

СЦЕНАРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ РЕСУРСНОЇ КОМПОНЕНТИ ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МІСТА

Постійне ускладнення соціально-економічних процесів та збільшення їх невизначеності загострює потребу у науковому прогнозуванні. Результати прогнозування соціально-економічних процесів закладають фундамент для коректного формулювання того або іншого завдання в конкретних економічних ситуаціях. На жаль, більшість традиційних методів прогнозування не враховують належним чином теорію, закономірності та мінливість зовнішніх умов функціонування об'єкта прогнозування.

Проблематиці прогнозування вченими-економістами присвячено досить багато наукових робіт. Більшість робіт, у яких здійснюється прогноз соціально-економічних процесів, направлені на виявлення та екстраполяцію вже сформованої тенденції, що без виключення супроводжується чималою погрішністю та призводить до формування помилкового управлінського впливу. Менша частина досліджень посилена за рахунок направленості на виявлення декількох альтернативних варіантів розвитку ситуації, що звужує область можливого та створює більш об'єктивне наукове підґрунтя для прийняття управлінських рішень. Проте практично відсутні дослідження, в яких методи прогнозування направлені на розкриття сутності, виявлення тенденцій та закономірностей розвитку об'єкта прогнозування.

У даному дослідженні фокус уваги зосереджено на відносно нових поки що нетрадиційних методах прогнозування, які привнесені в економіку з інших наукових сфер, зокрема, таких як соціологія та математична статистика. Зазначені наукові сфери збагатили та доповнили економічне прогнозування методами когнітивної структуризації, елементами теорії імовірності, нечітких множин та марковських ланцюгів, які знайшли своє відображення у наукових працях Г.В. Горелової, О.М. Захарової, Л.О. Гініса, Н. Джа-

римова, С.В. Ковриги, В.І. Максимова, В.В. Кульби, Д.О. Кононова, С.А. Косяченко, О.М. Шубіна, І.В. Чернова, С.С. Янича, О.В. Раєвневої, Б. Коско, Р. Аксельрода [1, 2, 4-11].

Незважаючи на непересічний характер методів у наведених вище роботах та відхід в них від екстраполяційного підходу, на погляд автора, методологія прогнозування потребує певного поглиблення, що значним чином може відобразитись на ефективності практичного застосування результатів економічного прогнозування. Такі обставини актуалізують *мету* даної статті, яка полягає у розробці такого підходу до прогнозування, в основі якого лежать принципи неодетермінізму з характерною для останнього нежорсткою детермінацією. Такий підхід до прогнозування попри неможливість отримання точного прогнозу веде до практичних результатів, поглиблюючи теорію розвитку об'єкта прогнозування.

Неможливість точного прогнозу обумовлена існуванням таких джерел залишкової невизначеності:

існування тих подій, котрі не детермінуються теперішнім та минулим, а виникають на основі формування синергетичних ефектів;

неможливість повного виявлення внутрішніх та зовнішніх зв'язків об'єкта дослідження.

Отже, завжди залишається певна невизначеність, в результаті чого прогнозувати слід не окремі події, а області можливих станів об'єкта з припущенням про його умовно постійну якість на період дослідження.

У ролі об'єкта прогнозування виступає еволюційний (лізисний) розвиток ресурсної компоненти економічного потенціалу (далі – РКЕП) міста. Лізисний характер розвитку РКЕП наголошує на припущенні щодо її постійної якості без існування біфуркаційних

точок розвитку, врахування яких значним чином ускладнювало би процес прогнозування. Розвиток РКЕП міста Харкова, на прикладі якого здійснено дослідження, піддається декомпозиції на розвиток трудової, інвестиційної та інноваційної складових. Виходить, що, прогнозуючи розвиток РКЕП, ми лише частково розкриваємо наслідки регулюючого впливу, направлено на одну з компонент (ресурсна) економічного потенціалу, залишаючи без уваги інші: управлінську й організаційну [2]. Такий підхід дозволяє у розвитку РКЕП за різними сценаріями визначити групу наслідків, які так чи інакше мають місце у відтворенні та прогнозуванні економічного потенціалу в цілому.

Зазначимо, що найчастіше стан об'єкта прогнозування приймається як незмінний та враховуються тільки його зв'язки із зовнішнім середовищем. Такий підхід є помилковим, так як незмінними можна вважати, наприклад, технічні системи, в яких регулюючий вплив в оптимальних умовах має завжди однаковий результат. Такою властивістю РКЕП з характерною для неї складною динамічною структурою не характеризуються, тому слід звернутися до комплексу методів, які дозволяють розкрити та врахувати внутрішню детермінацію зазначеної компоненти.

Далі розкриємо методико-методологічні аспекти прогнозування розвитку РКЕП міста. Як визначено вище, доцільним є прогнозування не конкретних подій, а областей формально та абстрактно можливого. Формально можливе розкривається завдяки логічним законам, які описують внутрішні причинно-наслідкові зв'язки у РКЕП, а область абстрактно можливого визначається завдяки узагальненню конкретного, що характерне для області формально можливого.

Далі представлено перелік статистичних показників, які характеризують розвиток РКЕП: чисельність наявного населення (ЧН), сальдо міграції (СМ), чисельність зареєстрованих безробітних (ЧБ), середньорічна кількість найманих працівників (НП), кількість вивільнених працівників (ВП), середньорічна кількість населення працездатного віку (ПН), кількість вільних робочих місць (ВРМ), кількість працівників із вищою освітою (ПВО), вартість нововведених основних засобів (ВН), вартість введених основних засобів (ВВ), сума зносу основних засобів (СЗ), вартість основних засобів на кінець року (ВК), використано небезпечних відходів на підприємствах (ВВВ), величина інвестицій в основний капітал (ІОК), кількість інноваційно активних підприємств (ІАП), кількість впроваджених нових технологічних інноваційних процесів (ІП), чисельність спеціалістів, що виконують наукові та науково-технічні роботи (НТФ), обсяг виконаних наукових та науково-технічних робіт (НТР), кількість спеціалістів з наукових та науково-технічних робіт із науковим ступенем (НФС), величина знешкоджених небезпечних відходів (ЗНВ), величина фактично утворених відходів на підприємствах (ФУВ), кількість промислових підприємств (ПП), кількість отриманих охоронних документів у Державному департаменті інтелектуальної власності України (ЗОД).

