

## Формування системи показників сталого розвитку регіону

*У статті на основі використання факторного аналізу сформовано систему показників сталого розвитку регіону.*

*In the article on the basis of the use of factor analysis the system of indexes of sustainable development of region is formed.*

**Ключові слова:** *сталий розвиток, регіон, система показників, факторний аналіз, метод головних компонент.*

**Вступ.** Одним із питань, які виникають при розробці механізмів аналізу і прогнозування сталого розвитку регіону, є формування системи показників сталого розвитку. Система показників повинна охоплювати всі аспекти сталого розвитку регіональної системи (РС), тобто основні складові – економічну, соціальну та екологічну, сформульовані принципи сталого розвитку, використовувані методи до його оцінки тощо. При цьому основними вимогами до самих показників є:

- ✓ повнота, тобто можливість за допомогою показників досить повно описати сутність процесів, що протікають у РС;
- ✓ унікальність показників, тобто відсутність надмірності;
- ✓ вірогідність чи валідність, тобто відповідність виділених одиниць значеннєвої інформації їх реальним найменуванням;
- ✓ несуперечність, тобто відсутність омонімії.

Вивченню проблем наповнення поняття сталого розвитку конкретними статистичними показниками функціонування РС присвячено як роботи багатьох українських та закордонних вчених [2-4], так і різноманітні державні програми [1].

**Постановка завдання.** Метою даної статті є формування такої системи показників сталого розвитку регіону, яка задовольнятиме всім вище зазначеним вимогам.

**Результати.** Отже, показники сталого розвитку регіону РС відібрано таким чином, щоб вони відображали три важливі аспекти – економічний, соціальний та екологічний – і могли бути легко змінені чи оцінені без вагомих

затрат та зусиль. Такі показники формують задачу прийняття управлінських рішень, яку можна описати множиною допустимих виборів (альтернатив) і заданим на цій множині відношенням переваги. В даному випадку це відношення є бінарним, тобто порівнюються попарно лише дві альтернативи з усієї сукупності. Тоді задача прийняття рішень полягає у виборі допустимої альтернативи, яка є кращою серед усіх альтернатив сталого розвитку для заданого відношення переваги.

У контексті сталого розвитку РС заданим відношенням переваги є інтеграція економічних, соціальних та екологічних цілей без загроз при цьому економічній, соціальній та природній підсистемам.

Проведений аналіз літературних джерел [1-4] дозволив сформувати наступну сукупність показників сталого розвитку РС, яка адекватно представляє взаємопов'язані категорії сталого розвитку:

### **1. Економічного розвитку:**

- ВВП у розрахунку на душу населення, грн.
- Індекс промислового виробництва, відсотків
- Індекс сільськогосподарського виробництва, відсотків
- Частка видобувної галузі в обсягах реалізованої промислової продукції, відсотків
- Частка обробної галузі в обсягах реалізованої промислової продукції, відсотків
- Обсяг сукупних інвестицій у основний капітал, млн. гривень
- Коефіцієнт зносу основних фондів, відсотків
- Обсяг науково-дослідних та науково-технічних робіт, тис. гривень
- Імпорт товарів і послуг, млн. доларів США
- Експорт товарів і послуг, млн. доларів США
- Обсяг прямих іноземних інвестицій, млн. доларів США

### **2. Соціального розвитку:**

- Середня очікувана при народженні тривалість життя, років
- Рівень зайнятості населення, визначений за методологією Міжнародної організації праці, відсотків від загальної кількості населення у віці 15-70 років
- Доходи в розрахунку на одну особу, гривень на рік

- Рівень безробіття, визначений за методологією Міжнародної організації праці, відсотків від загальної кількості економічно активного населення у віці 15-70 років

### **3. Екологічної безпеки:**

- Обсяги викидів стаціонарними джерелами в атмосферу, тис. т на рік
- Обсяги викидів нестаціонарними джерелами в атмосферу, тис. тонн на рік
- Обсяги викидів забруднених речовин в атмосферу, тис. тонн на рік
- Площа сільськогосподарських угідь, тис. га
- Загальна площа лісів, тис. га
- Наявність промислових відходів в сховищах організованого складування та на території підприємств, тис. тонн
- Утворення нових відходів, тис. тонн
- Площа об'єктів природно-заповідного фонду, тис. га

Однак сукупність показників, якою б деталізованою вона не була, без урахування їх взаємозв'язків та підпорядкованості не може дати об'єктивного уявлення про вплив на сталий розвиток РС. Причина виникнення таких взаємозв'язків показників полягає в породженні одного явища іншим. Це призводить до необхідності відбору із сформованої сукупності найбільш значимих для оцінки впливу на сталий розвиток РС показників, тобто ставить завдання звуження інформаційного простору ознак.

