

УДК 519.711:004.8:621.513

## **ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ ЗА СУКУПНІСТЮ ЕКОЛОГО-СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МОНІТОРИНГУ**

Саричева Л.В.<sup>1</sup> Кожевніков А.В.<sup>1</sup> Рибко В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний гірничий університет, Дніпропетровськ

<sup>2</sup> Севастопольський національний університет ядерної енергії і промисловості

*sarycheval@ntu.org.ua*

Розглянуто задачу комплексного оцінювання розвитку регіонів за значеннями сукупності показників еколого-соціально-економічного моніторингу. Описано моделі визначення інтегральної оцінки розвитку регіонів, засновані на кореляційному, факторному, кластерному та геоінформаційному аналізі показників.

*Ключеві слова:* сталий розвиток, еколого-соціально-економічні показники моніторингу регіонів, факторний аналіз, кластеризація, геоінформаційні технології.

The problem of complex estimation of regions development based on values of ecologic-socio-economic monitoring indicators set is considered. Definition models of integrated estimation of regions development, based on correlation, factor, cluster, and geoinformation analysis of indicators are described.

*Keywords:* Sustainable development, ecological and socio-economic indices of regions monitoring, factor analysis, clusterization, geoinformation technologies

Рассмотрена задача комплексного оценивания развития регионов по значениям совокупности показателей эколого-социально-экономического мониторинга. Описаны модели определения интегральной оценки развития регионов, основанные на корреляционном, факторном, кластерном и геоинформационном анализе показателей.

*Ключевые слова:* устойчивое развитие, эколого-социально-экономические показатели мониторинга регионов, факторный анализ, кластеризация, геоинформационные технологии.

### **Вступ**

Однією з пріоритетних задач світового суспільства на ХХІ століття Організація Об'єднаних Націй проголосила розв'язання проблеми сталого розвитку. Тому виникла задача кількісної оцінки рівня сталого розвитку регіонів, моніторингу екологічних, соціальних, економічних показників, розробки системи інтегральних показників.

Для комплексного аналізу стану розвитку регіонів доцільно конструювати інтегральні оцінки для груп первинних показників, які дають інформаційну підтримку особі, що приймає рішення [1-3]. При цьому доцільно отримати загальну картину розподілу регіонів за такими синтетичними оцінками, агрегований вигляд первинних показників на мапі території регіонів.

Аналізу екологічних і економічних показників регіонів присвячено чимало публікацій [1, 4]. Разом з тим змістовне інтегральне оцінювання регіонів за результатами моніторингових спостережень, з якого зроблено корисні

висновки, знайдено закономірності між показниками, згенеровано нові знання, завжди є актуальним дослідженням.

В роботі описано інтегральний аналіз показників двох тематичних сюжетів, перший з яких пов'язаний з впливом на здоров'я населення деяких еколого-економічних показників, а другий – з формуванням небезпечних геологічних явищ. Для отримання інтегральних оцінок використовується факторний аналіз [5]. За результатами факторного аналізу проводиться районування території. Результати районування відображуються за допомогою геоінформаційних технологій у вигляді геоіконічних моделей, для побудови яких використовуються рангові картограми [6].

### Постановка задачі

Нехай  $x_{ij}$  – виміри еколого-економічних показників, що характеризують задану множину регіонів у певний момент часу ( $i=1, 2, \dots, n$  – номер регіону,  $n$  – число регіонів,  $j=1, 2, \dots, m$  – номер показника). Вхідні дані являють собою матрицю  $(\mathbf{X}_1: \mathbf{X}_2: \dots: \mathbf{X}_m)$  типу «об'єкт-ознака»,  $\mathbf{X}_j=(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})^T$  – вектор-стовпець значень  $j$ -го показника для  $n$  регіонів,  $\mathbf{X}^i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$  – вектор-строка значень  $m$  показників  $i$ -го регіону,  $j=1, 2, \dots, m$ ;  $i=1, 2, \dots, n$ .