Сформувавши набір статистичних показників, експертним методом визначається їх взаємовплив та роль в аналізі стану складових РКЕП. Для цього пропонується метод обробки експертних оцінок, який адаптований конкретно під завдання щодо визначення взаємовпливу факторів і базується на системі таких логічних нерівностей:

$$a_{ij} = \begin{cases} e \Leftrightarrow Na_{ij}^{(e)} > (Na_{ij}^{(1)} + Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(o)}) \wedge \\ Na_{ij}^{(e)} = (Na_{ij}^{(1)} + Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(o)}) \vee Na_{ij}^{(m)}, Na_{ij}^{(o)} = 0; \\ l \Leftrightarrow Na_{ij}^{(e)} \leq (Na_{ij}^{(1)} + Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(o)}) \vee Na_{ij}^{(1)} > (Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(o)}); \\ m \Leftrightarrow Na_{ij}^{(e)} \leq (Na_{ij}^{(1)} + Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(o)}) \vee Na_{ij}^{(m)} \geq (Na_{ij}^{(1)} + Na_{ij}^{(o)}) \wedge \\ Na_{ij}^{(1)} = (Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(o)}) \wedge Na_{ij}^{(o)} = (Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(1)}); \\ o \Leftrightarrow Na_{ij}^{(e)} \leq (Na_{ij}^{(1)} + Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(o)}) \vee Na_{ij}^{(o)} > (Na_{ij}^{(m)} + Na_{ij}^{(1)}), \end{cases} \quad (1)$$

де a_{ij} – елемент матриці взаємного впливу факторів, i – номер рядка, що очолює фактор, j – номер колонки;

e – відсутність впливу фактора, $e \in E$;

$Na_{ij}^{(e)}$ – кількість експертів, на думку яких $a_{ij} \in E$;

l – слабкий вплив фактора, $l \in L$;

$Na_{ij}^{(l)}$ – кількість експертів, на думку яких $a_{ij} \in L$;

m – середній вплив фактора, $m \in M$;

$Na_{ij}^{(m)}$ – кількість експертів, на думку яких $a_{ij} \in M$;

o – сильний вплив фактора, $o \in O$;

$Na_{ij}^{(o)}$ – кількість експертів, на думку яких $a_{ij} \in O$.

Для здійснення аналізу чутливості факторів якісні оцінки експертів перетворюються на кількісні у вигляді чисельних зна-

чень: $e = 0,1$; $l = 0,5$; $m = 1$; $o = 2$. За результатами експертних оцінок у табл. 1 отримані значення, які розташовані на перетинанні рядка та колонки, а також характеризують вплив показника, який знаходиться у i -му рядка на показник, що очолює j -й стовбець. Рівень взаємодії визначається як добуток суми значень по рядку (вплив фактора на систему) на суму значень кожної колонки (вплив системи на фактор), а активність системи, як відношення двох зазначених величин. Встановлено, що серед факторів, які описуються стан трудової складової РКЕП, керуючими є ВРМ та ПП; які описують стан інвестиційної складової РКЕП – ВН, ВВ та ІОК; які описують стан інноваційної – ІАП, НТФ, НФС.

Таблиця 1

Матриця впливу факторів у системі РКЕП

Показники	ЧН	СМ	ЧБ	НП	ВП	ПН	ВРМ	ПВО	ВН ... ЗОД	Вплив фактору на систему	Взаємодія фактора з іншими
ЧН		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		2,2	9,68
СМ	1		0,1	1	0,1	1	0,1	0,1		4,9	39,2
ЧБ	0,5	1		0,1	0,5	0,1	0,5	1		6,8	56,44
НП	0,1	0,1	0,1		0,5	0,1	0,1	1		6,6	82,5
ВП	0,1	0,1	1	0,5		0,1	0,5	1		5,2	38,48
ПН	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1		0,5	0,5		3,4	13,26
ВРМ	1	2	2	1	0,1	0,1		1		11,4	116,28
ПВО	0,1	0,1	0,5	1	0,5	0,1	0,1		...	5,1	36,21
ВН...ЗОД	...	...	...	...	...	...	...	...		...	...
Вплив системи на фактор	4,4	8	8,3	12,5	7,4	3,9	10,2	7,1	...		
Активність фактора в системі	0,50	0,61	0,82	0,53	0,70	0,87	1,12	0,72	...		

Складено автором на основі результатів експертного оцінювання.

Ідентифікація причинно-наслідкових взаємозв'язків РКЕП у когнітивному моделюванні здійснюється за допомогою побудови когнітивної карти, одна із загальних форм якої – орієнтований параметричний граф $G = \langle V, E \rangle$:

V – множина вершин, вершини («концепти») $V = \{v_i \mid v_j \in V, i = 1, 2, \dots, k\}$ є елементами системи РКЕП;

E – множина вершин, вершини («концепти») $E = \{e_i \mid e_j \in E, i = 1, 2, \dots, k\}$ характеризують зв'язок між концептами V_j і V_i когнітивної моделі [9, с. 202].

При описі елементного складу графу необхідно додати і параметри вершин, які описуються множиною параметрів $X = \{x^{(ij)} \mid x^{(ij)} \in X, i = 1, 2, \dots, k\}$.

Орієнтований параметричний граф G представляється суміжною квадратною матрицею A_G . Рядки та колонки матриці очолюються вершинами графу V_j , а на перетинанні i -ї колонки та j -го рядка стоять елементи матриці a_{ij} з відповідними відношеннями вершин V_j і V_i , які характеризують вплив зміни V_i вершини на вершину V_j [6, с. 21-29].