Застосування факторного аналізу при виявленні взаємозв'язків показників полягає у зменшенні розмірності системи показників, що відображають вплив на сталий розвиток РС, а також визначенні семантики сформованих факторів.

Зменшення розмірності системи показників за допомогою факторного аналізу передбачає заміну значного числа вихідних показників за кожним критерієм та ознакою на меншу кількість штучно створених показників. Такі показники інтерпретуються як фактори, що пояснюють явні і приховані залежності між значеннями вихідних показників. Таким чином, інформація про взаємозв'язки між показниками в стислому вигляді міститься у виділених факторах, які будуть мати більшу «щільність», а їх межі будуть більш чіткими.

Для реалізації моделі факторного аналізу використано метод головних компонент, який базується на припущенні, що досліджувані узагальнені фактори незалежні між собою.

Припустимо, що  $n$  категорій (економіка, соціум, екологія) описуються  $m$  змінними (показниками). Кожна змінна може бути представлена лінійною комбінацією головних компонент, які є шуканими факторами:

$$y_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{im}x_m,$$

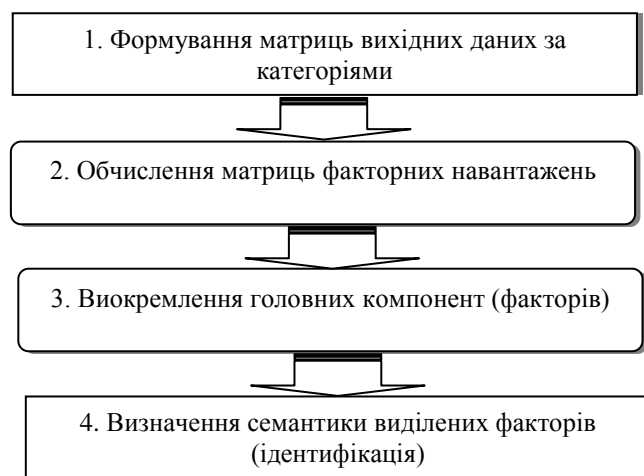
де  $y_i$  —  $i$ -а вихідна змінна;  $x_1, x_2, \dots, x_m$  — загальні фактори, що впливають на значення вихідних змінних;  $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$  — «факторні навантаження», які характеризують міру впливу кожного фактора.

В результаті використання методу головних компонент визначаються значення факторних навантажень, які встановлюють вплив виділених факторів (компонент) на змінні.

На основі знайденої матриці факторних навантажень обчислюється вектор дисперсій, значення яких обумовлені впливом окремих факторів. Кожен елемент вектора дисперсій відповідає фактору і показує, який вплив фактор здійснює на розсіювання точок вздовж осей еліпсоїда, яким представлено в моделі факторного аналізу скупчення точок. Перший елемент вектора представляє величину дисперсії, що відповідає першій головній осі, другий елемент показує величину дисперсії, що відповідає другій головній осі і т.д. При використанні кореляційної матриці сумарна дисперсія факторів рівна кількості змінних. Таким чином, діленням вибраного елемента вектора дисперсій на  $m$  можна отримати частку дисперсії, що відповідає даному напрямку або фактору.

Кількість компонент, що виділяються, визначається часткою сумарної дисперсії, що враховується відібраними компонентами. Як правило, залишають для подальшого застосування стільки компонент, щоб сумарна дисперсія складала наперед визначену величину повноти факторизації. Повнота факторизації (ступінь адекватності) зазвичай не менша 70 %.

Для реалізації моделі факторного аналізу на основі методу головних компонент необхідно виконати кроки, наведені на рис. 1.



