

Когнітивно-адаптивна модель обґрунтування сценаріїв інфокомунікаційного розвитку країни

Розглянута методика “м’якого”, когнітивно-адаптивного моделювання для обґрунтування варіантів національної ІТ-стратегії і розвитку українського сектору світової інформаційної економіки

Ключові слова: *когнітивно-адаптивне моделювання, когнітивно-адаптивна модель соціально-економічного процесу, когнітивний граф моделі, готовність до інформаційної економіки, національна стратегія інфокомунікаційного розвитку.*

In this work technique of "soft" cognitive and adaptive modeling was considered for justification of various options of the national IT-strategy and development of the Ukrainian sector of the global information economy

Ключові слова: *когнітивно-адаптивне моделювання, когнітивно-адаптивна модель соціально-економічного процесу, когнітивний граф моделі, готовність до інформаційної економіки, національна стратегія інфокомунікаційного розвитку.*

Вступ. Відомо, що зв'язки між об'єктами соціально-економічної природи зазвичай слабо формалізовані, а самі системи слабо структуровані. Для опису слабоструктурованих, слабоформалізованих і багатозв'язкових систем великої розмірності, до якої належить і український сектор світової інформаційної економіки, нині застосовуються, в тому числі, когнітивно-адаптивні моделі (КАМ).

Аналіз останніх досліджень. Проблематику когнітивно-адаптивного моделювання соціально-економічних систем і процесів для прогнозування їх можливої поведінки або стану у майбутньому досліджено у роботах Корноушенко Є.К., Максимова В.І. [2, с. 157-159], Качаєва С.В. Кулиничка А.А. [3], Євстегнеєва Д., Ледашевої Т. [1], що здебільше є співробітниками Інституту проблем управління Російської академії наук. Аналізом передумов прогресивного розвитку природних та соціально-економічних систем займався видатний український вчений Мельник Л.Г. [4].

Невирішені проблеми. КАМ-інструментарій не застосовувався раніше для обґрунтування сценаріїв можливого інфокомунікаційного розвитку окремої країни, регіону тощо. Ми вважаємо продуктивним застосування когнітивно-адаптивного підходу і для динамічного коригування обраного варіанту національної стратегії з плином часу, з появою нових технологій і тенденцій розвитку світової інформаційної економіки.

Мета. Нашим завданням тут є експертна формалізація когнітивно-адаптивної моделі оцінки готовності України до інформаційної економіки, проведення розрахунків за моделлю і інтерпретація її результатів.

Основний матеріал. Будь-яка “м’яка” модель в математичній постановці задачі є сукупністю “чорних ящиків” з визначеними входами і виходами. У цьому сенсі аналіз великих систем є розвитком традиційної моделі управління і являє собою сукупність “чорних ящиків”, що функціонально пов’язані між собою законом проходження імпульсу. Для опису когнітивних моделей ефективно застосовується апарат знакових і зважених зорієнтованих графів. Ваги дуг ($\pm r_1, \pm r_2, \dots, \pm r_n$) у КАМ визначаються або з допомогою статистичної обробки інформації, або експертно

(рис. 1). Зміни у значеннях факторів проводяться покроково до визначення реакції системи, після чого з допомогою багатокритеріального вибору визначається множина сприятливих сценаріїв, і вони ранжируються. Когнітивний-адаптивний аналіз і моделювання дозволяють досліджувати проблему, враховувати зміни зовнішнього середовища, визначати реакцію системи.

КАМ-інструментарій не застосовувався раніше для обґрунтування сценаріїв можливого інфокомунікаційного розвитку окремої країни, регіону тощо. Ми вважаємо продуктивним застосування когнітивно-адаптивного підходу і для динамічного коригування обраного варіанту національної стратегії з плином часу, з появою нових технологій і тенденцій розвитку світової інформаційної економіки. Нашим завданням тут є експертна формалізація когнітивно-адаптивної моделі оцінки готовності України до інформаційної економіки, проведення розрахунків за моделлю і інтерпретація її результатів.