Якісний аналіз когнітивної моделі розвитку РКЕП повністю не розкриває усієї глибини явищ та процесів, які характеризують особливості функціонування та розвитку у межах обраної авторами системи показників. Тому на зміну статистичному підходу у моделюванні приходять динамічний, в основі якого лежить імітаційне моделювання імпульсного процесу розповсюдження обурень на елементи системи. Моделювання імпульсного процесу забезпечує генерацію можливих сценаріїв розвитку РКЕП та прогнозування її станів на різних тактах моделювання з урахуванням первинних імпульсів до керуючих факторів.

Сутність сценарного прогнозування полягає у тому, що для проведення імпульсного моделювання до однієї або декількох вершин графу надається певний керуючий імпульс, в результаті чого він через встановлені відносини між вершинами актуалізує всю систему показників-факторів. Слід зазначити, що для розкриття різних аспектів сценарного прогнозування використовуються різні методи імпульсного моделювання, різниця між якими у більшості випадків обумовлюється особливостями побудови матриці перетворень A'_G , в основі якої лежить суміжна квадратна матриця A_G . Найчастіше в економіці застосовуються три основних методи імітаційного моделювання в рамках когнітивної технології:

цілоімпульсний – ураховуються найбільш сильні впливи факторів та визначаються можливі загальні тенденції змін факторів при тому, що ступінь впливу не важливий, важлива тільки його присутність;

дрібно імпульсний – ураховуються всі види впливу та перерозподіляються на інтервалі від 0 до 1, що в результаті у дослідженні змін у значеннях факторів дозволяє перейти до темпів зростання;

імпульсно-імовірнісний – використовуються принципи марковських ланцюгів, теорії імовірності, нечіткої логіки, аналізуються вірогідності можливих змін у факторах та станах системи для прийняття управлінських рішень на основі найбільш вірогідних результатів прогнозування [6, 9].

Реалізація імітаційного моделювання імпульсного процесу цілоімпульсним мето-

дом потребує математичного представлення залежності параметрів вершини від імпульсів, які передаються факторам у кожному такті моделювання. У результаті математична модель імпульсного процесу на основі знакового графу та матриці перетворень описується таким чином:

Q – множина імпульсів, або вектор впливу $Q = \{q_{jk} \in Q, i = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, n\}$; імпульс у певний такт моделювання описується рівнянням

$$Q_{i(k+1)} = Q_{i(k)} \cdot A'_G; \quad (2)$$

параметр вершини V_i у певний такт моделювання описується рівнянням

$$\begin{aligned} X_{i(k+1)} &= X_{i(k)} + Q_{i(k+1)} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow X_{i(k+1)} &= X_{i(k)} + Q_{i(k)} \cdot A'_G \end{aligned} \quad (3)$$

Отже, сценарне прогнозування відбувається завдяки наданню імпульсу кожному з керуючих факторів та відстеженню результатів його дії на обраній дослідником кількості тактів моделювання. Зазначимо, що критерієм оцінки результативності сценаріїв виступає кількість імпульсів по кожному з показників, а кількість імпульсів з кожним тактом моделювання зростає та описується степеневою функцією. Така ситуація не є характерною для реальних соціально-економічних процесів. Тому, щоб остаточно визначити ефективність сценарію, бажано знати ступінь важливості кожного з його тактів моделювання. Звідси випливає необхідність звернення до імовірнісного моделювання.

Імпульсно-імовірнісний метод імітаційного моделювання в рамках когнітивної технології застосовується для розрахунку імовірнісних станів системи, визначивши які, можливо встановити, який сценарій більш ефективний на певному такті. Процес дослідження розподілу первісного імпульсу у системі показників під час імовірнісного моделювання доцільно починати з виявлення всіх припустимих альтернативних варіантів імпульсного розподілу, для зменшення кількості яких здійснюється оцінка взаємопоглинаючого впливу факторів, результатом якої постає матриця взаємовпливу факторів. Урізаний варіант матриці взаємовпливу факторів, які характеризують трудову складову, для прикладу подано у табл. 2.

Матриця врахованого взаємовпливу факторів у системі РКЕП

Показники	ЧН	СМ	ЧБ	НП	ВП	ПН	ВРМ	ПВО
ЧН	0	0	0	0	0	0	0	0
СМ	0,9	0	0	0,9	0	0	0	0
ЧБ	0,4	0,9	0	0	0	0	0	0,5
НП	0	0	0	0	0	0	0	0
ВП	0	0	0,5	0	0	0	0,4	0,5
ПН	0	0	0	0,4	0	0	0,4	0,4
ВРМ	0,9	1,9	1,5	1	0	0	0	0,9
ПВО	0	0	0	0	0	0	0	0

Складено автором

Оцінка взаємодіючого впливу відноситься до класу задач нечіткої логіки – раціональний вибір альтернатив з певної множини, на якій задано нечітке відношення переваги R . Шляхом послідовного віднімання від значення кожного елемента матриці значення симетричного йому елемента щодо головної діагоналі матриці отримуємо матрицю взаємовпливів факторів з характерними їм встановленими домінуючими альтернативами впливу:

$$\mu_R^S = \mu_R(P_i, P_j) - \mu_R(P_j, P_i), \quad (4)$$

де μ_R^S – домінуюча альтернатива;

$\mu_R(P_i, P_j)$ – вплив P_i фактора на P_j фактор матриці впливу;

$\mu_R(P_j, P_i)$ – вплив P_j фактора на P_i фактор матриці впливу факторів.

Щоб розрахувати ймовірність перерозподілу первісного імпульсу за факторами, здійснюється нормування строк матриці взаємовпливів. Нормування рядків досягається завдяки розрахунку питомої ваги домінуючої альтернативи впливу фактора, що знаходиться у рядку, на фактор, що очолює стовбець, у сумі впливів всього рядка. Факт того, що сума по рядку питомих ваг елементів після нормування матриці взаємовпливів дорівнює 1, створює підстави для ідентифікації процесів перерозподілу імпульсу серед факторів як марковських.