*Рис. 1. Схема реалізації моделі факторного аналізу на основі методу головних компонент*

На першому кроці необхідно сформувати матриці вихідних даних за категоріями: економічного розвитку, соціального розвитку, екологічної безпеки. З цією метою проведено дослідження динаміки обраних показників Карпатського регіону. Інформаційною базою для створення матриць вихідних даних була статистична інформація обласних управлінь статистики Карпатського регіону. Елементи матриць вихідних даних обчислено як середні арифметичні показники сталого розвитку усіх областей Карпатського регіону (табл. 1).

Для визначення матриць факторних навантажень та проведення подальших розрахунків використано середовище *Statistica 8* [6]. Для процедури методу головних компонент, представленої в модулі «Факторний аналіз» інформаційною базою вибрано первинні ряди даних (табл. 1). Факторні навантаження, що характеризують щільність зв'язку між  $i$ -ою ознакою та  $j$ -ою компонентою (фактором), за кожною групою показників визначено за даними кореляційних матриць. Як будь-яка міра щільності зв'язку, величини факторних навантажень змінюються від 0 до  $\pm 1$ .

Таблиця 1.

## Елементи матриць вихідних даних за категоріями сталого розвитку областей Карпатського регіону

Показники	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Економічний розвиток</b>											
ВРП у розрахунку на душу населення, грн.	1869	2384	2834	3503	4318	5403	6533	6938	7309	10860	9972
Індекс промислового виробництва, відсотків	95	94	82	128	113	104	109	113	96	71	114
Індекс сільськогосподарського виробництва, відсотків	111	104	104	97	104	100	102	102	99	104	99
Частка видобувної галузі в обсягах реалізованої промислової продукції, відсотків	5	5	5	5	5	4	4	3	2	3	3
Частка обробної галузі в обсягах реалізації промислової продукції, відсотків	75	75	73	74	75	77	77	77	76	72	71
Обсяг сукупних інвестицій у основний капітал, млн. грн.	573	736	920	1308	1748	2059	2991	4317	5946	3668	13711
Коефіцієнт зносу основних фондів, відсотків	41	43	48	48	47	47	47	46	44	50	57
Обсяг науково дослідних та науково-технічних робіт, тис. грн.	23032	26532	31915	39621	44595	60091	67595	84406	97549	96409	104631
Імпорт товарів і послуг, млн. доларів США	192	340	420	972	595	606	773	1013	1401	761	1144
Експорт товарів і послуг, млн. доларів США	201	238	290	433	569	549	650	876	833	587	769
Обсяг прямих іноземних інвестицій, млн. доларів США	67	75	97	130	164	204	235	338	440	529	581
<b>Соціальний розвиток</b>											
Середня очікувана при народженні тривалість життя, років	69	70	70	70	70	70	70	70	70	71	71
Рівень зайнятості населення, відсотків	54	51	50	53	55	55	55	56	57	56	56
Доходи в розрахунку на одну особу, гривень на рік	2002	2104	2298	2941	3807	5356	6423	8230	10860	11170	14173
Рівень безробіття, відсотків	13	14	13	10	10	9	8	8	8	9	8
<b>Екологічна безпека</b>											
Обсяги викидів забруднених речовин стаціонарними джерелами в атмосферу, тис. т на рік	65	68	65	74	70	83	102	102	99	90	76
Обсяги викидів забруднених речовин нестаціонарними джерелами в атмосферу, тис. т на рік	48	47	48	49	48	52	65	76	76	74	75
Обсяги викидів забруднених речовин в атмосферу, тис. т на рік	113	115	114	124	118	135	168	178	175	164	151
Площа сільськогосподарських угідь, тис. га	542	540	539	537	535	534	533	532	530	530	529
Загальна площа лісів, тис. га	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523
Наявність промислових відходів в сховищах організованого складування та на території підприємств, тис. тонн	315	135	131	127	112	194	97	92	96	81	487439
Утворення нових відходів, тис. тонн	29	29	29	25	28	168	54	61	59	31	36378
Площа об'єктів природно-заповідного фонду, тис. га	52	55	69	69	72	72	72	73	73	73	75

На підставі розрахованих факторних навантажень (табл. 2-4) можна зробити висновок про наявність однієї першопричини формування варіації змінних. Аналіз квадратів факторних навантажень за рядками показує, які компоненти (фактори) і з якою вагою формують варіацію *i*-ої змінної. Отже, кожній змінній властива своя факторна структура. Причому, чим менше компонент навантажує змінну, тим простішою вважається її факторна структура. Отже, за даними табл. 2-4 можна зробити висновок, що практично всі змінні (показники сталого розвитку РС) мають просту факторну структуру.