Будь-яка “м’яка” модель в математичній постановці задачі є сукупністю “чорних ящиків” з визначеними входами і виходами. У цьому сенсі аналіз великих систем є розвитком традиційної моделі управління і являє собою сукупність “чорних ящиків”, що функціонально пов’язані між собою законом проходження імпульсу. Для опису когнітивних моделей ефективно застосовується апарат знакових і зважених зорієнтованих графів. Ваги дуг $(\pm r_1, \pm r_2, \dots, \pm r_n)$ у КАМ визначаються або з допомогою статистичної обробки інформації, або експертно (рис. 1). Зміни у значеннях факторів проводяться покроково до визначення реакції системи, після чого з допомогою багатокритеріального вибору визначається множина сприятливих сценаріїв, і вони ранжируються. Когнітивний-адаптивний аналіз і моделювання дозволяють досліджувати

проблему, враховувати зміни зовнішнього середовища, визначати реакцію системи.

Для КАМ існує вимога до їх стабільності стосовно разового імпульсного впливу. Так, прикладом імпульсного впливу можуть слугувати події, що стали приводом для початку першої світової війни. При моделюванні такі властивості процесів і явищ забезпечуються наявністю позитивних, стимулюючих зростання, і негативних, зворотних зв'язків, а також налагодженням параметрів зворотних зв'язків, що гарантують виконання вказаних вище умов.

Когнітивно-адаптивний підхід до підтримки прийняття рішень зорієнтований на те, щоб активізувати інтелектуальні процеси експерта і допомогти йому зафіксувати свою уяву про проблемну ситуацію у вигляді формалізованої моделі. Для цього застосовується когнітивна карта ситуації, яка надає відомі експерту основні закони і закономірності ситуації у вигляді зорієнтованого знакового графа, у якому верхівки графа є ознаками ситуації – (S_1, S_2, \dots, S_N) , а дуги між ними – причинно-наслідковими зв'язками між ними (рис. 1).

Обрання базисних факторів і об'єктів соціально-економічного процесу відбувається через алгоритм чотирьохелементного стратегічного аналізу зовнішнього середовища – PEST-аналізу (Policy – політика, Economy – економіка, Society – суспільство, Technology – технологія і наука). Ситуаційний аналіз проблемної області проводиться з допомогою SWOT-аналізу. Останній дозволяє визначити актуальні проблемні області, вузькі місця, шанси і небезпечності, для об'єкту, що досліджується, з урахуванням факторів зовнішнього середовища. Як зазначено вище, у КАМ виокремлюються два типи причинно-наслідкових зв'язків: додатні і від'ємні. При додатному зв'язку

збільшення фактора-причини приводить до збільшення фактора-наслідку, при від'ємному – до його зменшення (рис. 1). Когнітивний граф є спрощеною суб'єктивною моделлю функціональної організації системи, що спостерігається, і матеріалом для подальших досліджень і перетворень.

Мета КАМ полягає в генерації і перевірці гіпотез про функціональну структуру ситуації, що спостерігається, до отримання функціональної структури, здатної з'ясувати поведінку цієї ситуації через отримання і інтерпретацію якісних прогнозів розвитку ситуації (вирішення прямої задачі “Що буде, якщо...”), отримання порад і рекомендацій з управління ситуацією (вирішення зворотної задачі “Що потрібно, щоб ...”). Ітераційні зміни факторів обчислюються у спеціальному програмному забезпеченні або за нескладними алгоритмами в табличних процесорах до визначення певної реакції системи, після чого на підставі багатокритеріального вибору окреслюється сукупність сприятливих сценаріїв, які упорядковуються за рангами (рис. 2).

На рисунку 3 наведено початковий когнітивний граф моделі оцінки готовності України до інформаційної економіки.

Цільовим фактором когнітивно-адаптивної моделі нами визначається готовність України до інформаційної економіки, її базовими ознаками:

- рівень розвитку телескомунікаційної інфраструктури, доступу до Інтернету;
- інвестиції в телекомунікаційну інфраструктуру (державні і недержавні, венчурні);
- державна політика підтримки телекомунікаційного бізнесу; інновації;
- міжрегіональна диференціація соціально-економічного розвитку країни (в т.ч. цифровий розрив);

