

## **Кластерний аналіз біоенергетичного потенціалу областей України**

*Метою дослідження є виділення однорідних груп областей, які найбільш придатні для розвитку сировинної бази, необхідної для виробництва біопалива. Регіони України відрізняються за рівнем економічного розвитку, а також природно-кліматичними умовами, які визначають можливість вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур. Відтак для оцінки біоенергетичного потенціалу областей використано кластерний аналіз – один із способів класифікації об'єктів за їх ознаками.*

*Зазвичай сировиною для виробництва рідкого біопалива є кукурудза і ріпак. З огляду на це, показник урожайності цих двох культур взятий за основу при проведенні класифікації областей. Для виявлення найбільш придатної області для вирощування біоенергетичних культур використано також усереднені економічні показники областей України, а саме собівартість та ціну реалізації 1 центнера зерна кукурудзи та ріпаку.*

*Як свідчать результати проведеного дослідження, найбільш придатними для вирощування сільськогосподарських культур, які використовуються в якості сировини у галузі біоенергетики, є Волинська, Тернопільська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Чернігівська області, оскільки ці області входять до найчисельнішого кластеру за показниками, використаними автором при проведенні кластерного аналізу.*

**Ключові слова:** біоенергетичний потенціал, біопаливо, кластери, кластерний аналіз.

## **Кластерный анализ биоэнергетического потенциала областей Украины**

*Целью исследования является выделение однородных групп областей, которые наиболее пригодны для развития сырьевой базы, необходимой для производства биотоплива. Регионы Украины отличаются по уровню экономического развития, а также природно-климатическими условиями, которые определяют возможность выращивания тех или иных сельскохозяйственных культур. Поэтому для оценки биоэнергетического потенциала областей автор использовал кластерный анализ - один из способов классификации объектов по их признакам.*

*Обычно сырьем для производства жидкого биотоплива являются кукуруза и рапс. Учитывая это, показатель урожайности этих двух культур взят за основу при проведении классификации областей. Для выявления наиболее подходящей области для выращивания биоэнергетических культур использовано также усредненные экономические показатели областей Украины, а именно себестоимость и цену реализации 1 центнера зерна кукурузы и рапса.*

*Как свидетельствуют результаты проведенного исследования, наиболее подходящими для выращивания сельскохозяйственных культур, которые используются в качестве сырья в отрасли биоэнергетики, является Волынская, Тернопольская, Житомирская, Хмельницкая, Винницкая, Черниговская области, поскольку эти области входят в многочисленный кластер по всем показателям, которые использованы автором при проведении кластерного анализа.*

**Ключевые слова:** биоэнергетический потенциал, биотопливо, кластеры, кластерный анализ.

## **Cluster Analysis of Bioenergetic Potential in Regions of Ukraine**

*The research has its purpose to identify similar groups of regions most suitable for biofuel raw base development. The regions of Ukraine differ in level of economic development as well as natural and climatic conditions that are to define the possibility of growing particular crops. Thus, for evaluation of the regions bioenergetics potential the author has used cluster analysis as one of the object-features classification method.*

*Normally, they are corn and rape that serve the raw materials for liquid biofuel production. Allowing for this*

*fact, the crop capacity index for these two crops is taken as the basis while carrying out regions classification. In order to determine the most suitable region for growing bioenergetics crops the averaged economic indicators of Ukrainian regions have been used, namely net cost and price for sale of 1 centner of corn and rape grains.*

*According to the results of the research done the most suitable regions for growing crops to be used as the bioenergetics raw are Volyn, Ternopil, Zhitomir, Khmelnytsk, Vinnitsa and Chernihiv since these regions are included among the comprehensive cluster according to every criterion the author used in carrying out cluster analysis.*

**Keywords:** *bioenergetics potential, biofuel, clusters, cluster analysis.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні в світі особливої гостроти набуло питання енергетичної безпеки, оскільки, одним із лімітуючих ресурсів у часі є невідновлювані мінеральні джерела енергії. Як прогнозують експерти, споживання мінеральних носіїв енергії надалі лише зростатиме, особливо в країнах з перехідною економікою та країнах, що розвиваються. Економічне зростання в цих країнах буде базуватись виключно на використанні мінеральних носіїв енергії. З огляду на це, все більше країн роблять ставку на біопаливо.