Необхідно провести інтегральний аналіз стану розвитку регіонів за значеннями сукупності показників еколого-економічного моніторингу, поєднаних змістовною залежністю в рамках заданої проблеми, тобто показників заданого тематичного сюжету. На підставі комплексного оцінювання одержати районування території регіонів і розробити відповідні геоіконічні моделі.

### Інтегральний аналіз тематичного сюжету «Вплив на здоров'я населення деяких еколого-економічних показників»

Дослідження проведено за такими показниками регіонів України за 2002 рік [7, 8]:  $X_1$  – частка міського населення, %;  $X_2$  – виробництво промислової продукції на одну особу, грн;  $X_3$  – загальна кількість викидів в атмосферне повітря, тис. т.;  $X_4$  – кількість викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т.;  $X_5$  – кількість викидів в атмосферне повітря від автотранспорту, тис. т.;  $X_6$  – кількість хімічно небезпечних об'єктів;  $X_7$  – лісистість регіону, %;  $X_8 - X_{10}$  – рівень захворюваності дорослого, підліткового, дитячого населення (кількість випадків на 10 тис. населення);  $X_{11} - X_{15}$  – рівень захворюваності системи кровообігу, органів дихання, новоутворення, ендокринної системи та порушення обміну речовин, крові і кровотворних органів (кількість випадків на 10 тис. населення).

Перед проведенням аналізу з метою усунення впливу масштабу та розмірності показників, здійснено їх стандартизацію (для вибірки з 27-ми регіонів України) за співвідношенням

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j},$$

де  $i, j$  – відповідно індекс регіону та показника,  $x_{ij}$ ,  $z_{ij}$  – вихідне та стандартизоване значення показника відповідно,  $\bar{x}_j$  – середнє значення показника,  $\sigma_j$  – вибіркоче середньоквадратичне відхилення показника.

В табл. 1 наведено коефіцієнти парної кореляції показників  $X_1 - X_{15}$ . Жирним шрифтом показано коефіцієнти, що є значимими для рівня значимості  $\alpha=0,05$ .

Таблиця 1

Коефіцієнти парної кореляції показників  $X_1 - X_{15}$

Індекс показника	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,00	<b>0,65</b>	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>	<b>0,71</b>	<b>0,51</b>	<b>-0,68</b>	-0,17	0,04	-0,02	0,20	-0,31	<b>0,51</b>	<b>-0,52</b>	-0,30
2		1,00	<b>0,65</b>	<b>0,60</b>	<b>0,74</b>	<b>0,52</b>	<b>-0,43</b>	-0,15	0,02	-0,43	0,10	-0,27	0,36	<b>-0,44</b>	-0,31
3			1,00	<b>0,99</b>	<b>0,81</b>	<b>0,66</b>	-0,28	-0,07	0,05	-0,05	-0,32	-0,34	0,25	<b>-0,42</b>	-0,23
4				1,00	<b>0,75</b>	<b>0,62</b>	-0,23	-0,07	0,05	-0,04	-0,37	-0,36	0,21	<b>-0,40</b>	-0,21
5					1,00	<b>0,75</b>	<b>-0,45</b>	-0,14	0,02	-0,11	-0,10	-0,26	0,45	<b>-0,44</b>	-0,30
6						1,00	-0,32	-0,06	0,04	-0,09	-0,17	-0,30	0,14	<b>-0,43</b>	-0,36
7							1,00	0,02	-0,11	0,10	-0,37	0,13	<b>-0,58</b>	<b>0,49</b>	0,28
8								1,00	<b>0,81</b>	<b>0,63</b>	0,23	0,25	-0,02	<b>0,39</b>	0,22
9									1,00	<b>0,50</b>	0,23	0,19	0,17	0,31	0,15
10										1,00	0,05	<b>0,41</b>	-0,04	0,26	0,35
11											1,00	0,26	<b>0,58</b>	0,32	0,15
12												1,00	-0,19	<b>0,41</b>	0,16
13													1,00	-0,01	0,10
14														1,00	<b>0,45</b>
15															1,00

На рис. 1 наведено результати аналізу даних методом головних компонент. Регіони України представлено в системі координат перших двох компонент. В табл. 2 представлено отримані значення факторних навантажень.