Таблиця 2.

**Матриця факторних навантажень  
за показниками економічного розвитку**

Variable	Factor Loadings (Unrotated) (Spreadsheet2) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Var1	-0,922494	0,242357	-0,186039
Var2	-0,139681	-0,655305	0,651982
Var3	0,623571	0,445627	-0,439943
Var4	0,824532	0,203583	0,507798
Var5	0,226015	-0,864527	-0,379911
Var6	-0,857028	0,207818	0,243708
Var7	-0,711860	0,386280	0,523832
Var8	-0,973337	0,041359	-0,221020
Var9	-0,877383	-0,343601	0,062535
Var10	-0,894014	-0,354638	-0,151756
Var11	-0,949741	0,256368	-0,154551
Expl.Var	6,649980	1,979258	1,488907
Prp.Totl	0,604544	0,179933	0,135355

Таблиця 3.

**Матриця факторних навантажень  
за показниками соціального розвитку**

Variable	Factor Loadings (Unrotated) (Spreadsheet2) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)	
	Factor 1	Factor 2
Var1	-0,690138	0,710805
Var2	-0,897924	-0,398758
Var3	-0,951534	0,181387
Var4	0,897813	0,339814
Expl.Var	2,994047	0,812625
Prp.Totl	0,748510	0,203156

**Матриця факторних навантажень  
за показниками екологічної безпеки**

Variable	Factor Loadings (Unrotated) (Spreadsheet2 Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)	
	Factor 1	Factor 2
Var1	-0,820860	-0,504239
Var2	-0,919069	0,009172
Var3	-0,917603	-0,276786
Var4	0,973950	-0,044566
Var5	-0,681242	-0,116154
Var6	-0,386468	0,917459
Var7	-0,387777	0,916903
Var8	-0,807666	-0,018496
Expl.Var	4,725217	2,029212
Prp.Totl	0,590652	0,253652

Аналіз матриці факторних навантажень за стовпцями показує, які змінні є індикаторами  $j$ -ої компоненти. Наприклад, в категорії соціального розвитку індикаторами першої компоненти є третя, друга і четверта змінні. Причому компоненти впорядковуються за спаданням значення їх дисперсій. Незважаючи на те, що замість  $m$  змінних визначається така ж кількість компонент, внесок більшості з них в сумарну варіацію є незначним. Левова частка сумарної варіації припадає на декілька перших компонент, які й називають головними. Для точного визначення кількості головних компонент керуються правилом [5]:

- ✓ за критерієм Кайзера дисперсії факторів більші одиниці;
- ✓ повнота факторизації не менша 70%.

Таким чином, матриці факторних навантажень (табл. 2-4) представлені:

1. Категорія «Економічний розвиток» – 3 компонентами.
2. Категорії «Соціальний розвиток» та «Екологічна безпека» – двома компонентами.

Це означає, що модель головних компонент трансформувала  $m$ -вимірний простір змінних в  $l$ -вимірний простір компонент (факторів), де  $l < m$ . Тому сумарна дисперсія головних компонент менша за сумарну дисперсію простору змінних та за введеним правило перевищує 70%. Це видно з даних останнього рядка табл. 2-4: значення сумарної дисперсії головних компонент рівне 91,98, 95,17 та 84,43% відповідно для категорій економічного розвитку, соціального розвитку, екологічної безпеки. Такі значення свідчать про високий ступінь



факторизації, а отже, адекватності побудованої моделі факторного аналізу на основі методу головних компонент.

Для візуального представлення головних компонент використано графічний критерій «кам'янистий обвал», в якому кількість власних чисел кореляційної матриці (дисперсій факторів) відображено на осі абсцис, а їх значення – на осі ординат (рис. 2).

Як видно з рис. 2, значення дисперсій факторів в кожній групі стрімко зменшуються і лише три дисперсії в першій, одна в другій та дві в третій категоріях перевищують одиницю. Автором свідомо було занижено допустиму величину дисперсії факторів для категорії «Соціальний розвиток» (більше 0,8) з метою виокремлення більше ніж одного показника даної категорії.

