

УДК 004.825, 004.942

**Виклюк Я.І., д.т.н., ПВНЗ Буковинський університет,  
проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків,  
м. Чернівці**

**Ротар А.В., начальник головного управління  
статистики у Чернівецькій області.**

**Євдокименко В.К., д.е.н., професор,  
Буковинський державний фінансово-економічний  
університет, проректор з науково-педагогічної роботи,  
м. Чернівці**

## **ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВІДТВОРЕННЯ СТРУКТУРИ ВИДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНІВ НА ОСНОВІ SOFTCOMPUTING У КОНТЕКСТІ ПРИСКОРЕННЯ ЗРОСТАННЯ ВАЛОВОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ**

Обґрунтовується пекуча необхідність уточнення стратегій соціально-економічного розвитку регіонів з метою відтворення і корегування структури ВЕД, здатної прискорювати зростання ВРП, ВДВ на особу населення та поступово нівелювати існуючу міжрегіональну диференціацію і асиметрію. З цією метою розроблено алгоритм на основі SoftComputing.

Urgent necessity in socio-economic regional development strategy specification is being substantiated for the purpose of reconstructing and adjusting the TEA (Types of Economic Activity) structure, able to speed up the development of GRP (Gross Regional Product), GS (Gross Surplus) per person and steadily grade current interregional differentiation and skewness. To reach the target a special algorithm for Soft Computing has been created.

**Постановка проблеми.** Існуюча соціально-економічна ситуація вимагає переосмислення акцентів і пріоритетів у політиці розвитку територій, її гармонізації з концепцією переходу України на інноваційно-інвестиційну модель сталого розвитку. Регіональне управління вже давно «пересижує» в славнозвісній точці біфуркації – коли потрібно міняти існуючі парадигми і постулати аби відповідати вимогам часу.

Пов'язаний з цим надзвичайно різноманітний і складний спектр проблем і завдань у соціально-економічній, екологічній, етнокультурній, громадсько-політичній сферах, у сферах міжнародної співпраці та науковій невідворотно спонукає дослідника звернутися до показника створеної в процесі виробництва

доданої вартості, тобто ВДВ і ВРП. Це спричиняється як соціальною важливістю рівня оплати праці найманих працівників; податків за винятком субсидій, пов'язаних з виробництвом; валового прибутку і змішаного доходу, так і важливістю адекватної оцінки рівня розвитку економіки регіонів.

Численні дослідження виявляють зародження у світі неоекономічної моделі – симбіозу техногенних і позасистемних факторів, етнічних, національних, психологічних, морально-етичних, культурних тощо. Цей симбіоз буде настільки гармонійним, наскільки адекватними новим вимогам і загрозам будуть наші управлінські рішення, в т.ч. і стратегії розвитку.

Епоха «жорстких» чинників конкурентоспроможності територій, які базуються переважно на природних ресурсах та геополітичному розташуванні, минула. Сьогодні активно вступають в дію нові ресурси (високоосвічені і висококваліфіковані кадри, креативне населення, інновації, знання, інформація) та інструменти (менеджмент, маркетинг, брендинг, аутсорсинг тощо). Глобальні чинники застосування останніх породжують їх, ними ж і формуються.

З іншого боку, численні дослідження довели, що нині заробітна плата більшості працівників не тільки не може забезпечувати гідну винагороду за працю, але й втрачає свої відновлювальну та стимулюючу функції, а через це втрачається ресурсна база для відтворення соціального капіталу наступним поколінням, не кажучи вже про те, що «бідність обмежує доступ значної частини населення до якісних послуг освіти, охорони здоров'я, заважає успішній соціалізації дітей та молоді, зневірює людей у соціальній спрямованості ринкових реформ»[1]. Очевидно, що вирішувати ці проблеми (доведення доходів незаможних до норм соціальної держави) лише безпосередньо у сфері перерозподілу доходів, збільшенням податкового навантаження на надприбутки не достатньо. Слід зосереджуватися більшою мірою на нарощуванні виробництва ВДВ на одну особу населення.

Від обсягів виробництва ВДВ залежить і фінансове забезпечення виконання будь-яких намірів та програм, знаходження можливостей і важелів протистояти негативним впливам зовнішньоекономічної кон'юнктури на регіональному рівні.

## ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВІДТВОРЕННЯ СТРУКТУРИ ВИДІВ ...

**завдання.** Проблематика асиметричності та нерівномірності розвитку регіонів, різкої диференціації його рівня окреслюється, актуалізується і розробляється численними авторами. Межі статті замалі навіть для простого переліку поважних авторів. А от корективи до практики розробки стратегій відтворення структури ВЕД регіонів у контексті прискореного зростання і міжрегіонального вирівнювання ВДВ на особу населення, алгоритми формування рушійних сил, які зробили б орієнтування на виконання цього завдання за інноваційним вектором розвитку перманентним засобом і способом існування, ще не сформовані.

В найбільш загальному вигляді завдання даної статті полягає в наступному: визначати на перспективу склад і динаміку (темпи і пропорції) розвитку відповідних регіональним умовам видів економічної діяльності, котрі забезпечують необхідні масштаби участі у відтворювальному процесі суб'єктів ринку (виробників і споживачів) та збільшення випуску ВРП та ВДВ на особу населення, а також довести, що важливим критерієм оцінки ефективності вже розроблених стратегій може служити відхилення прогнозних значень від аналогічного прогнозу, розрахованого класичними трендовими моделями.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо запропоновану проблематику на матеріалах Чернівецької області.