Біоенергетика набуває все більшої популяризації і в Україні. Однак, ведуться дискусії, з приводу того в яких регіонах найкраще вирощувати енергетичні культури, оскільки розроблення заходів щодо впровадження біоенергетичного виробництва не може базуватись на єдиному підході для всіх регіонів України. Відтак актуальним питанням є визначення однорідних груп регіонів з метою виявлення найбільш придатних областей для вирощування енергетичних культур і виробництва біопалива. Класифікувати регіони за ступенем однорідності можна за допомогою кластерного аналізу, оскільки саме він дозволяє сформувати групи (кластери) за ступенем схожості досліджуваних об'єктів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми розвитку біоенергетики та біопалива на державному та регіональному рівнях досліджували такі вчені як: Г.М. Калетнік, П.Т. Саблук, Ф.Ф. Адаменя, О.О. Митченко, Д.І. Нікітчин, А.А. Побережна, Я.О. Серіков, О.М. Пархоменко, В.А. Герасимович, В.О. Дубровін, Г.І. Ковтун, О.Г. Макачук, О.М. Щербин, Г.М. Забарний, В.П. Ситник та інших. Як свідчить аналіз їх публікацій, науковці приділяють велику увагу дослідженню теоретичних та практичних проблем застосування методів кластерного аналізу, однак відсутні спроби виявлення найбільш придатних областей для вирощування енергетичних культур і виробництва біопалива на основі використання кластерного аналізу, що й обумовлює актуальність даної статті.

**Метою статті** є виділення однорідних груп областей, які найбільш придатні для розвитку сировинної бази, необхідної для виробництва біопалива.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сьогодні питання розвитку альтернативної та біоенергетики набуває все більшої актуальності, у зв'язку з визначальними чинниками розвитку світової економіки та глобальними змінами природного характеру, а для України біоенергетика залишається

одним із найбільш перспективних і мало розвіданих напрямків.

Згідно оцінок вітчизняних науковців щорічний теоретичний потенціал рослинної біомаси складає близько 45 млн. тонн умовного палива. Маючи такий вагомий потенціал рослинної біомаси, в країні виробляється близько четвертої частини її теоретичного потенціалу. Розвиток даної галузі в майбутньому зможе забезпечити повне заміщення використання мінерального палива біологічним в сільськогосподарській галузі.

Характеризуючи розвиток біоенергетичного потенціалу в Україні, слід зазначити, що регіони нашої країни є неоднорідними, адже мають свої неповторні особливості, що зумовлюють диференціацію за рівнем економічного розвитку, демографічною ситуацією, екологічною ситуацією. Тому для оцінки біоенергетичного потенціалу областей країни доцільно використати кластерний аналіз.

В економічному словнику подано таке визначення: «Кластер (англ. *Cluster*) – група об'єктів в розпізнаванні образів, об'єднаних спільними ознаками» [8]. Н. А. Волкова зазначає, що кластерний аналіз - один із способів класифікації об'єктів за їх ознаками» [1]. Кластерний аналіз є багатовимірною статистичною процедурою, яка передбачає збір даних, що зберігають інформацію про вибірку об'єктів, та упорядкування об'єктів у порівняно однорідні групи» [2]. За результатами проведеного аналізу спеціальної літератури щодо напрямів використання кластерного аналізу в практичній діяльності господарюючих суб'єктів ринку було встановлено, що сфера використання цього методу є доволі широкою [5].

