвість фактичного «вписування» системи в усталений устрій; по-друге, оцінює потенціал такого механізму налаштування на змінні умови: цілі, інтереси, ресурсне забезпечення, взаємодію контрагентів, виникнення інновацій та інший найширший загал можливих системних і структурних зрушень.

Отже, життєздатність системи, що пов'язана з адаптивністю, уособлює спроможність її пристосування до вхідних параметрів і викликів внутрішнього та зовнішнього середовища й окреслює її індивідуальні траєкторії змін.

Розглянемо принципи управління розвитком і життєздатністю економічних систем. Прогресивна змінюваність (розвиток) та адаптація до змін є науково визнаними синергетичними джерелами існування системи. Питання їхньої взаємодії не лише інтенсивно набуває академічного тлумачення, а й завдяки працям учених та узагальненню досвіду менеджерів розширює операційне застосування в управлінні системами. Залежно від суперпозиції складових щодо цілепокладання та реалій господарської практики обидві складові можуть домінувати в процесі побудови цільових функцій управління.

Розглянемо докладніше граничну стратегію, що ґрунтується на домінуванні принципів підтримки життєздатності. Наприклад, підприємство, котре через обережне поведіння, пріоритетність стабільності функціонування та з метою мінімізації ризику фактично забезпечуватиме підвищення рівня життєздатності. Означеній стратегії притаманні консервативність, уникання ризикованих проєктів, надто ощадливе використання ресурсів, обережність у впровадженні інновацій, залучення страхової підтримки, збільшення резервів і звуження сфер діяльності. Зазначене управління за принципом гарантованого результату є надійним безпекопротектором, але водночас призводить до втрати можливостей розвитку та штучного гальмування прогресу. Саме розвиток можна суттєво втратити за означеної надмірної (дефенсивної) ризикоредукції.

Зазначимо, що прогресивні зміни системи, зокрема економічного стану підприємства, є результатом не лише його власних зусиль, а й об'єктивно існуючого та визнаного науковцями [18] потужного потенціалу еволюції надсистеми «верхнього» рівня. Такими, наприклад, є розбудова й усталення інноваційних механізмів цифрового суспільства, зокрема, віртуалізації, мережевізації, меседжменту, профілізації тощо. Отже, зазначені чинники суттєво сприяють збільшенню ефективності економічної діяльності, але розвиток може уповільнюватись через надмірне домінування принципів підтримки життєздатності.

За іншою граничною стратегією розглядатимемо управління, спрямоване на розвиток, зростання, розширення сфер діяльності, ресурсів, ринків, контрагентів. Сукупна господарська енергія суспільства спонукає до залучення нових зовнішніх ресурсів та якісної трансформації структури на підґрунті активації інтелектуального потенціалу. Тому саме внаслідок обрання ефективних стратегій розвитку підприємства можуть акумулювати значний ресурс енергії та стартовий потенціал для виведення системи на якісно новий рівень функціонування, здійснити інноваційне випередження, сформувати «депо» прискореного розвитку тощо. Зокрема, цей спосіб економічного цілепокладання є актуальним у цифровій економіці, з притаманною їй глобалізацією, нестабільністю, поглибленням інформаційної та ресурсної нерівності, зростанням асиметрії між складовими регіонального господарського районування.

Для конкретної економічної системи процес управління розвитком і життєздатністю є багатокроковим процесом узгодження власних пріоритетів, за результатами якого знаходиться раціональний або компромісний розв'язок, який збалансовує відцентрові та доцентрові складові.