Проранжуємо види економічної діяльності за двома критеріями: за питомою вагою доданої вартості у випуску виду економічної діяльності та за питомою вагою внеску виду економічної діяльності у ВДВ області.

Питома вага доданої вартості у випуску ВЕД	Питома вага внеску ВЕД у ВДВ області
1. Фінансова діяльність (77,1 %)	1. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство (18,7 %)
2. Освіта (71,0 %)	2. Торгівля; ремонт автомобілів, побутових виробів та предметів особистого вжитку (16,8 %)
3. Державне управління (67,9 %)	3. Освіта (11,1 %)
4. Торгівля; ремонт автомобілів, побутових виробів та предметів особистого вжитку (66,9 %)	4. Державне управління (9,7 %)
5. Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги (66,4 %)	5. Діяльність транспорту і зв'язку (8,7 %)
6. Надання колективних та індивідуальних послуг; діяльність у сфері культури та спорту; діяльність домашніх господарств; діяльність екстериторіальних організацій (62,5 %)	6. Переробна промисловість (8,4 %)
7. Діяльність транспорту та зв'язку (55,5 %)	7. Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги (5,5 %)
8. Операції з нерухомим майном, оренда, інжиніринг та надання послуг підприємцям (55,3 %)	8. Операції з нерухомим майном, оренда, інжиніринг та надання послуг підприємцям (5,4 %)
9. Добувна промисловість (46,7 %)	9. Будівництво (5,3 %)
10. Сільське господарство, мисливство, лісове господарство (44,8 %)	10. Фінансова діяльність (3,4 %)

Джерело: розраховано авторами на основі даних Державної служби статистики України.

Ранжування актуалізує питання про те, за якими темпами і пропорціями слід розвивати види економічної діяльності в регіоні для максимізації виробництва ВДВ.

Отже, напрошується висновок, що для побудови уточненої стратегії розвитку ВЕД області необхідно знайти аналогічний вигляд функціональної залежності сумарної доданої вартості від ВДВ окремих ВЕД. Логічно вибрати для цього найбільш вагомий види економічної діяльності.

На основі ранжування обрано дев'ять найбільш впливових ВЕД (табл. 1).

Трендова модель передбачає розрахунок прогнозних значень при умові, що система буде розвиватись за усталеними тенденціями. В ході розрахунку були проаналізовані 25 класичних трендових функцій. Найкраще узгодження з експериментальними даними показали лінійна та квадратична функції вигляду:

$$GVA_{line} = -1637238,2 + 818,69091 \cdot Y \quad (1)$$

$$GVA_{quad} = -191176060 - 191466,221 \cdot Y + 47,939394 \cdot Y^2 \quad (2)$$

де  $Y$  – рік.

Згідно розроблених трендових моделей через 5 років при усталених тенденціях розвитку слід очікувати на 2015 рік наступних значень сумарної доданої вартості: 12424млн.грн згідно лінійного прогнозу та 16353млн.грн. якщо збільшення відбуватиметься за квадратичним розподілом. Будемо розглядати ці величини як еталони (рис.1).

Проблема побудови стратегії розвитку регіону через знаходження аналітичного вигляду функціональної залежності сумарної доданої вартості від її складових виявляється в тому, що відсутні дані про фактори, які впливають на складові  $x_i$ . Класичний підхід полягає в тому, що для кожного з  $x_i$  необхідно побудувати трендову модель, та на основі прогнозу по цим моделям визначити прогнозовані значення сумарної доданої вартості. Як показали розрахунки, при цьому отримуються аналогічні результати. Недоліком такого підходу є те, що не можна провести аналіз чутливості, а отже і оптимізувати стратегію розвитку регіону. Для визначення взаємного впливу складових  $x_i$  був проведений кореляційний аналіз (табл.2.).

Таблиця 1.

## Динаміка валової доданої вартості за видами економічної діяльності

(у фактичних цінах млн.грн)

№ п/п	Види економічної діяльності	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<i>GVA</i>	<b>Усього</b>	<b>1740</b>	<b>2002</b>	<b>2382</b>	<b>2888</b>	<b>3665</b>	<b>4401</b>	<b>5792</b>	<b>7586</b>	<b>7391</b>	<b>8617</b>
( $x_1$ )	Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	575	600	581	734	894	916	1194	1503	1488	1800
( $x_2$ )	Переробна промисловість	230	248	321	337	470	604	860	973	770	808
( $x_3$ )	Будівництво	70	90	131	171	233	326	464	627	443	513
( $x_4$ )	Торгівля; ремонт автомобілів, побутових виробів та предметів особистого вжитку	311	349	467	593	708	804	1127	1433	1383	1620
( $x_5$ )	Діяльність транспорту та зв'язку	145	206	264	311	356	432	472	694	721	834
( $x_6$ )	Операції з нерухомим майном, оренда, інжиніринг та надання послуг підприємцям	98	114	123	142	174	258	337	447	449	515
( $x_7$ )	Державне управління	90	119	138	176	285	379	483	773	787	932
( $x_8$ )	Освіта	149	188	245	290	375	466	583	788	925	1070
( $x_9$ )	Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	72	88	112	134	170	216	272	348	425	525