Кластерний аналіз – це сукупність методів, що дозволяють класифікувати багатомірні спостереження, кожне з яких описується набором вихідних змінних  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Метою кластерного аналізу є утворення груп схожих між собою об'єктів, які прийнято називати кластерами.

Більшість науковців сходяться в думці, що кукурудза і ріпак є основними енергетичними культурами, з яких найраціональніше виробляти рідке біопаливо. Саме тому за основу при проведенні класифікації областей ми обрали показник урожайності цих двох культур. Крім того, для виявлення найбільш придатної області для вирощування біоенергетичних культур використано також усереднені економічні показники областей України за 2012 рік, а саме: собівартість та ціну реалізації зерна кукурудзи та ріпаку (табл. 1).

## Показники діяльності аграрних підприємств країни за 2012р

Область	Урожайність, ц		Середня ціна реалізації 1ц. грн.		Собівартість 1ц. грн.	
	Кукурудза	Ріпак	Кукурудза	Ріпак	Кукурудза	Ріпак
Вінницька область	58,5	21,9	149,28	386,44	128,31	318,47
Волинська область	72,9	28,1	152,84	385,54	131,51	298,47
Дніпропетровська область	17,3	13,3	150,16	375,54	163,56	352,43
Донецька область	23,9	8,0	142,31	363,46	137,11	337,28
Житомирська область	72,0	22,6	143,72	373,45	115,34	298,59
Закарпатська область	43,9	25,6	137,52	388,24	121,74	365,29
Запорізька область	15,6	12,7	145,98	374,13	154,31	385,14
Івано-Франківська область	59,4	24,4	153,18	392,19	136,96	279,90
Київська область	68,1	26,6	149,75	367,31	118,23	250,32
Кіровоградська область	36,5	18,5	152,66	392,01	126,69	282,72
Крим	67,1	13,4	146,41	361,59	127,00	378,44
Луганська область	29,4	12,8	142,60	366,45	121,23	237,46
Львівська область	61,7	26,8	158,91	455,49	146,18	395,49
Миколаївська область	24,9	12,5	176,18	451,38	127,46	307,31
Одеська область	16,9	13,1	154,34	368,17	174,37	344,13
Полтавська область	47,2	23,4	157,02	368,00	132,97	366,41
Рівненська область	71,7	23,3	148,23	392,60	137,87	358,48
Сумська область	57,5	20,6	140,33	389,79	113,77	343,73
Тернопільська область	71,4	23,5	145,79	380,98	119,06	312,53
Харківська область	34,5	16,0	145,12	373,01	143,50	361,22
Херсонська область	49,6	10,0	182,05	380,59	156,77	279,96
Хмельницька область	69,1	22,4	155,09	393,33	131,39	356,09
Черкаська область	66,0	29,3	150,56	382,96	117,65	292,52
Чернігівська область	62,0	22,1	150,18	407,75	124,03	320,25
Чернівецька область	55,0	21,1	147,50	402,55	159,91	365,83

Джерело: Державна служба статистики України, [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua) [6].

Методика визначення однорідних областей – кластера базується на теорії кластерного аналізу з використанням ієрархічного методу класифікації. В нашому дослідженні кластер областей – це група територіальних одиниць (областей), що мають подібну урожайність, ціну реалізації та собівартість 1 ц зерна кукурудзи та ріпаку. У розрахунку використано метод деревовидної кластеризації, який зазвичай використовується при формуванні кластерів неспівпадінь або при наявності відстані між об'єктами.