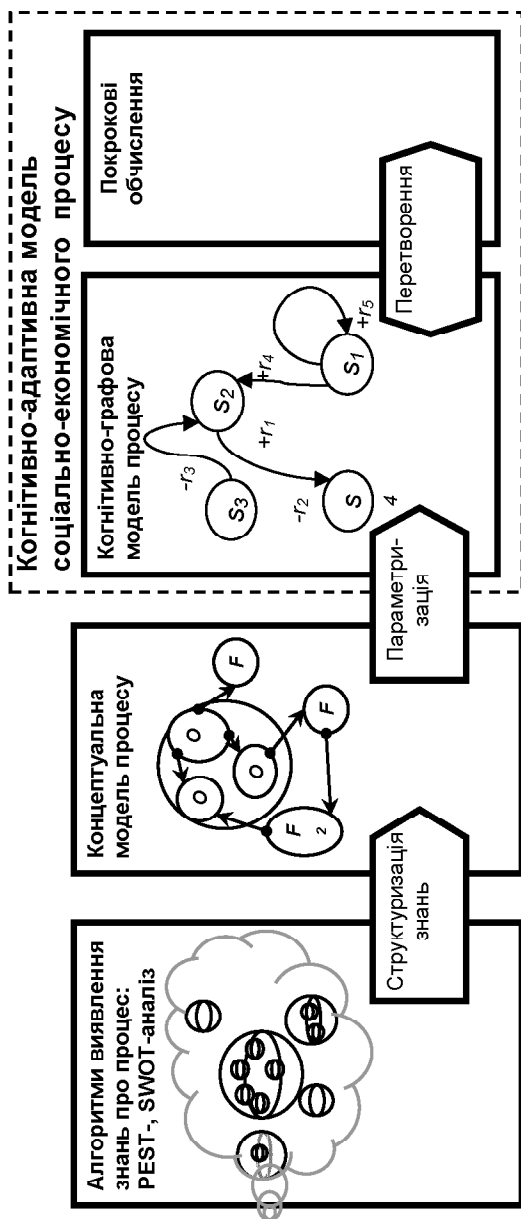


Рис. 1. Графічна ілюстрація методики когнітивно-адаптивного аналізу і моделювання соціально-економічного процесу