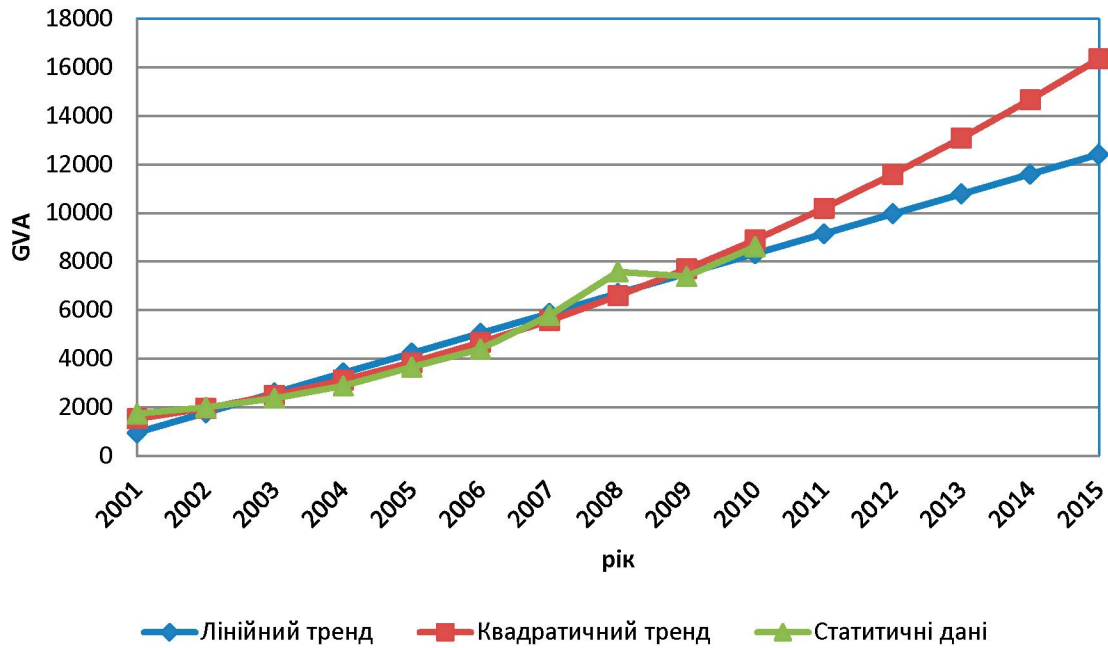


Рис.1. Динаміка зміни сумарної доданої вартості.

Таблиця 2.

Результати кореляційного аналізу між складовими сумарної доданої вартості

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$
$x_1$	1,00								
$x_2$	0,90	1,00							
$x_3$	0,93	0,99	1,00						
$x_4$	0,99	0,94	0,96	1,00					
$x_5$	0,98	0,89	0,92	0,99	1,00				
$x_6$	0,99	0,93	0,95	0,99	0,98	1,00			
$x_7$	0,99	0,90	0,93	0,99	0,99	0,99	1,00		
$x_8$	0,99	0,88	0,90	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	
$x_9$	0,99	0,85	0,88	0,97	0,99	0,98	0,99	1,00	1,00

Як видно з таблиці, між всіма складовими  $x_i$  існує тісний кореляційний зв'язок. При чому мінімальний коефіцієнт кореляції складає 0,85. Згідно класичної математики необхідно провести факторний аналіз, що дозволить суттєво зменшити кількість складових моделі[2]. В ході такого аналізу отримуються нові фактори, що є лінійною комбінацією початкових. Однак при цьому втрачається семантичний зміст нових факторів, що ускладнює подальший аналіз та інтерпретацію результатів.

***Розробка економіко-математичного методу прогнозування стратегії розвитку регіону на основі нейронних мереж Хопфілда***

Для розв'язання задачі оптимізації стратегії розвитку регіону в умовах тісного взаємозв'язку між видами економічної діяльності запропоновано новий метод, що складається з наступних етапів.

*Етап 1. Побудова регресійних моделей.* На початковому етапі необхідно провести регресійний аналіз, що дозволяє встановити функціональну взаємозалежність між  $x_i$  та провести аналіз чутливості. При цьому отримується дев'ять залежностей типу:

$$x_1 = -0,02 \cdot x_2 - 0,45 \cdot x_3 + 1,09 \cdot x_4 - 0,78 \cdot x_5 - 1,21 \cdot x_6 + 1,93 \cdot x_7 - 1,88 \cdot x_8 + 2,55 \cdot x_9 + 440 \quad (3)$$

$$x_2 = -0,002 \cdot x_1 + 2,67 \cdot x_3 - 0,55 \cdot x_4 - 1,40 \cdot x_5 - 1,04 \cdot x_6 - 0,78 \cdot x_7 + 2,70 \cdot x_8 - 0,72 \cdot x_9 + 247 \quad (4)$$

$$x_3 = -0,006 \cdot x_1 + 0,36 \cdot x_2 + 0,22 \cdot x_4 + 0,51 \cdot x_5 + 0,40 \cdot x_6 + 0,30 \cdot x_7 - 1,02 \cdot x_8 + 0,27 \cdot x_9 - 89 \quad (5)$$

$$x_4 = 0,23 \cdot x_1 - 1,13 \cdot x_2 + 3,36 \cdot x_3 - 1,47 \cdot x_5 - 1,11 \cdot x_6 - 1,33 \cdot x_7 + 3,67 \cdot x_8 - 1,29 \cdot x_9 + 199 \quad (6)$$