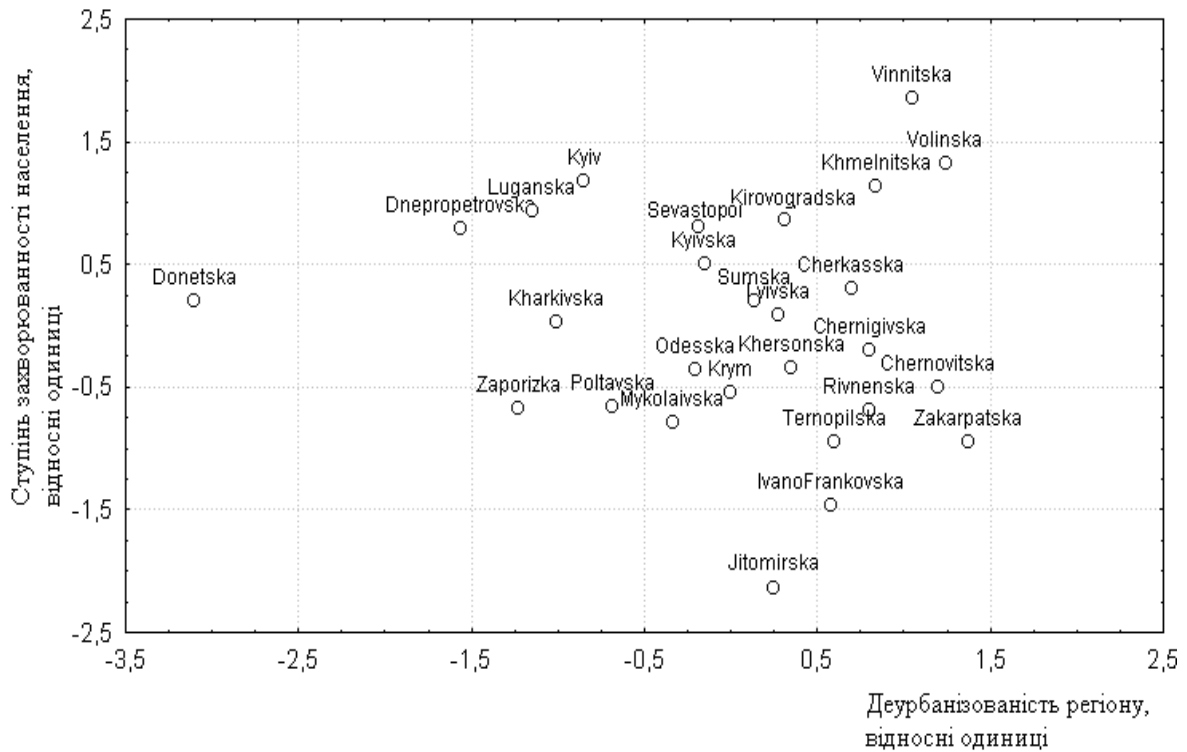


Рис. 1. Результати аналізу головних компонент тематичного сюжету «Вплив на здоров'я населення деяких еколого-економічних показників»

Таблиця 2

Факторні навантаження показників X1 – X15

Індекс фактора	Індекс показника														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-0,79	-0,81	-0,84	-0,80	-0,89	-0,75	0,58	0,30	0,11	0,32	0,13	0,49	-0,41	0,68	0,46
2	0,28	0,10	0,09	0,06	0,19	0,07	-0,36	0,75	0,80	0,61	0,59	0,31	0,53	0,33	0,28

Результати кореляційного та факторного аналізу показників, що можуть впливати на здоров'я населення регіонів України, дозволяють зробити наступні висновки:

– присутня значна кореляція між показниками  $X_1 - X_6$ , що характеризують рівень урбанізованості регіону та їх антикореляція з показником  $X_7$  (лісистість регіону). Така антикореляція для України пояснюється тим, що промислово розвинені регіони сходу та півдня України розташовані в степовій зоні;

– має місце значна кореляція між показниками  $X_8 - X_{10}$  (рівні захворюваності різних вікових груп населення);