Алгоритм методу ієрархічної кластеризації включає порядок дій, на початку якого формується матриця спостережень  $m \times n$ . Вихідна множина складається з  $m$  елементів, що описані  $n$  параметрами; кожен її рядок можна інтерпретувати як точку або вектор, що розміщений в  $n$ -мірному просторі з координатами, що дорівнюють значенням  $n$  ознак для окремої області, що розглядається. В матриці спостережень  $m$  – кількість об'єктів класифікації (областей);  $n$  – число ознак об'єктів;  $m \times n$  – значення ознак  $n$  для  $m$  областей. Для розрахунку відстаней між об'єктами існує велика кількість методів класифікації, які після здійснення класифікації об'єктів дають приблизно такі самі результати. До таких методів можна віднести, наприклад, об'єднання кластерів, у яких будь-які два об'єкти найближчі один до одного, або об'єднання із визначенням відстаней між найбільш віддаленими об'єктами в кластері. Для

класифікації областей нами використані відстані між об'єктами з двох кластерів, які найбільш віддалені один від одного та представляють собою геометричну відстань між об'єктами у багатовимірному просторі. Обчислюється вона по вихідним не стандартизованим даним і повинна бути вимірювана в одному масштабі (показники урожайності - в центнерах, собівартість та середня ціна реалізації 1 ц продукції – в гривнях). Цей метод називається методом «повного зв'язку» та ефективний у випадку, коли дійсно існують відмінні одна від одної групи об'єктів. Розрахунок елементів матриці відстаней з урахуванням всіх елементів матриці спостережень виконувався за формулою евклідової відстані, яка розраховується як:

$$re(X_i, X_j) = [\sum_k (x_{ik} - x_{jk})^2]^{1/2} \quad (1.1)$$

де,  $X_i, X_j$  - координати  $i$ -го і  $j$ -го об'єктів в  $k$ -мірному просторі, а  $x_{ik} - x_{jk}$  - величина  $k$ -го компоненти у  $i$ -го ( $j$ -го) об'єкта ( $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $i, j = 1, 2, \dots, m$ ) [6]. Тобто,  $x_i$  та  $x_j$  це місце областей відносно одна одної в  $k$ -мірному просторі, який представлений сукупністю показників, за допомогою яких проводиться групування областей у кластери. Для розрахунку матриці відстаней використано показники урожайності кукурудзи та ріпаку в регіонах України. Результати розрахунків матриці відстаней наведено в табл. 2. Для класифікації розрахунки проведено в програмному забезпеченні пакету STATISTICA 8.0

Таблиця 2

## Фрагмент матриці відстаней класифікації областей

Область	Вінницька	Волинська	Дніпропетровська	Донецька		Чернігівська	Чернівецька
Вінницька	0,0	5,4	30,1	37,4		10,7	16,7
Волинська	5,4	0,0	26,7	34,0		9,5	13,6
Дніпропетровська	30,1	26,7	0,0	7,4		19,9	13,4
Донецька	37,4	34,0	7,4	0,0		27,2	20,7
Чернігівська	10,7	9,5	19,9	27,2		0,0	6,9
Чернівецька	16,7	13,6	13,4	20,7		6,9	0,0

З даних табл. 2 можемо побачити, що відстань між Донецькою та Волинською областю, Донецькою та Вінницькою областю найбільша. З огляду на це, припускаємо, що дані області знаходяться в різних кластерах та мають найменший ступінь однорідності за показниками урожайності кукурудзи та ріпаку. Оскільки відстань між Вінницькою областю та Волинською найменша, можемо припустити, що дані області входять до одного кластеру і є найбільш однорідними серед даного фрагменту матриці відстаней класифікації областей.

Результатом проведення кластерного аналізу є створення наочного відображення структури кластерів областей, які утворюють об'єкти класифікації. Її створюють за рахунок об'єднання областей у великі кластери, використовуючи визначену міру схожості. Дендрограма класифікації областей наведена на рис. 1. Вздовж вертикальної осі наведено назви областей, що підлягають класифікації, а вздовж горизонтальної осі відкладені відстані між об'єднаними об'єктами, при цьому відбувається поступове послаблення критерію об'єднання, тобто, зниження граничного рівня критерію об'єднання двох об'єктів до одного кластеру. В результаті ослаблення критерію відбувається агрегація кластерів, які мають в своїй структурі все більш відмінні об'єкти.