Зауважимо, що ймовірнісний процес, що відбувається у системі S , називається марковським процесом, якщо він володіє такою властивістю: для кожного моменту часу t_0 ймовірність будь-якого стану системи у май-

бутньому (при $t > t_0$) залежить тільки від її стану у теперішньому (при $t = t_0$) і не залежить від того, коли та яким чином система перейшла у цей стан (тобто як розвивався процес у минулому). Усі перехідні ймовірності P_{ij} (ймовірність переходу за один такт моделювання імпульсу від i -го фактора до j -го) представимо у вигляді прямокутної табл. 3, в якій у зв'язку з обмеженим обсягом статті для прикладу наведені розраховані перехідні ймовірності імпульсів до факторів тільки у межах трудової складової РКЕП. Деякі із перехідних ймовірностей дорівнюють нулю, що означає неможливість переходу імпульсу від i -го фактора до j -го. У випадку коли сума перехідних ймовірностей по рядку дорівнює нулю, то це вказує на те, що i -й фактор, який очолює рядок, повністю поглинає наданий йому імпульс та не має здатності впливати на інші фактори. Якщо сума перехідних ймовірностей по колонці дорівнює нулю, то j -й фактор, який очолює колонку, є некерованим і імпульс змін до цього фактора не переходить.

Маючи у розпорядженні матрицю ймовірностей та знаючи керуючий вектор (первісний імпульс), визначаються вірогідності отримання імпульсу будь-яким фактором на будь-якому такті моделювання. Припустимо, що у початковий момент (1 такт моделювання) відносно системи РКЕП було здійснено керуючий вплив, а саме надано імпульс i -му фактору. Тоді для початкового моменту будемо мати: $p_1(1) = 0$; $p_2(1) = 0$; $p_3(1) = 0$; ... ; $p_i(1) = 1$, тобто ймовірності передачі імпульсу всім факторам окрім i -го дорівнюють 0.

Матриця перехідних ймовірностей

Показники	ЧН	СМ	ЧБ	НП	ВП	ПН	ВРМ	ПВО	ВН...ЗОД	$\sum P_{ij}$
ЧН	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0
СМ	0,50	0	0	0,50	0	0	0	0		1
ЧБ	0,22	0,50	0	0	0	0	0	0,28		1
НП	0	0	0	0	0	0	0	0		0
ВП	0	0	0,28	0	0	0	0,22	0,28		1
ПН	0	0	0	0,33	0	0	0,33	0,33		1
ВРМ	0,15	0,31	0,24	0,16	0	0	0	0,15		1
ПВО	0	0	0	0	0	0	0	0		1
ВН...ЗОД	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1
$\sum P_{ij}$	0,87	1,46	0,71	1,53	1,42	1,50	1,09	1,10	...	-

Складено автором.

Ймовірності передачі імпульсу від i -го фактора іншим на подальших тактах моделювання визначаються рекурентною формулою:

$$P_{i(k)} = \sum_{j=1}^n P_{i(k-1)} \cdot P_{ij}, \quad (5)$$

де $P_{i(k)}$ – ймовірність отримання імпульсу i -м фактором на k -му такті;

$P_{i(k-1)}$ – ймовірність отримання імпульсу i -м фактором на такті моделювання ($k-1$);

P_{ij} – ймовірність впливу i -го фактора на j -й у матриці перехідних ймовірностей.

Спираючись на формулу 5, отримуємо згруповані ймовірності розподілу первісного керуючого імпульсу з ймовірністю 100% за складовими РКЕП на тактах моделювання з загальною ймовірністю змін факторів, яка більше 50% (рис. 1). Видно, що сценарії ІОК, ІАП, НТФ, НФС мають наслідки навіть на 6-му такті і характеризуються сумарною ймовірністю більше 50%, у той час як інші сценарії вже на 3-му такті припинили активний вплив.

1 такт	2 такт	3 такт	4 такт	5 такт	6 такт
ІОК = 100 %	Тр. = 23,6 % Інв. = 69,1 % Іннов. = 7,3 %	Тр. = 51,7 % Інв. = 41 % Іннов. = 7,3 %	Тр. = 77,8 % Інв. = 0,9 % Іннов. = 18,1 %	Тр. = 48,9 % Інв. = 1,6 % Іннов. = 23,1 %	Тр. = 31,6 % Інв. = 2,5 % Іннов. = 22,2 %
ІАП = 100 %	Тр. = 34,7 % Інв. = 25 % Іннов. = 40,3 %	Тр. = 37,4 % Інв. = 17,6 % Іннов. = 31,8 %	Тр. = 45,6 % Інв. = 9,2 % Іннов. = 20,3 %	Тр. = 41,7 % Інв. = 5,8 % Іннов. = 15,3 %	Тр. = 32 % Інв. = 4 % Іннов. = 14,8 %
НТФ = 100 %	Іннов. = 100 %	Тр. = 19,2 % Інв. = 13 % Іннов. = 67,7 %	Тр. = 47,7 % Інв. = 24 % Іннов. = 25,6 %	Тр. = 59,6 % Інв. = 15,3 % Іннов. = 11,8 %	Тр. = 53,3 % Інв. = 3,2 % Іннов. = 15 %
НФС = 100 %	Іннов. = 100 %	Тр. = 19,2 % Інв. = 13,1 % Іннов. = 67,7 %	Тр. = 50 % Інв. = 26,8 % Іннов. = 20,1 %	Тр. = 62,4 % Інв. = 13,1 % Іннов. = 10,5 %	Тр. = 53,5 % Інв. = 1,9 % Іннов. = 14,9 %

Рис. 1. Ймовірності змін у стані РКЕП по кожному з факторів за розробленими сценаріями

До аналізу кінцевої множини сценаріїв $S = \{S_1, \dots, S_l\}$ розвитку РКЕП пропонується застосувати правило Байєса-Лапласа, зміст його полягає у такому: основним критерієм оцінки ефективності сценарію виступає його загальне математичне очікування. На противагу вказаному критерію при застосуванні цілоімпульсного методу у його ролі виступають виключно сума сформованих імпульсів ($Q_{i(k)}$), – що є менш адекватним методом розрахунку ефективності.