– для показників, що характеризують рівень урбанізованості регіону, та показником  $X_{13}$  (рівень захворюваності на новоутворення) має місце значна кореляція, а показником  $X_{14}$  (рівень захворюваності ендокринної системи та порушення обміну речовин) – антикореляція (тобто міське населення частіше

піддається захворюванню на новоутворення, а сільське – ендокринним захворюванням);

– з урахуванням для першого фактору значних негативних коефіцієнтів факторних навантажень щодо показників  $X_1 - X_6$  і позитивного коефіцієнту щодо показника  $X_7$ , фактор може бути інтерпретовано як деурбанізованість регіону;

– з урахуванням для другого фактору значних позитивних коефіцієнтів факторних навантажень щодо показників  $X_8 - X_{11}$ ,  $X_{13}$ , фактор може бути інтерпретовано як ступінь захворюваності населення регіону;

– результати факторного аналізу дозволяють наглядно відобразити залежність між рівнем урбанізованості та ступенем захворюваності населення регіонів з урахуванням впливу всіх розглянутих чинників.

За допомогою програмного середовища ArcGIS [9] отримано відповідну карту класів (рис. 2). Чотири класи виділяються у залежності від знаків змінних-факторів:

**1** – деурбанізованість '+', ступінь захворюваності '+' (Вінницька, Волинська, Кіровоградська, Львівська, Сумська, Хмельницька, Черкаська області);

**2** – деурбанізованість '-', ступінь захворюваності '+' (Донецька, Дніпропетровська, Київська, Луганська, Харківська області, м. Київ та Севастополь);

**3** – деурбанізованість '-', ступінь захворюваності '-' (Запорізька, Миколаївська, Одеська, Полтавська області та автономна республіка Крим);

**4** – деурбанізованість '+', ступінь захворюваності '-' (Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Рівненська, Тернопільська, Херсонська, Чернівецька, Чернігівська області).



Рис. 2. Районування за результатами факторного аналізу показників  $X_1 - X_{15}$

**Інтегральний аналіз тематичного сюжету «Вплив на формування небезпечних геологічних явищ деяких еколого-економічних показників»**

Дослідження проведено за показниками регіонів України за 2003 рік:

$X_1$  – виробництво промислової продукції на одну особу, гривні;

$X_2$  – об'єм забору води з поверхневих джерел, млн. куб. м;

$X_3$  – об'єм забору води з підземних джерел, млн. куб. м;

$X_4$  – об'єм скидання зворотних вод, млн. куб. метрів;

$X_5$  – лісистість регіону, відсотки;

$X_6$  – площа зсувів, кв. км;

$X_7$  – площа поширення лесових порід, що схильні до просідання, кв. км;

$X_8$  – площа ураженості яружною ерозією, кв. км;

$X_9$  – площа поширення карстових явищ, кв. км.

Показники аналізувались так, як і для попереднього тематичного сюжету. В табл. 3 наведено коефіцієнти парної кореляції показників, що можуть впливати на формування небезпечних геологічних явищ. Жирним шрифтом показано коефіцієнти, що є значимими для рівня значимості 0,05.

Таблиця 3.

Коефіцієнти парної кореляції показників тематичного сюжету «Вплив на формування небезпечних геологічних явищ деяких еколого-економічних показників»

Індекс показника	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,00	<b>0,51</b>	<b>0,52</b>	<b>0,77</b>	<b>-0,43</b>	-0,31	0,31	0,20	0,12
2		1,00	0,35	<b>0,85</b>	<b>-0,50</b>	-0,26	0,28	<b>0,52</b>	0,13
3			1,00	<b>0,55</b>	-0,25	-0,19	-0,17	<b>0,56</b>	<b>0,55</b>
4				1,00	-0,39	-0,24	0,26	0,38	0,15
5					1,00	<b>0,42</b>	<b>-0,56</b>	<b>-0,47</b>	-0,14
6						1,00	-0,35	-0,23	-0,34
7							1,00	-0,02	<b>-0,41</b>
8								1,00	0,35
9									1,00

На рис. 3 наведено результати аналізу даних методом головних компонент. Регіони України представлені в системі координат перших двох компонент.

В табл. 4 наведено отримані значення факторних навантажень.