В результаті проведення розрахунку за показниками урожайності зерна кукурудзи та ріпаку можна виділити чотири кластера областей:

Кластер №1: Луганська, Донецька, Одеська, Запорізька область.

Кластер №2: Закарпатська, Дніпропетровська, Миколаївська, Івано-Франківська, Рівненська, Харківська, Чернівецька, Херсонська область.

Кластер №3: Київська, Полтавська, Черкаська області та Автономна Республіка Крим.

Кластер №4: Волинська, Тернопільська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Кіровоградська, Сумська, Львівська, Чернігівська області.

Після наступного процесу об'єднання кластерів їх стало два і наше припущення про те, що Донецька область та Вінницька, Донецька та Волинська область найменш однорідні виявилось правильним, оскільки після останнього етапу об'єднання дані області ввійшли до різних кластерів, а Волинська та Вінницька область навпаки ввійшли до одного кластеру, з огляду на це, можемо зробити висновок про однорідність даних областей за показником урожайності ріпаку та кукурудзи.

Наступним етапом визначення найтипівішого регіону країни є проведення кластеризації областей України за показниками середньої ціни реалізації та собівартості зерна кукурудзи та ріпаку. Для класифікації областей нами використано метод повного зв'язку, а розрахунок елементів матриці відстаней виконано за формулою евклідової відстані. Результати кластерного аналізу за економічними показниками відображено на рис. 2.