У результаті за правилом Байєса-Лапласа визначення відсотків змін у показниках здійснюється шляхом розрахунку математичного очікування імпульсу змін i -го чинника:

$$M_{i(k)} = P_{i(k)} \cdot Q'_{i(k)}, \quad (6)$$

причому

$$Q'_{i(k)} = Q'_{i(k-1)} \cdot A''_G, \quad (7)$$

де $M_{i(k)}$ – математичне очікування імпульсів змін за сценарієм 1 на k -му такті моделювання;

$P_{i(k)}$ – імовірність отримання імпульсу i -им чинником;

$Q'_{i(k)}$ – модифікований імпульс керуючого впливу на i -й фактор на k -му такті моделювання;

A''_G – модифікована матриця перетворень.

У формулах 6, 7 імпульс впливу є модифікованим відносно того, що розраховується при цілоімпульсному методі за формулою 2. Спричинено це тим, що матриця перетворень A''_G при дрібноімпульсному моделюванні з урахуванням ймовірностей впливу розраховується за допомогою лінгвістичної шкали, яка наведена у табл. 4.

Таблиця 4

Лінгвістична шкала для визначення сили впливу факторів

Лінгвістичне значення змінної, що вказує на взаємовплив показників	Числові значення матриці перетворень	Числові значення модифікованої матриці перетворень
Слабо підсилює (ослаблює)	0,5 (-0,5)	0,1 (-0,1)
Помірно підсилює (ослаблює)	1 (-1)	0,4 (-0,4)
Сильно підсилює (ослаблює)	2 (-2)	0,7 (-0,7)

Складено автором

Адекватність обраних параметрів встановлена експериментально. Точність значень модифікованої матриці перетворень є не обов'язковою у даному дослідженні, в якому метою імітаційного моделювання виступає не точне, а приблизне визначення змін факторів, що є цілком прийнятним для виявлення реакцій на вплив тих або інших керуючих факторів.

Критерії вибору оптимального сценарію мають описувати істотні ознаки розвитку РКЕП та складатися з ряду кількісних і якісних показників. Основним кількісним критерієм є величина змін показників, яка розраховується як математичне очікування. З цього випливає, що оптимальним сценарієм виступає сценарій з найбільшою сумою математичних очікувань змін за тактами моделювання (критерій Байєса-Лапласа). Також до-

цільно за кожним сценарієм враховувати суму математичного очікування за складовими, що вказує на результативність впливу сценаріїв на розвиток складових РКЕП. В ролі якісних критеріїв можуть виступати напрямки та характер кривої накопичених імпульсів змін на тактах моделювання, визначивши які формується розуміння швидкості та мінливості процесу розвитку складових РКЕП.

Після того, як визначена область формально можливого (конкретних подій) з характерними для неї величинами змін показників на кожному такті, доречним є перехід до визначення області абстрактно можливого. Зазначена область є більш узагальненим результатом прогнозування і не призводить до часто помилкових конкретних результатів. Визначення абстрактно можливого змі-

щуче фокус дослідження результатів прогнозування в бік розкриття тенденцій і закономірностей розвитку РКЕП. Тому, як зазначалося вище, детальність аналізу сценаріїв зводиться до оцінки їх впливу на складові в цілому, що в результаті дозволяє зрозуміти особливості внутрішньої детермінації розвитку складових РКЕП. Значення показників з урахуванням прогнозованих змін на 1-му такті моделювання визначаються, як:

$$I_1 = x_0 + x_0 \cdot M_{i(1)}, \quad (8)$$

де x_0 – значення показника на нульовому такті моделювання;

$T_{np.1}$ – темпи приросту показника, в ролі яких виступає математичне очікування величини змін фактора на першому такті.

Якщо припустити, що $x_0 = 1$, маємо

$$I_1 = (1 + M_{i(1)}), \quad (9)$$

а загальна величина змін показника за n тактів визначається за формулою

$$I_n = (1 + M_{i(1)})(1 + M_{i(2)}) \dots (1 + M_{i(n)}). \quad (10)$$

Враховуючи формули 6 та 10, наслідки від реалізації сценарію l на k -му такті характеризуються величиною суми імпульсів змін $I_{l(k)}$:

$$I_{l(k)} = \sum_{i=1}^n \left(\prod_{k=1}^n (1 + M_{i(k)}) - 1 \right) 100\%. \quad (11)$$

На основі використання формули 11 на рис. 2-5 зображено процес накопичення суми імпульсів змін за складовими РКЕП. На рис. 2 спостерігається монотонний із різною швидкістю зріст по кожному сценарію суми імпульсів змін у трудовій складовій. Безперечним лідером з точки зору розвитку трудової складової виступає сценарій збільшення ПП, за яким приріст імпульсів змін за 5 тактів складає 156,15 %. Також слід виділити сценарій збільшення ІАП, за яким темпи імпульсів змін активно зростають з першого по 6 такт та приріст імпульсів змін за 5 тактів є максимальним і складає 187,1 %. Цей сценарій за силою впливу на 6-му такті зрівнюється із сценарієм збільшення ВРМ та надалі перевищує його.