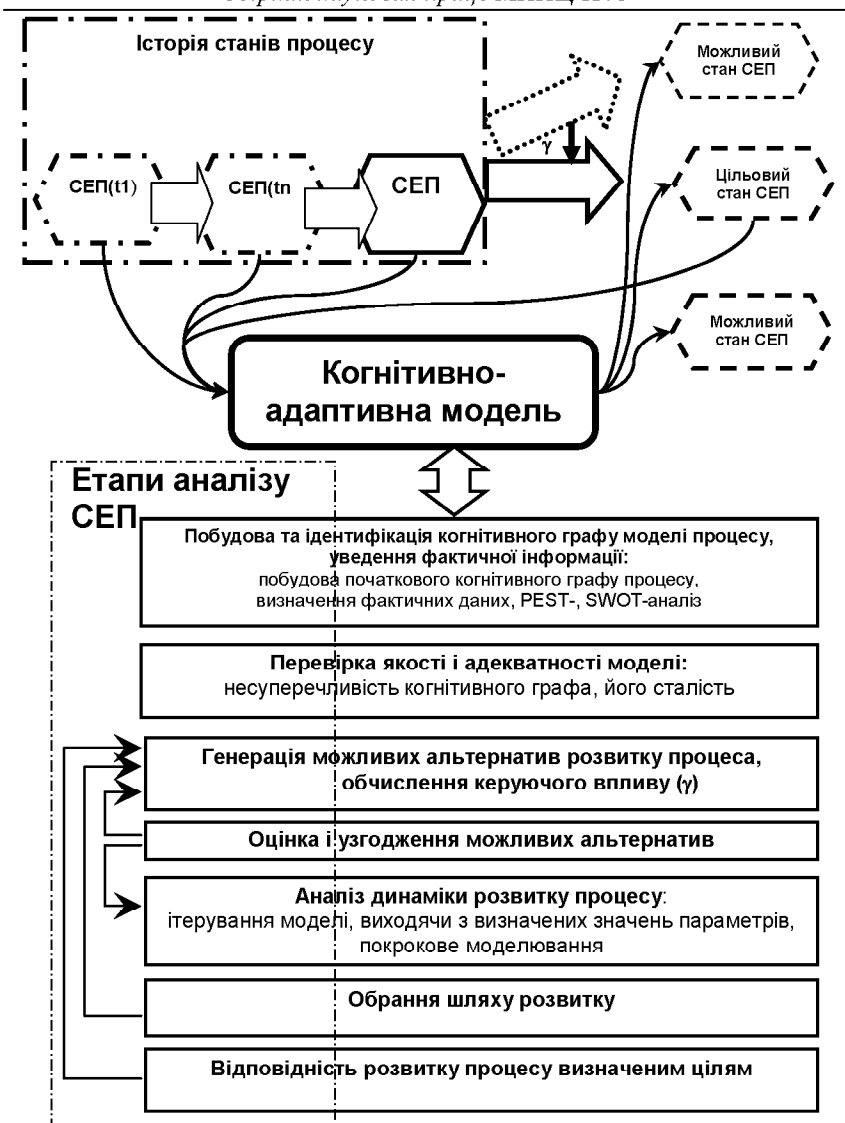


Рис. 2. Етапи аналізу соціально-економічного процесу (СЕП) із застосуванням КАМ

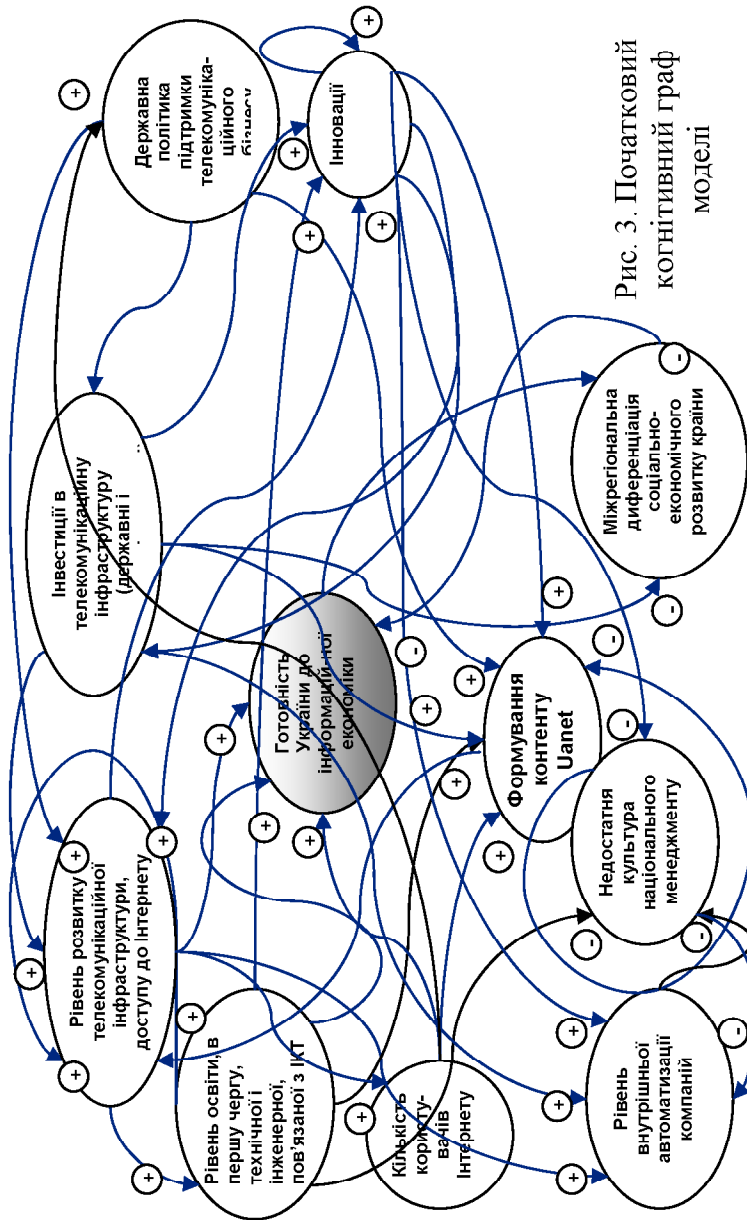


Рис. 3. Початковий когнітивний граф моделі

- формування контенту національного сектора мережі;
- недостатня культура національного менеджменту; рівень внутрішньої автоматизації компаній;
- кількість користувачів Інтернету, їх питома вага у населенні країни;
- рівень освіти, в першу чергу, технічної і інженерної, пов'язаної з інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ).

Цільовий і базисні фактори були відібрані на підставі експертної оцінки, PEST- і SWOT-аналізу матеріалів попереднього дослідження, в тому числі, зважаючи на фактори успішного інфокомунікаційного розвитку США, Фінляндії, Сінгапуру та країн, що обрали їх модель інформаційного суспільства. Вважаємо їх відбір для моделі досить прозорим, крім обрання фактору рівня внутрішньої автоматизації компаній. Включення цієї ознаки до когнітивно-адаптивної моделі пояснюється нашим підходом до електронної комерції, як до останньої на сьогоднішній день стадії розвитку внутрішньокорпоративної автоматизації, що свідчить про її перехід на рівень зовнішньої взаємодії з постачальниками і клієнтами. Вважаємо, що ця змінна є впливовою і має бути урахована у КАМ.