Таблиця 4.

Факторні навантаження показників, що можуть впливати на формування небезпечних геологічних явищ в регіонах України

Індекс фактора	Індекс показника								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-0,76	-0,81	-0,68	-0,85	0,70	0,52	-0,34	-0,65	-0,37
2	0,15	0,13	-0,55	0,07	-0,33	-0,12	0,85	-0,33	-0,74

Оскільки фактори деурбанізованості, що отримані при аналізі даного та попереднього тематичних сюжетів базуються на основі різних систем вихідних показників регіонів, значення цих факторів можуть незначно відрізнятися.

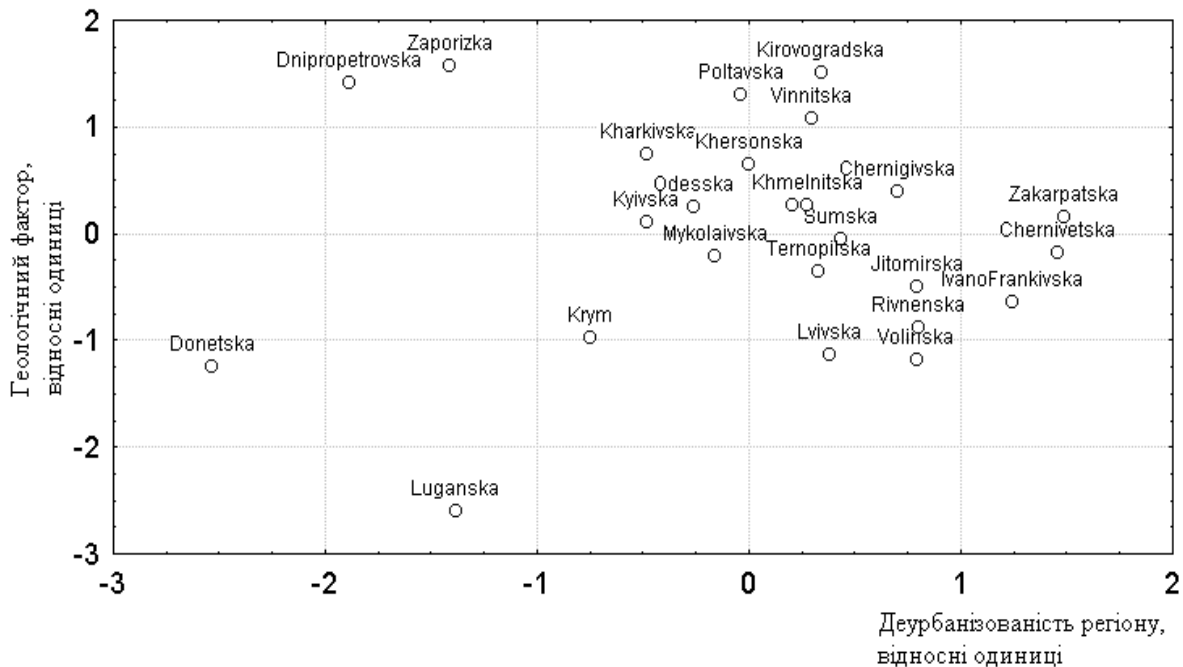


Рис. 3. Результати аналізу головних компонент показників тематичного сюжету «Вплив на формування небезпечних геологічних явищ деяких еколого-економічних показників»

Результати кореляційного та факторного аналізу показників (що можуть впливати на формування небезпечних геологічних явищ) регіонів України дозволяють зробити наступні висновки:

- присутня значна кореляція між показниками  $X_1 - X_4$ , що характеризують рівень урбанізованості регіону та їх антикореляція з показником  $X_5$  (лісистість регіону);

- присутня кореляція між показником  $X_5$  (лісистість) і показником  $X_6$  (площа зсувів); зсуви характерні для регіонів з гірською місцевістю, де наявна висока лісистість;

- присутня значна антикореляція між показником  $X_5$  (лісистість) і показниками  $X_7$  (площа поширення лесових порід, що схильні до просідання) та  $X_8$  (площа ураженості яружною ерозією); Лесові породи найбільш поширені у степових регіонах центру України, де найбільш розповсюджена яружна ерозія;