Отже, спрямування пріоритетів стратегії економічної діяльності або на підтримку життєздатності, або на зростання та розвиток фактично утворює виміри (напрями) операційного простору щодо вибору та комбінування широкого спектра конкретних управлінських стратегій. Наприклад, можуть активуватись стратегії внутрішнього або зовнішнього зростання, злиття та поглинання, вилучення вкладень, міжнародного співробітництва, низьких витрат і диференціації, наступальні стратегії інтеграції-дезінтеграції, відновлення для кризових станів, корпоративні стратегії диверсифікації або навіть «залишити все без змін» тощо. Надалі здійснюватиметься раціональне обґрунтування та прийняття рішень щодо «дозованого» поміркованого толерантного вибору стратегій із множини можливих вищезначених граничних варіантів.

Проблема вибору є слабоструктурованою, а тому інтелектуально залежною від наукового обґрунтування, вибору та застосування інноваційних технологій управління. Методологічні засади такого вибору, а також його інструментарій є актуальним напрямом досліджень і потребують поглибленої підготовки фахівців, зокрема, з цифрової економіки сфери економічної кібернетики, комп'ютерингу, а також математичного моделювання та ІТ.

Розглянемо економічну суцесію – процес саморозвитку. У період суцесії на основі конкурентних взаємодій видів має місце формування більш стійких комбінацій, які еволюційно конструюються за «вимогами» середовища.

Теоретичним підґрунтям суцесії є розвинута для біологічних та екологічних систем теорія взаємодії гомеостатичної та гетеростатичної складової. Гомеостатична складова характеризує саморегуляцію, адаптацію, підтримку динамічної рівноваги, здатність динамічно зберігати сталість свого внутрішнього стану, поновлення порушеної рівноваги, долати екзогенний супротив на базі механізмів позитивного та негативного зворотного зв'язку. Гетеростаз характеризує можливість збереження в системі рівноважних станів, що доволі часто є суперечливими, неупорядкованими, дисбалансованими, такими, що мають контекстно-залежний прояв.

Для моделювання взаємообумовлених процесів розвитку та життєздатності пропонуємо застосувати, зокрема, концепцію рефлексивного управління, що спирається на знаннєві парадигми та навчальний підхід. Для оцінювання рівня життєздатності економічної системи та управління ним доречно сконцентрувати увагу на інструментарії моделювання знань на базі модельних технологій Data Science, Business Intelligence, Big Data, Data Mining та, зокрема, глибокого навчання Deep Learning [19–23]. У моделях цього типу послідовно збільшуватиметься рівень заглиблення в сутність процесів, а отже, рівень абстрагування, здійснюватиметься навчання концепцій, які подаватимуться у вигляді ієрархії вкладених теоретичних положень. Одночасно здійснюватиметься проектування ознак життєздатності або алгоритмів навчання ознак з метою виокремлення ключових чинників варіативності та знаходження ефективних предикторів, що пояснюють вплив початкових даних і поточної інформації.

Напрямами моделювання процесів розвитку та життєздатності, на думку авторів, можуть бути такі.

1. Використання концептуальних підходів загальної теорії динамічних систем, які є нелінійними та подаються у вигляді диференціальних рівнянь з неперервними змінними, для яких досліджуються фазові простори, знаходяться нерухомі точки, цикли, атрактори, періодичні процеси тощо. Для економічних систем, які описуються дискретними динамічними множинами показників, використання цього концептуального підходу потребує суттєвого адресного налаштування.
2. Модельний інструментарій опису механізмів адаптації включатиме й засоби врахування ефектів «втрати пам'яті», що має місце лише в нелінійних системах.
3. Використання специфічних інструментів дослідження процесів на ринках за допомогою інструментарію еконофізики, зокрема, вивчення властивостей самоподібності та мультифрактального аналізу ринку, аналізу динаміки часових рядів за аналогією з броунівським рухом, дослідження хаосу, застосування інструментальних підходів і моделей статистичної фізики та стохастичної механіки, ідентифікація передвісників структурних зрушень і катастроф тощо.
4. Використання гравітаційних моделей в аналізі розвитку територій, моделей відтворення карт демографічного потенціалу, аналізу процесів міграції, логістичних і зовнішньоторговельних гравітацій-

них моделей, моделювання топо- та типологій основних видів конвергенції.