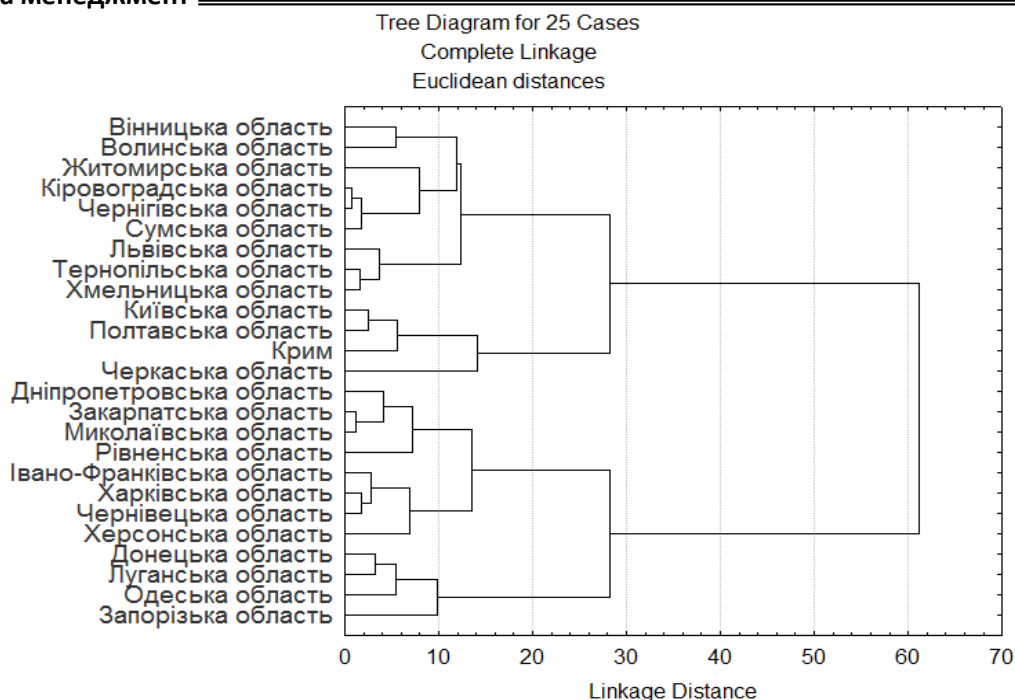


Рис. 1. Дендродіаграма класифікації областей за показниками урожайності

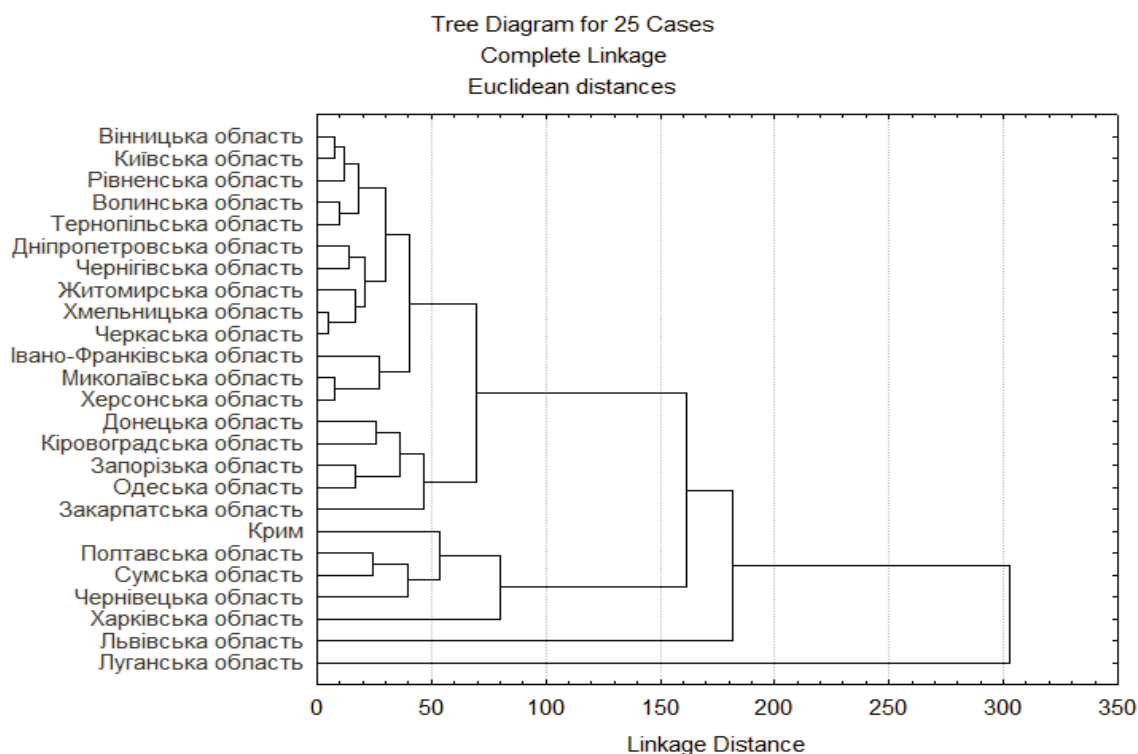


Рис. 2. Дендродіаграма класифікації областей за показниками ціни та собівартості

В результаті здійснення наступного кроку кластерного аналізу ми отримали 8 кластерів:

- Кластер №1 – Луганська область.
- Кластер №2 – Львівська область.
- Кластер №3 – Харківська область.
- Кластер №4 – Сумська, Полтавська, Чернівецька області та АР Крим.
- Кластер №5 – Закарпатська область.

Кластер №6 – Одеська, Запорізька, Кіровоградська, Донецька області.

Кластер №7 – Миколаївська, Херсонська, Івано-Франківська області. Кластер №8 – Чернігівська, Житомирська, Дніпропетровська, Хмельницька, Черкаська, Київська, Рівненська, Волинська, Тернопільська, Вінницька області.

На основі даних рис. 2 можемо зробити висновок, що за показниками ціни реалізації та собівартості 1 ц

зерна кукурудзи та ріпаку Луганська, Львівська, Харківська області мають найменше спільних ознак з іншими регіонами країни, оскільки вони не ввійшли до інших кластерів, а сформували окремі кластери. Кластер №8 – найчисельніший, що вказує на те, що Чернігівська, Житомирська, Дніпропетровська, Хмельницька, Черкаська, Київська, Рівненська, Волинська, Тернопільська, Вінницька області мають найбільше однорідних ознак серед інших регіонів країни.