$$x_5 = -0,04 \cdot x_1 - 0,66 \cdot x_2 + 1,78 \cdot x_3 - 0,33 \cdot x_4 - 0,81 \cdot x_6 - 0,43 \cdot x_7 + 1,77 \cdot x_8 - 0,39 \cdot x_9 + 186 \quad (7)$$

$$x_6 = -0,07 \cdot x_1 - 0,59 \cdot x_2 + 1,68 \cdot x_3 - 0,31 \cdot x_4 - 0,97 \cdot x_5 - 0,27 \cdot x_7 + 1,59 \cdot x_8 - 0,17 \cdot x_9 + 196 \quad (8)$$

$$x_7 = 0,18 \cdot x_1 - 0,73 \cdot x_2 + 2,04 \cdot x_3 - 0,61 \cdot x_4 - 0,85 \cdot x_5 - 0,45 \cdot x_6 + 2,36 \cdot x_8 - 1,05 \cdot x_9 + 91 \quad (9)$$

$$x_8 = -0,02 \cdot x_1 + 0,34 \cdot x_2 - 0,93 \cdot x_3 + 0,22 \cdot x_4 + 0,47 \cdot x_5 + 0,35 \cdot x_6 + 0,31 \cdot x_7 + 0,33 \cdot x_9 - 75 \quad (10)$$

$$x_9 = 0,15 \cdot x_1 - 0,42 \cdot x_2 + 1,15 \cdot x_3 - 0,37 \cdot x_4 - 0,48 \cdot x_5 - 0,17 \cdot x_6 - 0,65 \cdot x_7 + 1,60 \cdot x_8 + 31 \quad (11)$$

*Етап 2. Аналіз чутливості.* На цьому етапі проводиться аналіз типу «Що-якщо», при якому значення складових  $x_i$  фіксуються на показниках 2010 року та по чергово змінюються вхідні показники, скажімо, на 10%. При цьому досліджується зміна вихідного показника як в абсолютних, так і відносних величинах. Такий аналіз дозволяє побудувати тактику розвитку на один період часу, в нашому випадку – 1 рік. Результати аналізу приведені в таблиці 3.

Таблиця 3.

Аналіз чутливості регресійних моделей при зміні вхідних показників на 10%

Вихідні величини	Вхідні величини								
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$
$x_1$	млн. грн	1802	1780	1979	1738	1741	1983	1603	1937
	Приріст	0%	-1%	10%	-4%	-3%	10%	-11%	7%
$x_2$	млн. грн	807	944	718	691	754	735	1096	769
	Приріст	0%	17%	-11%	-14%	-7%	-9%	36%	-5%
$x_3$	млн. грн	512	543	549	556	534	541	405	527
	Приріст	0%	6%	7%	8%	4%	5%	-21%	3%
$x_4$	млн. грн	1659	1526	1789	1495	1560	1493	2011	1550
	Приріст	3%	-6%	11%	-8%	-4%	-8%	24%	-4%
$x_5$	млн. грн	827	780	925	779	792	793	1023	813
	Приріст	-1%	-6%	11%	-7%	-5%	-5%	23%	-2%
$x_6$	млн. грн	502	467	601	465	434	490	685	506
	Приріст	-2%	-9%	17%	-10%	-16%	-5%	33%	-2%
$x_7$	млн. грн	963	871	1035	831	859	907	1183	875
	Приріст	4%	-6%	11%	-11%	-8%	-2%	27%	-6%
$x_8$	млн. грн	1067	1098	1023	1107	1110	1089	1100	1088
	Приріст	0%	3%	-4%	3%	4%	2%	3%	2%
$x_9$	млн. грн	548	486	579	461	480	511	459	687
	Приріст	5%	-7%	11%	-11%	-8%	-2%	-12%	32%

Як видно з таблиці, переробна промисловість не впливає на сільське господарство, натомість збільшення доданої вартості торгівлі та державного управління на 10% призведе до аналогічного зростання доданої вартості сільського господарства. І навпаки, розвиток освіти (збільшення доданої вартості на 10%) призведе до зменшення доданої вартості сільського господарства на 11%.



Це означає, що аналіз кожного коефіцієнта таблиці, по-перше, надзвичайно місткий, а, по-друге, існуюче в статистиці групування ВЕД унеможлиблює гарантування адекватності показників і висновків. Тому для врахування взаємовпливу між факторами пропонується скористатися методами SoftComputing.

*Етап 3. Побудова нейронної мережі Хопфілда.* Як видно з рівнянь (3-11) значення валової доданої вартості будь-якого виду економічної діяльності може бути виражене через інші. Для аналізу таких систем зручно