5. Моделювання швидких і лавиноподібних соціально-економічних процесів, наприклад, виникнення паніки, створення та руйнування фінансових пірамід, розгортання ринкового ажіотажу та їх застосування в моделюванні рейдерських атак, створення штучного дефіциту, розроблення механізмів хеджування тощо.
6. Залучення концепції та інструментарію еволюційної економіки, дослідження відкритості систем, принципів модельного врахування різноманітності, спадковості, мінливості, економічного відбору, моделей технологічної дифузії, модельне відтворення активаторів і мотиваторів функціонування соціально-економічних систем, видів обмеженості в економіці.
7. Когнітивне моделювання як інструментарій формування цілеспрямованого поведіння слабоструктурованих систем в умовах невизначеності, конфліктності та зумовленого цим ризику. Моделюються тенденції розширення функціональних параметрів економіки, формування соціо-економіки, здійснюється врахування психологічних аспектів і мотивацій, дослідження неформальних саморегуляторів нооекономічного процесу. Про актуальність когнітивних підходів свідчить присудження Нобелівської премії 2017 року Ричарду Талеру. У його наукових працях увага акцентується саме на психологічних мотиваціях економічних рішень.
8. Аналітична декомпозиція досліджуваної системи з метою визначення архітектури та способу взаємодії елементів, оцінювання ступеня їх впливу та ефективності, знаходження центроїдів концентрації управління, визначення динамічних і просторових тенденцій розвитку, потенціалу реагування системи на широкий спектр змін і збурень.
9. Рекурсивне прогнозування розвитку та побудова багатозначних прогнозів, які конструюють інтервал невизначеності за результатами дослідження властивостей та внутрішніх зв'язків рядів динаміки. Високу ефективність показує система моделей динамічного факторного аналізу (ДФА) [24], що дозволяє моделювати наслідки обрання концепції управління системою із представницької множини можливих сценаріїв.
10. Застосування модельних технологій аналізу попиту та пропозиції, що уособлюють взаємне доповнення складових розвитку та життєздатності.

Для моделювання життєздатності економічних систем доцільно зосередити увагу на таких напрямках:

1. Життєздатність інтерпретується як сукупність системних характеристик стійкості, ризику, адаптивності, маневреності, які визначають профіль динамічної системи за відповідними критеріями з подальшою ідентифікацією особливих точок у фазовому просторі, дослідження матриць Якобі, використання атратора Лоренца тощо.

2. Аналіз категорії, декомпозиція та моделювання взаємодії окремих складових, а також побудова моделей інтегрованого показника (за низкою додаткових ознак соціально-економічного стану та структури) оцінювання життєздатності.
3. Дослідження часових тенденцій зміни інтегрованого показника життєздатності та його складових у динамічному ракурсі (здебільшого в коротко-терміновому) з подальшою взаємодією оперативних і довгих часових тенденцій змін.
4. Генерування узгоджених із прогнозованими тенденціями розвитку методик щодо адаптивних сценаріїв, які гарантуватимуть цільовий рівень життєздатності в широкому спектрі можливих цілей економічної системи або збереження форми та конфігурації, або підтримки функціонального здійснення власної діяльності, утримання вже структурно та кількісно опанованих ринків, або здійснення інноваційного «стрибка», або переорієнтацію на нові цілі та структурні зміни.
5. Визначення, ідентифікація, побудова індивідуального профілю економічної системи та позиціонування її як у процесах розвитку надсистеми вищого рівня, так і в системі складових життєзабезпечення.
6. Масштабування простору життєздатності шляхом стиснення та виокремлення базових («життєвірних») складових на базі факторизації або сегментації, визначення згущень і їхніх центроїдів.
7. Використання моделей ризикології, ризик-менеджменту, профілювання ризиків, пов'язаних із розвитком і життєздатністю.
8. Залучення концепцій та інструментарію портфельної теорії для моделювання та оптимізації диверсифікаційних стратегій економічних систем.
9. Моделі управління запасами та резервами, які описують ефективні засоби редукції ризику.
10. Ігрове моделювання.
11. Застосування нечіткої логіки для опису процесів створення «депо» ресурсного забезпечення для гарантування підтримки системних характеристик у цільових діапазонах значень.
12. Визначення зон перетину інтересів підприємств в їхньому найближчому оточенні, побудова «теплових карт» насиченості проблем.