Вибір найтипівішої області за показниками урожайності, ціни реалізації та собівартості 1 ц насіння кукурудзи та ріпаку передбачає виділення найчисельнішого кластеру, який було виокремлено класифікацією областей за показниками урожайності та найчисельніший кластер – за показниками ціни реалізації та собівартістю 1 ц продукції. В першому випадку найчисельнішим є кластер №4: Волинська, Тернопільська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Кіровоградська, Сумська, Львівська, Чернігівська області. Щодо економічних показників найчисельнішими є кластер № 8. Таким чином, найтипівішими областями України стосовно показників урожайності, ціни реалізації та собівартості 1 ц насіння кукурудзи і ріпаку є Волинська, Тернопільська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Чернігівська області, адже вони формують найчисельніший кластер.

**Висновки.** Як свідчать результати проведеного дослідження, найбільш придатними для вирощування сільськогосподарських культур, які використовуються в якості сировини у галузі біоенергетики, є Волинська, Тернопільська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Чернігівська області, оскільки, дані області входять до найчисельнішого кластеру за показниками урожайності енергетичних культур, до найчисельнішого кластеру за показниками собівартості та середньої ціни реалізації 1 ц зерна кукурудзи і ріпаку, а також до найчисельнішого кластеру по всій системі показників.

Застосування теорії кластерного аналізу дає можливість вибирати міру визначення відстані між об'єктами та правила об'єднання кластерів між собою. Але теорія кластерного аналізу не дає можливості включення нових об'єктів до вже існуючих кластерів, а вимагає проведення нової класифікації. З огляду на це, при умові включення нових показників для визначення найперспективнішої області для

вирощування енергетичних культур та виробництва біопалива, необхідно проводити нову кластеризацію областей.

#### 4 Список використаних джерел

1. Волкова Н.А. Кластерный анализ результатов социологического опроса работников предприятия [Электронный ресурс] / О.В. Стукач. – Режим доступу. – <http://ieee.tusur.ru/nauka/cluster.pdf>. – Загол. з екрана.
2. Гаркавенко С.С. Маркетинг [Текст]: підручник для вузів / С.С. Гаркавенко. – К.: Лібра, 2002. – 712 с.
3. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Калетник Г.М. Біопаливна галузь і енергетична та продовольча безпека України/ Г.М. Калетник// Вісник аграрної наук. – 2009, - № 8. – С. 62-64
5. Лавренко А.С. Кластеризация в задачах ассортиментного планирования в торговых сетях [Электронный ресурс] / А.С. Лавренко // Управление экономическими системами: электронный научный журнал, 2011. – № 5 (29).: <http://uecs.mcnp.ru>. – Загол з екрана.
6. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов / пер. с англ. И.Б. Гуревича – М.: Мир, 1978. – 412 с.
7. Шпичак О.М. Проблеми продовольчої безпеки та біопалива / О.М. Шпичак // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2009. – Вип. 141. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua>
8. Энциклопедический словарь бизнесмена: Менеджмент, маркетинг, информатика / под общ. ред. М.И. Молдованова. – К.: Техніка, 1993. – 856 с.
9. Coelli T. An introduction to efficiency and productivity analysis / Coelli T., Rao D.S.P., George E. Battese. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Armidale, N.S.W. - Australia : Kluwer Academic Publishers, 1988. - 456 p.
10. Coyle W. The Future of Biofuels. Global Perspective [Електронний ресурс] / Режим доступу до документа : <http://www.ers.usda.gov/features/bioenergy>.
11. Kaltschmitt M. Nachhaltige Energieträger / M. Kaltschmitt, G. Reihard. – Wiesbaden: Vieweg Verlag, 1997. – 324 S.