Цільовий і базисні фактори з'єднуються зорієнтованими зваженими дугами (рис. 3). Графічне відображення зв'язків між цільовим і базисними факторами, між базисними факторами і одного з базисних факторів (інновацій) самого з самим наведене на рис. 3. Зв'язки надаються зорієнтованими стрілками, знаки зв'язку – додатного чи від'ємного – наводяться у колі біля дуг. Відстежити характеристики усіх зв'язків моделі можна у матриці суміжності верхівок когнітивного графу (табл. 1).

Таблиця 1
Матриця суміжності верхівок когнітивного графу моделі, $W_{k,m}$ (бали)

	A	B	C	D	E	F	G	I	K	L	M
Готовність України до інформаційної економіки	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4
Телекомунікаційна інфраструктура, доступ до Інтернету	0,0	0,0	0,9	0,5	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4
Інвестиції в телекомунікаційну інфраструктуру (державні і недержавні, венчурні)	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Так, відсутність зв'язку описується нульовим значенням елемента матриці $|W_{k,m}|$, його наявність, вага і зорієнтованість – додатнім чи від'ємним значенням коефіцієнта. Усі елементи матриці суміжності за модулем менше одиниці, їх значення визначені експертним шляхом за важливістю впливу одного фактору на інший або самого на себе.

Так, за експертною оцінкою базисний фактор рівня розвитку телекомунікаційної інфраструктури, доступу до Інтернету впливає на цільовий фактор готовності України до інформаційної економіки з вагою 0,8 бали; міжрегіональна диференціація соціально-економічного розвитку країни – з коефіцієнтом (-0,1); наявна кількість користувачів Інтернету, їх питома вага у населенні – з вагою 0,6; рівень освіти, в першу чергу, технічної і інженерної, пов'язаної з ІКТ, – з вагою 0,4 бали (табл. 1). Далі, базисний фактор розвитку телекомунікаційної інфраструктури, доступу до Інтернету відчуває вплив інших основних факторів: інвестицій в телекомунікаційну інфраструктуру; державної політики підтримки телекомунікаційного бізнесу; інноваційного розвитку; формування контенту Uanet, як умови підвищення зацікавленості інвесторів; рівня освіти, пов'язаної з ІКТ, відповідно з коефіцієнтами 0,9; 0,5; 0,8; 0,2; 0,4 (табл. 1). Одичне значення коефіцієнту на перетині рядка і стовпчика фактора інновацій (табл. 1) пояснюється властивістю інновацій породжувати нові інновації. За матрицею відстежуються усі кількісні оцінки зв'язків когнітивно-адаптивної моделі готовності України до інформаційної економіки.

Початковий вектор керуючого впливу γ на процес готовності України до інформаційної економіки описується нами у відсотках приросту впливу базисних факторів на цільовий, причому не усіх, а тільки факторів інвестицій в

телекомунікаційну інфраструктуру з 2% приросту; державної політики підтримки телекомунікаційного бізнесу з 5%, інновацій – з 2%; рівня освіти, пов'язаної з інформаційно-комунікаційними технологіями – з 5%. Когнітивно-адаптивний підхід до моделювання СЕП припускає, що реальні одиниці виміру факторів тут ігноруються, а їх приріст оцінюється у відсотках приросту впливу на цільовий фактор, причому не за часовий період, а із розрахунку на ітерацію моделі (табл. 2).

Обчислення проміжних результатів КАМ на кожній ітерації здійснювалося нами в табличному процесорі MS Excel (за розробленими макросами) за формулою:

$$X_m(t+1) = W_{m,N} * X_N(t), \quad (1)$$

де $N=k$, при якому досягається $\max_k(|W_{m,k} * X_k(t)|)$

при припущенні про нелінійність причинно-наслідкових зв'язків між факторами, а також за формулою:

$$X_m(t+1) = \sum_k W_{m,k} * X_k(t) \quad (2)$$

при припущенні про лінійність причинно-наслідкових зв'язків між факторами.