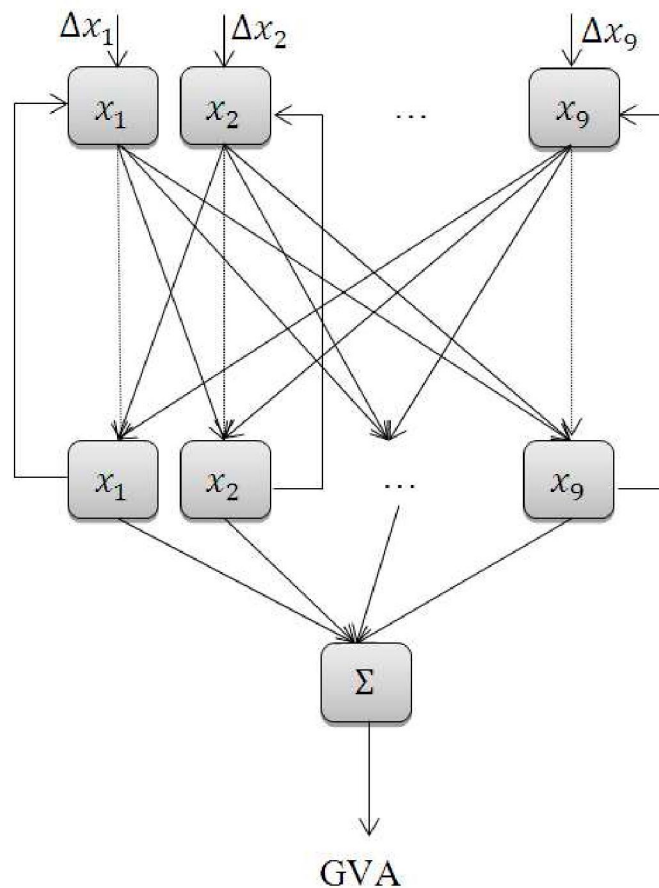


Рис.2. Нейронна мережа Хопфілда для розрахунку валової доданої вартості

використовувати нейронні мережі зі зворотними зв'язками – мережі Хопфілда[3,4] рис 2. Як видно з рисунку, суцільні стрілки показують вплив одних нейронів на інші. Пунктирні лінії показують відсутність зв'язку між нейронами. Зворотні зв'язки передають сигнали з другого прошарку нейронів

на перший без зміни. На початковому етапі на перший прошарок подаються значення валової доданої вартості за останній рік (2010). Для розрахунку значень другого прошарку, а відповідно і першого на другому кроці ітерацій, в використовується наступний вираз:

$$X^{i+1} = X^i \cdot W^T + B^T \quad (12)$$

де  $X^i$  – вектор першого прошарку для  $i$ -ї ітерації,  $W$  та  $B$  коефіцієнти лінійної регресії, що пов'язують види економічної діяльності. Згідно (3-11) та табл.1. можна отримати наступні значення елементів матриць:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & -0,02 & -0,45 & 1,09 & -0,78 & -1,21 & 1,93 & -1,88 & 2,55 \\ 0,00 & 0 & 2,67 & -0,55 & -1,40 & -1,04 & -0,78 & 2,70 & -0,72 \\ -0,01 & 0,36 & 0 & 0,22 & 0,51 & 0,40 & 0,30 & -1,02 & 0,27 \\ 0,23 & -1,13 & 3,34 & 0 & -1,47 & -1,11 & -1,33 & 3,67 & -1,29 \\ -0,04 & -0,66 & 1,78 & -0,33 & 0 & -0,81 & -0,43 & 1,77 & -0,39 \\ -0,07 & -0,59 & 1,68 & -0,31 & -0,97 & 0 & -0,27 & 1,59 & -0,17 \\ 0,18 & -0,73 & 2,04 & -0,61 & -0,85 & -0,45 & 0 & 2,36 & -1,05 \\ -0,02 & 0,34 & -0,93 & 0,22 & 0,47 & 0,35 & 0,31 & 0 & 0,33 \\ 0,15 & -0,43 & 1,15 & -0,37 & -0,48 & -0,17 & -0,65 & 1,56 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 440 \\ 247 \\ -89 \\ 199 \\ 186 \\ 196 \\ 91 \\ -75 \\ 31 \end{pmatrix}$$

$$X(2010) = X^1 = |1800 \quad 808 \quad 513 \quad 1620 \quad 834 \quad 515 \quad 932 \quad 1070 \quad 525|$$

Як видно, діагональні елементи матриці  $W$  є нульовими, однак матриця не є симетричною. Несиметричність матриці  $W$  відображається також на результатах аналізу чутливості (табл.3.). Видно, наприклад, що вплив освіти на сільське господарство є сильним і навпаки розвиток сільського господарства ніяк не впливає на освіту. Симетричність матриці означала би, що між всіма видами економічної діяльності є рівноправні прямі та обернені взаємозв'язки. На сьогодні спостерігається домінуючий вплив одних галузей економічної діяльності на інший, без відповідного оберненого зв'язку, наприклад: освіта впливає на сільське господарство, будівництво на операції з нерухомим майном, державне управління на охорону здоров'я тощо. Отже, як показано в роботі [5], ця нейронна мережа не може бути стійкою. Для перевірки цього факту достатньо провести декілька ітерацій співвідношення (12) та прослідкувати динаміку зміни  $GVA$ , що розраховується як сума елементів вектора  $X^{i+1} = (x_j)^{i+1}, j = \overline{1,9}$  (табл. 4.).

Таблиця 4.

Зміна значень сумарної доданої вартості залежно від ітерацій

Ітерація	1	2	3	4	5	6
GVA	8617	8611	8638	8438	9519	3661
Ітерація	7	8	9	10	11	12
GVA	35185	-134442	778077	-4130802	22276218	-119778668

Як видно з таблиці, протягом перших 5 ітерацій величина GVA слабо змінюється. Ці зміни пов'язані із помилками заокруглення розрахунків. У випадку стійкої мережі такі помилки не приводять до сильних коливань мережі. Однак починаючи з 6 ітерації ці коливання стають суттєвими та мають катастрофічні наслідки.