Таким чином, на основі методу головних компонент визначено факторні навантаження та виокремлено головні компоненти, що навантажують вихідні змінні (показники сталого розвитку РС).

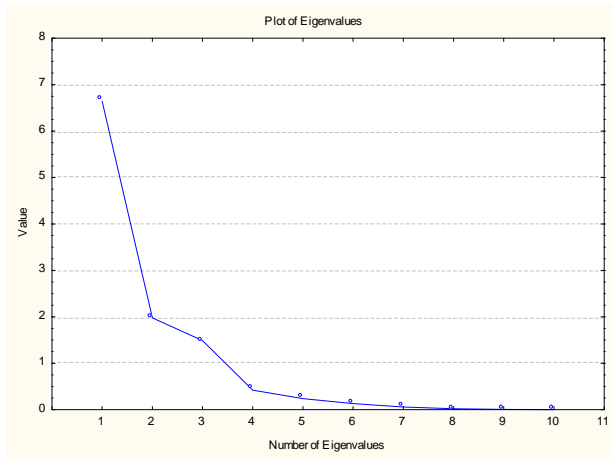
Останнім кроком реалізації моделі факторного аналізу є визначення семантики факторів або ідентифікація. Як зазначалось вище, кожна з головних компонент (факторів) пояснює значення тільки групи змінних (показників), а не всіх вихідних даних за кожною категорією. Значення інших показників пояснюється впливом інших факторів. Змінні, на значення яких впливає один фактор, виділяються наступним чином.

Для виокремленого фактора в матриці факторних навантажень виділено стовпець, елементи якого містять факторні навантаження на показники категорій. Прийнято, що фактор навантажує (пояснює) значення тих показників, які мають найбільші за абсолютною величиною значення. В табл. 2-4 такі показники виділено червоним. Вивчення семантики цих показників дозволяє сформулювати семантику фактора, який акумулює в собі інформацію про навантажувані ним показники.

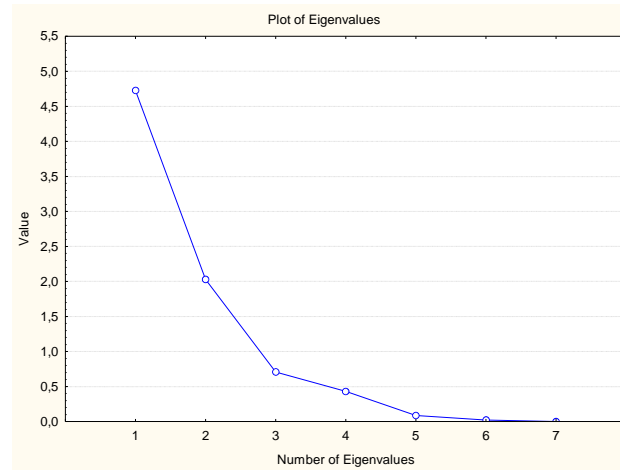
Ідентифікуємо фактори за кожною категорією окремо.

**Категорія «Економічний розвиток».** З табл. 2 видно, що виокремлено три фактори, які навантажують наступні показники (показники тут і далі наведено за ступенем спадання навантаження):

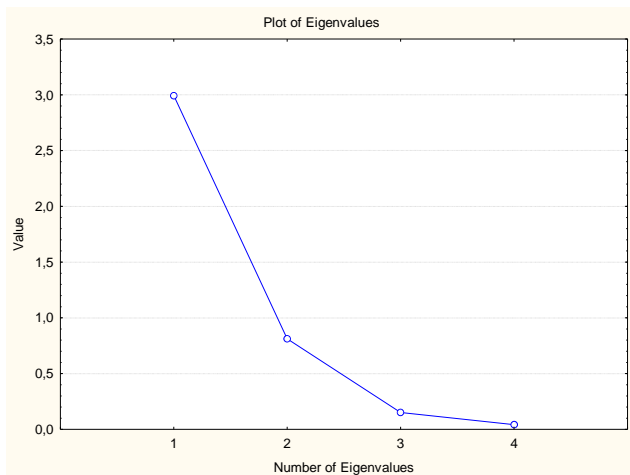
- фактор I навантажує:
  - обсяг науково дослідних та науково-технічних робіт,
  - обсяг прямих іноземних інвестицій,



*а) Категорія «Економічний розвиток»*



*в) Категорія «Екологічна безпека»*



*б) Категорія «Соціальний розвиток»*

*Рис. 2. Значення дисперсій факторів сформованих категорій*

- ВВП у розрахунку на душу населення,
- експорт товарів і послуг,
- імпорт товарів і послуг,
- обсяг сукупних інвестицій у основний капітал,
- частка видобувної галузі в обсягах реалізованої промислової продукції,
- коефіцієнт зносу основних фондів.