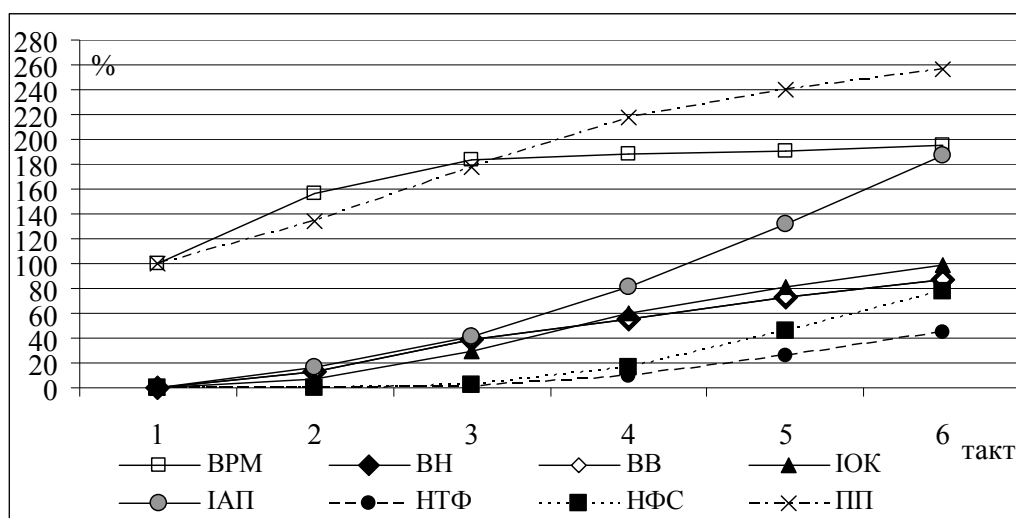


Рис. 2. Динаміка накопичених імпульсів змін трудової складової

Отже, з точки зору коротко- та середньострокової перспективи з метою зменшення навантаження на 1 робоче місце по місту можна збільшувати вільні робочі місця будь-якого характеру праці без прив'язки їх до інноваційного чи інвестиційного напрямків розвитку. Розвиток за даним сценарієм (збільшення ВРМ) після 3-го такту характеризується різким уповільненням, у результаті якого

приріст імпульсів змін значно скорочується та ледь перевищує приріст за сценаріями збільшення ВВ, ВН, НФС, поступаючись сценаріям росту ІАП, ПП. У випадку, коли актуальною є довгострокова перспектива і найближчим часом розвиток трудової складової не є ургентним, краще дотримуватися сценарію збільшення ІАП або ПП, що призведе порів-

няно з іншими сценаріями до більш активного розвитку трудової складової РКЕП міста.

Аналізуючи наслідки сценаріїв в інвестиційній складовій (рис. 3), варто поміж всіх виділити сценарій збільшення ІАП, за яким приріст складає 51,89% і навіть перевищує приріст за 5 останніх тактів сценаріїв збільшення ВВ та ВН (45,37 та 45,56% відповідно). Згідно із сценарієм зростання ІАП наслі-

док розвитку інвестиційної складової є побічним, що робить його серед всіх інших сценаріїв окрім ІОК більш конкурентоздатним при умові відсутності нагального (на перших тактах) інвестиційного розвитку. У випадку, коли необхідним є прискорений інвестиційний розвиток, все ж таки більш актуальними є сценарії збільшення ВВ, ВН.

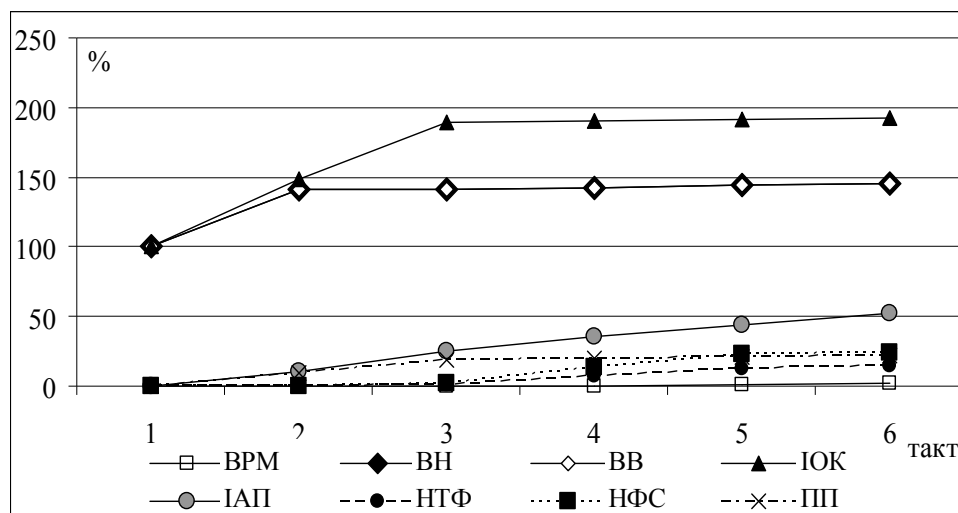


Рис. 3. Динаміка накопичених імпульсів змін інвестиційної складової

Прогнозування сценарного розвитку інноваційної складової приймає нові риси, особливою яких вже на четвертому такті є прояв негативної динаміки. З рис. 4 видно, що до цього призводять сценарії збільшення ВРМ, ВВ, ВН, ІОК з характерним для них незнач-

ним приростом імпульсів змін від -3 до 1%. Сценарій збільшення ВРМ є дещо кращим, ніж інші виділені вище, тому що за ним на перших тактах спостерігається хоч незначна, але позитивна динаміка інноваційної складової.