- значна кореляція між показником  $X_8$  та показниками  $X_2$  і  $X_3$  (об'єм забору води з поверхневих джерел та об'єм забору води з підземних джерел), а також між показником  $X_9$  (площа поширення карстових явищ) та показником  $X_3$  вказує на наявність зв'язку між інтенсивністю водокористування та формуванням яружної ерозії та карстових явищ;

- антикореляція між показниками  $X_7$  та  $X_9$  означає, що карстові явища не характерні для лесових ґрунтів; вказане положення певним чином підтверджує

надійність даних, що використані і коректність проведеного аналізу, оскільки карстові явища характерні для вапняків;

– з урахуванням для першого фактору значних негативних коефіцієнтів факторних навантажень щодо показників  $X_1 - X_4$  і позитивного коефіцієнту щодо показника  $X_5$ , фактор може бути інтерпретовано як деурбанізованість регіону;

– з урахуванням для другого фактору значного позитивного коефіцієнту факторного навантаження щодо показника  $X_7$  і негативного коефіцієнту факторного навантаження щодо показника  $X_9$ , фактор може бути інтерпретовано як геологічний;

– результати факторного аналізу дозволяють наглядно відобразити залежність між рівнем урбанізованості та геологічним фактором з урахуванням впливу всіх розглянутих чинників.

Для виділення регіонів, які розташовані компактно у вибраному просторі показників, що можуть впливати на формування небезпечних геологічних явищ, проведено кластеризацію регіонів за ієрархічним агломеративним методом повного зв'язку з використанням евклідової метрики (рис. 4) [10].

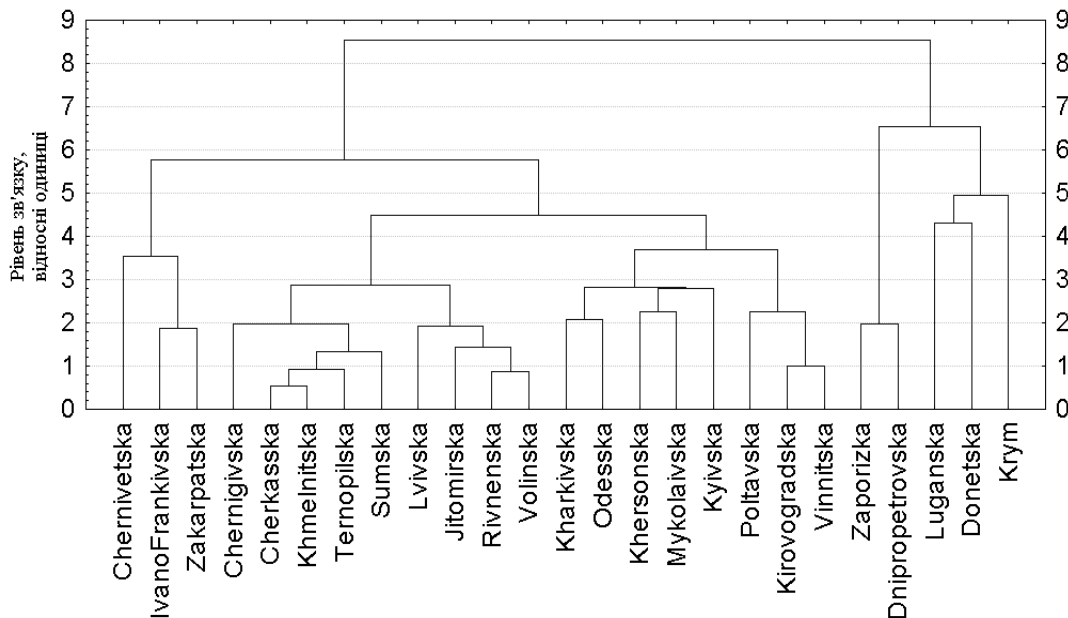


Рис. 4. Дендрограма кластеризації регіонів України за показниками, що можуть впливати на формування небезпечних геологічних явищ