Результати проміжних розрахунків за обґрунтованим вище варіантом моделі наводиться у табл. 3. На дванадцятій ітерації розрахунки за формулами для нелінійних залежностей між факторами були припинені при одиничному значенні консонанса.. Була отримана результатна ситуація, яка, виходячи з реакції системи, є достовірною. Так, при початковому нульовому значенні готовності України до інформаційної економіки в ситуації, описаній когнітивно-адаптивною моделлю, при керуючому впливі γ на сукупність ознак (причому зовсім незначному, у 2% для дефіцитних і/або високовитратних факторів – інвестицій, інновацій) на дванадцятій ітерації вона вже мала кумулятивний приріст у

Таблиця 2		
Опис початкового вектору керуючого впливу γ на процес готовності України до інформаційної економіки		
Цільовий фактор	<i>Готовність України до інформаційної економіки</i>	γ (%)
Базисні фактори	Рівень розвитку телекомунікаційної інфраструктури, доступу до Інтернету	0
	Інвестиції в телекомунікаційну інфраструктуру (державні і недержавні, венчурні)	2
	Державна політика підтримки телекомунікаційного бізнесу	5
	Інновації	2
	Міжрегіональна диференціація соціально-економічного розвитку країни (в т.ч. цифровий розрив)	0
	Формування контенту національного сектора мережі	0
	Недостатня культура національного менеджменту	0
	Рівень внутрішньої автоматизації компаній	0
	Кількість користувачів Інтернету	0
	Рівень освіти, в першу чергу, технічної і інженерної, пов'язаної з інформаційно-комунікаційними технологіями	5

374%. При цьому відбулося зростання рівня розвитку телекомунікаційної інфраструктури на 339 %, рівня інвестування в телекомунікаційну інфраструктуру на 13%, якості державної політики підтримки телекомунікаційного бізнесу на 36%, рівня застосування інновацій в економіці на 458% (що перевищувало темп зростання цільового чиннику), рівня інформаційного наповнення Uanet – на 121%, розвитку внутрішньої автоматизації компаній – на 276%, кількості користувачів Інтернету – на 222%, рівня освіти, пов'язаної з ІКТ – на 19%. Чинники недостатньої культури національного менеджменту і рівня міжрегіональної диференціації соціально-економічного розвитку країни (в т.ч. цифровий розрив) скоротилися відповідно на 49 і 63 %.

Також були проведені альтернативні розрахунки з іншим набором базисних факторів і значеннями їх приросту у векторі початкового впливу γ . Так, до розрахунків по чергово включалися різні фактори, уся їх сукупність, з різними векторами початкового впливу. Усі вони показали гірші результати, ніж вищенаведені.

Також були проведені альтернативні розрахунки з іншим набором базисних факторів і значеннями їх приросту у векторі початкового впливу γ . Так, до розрахунків по чергово включалися різні фактори, уся їх сукупність, з різними векторами початкового впливу. Усі вони показали гірші результати, ніж вищенаведені.

За результатами моделі політика пріоритетного розвитку обраних факторів (розвитку телекомунікаційної інфраструктури, доступу до Інтернет; інвестицій в телекомунікаційну інфраструктуру; державної політики підтримки телекомунікаційного бізнесу; інновацій; рівня освіти, пов'язаної з інформаційно-комунікаційними технологіями), при досить незначному на початковому етапі

Таблиця 3
Альтернативи формування готовності України до інформаційної економіки

Зміни факторів у відсотках у підсумку, що накопичується	Нелінійні причинно-наслідкові зв'язки між факторами						Лінійні причинно-наслідкові зв'язки між факторами																
	Ітерації за формулою (1)						Ітерації за формулою (2)																
	0	1	2	3	...	11	12	9	0	1	2	3	...	11	12	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Готовність України до інформаційної економіки	0	2	8	15	...	267	374	1	0	1	2	3	...	667	1070	1							
	0	5	10	17	...	240	339	1	0	2	9	22	...	511	778	1							
Телекомунікаційна інфраструктура, доступ до Інтернету																							

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Інвестиції в телекомунікаційну інфраструктуру (державні і недержавні, венчурні)	2	2	2	3	...	11	13	1	0	8	17	28	...	16	19	1
Державна політика підтримки телекомунікаційного бізнесу	5	5	6	7	...	30	36	1	2	5	5	5	...	36	45	1
Інновації	2	7,4	14	22	...	317	458	1	5	5	5	7	...	605	936	1
Міжрегіональна диференціація соціально-економічного розвитку країни (в т.ч. цифровий розрив)	0	-3	-6	-10	...	-56	-63	1	2	9	19	32	...	-83	-89	1