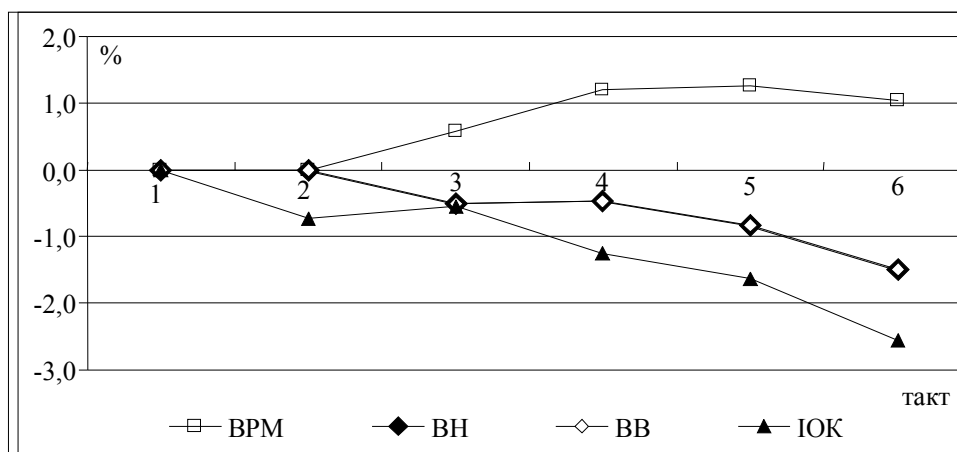


Рис. 4. Динаміка накопичених імпульсів змін інвестиційної складової за сценаріями з приростом від -3 до 1,5%

Графіки на рис. 4 та 5 свідчать, що найбільш ефективний сценарій збільшення НФС характеризується у своїй більшості позитивною динамікою, а приріст імпульсів змін є найбільшим і складає 112,32% порівняно з сценаріями збільшення НТФ (84,45%) та ІАП (28,14%). Слід додати, що на подальших тактах, які не представлені на рис. 5, незначна негативна динаміка характерна і

для сценаріїв НФС, НТФ, ІАП. Такі результати моделювання вказують на необхідність постійної підтримки інноваційного розвитку. До того ж розвиток інноваційної складової є найскладнішим, якщо розглядати керуючі імпульси в межах системи РКЕП, що пояснюється саме нечутливістю розвитку і невеликим діапазоном змін порівняно з розвитком інших складових.

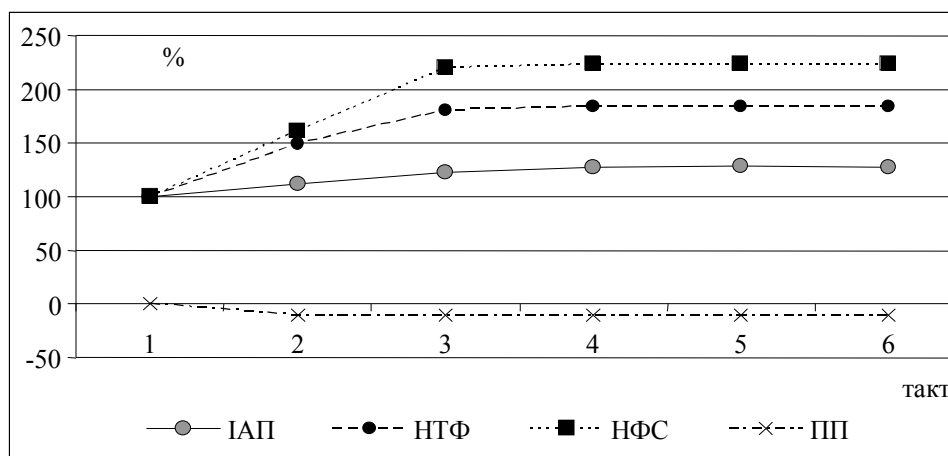


Рис. 5. Динаміка накопичених імпульсів змін інвестиційної складової

Слід також зауважити і те, що комплекс імпульсів змін у стані РКЕП при первісному негативному імпульсі будь-якого сценарію з кожним тактом моделювання приймає тенденцію до зниження, в той час як при позитивному первісному імпульсу фіксується тенденція до посилення позитивних змін. Якщо дещо докладніше, то темпи приросту показників, які виступають у ролі наслідків регулюючого впливу, мають одне і теж саме значення як при позитивному, так і при негативному впливі однакової сили. Наприклад, зменшення або збільшення ВРМ на 10% призводить до генерації однакових імпульсів, але з протилежними знаками. Враховуюче вищесказане, можливо зрозуміти, яким чином на розвиток РКЕП впливає позитивний та негативний регулюючі впливи. Для цього спочатку визначимо значення показника на k -му такті при негативному впливі ($I_{l(k)}^-$):

$$I_{l(k)}^- = (1 - M_{i(1)})(1 - M_{i(2)}) \dots (1 - M_{i(n)}). \quad (11)$$

Аналогічним чином, тільки змінюючи знак « \rightarrow » на протилежний, визначається ре-

зультативність позитивного впливу ($I_{l(k)}^+$). Зіставимо результативність від двох протилежних впливів та дещо змінимо вигляд відношення:

$$\frac{I_{l(k)}^-}{I_{l(k)}^+} = \frac{(1 - M_{i(1)})}{(1 + M_{i(1)})} \times \frac{(1 - M_{i(2)})}{(1 + M_{i(2)})} \dots \frac{(1 - M_{i(n)})}{(1 + M_{i(n)})}. \quad (12)$$

Ураховуючи те, що темпи приросту, які з аналізу всіх прогнозних сценаріїв не перевищують 50% на будь-якому такті моделювання, кожний множник формули 13 на основі результатів кореляційно-регресійного аналізу описується показовою функцією ($R^2=0,997$). У результаті чого маємо:

$$\frac{I_{l(k)}^-}{I_{l(k)}^+} = 0,122^{M_{i(1)}} \cdot 0,122^{M_{i(2)}} \dots \times 0,122^{M_{i(k)}} = 0,122^{(M_{i(1)} + M_{i(2)} + \dots + M_{i(k)})}. \quad (13)$$

З формули 13 видно те, що збільшення суми темпів зростання веде до збільшення різниці між наслідками позитивного та нега-

тивного впливів. З наступної формули 14 бачимо, що еластичність не є постійною та змінюється прямо пропорційно величині темпів зростання за k тактів:

$$E = (M_{i(1)} + M_{i(2)} + \dots + M_{i(k)})Ln 0,122 = \\ = (M_{i(1)} + M_{i(2)} + \dots + M_{i(k)})(-2,1). \quad (14)$$

Отже, доведено, що різниця між наслідками від однакових за силою позитивного та негативного регулюючого впливів з кожним тактом моделювання тільки збільшується на користь позитивного впливу.