З приведеної дендрограми випливає, що для рівня зв'язку  $\rho=4,25$ , який становить половину від максимального, виділяється шість кластерів:

1) Карпатський – Івано-Франківська, Закарпатська та Чернівецька області (Львівська область не входить до нього внаслідок відносно високого рівня урбанізації); для кластеру характерний низький рівень урбанізації, з іншого боку характерна значна площа зсувів, що пояснюється великим відсотком гірської місцевості, низька поширеність карстових явищ та яружною ерозії;



2) Північно-Західний – Волинська, Житомирська, Львівська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська області; характерний відносно низький рівень урбанізації, висока поширеність карстових явищ та зсувів, низька поширеність лесових порід та яружної ерозії;

3) Центральний – Вінницька, Кіровоградська, Київська, Миколаївська, Одеська, Полтавська, Харківська, Херсонська області; характерний середній рівень урбанізації, висока поширеність лесових порід, середня поширеність зсувів, карстових явищ та яружної ерозії;

4) Придніпровський – Дніпропетровська та Запорізька області; характерний високий рівень урбанізації, висока поширеність лесових порід, середня поширеність карстових явищ та яружної ерозії, низька поширеність зсувів;

5) Східний – Донецька та Луганська області; характерний високий рівень урбанізації, висока поширеність карстових явищ та яружної ерозії, низька поширеність зсувів та лесових порід;

6) Кримський – внаслідок специфічної геології автономна республіка Крим виділяється в окремий кластер; характерний середній рівень урбанізації, висока площа зсувів та поширення карстових явищ, низький рівень поширеності лесових порід.

На рис. 5 наведено відповідну карту кластеризації регіонів України.



Рис. 5. Кластеризація регіонів України за показниками тематичного сюжету «Вплив на формування небезпечних геологічних явищ деяких еколого-економічних показників»

**Висновок.** В роботі розглянуто задачу комплексного оцінювання стану розвитку регіонів за значеннями сукупності показників еколого-економічного моніторингу. Описано моделі визначення інтегральної оцінки розвитку регіонів, засновані на кореляційному, факторному, кластерному та геоінформаційному аналізі показників.

### Література

1. Людський розвиток регіонів України: методика оцінки та сучасний стан / Ліба-нова Е.М., Власенко Н.С., Власюк О.С. та ін. – Київ: СПД Савчина, 2002. – 123 с.
2. Степашко В.С., Мельник І.М. Синтез інтегральної оцінки стану складної системи взаємозв'язаних первинних показників // Матер. наук.-практ. конф. „Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій”, Євпаторія, 15-19 травня 2006 р.: в 4-х т. – Херсон: Вид-во Херсонського морського інституту, 2006. – Том 2. – С. 148-153.
3. Степашко В.С., Мельник І.М., Кваша Т.К., Волощук Р.В. Моделі розрахунку інтегрального індексу для груп первинних економічних показників // Науково-технічна інформація. – 2005. – № 2. – С. 8-12.
4. Сарычева Л.В. Компьютерный эколого-социально-экономический мониторинг регионов. Математическое обеспечение: Монография. – Днепропетровск: НГУ, 2003. – 222 с.
5. Лоули Д., Максвелл А., Факторный анализ как статистический метод. – М.: “Мир”, 1967. – 144 с.
6. Сарычева Л.В. Компьютерный эколого-социально-экономический мониторинг регионов. Геоинформационное обеспечение: Монография. – Днепропетровск: НГУ, 2003. – 174 с.
7. Державний комітет статистики України. Річна статистична інформація // Ел. ресурс. – URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
8. Моніторинг соціально-економічного розвитку регіонів України за 2002 рік. Міністерство економіки та з питань європейської інтеграції України. Департамент регіональної політики. ДНДПМЕ. Київський центр Інституту Схід-Захід. Київ: Міленіум, 2003. – 211 с.
9. ArcGIS Geostatistical Analyst. Руководство пользователя. Пер. с англ. – ESRI. – М.: ГФ МГУ, 2002. – 278 с.
10. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия. Пер. с франц. – М.: Финансы и статистика. 1988. – 342 с.