Отже, апроксимуючи ці результати на предметну область, можна констатувати, що в системі з нерівноправними зв'язками між видами економічної діяльності відсутні процеси самоорганізації. Тобто в залишеній без державного управління системі через певний час починаються незворотні процеси розвалу.

*Етап 4. Побудова стратегії розвитку.* Для уникнення таких явищ необхідно розробити ефективну стратегію впливу на кожний фактор моделі на початку кожного кроку ітерації. Це можна здійснити, ввівши в нейронну мережу додаткові входи  $\Delta x_j$  (рис.2). Семантичний зміст яких – зовнішній вплив на фактори  $x_j$  з боку держави чи інвесторів. Фактично вони відображають збільшення доданої вартості від  $j$ -го виду економічної діяльності, до якого призвело ефективне державне управління перед наступним кроком ітерації. Кожен крок ітерації є аналогом звітного періоду та рівний 1 року. Представлена у вигляді нейронної мережі Хопфілда модель дозволяє дослідити декілька можливих стратегій управління розвитком регіону. Як приклад, розглянуто часовий період 5 років. При цьому найбільш поширеними є 3 стратегії.

*Стратегія №1.* Розробка стратегічного плану на 5 років з постійним незмінним стимулюванням всіх видів економічної діяльності. Тобто

знаходження таких факторів впливу  $\Delta X = \{\Delta x_j\}_{j=\overline{1,9}}$ , які залишаються не змінними протягом 5 років.

Тоді задача зводиться до наступної:

$$GVA(2015) = GVA^6 = \sum_{j=1}^9 (x_j)^6 \rightarrow \max \quad (13)$$

при обмеженнях:

$$X^{i+1} = (X^i + \Delta X) \cdot W^T + B^T, i = \overline{1,5}$$

$$0 \leq \Delta x_j \leq p_j \cdot (x_j)^i, j = \overline{1,9}$$

$$(x_j)^i \geq 0$$

де  $p_j$  – максимально допустимий відсоток збільшення фактору  $(x_j)^i$ .

*Стратегія №2.* Динамічна стратегія, що передбачає побудову окремої оптимальної стратегії на кожний наступний рік зі щорічною зміною величин факторів впливу. Це призводить до збільшення загальної кількості змінних рішення  $\Delta X^i = \{\Delta x_j\}_{j=\overline{1,9}; i=\overline{1,5}}$ , що в теорії динамічних систем може призвести до покращення результатів. Однак при цьому для побудови стратегії на 5 років необхідно для кожного року розв'язувати окрему задачу лінійного програмування, в кожній з яких кількість змінних рішення залишається на рівні попереднього випадку:

$$GVA^{i+1} = \sum_{j=1}^9 (x_j)^{i+1} \rightarrow \max, i = \overline{1,5} \quad (14)$$

при обмеженнях:

$$X^{i+1} = (X^i + \Delta X^i) \cdot W^T + B^T, i = \overline{1,5}$$

$$0 \leq (\Delta x_j)^i \leq (p_j)^i \cdot (x_j)^i, j = \overline{1,9}$$

$$(x_j)^i \geq 0$$

де  $(p_j)^i$  – максимально допустимий відсоток збільшення фактору  $(x_j)^i$  в період  $i$ .

*Стратегія №3.* Динамічна стратегія максимізації однієї цільової функції лише в кінці 5 року. Кількість змінних рішення цієї задачі складає  $K = 5 \cdot 9 = 45$ , обмеження аналогічні попередньому випадку, а цільова функція

має вигляд (13). Згідно теорії динамічних систем така стратегія має бути найбільш ефективною [6].

### *Комп'ютерний експеримент.*

Як видно з рівнянь (13)-(14) кожен крок ітерації може представляє собою задачу лінійного програмування. Тому побудова стратегії 2-го типу не викликає ніяких ускладнень та знаходиться за допомогою симплекс методу. Задачі оптимізації першої та третьої стратегії, за рахунок ітераційних розрахунків векторів  $X^i$ , відносяться до задач нелінійного програмування. Як показали розрахунки, цільова функція є нелінійною та містить локальні екстремуми, що унеможлиблює використання методу зведеного градієнта [7], оскільки його розв'язок залежить від початкових значень змінних рішення. При невірному виборі цей метод знаходить локальний екстремум замість глобального. Як показали наші подальші розрахунки, в цьому випадку саме так і відбувається.

Іншим прогресивним оптимізаційним методом є генетичний алгоритм. Згідно якого значення змінних рішення є аналогом генів живих істот. А цільова функція визначає стан істоти, що володіє певними генами. Генетичний алгоритм випадковим чином генерує популяцію істот (в розрахунках популяція складала 100 істот). Після чого моделюються процеси схрещування та мутації цих істот, згідно теорії Дарвіна[8,9]. Перевагою цього методу є те, що результат оптимізації не залежить від початкових значень змінних рішення. Знайдене значення знаходиться в околі глобального екстремуму. Недоліком є повільний час розрахунку (в нашому випадку близько 30 хв для кожної оптимізації). Крім того знайдене значення не є оптимальним (знаходиться біля оптимального значення). Особливістю цього методу є те, що він дозволяє незначно порушувати обмеження.