Висновок. Теоретичні засади, механізми й інструментарій регулювання та управління розвитком і життєздатністю є актуальним напрямом підтримки економічної безпеки, визначає потенціал і результативність політики розвитку та життєздатності соціально-економічної системи.

З огляду на викладене, нагальною стає потреба розвитку концептуальних положень економіко-математичного інструментарію та підготовки фахівців, які володітимуть знаннями про управління складними системами на засадах сучасної системно-синергетичної парадигми та матимуть компетенції стосовно дослідження та використання меха-

нізмів самоорганізації для аналізу, синтезу, прогнозування та керування складними динамічними економічними системами у парадигмі цифрової економіки.

Наведені методологічні підходи спрямовані на інтеграцію аналітичного інструментарію, який доцільно застосовувати в розбудові стратегій поточного реформування підприємств, організацій, галузей промисловості України. Розбудова синергетичної концепції, зокрема, створення еволюційних моделей економічних процесів на підґрунті якісної теорії диференціальних рівнянь, які є актуальними напрямками прогнозування ринкових процесів. Аналітичні моделі саме такого типу здатні ідентифікувати суттєві зміни траєкторій розвитку досліджуваних процесів, виокремити маркери структурних зрушень тощо. Дослідження рефлексивності поведінки економічних систем є важливим інструментом застосування навчально-знанневого підходу.

Впровадження інструментарію та складових суспільства знань, компактність, зменшення вартості та доступність ІТ дещо обмежують надто велике лідерство, водночас зумовлюючи нестійкість стану економічного агента або системи, значну волатильність їхнього економічного стану. Тому моніторинг стану підприємства, що здійснюється в реальному часі, позиціонування власного рівня в конкурентному середовищі, є передумовою до затребуваного сьогодні визначення розвитку та життєздатності цифрової економіки.