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1
Формування контенту Uanet	0	1	4	7	...	92	121	1	0	5	11	18	...	334	489	1
Недостатня культура національного менеджменту	0	-1	-3	-6	...	-43	-49	1	0	-3	-5	10	...	-64	-71	1
Рівень внутрішньої автоматизації компанії	0	4	9	15	...	199	276	1	0	3	13	24	...	534	824	1
Кількість користувачів Інтернету	0	2	7	12	...	162	222	1	0	0	8	17	...	347	511	1
Рівень освіти, в першу чергу, технічної і інженерної, пов'язаної з ІКТ	5	5	6	6	...	16	19	1	5	5	6	7	...	23	28	1

Примітка. Консонанс - оцінка достовірності зміни m-го фактора на 12-й ітерації.

керуваному впливі γ на них здатна суттєво просунути країну на шляху готовності до інформаційної економіки.

Таким чином, із значної кількості факторів, що визначають готовність країни до можливостей інформаційного розвитку, найвпливовішими для України на сучасному етапі є:

- рівень освіти, в першу чергу, технічної і інженерної, пов'язаної з мережними технологіями;
- інвестиції в телекомунікаційну інфраструктуру (державні і недержавні, венчурні);
- державна політика підтримки телекомунікаційного бізнесу;
- інновації в телекомунікаційній галузі.

Керування саме цими факторами у незначних початкових діапазонах формує критичну точку впливу на розвиток інформаційної економіки України. Її пошук як результату обчислення когнітивно-адаптивної моделі спирався й на наукову позицію Мельника Л.Г. про інформаційний контроль гомеостаза системи, яку дозволимо собі привести цілком: “Інформаційним контролем гомеостаза можна вважати процес підтримки стану сталої рівноваги на основі ідеї або керуючого інформаційного принципу, що дозволяє досягати мети з витратами речовини та енергії неспівставимо (в декілька разів) меншими, ніж рівень метаболізму системи, тобто її речовинно-енергетичного обміну з оточуючим середовищем.

Висновки. Основна мета застосування керуючого інформаційного принципу полягає у визначенні такого сполучення високоякісних і низькоякісних енергетичних потоків (інформації, фінансових коштів, речовинно-енергетичних ресурсів) у просторі та часі, яке б забезпечило мінімальні витрати системи на підтримку стану сталої рівноваги і реалізації механізмів негативного зворотного зв'язку.

Щоб реалізувати механізм інформаційного контролю гомеостазу системи, слід мати спектральний зір, що дозволяє розрізнити інформаційні відтінки (ступінь інформаційності) різних елементів соціально-економічної системи: матеріально-енергетичних потоків, фінансових коштів, різновидів інформаційної суттєвості. Ці відтінки вказаних матеріально-інформаційних активів визначаються їх місцем у виробничому процесі, сферою соціально-економічної діяльності, фактором часу. Дуже важливо, щоб спектральним зором володіли керівники усіх рівнів і фахівці, що приймають рішення. Тільки скасування інформаційного дальтонізму залишає країні шанс для швидкого підйому економіки і стабільних темпів соціально-економічного розвитку” [4, с. 270-272]. Розроблений нами когнітивно-адаптивний інструментарій призначений для обчислення саме такого сполучення факторів, для обрання пріоритетів інфокомунікаційного розвитку держави, а також для моніторингу цього процесу і коригування варіанту національної ІКТ-стратегії.

Література

1. Евстегнеев Д. Использование когнитивных моделей при построении комплексной оценки состояния территории / Д. Евстегнеев, Т. Ледашева // Электронный многопредметный научный журнал “Исследовано в России”. МФТИ. – [On-line]. Метод доступа на 24.06.2010: <<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/135.pdf>>.
2. Корноушенко Е.К. Управление процессами в слабоформализованных средах при стабилизации графовых моделей среды/ Е.К. Корноушенко, В.И. Максимов // Труды ИПУ РАН. Вып. 2. – М.: 1998.– С. 34-49.
3. Кулинич А.А. Когнитивное моделирование в системах поддержки принятия решений/ А.А. Кулинич //Международная конференция по проблемам управления. – Т. 3. – М.: ИПУ РАН, 1999 г. – С. 56-68.
4. Мельник Л.Г. Фундаментальные основы развития / Л.Г. Мельник – Сумы: Университетская книга, 2003. – 288 с.