Отже генетичний алгоритм використовувався для знаходження початкового наближення оптимального розв'язку, яке далі уточнювалось класичним методом зведеного градієнта. Розрахунки проводились в

наближенні, що максимальний відсоток збільшення факторів впливу  $(p_j)^i = p_j = 10\%$ .

Отримані в результаті розрахунків стратегії розвитку представлені в табл.5.

Таблиця 5.

Аналіз розрахованих стратегій розвитку регіону

	$\Delta x_1$	$\Delta x_2$	$\Delta x_3$	$\Delta x_4$	$\Delta x_5$	$\Delta x_6$	$\Delta x_7$	$\Delta x_8$	$\Delta x_9$	GVA
<b>Стратегія №1</b>										
<i><b>Фактори впливу</b></i>										
	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	8%	
<i><b>Валова додана вартість</b></i>										
2011	1980	889	564	1782	917	567	1025	1177	566	<b>9467</b>
2012	1909	872	570	1775	903	549	1026	1181	569	<b>9355</b>
2013	1935	940	545	1850	950	597	1070	1159	592	<b>9637</b>
2014	2116	604	672	1402	728	392	789	1281	415	<b>8398</b>
2015	779	2385	0	3849	1888	1443	2353	625	1412	<b>14735</b>
<b>Стратегія №2</b>										
<i><b>Фактори впливу</b></i>										
2011	10%	10%	10%	10%	10%	0%	10%	9%	10%	
2012	10%	10%	10%	10%	6%	0%	10%	10%	10%	
2013	10%	10%	10%	10%	1%	0%	10%	10%	10%	
2014	7%	4%	9%	10%	9%	7%	9%	8%	3%	
2015	10%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	
<i><b>Валова додана вартість</b></i>										
2011	2014	900	559	1795	929	537	1023	1167	569	<b>9492</b>
2012	2220	1006	608	1999	1000	567	1128	1278	624	<b>10430</b>
2013	2531	1149	651	2237	1052	628	1244	1391	682	<b>11565</b>
2014	2662	977	793	2195	998	539	1202	1572	626	<b>11565</b>
2015	1647	2690	226	4544	2119	1565	2700	1097	1588	<b>18176</b>
<b>Стратегія №3</b>										
<i><b>Фактори впливу</b></i>										
2011	10%	10%	9%	10%	10%	3%	9%	10%	8%	
2012	8%	9%	10%	10%	3%	0%	10%	10%	10%	
2013	10%	10%	10%	10%	4%	2%	9%	10%	8%	
2014	8%	5%	10%	10%	8%	6%	10%	10%	6%	
2015	10%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	

<i>Валова додана вартість</i>										
2011	1947	904	553	1811	928	543	1030	1171	577	<b>9463</b>
2012	2290	1008	600	1980	984	590	1105	1284	606	<b>10445</b>
2013	2293	1164	637	2294	1054	634	1278	1385	719	<b>11459</b>
2014	2938	908	819	2040	947	526	1082	1643	557	<b>11459</b>
2015	970	3289	0	5412	2483	1898	3265	917	1981	<b>20216</b>

Як видно з таблиці, в порівнянні з трендовими прогнозами (12424 млн.грн та 16353 млн) управління регіоном згідно з першою стратегією дозволить через 5 років отримати сумарну валову додану вартість на рівні 14735 млн грн., що знаходиться в межах прогнозу класичними методами. Натомість управління за другою стратегією призведе до кращих результатів (18176млн грн.), ніж за самим оптимістичним квадратичним трендом. Перевищення GVA становитиме 46% над лінійним трендом та 11% над квадратичним. Третя стратегія виявилась найбільш ефективною, перевищення становить 63% та 23%, відповідно. В порівнянні з стратегією №2 збільшення цільової функції становить 11%.

На рис.3 представлено порівняння динаміки приросту GVA згідно 2-х трендових моделей та 3-х розроблених стратегій. Як видно з рисунків, стратегія 1 є неефективною, тому що протягом 4-х років значення GVA знаходиться нижче еталонних прогнозів. Стосовно стратегій 2 та 3 можна помітити, що не дивлячись на суттєву відмінність самих стратегій, протягом перших 4-х років сумарний результат їх був майже ідентичним і знаходився в межах лінійного та квадратичного трендів. І лише на 5-му році спостерігається суттєве зростання GVA всіх трьох стратегій. Отже стратегічне планування дозволяє протягом перших 4-х років накопичити «внутрішню потенціальну енергію» системи, тобто створити стабільний економічний фундамент для подальшого різкого зростання економічних показників. Причому динамічне стратегічне планування на 5 років показує на 11% кращий результат ніж річне стратегічне планування.