Об'єднання еволюційного підходу з інструментарієм інтелектуального аналізу даних, машинного навчання для моделювання знань дає можливість врахувати багатоаспектну сутність і складність досліджуваних процесів розвитку та життєздатності для економічних об'єктів у різних сферах: промислового виробництва, транспортному секторі, фінансовому секторі, енергетиці, екології, АПК тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Управління розвитком соціально-економічних систем у новій економіці: кол. моногр. / за ред. А. М. Шимановської-Діанич. Полтава : ПУЕТ, 2015. 358 с.
2. Прогнозування соціально-економічних процесів: сучасні підходи та перспективи : монографія / за ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка. Бердянськ : Вид-во Ткачук, 2011. 391 с.
3. Ляшенко В. І., Вишневецький О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку : монографія. Київ : ІЕПр НАНУ, 2018. 252 с.
4. Вахлакова В. В. Економічна безпекологія: становлення науки. *Проблеми економіки*. 2017. № 1. С. 290–296.
5. Козаченко Г. В. Естиметологічний аспект в економічній безпекології. *Проблеми економіки*. 2016. № 1. С. 167–173.
6. Губський Б. В. Економічна безпека України: методологія виміру, стан і стратегія забезпечення : монографія. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2001. 122 с.
7. Забродский В. А., Кизим Н. А. Собственность, экономическая безопасность и государство. Харьков : Бизнес-Информ, 1997. 96 с.
8. Моделювання економічної безпеки: держава, регіон, підприємство : монографія / за ред. В. М. Гейця. Харків : Вид-во «ІНЖЕК», 2006. 240 с.
9. Руденский Р. А. Антисипативное управление сложными системами: модели, методы, инструменты : монография. Донецк : Юго-Восток, 2009. 257 с.
10. Андриущенко І. Є. Прогнозування рівня життєздатності промислових підприємств. *Економіка та держава*. 2017. № 2. С. 28–31.
11. Вітлінський В. В. Методологічні засади моделювання ризику в системі економічної безпеки. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. 2017. Вип. 94. С. 14–27.
12. Великий тлумачний словник сучасної української мови / уклад. і голов. ред. В. Т. Брусел. Київ : ВТФ «Перун», 2005. 1728 с.
13. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. М. : Наука, 1975. 427 с.
14. Бир С. Мозг фирмы. М. : Радио и связь, 1993. 416 с.
15. Банкрутство і санація підприємства: теорія і практика кризового управління / за ред. О. В. Мозенкова. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2003. 272 с.
16. Комплексные оценки в системе рейтингового управления предприятием / под общ. ред. Ю. Г. Лысенко. Донецк : Юго-Восток, Лтд, 2003. 120 с.
17. Управление маркетинговым потенциалом предприятия : монография / под общ. ред. Ю. Г. Лысенко, Н. Г. Гузя. Донецк : Юго-Восток, 2005. 352 с.
18. Современные подходы к моделированию социально-экономических систем : монография / под ред. В. С. Пономаренко, Т. С. Клебановой, Н. А. Кизима. Харьков : ИД «ИНЖЭК», 2011. 280 с.
19. Джеймс Г., Уиттон Д., Хасты Т. Введение в статистическое обучение с примерами на языке R. М. : ДМК Пресс, 2016. 450 с.
20. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. М. : ДМК Пресс, 2017. 652 с.
21. Силен Д., Мейсман А., Али М. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. СПб. : Питер, 2017. 336 с.
22. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными. СПб. : Альфа-книга, 2017. 480 с.
23. Вандер П. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. СПб. : Питер, 2018. 576 с.
24. Вітлінський В. В., Катуніна О. С. Еволюційні моделі оцінювання та прогнозування стратегій розвитку галузей промисловості України // Актуальні проблеми прогнозування поведінки складних соціально-економічних систем : монографія / за ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка. Бердянськ : Вид. Ткачук О. В., 2016. 512 с. С. 25–38.

REFERENCES

- Andriushchenko, I. Ye. "Prohnozuvannia rivnia zhyttiezdatnosti promyslovykh pidpryemstv" [Forecasting the level of viability of industrial enterprises]. *Ekonomika ta derzhava*, no. 2 (2017): 28-31.
- Bankrutstvo i sanatsiia pidpryemstva: teoriia i praktyka kryzovoho upravlinnia* [Bankruptcy and reorganization of the enterprise: the theory and practice of crisis management]. Kharkiv: VD «ІНЖЕК», 2003.
- Bir, S. *Mozg firmy* [The brain of the firm]. Moscow: Radio i svyaz, 1993.
- Dzheymys, G., Uitton, D., and Khasti, T. *Vvedeniye v statisticheskoye obucheniyе s primerami na yazyke R* [Introduction to statistical learning with examples in the language of R]. Moscow: DMK Press, 2016.

Eshbi, U. R. *Vvedeniye v kibernetiku* [Introduction to cybernetics]. Moscow: Nauka, 1975.

Gudfellou, Ya., Bendzhio, I., and Kurvill, A. *Glubokoye obucheniye* [Deep training]. Moscow: DMK Press, 2017.

Hubskiy, B. V. *Ekonomichna bezpeka Ukrainy: metodologiya vymiru, stan i stratehiya zabezpechennia* [Economic security of Ukraine: measurement methodology, state and strategy of provision]. Kyiv: DP «Ukrarkhbudinfor», 2001.