Тому його ідентифікуємо з першими двома показниками – обсягом науково дослідних та науково-технічних робіт та обсягом прямих іноземних інвестицій;

- фактор II – частка обробної галузі в обсягах реалізації промислової продукції;
- фактор III суттєво (більше 0,7) не навантажує ні одного показника, тому в даному стовпці немає ні однієї червоної комірки. А отже, фактор III до уваги не братимемо.

**Категорія «Соціальний розвиток».** З табл. 3 видно, що виокремлено два фактори, які навантажують наступні показники:

- фактор I навантажує:
  - доходи в розрахунку на одну особу,
  - рівень зайнятості населення,
  - рівень безробіття.

Тому його ідентифікуємо з першими двома показниками – доходами в розрахунку на одну особу та рівнем зайнятості населення.

- фактор II – середня очікувана при народженні тривалість життя.

**Категорія «Екологічна безпека».** З табл. 4 видно, що виокремлено два фактори, які навантажують наступні показники:

- фактор I навантажує:
  - площа сільськогосподарських угідь,
  - обсяги викидів нестаціонарними джерелами в атмосферу,
  - обсяги викидів забруднених речовин в атмосферу,
  - обсяги викидів стаціонарними джерелами в атмосферу,
  - площа об'єктів природно-заповідного фонду.

Тому його ідентифікуємо з першими двома показниками – площею сільськогосподарських угідь та обсягами викидів нестаціонарними джерелами в атмосферу.

- фактор II навантажує наявність промислових відходів в сховищах організованого складування та на території підприємств; утворення нових відходів. Його ідентифікуємо з першим показником.

В результаті семантики виокремлених факторів за кожною групою отримано систему показників (табл. 5).

*Таблиця 5.*

**Система показників, отримана за допомогою моделі факторного аналізу**

<b>Категорія</b>	<b>Показник</b>
Економічний розвиток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обсяг науково дослідних та науково-технічних робіт</li> <li>• обсяг прямих іноземних інвестицій</li> <li>• частка обробної галузі в обсягах реалізації промислової продукції</li> </ul>
Соціальний розвиток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• доходи в розрахунку на одну особу</li> <li>• рівень зайнятості населення</li> <li>• середня очікувана при народженні тривалість життя</li> </ul>
Екологічна безпека	<ul style="list-style-type: none"> <li>• площа сільськогосподарських угідь</li> <li>• обсяги викидів нестаціонарними джерелами в атмосферу</li> <li>• наявність промислових відходів в сховищах організованого складування та на території підприємств</li> </ul>

**Висновки.** Таким чином, побудова моделі факторного аналізу дозволила виявити взаємозв'язки між показниками вихідної сукупності. Заміна значного числа вихідних показників за кожною категорією сталого розвитку на меншу кількість факторів, що пояснюють явні і приховані залежності між значеннями вихідних показників, дозволить розробляти ефективні механізми оцінки та прогнозування сталого розвитку регіону.

## Література

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 липня 2006 р. № 1001 “Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2015 року” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>.
2. Моделирование устойчивого развития регионов: Монография / Под общей ред. Кизима Н.А. – Х.: «ИНЖЭК», 2010. – 180 с.
3. Основы устойчивого развития Харьковской области до 2020 года / [М.М. Добкин, С.И. Чернов, Ю.А. Сапронов, В.С. Пономаренко, Н.А. Кизим, С.В. Авершин]; [Монография]. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2010. – 528 с.
4. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития России / С.Н. Бобылев, П.А. Макеенко. – М.: ЦПР, 2001. – 220 с.
5. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування / А.М. Єріна; [Навч. Посібник]. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с.
6. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.