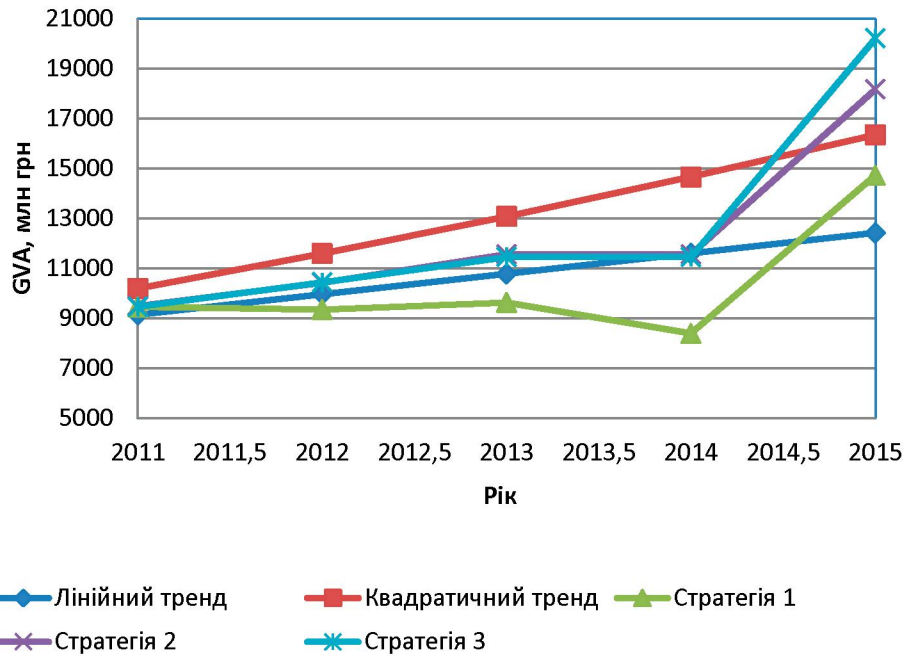


Рис.3. Динаміка GVA залежно від стратегій розвитку регіону.

Як видно з таблиці 5, для досягнення максимального ефекту в збільшенні випуску ВДВ потрібно за ознакою темпів і пропорцій розвитку ВЕД розділити їх на три групи.

До першої групи входять освіта, будівництво та сільське господарство, що потребують сталого щорічного динамічного розвитку протягом всього розрахункового періоду.

До другої групи слід віднести торгівлю і ремонт автомобілів, державне управління, котрі потребують особливої уваги щодо темпів розвитку перші чотири роки. А переробна промисловість та охорона здоров'я – перші три роки. Це – своєрідні імпульси для самостійного розвитку системи в подальшому.

Третя група ВЕД – транспорт, зв'язок, операції з нерухомим майном, оренда, інжиніринг та надання послуг підприємцям. Ця група не є визначальною при побудові стратегії розвитку.



## Висновки

Розроблено новий метод побудови стратегічного управління регіоном на основі SoftComputing, який на відміну від класичних підходів, що використовують експертний аналіз, дозволяє максимізувати економічний ефект та провести кількісний аналіз запропонованої стратегії.

На прикладі Чернівецької області було доведено, що ця економічна система не є самоорганізована та потребує ефективного державного управління. При не оптимально обраній стратегії управління регіоном, в системі спостерігатимуться неконтрольовані коливання, що можуть призвести до економічної кризи та «колапсу» економіки системи.

Розроблені математичні моделі оптимізації побудови стратегій 3-х типів та кількісно досліджена їх ефективність. Було доведено, що найбільш ефективною виявилась динамічна стратегія управління з максимізацією цільової функції в кінці досліджуваного періоду. Встановлено, що державне управління, яке базується на науково-обґрунтованому кількісному підході з використанням передових математичних моделей SoftComputing, дозволяє побудувати міцний економічний фундамент, що буде основою для подальшого стрімкого зростання економіки регіону.

На відміну від існуючої практики запропоновано доповнити експертний підхід до визначення пріоритетів у стратегіях соціально-економічного розвитку регіонів об'єктивними кількісними методами.

## Література

1. Балакірева О.М. Взаємозв'язок економічної нерівності соціального відтворення та соціальної мобільності / О.М. Балакірева, А.М. Ноур // Економіка України. – 2012. – № 8 (609). – С. 86–96.
2. Katsikatsou  
M.PairwiseLikelihoodEstimationforfactoranalysismodelswithordinaldata./

Katsikatsou, M., Moustaki, I., Yang-Wallentin, F. and Joreskog, K.

// Computational Statistics and Data Analysis. – 2012. – №56. – pp. 4243–4258.

3. Hopfield J.J.

Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities

/ Hopfield J.J. // Proc. Natl. Acad. Sci. – 1982. – Vol. 79. – pp. 2554–2558.

4. Atencia M.

Hopfield Neural Networks for Parametric Identification of Dynamical Systems / M.

Atencia, G. Joya, and F. Sandoval // Neural Processing Letters. – 2005. – vol. 21. – pp.

143–152.

5. Cohen M.

Absolute stability of global pattern formation and parallel memory storage by competitive

neural networks / Cohen M. A., Grossberg S. G. // IEEE Transactions on Systems,

Man and Cybernetics 13. – pp. 815–26.

6. Мур Джеффри, Уэдерфорд Ларри Р., и др. Экономическое моделирование

в Microsoft Excel, 6-е изд. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. - 1024 с.,

7. Максимов Ю.А., Филиповская Е.А. Алгоритмы решения задач

нелинейного программирования. — М.: МИФИ, 1982. — 52 С.

8. ZHANG. J. Clustering-Based

Adaptive Crossover and Mutation Probabilities for Genetic Algorithms / ZHANG. J,

Chung. H and Lo. W. L, // IEEE Transactions on Evolutionary. Computation. –

2007. vol. 11, no. 3, pp. 326–335.

9. Akbari Ziarati. A

multilevel evolutionary algorithm for optimizing numerical functions IJIEC. – 2001. – #2. –

pp. 419–430.