Kompleksnyye otsenki v sisteme reytingovogo upravleniya predpriyatiyem [Complex assessments in the system of rating management of the enterprise]. Donetsk: Yugo-Vostok, 2003.

Kozachenko, H. V. "Estymetologichnyi aspekt v ekonomichnii bezpekolohii" [The estimetological aspect in economic safetyology]. *Problemy ekonomiky*, no. 1 (2016): 167-173.

Liashenko, V. I., and Vyshnevskiy, O. S. *Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhlyvist proryvnoho rozvytku* [Digital modernization of the Ukrainian economy as an opportunity for breakthrough development]. Kyiv: IEP NANU, 2018.

Miuller, A., and Gvido, S. *Vvedeniye v mashinnoye obucheniye s pomoshchyu Python. Rukovodstvo dlya spetsialistov po rabote s dannymi* [Introduction to machine learning using Python. A guide for data professionals]. St. Petersburg: Alfa-kniga, 2017.

Modeliuvannia ekonomichnoi bezpeky: derzhava, rehion, pidpriemstvo [Modeling of economic security: state, region, enterprise]. Kharkiv: Vyd-vo «INZhEK», 2006.

Prohnozuvannia sotsialno-ekonomichnykh protsesiv: suchasni pidkhody ta perspektyvy [Forecasting of socioeconomic processes: modern approaches and perspectives]. Berdiansk: Vyd-vo Tkachuk, 2011.

Rudenskiy, R. A. *Antisipativnoye upravleniye slozhnyimi sistemami: modeli, metody, instrumenty* [Antipathic management of complex systems: models, methods, tools]. Donetsk: Yugo-Vostok, 2009.

Silen, D., Meysman, A., and Ali, M. *Osnovy Data Science i Big Data. Python i nauka o dannykh* [Basics of Data Science and Big Data. Python and the science of data]. St. Petersburg: Piter, 2017.

Sovremennyye podkhody k modelirovaniyu sotsialno-ekonomicheskikh sistem [Modern approaches to the modeling of socio-economic systems]. Kharkiv: ID «INZhEK», 2011.

Upravleniye marketingovym potentsialom predpriyatiya [Management of the marketing potential of the enterprise]. Donetsk: Yugo-Vostok, 2005.

Upravlinnia rozvytkom sotsialno-ekonomichnykh system u novii ekonomitsi [Management of the development of socio-economic systems in the new economy]. Poltava: PUET, 2015.

Vakhlakova, V. V. "Ekonomichna bezpekolohiia: stanovlennia nauky" [Economic security science: the formation of science]. *Problemy ekonomiky*, no. 1 (2017): 290-296.

Vander, P. *Python dlya slozhnykh zadach: nauka o dannykh i mashinnoye obucheniye* [Python for complex tasks: the science of data and machine learning]. St. Petersburg: Piter, 2018.

Velykyi tlumachnyi slovnyk suchasnoi ukrainskoi movy [Great explanatory dictionary of modern Ukrainian language]. Kyiv: VTF «Perun», 2005.

Vitlinskiy, V. V. "Metodologichni zasady modeliuvannia ryzyku v systemi ekonomichnoi bezpeky" [Methodological principles of risk modeling in the system of economic security]. *Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi*, no. 94 (2017): 14-27.

Vitlinskiy, V. V., and Katunina, O. S. "Evolutsiini modeli otsiniuvannia ta prohnozuvannia stratehii rozvytku haluzei promyslovosti Ukrainy" [Evolutionary models of estimation and forecasting of strategies of development of industries of Ukraine]. In *Aktualni problemy prohnozuvannia povedinky skladnykh sotsialno-ekonomichnykh system*, 25-38. Berdiansk: Vyd. Tkachuk O. V., 2016.

Zabrodskiy, V. A., and Kizim, N. A. *Sobstvennost, ekonomicheskaya bezopasnost i gosudarstvo* [Property, economic security and the state]. Kharkiv: Biznes Inform, 1997.

————— ■