Висновки. На підставі аналізу взаємозв'язків між первісними імпульсами та комплексом змін, які виступають наслідками, досліджено особливості внутрішньої детермінації розвитку РКЕП. Визначено, що розвиток трудової та інвестиційної складових не призводить до розвитку інноваційної складової. Підтверджується це тим, що сценарії зростання ВРМ, ПП, ВН, ВВ, ІОК не стимулюють інноваційну складову до розвитку. Майже всі сценарії окрім сценарію збільшення ВРМ породжують незначні негативні імпульси в інноваційній складовій, що надає розвитку інвестиційної та трудової складових дещо дестимулюючого характеру. Проте розвиток інноваційної складової за сценаріями збільшення НТФ, НФС та ІАП, в свою чергу, значним чином сприяє розвитку трудової та інвестиційної складових. Сказане вище вказує на потребу або у комплексному розвитку РКЕП, або у дотриманні інноваційного вектору розвитку, звісно, при умові відсутності гострих проблем у стані трудової та інвестиційної складових.

Отримані результати сценарного моделювання дрібноімпульсним методом у рамках когнітивної технології сприяли ще одному вагомому внеску у теорію розвитку РКЕП: математично встановлена залежність відношення результативності протилежних впливів від темпів зростання дозволяє дійти висновку, що РКЕП володіє захисним механізмом, дія якого проявляється завдяки підвищеній чутливості РКЕП до позитивного регулюючого впливу, на відміну від чутливості до негативного.

Література

1. Горелова Г.В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2005. – 288 с.
2. Горелова Г. Региональная система образования, методология комплексных исследований / Г. Горелова, Н. Джаримов. – Майкоп, 2002. – 360 с.
3. Гуляк Р.Е. Економічна сутність та структурні особливості економічного потенціалу соціально-економічних систем / Р.Е. Гуляк // Регіональна економіка. – 2011. – № 2. – С. 164-174.
4. Коврига С.В. Методические и аналитические основы когнитивного подхода к SWOT-анализу / С.В. Коврига // Проблемы управления. – 2005. – № 5. – С. 58-63.
5. Коврига С.В. Применение структурно-целевого анализа развития социально-экономических ситуаций / С.В. Коврига, В.И. Максимов // Проблемы управления. – 2005. – №3. – С. 39-43.
6. Методы исследования экономических процессов: моногр. / под ред. д.э.н., проф. Ф.В. Зиновьева. – Симферополь: ЧП «Предприятие Феникс», 2009. – 244 с.
7. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем / [Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н.]. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 296 с.
8. Кульба В.В. Сценарии управления государством (на примере Союза Сербии и Черногории) / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, И.В. Чернов, С.С. Янич // Проблемы управления. – 2005. – №5. – С. 33-41.
9. Прикладная статистика: современные подходы и инструментальный анализ массовых явлений и процессов: моногр. / под ред. д.э.н., проф. Раевневой Е.В., д.э.н., проф. Кизима Н.А. – Х.: ФЛП Либуркина Л.М.; ИД «ИНЖЕК», 2010. – 288 с.
10. Kosko B. Fuzzy cognitive maps / B. Kosko // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 1. – P. 65-75.
11. Structure of Decision. The Cognitive Maps of Political Elites / R. Axelrod. – Princeton: Princeton University Press, 1976. – 405 p.

Refereces

1. Gorelova, G., V., Zakharova, E., N., Ginis, L., A. (2005) Kognitivnyy analiz i modelirovaniye ustoychivogo razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem. Russia: Rostov-on-Don: Izd-vo Rost. un-ta.
2. Gorelova, G., Dzhahirimov, N. (2002) Regional'naya sistema obrazovaniya, metodologiya kompleksnykh issledovaniy. Russia: Maykop.
3. Hulyak, R., E. (2011) 'Ekonomichna sutnist' ta strukturni osoblyvosti ekonomichnoho potentsialu sotsial'no-ekonomichnykh system'. Rehional'na ekonomika. 2. pp.164-174.
4. Kovriga, S., V. (2005) 'Metodicheskie i analiticheskie osnovy kognitivnogo podkhoda k SWOT-analizu'. Problemy upravleniya. 5. pp.58-63.
5. Kovriga, S., V., Maksimov, V., I. (2005) 'Primenenie strukturno-tselevogo analiza razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh situatsiy'. Problemy upravleniya. 3. pp. 39-43.
6. Zinov'ev, F., V. (eds.) (2009) Metody issledovaniya ekonomicheskikh protsessov. Ukraine: Simferopol': ChP «Predpriyatie Feniks».
7. Kul'ba, V., V., Kononov, D., A., Kosyachenko, S., A., Shubin, A., N. (2004) Metody formirovaniya stsensariev razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem. Moscow: SINTEG.
8. Kul'baba, V., V., Kononov, D., A., Chernov, I., V., Yanich, S., S. (2005) 'Stsenarii upravleniya gosudarstvom (na primere Soyuza Serbii i Chernogorii)'. Problemy upravleniya. 5. pp.33-41.
9. Raevnevoy, E., V. (eds.) & Kizim, N., A. (eds.) (2010) Prikladnaya statistika: sovremennye podkhody i instrumentariy analiza massovykh yavleniy i protsessov. Ukraine: Khar'kov: FLP Liburkina L.M. & ID «IN-ZhEK».
10. Kosko, B. (1986) 'Fuzzy cognitive maps'. International Journal of Man-Machine Studies. 1. pp.65-75.
11. Axelrod, R. (1976) Structure of Decision. The Cognitive Maps of Political Elites. Princeton: Princeton University Press.

Надійшла до редакції 12.06.2012 р.